

**KEMAMPUAN *Streptomyces* spp. DALAM MENGHAMBAT  
PERTUMBUHAN MIKROB PATOGEN TULAR TANAH:  
PENGARUH MEDIA DAN WAKTU PERTUMBUHAN**

(Capability of *Streptomyces* Spp in Inhibiting Soil Borne Microbial Pathogens:  
the Influence of Growth Media and Incubation Times)

**Yulin Lestari<sup>1)</sup>, Yundatul Ulya<sup>1)</sup>, Rasti Saraswati<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Dep. Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB

<sup>2)</sup> Balai Penelitian Tanah, Litbang Pertanian Bogor

**ABSTRAK**

*Streptomyces* spp. berpotensi digunakan sebagai agen pengendali hayati melalui kemampuannya dalam menghasilkan beragam senyawa antimikrob. Produksi senyawa antimikrob dapat dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti nutrisi media dan waktu inkubasi. Penelitian ini bertujuan mengkaji kemampuan *Streptomyces* spp. dalam menghambat mikrob patogen tular tanah yang dipengaruhi media pertumbuhan dan waktu inkubasi. Digunakan dua macam media: ISP 4 dan media modifikasi molase-kedelai, waktu inkubasi (5, 10, dan 15 hari). LSW05, LBR02, dan PS4-16 menghasilkan senyawa antimikrob dengan baik pada media molase-kedelai dibandingkan ISP4. Aktivitas senyawa antimikrob tertinggi diperoleh setelah inkubasi 15 hari pada suhu ruang. Ketiga isolat uji mampu menghambat bakteri patogen (*Xanthomonas oryzae*) dan cendawan patogen (*Fusarium oxysporum*). Kemampuan *Streptomyces* spp. menghasilkan senyawa antimikrob dipengaruhi oleh kondisi pertumbuhan.

Kata kunci : *Streptomyces* spp., senyawa antimikrob, mikrob patogen tular tanah, kondisi pertumbuhan.

**ABSTRACT**

*Streptomyces* spp. has the potency to be used as an agent of biological control through their capability to produce various anti microbial compounds. The production of anti microbial compounds can be influenced by nutrition of culture media and incubation times. This research aimed to study the capability of *Streptomyces* spp. in inhibiting soil borne microbial pathogen influenced by growth media and incubation times. Two tested media i.e: ISP4 and modified molasses-soy bean meal media; and 5, 10, and 15 days of incubation times. Three local isolates of *Streptomyces* namely LSW05, LBR02 and PS4-16 grew better and produced more anti microbial activity when they grown using modified molasses-soy bean meal media compared with that using ISP4. The highest anti microbial activity was obtained at 15 days incubation at room temperature. The three selected *Streptomyces* isolates was able to inhibit bacterial pathogen (*Xanthomonas oryzae*) and fungal pathogen (*Fusarium oxysporum*). Three local isolates of *Streptomyces* spp. produce antimicrobial compounds, and its production can be stimulated by giving suitable environmental growth conditions.

Keywords : *Streptomyces* spp., anti microbial compounds, soil borne microbial pathogen, growth conditions.

## PENDAHULUAN

Pemanfaatan agen biokontrol sebagai alternatif pengendalian terhadap mikroba patogen semakin berkembang. *Streptomyces* spp. dapat dikembangkan sebagai agen biokontrol penyakit akar yang disebabkan oleh mikroba tular tanah (*soil borne microbial pathogen*) karena kemampuannya menghasilkan antibiotik berspektrum luas (Crawford *et al.* 1993). Keberadaan *Streptomyces* spp. yang banyak ditemukan dalam tanah, membuatnya sangat efektif jika dimanfaatkan sebagai anti fungi maupun anti bakteri patogen tular tanah (Yusnizar 2001). Beberapa patogen penting yang menyerang tanaman pangan seperti *Ralstonia solanacearum*, *Xanthomonas* sp. yang menyerang kubis, dan beberapa patogen tanah yang merugikan lainnya seperti *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *Fusarium* sp. *Rhizoctonia* sp. dan *Phytophthora capsici* dapat dikendalikan dengan antibiotik yang di hasilkan oleh *Streptomyces* sp. (Hwang *et al.* 2001, Bordoloi *et al.* 2002, Strange 2003).

*Streptomyces* spp. isolat lokal diketahui berpotensi menghasilkan beragam senyawa antimikrob (Lestari, 2006). Beberapa penelitian dengan menggunakan *Streptomyces* spp. lokal sebagai biokontrol mikroba patogen tular tanah telah dilakukan. Andri (2004) memanfaatkan *Streptomyces* sp. PS1-4 dalam mengontrol *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* YR32 yang merupakan penyebab penyakit pustul bakteri pada kedelai dan *Bacillus subtilis* yang menyebabkan penyakit busuk benih. Munthahanas (2004) menyatakan bahwa *Streptomyces* sp. PD14-19 mampu menghambat perkembangan *Ralstonia solanacearum* penyebab penyakit layu pada tanaman cabe. Papuangan (2009) melakukan uji *in vitro* yang menunjukkan bahwa enam isolat *Streptomyces* spp. lokal (SSW02, LBR02, LSW1, LSW05, PD2-9, dan PS4-16) mampu menghambat mikroba patogen tular tanah dengan baik. Lima isolat diantaranya (SSW02, LBR02, LSW1, LSW05, dan PS4-16) mampu menghambat kuat terhadap *B. subtilis*, *B. cereus*, dan *X. axonopodis*, sedangkan *R. solanacearum* hanya mampu dihambat oleh dua isolat (PD2-9 dan PS4-16).

Penghambatan yang dilakukan *Streptomyces* spp. berasal dari kemampuan menghasilkan senyawa anti mikroba, dan produksi anti mikroba dipengaruhi oleh faktor internal seperti fisiologi dan genetika mikroba itu sendiri, tetapi dapat juga

dipengaruhi faktor eksternal (Kavitha & Vijayalaxmi, 2007). Faktor-faktor eksternal yang penting dalam mengontrol pertumbuhan dan aktivitas *Streptomyces* spp. adalah ketersediaan nutrisi dan bahan organik, serta kondisi fisik dan lingkungan seperti: kadar oksigen, salinitas, kelembaban, temperatur, dan pH (Goodfellow & Williams 1983; Mc Carthy & Williams 1990).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kemampuan *Streptomyces* spp. dalam menghambat mikrob patogen tular tanah pada media pertumbuhan dan waktu inkubasi yang berbeda.

## METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan ialah isolat *Streptomyces* LSW05, LBR02, SSW02, dan PS4-16, serta mikrob target: *Xanthomonas oryzae* dan *Fusarium oxysporum*), koleksi Laboratorium Mikrobiologi Departemen Biologi FMIPA IPB.

### **Produksi Senyawa Anti Mikrob pada Media Pertumbuhan dan Waktu Inkubasi yang berbeda**

Produksi senyawa anti mikroba dari isolat *Streptomyces* spp. dilakukan terhadap dua macam media tumbuh: media ISP4 dan media modifikasi molase-kedelai. Waktu inkubasi yang digunakan adalah 5 hari, 10 hari, dan 15 hari pertumbuhan. Isolat diinokulasikan dalam media produksi uji, kemudian ditempatkan pada *rotari shaker* selama 5 – 15 hari pada suhu ruang. Selanjutnya biakan disentrifugasi selama 15 menit dengan kecepatan 10000 rpm pada suhu 4°C untuk memisahkan antara pelet dan filtrat kultur. Filtrat kultur yang digunakan untuk uji lanjut.

Pengujian pengaruh faktor tumbuh eksternal dilakukan terhadap media, dan waktu produksi. *Streptomyces* spp. yang ditumbuhkan pada media peremajaan diambil dengan menggunakan sedotan plastik steril berdiameter 8 mm dan diinokulasikan ke dalam media tumbuh ISP4 dan modifikasi molase dan kedelai. Pada hari ke 5, 10, dan 15 dilakukan panen filtrat yang digunakan dalam uji antagonis terhadap mikroba patogen tular tanah.

### **Bioesei Filtrat Kultur *Streptomyces* spp. terhadap Pertumbuhan Mikrob Patogen Tular Tanah**

Filtrat kultur isolat *Streptomyces* spp. terpilih digunakan untuk pengujian daya hambat terhadap bakteri patogen dengan metode difusi agar. Cara pengujian dilakukan dengan mengambil 100 µl ( $10^6$  cfu/ml) masing-masing biakan bakteri patogen dimasukkan dalam NA semi padat (0.85%), kemudian disebar pada cawan petri yang telah berisi NA padat (1.5%), kemudian media berisi bakteri patogen target tersebut dicampur sampai rata, dan didiamkan 5-10 menit agar mengering. Selanjutnya cakram kertas berdiameter 8 mm diletakkan dengan sedikit ditekan, kemudian pada masing-masing cakram di tetesi 15 µl filtrat kultur *Streptomyces* spp. yang diujikan. Pengamatan dilakukan setelah inkubasi 24 jam pada suhu ruang. Besarnya diameter zona bening yang terbentuk diamati berdasarkan diameter seluruh zona hambat dikurangi diameter cakram kertas.

Pengujian terhadap cendawan target dilakukan dengan uji *dual culture*. Cendawan patogen diambil dengan menggunakan sedotan plastik steril dan ditumbuhkan pada media PDA. Kertas cakram diletakkan pada jarak 3 cm dari cendawan tersebut, kemudian pada kertas cakram tersebut ditetesikan 15 µl filtrat kultur *Streptomyces* spp. Inkubasi dilakukan pada suhu ruang selama 3 – 5 hari. Hambatan pertumbuhan diukur dengan mengurangkan diameter pertumbuhan koloni cendawan yang dihambat filtrat *Streptomyces* spp. uji dengan pertumbuhan koloni cendawan kontrol.

### **Pengukuran Berat Kering Sel dan Kadar Gula dalam Media**

Berat kering sel diukur berdasarkan berat pelet hasil panen. Pemanenan dilakukan pada hari ke-5, ke-10, dan ke-15 hari pertumbuhan. Pelet hasil panen disentrifugasi 10000 rpm selama 15 menit dengan suhu 4°C, kemudian disaring dengan kertas saring Whatman dan dikeringkan pada suhu 70°C selama 24 jam, kemudian ditimbang. Berat kering sel diukur setelah dikurangi dengan berat kertas. Pengukuran dilakukan dengan dua kali ulangan.

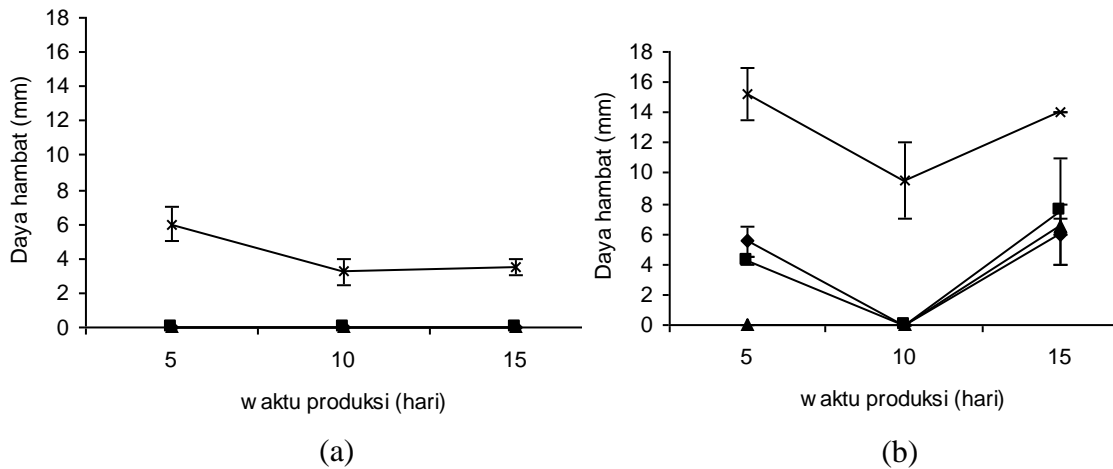
Pengukuran kadar gula dalam media produksi terpilih diukur berdasarkan metode DNS (Dinitrosalisilat-Miller 1959). Pengukuran dilakukan dengan *spektrofotometer* pada panjang gelombang 550 nm. Larutan glukosa digunakan sebagai standar, dan pengukuran dilakukan dengan dua kali ulangan. Kadar gula

yang terpakai dihitung dengan menghitung kadar gula dalam media awal dikurangi dengan kadar gula terukur pada waktu pengamatan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

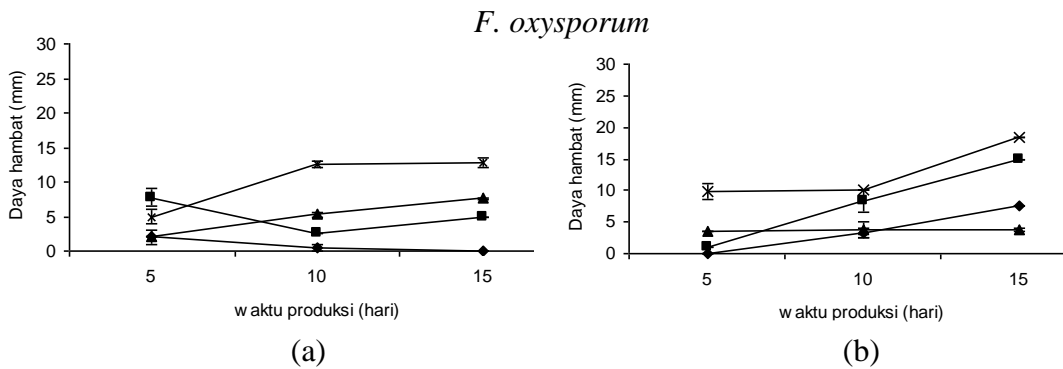
Kemampuan *Streptomyces* spp. dalam Menghasilkan Senyawa Anti Mikrob pada Media ISP4 dan Media Modifikasi Molase-Kedelai Selama 15 Hari Waktu Produksi.

Hasil uji kemampuan penghambatan *Streptomyces* spp. terhadap *Xanthomonas oryzae* pada media ISP4 dan media modifikasi molase-kedelai menunjukkan pola penghambatan yang sama. Isolat PS4-16 mempunyai penghambatan yang tinggi pada kedua media tersebut. Isolat PS4-16 mampu menghambat kuat *X. oryzae* dan *F oxysporum* pada hari ke-5, 10, dan ke-15 waktu produksi (Gambar 1 dan 2).



Gambar 1. Aktivitas penghambatan *Streptomyces* spp. terhadap *X. oryzae* pada media ISP4 (a) dan modifikasi molase-kedelai (b)

◆ LSW ■ LBR ▲ SSW ✕ PS



Gambar 2. Aktivitas penghambatan *Streptomyces* spp. terhadap *F. oxysporum* Pada media ISP4 (a) dan modifikasi molase-kedelai (b)

—◆— LSW —■— LBR —▲— SSW —×— PS

Penghambatan tertinggi pada PS4-16 diperoleh pada hari ke-5 sebesar 15.25 mm pada media modifikasi molase-kedelai dan mengalami penurunan pada hari ke-15, tetapi pada hari ke-15 ketiga isolat lainnya (LSW05, LBR02, dan SSW02) mengalami peningkatan kemampuan penghambatan pada media modifikasi molase-kedelai. Untuk penghambatan *F. oxysporum*, PS4-16 merupakan isolat yang tertinggi dalam menghambat *F. oxysporum*, kemudian LBR02, LSW05 dengan urutan penghambatan sebagai berikut 18.5 mm, 15 mm, dan 7.5 mm.

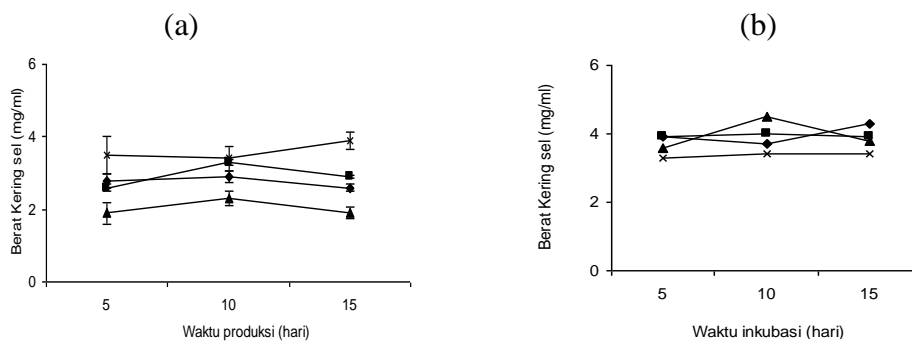
Peningkatan penghambatan pada waktu produksi hari ke-15 yang diduga memasuki awal fase stasioner tersebut, menguatkan hasil penelitian Prapagdee *et al.* (2008) yang menunjukkan bahwa pada fase stasioner *Streptomyces* SRA14 mempunyai persen penghambatan terhadap cendawan *C. gloeosporoides* yang lebih tinggi dari pada fase eksponensial. Hal tersebut mengindikasikan bahwa produksi anti mikrob kemungkinan lebih banyak diproduksi pada fase stasioner pada saat nutrisi sudah menjadi terbatas.

Media modifikasi molase-kedelai dapat digunakan untuk menggantikan media ISP4 yang merupakan media umum dalam memproduksi anti mikroba pada *Streptomyces*. ISP4 merupakan media miskin nutrisi dan banyak mineral dengan pati sebagai sumber karbonnya, sedangkan molase merupakan hasil samping dari proses pembuatan gula tebu yang mengandung gula sekitar 48 – 58% yang tersusun atas sukrosa, glukosa, fruktosa dan komponen lainnya (Novita 2001). Kandungan gula yang tinggi pada molase merupakan sumber karbon bagi

*Streptomyces* yang dipergunakan untuk metabolisme dan pertumbuhannya. Glukosa dalam molase akan langsung digunakan sebagai sumber karbon, sedangkan pati pada ISP4 harus terlebih dulu didegradasi menjadi senyawa yang lebih pendek rantainya melalui aktivitas enzim amilase. Menurut Singh *et al.* (2008) bahwa *Streptomyces capoamus* MTCC8123 mempunyai aktivitas penghambatan yang tinggi terhadap beberapa mikroba ketika glukosa, fruktosa, galaktosa, xilosa, dan sellobiosa digunakan sebagai sumber karbon, sedangkan sorbitol dan pati mempunyai aktivitas yang rendah.

Penambahan kedelai dalam media modifikasi molase-kedelai sebagai sumber nitrogen juga memacu produksi senyawa anti mikroba *Streptomyces*. Narayana dan Vijayalaksmi (2008) menyatakan bahwa nitrogen organik merupakan sumber nitrogen yang terbaik dibandingkan dengan inorganik. Gesheva *et al.* (2005) menyatakan bahwa pertumbuhan dan produksi anti mikroba pada media sintetik tidak memperoleh hasil yang maksimal, tetapi media yang mengandung kedelai sekitar 0.5% dapat mendukung pertumbuhan dan produksi anti mikroba pada *Streptomyces higroscopicus*. Hasil pengujian produksi senyawa anti mikroba pada beragam media menunjukkan bahwa media modifikasi molase-kedelai mampu meningkatkan produksi senyawa anti mikroba dan berat kering sel.

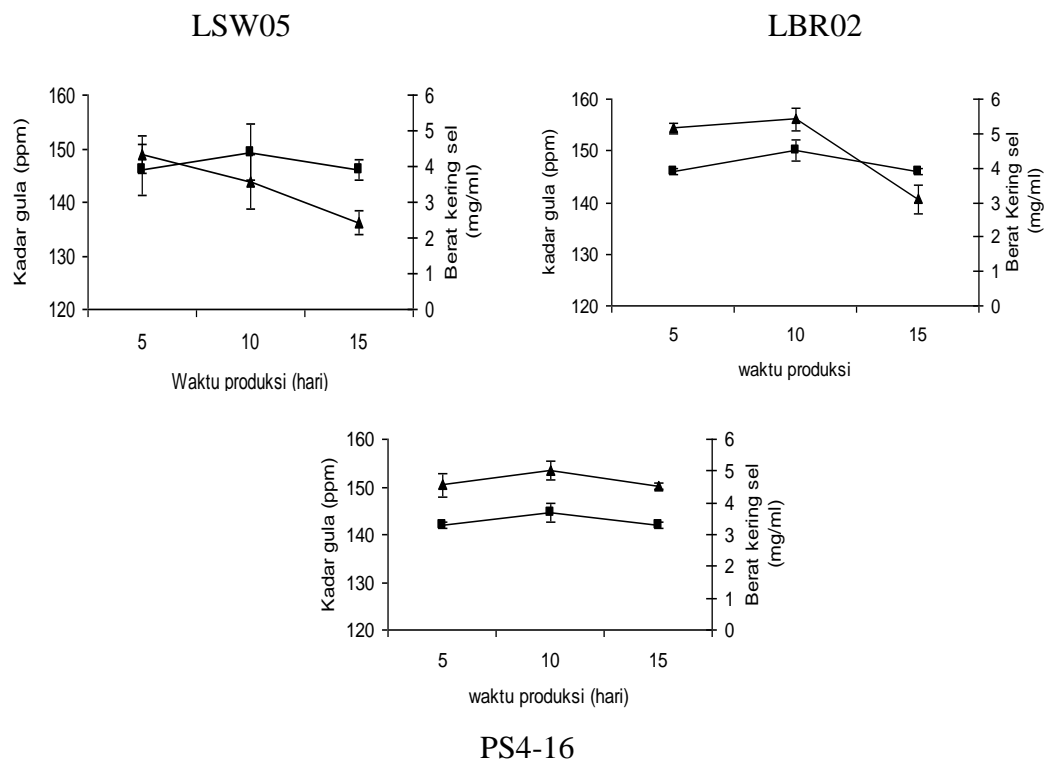
Kemampuan penghambatan isolat *Streptomyces* spp. terhadap bakteri dan cendawan target pada media dan waktu produksi ditunjang oleh pertumbuhan isolat tersebut pada media ISP4 maupun modifikasi molase-kedelai. Hal tersebut terlihat bahwa kemampuan isolat pada media ISP4 mempunyai berat kering yang lebih rendah daripada media modifikasi molase-kedelai (Gambar 3).



Gambar 3. Berat kering sel *Streptomyces* spp. pada media ISP4 (a) dan media modifikasi molase- kedelai (b) —◆— LSW —■— LBR —▲— SSW —×— PS

Mikroba dalam kehidupannya membutuhkan makronutrien dan mikro nutrien. Salah satu makro nutrien yang dibutuhkan adalah karbon yang berguna untuk tumbuh, berkembang biak, sumber energi dan sebagai cadangan makanan. Jenis dan jumlah sumber karbon sangat mempengaruhi pertumbuhan bakteri yang secara tidak langsung mempengaruhi sintesa metabolit sekunder. Metabolit sekunder adalah senyawa yang disintesa oleh suatu organisme, tidak untuk memenuhi kebutuhan primernya seperti tumbuh dan berkembang melainkan untuk mempertahankan eksistensinya dalam berinteraksi dengan lingkungannya.

Hasil pengamatan kadar glukosa diketahui bahwa semua isolat mampu memanfaatkan sumber karbon yang terdapat dalam media molase-kedelai. Hal itu terlihat adanya aktivitas peningkatan kadar glukosa dan pertumbuhan pada semua isolat (Gambar 4).



Gambar 4. Kadar glukosa dalam media selama produksi

Isolat LSW05 mengalami penurunan kadar glukosa seiring dengan peningkatan berat kering sel. Hal tersebut dapat diduga bahwa isolat LSW05 membutuhkan karbon yang tinggi dalam pertumbuhannya. Berat kering sel yang



terus meningkat menyebabkan keterbatasan sumber karbon sehingga persaingan sumber nutrisi dan ruang menyebabkan penurunan berat kering sel. Pada saat kondisi yang terbatas inilah terbentuknya antibiotik untuk pertahanan dirinya. Akan tetapi kadar glukosa yang rendah menyebabkan aktivitas produksi senyawa metabolitnya juga terbatas. Hal tersebut nampak dengan aktivitas penghambatan LSW05 yang lebih rendah dibandingkan kedua isolat lainnya. El Banna (2006) menyatakan bahwa glukosa merupakan sumber karbon utama dalam pertumbuhan, selain itu dapat mempengaruhi biosintesis senyawa anti mikroba.

### KESIMPULAN

*Streptomyces* LSW05, LBR02, dan PS4-16 mampu menghasilkan senyawa anti mikroba yang menghambat pertumbuhan *Xanthomonas oryzae* dan *Fusarium oxisporum* dan penghambatan paling baik diperoleh pada media modifikasi molase-kedelai dan waktu inkubasi 15 hari pada suhu ruang.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Departemen Biologi, FMIPA IPB atas fasilitas yang diberikan, dan Badan Litbang Pertanian DEPTAN atas dukungan dana yang diberikan untuk kegiatan penelitian KKP3T melalui surat perjanjian pelaksanaan kegiatan no. 593/LB.620/I.1/2/2009 a.n. Dr. Ir. Yulin Lestari dkk.

### DAFTAR PUSTAKA

- Andri C. 2004. Kajian Potensi *Streptomyces* sp. PS1-4 sebagai Penghasil Senyawa Bioaktif Pengendali Bakteri Patogen Tanaman Kedelai [skripsi]. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Bogor Institut Pertanian Bogor.
- Bordoloi GN *et al.* 2002. Potensial of Novel Antibiotik, 2-metil heptil isonicotinate, as Biocontrol Agent Againts Fusanal Wilt of Crosifeis. *Pest. Mgmt Sci.* 58:297-302.
- Crawford DL, Lynch J, Whipps J, Ousley M. 1993. Isolation and Characterization of Actinomycete Antagonist of Fugal Root Pathogen. *Appl Environ Microbiol* 59:3899-3905.

- El Banna NM. 2006. Effect of Carbon Source on the Antimicrobial Activity of *Corynebacterium kutscheri* and *Corynebacterium xerosis* [Short Communication]. *Afr J Biotechnol* 5(10):833-835.
- Goodfellow M, William ST. 1983. Ecology of Actinomycetes. *Ann Rev Microbiol* 37:189-216.
- Gesheva V, Inovora V, Gesheva R. 2005. Effect of Nutrients on the Production of AK-111-81 Macrolide Antibiotic by *Streptomyces hygroscopicus*. *Microbiol Res* 160:243-248.
- Hwang BK, Lee JY, Kim BS, Moon SS. 2001. Isolation and in Vitro and in Vivo Antifungal Activity of Phenilacetic Acid and Sodium Phenilacetate from *Streptomyces humidus*. *Appl Environ Microbiol* 67: 3739-3745.
- Kavitha, Vijayalaksmi M. 2007. Studies on Cultural, Physiological and Antimicrobial Activities of *Streptomyces rochei*. *J Appl Sci Res* 3(12): 2026-2029.
- Lestari Y. 2006. Identification of Indigenous *Streptomyces* spp. Producing Antibacterial Compounds [Short Communication]. *J Microbial Indones* vol II (92):99-101.
- Miller GL. 1959. Dinitrosalisilic assay. *Anal Chem* 31:426-428.
- Mc Carthy AJ, William ST. 1990. Methode for Studying the Ecology of Actinomycetes. *Meth of Microbiol* 22:533-563.
- Munthahanas I. 2004. Potensi *Streptomyces* sp. sebagai Agen Pengendali Biologi *Ralstonia solanacearum* Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Cabai. [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Novita E. 2001. Optimasi Proses Koagulasi Flokulasi pada Limbah Cair yang Mengandung Melonoidin. *J. Ilmu Dasar* 2(1):61-67.
- Narayana KJP, Vijayalakshmi M. 2008. Optimization of Antimicrobial Metabolites Production by *Streptomyces albidoflavus*. *Res J Pharm* 2(1):4-7.
- Prapagdee B, Kuekulvong C, Mongkolsuc S. 2008. Antifungal Potential of Extraceluler Metabolites Produced by *Streptomyces hygroscopicus* Againsts Phytopathogenic Fungi. *Int J Biol Sci* 4(5):330-337.
- Papuangan N. 2009. Aktivitas Antimikrob *Streptomyces* spp. Penghambat Pertumbuhan Mikroba Patogen Tular Tanah secara *in Vitro* dan *in Planta*. [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Strange RN. 2003. *Introduction to Plant Pathology*. England: John Wiley and Son's Ltd.

Singh V, Tripati CKM, Vinod B. 2008. Production, Optimization, and Purification of Antifungal Compound from *Streptomyces capoamus* MTCC 8123. *Med Chem Res* 17:94-102.

Yusnizar. 2001. Skrining Aktinomisetes dari Ekosistem Air Hitam yang Menghambat Pertumbuhan *Rhizoctonia solani* dan *Helminthosporium orizae* serta Spektrum Aktivitas terhadap Mikroba Lain. [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.

**PENINGKATAN EFISIENSI PUPUK NITROGEN MELALUI REKAYASA  
KELAT UREA-ZEOLIT-ASAM HUMAT**  
(Increasing Nitrogen Efficiency through Chelate Engineering of Urea-Zeolite-  
Humic Acid)

**Suwardi, Darmawan**

Dep. Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB

**ABSTRAK**

Nitrogen merupakan salah satu unsur hara yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman. Namun demikian, nitrogen mudah tercuci dari tanah dalam bentuk nitrat, menguap ke udara dalam bentuk gas amoniak, atau berubah bentuk yang sulit diserap tanaman. Untuk meningkatkan efisiensi pupuk nitrogen, pupuk dibuat dalam bentuk tersedia lambat. Telah diketahui bahwa zeolit adalah mineral yang mempunyai KTK tinggi dan kemampuan untuk menyerap nitrogen dalam bentuk ion amonium. Di pihak lain asam humat yang diekstrak dari bahan organik mempunyai kemampuan untuk merangsang pertumbuhan tanaman. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari peranan zeolit dan asam humat sebagai agen pelepasan lambat dari pupuk nitrogen. Penelitian dilakukan dengan metode inkubasi selama 14 minggu. Ratio urea dan zeolit adalah 70%:30% kemudian ditambahkan asam humat dengan jumlah 0, 2, 3, 4, and 5% dengan simbol UZA-1, UZA-2, UZA-3,-UZA-4, dan UZA-5. Pupuk kimia diberikan setara dengan 50 mg/kg lalu dimasukkan ke dalam botol plastik yang telah diisi tanah setara 100g BKM. Pupuk dan tanah dicampur merata pada kadar air kapasitas lapang. Kadar N-amonium dan N-nitrat dianalisa pada minggu ke 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 14 periode inkubasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa N-amonium telah terdeteksi pada minggu pertama inkubasi dan menurun sampai mendekati nol pada minggu ketiga inkubasi. Namun demikian, N-nitrat menunjukkan peningkatan selama periode inkubasi. Pelepasan nitrogen paling lambat ditunjukkan oleh UZA-5. Pada percobaan rumah kaca dengan tanaman indikator padi menunjukkan UZA-3 memberikan performa pertumbuhan terbaik.

Kata Kunci: N-amonium, N-nitrat, slow release fertilizer, zeolit, asam humat.

**ABSTRACT**

Nitrogen is one of plant nutrients which are most important for plant growth. However, nitrogen is easy leaching from the soil as nitrate, volatilizing as ammonia gas, or change to other forms which are difficult to be absorbed by crops. To increase the nitrogen efficiency, the fertilizer is made as slow release form. It is well known that zeolite is mineral having high cation exchange capacity (CEC) and capability to adsorb nitrogen as ammonium ion. On the other hand, humic acid extracted from organic matter has capability to stimulate plant growth. The objectives of this research were to study the role of zeolite and humic acid as slow release agent of nitrogen fertilizer. The experiment was carried out by incubation method during 14 weeks. The ratio of urea and zeolite was 70%:30% then added by humic acid of 0, 2, 3, 4, and 5% resulting UZA-1, UZA-2, UZA-3,-UZA-4, AND UZA-5. The fertilizers were given equivalent to 50 mg/kg and put them into plastic bottle containing equivalent to 100g oven-dry soil. The fertilizer and soil then mixed homogenously under field capacity soil moisture. The contents of ammonium-N and nitrate-N were analyzed at 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 14 week of incubation period. The results indicated that ammonium-N had been detected at the first week incubation and decrease until near zero at the third week incubation. Meanwhile, the nitrate-N showed a continuous increase during the incubation period. The slowest nitrogen release showed

by UZA-5. In green house experiment using rice plant showed that UZA-3 gave the best performance of rice growth.

Keywords : Ammonium-N, nitrate-N, slow release fertilizer, zeolite, humic acid.

## PENDAHULUAN

Permasalahan pengembangan produksi pertanian di Indonesia diantaranya adalah rendahnya kadar bahan organik tanah dan ketidakefisienan penggunaan pupuk nitrogen. Kadar bahan organik tanah terus mengalami penurunan karena petani cenderung menggunakan pupuk kimia secara terus-menerus tanpa penambahan bahan organik ke dalam tanah. Akibatnya selain turunnya kadar bahan organik, tanah menjadi semakin masam dan keras akibat kerusakan struktur dan tidak berkembangnya sebagian besar mikroorganisme tanah. Pada kondisi seperti itu, tanah menjadi tidak responsif lagi terhadap pemupukan sehingga produksi pertanian sulit ditingkatkan (*leveling of*) (Suwardi, 2004). Saat ini sebagian besar tanah-tanah di pantai utara Pulau Jawa (Pantura) berada pada kondisi kadar bahan organik sangat rendah. Para petani biasanya menambahkan lebih banyak pupuk khususnya nitrogen untuk meningkatkan produksi pertanian mereka. Namun demikian penambahan pupuk nitrogen yang berlebihan akan merusak tanah dan menyebabkan pencemaran air. Oleh karena itu diperlukan usaha untuk dan meningkatkan efisiensi pupuk nitrogen.

Sementara itu usaha untuk meningkatkan efisiensi pupuk nitrogen telah banyak dilakukan seperti dengan teknik pemupukan dan membuat pupuk nitrogen dalam bentuk *slow release fertilizer* (SRF). Namun pupuk SRF yang ada sekarang ini sebagian besar menggunakan bahan kimia yang meninggalkan bahan residu yang dapat merusak tanah. Sekarang orang cenderung menggunakan bahan alam seperti zeolit dan asam humat sebagai bahan SRF. Zeolit merupakan bahan alam yang memiliki KTK tinggi (120-180 meq/100g) dan dapat menjerap ion amonium. Dalam prakteknya penggunaan zeolit dan asam humat sebagai bahan SRF dengan mencampur pupuk urea, zeolit, dan asam humat kemudian dibuat dalam bentuk pril dengan alat granulasi parabola.

Untuk mengatasi permasalahan rendahnya kadar bahan organik tanah perlu dicari terobosan dengan menggunakan bahan yang mudah diaplikasikan. Asam

humat yang merupakan bahan aktif yang diekstrak dari bahan organik merupakan bahan yang dapat berfungsi sebagai bahan organik. Asam humat memiliki KTK sangat tinggi (lebih dari 200 meq/100g) sehingga dapat digunakan sebagai bahan UZA dengan cara diselimutkan pada urea. Dalam penelitian ini akan dibuat formulasi kelat urea-zeolit-asam humat untuk meningkatkan efisiensi pupuk nitrogen sekaligus kadar bahan organik tanah.

Usaha membuat pupuk SRF dari bahan yang tidak merusak tanah telah dilakukan dengan bahan zeolit dengan cara mencampurkan 30% zeolit ke dalam pupuk urea (Suwardi, 2002). Namun demikian pupuk urea-zeolit yang terbentuk sering menggumpal saat dicampur sehingga industri pupuk urea sedikit mengeluh karena penyimpanan pupuk dalam gudang tidak tahan lama. Oleh karena itu, timbul ide untuk melapisi campuran urea-zeolit untuk dengan bahan aktif hasil ekstraksi bahan organik yaitu asam humat. Penggunaan asam humat sebagai pelapis urea-zeolit secara terus-menerus diharapkan dapat meningkatkan kadar bahan organik tanah. Namun demikian formulasi asam humat untuk melapisi campuran urea-zeolit perlu dicari agar memperoleh bentuk fisik dan pengaruh tanaman yang paling baik. Dari uraian tersebut di atas penambahan asam humat ke dalam campuran urea dan zeolit diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pemupukan nitrogen sekaligus meningkatkan kandungan bahan organik tanah.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari peranan zeolit dan asam humat sebagai agen pelepasan lambat dari pupuk nitrogen.

## METODE PENELITIAN

### Pembuatan Pupuk UZA

Pupuk UZA dibuat dengan cara melapisi pupuk campuran urea-zeolit dengan asam humat. Pupuk campuran urea-zeolit dengan perbandingan 70:30 merupakan perbandingan yang paling baik telah ditemukan Suwardi (2002). Zeolit yang digunakan berasal dari Tasikmalaya dengan ukuran 100 mesh dicampur dengan urea dengan perbandingan urea:zeolit: 70:30. Bahan campuran kemudian dibuat pelet dengan bantuan *pelletizer*. Asam humat yang digunakan diperoleh dari ekstraktan humat dari batubara muda seperti yang dilakukan

Darmawan dan Sumawinnata (2006). Untuk melapisi pupuk urea-zeolit dengan asam humat maka jumlah asam humat dengan jumlah yang berbeda-beda (0, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%,). Asam humat cair dengan jumlah tersebut di atas dicampurkan ke urea-zeolit. Setelah tercampur merata yang ditandai dengan warna coklat kehitaman yang merata, urea-zeolit yang telah dilapisi asam humat dibuat granul dengan mesin granulator kemudian dikeringudarkan. Pupuk ini dinamakan urea-zeolit-asam humat (UZA).

### **Percobaan Inkubasi**

Percobaan dilakukan di Laboratorium Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan IPB dengan menggunakan tanah dan pupuk UZA pada Mei-Agustus 2008. Tanah yang digunakan untuk penelitian adalah tanah yang biasa digunakan untuk menanam padi sawah di daerah Darmaga, Bogor. Tanah diambil dari jenis tanah Aluvial (*order Inceptisol*) secara komposit pada kedalaman 0-20 cm kemudian dikeringudarkan dan diayak 4 mm.

Tanah kering udara setara 100 g berat kering mutlak (BKM) dimasukkan ke dalam wadah plastik berbentuk tabung silinder dengan diameter 6.00 cm dan tinggi 6.70 cm. Jumlah pupuk yang ditambahkan ke dalam tanah dalam wadah plastik setara dengan 50 mg/kg. Tanah dan pupuk UZA dicampur merata lalu tanah dilembabkan sampai mencapai kadar air kapasitas lapang. Tanah dalam wadah plastik ditutup dengan plastik *polyethelene* kemudian diinkubasi. Inkubasi dilakukan pada suhu kamar dalam inkubator terbuka selama 10 minggu.

Tiap periode waktu tertentu yaitu pada minggu ke- 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10 setelah inkubasi, kadar N-amonium dan N-nitrat dianalisis. Tiap perlakuan diulang 3 kali dengan mengeluarkan seluruh isi tanah dari dalam wadah plastik.

### **Pengujian Pupuk UZA dengan Tanaman Padi var. Ciherang**

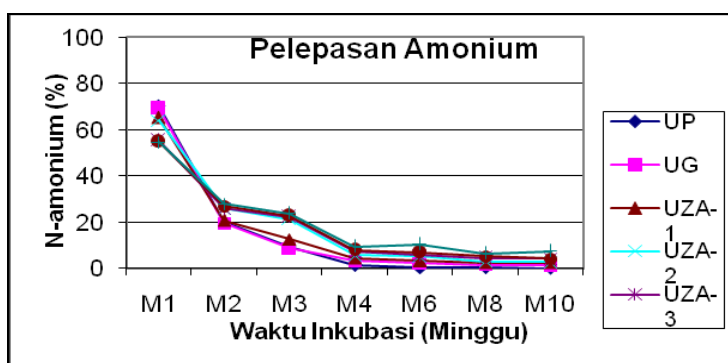
Percobaan ini dilakukan di rumah kaca Cikabayan, Institut Pertanian Bogor mulai bulan Maret sampai Agustus 2009. Pupuk UZA yang telah dibuat sebelumnya dipergunakan sebagai pupuk dasar ketika dilakukan aplikasi di rumah kaca bersama-dengan pupuk dasar yang lain yaitu SP-18, dan KCl. Dosis pupuk dasar yang dipergunakan setara SP-16 300 kg/ha (50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), KCl 200 kg/ha (112 kg K<sub>2</sub>O/ha), pupuk UZA setara urea 200 kg/ha. Tanah yang akan

dipergunakan sebagai media tanam di dalam rumah kaca diambil dari tanah yang sama untuk inkubasi. Benih padi yang digunakan adalah varietas Ciherang. Dua bibit padi ditanam dalam pot yang di dalamnya terdapat tanah sebanyak 12,5 kg BKM. Parameter pertumbuhan tanaman padi yang diukur adalah tinggi tanaman dan jumlah anakan. Pengukuran dilakukan tiap minggu sampai 10 setelah tanam (MST).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Laju Pelepasan Nitrogen Pupuk dalam Bentuk N-Amonium dan N-Nitrat

Laju pelepasan nitrogen dari pupuk UZA dalam bentuk N-amonium selama 10 minggu waktu inkubasi disajikan pada Gambar 1. Mulai minggu ke-1, inkubasi pupuk dengan cepat berubah menjadi N-amonium. Jumlah nitrogen yang terlepas dari pupuk dalam bentuk N-amonium pada minggu pertama berkisar antara 50-70% dari jumlah nitrogen. N-amonium terus berkurang sampai minggu ke-4. Penambahan asam humat memperlambat perubahan N-amonium menjadi N-nitrat. Makin tinggi kadar asam humat jumlah N-amonium yang masih berada dalam tanah lebih banyak. Hal ini menunjukkan bahwa asam humat dapat memperlambat laju pelepasan nitrogen dalam bentuk N-amonium.



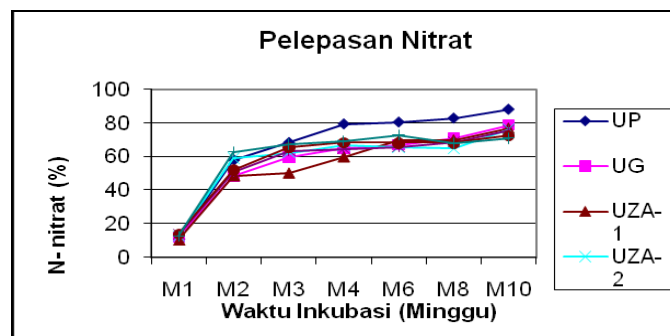
Gambar 1. Laju pelepasan nitrogen dari pupuk UZA dalam bentuk N-amonium selama 10 minggu waktu inkubasi.

Laju pelepasan nitrogen dari pupuk UZA menjadi nitrat selama 10 minggu waktu inkubasi disajikan pada Gambar 2. Pada minggu pertama pupuk dengan agak lambat berubah menjadi nitrat. Pada minggu ke-2 akumulasi pelepasan nitrogen pupuk menjadi nitrat semakin besar sampai minggu ke-3. Pada minggu



ke-3 jumlah pelepasan nitrogen pupuk menjadi nitrat mencapai 50-65% dari nitrogen yang diberikan ke dalam tanah. Sampai minggu ke-10 jumlah nitrat mencapai sekitar 75-85%. Dari pupuk UZA-5 yang dibuat dari campuran urea-zeolit dan asam humat dengan jumlah asam humat 5% memberikan jumlah nitrat paling kecil.

Gambar 2 memperlihatkan bahwa dari 5 pupuk UZA, jumlah nitrat yang paling lambat terbentuk adalah UZA-5 yang diikuti UZA-4, UZA-3, dan UZA-2. Hal ini menunjukkan bahwa formula UZA-5 memiliki kecepatan proses pelepasan nitrogen menjadi nitrat paling lambat dibandingkan delapan jenis formula UZA lainnya sehingga masih mempunyai cadangan nitrogen sampai minggu ke-10. Makin tinggi kadar asam humat laju pelepasan nitrogen menjadi nitrat semakin lambat. Hal ini terkait dengan kemampuan asam humat yang dapat mengikat nitrogen dan secara fisik melapisi pupuk UZA.



Gambar 2. Laju pelepasan nitrogen dari pupuk UZA dalam bentuk N-nitrat selama 10 minggu waktu inkubasi

Laju pelepasan pupuk nitrogen dalam bentuk N-amonium dan N-nitrat selama 10 minggu menunjukkan pada minggu pertama ( $N-NH_4^+ + N-NO_3^-$ ) yang terbentuk cukup banyak. Pada minggu ke-2 pelepasan nitrogen semakin cepat sampai minggu ke-3 jumlah nitrogen hampir mendekati 100%. Dari pupuk UZA yang dibuat dari campuran urea dan zeolit dengan asam humat 5% memberikan jumlah nitrogen paling lambat.

### Pengaruh UZA terhadap Pertumbuhan Tanaman Padi

Jumlah anakan dan tinggi tanaman mulai terlihat berbeda ketika tanaman memasuki 4 MST, dan ketika tanaman memasuki fase generative yang ditandai

pertumbuhan jumlah anakan dan tinggi tanaman konstan. Dibandingkan dengan perlakuan urea pril (UP), jumlah anakan, tinggi tanaman, dan anakan produktif lebih tinggi dengan perlakuan UZA. Dari kelima kadar asam humat, kadar humat 3% merupakan perlakuan yang menunjukkan pertumbuhan paling baik.

Dari data tersebut di atas menunjukkan bahwa zeolit dan asam humat dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman padi. Pupuk UZA yang merupakan campuran dari urea, zeolit, dan asam humat dapat memperlambat pola pelepasan dari pupuk nitrogen sehingga tanaman lebih efisien dalam memanfaatkan nitrogen karena pola pelepasan nitrogen lebih lambat. Dengan makin lambatnya pelepasan nitrogen menjadi nitrat, kehilangan pupuk yang diakibatkan oleh penguapan dan pencucian semakin kecil, sehingga tanaman padi memperoleh kesempatan menyerap nitrogen lebih banyak. Ini berarti zeolit dan asam humat dapat meningkatkan efisiensi pupuk nitrogen.

Tabel 1. Pengaruh UZA dengan berbagai kadar asam humat terhadap jumlah anakan dan tinggi tanaman 8 MST, serta anakan produktif tanaman padi

No	Perlakuan	Jumlah Anakan (buah)	Tinggi Tanaman (cm)	Anakan Produktif (buah)
1	UZA-0	16,0	102,8	16,8
2	UZA -1	17,7	102,6	16,1
3	UZA-2	17,7	104,2	16,7
4	UZA-3	18,3	103,2	18,2
5	UZA-4	17,7	103,0	16,2
6	UZA-5	17,0	105,4	17,0
7	UP	15,0	101,8	15,0

### **Mekanisme *Slow Release* pada UZA**

Zeolit yang dicampur dengan pupuk urea mengikat ion amonium yang dilepaskan pupuk urea pada saat penguraian. Rongga zeolit yang berukuran 2-8 Angstrom sesuai dengan ukuran ion amonium. Pengikatan akan lebih efektif jika jumlah zeolit yang dicampurkan ke dalam pupuk urea semakin banyak, karena kompleks jerapan dan rongga yang dapat menangkap ion amonium semakin banyak. Namun demikian zeolit yang terlalu banyak dapat mengikat nitrogen semakin kuat. Ion amonium yang dijerap zeolit tidak segera dilepas ke dalam larutan tanah selama jumlah ion amonium dalam tanah masih tinggi. Setelah ion

amonium dalam tanah berubah menjadi nitrat, persediaan ion amonium dalam rongga-rongga zeolit dilepaskan ke dalam larutan tanah. Jadi zeolit berfungsi memperlambat proses perubahan ion amonium menjadi ion nitrat.

Zeolit memiliki nilai KTK yang tinggi yang berarti mempunyai jumlah kisi-kisi pertukaran dan rongga-rongga dalam jumlah yang banyak sehingga semakin banyak jumlah ion amonium yang berasal dari pupuk nitrogen yang telah mengalami hidrolisis dijerap zeolit. Penjerapan ion amonium di dalam rongga/kisi-kisi zeolit, hanya bersifat sementara dan dengan mudah akan di berikan kepada tanaman pada saat diperlukan (Suwardi, 1991). Jika kadar N dalam larutan tanah berkurang, N yang diadsorbsi oleh zeolit akan dilepaskan secara perlahan ke dalam larutan tanah.

Asam humat yang memiliki KTK dan pH yang tinggi serta mempunyai peranan dalam merangsang pertumbuhan tanaman ternyata hanya diperlukan dalam jumlah yang sangat sedikit yaitu 3% dari campuran urea dan zeolit. Berdasarkan sifat pertukaran kation, seperti halnya zeolit, asam humat dapat mengikat dan menyimpan sementara unsur-unsur hara dalam tanah kemudian melepaskan kembali ke tanah saat tanaman membutuhkannya. Asam humat secara fisik dapat menyelimuti pupuk nitrogen sehingga dapat menghambat proses penguapan pupuk menjadi gas amoniak. Disamping itu asam humat mengandung zat perangsang tumbuh yang memungkinkan akar tanaman berkembang dengan lebih baik. Dengan mekanisme pengikatan ion amonium, penghambatan penguapan nitrogen, dan perangsangan perkembangan akar, asam humat dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman.

## **KESIMPULAN**

1. Dari 5 jenis formula UZA dengan campuran asam humat 1-5% (UZA-1 sampai UZA-5), UZA-5 mempunyai laju pelepasan nitrogen paling lambat termasuk juga jika dibandingkan dengan urea prill dan urea granul. Namun demikian uji pertumbuhan tanaman menunjukkan kadar asam humat 3% merupakan dosis yang paling baik.

2. Zeolit dan asam humat dalam UZA mempunyai kemampuan memperlambat proses transformasi N-amonium menjadi bentuk N-nitrat, mengurangi penguapan nitrogen menjadi gas amoniak, dan merangsang perkembangan akar tanaman sehingga zeolit dan asam humat dapat meningkatkan efisiensi pupuk nitrogen dan pertumbuhan tanaman.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Kami mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional yang telah membiayai penelitian ini melalui Program Hibah bersaing.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Darmawan dan Sumawinata, B. 2006. Comparison of humic acid characteristics extracted from peat and other materials. Proceedings on International Symposium: Nature and Land Management of Tropical Peatland in South East Asia. Bogor 20-21 September 2002.
- Suwardi. 2002. Pemanfaatan Zeolit untuk Meningkatkan Produksi Tanaman Pangan, Peternakan, dan Perikanan. Makalah disampaikan pada Seminar Teknologi Aplikasi Pertanian, Bogor IPB.
- Suwardi. 2004. Teknologi Pengomposan Bahan Organik sebagai Pilar Pertanian Organik. Proceeding Simposium Nasional Pertanian Organik: Keterpaduan Teknik Pertanian Tradisional dan Inovatif. ISBN 979-964671-5, 25-33.

**PENINGKATAN PRODUKSI KELAPA SAWIT PADA TANAH-TANAH  
BERMASALAH DENGAN APLIKASI ASAM HUMAT DAN ZEOLIT**  
(Increasing Oil Palm Production in Degraded Soils by Application of Humic Acid  
and Zeolite)

**Suwardi, Astiana Sastiono**

Dep. Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB

**ABSTRAK**

Lebih dari 50% tanah-tanah di Indonesia termasuk tanah-tanah bermasalah yang dicirikan antara lain oleh pH masam, kadar bahan organik dan unsur-unsur hara sangat rendah. Sebagian tanah-tanah tersebut digunakan untuk perkebunan kelapa sawit karena tanaman ini masih dapat beradaptasi dengan kondisi tanah marginal. Namun demikian, kelapa sawit yang ditanam pada tanah tersebut produksinya rendah. Peningkatan produksi kelapa sawit umumnya dilakukan dengan pemberian pupuk kimia tanpa diikuti penambahan bahan organik. Akibatnya kadar bahan organik semakin turun, tanah menjadi semakin keras, dan populasi mikroorganisme tanah turun. Pada kondisi seperti itu, tanah menjadi tidak responsif lagi terhadap pemupukan sehingga produksinya rendah. Salah satu bahan aktif yang dapat meningkatkan produksi pertanian adalah asam humat yang diekstrak dari bahan organik. Namun demikian, sampai saat ini belum diketahui secara pasti dosis yang tepat dan cara memberikan asam humat yang mudah dan efektif ke dalam tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh asam humat dengan karier zeolit terhadap produksi kelapa sawit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa asam humat dengan karier zeolit meningkatkan produksi kelapa sawit melalui peningkatan bobot tandan buah segar (TBS). Peningkatan produksi terjadi paling baik pada tanaman kelapa sawit yang ditanam pada tanah-tanah dengan kesuburan tanah rendah.

Kata Kunci : Asam humat, kelapa sawit, tanah bermasalah, zeolit.

**ABSTRACT**

More than 50% of soils in Indonesia are classified as degraded soils which characterized by low pH, low organic matter and nutrients. Some of those soils are used for oil palm plantation due to oil palm has adaptability with marginal soil condition. However, oil palm planted in degraded soils has low production. Increasing oil palm production generally conducted by application of chemical fertilizers without addition of organic matter. Consequently, the content of organic matter decrease, soils become harder, and the population of microorganism decrease. One of active materials has capability to increase agricultural production is humic acid that extracted from organic matter. However, to date the dosage and method of application to soils have not been understood. The objective of this research was to study the effect of humic acid and zeolite as its carrier on production of oil palm. The result showed that humic acid with zeolite as its carrier increased the production of oil palm through increasing fresh fruit bunch (FFB). The higher increase of oil palm production was occurred at the soils with fertility.

Keywords : Humic acid, oil palm, degraded soil, zeolite.

## **PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan penghasil kelapa sawit yang paling besar di dunia dengan luas kebun mencapai lebih dari 7 juta ha. Namun demikian, produksi kelapa sawit berupa tandan buah segar (TBS) masih tergolong rendah dibandingkan dengan negara tetangga Malaysia. Dari hasil pengamatan tanah pada kebun-kebun kelapa sawit di Indonesia dapat disimpulkan banyak penyebab rendahnya produksi sawit Indonesia antara lain pemupukan kurang berimbang, kendala sifat tanah buruk ditandai pH, kadar bahan organik, dan kapasitas tukar kation (KTK) tanah rendah, serta kelapa sawit ditanam pada daerah yang curah hujannya rendah.

Tanah di Indonesia terus mengalami penurunan kadar bahan organik karena petani umumnya hanya memupuk dengan pupuk kimia secara terus-menerus tanpa atau sedikit penambahan bahan organik. Akibatnya selain turunnya kadar bahan organik, tanah menjadi semakin masam dan keras akibat kerusakan struktur tanah dan berkurangnya populasi sebagian besar mikroorganisme tanah. Pada kondisi seperti itu, tanah menjadi tidak responsif lagi terhadap pemupukan sehingga produksi turun. Salah satu cara untuk meningkatkan kesuburan tanah, diperlukan pemberian pupuk organik. Untuk itu diperlukan bahan organik dalam jumlah besar yang sulit dalam pengadaannya.

Kelapa sawit yang ditanam di daerah yang mempunyai KTK rendah seperti tanah berpasir di pulau Bangka dan Belitung, tanah Ultisol di Kalimantan Tengah dan di Kalimantan Selatan mempunyai produksi TBS rendah (kurang dari 20 ton/ha/tahun). Pada tanah dengan tekstur pasir, daya jerap tanah terhadap pupuk menjadi sangat rendah. Akibatnya pupuk mudah hilang dari tanah dan menyebabkan penurunan produksi. Tekstur pasir juga mengakibatkan daya simpan tanah terhadap air sangat rendah sehingga pada musim kemarau terjadi kekeringan. Kekeringan yang panjang menyebabkan penurunan produksi. Dari pengamatan di lapang pada kebun kelapa sawit di Lampung yang curah hujannya rendah menunjukkan produksinya sangat rendah. Pada kondisi seperti itu, banyak kelapa sawit yang tidak berbuah.

Untuk mengatasi permasalahan rendahnya produksi kelapa sawit seperti tersebut di atas, maka diperlukan bahan yang dapat meningkatkan kadar bahan

organik tanah, dapat meningkatkan daya jerap tanah terhadap pupuk, dan dapat menyimpan air lebih lama di dalam tanah. Bahan yang dapat memenuhi kebutuhan di atas adalah bahan organik. Namun demikian bahan organik yang diperlukan sangat banyak. Jika dihitung pemberian bahan organik 10 ton/ha/tahun, untuk kebun kelapa sawit seluas 7 juta ha memerlukan 70 juta ton bahan organik/tahun, suatu jumlah yang sangat banyak dan biaya transportasi yang mahal. Untuk mengatasi penggunaan bahan yang memakan volume besar, maka perlu dipikirkan penggunaan bahan ekstrak bahan organik seperti asam humat. Saat ini telah banyak digunakan asam humat untuk menggantikan bahan organik. Karena volume pemberian yang sangat kecil (beberapa liter/ha/tahun) maka penggunaan secara luas di perkebunan kelapa sawit sangat memungkinkan.

Disamping itu telah diketahui mineral zeolit dapat meningkatkan efisiensi pupuk nitrogen. Zeolit merupakan bahan alam yang memiliki KTK tinggi (120-180 meq/100g) dan berongga dengan ukuran rongga sesuai dengan ukuran ion amonium sehingga zeolit dapat menjerap ion amonium sebelum berubah menjadi nitrat (Suwardi, 1999). Untuk mengatasi permasalahan rendahnya kadar bahan organik pada tanah di perkebunan kelapa sawit, perlu dicoba dengan penambahan asam humat dan zeolit.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh asam humat dengan karier zeolit terhadap produksi kelapa sawit.

## **METODE PENELITIAN**

### **Percobaan Lapang**

Percobaan lapang dilakukan di Perkebunan Kelapa Sawit PTPN VIII di Cimulang, Bogor. Perlakuan yang diberikan adalah (1) jumlah asam humat setara 0, 5, 10, dan 15 liter/ha (H0, H1, H2, H3, H4). (2) Perbandingan zeolit/asam humat: 0, 10, 20 kg zeolit/liter asam humat (Z0, Z1, Z2). Dalam hal tidak diberikan zeolit, perlakuan asam humat disemprotkan ke dalam tanah. Seluruh perlakuan dilakukan dengan ulangan sebanyak 9 kali dalam 3 kelompok tanaman (kelas 3, kelas pohon dengan berat tandan rendah; kelas 2, kelas pohon dengan berat tandan sedang; kelas 1, kelas pohon dengan berat tandan tinggi).

Asam humat yang digunakan diekstrak dari bahan organik yang kandungan asam humatnya tinggi dengan bahan baku yang diambil dari Serang, Banten (Darmawan dan Sumawinata, 2006). Sementara itu zeolit yang digunakan dari Tasikmalaya dengan ukuran  $< 2$  mm. Pemberian asam humat dilakukan serempak pada baris tanaman kelapa sawit yang berumur 5 tahun.

Masing-masing pohon kelapa sawit dipupuk standar seperti yang dilakukan oleh perkebunan kelapa sawit yang lain. Pemeliharaan kelapa sawit berupa penyiangan gulma dan pemberantasan hama dan penyakit tanaman dilakukan bila diperlukan. Sedangkan pengamatan dan pengambilan data dilakukan setiap 2 minggu dengan menghitung jumlah bunga, jumlah buah, dan bobot buah yang dipanen.

### **Analisis Laboratorium**

Analisis tanah dilakukan setelah dilakukan di Laboratorium Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB. Tanah diambil pada piringan tanaman kelapa sawit secara komposit. Tanah ditumbuk dan diayak dengan saringan 2 mm. Analisis jaringan tanaman dilakukan setelah jaringan tanaman dioven  $60^{\circ}\text{C}$  selama 48 jam dan digiling halus. Analisis tanaman dilakukan dengan menggunakan pengabuan basah untuk menetapkan unsur P, K, Ca, Mg, dan unsur mikro (Fe, Cu, Zn, Mn). Pengukuran N dilakukan dengan menggunakan metode Kjeldahl. Analisis kandungan bahan organik tanah dilakukan untuk metode Walkey dan Black. Analisis tanaman dilakukan untuk mengetahui kadar unsur yang terserap ke dalam tanaman. Jenis analisis yang dilakukan adalah N, P, K, Ca, Mg, K, Na, S, Fe, Cu, Zn, dan Mn. Analisis dilakukan melalui pengabuan basah. Unsur-unsur yang terekstrak dalam larutan diukur dengan spektrofotometer.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Pangelompokan Pohon Kelapa Sawit Sebelum Perlakuan**

Pada bulan pertama pengamatan sebelum dilakukan pemberian asam humat dengan karier zeolit, tanaman kelapa sawit dapat dikelompokkan ke dalam 3 kelas, yaitu kelas 3, kelas pohon dengan rata-rata berat buah rendah ( $< 5.5$  kg);



kelas 2, kelas pohon dengan rata-rata berat buah sedang (5.5-7.7 kg); kelas 1, kelas pohon dengan rata-rata berat buah tinggi (>8 kg) (Tabel 1). Dari tabel tersebut menunjukkan bahwa bobot buah sawit rata-rata untuk kelas 3, kelas 2, dan kelas 1 masing-masing 5.6, 6.8, dan 8.6 kg/buah pada bulan pertama yang digunakan sebagai referen. Bobot buah sawit tersebut secara umum termasuk rendah karena umur pohon yang baru 5 tahun.

Tabel 1. Data awal produksi kelapa sawit yang dipanen sebelum pemberian asam humat dengan karier zeolit

Perla- kuan	Kelas 3			Kelas 2			Kelas 1		
	Jumlah tandan panen	Bobot total tandan (kg)	Rata-rata berat tandan (kg)	Jumlah tandan panen	Bobot total tandan (kg)	Rata-rata berat tandan (kg)	Jumlah tandan panen	Bobot total tandan (kg)	Rata-rata berat tandan (kg)
H0Z0	1.0	5.0	5.0	10.0	77.0	7.7	11.0	108.5	9.9
H0Z1	6.0	26.0	4.3	8.0	54.0	6.8	7.0	55.5	7.9
H0Z2	6.0	25.0	4.2	10.0	68.0	6.8	9.0	77.0	8.6
H1Z0	4.0	28.0	7.0	8.0	54.0	6.8	11.0	110.0	10.0
H1Z1	6.0	34.0	5.7	8.0	58.0	7.3	8.0	69.0	8.6
H1Z2	8.0	39.5	4.9	9.0	54.5	6.1	8.0	63.0	7.9
H2Z0	1.0	12.0	12.0	12.0	67.0	5.6	6.0	57.0	9.5
H2Z1	5.0	21.0	4.2	10.0	70.5	7.1	7.0	81.0	11.6
H2Z2	1.0	5.0	5.0	9.0	61.0	6.8	8.0	67.0	8.4
H3Z0	3.0	14.0	4.7	5.0	35.0	7.0	7.0	54.0	7.7
H3Z1	5.0	30.0	6.0	5.0	38.0	7.6	6.0	48.0	8.0
H3Z2	2.0	8.0	4.0	10.0	64.0	6.4	10.0	52.0	5.2
Rata2	4.0	20.6	5.6	8.7	58.4	6.8	8.2	70.2	8.6

H0 : tanpa asam humat; H1 : asam humat 5 liter/ha; H2 : asam humat 10 liter/ha; H3 : asam humat 20 liter/ha; Z1 : tanpa karier asam zeolit; Z2 : karier zeolit 10 kg/liter asam humat; Z2 : karier zeolit 20 kg/liter asam humat.

Untuk mengetahui pengaruh asam humat dengan karier zeolit maka pengukuran produksi sawit harus dilakukan selama satu tahun atau paling sedikit 6 bulan. Hal ini dapat difahami karena panen sawit dilakukan setiap 2 minggu secara bergilir. Agar bisa dibandingkan dan diambil kesimpulan yang valid pengaruh perlakuan, maka perhitungan produksi setiap bulan akan digabungkan dalam satu tahun. Dalam laporan ini produksi baru dihitung selama 2 bulan sehingga belum dapat mengambil kesimpulan yang tegas.

### Pengaruh Asam Humat dengan Karier Zeolit terhadap Produksi Kelapa Sawit

Dari Tabel 2 terlihat bahwa keragaman produksi sawit setiap pohon pada waktu tertentu sangat besar. Hal ini terjadi karena pengambilan produksi dari kelapa sawit dilakukan setelah kelapa sawit matang dan pematangan kelapa sawit terjadi secara acak tidak tergantung musim dan terjadi sepanjang tahun. Jumlah buah sawit yang diambil dari setiap perlakuan sangat bervariasi mulai dari 2 buah sampai 21 buah dari 3 pohon. Data produksi akan dapat dibandingkan dengan baik manakala jumlah buah yang dipanen hampir sama.

Tabel 2. Data produksi kelapa sawit setelah pemberian asam humat dengan karier zeolit pada bulan kedua

Perla- kuan	Kelas 3			Kelas 2			Kelas 1		
	Jumlah tandan panen	Bobot total tandan (kg)	Rata-rata berat tandan (kg)	Jumlah tandan panen	Bobot total tandan (kg)	Rata-rata berat tandan (kg)	Jumlah tandan panen	Bobot total tandan (kg)	Rata-rata berat tandan (kg)
H0Z0	2.0	13.0	6.5	18.0	152.0	8.4	16.0	159.5	10.0
H0Z1	16.0	101.5	6.3	10.0	72.0	7.2	14.0	108.5	7.8
H0Z2	14.0	73.0	5.2	21.0	147.0	7.0	14.0	117.0	8.4
H1Z0	10.0	66.0	6.6	12.0	78.0	6.5	18.0	171.0	9.5
H1Z1	15.0	112.0	7.5	13.0	97.0	7.5	14.0	118.5	8.5
H1Z2	12.0	67.5	5.6	10.0	60.5	6.1	8.0	63.0	7.9
H2Z0	2.0	17.0	8.5	16.0	93.0	5.8	8.0	69.0	8.6
H2Z1	9.0	41.0	4.6	14.0	97.5	7.0	9.0	108.0	12.0
H2Z2	4.0	27.0	6.8	12.0	84.0	7.0	8.0	67.0	8.4
H3Z0	6.0	31.0	5.2	5.0	35.0	7.0	8.0	61.0	7.6
H3Z1	6.0	38.0	6.3	7.0	48.0	6.9	10.0	71.0	7.1
H3Z2	3.0	22.0	7.3	15.0	98.0	6.5	13.0	71.0	5.5
Rata2	8.3	50.8	6.4	12.8	88.5	6.9	11.7	98.7	8.4

H0: tanpa asam humat; H1: asam humat 5 liter/ha; H2: asam humat 10 liter/ha; H3: asam humat 20 liter/ha; Z1: tanpa karier asam zeolit; Z2: karier zeolit 10 kg/liter asam humat; Z2: karier zeolit 20 kg/liter asam humat

Pada bulan kedua pola produksi kelapa sawit sama dengan pada bulan pertama dengan rata-rata produksi pada kelas 3, kelas 2, dan kelas 1 adalah 6.4, 6.9, dan 8.4 kg/buah. Ada hal yang menarik pada kelompok kelapa sawit kelas 3 yang rendah produksinya, rata-rata berat buah meningkat sangat tajam dari 5.6 kg menjadi 6.4 kg/buah; sedangkan kelas 2 dan kelas 3 belum menunjukkan peningkatan yang berarti dari 6.8 menjadi 6.9 kg/buah pada kelas 2, atau bahkan ada penurunan dari 8.6 ke 8.4 kg/buah pada kelas 1. Ini menunjukkan bahwa pada kelapa sawit yang rendah produksinya pada kelas 3, pengaruh asam humat dengan karier zeolit sudah mulai terlihat sejak 2 bulan setelah aplikasi. Meskipun data ini

harus diperhitungkan dalam jangka waktu 1 tahun, tetapi data ini memperlihatkan pengaruh positif dari asam humat dengan karier zeolit.

Dari data tersebut di atas menunjukkan bahwa penelitian ini sangat menarik karena pengaruh asam humat dengan karier zeolit sangat nyata terjadi pada tanah-tanah dengan sifat-sifat buruk atau pada kelapa sawit dengan produksi rendah. Namun demikian penelitian ini belum bisa menyimpulkan secara jelas menunggu hasil setelah satu tahun pengamatan. Setelah data terkumpul satu tahun maka hasilnya dapat dibuat kesimpulan berupa paket teknologi formulasi asam humat-zeolit beserta dosisnya untuk tanaman kelapa sawit. Paket teknologi ini dapat diaplikasikan perkebunan kelapa sawit khususnya yang mempunyai produksi rendah.

Setelah penelitian berjalan satu tahun, data produksi akan digunakan untuk menjelaskan mekanisme kerja asam humat dengan karier zeolit pada kelapa sawit. Hasil penelitian ini banyak ditunggu oleh pekebun sawit yang produksinya masih rendah yang ditanam pada tanah-tanah marjinal. Banyak laporan atas peningkatan hasil produksi sawit akibat pemberian asam humat. Namun sampai sekarang belum diketahui peranan asam humat secara pasti.

### **KESIMPULAN**

1. Asam humat dengan karier zeolit dapat meningkatkan produksi kelapa sawit. Peningkatan produksi terjadi paling baik pada tanaman kelapa sawit dengan produksi rendah atau kelapa sawit yang ditanam pada tanah-tanah dengan kesuburan tanah rendah.
2. Peningkatan produksi dan perlakuan terbaik asam humat dan zeolit baru dapat ditentukan setelah pengukuran produksi dilakukan selama setahun atau paling sedikit 6 bulan. Hal ini disebabkan kelapa sawit berproduksi terus-menerus sepanjang tahun sehingga pengukuran produksi sesaat belum dapat mencerminkan akibat pengaruh perlakuan.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Kami mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional yang telah membiayai penelitian ini,

melalui Program Hibah Penelitian Strategis Nasional. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Direktur PTPN VIII atas izin lokasi perkebunan untuk penelitian ini.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Darmawan dan Sumawinata, B. 2006. Comparison of humic acid characteristics extracted from peat and other materials. Proceedings on International Symposium: Nature and Land Management of Tropical Peatland in South East Asia. Bogor 20-21 September 2002.
- Suwardi. 1999. "Penetapan Kualitas Mineral Zeolit dan Prospeknya di Bidang Pertanian" dalam seminar pembuatan dan pemanfaatan zeolit agro untuk meningkatkan produksi industry pertanian, tanaman pangan, dan perkebunan, Departemen Pertambangan dan Energi, Bandung 23 Agustus 1999.

**TEKNOLOGI PRODUKSI BIBIT KETAM KENARI (*Birgus latro*) :**  
**PENETASAN TELUR KETAM KENARI**  
(Hatchery technology of the coconut crab (*Birgus latro*): Eggs hatching of the  
coconut crab)

**Sulistiono, Ibadillah, Vitas, Charles P. Simanjutak**  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB

**ABSTRAK**

Ketam kenari merupakan jenis krustase yang paling sukses beradaptasi dengan lingkungan daratan. Ketam kenari tersebar luas dari Pasifik Barat sampai dengan Samudera Hindia bagian timur. Di daerah tersebut hewan ini menempati pulau-pulau berbatu di kawasan lautan, selain itu juga hidup di daerah pantai yang menyatu dengan daratan kepulauan dan umumnya tidak dijumpai di karang atol, karena di daerah tersebut kebutuhan makanan tidak memadai. Keberadaan ketam kenari di alam sudah sangat mengkhawatirkan. Hewan ini sudah tergolong hewan langka dan tergolong rawan, namun masih diburu oleh banyak orang karena bernilai ekonomis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penetasan biota tersebut di laboratorium. Kegiatan penelitian dilaksanakan selama delapan bulan dari bulan Maret sampai dengan November 2009, di Kolam penangkaran di Desa Citarate, Kabupaten Lebak, Banten. Kolam penangkaran terdiri atas kolam penetasan ( $2 \times 2 \times 1,5 \text{ m}^3$ ) dan pembesaran ( $5 \times 6 \times 1 \text{ m}^3$ ) yang terbagi menjadi 22 ukuran kolam ( $1 \times 1 \times 1,2 \text{ m}^3$  per kolam). Pakan yang diberikan berupa kelapa, ikan tembang yang sudah direbus, jagung dan sayur. Kolam dilengkapi dengan air tawar, dan air laut. Induk ketam kenari yang dipelihara berukuran 3,7 – 4,6 cm panjang dada (atau 0,285-0,545 kg). Perkembangan telur yang terdapat dalam abdomen dimulai dari warna kuning sampai orange. Jumlah telur yang terdapat dalam abdomen bervariasi antara 300-600 butir. Telur yang menetas menjadi larva setelah 7-15 hari.

Kata kunci: Ketam kenari (*Birgus latro*), bibit, penetasan.

**ABSTRACT**

Coconut crab is the mostly success crustacean in adaptation at terrestrial habitat. The crab is wide distributed from West Pacific to Eastern of Indian Ocean. In the area, the crab habits at stony islands in the ocean. The crab is also found at coastal area near and generally is not found at atol of the coral reef because of limitation on food. Existence of the crab at nature is mostly apprehension. The crab categorized to be scarce and vulnerable species, but they are still caught by many people because their economical value. This study aims to observe eggs hatching of the coconut crab at laboratory. Study had been done for 8 months from March to November 2009 in domestication pond located at Citarate Village, Lebak District, Banten Province. The domestication pond is consisted of hatching pond ( $2 \times 2 \times 1,5 \text{ m}^3$ ) and rearing pond ( $5 \times 6 \times 1 \text{ m}^3$ ) which is consisted of 22 ponds sized  $1 \times 1 \times 1,2 \text{ m}^3$ . The coconut crab were fed by coconut, boiled small anchovy, corn and vegetables. The ponds were supported by smaller pond inside to stock fresh and marine water. Ovigerous female coconut crab was around 3,7 – 4,6 cm in thorax length (or 0,285-0,545 kg body weight). Development of eggs at abdomen was started from yellowish to orange in colour. Eggs number varied from 300 to 600. The eggs hatched to be larvae after 7-15 days.

Keywords : Coconut crab (*Birgus latro*), larvae, hatching.

## PENDAHULUAN

Ketam kenari (*Birgus latro*) atau disebut juga ketam kelapa atau kepiting kelapa merupakan jenis krustase yang memiliki nilai ekonomi. Hewan ini mengandung lemak yang tinggi pada bagian perutnya, dan diyakini berkhasiat sebagai penambah gairah seksual (aprodisiak) (PPSDAHP 1988).

Ketam kenari merupakan jenis krustase yang paling sukses beradaptasi dengan lingkungan daratan. Ketam kenari tersebar luas dari Pasifik Barat sampai dengan Samudera Hindia bagian timur. Di daerah tersebut hewan ini menempati pulau-pulau berbatu di kawasan lautan, selain itu juga hidup di daerah pantai yang menyatu dengan daratan kepulauan dan umumnya tidak dijumpai di karang atol, karena di daerah tersebut kebutuhan makanan tidak memadai. Di Indonesia ketam kenari tersebar luas di wilayah Indonesia bagian timur yaitu pulau-pulau di Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku, dan Papua (Pratiwi 1989; Ramli 1997; Monk *et al.* 2000)

Keberadaan ketam kenari di alam sudah sangat mengkhawatirkan. Hewan ini sudah tergolong hewan langka dan tergolong rawan, namun masih diburu oleh banyak orang karena bernilai ekonomis. Di beberapa tempat dilaporkan telah mengalami bahwa ketam kenari telah mengalami kepunahan, seperti Kepulauan Seychelles dan Kepulauan Keeling (Pratiwi 1989). Keterancaman populasi ketam kenari disebabkan oleh intensitas penangkapan yang sangat tinggi mengingat ketam kenari merupakan sumber protein yang tinggi dan merupakan komoditas ekspor. Selain penangkapan, kualitas lingkungan hidup ketam kenari yang semakin menurun akibat aktivitas manusia berupa penggundulan hutan dan juga meningkatnya predator (anjing, biawak) yang dibawa oleh masyarakat pendatang (Rafiani 2005).

Kondisi ini sangat mengancam keberlanjutan hidup ketam kenari di alam, sehingga diperlukan langkah penyelamatan terhadap biota ini dengan jalan perlindungan terhadap biota dan habitat hidupnya. Perlindungan terhadap biota ini telah dilakukan dengan dikeluarkannya surat keputusan Menteri Kehutanan No. 12/kpts-II/Um/1987 (Anonim 2004), namun pelaksanaannya masih belum efektif. Usaha lain yang dilakukan guna penyelamatan biota ini adalah dengan melakukan penangkaran (Soedharma 2000). Usaha ini merupakan langkah awal dari usaha

pembudidayaan dan pemeliharaan satwa liar dalam media budidaya. Hasil ini diharapkan mampu memenuhi kebutuhan terhadap keterbatasan sumberdaya. Keberhasilan program ini akan dapat menghilangkan ketergantungan pelaku ekspor terhadap sumberdaya ketam kenari dari alam, selain itu dengan hasil ini dapat memenuhi ketersediaan sumber pangan dan kebutuhan farmasi.

Ketam kenari yang sudah dewasa melakukan perkawinan, kemudian kepiting betina akan mengerami telur. Ketika telur telah siap menetas, kepiting betina berjalan menuju laut untuk melepaskan zoea dengan berjalan di atas batuan pada perbatasan daerah pasang surut, sehingga ombak yang datang memecah akan membasahi bagian atas tubuhnya secara teratur. Pada saat telur-telur tersebut kontak dengan air laut, maka dengan segera setelah itu menetas dan zoea dilepaskan ke dalam laut (Schiller *et al.* 1991).

Telur-telur yang menetas pada tahap zoea pertama lamanya 4 – 9 hari, biasanya 5 – 6 hari, pergantian ke tahap zoea kedua dimulai pada hari ke empat dari kehidupan larva dan mencapai puncaknya pada hari kelima dan hari ke enam. Tahap zoea kedua berlangsung 3 – 15 hari dari kehidupan larva dan sebagian selesai dalam waktu 10 hari. Lamanya tahap zoea ke tiga 3 – 18 hari, tetapi biasanya 8 -9 hari. Pergantian ke tahap zoea ke empat dimulai tepat pada hari ke 15 dari kehidupan larva dan dilanjutkan kira-kira hari ke 24. Burayak yang mengalami pergantian kulit pada hari ke 18 – 20, biasanya pada hari ke 18 lah pergantian kulit berlangsung sangat aktif. Sedangkan lamanya tahap zoea keempat dan penyempurnaan atau tahap metazoa adalah 6 – 12 hari dan akhirnya ketika usia larva 20 -30 hari kepiting berada dalam tahap terakhir pergantian zoea untuk berubah ke tahap post larva “glaucothoe” (Gambar 1).

Tujuan penelitian ini secara umum adalah untuk mengkaji teknik penetasan dan pembesaran benih ketam kenari (*Birgus latro*) yang dipelihara pada kolam penangkaran. Pada tahap ini, penelitian bertujuan untuk menetas telur yang telah dibuahi dan disimpan dalam abdomen.

## **METODE PENELITIAN**

Waktu penelitian dilaksanakan selama delapan bulan dari bulan Maret sampai dengan November 2009. Pelaksanaannya dilakukan di Kolam penangkaran yang telah dibangun di Desa Citarate, kabupaten Lebak, Banten (sekitar 30 km dari Pelabuhan Ratu).

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas biota target berupa kepiting kenari, pakan dan peralatan pemeliharaan, yang secara rinci sebagai berikut : bak pembesaran  $5 \times 6 \times 1 \text{ m}^3$  (3 buah) yang terbagi menjadi 30 kotak ukuran  $1 \times 1 \times 1,2 \text{ m}^3$  per buah, akuarium ukuran  $0,5 \times 0,4 \times 0,75 \text{ m}^2$  pakan berupa kelapa, ikan tembang yang sudah direbus, jagung dan sayur. Selain itu kolam dilengkapi dengan air tawar, dan air laut.

### **Pemeliharaan induk**

Induk yang berasal dari alam dipelihara dalam bak beton yang berukuran  $2 \times 2 \times 1,5 \text{ m}^3$  di kolam penangkaran Citarate, pantai selatan, Kabupaten Lebak, Banten.

### **Penetasan**

Induk tersebut dipelihara sampai menetas secara semi alami di kolam air laut (ukuran  $2 \times 1 \times 30 \text{ cm}^3$ ) yang terdapat di kolam tersebut. Pada kegiatan penetasan, diamati perkembangan telur yang menetas.

### **Pengamatan Laboratorium dan Analisis Data**

Parameter yang diamati adalah mortalitas, sintasan, dan pertumbuhan. Mortalitas dan sintasan dimaksudkan untuk melihat tingkat presentase kelulushidupan setelah ditempatkan di dalam kolam/kandang selama penelitian, sedangkan pertumbuhan dimaksudkan untuk melihat efektifitas peningkatan biomassa dengan pemberian pakan.

Mortalitas dihitung dengan menggunakan rumus:  $Z = (\text{Log } e_{N_{t+1}} - \text{Log } e_{N_t})$ , sedangkan sintasan dihitung dengan menggunakan rumus  $S = N_{t+1}/N_t$  (dimana  $N_{t+1}$  adalah jumlah ketam pada akhir penelitian,  $N_t$  adalah jumlah ketam pada saat awal penelitian) (Effendie 1979).



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penangkapan induk

Induk ketam kenari (*Birgus latro*) sebanyak 5 ekor, ditangkap dari Pulau Yoi, Kecamatan Pulau Gebe, Kabupaten Maluku Tengah, Propinsi Maluku Utara. Proses penangkapan dilakukan pada malam hari dengan mempergunakan umpan berupa kelapa yang ditempatkan di lokasi yang diperkirakan terdapat ketam kenari, yaitu berupa lubang, gua atau tumpukan batu-batu yang berada dalam keadaan basah/lembab. Penangkapan dapat dilakukan juga dengan mempergunakan perangkap yang sudah diberi umpan berupa kelapa yang digantung pada bagian tengah alat. Perangkap tersebut diletakkan di wilayah yang diperkirakan menjadi tempat berkumpulnya ketam kenari. Kegiatan penangkapan, lokasi dan biota target tersebut disampaikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penangkapan (induk) di daerah Pulau Yoi, Kecamatan Pulau Gebe, Kabupaten Maluku Tengah, Maluku Utara.  
a. Lokasi penangkapan-fishing ground, b. Kegiatan penangkapan, c. Alat yang berupa perangkap, d. Biota yang ditangkap)

### Penanganan induk di perjalanan

Ketam kenari (*Birgus latro*) yang tertangkap (5 ekor) dimasukkan ke dalam karung yang dilengkapi sabut kelapa. Sabut kelapa tersebut sebelumnya sudah disiram air agar berada dalam kondisi lembab. Selain itu, dalam karung diberikan juga potongan kelapa, sebagai maknannya selama berada dalam

perjalanan. Induk yang bertelur (ovigerous female) (Gambar 2) kemudian dibawa ke Bogor, dan selanjutnya dibawa lokasi penangkaran di Desa Citarate. Perjalanan pembawaan ketam kenari tersebut memerlukan waktu 1 sampai 2 hari hingga lokasi penangkaran.



Gambar 2. Induk ketam kenari yang bertelur (ovigerous female) yang tertangkap di Pulau Yoi. Induk ini mengandung telur yang cukup banyak.

### **Pemeliharaan induk di kolam penangkaran**

Induk yang diperoleh dari alam ada 5 ekor dipelihara dalam kolam penangkaran berukuran  $2 \times 2 \times 1,3 \text{ m}^2$  yang dilengkapi dengan fasilitas air tawar dan air laut. Setiap kolam penangkaran diberikan 1-2 ekor (Gambar 3, Gambar 7-9).

Kondisi induk yang memiliki telur tersebut (ovigerous female) diberi pakan berupa kelapa dan ikan tembang. Selain itu, untuk menjaga kesehatan, Vitamin C yang telah dicampurkan dengan parutan kelapa juga diberikan. Pergantian makanan dan air (laut dan tawar) dilakukan sebanyak 2 hari sekali.

Induk kepiting kenari yang akan digunakan dapat diperoleh dari hasil tangkapan nelayan atau pengumpul disekitar pulau Yoi dan Gebe Propinsi Halmahera Tengah. Induk kepiting yang digunakan adalah yang telah dewasa. Induk kepiting sebaiknya dipilih yang anggota tubuhnya lengkap karena induk yang cacat akan mengganggu proses pematangan dan pemijahan telur. Bak penangkaran untuk pematangan gonad terdiri dari bak air laut dan bak air tawar lihat Gambar 6 dan pada bak disertai batu besar untuk tempat berlindung.

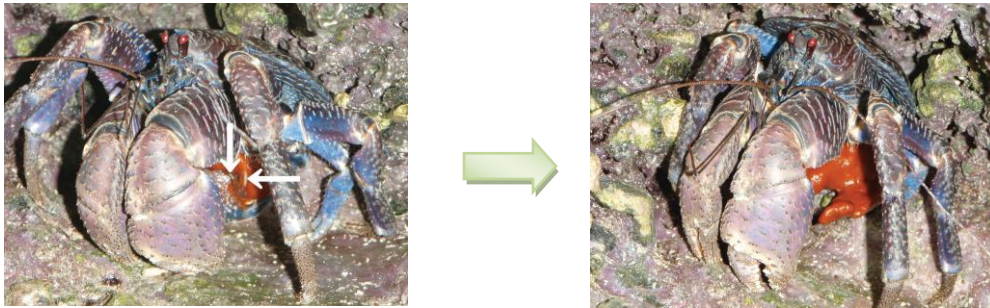


Gambar 3. Bak penangkaran untuk pematangan gonad

Penggantian air laut dan air tawar dilakukan setiap 3 hari sekali, namun demikian penggantian air dapat dilakukan sewaktu-waktu disesuaikan dengan kondisi kualitas airnya. Air laut dan air tawar yang digunakan sudah diendapkan dan diaerasi selama 24 jam, air tersebut selanjutnya didistribusikan ke setiap bak pemeliharaan induk kepiting kenari (Gambar 7, 8 dan 9). Kepadatan tebar induk kepiting kenari 1 ekor/m<sup>2</sup>. Pembersihan sisa pakan dilakukan pada pagi hari sebelum pemberian pakan berikutnya, hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya penumpukan sisa-sisa pakan dan kotoran kepiting yang dapat menurunkan kualitas air.

### **Pemijahan induk dan Penetasan telur**

Di alam, kepiting kenari dewasa beruaya ke laut untuk melakukan pemijahan. Ruaya ini bertujuan untuk menemukan perairan yang bersalinitas tinggi guna untuk kehidupan larva stadia awal (*zoea*). Proses Pemijahan kepiting kenari belangsung secara internal, dimana setelah massa telur dikeluarkan dari ovary dan pada saat yang bersamaanpun terjadi pembuahan (Gambar 4). Massa telur yang telah dikeluarkan pada mulanya berserakan sebelum menempel pada umbai-umbai kaki renang (*endopodit*) yang terletak dibagian bawah abdomen. Pada saat tersebut telur mulai mengalami pengeraman dan induk kemudian dipindahkan ke dalam bak pegeraman (inkubasi) telur.



Gambar 4. Pemijahan kepiting kenari di alam terjadi di bebatuan karang

Lama waktu pengeraman (inkubasi) telur kepiting kenari berfluktuasi sesuai dengan suhu air dan lingkungannya. Dari ke enam kepiting kenari yang bertelur memiliki bobot rata-rata 0.156 kg dan bobot setelah aborsi sebesar 0.134 kg (Tabel 1). Wadah untuk inkubasi menggunakan bak beton yang pada bagian baknya terdapat cekungan untuk air laut dan air tawar yang disertai dengan aerasi. Pada bagian samping ditutup dengan pelepah kelapa berdaun untuk peneduh dan atap bak terbuat dari asbes bergelombang untuk menghindari masuknya cahaya. Selama masa pengeraman telur-telur kepiting kenari mengalami perubahan mulai dari warna kuning, orange, coklat dan kemudian kehitaman akibat terjadi perkembangan embrio didalam telur lihat Gambar 5. Waktu penetasan telur biasanya terjadi pada pagi hari. Larva kepiting kenari yang baru menetas disebut zoea.

Tabel 1. Bobot Kepiting kenari Bertelur dan setelah bertelur

No.	Panjang karapas (cm)	Panjang kepala (cm)	Panjang rostrum (cm)	Panjang Abdomen (cm)	Bobot kepiting + telur (kg)
1	3.7	4.6	0.6	10.4	0.295
2	4.5	5.6	1.0	12.1	0.500
3	3.8	4.6	0.8	11.7	0.285
4	4.2	4.8	0.7	10.5	0.385
5	4.6	5.5	0.9	13.5	0.545
6	3.8	4.5	0.6	12.7	0.325
Rata-rata	1.6	1.6	0.3	4.7	0.156

 <p>By: Ibad_Aziz, 13-04-2009 08:12</p>	<p>Telur kepiting kenari (<i>birgus latro</i>) berwarna Kuning</p>
 <p>Bv</p>	<p>Telur kepiting kenari (<i>birgus latro</i>) berwarna Orange</p>
 <p>13-04-2009 08:12</p>	<p>Telur kepiting kenari (<i>birgus latro</i>) berwarna Coklat.</p>

Gambar 5. Fase Perkembangan Telur Kepiting kenari (*Birgus latro*)

### Pemberian pakan

Induk kepiting kenari diberi pakan secara *adlibitum* (pakan selalu tersedia dibak kepiting). Pakan diberikan setiap 2 hari sekali. Pakan tersebut terbuat dari campuran parutan kelapa, cacahan kangkung dan telur ayam. Pemberian vitamin C rutin diberikan dua kali dalam seminggu yang dicampur kedalam ransum pakan kepiting kenari. Vitamin C berguna untuk menjaga kepiting agar tetap tahan terhadap serangan berbagai penyakit. Sisa pakan di amati setiap hari dan apabila terjadi kekurangan kemudian pakan ditambahkan sesuai dengan ketentuan sedangkan apabila pakan berlebih atau nafsu makan kepiting turun maka

pemberian pakannya dikurangi sampai 5% dari awal pemberian pakannya. Pakan yang tersisah dibersihkan dengan cara menyomprotkan air ke bak pemeliharaan induk sambil menggosok bagian dasar bak sampai bersih. Setelah bak bersih selanjutnya pada bak diisi air laut dan air tawar setinggi  $\pm 10-20$ cm dan diberi pelindung dari batu untuk berlindungnya.

## **Pembahasan**

Ketam kenari (*Birgus latro*) adalah biota perairan laut yang dalam siklus hidupnya kadang-kadang hidup di air laut dan kadang-kadang di darat. Pada saat larva, ketam kenari hidup di laut, namun setelah metamorfose biota ini praktis menghuni wilayah daratan.

Karena rasa dagingnya yang enak dan lezat, biota ini menjadi salah satu target penangkapan masyarakat di daerah kepulauan seperti yang terjadi di Maluku, Sulawesi dan sebelah utara Papua. Sebagai akibat harga yang cukup tinggi, menyebabkan tingkat penangkapan biota ini menjadi intensive. Dari hasil pengamatan di lapang melalui wawancara dengan beberapa masyarakat, populasi ketam kenari semakin menurun.

Sebagai langkah upaya dalam pelestarian biota tersebut, salah satu upaya yang dilakukan adalah kegiatan pembudidayaan biota tersebut. Sampai saat ini, kegiatan pembudidayaan dalam arti pembesaran biota tersebut telah dilakukan baik secara in situ (di Pulau Gebe dan Pulau Yoi, Maluku Utara) maupun ex situ di Kolam penangkaran Desa Citarate, Banten. Kegiatan tersebut telah dilakukan sejak tahun 2007/2008, dan mengindikasikan adanya tingkat pertumbuhan yang cukup baik (Sulistiono, 2005; Sulistiono dkk, 2007; Sulistiono dkk, 2008). Dari hasil pengamatan tersebut diketahui bahwa ketam kenari memiliki sintasan sekitar 70-80%. Keadaan ini merupakan peningkatan nilai sintasan dari penangkaran yang telah dilakukan sebelumnya yaitu sekitar 20-30% (Sulistiono, 2005).

Pemeliharaan ketam kenari atau kepiting kelapa sampai saat ini merupakan kegiatan yang bersifat penangkaran. Kegiatan ini dilakukan sebagai upaya perlindungan biota tersebut yang semakin sedikit jumlah populasinya di alam.

Dalam kaitan dengan kegiatan tersebut, dilakukan upaya penetasan telur yang dilakukan di Kolam penangkaran, Ds Citarate, Banten. Kegiatan ini diawali

dengan mendatangkan induk selama 4 kali sampling, yaitu bulan April, Juni, Agustus dan Oktober 2009. Pada sampling yang pertama didapatkan ketam yang bertelur sebanyak 5 ekor, sampling ke dua 7 ekor, sampling ke tiga 7 ekor dan sampling ke empat didapatkan sekitar 5 ekor. Ketam-ketam tersebut disimpan dalam bak penetasan yang berukuran 2 x2x1,5 m<sup>2</sup> di kompleks kolam penangkaran, Ds Citarate, Lebak, Banten.

Pada kegiatan penetasan pertama, induk mulai melepaskan telur di bak yang berisi air tawar. Pada bak tersebut mulau terlihat larva-larva kecil yang beberapa waktu kemudian mati. Pada kegiatan penetasan ke dua, induk-induk yang dibawa dari Pulau Yoi terlalu lama dalam perjalanan karena factor pengangkutan yang memakan waktu 7-10 hari dari penangkapan. Akibat dari terlalu lamanya pengangkutan, telur-telur yang telah diinkubasi secara gradual diaborsi (dikeluarkan) dari abdomen dan tidak jadi larva.

Dalam penangkaran ini, dilakukan juga kegiatan penyiapan pakan alami, yaitu dengan cara pemeliharaan chlorella, Artemia dan Rotifer. Pakan alami ini, dipersiapkan untuk memberikan maknanan bagi larva-larva yang menetas.

Telur yang telah diinkubasi dan dikeluarkan dari abdomen diamati di bawah mikroskop. Perkembangan biota yang terdapat di dalam telur juga dicatat dan didokumentasikan (Gambar 6).

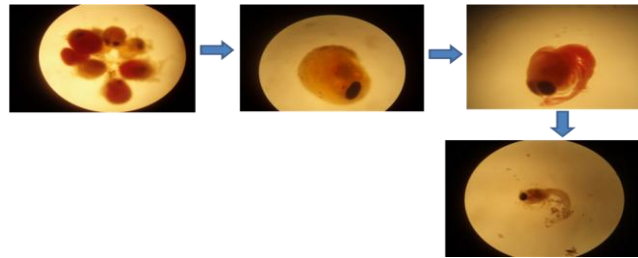
Dari pengamatan terhadap telur-telur yang telah dibuahi dan dilepaskan, dapat diketahui adanya perkembangan organism yang terdapat di dalam telurnya. Namun demikian sampai saat ini, belum Nampak adanya telur tersebut yang menetas. Sehingga beberapa perlakuan yang akan diberikan belum dapat dilakukan.

Induk yang diperoleh pada pengambilan bulan April, Juni dan Agustus telah mengeluarkan telur. Namun kondisi telur masih “muda”, sehingga masih cukup banyak yang mati. Diperkirakan induk masih berada dalam keadaan stress pada waktu dipindahkan ke dalam kolam penangkaran.

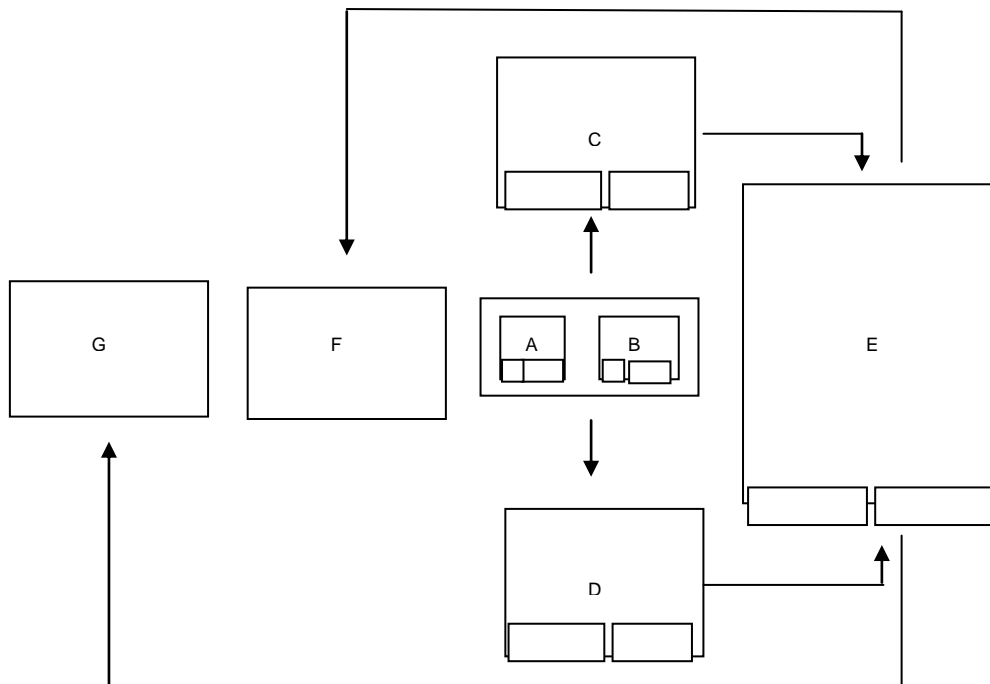
Untuk memperkecil tingkat stress induk ketam kenari. Pemandahan dilakukan dengan cara melepaskan induk yang masih dalam karung dan membiarkan bergerak sendiri ke dalam kolam penangkaran. Selain itu, kondisi kolam diberi air agar terasa lembab dan tidak kering. Kondisi demikian

diharapkan dapat memperkecil tingkat stress induk yang akan dilepas. Sampai saat ini, penelitian berada pada tahap pemeliharaan induk yang ditangkap pada bulan Oktober. Telur diharapkan menetas pada bulan November 2009.

Untuk pemeliharaan larva jika terjadi penetasan, dilakukan pembersihan akuarium, pemeliharaan Rotifer, Chlorella, Tetraselmis dan Artemis sebagai makanan alami yang akan diberikan pada larva.



Gambar 6. Kondisi telur yang telah dilepaskan oleh induk ketam kenari

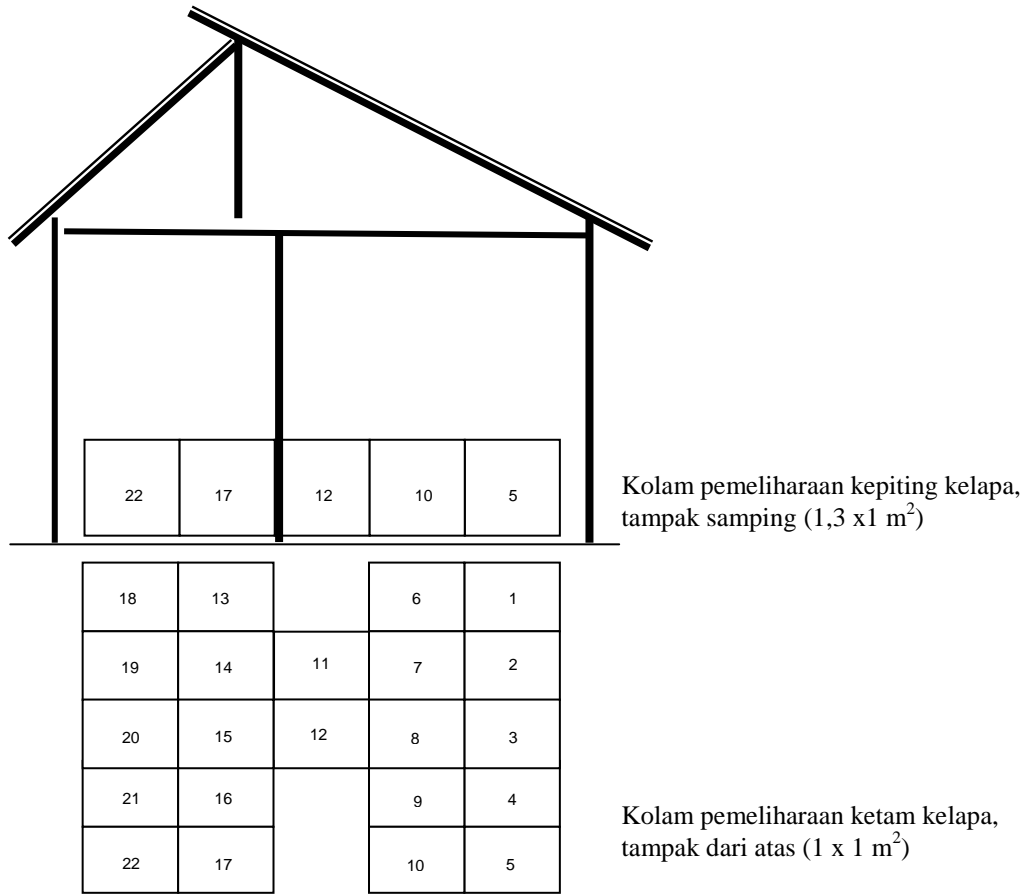


Keterangan

- A dan B : kolam penetasan
- C dan D : kolam pembesaran Ia
- E : kolam pendederan (pembesaran 1b)
- F dan G : kolam pembesaran II

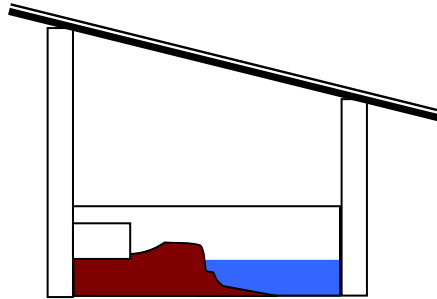
Gambar 7. Sketsa kolam penetasan, pembesaran 1 dan pembesaran 2 ketam kenari di Citarate, Lebak, Banten



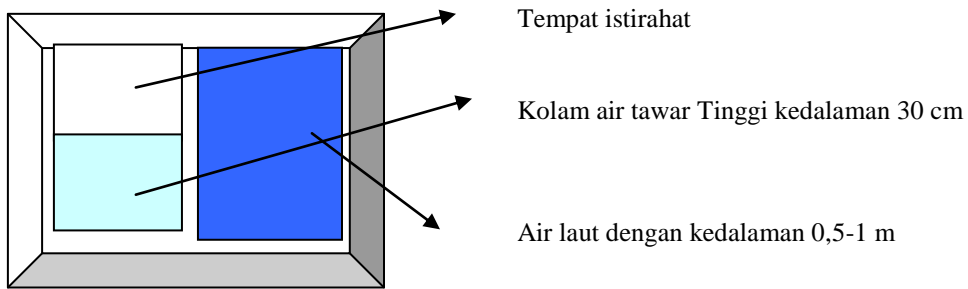


Keterangan: Setiap kolam dilengkapi dengan kolam air tawar dan air laut, serta tempat persembunyian ketam kenari

Gambar 8. Sketsa kolam pembesaran II ketam kelapa (1-22 adalah nomor setiap kolam pemeliharaan) di Citarate, Lebak, Banten

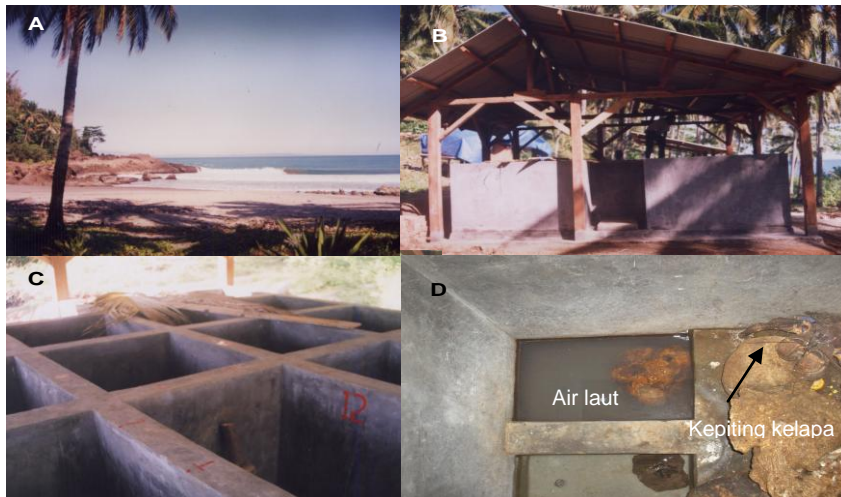


skematik bangunan kolam/kandang penetasan induk kepiting kenari (tampak samping)



skematik bangunan kolam/kandang kepiting kelapa (tampak atas)

Gambar 9. Skematik kolam penetasan kepiting kenari yang sudah dibangun di pantai selatan



Keterangan A. Suasana pantai dekat lokasi pemeliharaan, B. Kolam pemeliharaan tampak samping, C. Kolam dan sekat antar kolam pemeliharaan, D. Satu kolam beserta kolam air tawar, air laut, dan ketam kelapa di atas batu

Gambar 10. Foto kolam pemeliharaan yang dibangun di Desa Citarate, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten

## KESIMPULAN

Upaya penangkaran yang berupa upaya pembesaran terhadap ketam kenari (*Birgus latro*) telah dua kali dilakukan dengan tingkat sintasan sampai 70-80%. Namun demikian upaya untuk penetasan telurnya, sampai saat ini belum menunjukkan hasil yang memuaskan. Telur-telur yang telah dierami, diaborsi ketika induk dalam keadaan stress dan telur-telur telah menetas, cepat mati. Sehingga perlakuan belum dapat dilakukan. Namun demikian upaya menjaga induk yang memiliki telur untuk tetap dalam keadaan stress bias dilakukan sampai 3 minggu.

## SARAN

Kegiatan penetasan telur memerlukan lokasi yang sunyi, sehingga diperlukan upaya-upaya untuk memperkecil berbagai aktifitas yang bias mengganggu kondisi induk.

Persiapan pakan yang tepat waktu mesti dilakukan, karena ketidak tepatan antara waktu penetasan dan ketersediaan pakan dapat menyebabkan kematian larva yang telah menetas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2004. Endangered Species Protected on Chumbe Island. Internet Online <http://www.indianocean.org/bioinformatics/crabs/crabs/refer/crabib11.html>. Dikunjungi pada tanggal 22 Agustus 2004
- Effendie M.I. 1979. Metode Biologi Perikanan. Penerbit Yayasan Dewi Sri. Bogor.
- Monk A., De Fretes Y, Reksodihardjo-Liley G. 2000. Ekologi Nusa Tenggara dan Maluku. Prenhallindo, Jakarta. 966 hal.
- [PPSDAHP]. Proyek Pengembangan Sumber Daya Alam Hayati Pusat. 1988. Diskripsi biota laut langka. Depar-temen Kehutanan Direktorat Jendral Perlindungan Hutan dan Pelestarian Alam, Bogor, 170 hal.
- Pratiwi R. 1989. Ketam Kelapa, *Birgus latro* (Linnaeus 1767) (Crustacea, Decapoda, Coenobitidae). Dan Beberapa Aspek Biologinya. Oseana,14: Nomor 2:47-53.

- Ramli M, 1997. Studi Preferensi Habitat Kepiting Kelapa (*Birgus latro* L.) Dewasa di Pulau Siompu dan Liwutongkidi Buton, Sulawesi Tenggara. Tesis. Institut Pertanian Bogor. 63 hal.
- Refiani, S. dan Sulistiono. 2005. Kondisi habitat dan kematangan gonad kepiting kelapa di Pulau Pasoso. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Paper. 15 hal
- Soedharma, D., Sulistiono, M.F. Rahardjo, I. Muflikathi dan I. Effendi. 2000. Paper on the International Seminar. Environmental Management for Sustainable Rural Life. Bogor. 9 hal.

**PENGARUH SELEKSI DOMBA CEPAT TUMBUH TERHADAP  
PRODUKSI DAN KUALITAS KARKAS**

( Effect of Selection on Fast Growing Sheep on Carcase Production  
and Quality )

**Mohamad Yamin, Cece Sumantri, Sri Rahayu, Maman Duldjaman,  
Muhamad Baihaqi, Edit Lesa Aditia**

Dep. Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan, Fakultas Peternakan IPB

**ABSTRAK**

Usaha penggemukan ternak domba lokal semakin banyak diminati. Seleksi untuk meningkatkan rata-rata PBBH (pertambahan bobot badan harian) dapat dicapai, namun dampak seleksi terhadap produksi dan kualitas karkas perlu dipelajari. Penelitian ini dilakukan di peternakan domba "Tawakal Farm", Cimande, Bogor dan Bagian IPT Ruminansia Kecil dan Bagian IPT Ruminansia Besar, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor, selama delapan bulan (Maret-Oktober 2009). Berdasarkan hasil seleksi terhadap PBBH yang dilakukan selama 3 bulan, maka diperoleh 11 ekor domba cepat tumbuh (CT) dengan PBBH  $\geq 150$  g/ekor/hari dan 10 ekor domba lambat tumbuh (LT) dengan PBBH  $\leq 50$  g/ekor/hari. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat perbedaan sangat nyata ( $P < 0,01$ ) terhadap bobot karkas, hasil daging, persentase tulang dan berat lemak pelvis dan ginjal domba cepat tumbuh dan lambat tumbuh, antara kedua grup domba tersebut. Sedangkan untuk persentase karkas, persentase daging dan lemak, berat lemak, berat tulang, tebal lemak punggung, luas udamaru dan nilai pH, DMA (%  $\text{mgH}_2\text{O}$ ), keempukan dan % susut masak tidak terdapat perbedaan yang sangat nyata ( $P > 0,05$ ) antara domba cepat tumbuh dan lambat tumbuh. Seleksi terhadap domba cepat tumbuh dapat direkomendasikan untuk diterapkan karena meningkatkan juga sifat yang dikehendaki, yaitu produksi daging tapi tidak menurunkan produksi dan kualitas karkas. Implementasi seleksi tersebut secara berkesinambungan akan terus dapat meningkatkan performa pertumbuhan domba serta meningkatkan produksi daging dengan tetap menjaga kualitas karkas.

Kata kunci : Seleksi, domba lokal, pertumbuhan, kualitas karkas.

**ABSTRACT**

Sheep fattening farms have recently been growing rapidly to produce better quality of sheep meat. Selection on their growth can be achieved, however production and quality of carcass should also be tested. The experiment was conducted at PT Tawakal, a sheep fattening farm located in Caringin, Bogor and Laboratory of small ruminant and large ruminant, Faculty of Animal Science, Bogor Agricultural University. One hundred and sixty nine young male sheep (less than one year old) were selected based on physical judging and their average daily gain (ADG) into two groups (fast growing (FG) and slow growing (SG) sheep) having ADG, respectively above 150 g/head/day) and less than 65 g/head/day. There were very significant differences ( $P < 0,01$ ) on carcass weight, meat yield, bone percentage and weight of pelvic fat and kidney between sheep groups. While for carcass percentage, meat and fat percentage, fat and bone weight, fat thickness, loin eye area, pH value, water holding capacity, tenderness and cooking loss, there were no significant difference between FG and SG lambs. It is concluded that this selection on fast growing sheep can be recommended as increase in ADG did increase expected trait, meat yield, but not carcass percentage and quality. Implementation of this selection

continuously can increase growth performance of local sheep as well as sustainability of good quality of lambs for fattening business.

Keywords : Selection, local sheep, growth, carcass quality.

## PENDAHULUAN

Saat ini agribisnis domba mulai diminati pengusaha, namun baru sebatas usaha penggemukan, karena relatif cepat serta lebih sedikit modal dan lahan yang diperlukan. Usaha penggemukan adalah pembesaran anak domba lepas sapih ini (umur 6-9 bulan) dengan diberikan lingkungan yang optimal, seperti pakan berkualitas tinggi dan penanganan yang intensif, sehingga bakalan domba tersebut dapat tumbuh cepat karena memang pada masa tumbuh cepat dan merupakan hasil seleksi bakalan yang ada di peternakan rakyat atau pasar hewan. PBBH domba hasil penggemukan dapat mencapai 120gr/ekor/hari, bahkan dari hasil riset sebelumnya (Yamin dkk., 2002 dan Yamin, dkk., 2003) menemukan beberapa ekor domba yang mempunyai PBBH mencapai 200-300gr/ekor/hari, hampir menyamai domba unggul pedaging diatas. Namun, dengan usaha penggemukan tersebut, domba-domba ‘unggul’ tersebut malah dapat terjual untuk dipotong.

Di tingkat peternak di masyarakat dengan skala pemilikan sekitar 3 – 26 ekor per peternak, hilangnya bibit unggul ini pun dapat terjadi. Hal ini terkait dengan tujuan mereka beternak domba pada umumnya adalah untuk mendapat penghasilan tambahan atau sebagai tabungan yang menjadi sumber “*Emergency Cash*” pada saat diperlukan. Dengan skala usaha yang sangat kecil dan tekanan kebutuhan hidup yang semakin meningkat, di lapangan terlihat kecenderungan mengutamakan domba unggul tersebut untuk dijual dan mempertahankan domba kurang unggul sebagai bibit generasi domba masa datang. Secara umum tentu saja yang laku terjual dengan harga lebih tinggi adalah domba yang unggul.

Apabila hal ini terus didiamkan dapat membahayakan bagi kelestarian ternak domba lokal kita, karena mutu genetik ternak lokal tersebut yang tertinggal adalah yang kurang baik. Penemuan domba-domba super seperti yang ditemukan sebelumnya (Yamin dkk., 2002 dan yamin, dkk., 2003) perlu ditindaklanjuti dengan pengamanan kelompok domba elite tersebut, salah satunya adalah melalui cara program seleksi yang intensif domba tersebut termasuk didalamnya program

pemuliabiakannya. Hasil seleksi telah nyata meningkatkan rata-rata bobot badan dan penambahan bobot badan harian (PBBH). Rata-rata bobot badan domba CT dan LT yaitu berturut-turut  $34,57 \pm 3,98$  kg dan  $26,58 \pm 5,62$  kg ( $P < 0,01$ ), sedangkan dalam hal PBBH, domba CT juga mempunyai rata-rata PBBH yang lebih tinggi dari domba LT, yaitu berturut-turut  $173,78 \pm 26,34$  dan  $53,85 \pm 15,71$  untuk domba CT dan LT ( $P < 0,01$ ) (Yamin, dkk, 2009). Namun demikian kecepatan pertumbuhan domba bukan satu-satunya faktor penentu berhasilnya usaha penggemukan domba. Domba hasil penggemukan yang baik juga harus menghasilkan produksi dan kualitas karkas yang baik, karena tujuan akhir penggemukan adalah menghasilkan daging yang baik. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka studi pengaruh seleksi terhadap domba cepat tumbuh terhadap karkas yang dihasilkan telah dilakukan.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Ternak Ruminansia Kecil, Laboratorium Ternak Ruminansia Besar, Laboratorium Pemuliaan dan Genetika, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor, dan Peternakan Domba “Tawakal Farm” Desa Cimande, Kabupaten Bogor. Penelitian dilakukan selama 3 bulan (Juli-September 2009).

### **Seleksi Domba Lokal**

Ternak domba lokal yang digunakan adalah domba lokal berjumlah 169 ekor yang berasal dari peternakan penggemukan domba Tawakal, Cimande Bogor. Domba tersebut merupakan hasil seleksi dari 1071 ekor domba yang ada pada peternakan tersebut dengan kriteria laju penambahan bobot badan hariannya (PBBH) dan morfometrik ternak (tinggi badan, lingkaran dada dan panjang badan). Dua kelompok domba, yaitu domba cepat tumbuh (CT) dan domba lambat tumbuh (LT) ditentukan berdasarkan penambahan bobot badan harian (PBBH). Domba hasil seleksi yang merupakan domba cepat tumbuh yaitu domba yang mempunyai PBBH di atas 150 g/ekor/hari, sedangkan domba lambat tumbuh yaitu domba yang mempunyai PBBH di bawah 50 g/ekor/hari. Domba yang diseleksi

adalah domba-domba muda ( $I_0$ ), yaitu domba-domba dengan kisaran umur sekitar 6-12 bulan.

### **Identifikasi Kualitas Karkas Domba**

Dari 24 ekor domba cepat tumbuh (11 ekor) dan domba lambat tumbuh (10 ekor) yang terpilih, dilakukan penyembelihan terhadap 3 ekor domba cepat tumbuh dan 3 ekor domba lambat tumbuh untuk diidentifikasi kualitas karkasnya yang meliputi: bobot potongan komersil dan komposisi fisik serta kualitas karkas dan daging domba.

### **Pengolahan dan Analisis Data**

Data penelitian yang dihasilkan dianalisis dengan Uji T (T-test). Adapun model rancangan adalah sebagai berikut :

$$t = \frac{\bar{d} - \mu_d}{\frac{s_d}{\sqrt{n}}} \quad \text{atau apabila } \mu_d = 0 \quad \text{maka } t = \frac{\bar{d}}{\frac{s_d}{\sqrt{n}}}$$

dimana derajat bebasnya (df) = n-1

Keterangan :

d = selisih diantara masing-masing individu/atau objek yang berpasangan

$\mu_d$  = nilai rata-rata perbedaan d populasi dari keseluruhan pasangan data, biasanya 0

$\bar{d}$  = nilai rata-rata dari d

$S_d$  = nilai standar deviasi dari d

n = banyak pasangan data

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Pengaruh Seleksi Domba terhadap Produksi Karkas**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bobot potong yang semakin besar akan menghasilkan karkas dan persentase karkas yang lebih besar (Gambar 1). Terdapat perbedaan yang sangat nyata ( $P < 0,01$ ) antara bobot potong dengan bobot karkas (kg) antara domba cepat tumbuh dengan domba lambat tumbuh. Akan



tetapi tidak terdapat perbedaan yang sangat nyata antara bobot potong dengan persentase karkas antara domba cepat tumbuh dan lambat tumbuh (Tabel 1).

Tabel 1. Rataan Bobot Karkas dan Persentase Karkas

Kelompok Domba	Bobot Karkas (kg)	Persentase Karkas (%)
Cepat Tumbuh	13,33 <sup>a</sup> ±1,94	44,91 <sup>a</sup> ±2,72
Lambat Tumbuh	9,63 <sup>b</sup> ±0,72	40,69 <sup>a</sup> ±0,50

Keterangan : superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang sangat nyata (P<0,01)



Karkas Domba Cepat Tumbuh

Karkas Domba Lambat Tumbuh

Gambar 1. Gambar Karkas Domba Cepat Tumbuh dan Lambat Tumbuh

Hal yang sama ditunjukkan oleh penelitian dari Alexandre *et al.* (2008) terhadap domba “ovin martinik”, dimana terdapat perbedaan yang nyata (P<0,05) antara bobot potong dengan bobot karkas yang dihasilkan, akan tetapi tidak terdapat perbedaan yang nyata antara bobot potong terhadap persentase karkas yang dihasilkan. Rataan bobot potong domba “ovin martinik” pada penelitian Alexandre *et al.* (2008) adalah 28 kg dan 33 kg. Untuk bobot potong 28 kg, rata-rata bobot karkas dan persentase karkas berturut-turut adalah ; 13,0±0,5 kg dan 46,6±1,0 %. Sedangkan untuk bobot potong 33 kg, rata-rata bobot karkas dan persentase karkas berturut-turut adalah sebagai berikut ; 15,0±0,5 kg dan 47,1±1,0 %.

### Pengaruh Seleksi Domba terhadap Komposisi Karkas

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil daging dari domba cepat tumbuh sangat nyata lebih tinggi ( $P < 0,01$ ) dibandingkan hasil daging dari domba lambat tumbuh. Akan tetapi untuk bobot lemak dan tulang tidak terdapat perbedaan yang sangat nyata antara domba cepat tumbuh dan domba lambat tumbuh (Tabel 2).

Tabel 2. Rataan Bobot Daging, Lemak dan Tulang Domba Cepat Tumbuh dan Lambat Tumbuh

Kelompok Domba	Bobot Daging (kg)	Bobot Lemak (kg)	Bobot Tulang (kg)
Cepat Tumbuh	4,03 <sup>a</sup> ±0,35	1,10 <sup>a</sup> ±0,29	1,34 <sup>a</sup> ±0,03
Lambat Tumbuh	2,99 <sup>b</sup> ±0,22	0,49 <sup>a</sup> ±0,04	1,28 <sup>a</sup> ±0,08

Keterangan : superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P < 0,01$ )

Hasil daging yang lebih tinggi pada domba cepat tumbuh dapat disebabkan karena domba cepat tumbuh memiliki rataan bobot potong dan bobot karkas yang lebih tinggi, sehingga jaringan otot pada kelompok domba cepat tumbuh lebih banyak terdeposisi dibandingkan pada kelompok domba lambat tumbuh.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang sangat nyata ( $P > 0,01$ ) terhadap persentase daging dan lemak yang dihasilkan antara domba cepat tumbuh dan lambat tumbuh (Tabel 3). Sedangkan untuk persentase tulang, terdapat perbedaan yang sangat nyata ( $P < 0,01$ ) antara domba cepat tumbuh dan lambat tumbuh.

Tabel 3. Persentase Daging, Lemak dan Tulang dari Karkas Domba Cepat Tumbuh dan Lambat Tumbuh

Kelompok Domba	Persentase Daging	Persentase Lemak	Persentase Tulang
Cepat Tumbuh	61,14 <sup>a</sup> ±0,35	16,55 <sup>a</sup> ±0,35	20,46 <sup>a</sup> ±0,03
Lambat Tumbuh	62,29 <sup>a</sup> ±0,22	10,31 <sup>a</sup> ±0,22	26,63 <sup>b</sup> ±0,08

Keterangan : superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P < 0,01$ )

Perbedaan yang terjadi dapat disebabkan karena bobot potong antara domba cepat tumbuh dan lambat tumbuh berbeda. Hal ini sesuai dengan apa yang

diutarakan oleh Lambuth *et al.* (1970), bahwa bobot potong yang semakin tinggi akan menyebabkan penurunan terhadap persen total *edible portion* dan tulang, tetapi akan menaikkan persentase dari lemak.

### **Pengaruh Seleksi Domba terhadap Kualitas Karkas**

Data kualitas karkas yang meliputi tebal lemak punggung, luas urat daging mata rusuk (udamaru) dan bobot lemak pelvis dan ginjal dapat dilihat pada Lampiran 4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat nyata ( $P < 0,01$ ) pada berat lemak pelvis dan ginjal terhadap kelompok domba.

Perbedaan pada berat lemak pelvis dan ginjal antara domba cepat tumbuh dan lambat tumbuh disebabkan karena perbedaan bobot potong dan bobot karkas antara masing-masing kelompok domba. Domba cepat tumbuh memiliki bobot potong dan bobot karkas yang lebih tinggi dibandingkan dengan bobot domba dan bobot karkas domba lambat tumbuh. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Alexandre *et al.* (2008) dan Pena *et al.* (2005), yang menyatakan bahwa seiring meningkatnya bobot karkas, maka bobot dan persentase lemak pelvis dan ginjal juga akan semakin naik.

### **Pengaruh Seleksi Domba terhadap Kualitas Daging**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang sangat nyata antara kelompok domba cepat tumbuh dan lambat tumbuh terhadap nilai pH, DMA (%  $\text{mgH}_2\text{O}$ ), keempukan dan % susut masak (Tabel 5).

Tabel 4. Rataan Tebal Lemak Punggung, Luas Udamaru dan Lemak Pelvis dan Ginjal

Kelompok Domba	Tebal Lemak (mm)	Luas Udamaru ( $\text{cm}^2$ )	Lemak Pelvis dan Ginjal (g)
Cepat Tumbuh	1,33 <sup>a</sup> ± 0,06	11,85 <sup>a</sup> ± 2,66	172,7 <sup>a</sup> ± 32,8
Lambat Tumbuh	1,23 <sup>a</sup> ± 0,29	12,49 <sup>a</sup> ± 2,72	74 <sup>b</sup> ± 17,9

Keterangan : superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P < 0,01$ )

Tabel 5. Rataan pH, DMA, Keempukan dan Susut Masak

Kelompok Domba	pH	DMA (% mgH <sub>2</sub> O)	Keempukan	Susut Masak (%)
Cepat Tumbuh	6,34 <sup>a</sup> ±0,24	34,98 <sup>a</sup> ±8,83	6,37 <sup>a</sup> ±0,74	41,88 <sup>a</sup> ±0,31
Lambat Tumbuh	6,42 <sup>a</sup> ±0,21	35,81 <sup>a</sup> ±3,31	4,49 <sup>a</sup> ±2,80	37,29 <sup>a</sup> ±6,57

Keterangan : superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang sangat nyata (P<0,01)

Nilai pH, DMA dan susut masak pada daging dipengaruhi oleh beberapa faktor, terutama penanganan ternak sebelum pemotongan, pada saat pemotongan dan setelah pemotongan. Menurut MLA (2000), pH akhir daging yang baik berkisar antara 5,3-5,7.

Nilai pH yang tinggi pada daging domba dapat menyebabkan bau dan citra rasa yang menyimpang pada saat diolah. pH yang tinggi juga menyebabkan penampilan daging menjadi kurang menarik (warna gelap), lebih alot, penyusutan pada saat pengolahan lebih tinggi dan menjadi medium yang baik untuk pertumbuhan mikroba. Nilai pH yang tinggi disebabkan karena penanganan yang kurang baik terhadap ternak, dimana ternak mengalami stress sebelum pemotongan.

### KESIMPULAN

Secara umum seleksi domba cepat tumbuh dapat direkomendasikan untuk terus dilakukan karena meningkatkan produksi daging tetapi tidak merubah produksi karkas dan kualitas karkas:

- Kelompok domba cepat tumbuh mempunyai persentase karkas yang tidak berbeda nyata dengan domba lambat tumbuh yaitu sekitar 40-45% dari bobot potong
- Domba cepat tumbuh menghasilkan daging yang lebih banyak dari domba lambat tumbuh yaitu berturut-turut sekitar 4 dan 3 kg.
- Kualitas karkas berupa tebal lemak dan luas udamaru tidak berbeda nyata pada kedua kelompok domba tersebut, namun domba cepat tumbuh mempunyai lemak pelvis dan ginjal yang lebih tinggi.
- Kualitas daging berupa pH, DMA, keempukan dan % susut masak tidak berbeda nyata pada kedua kelompok domba.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alexandre, G., O. Coppry, Bocage, J. Fleury and H. Archimede. 2008. Effect of live weight at slaughter on the carcass characteristics on intensively fattened martinik sheep fed sugar cane supplemented with pea flour. *Livestock Research for Rural Development* 20 (8).
- Meat and Livestock Australia. 2000. Managing glycogen to improve meat quality in lamb and sheepmeat.
- Peña, F., T. Canob, V. Domenecha, Ma.J. Alcalde, J. Martos, A. García-Martinez, M., Herrera, E. Rodero. Influence of sex, slaughter weight and carcass weight on “non-carcass” and carcass quality in segur~na lambs. *Small Ruminant Research* 60 (2005) 247–254
- T. R. Lambuth, James D. Kemp and H. A. Glimp. 1970. Effect of rate gain and slaughter weight on lamb carcass composition. *J Anim Sci* 1970. 30:27-35.
- Yamin, M, Sumantri, C, Farajallah, A, Tiesnamurti, B. dan Inounu, I. 2002. Peningkatan Produkdi dan Kualitas Karkas Ternak Domba Lokal Melalui Program Seleksi dengan Menggunakan Penciri Genetik “Callipyge Gene”. Laporan Hasil Penelitian PAATP (Proyek Pengkajian Teknologi Pertanian Partisipatif Pusat). Lembaga Penelitian IPB dan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Yamin, M, Sumantri, C, Farajallah, A dan Inounu, I. 2003. Studi Aplikasi seleksi Domba Lokal Unggul dengan Menggunakan Penciri Genetik (Marker Gene). Laporan Hasil Penelitian PAATP (Proyek Pengkajian Teknologi Pertanian Partisipatif Pusat). Lembaga Penelitian IPB dan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Yamin, M, Sumantri, C, S. Rahayu, M. Baihaqi, E.L. Aditia. 2009. Penggunaan gen *calpastatine* untuk seleksi kualitas karkas pada domba lokal unggul. Laporan. Laporan Akhir Hibah Bersaing. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat. Institut Pertanian Bogor.

## **BIOAVAILABILITY FE-TEPUNG DARAH UNTUK PERTUMBUHAN DAN PENINGKAT DAYA TAHAN TUBUH IKAN KERAPU BEBEK,**

*Cromileptes altivelis*

(The Iron-Bioavailability of Blood Meal for The Fish Growth and Immunity Enhancer of Humpback Grouper Fish, *Cromileptes altivelis*)

**Mia Setiawati, Sri Nuryati, I. Mokoginta, Irzal Effendi**

Dep. Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB

### **ABSTRAK**

Ikan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*) rentan terhadap stres, menyebabkan pertumbuhan rendah, kematian dan penurunan produksi. Zat besi (Fe) merupakan salah satu mikro nutrisi yang mampu meningkatkan daya tahan tubuh. Penggunaan tepung darah yang mengandung Fe dan protein tinggi dapat diterima sebagai pakan ikan, namun *bioavailabilitasnya* masih rendah. Upaya peningkatan absorpsi Fe-tepung darah sudah dilakukan melalui penambahan vitamin C, mineral Zn dan antioksidan sebagai nutrisi penyeimbang. Penelitian ini bertujuan menentukan jumlah maksimal tepung darah yang sudah diperkaya mikro nutrisi penyeimbang, sebagai sumber Fe dalam pakan ikan yang mampu meningkatkan pertumbuhan dan vitalitas kerapu bebek saat diinfeksi bakteri. Ikan yang digunakan berbobot awal rata-rata  $11,6 \pm 0,2$  g, dipelihara pada akuarium berukuran 50x40x35 cm dengan kepadatan 10 ekor/akuarium. Pemeliharaan ikan dilakukan 40 hari dengan pemberian pakan tiga kali sehari secara *at-satiation*. Hasil penelitian menunjukkan tepung darah dapat digunakan sebanyak 120 g/kg pakan sebagai sumber Fe-organik, dengan memberikan retensi protein tertinggi  $42,1 \pm 12,9\%$ , peningkatan kandungan Fe di serum, hati, usus dan tubuh ikan, performa pertumbuhan ikan sama dengan penggunaan Fe-sulfat dan nilai indeks fagositik sel darah ikan sesudah diinfeksi bakteri *vibrio alginolyticus* lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Kata kunci : Tepung darah, zat besi (Fe), ikan kerapu bebek, pakan dan gambaran sel darah.

### **ABSTRACT**

Humpback grouper (*Chromileptes altivelis*) is sensitive to stress that cause low growth rate, mortality, and harvest. Iron is micro-nutrient that can enhance the immunity. The use of blood-meal which contain of high Fe and protein in the fish feed can be accepted as food supplement; however the bioavailability of Fe is still low. To increase the absorption of Fe in blood-meal, the fish feed was supplemented vitamin C, Zn and attractant as a micro nutrient balancing. This experiment was conducted to determine the maximal volume of the enriched blood meal as Fe source for fish growth and vitality increase at infected by bacteria. The fish weight  $11,60 \pm 0,2$  g/ind and was cultured in 50x40x35 cm aquarium and stocked at a density of 10 ind./aquarium. Reared for 40 days, the fish was fed by diet three times daily at a satiation. The results showed that the fish fed by 120 g/kg diet of blood meal as Fe source gave the best for protein retention  $42,1 \pm 2,9\%$ , increased concentration of Fe in liver, intestine and body tissue. The growth performance of fish was not significant different with the fish fed by Fe-sulfat supplementation. The index of phagocytic after infecting of *vibrio alginolyticus* was higher compare to the other experiment diet.

Keywords: Blood meal, iron (Fe), humpback grouper, feed and blood cell.

## PENDAHULUAN

Budidaya kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*) sering mengalami kendala, karena kerapu mudah stres sehingga mengakibatkan ikan rentan terserang bakteri atau virus. Tingkat mortalitas yang tinggi berdampak kerugian besar dalam usaha budidaya ikan. Suatu strategi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas budidaya ikan yaitu memanfaatkan respons imunitas ikan (Rijkers 1981), upaya proteksi tubuh ikan melalui pemberian pakan berkualitas. Sedangkan lebih dari 60% biaya produksi budidaya ikan berasal dari pakan.

Unsur Fe merupakan salah satu nutrisi yang berpengaruh terhadap fungsi sistem imunitas dan meningkatkan sistem pertahanan tubuh terhadap infeksi (Brock & Mulero 2000; Calder *et al.* 2002; Webster & Lim 2002). Bahan baku pakan yang dapat digunakan sebagai pakan ikan dan mengandung mineral Fe tinggi sampai 2700 mg/kg yaitu tepung darah (Bureau, 1999; Johnson and Summerfelt, 2000). Penggunaan tepung darah yang kaya akan unsur Fe dan sebagai sumber protein substitusi tepung ikan, ternyata dapat diterima oleh kerapu bebek, namun *bioavailability* Fe nya masih rendah, sehingga hanya 3% sampai 6% tepung darah yang dapat digunakan dalam formulasi pakan ikan (Setiawati, dkk, 2007). Namun demikian upaya peningkatan absorpsi Fe-tepung darah, sudah dilakukan melalui penambahan 1000 mg Vitamin C, 50 mg Zn/kg pakan dan 3% antioksidan sebagai nutrisi penyeimbang (Setiawati, dkk, 2007 dan 2008). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menentukan jumlah penggunaan tepung darah maksimal sebagai sumber protein sekaligus sumber mineral Fe dalam pakan ikan yang mampu meningkatkan pertumbuhan dan vitalitas kerapu bebek saat diinfeksi bakteri.

## METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian di Stasiun Lapangan Pusat Studi Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor (PSIK IPB) – Ancol, Jakarta Utara. Ikan uji yang digunakan kerapu bebek (*C. altivelis*) berbobot awal  $11,6 \pm 0,3$  gram, berasal dari hasil pembenihan Balai Riset Budidaya Air Payau Situ Bondo, Jawa Timur. Penelitian diawali dengan pemeliharaan ikan uji selama 40 hari yang diberi pakan buatan

berbasis tepung darah sebagai sumber protein dan mineral Fe terhadap kinerja pertumbuhan ikan. Selanjutnya dilakukan pengujian respons imunitas ikan uji melalui infeksi bakteri *V. alginolyticus* dengan konsentrasi  $10^7$  CFU/ml.

Pakan uji yang digunakan berupa pellet *isonitrogenous* dengan C/P rasio  $9,5 \pm 0,1$  kkal/kg pakan (Tabel 1). Sebagai perlakuan yaitu penggunaan tepung darah sebanyak 0, 90, 120 dan 150 mg/kg pakan.

Tabel 1. Formulasi pakan uji ikan kerapu bebek (*Cromileptes alitivelis*)

Bahan Pakan	Perlakuan Pakan / Tepung darah (%)			
	0	9	12	15
Tepung ikan	48,0	35,0	32,0	28,0
Tepung darah <sup>1)</sup>	0,0	9,0	12,0	15,0
Protein nabati	30,9	29,9	28,5	28,9
Minyak	12,0	13,0	13,4	14,0
Vitamin mix	0,5	0,5	0,5	0,5
Mineral mix <sup>2)</sup>	3,0	3,0	3,0	3,0
<i>Feed additive</i>	0,0	1,5	1,5	1,5
Atraktan + vit.C + Zn <sup>3)</sup>	0,0	3,1	3,1	3,1
Karbohidrat + binder	6,0	6,0	6,0	6,0
Komposisi Proksimat (%)				
Protein	55,3	55,3	55,3	54,9
Lemak	17,7	15,9	17,2	15,2
BETN	11,8	12,7	13,9	15,8
Energi (kal/kg)	5272,1	5144,2	5311,4	5168,5
Zn (ppm)	106,4	281,8	310,7	284,1
Fe (ppm)	240,2	417,9	461,6	529,8

<sup>1)</sup> Tepung darah dengan metode *spray-dried*

<sup>2)</sup> Mineral mix tanpa Fe

<sup>3)</sup> Zn 150 ppm, 1000 mg vitamin C dan 3% atraktan (Setiawati, dkk. 2007 dan 2008)

Ikan diberi pakan sampai kenyang, tiga kali sehari. Selama pengujian, ikan dipelihara menggunakan sistem resirkulasi, dalam wadah akuarium berukuran 50x40x35 cm dengan kepadatan 10 ekor/wadah. Sebagai media pemeliharaan adalah air laut bersalinitas 30-32 ppt, dengan kandungan zat besi (Fe) 0,048 ppm. Kualitas air selama penelitian yaitu suhu air 28-30°C, pH 8, kandungan oksigen terlarut 5,86-6,23 ppm, total amonia-nitrogen (TAN) 0,079-0,233 ppm dan alkalinitas 112-128,17 ppm (layak untuk kehidupan ikan).



Rancangan Penelitian Acak Lengkap, dengan 4 perlakuan dan masing-masing perlakuan 3 ulangan (4 x 3).

Setelah pemeliharaan 40 hari dilakukan penimbangan bobot ikan dan pengambilan sampel darah pada 3 ekor ikan per perlakuan, untuk melihat kinerja pertumbuhan dan mengetahui status kesehatan ikan akibat pemberian jumlah tepung darah berbeda dalam pakan. Performans ikan dilakukan dengan menimbang bobot ikan pada awal dan akhir penelitian, menghitung jumlah pakan yang dikonsumsi serta menganalisa proksimat tubuh ikan. Sehingga diperoleh laju pertumbuhan harian, efisiensi pakan, nilai retensi protein dan retensi lemak pakan. Status kesehatan ikan juga dianalisis dengan mengamati karakteristik darahnya. Sampel darah diambil dari artery caudalis dengan menggunakan *syringe* yang telah diberi antikoagulan, kemudian disimpan dalam tabung ependorf untuk pengamatan selanjutnya di laboratorium.

Pengamatan dan penghitungan jumlah sel darah merah, sel darah putih, hematokrit dan diferensial leukosit menggunakan metode Anderson dan Swicki (1993), sedangkan pengukuran kadar hemoglobin mengikuti Wedermeyer dan Yasutake (1977). Selanjutnya ikan dibedah, diambil usus dan hatinya untuk dianalisa kandungan Fe organ dan tubuhnya menggunakan pengabuan basah (AOAC 1990) yang kemudian dibaca pada *Atomic Absorption Spectrometry*.

Penelitian dilanjutkan dengan melakukan ujiantang terhadap infeksi bakteri *V. alginolyticus* dengan konsentrasi  $10^7$  CFU/ml untuk mengetahui tingkat daya tahan tubuh ikan. Pengamatan kesehatan ikan dilakukan melalui pengambilan sampel darah ikan pada hari ke-3, hari ke-5 serta hari ke-9 pasca infeksi. Parameter karakteristik darah yang diamati meliputi total leukosit, total eritrosit, kadar hemoglobin, hematokrit dan indeks fagositik. Pengukuran Indeks Fagositik berdasarkan modifikasi dari Anderson & Siwicki (1993). Fagositosis dihitung dari 100 sel fagosit yang teramati.

Respons pertumbuhan ikan uji pada setiap perlakuan dianalisa keragamannya dengan analisis varians, sedangkan respons gambaran darah ditampilkan secara deskriptif. Untuk melihat respons perlakuan tertentu pada suatu waktu, maka dilakukan pengujian deskriptif antar perlakuan pada waktu yang sama disetiap parameter, yang menunjukkan adanya perbedaan/mulai terjadi perubahan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kinerja Pertumbuhan dan Status Mineral

Pemakaian sumber zat besi organik yaitu tepung darah sebagai pengganti sumber anorganik (ferrosulfat) memberikan pengaruh nyata terhadap respons kinerja pertumbuhan kerapu bebek (Tabel 2).

Tabel 2. Konsumsi pakan (KP), retensi protein (RP), retensi lemak (RL), laju pertumbuhan harian (LPH), pertumbuhan panjang relatif (PR), efisiensi pakan (EP) dan kelangsungan hidup (KH) kerapu bebek yang diberi pakan berbasis tepung darah sebagai sumber Fe-organik

Parameter	Perlakuan/ Penggunaan Tepung Darah (%)			
	0	9	12	15
SR (%)	96,7 ± 5,8 <sup>a</sup>	83,9 ± 11,6 <sup>ab</sup>	86,7 ± 11,6 <sup>ab</sup>	73,3 ± 5,8 <sup>b</sup>
KP (gr)	237,8 ± 13,8 <sup>a</sup>	209,2 ± 11,7 <sup>b</sup>	224,8 ± 28,1 <sup>ab</sup>	236,4 ± 24,1 <sup>ab</sup>
LPH (%)	1,7 ± 0,2 <sup>a</sup>	1,7 ± 0,3 <sup>a</sup>	1,7 ± 0,2 <sup>a</sup>	1,8 ± 0,2 <sup>a</sup>
EP (%)	43,4 ± 5,8 <sup>a</sup>	39,6 ± 5,5 <sup>ab</sup>	40,5 ± 5,7 <sup>a</sup>	31,9 ± 2,6 <sup>b</sup>
RP (%)	39,2 ± 3,6 <sup>ab</sup>	40,2 ± 12,2 <sup>ab</sup>	42,1 ± 12,9 <sup>a</sup>	23,1 ± 7,7 <sup>b</sup>
RL (%)	19,1 ± 1,9 <sup>a,b</sup>	22,9 ± 8,9 <sup>a</sup>	18,7 ± 8,9 <sup>ab</sup>	10,0 ± 5,1 <sup>b</sup>

Ket: Huruf superscript dibelakang nilai standar deviasi pada baris yang sama menunjukkan pengaruh perlakuan berbeda nyata ( $p < 0.05$ ) dengan selang kepercayaan 95%.

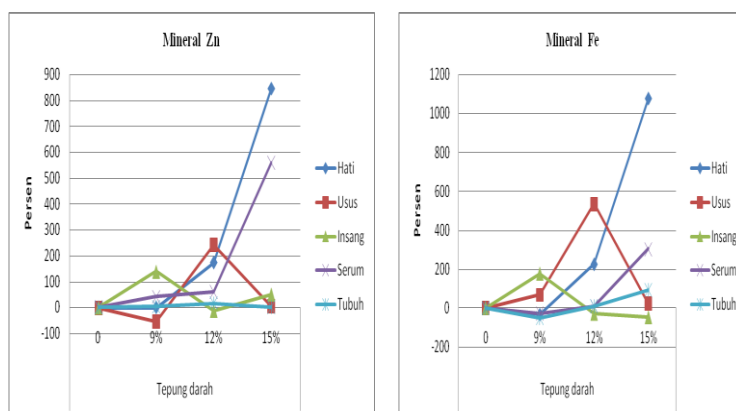
Berdasarkan Tabel 2, tampak bahwa ikan yang diberi pakan mengandung tepung darah sampai 15% mengkonsumsi jumlah pakan yang relatif sama dengan ikan yang diberi pakan tanpa tepung darah. Hal ini menunjukkan bahwa palatabilitas pakan dengan pemakaian tepung darah sampai 150g/kg pakan dapat diterima ikan. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, maksimal penggunaan tepung darah dalam formulasi pakan kerapu bebek hanya 6% (Setiawati, dkk., 2007). Namun dengan dilakukan penambahan atraktan, vitamin C dan mineral Zn pada pakan berbasis Fe-tepung darah (Tabel 1), terbukti dapat meningkatkan penggunaan tepung darah sampai 2,5 kali lebih banyak dari jumlah yang disarankan sebelumnya. Banyaknya pakan yang dimakan berpengaruh pada asupan nutrisi pakan secara langsung (*food intake*). Setelah 40 hari pemberian pakan berbasis Fe-tepung darah, hasil menunjukkan bahwa peningkatan laju pertumbuhan ikan sama pada semua perlakuan. Hal ini menunjukkan tepung darah sebanyak 15% dan tepung ikan 35,5% memberikan respons laju

pertumbuhan ikan sama dengan penggunaan tepung ikan 51,5% dalam formulasi pakan. Tepung darah dapat mensubstitusi penggunaan tepung ikan dalam formulasi pakan kerapu bebek dan berfungsi sebagai asupan sumber protein dan energi. Penggunaan tepung darah lebih ekonomis dalam pembuatan pakan ikan, karena merupakan bahan *by product*, bahan limbah yang selalu tersedia di RPH (rumah pemotongan hewan).

Konsumsi pakan yang tinggi dan tidak diiringi dengan laju pertumbuhan ikan yang tinggi, menyebabkan terjadinya perbedaan efisiensi pakan (Tabel 2). Hal ini terkait dengan kemampuan ikan dalam mencerna pakan yang diberikan kemudian menyimpannya di dalam tubuh. Hasil menunjukkan retensi protein terbaik pada penggunaan 12% tepung darah, yaitu  $42,1 \pm 12,9$  %. Sedangkan retensi lemak pada ikan yang diberi pakan sumber mineral Fe-tepung darah 15% paling rendah. Retensi lemak yang rendah ini menunjukkan bahwa lemak dalam pakan sebagai sumber energi dapat dimanfaatkan secara efisien dalam metabolisme tubuh ikan dengan ketersediaan Fe yang cukup dalam tubuh. Hal ini juga dikemukakan oleh Webster dan Lim (2002), bahwa Fe berpengaruh pada metabolisme energi (lemak, protein dan karbohidrat).

Status mineral Fe dan Zn pada beberapa organ dan tubuh ikan, jika dibandingkan kontrol, yaitu pemberian pakan 0% tepung darah disajikan pada Gambar 1. Kandungan mineral di hati dan serum terus menunjukkan peningkatan pada penggunaan tepung darah 15%, namun akumulasi di usus terdapat pada ikan yang diberi pakan mengandung tepung darah 12%. Hal ini menunjukkan bahwa tepung darah juga berperan sebagai sumber mineral Fe dalam pakan dan *bioavailability* Fe-tepung darah lebih baik dibandingkan ikan yang tidak diberi tepung darah dalam pakannya. Hati merupakan tempat penyimpanan dan regulasi metabolisme Fe, sedangkan darah merupakan tempat transportasi nutrien bagi sel. Usus merupakan tempat penyerapan mineral divalen (Fe dan Zn) dari asupan pakan. Demikian pula dengan kandungan mineral Zn, akibat suplementasi Zn dalam pakan sebagai mikro nutrien penyeimbang asupan Fe, maka tidak terjadi penurunan kadar Zn dengan meningkatnya jumlah Fe sampai 529,8 ppm dalam pakan (Tabel 1). Hasil penelitian ini telah memberikan solusi dan membantah

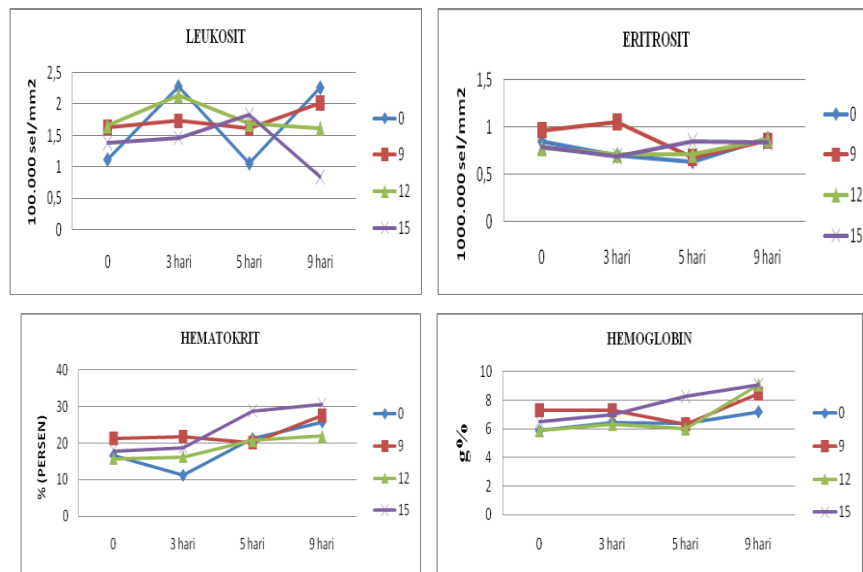
pendapat Otubosin (1987) bahwa penggunaan tepung darah dalam formulasi pakan tidak dapat dalam jumlah besar.



Gambar 1. Status mineral Fe dan Zn pada beberapa jaringan tubuh ikan kerapu bebek, (*Cromileptes altivelis*) setelah diberi jumlah pakan berbasis Fe-tepung darah berbeda terhadap pakan kontrol (0% tepung darah)

### Respons Imunitas

Respons imunitas dilakukan untuk mengetahui *bioavailability* Fe-tepung darah terhadap daya tahan tubuh ikan kerapu bebek diinfeksi bakteri *Vibrio alginolyticus* dosis  $10^7$  CFU/ml. Pada pengamatan pasca infeksi, hasil menunjukkan total leukosit ikan kerapu bebek mengalami fluktuasi pada hari ke-3, 5 dan 9 (Gambar 2). Hasil analisa gambaran darah yang dilakukan pada hari ke-3 menunjukkan jumlah leukosit dan persen hematokrit, berubah cukup tinggi hampir pada semua perlakuan. Kondisi ini menandakan ikan mengalami stres akibat diinfeksi bakteri. Ikan meningkatkan kinerja pertahanannya dengan memproduksi leukosit lebih banyak. Peningkatan terbesar terjadi pada ikan yang diberi pakan tidak mengandung tepung darah, yaitu sampai 100% dibandingkan kondisi normal. Demikian pula kadar hematokritnya mengalami penurunan terbesar. Kadar hematokrit sebagai gambaran kelimpahan sel-sel darah merah dalam darah. Perubahan jumlah hematokrit menunjukkan respons ikan terhadap stres melalui produksi sel darah seperti eritrosit. Menurut Satchell (1970) kelimpahan sel darah merah ditentukan oleh jumlah hematokrit, sedangkan menurut Nabib dan Pasaribu (1989) peningkatan eritrosit merupakan respons terhadap stres.



Gambar 2. Nilai Rataan Total Leukosit (TL), Total Eritrosit (TE), Kadar Hematokrit (Ht) dan Kadar Hemoglobin (Hb) pada 0, 3, 5 dan 9 hari pasca infeksi bakteri *Vibrio alginolyticus*

Pada hari ke-5 pasca infeksi bakteri, nilai parameter gambaran darah ikan tampak mengalami perubahan cukup besar dibandingkan dengan nilai sebelumnya. Jumlah leukosit mengalami penurunan pada ikan yang tidak diberi tepung darah dan yang diberi Fe-tepung darah 9 dan 12%. Penurunan ini menunjukkan bahwa ikan dalam kondisi lemah karena jumlah sel darah putih yang berperan sebagai sel fagosit sangat sedikit. Persentase hematokrit terus mengalami peningkatan, tertinggi pada ikan yang diberi pakan tanpa tepung darah dan yang diberi pakan dengan Fe-tepung darah 15%. Peningkatan hematokrit ini menunjukkan bahwa ikan stres dan berusaha meningkatkan partikel darahnya (eritrosit dan leukosit) untuk mengatasi virulensi bakteri yang diduga mulai menyerang organ. Payne *et al.* (1977) menjelaskan bahwa kemampuan potensial dari suatu patogen untuk mendapatkan zat besi dalam tubuh inangnya sangat penting untuk sifat virulensi dan infeksi yang dihasilkan oleh patogen tersebut. Namun demikian, ikan yang diberi pakan mengandung Fe-tepung darah, merespons memberikan ketersediaan Fe pada jaringan cukup memadai (Gambar 1) dan menyebabkan kadar hemoglobin serta jumlah eritrosit relatif stabil.

Pada hari ke-9 pasca infeksi tampak adanya peningkatan karakteristik darah dan status kesehatan ikan mulai membaik. Eritrosit meningkat pada seluruh perlakuan. Kemampuan ikan untuk meningkatkan jumlah eritrosit diduga terkait dengan ketersediaan zat besi yang cukup dalam jaringan untuk menggantikan zat besi dalam tubuh yang hilang akibat dimanfaatkan oleh bakteri. Begitu pula yang terjadi dengan nilai hematokrit dan hemoglobin pada ikan uji yang diberi pakan berbasis Fe-tepung darah, mengalami peningkatan menuju kondisi stabil. Namun demikian sampai hari ke-9 pasca infeksi, ikan tampak masih berusaha memproduksi sel leukosit untuk menyerang agen penyakit. Tidak seperti eritrosit yang bersifat pasif dan melaksanakan fungsinya dalam pembuluh darah, leukosit mampu bergerak keluar dari pembuluh dan menuju jaringan dalam melaksanakan fungsinya (Delman dan Brown, 1989). Hasil perhitungan sel fagosit, memberikan nilai tertinggi pada ikan yang diberi pakan Fe-tepung darah 12%, yaitu  $19 \pm 2\%$ .

### **KESIMPULAN**

Maksimal penggunaan tepung darah yang diperkaya dengan mikro nutrien penyeimbang dalam pakan kerapu bebek dapat mencapai 150 mg/kg pakan. Namun *bioavailability* Fe-tepung darah optimum pada penggunaan 120 mg/kg pakan dapat meningkatkan pertumbuhan dan imunitas kerapu bebek, *Cromileptes altivelis* diinfeksi bakteri *V. alginolyticus*.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penelitian ini dibiayai oleh DIPA IPB, Nomor: 4/13.24.4/SPK/BG-PD/2009, Tanggal 30 Maret 2009, melalui dana Penelitian Hibah Bersaing, diucapkan terima kasih kepada LPPM IPB yang telah memfasilitasinya.

Terima kasih kepada sdr. Bayu dan Fatwa (S1- Budidaya Perairan-FPIK, IPB) atas kerjasamanya, sehingga penelitian ini terlaksana.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, DP., & AK. Siwicki. 1993. Basic Haematology and Serology for Fish Health Programs. Paper Presented in second Symposium on Diseases in Asian Aquaculture "Aquatic Animal Health and The Environment". Phuket, Thailand. 25-29 th Oktober 1993. 185-202.
- Bureau, D. P. , A. M. Harris, C. Y. Cho. 1999. Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 180 : 345-358
- Brock, JH., & V. Mulero. 2000. Cellular and molecular aspects of iron and immune function. Proceedings of the Nutrition Society, 59:537-540.
- Calder, PC., CJ. Field, & HS. Gill. 2002. *Nutrition and Immune Function*. CAB International: x + 426 hlm.
- Dellman, HD., & EM. Brown. 1989. *Buku Teks Histologi Veteriner I*. Hartono (Penerjemah). UI Press. Jakarta.
- Johnson, J. A. and R. C. Summerfelt. 2000. Spray-dried blood cells as a partial replacement in diets for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Journal of the world aquaculture society, 31 (1) : 96-117.
- Nabib, R., & FH. Pasaribu. 1989. *Patologi dan Penyakit Ikan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Pusat Antar Universitas Bioteknologi. IPB. Bogor.
- Otubusin, S. O. 1987. Effect of different levels of blood meal in pelleted feeds on tilapia, *Oreochromis niloticus*, production in floating bamboo Net-Cages. Aquaculture, 65: 263-266.
- Rijkers, GT. 1981. Introduction to fish immunology. Development and Com.Immunology, 5:5427-534.
- Satchell, G. H. 1970. Physiology and form of Fish circulation. Cambridge University Press. 79p
- Setiawati, M, S. Nuryati dan I. Mokoginta. 2007. Bioavailability Fe-tepung darah untuk pertumbuhan dan peningkat daya tahan tubuh ikan kerapu bebek, *Cromileptes altivelis*. Laporan Penelitian Hibah Bersaing No. 012/SP2H/PP/DP2M/III/2007 (003.1/13.11/PL/2007). Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Institut Pertanian Bogor.
- Setiawati, M, S. Nuryati dan I. Mokoginta. 2008. Bioavailability Fe-tepung darah untuk pertumbuhan dan peningkat daya tahan tubuh ikan kerapu bebek, *Cromileptes altivelis*. Laporan Penelitian Hibah Bersaing No. 318/SP2H/PP/DP2M/III/2008. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Institut Pertanian Bogor.

Webster, D., & C. Lim. 2002. Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. British Library. London, UK.

Wedemeyer, GA., & WT. Yatsutake. 1977. Clinical methods for the assessment of the effect environment stress on the fish health. Technical Pappers of the U.S Fish and Wildlife Service. US Departemen of The Interior Fish and Wildlife Service.

Yamamoto, S., H. Yoshihiro, T. Ken-ichi, & S. Sumino. 1995. Utilization of Hemin and Hemoglobin as Iron Sources by *Vibrio parahaemolyticus* and Identification of an Iron-Repressible Hemin-Binding Protein. FEMS Microbiology Letters, 128:195-200.



**RANCANG BANGUN KOLEKTOR SURYA TIPE PLAT DATAR  
DAN KONSENTRATOR SURYA UNTUK PENGHASIL PANAS  
PADA PENDINGERIAN PRODUK-PRODUK PERTANIAN**  
(Design of Solar Flat Plate Collector and Concentrator as Heater of Dryer for  
Agricultural Product )

**Dyah Wulandani dan Leopold Oscar Nelwan**  
Dep. Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

**ABSTRAK**

Kombinasi kolektor surya tipe plat datar yang menyatu dengan bangunan pendingerian berdingkungan transparan dan konsentrator sebagai alat pengkonversi panas surya untuk pendingerian merupakan cara efektif dalam menangkap panas surya, dan areal lahan yang dipergunakan menjadi lebih efisien (Abdullah, 1993). Kedua tipe kolektor tersebut akan saling menutupi kelemahan masing-masing. Tujuan penelitian ini adalah merancang bangun kolektor surya tipe plat datar dan konsentrator untuk penghasil panas pada pendingerian produk-produk pertanian serta memperoleh rekomendasi kelayakan teknis dan ekonomis sistem tersebut melalui pengujian kinerja prototipe dan teknik simulasi untuk skala lapangan. Keluaran dari penelitian ini adalah paket teknologi tepat guna berupa pendingerian berenergi surya menggunakan kolektor surya (konsentrator) dan biomassa dengan aliran udara panas seragam yang diharapkan menjadi contoh pendingerian yang dapat diterapkan di tingkat petani atau unit pengolahan skala kecil. Hasil rancang bangun pendingerian, diperoleh bangunan pendingerian ERK dengan sistem pemanas dari energi surya menggunakan konsentrator dan energi biomassa menggunakan tungku. Dimensi pendingerian adalah  $t=3.065$  m,  $l=1.855$  m,  $p=4.45$  m. Dilengkapi dengan 144 buah rak berukuran:  $p=0.5$  m,  $l=0.6$  m. Konsentrator berukuran ( $l$ )=1.2 m dan keliling ( $kl$ )=1.22 m, dengan absorber pipa tembaga berdiameter 0.025 m dan  $l=1.2$  m. Kapasitas maksimum pendingerian adalah 200 kg. Pengujian pendingerian 32 kg rosela dengan kadar air awal 89 % bb hingga kadar air akhir 12 % bb membutuhkan waktu 28 jam. Suhu ruang pendingerian rata-rata 43°C dan RH 52 % dicapai pada tingkat radiasi surya 320 W/m<sup>2</sup> dan laju pengumpanan kayu bakar 2.4 kg/jam. Suhu bahan cukup seragam dengan standar deviasi sebesar 2.2°C.

Kata kunci : Pendingerian, efek rumah kaca (ERK), kolektor surya, konsentrator surya.

**ABSTRACT**

Solar concentrator and flat plate collector merged into the greenhouse effect solar dryer is the effective method to collect solar heat and to minimize the area. Both of collector types more effective to substitute a strength and a weakness of each other. The high of heat loss of flat plate area is minimized. The objective of this research is to obtain the design of green house effect (GHE) hybrid solar dryer using concentrator. The dryer technology resulted can be applied by designer as base data for scale up the dryer and will be applied by the farmer, merchant and small scale processing unit. The design of solar dryer consists of transparent building, racks inside the construction, concentrator system and the water-air heat exchanger system, tracking system of concentrator, biomass stove and air-air heat exchanger system, and fans. Dimension of dryer is 3.065 m x 1.855 m x 4.45 m. There are 144 racks inside the building. Dimension of each rack are 0.5 m x 0.6 m x 0.02 m. Concentrator system consists of stainlesssteel reflector and copper absorber

pipe. Dimension of relector is 1.2 m length and 1.22 m of apperture. Dimension of absorber is 1.2 m length and 0.025 m of diameter. The maximum drying capacity is 200 kg of rosella flower (*Hibiscus sabdariffa L.*). To dried 32 kg of rosella flower requires drying time of 28 hours (MC. 89 % wb to 12 % wb). Average drying room temperature is 43°C and RH of 52% at the condition of solar irradiation of 320 W/m<sup>2</sup>. The additional heat from biomass combustion is 2.4 kg/hours. The uniformity of drying temperature is achieved which proved by standard deviation of drying product temperature of 2.2°C.

Keywords : Dryer, greenhouse effect, solar collector, solar concentrator.

## PENDAHULUAN

Energi surya merupakan sumber energi gratis, yang dengan peralatan konversi yang sederhana sangat sesuai untuk dimanfaatkan pada pengeringan produk pertanian. Penggunaan kolektor surya berupa konsentrator sebagai alat pengkonversi panas surya untuk pengeringan merupakan cara efektif dalam menangkap panas surya. Pemanfaatan bangunan transparan dan komponen logam yang ada di dalamnya berfungsi sebagai kolektor tipe plat datar yang menyatu dengan bangunan pengering, sehingga areal lahan yang dipergunakan menjadi lebih efisien. Kombinasi kolektor surya tipe plat datar dan konsentrator sebagai alat pengkonversi panas surya untuk pengeringan merupakan cara efektif dalam menangkap panas surya. Kedua tipe kolektor tersebut akan saling menutupi kelemahan masing-masing. Melalui proses simulasi suhu fluida di dalam konsentrator dan pemilihan bahan yang optimal maka rancang bangun konsentrator menjadi lebih mudah dan dapat menghasilkan disain yang tepat, tanpa harus melakukan *trial and error* konstruksi, sehingga biaya disain konstruksi dapat dihemat. Tujuan penelitian adalah untuk merancang bangun kolektor surya tipe plat datar dan konsentrator untuk penghasil panas pada pengering produk-produk pertanian, serta memperoleh rekomendasi kelayakan teknis dan ekonomis sistem tersebut melalui pengujian kinerja prototipe dan teknik simulasi untuk skala lapangan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni sampai Nopember 2009, bertempat di Laboratorium Energi dan Elektrifikasi Pertanian dan Laboratorium lapang Leuwikopo, Departemen Teknik Pertanian FATETA IPB.

Bahan yang digunakan adalah rosela segar. Peralatan yang digunakan adalah beberapa peralatan bengkel untuk merancang bangun alat pengering ERK hibrid tipe rak berputar, dan peralatan ukur seperti piranometer, termokopel dan recorder, anemometer dan timbangan.

Penelitian dilaksanakan selama 1 tahun dengan tahapan sebagai berikut:

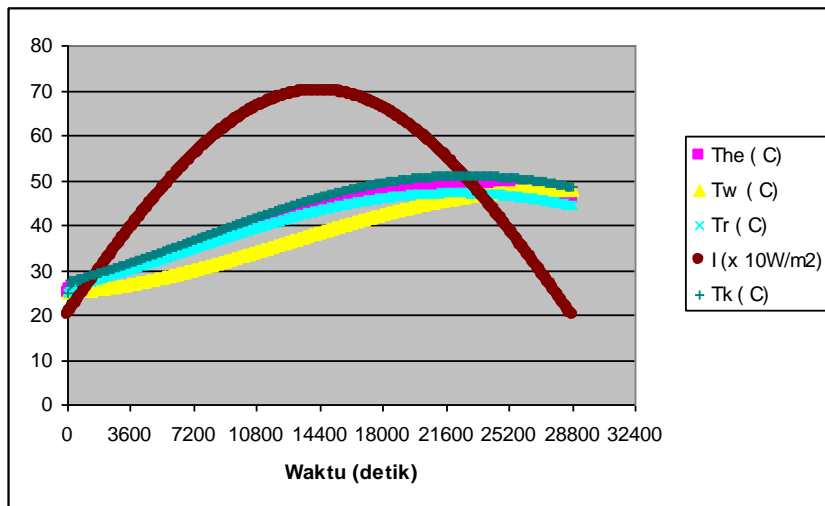
1. Melakukan simulasi suhu air di dalam konsentrator dan suhu udara pengering serta suhu komponen penyusun sistem pengering,
2. Menerapkan sisten tracking pada konsentrator,
3. Rancang bangun sistem konsentrator dan sistem pengering,
4. Uji performansi sistem,
5. Analisis scale up dan
6. Analisis ekonomi.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

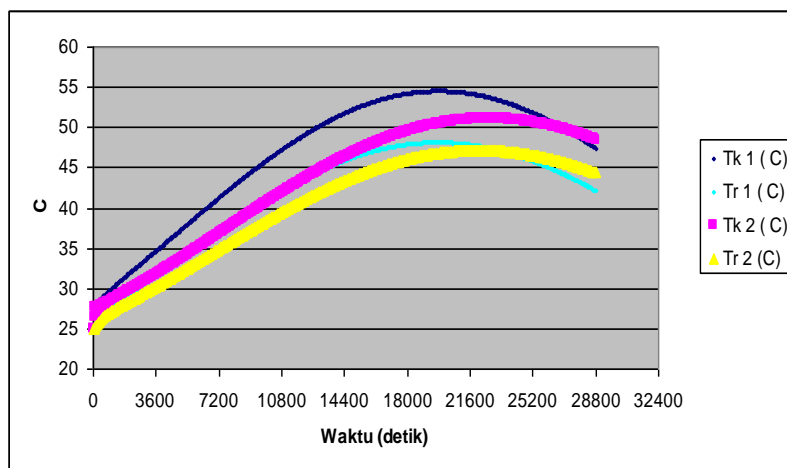
### **Simulasi Pendugaan Suhu Pada Kolektor Dan Ruang Pengering**

Pendugaan suhu air dalam kolektor dapat diduga melalui proses simulasi yang didasarkan pada persamaan keseimbangan panas antar konstruksi konsentrator, sistem penukar panas, tangki air dan sistem pengering, yang dikembangkan Nelwan et al (2007) dan Nitipraja (2008). Perhitungan ini dengan asumsi radiasi (I) minimum  $200 \text{ W/m}^2$  dan radiasi maksimum  $700 \text{ W/m}^2$ , pada kondisi cerah tanpa awan atau mendung. Pola suhu udara dan air yang terjadi mengikuti pola radiasi selama 1 hari dari pukul 8.00 hingga sore hari pukul 16.00.

Hasil pendugaan suhu air baik yang ada di dalam kolektor, air di dalam penukar panas dan air dalam tangki diperlihatkan pada Gambar 1. Performa air panas dari kolektor sangat dipengaruhi oleh debit atau dinyatakan dalam laju aliran massa air yang mengalir di dalam sistem konsentrator. Pengurangan laju aliran massa air menjadi  $1/2$  kali nilai semula dapat memperbaiki performa suhu yang terjadi di dalamnya. Hal ini dinyatakan dalam grafik suhu pada Gambar 2. Suhu air di dalam kolektor ( $T_k$ ) meningkat, diikuti dengan suhu air dalam tangki ( $T_w$ ) dan penukar panas ( $T_{hp}$ ), serta suhu ruang pengering ( $T_r$ ).



Gambar 1. Hasil pendugaan suhu air pada sistem konzentrador tanpa pemanas tambahan dari biomassa (pada debit air = 0.01743 kg/dt)

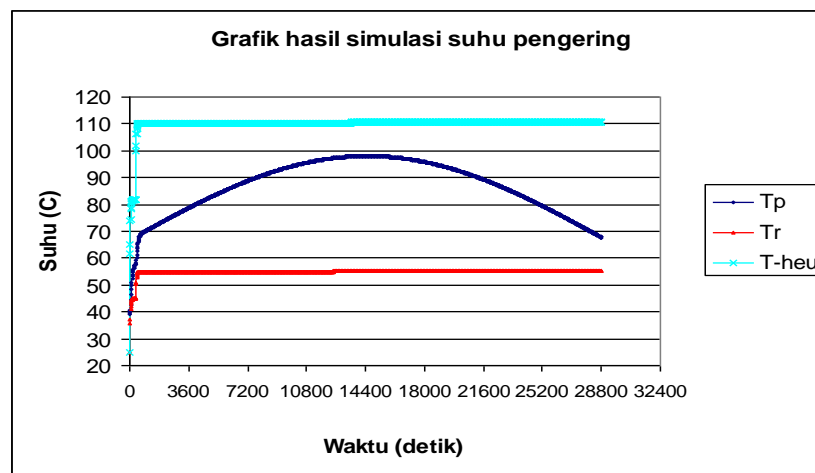


Gambar 2. Hasil simulasi suhu air dalam kolektor dan suhu ruang pengering (1) debit air = 0.01743 kg/dt dan (2) debit air = 0.00872 kg/dt

Suhu air dalam kolektor pada laju aliran massa 0.01743 kg/dt mempunyai performa yang lebih stabil meskipun suhunya lebih rendah dibandingkan dengan suhu air dalam kolektor pada laju aliran massa 0.00872 kg/dt (Gambar 2). Peningkatan suhu ruang tidak terlalu signifikan pada laju aliran massa yang lebih kecil. Rata-rata suhu air dalam kolektor selama 1 hari pemanasan pada nilai laju aliran massa 0.01743 kg/dt dan 0.00872 kg/dt, masing-masing adalah 43.2°C, dan

46.7°C, sedangkan suhu ruang pengering rata-rata, masing-masing adalah 40.4°C dan 41.6°C.

Simulasi pendugaan suhu ini menjadi dasar dalam perancangan sistem konsentrator, sistem penukar panas serta sistem penyimpanan panas. Dari hasil simulasi di atas, suhu ruang yang dihasilkan belum memenuhi target suhu udara pengering yang dibutuhkan oleh produk. Oleh karena itu, pada sistem pengeringan diperlukan pemanas tambahan dari pembakaran biomassa. Simulasi pendugaan suhu dengan pemanas tambahan dijelaskan pada Gambar 3. Biomassa yang ditambahkan di sini cukup besar yaitu 5 kg per jam. Suhu ruang pengering mencapai kondisi steady pada nilai 55°C dan suhu penukar panas pada nilai 110°C. Plat lantai terbuat dari logam (plat besi) yang dicat berwarna hitam, sekaligus menjadi absorber dari sistem kolektor plat datar yang menyatu dengan sistem pengering transparan. Pola perubahan suhu mengikuti pola radiasi surya harian, yang besarnya sesuai dengan pola pada Gambar 3. Simulasi ini menjadi dasar dalam rancang bangun pengering, terutama dalam menentukan sistem penukar panas dari energi biomassa dan ukuran tungku serta sistem operasi pengeringan.

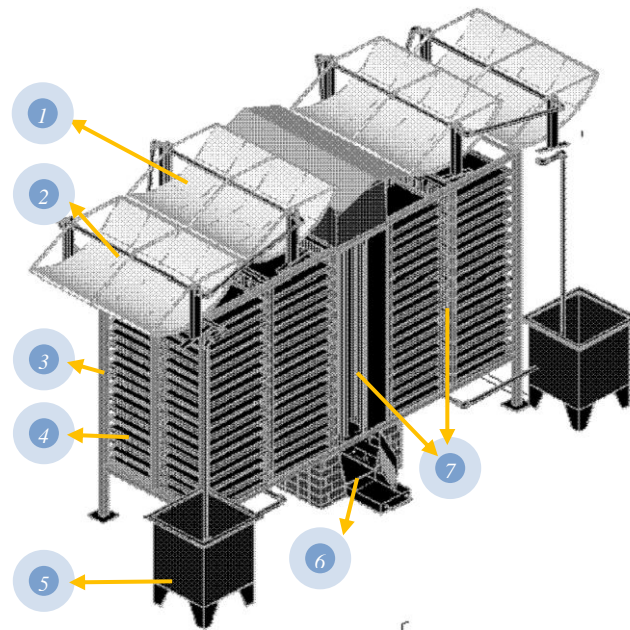


Gambar 3. Perubahan suhu ruang pengering (Tr), suhu plat lantai(Tp) dan suhu penukar panas (T-heu) hasil simulasi di dalam sistem pengering dengan pemanas tambahan dari energi biomassa selama 1 hari

### Desain Konsentrator Dan Sistem Pengering

Alat pengering terdiri dari beberapa bagian utama yaitu bangunan rumah kaca, tungku, kolektor surya tipe konsentrator dan rak pengering. Skema pengering diperlihatkan pada Gambar 4. Bangunan pengering berukuran dengan dimensi luar : t = 3065 mm, l = 1855 mm, p = 4450 mm. Dimensi rak : p = 500 mm, l = 600 mm, Jumlah rak : 144 buah yang terbagi ke dalam 8 (delapan) kolom susunan rak dengan masing-masing kolom terdiri dari 18 level. Tebal tumpukan komoditi yang akan dikeringkan adalah 10 mm dengan volume masing-masing rak sebesar  $3 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  sehingga kapasitas total komoditi rosela yang dikeringkan adalah sekitar 200 kg. Komponen-komponen utama alat adalah :

1. Kolektor model konsentrator dibuat dari bahan *stainless steel*
2. Absorber terbuat dari bahan tembaga dipasang tepat pada  $\frac{1}{2}$  r lengkungan receiver yang bertujuan agar fokus pemantulan energi radiasi matahari terjadi.
3. Bangunan pengering berdinding transparan berfungsi sekaligus sebagai kolektor dan untuk melindungi produk dari hujan
4. Tiang utama bangunan terbuat dari besi hollow ukuran 50 mm x 50 mm
5. Rak pengering terbuat dari aluminium mesh yang berguna untuk tempat komoditi dengan rangka terbuat dari besi siku berukuran 3x3 cm.
6. Bak air terbuat dari plat besi dengan tebal 2 mm yang terpasang di bagian bawah bangunan berfungsi sebagai reservoir air yang dialirkan ke konsentrator.
7. Sumber energi panas berasal dari surya (konsentrator dan kolektor) dan biomassa (tungku)
8. Penukar panas menggunakan pipa berukuran 1 inchi yang dilengkapi dengan kipas penghisap berjumlah 4 unit berdaya masing-masing 80 W
9. Sistem tracking konsentrator menggunakan sensor pengendali cahaya (LDR) yang dihubungkan dengan motor listrik berkapasitas 1 HP.



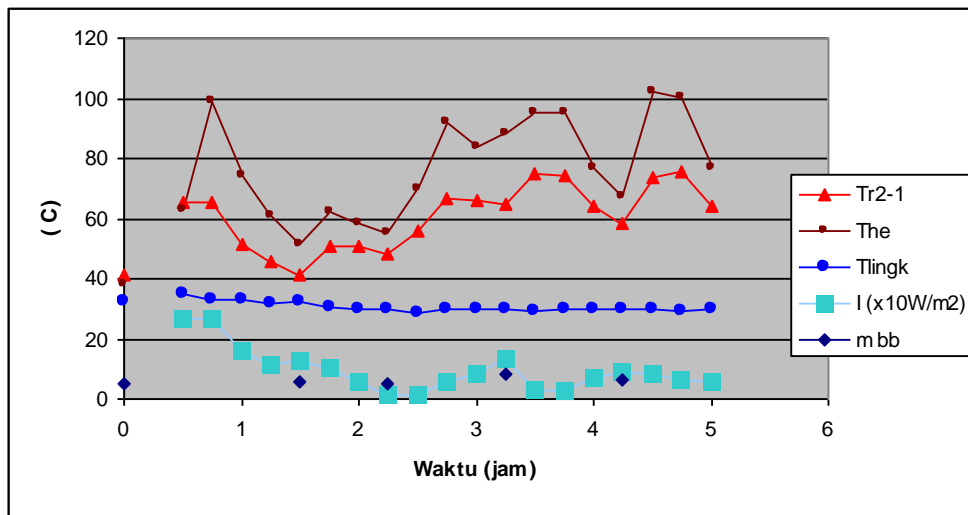
Keterangan:

- |                            |                  |
|----------------------------|------------------|
| 1. Konsentrator (Aperture) | 5. Tangki air    |
| 2. Konsentrator (Absorber) | 6. Tungku        |
| 3. Rangka bangunan         | 7. Penukar panas |
| 4. Rak                     |                  |

Gambar 4. Skema desain pengering

### Uji Performansi Pengering

Uji performansi pengering dilakukan pada kondisi tanpa beban. Rata-rata suhu ruang adalah  $60.4^{\circ}\text{C}$  dan RH 48%. Pola suhu ruang mengikuti pola radiasi surya (Gambar 8). Pada percobaan, ini rata rata radiasi surya adalah  $95.3 \text{ W/m}^2$  dan rata-rata suhu lingkungan  $30.6^{\circ}\text{C}$ . Selama percobaan, cuaca mendung sehingga diperlukan energi biomassa untuk mendapatkan suhu pengeringan sesuai dengan yang diinginkan. Pada Gambar 5, tampak bahan bakar biomassa ditambahkan pada saat suhu ruang ( $T_r$ ) maupun suhu penukar panas ( $T_{he}$ ) mulai turun. Penambahan biomassa rata-rata adalah 6 kg/jam.



Gambar 5. Perubahan suhu ruang pengering (Tr) dan suhu penukar panas (The) hasil pengukuran pada uji tanpa beban pada berbagai posisi rak dibandingkan dengan suhu lingkungan dan data radiasi surya sehari, serta penambahan bahan bakar biomassa

Pada uji pengering tanpa beban, suhu ruang pengering yang tercapai mempunyai keseragaman yang baik dengan nilai standar deviasi sebesar 3.3°C. Tingkat keseragaman suhu udara pengering dinyatakan dengan nilai standar deviasi yang kecil, pada posisi vertikal antara rak atas dan rak bawah diperoleh nilai standar deviasi sebesar 2.4°C, 1.2°C dan 2.7°C pada masing-masing kolom rak. Sedangkan pada posisi horisontal, diperoleh standar deviasi sebesar 2.3 °C dan 3.1°C, masing-masing pada rak atas dan rak bawah.

Pada uji pengering dengan beban, 32 kg rosela kering dengan kadar air awal 89 % bb dapat dikeringkan hingga kadar air akhir 12 % bb selama 28 jam. Suhu ruang pengering rata-rata 43°C dan RH 52 % dicapai pada tingkat radiasi surya 320 W/m2 dan laju pengumpanan kayu bakar 2.4 kg/jam. Suhu bahan cukup seragam dengan standar deviasi sebesar 2.2°C. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan deviasi suhu pada pengering ERK tipe rak untuk cengkeh yaitu 2.5°C (Wulandani, 2005).

Berdasarkan simulasi scale up pengering, dengan menambah kapasitas pengering, maka input energi untuk menguapkan 1 kg uap dari produk juga semakin besar. Namun demikian, secara ekonomi, penambahan kapasitas produk menurunkan biaya pokok pengeringan dan memperbesar keuntungan.



## **KESIMPULAN**

Disain konzentrador dan pengering ERK hybrid telah didisain berdasarkan hasil simulasi suhu air dan suhu udara pengering. Pengering ERK hybrid dengan menggunakan konzentrador surya yang berhasil dirancang mempunyai dimensi:  $t = 3065$  mm,  $l = 1855$  mm,  $p = 4450$  mm yang terdiri dari bangunan transparan, rak, sistem konzentrador, sistem pemanas tambahan dari biomassa serta penukar panas. Kapasitas pengeringan maksimum adalah 200 kg rosela basah. Dimensi rak:  $p = 500$  mm,  $l = 600$  mm berjumlah 144 buah. Kebutuhan energi listrik 1320 W, yang digunakan untuk menggerakkan 4 buah kipas, 2 buah pompa dan tracking konzentrador.

Berdasarkan uji tanpa beban dihasilkan suhu rata-rata pengering  $60.4^{\circ}\text{C}$  dan RH 48% pada tingkat radiasi surya  $95.3 \text{ W/m}^2$  dan rata-rata suhu lingkungan  $30.6^{\circ}\text{C}$  dengan penambahan biomassa sebesar 5 kg/jam. Pada uji dengan beban diperoleh hasil suhu bahan yang seragam dengan standar deviasi sebesar  $2.2^{\circ}\text{C}$ . Rosela basah pada kadar air 89 % bb dapat dikeringkan hingga 12 % bb selama 28 jam pada suhu pengering  $43^{\circ}\text{C}$ , dengan tingkat radiasi surya  $320 \text{ W/m}^2$  dan laju pembakaran bahan bakar 2.4 kg/jam.

Berdasarkan simulasi scale up pengering, dengan menambah kapasitas pengering, maka input energi untuk menguapkan 1 kg uap dari produk juga semakin besar. Usaha pengeringan rosela menggunakan pengering hasil rancangan penelitian ini layak untuk dilaksanakan.

## **UCAPAN TERIMAKASIH**

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional atas dana Hibah Kompetitif Penelitian Sesuai Prioritas Nasional Nomor:160/SP2H/PP/DP2M/V/2009.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Abdullah, K., 1993. Optimization of Solar Drying System. Proc. Of 5th International Energy Conference. Seoul, October, 18-22, 1993.

- Nelwan, L.O., Kamarudin A., A.H. Tambunan, A. Suwono. 2007. *Simulation of Solar Assisted Drying System for Cocoa Beans*. Teknologi Berbasis Sumber Energi Terbarukan untuk Pertanian, CREATA-LPPM IPB.
- Nitipraja, F.R. 2008. Rancangan Alat Pengering Dengan Kolektor Surya Pelat Datar Yang Menggunakan Air Sebagai Media Penyimpan Panas Untuk Pengeringan Gabah. Skripsi. FATETA IPB. Bogor.
- Wulandani, D., 2005. Kajian Distribusi Suhu, RH dan Aliran Udara Pengering untuk Optimasi Disain Pengering Efek Rumah Kaca, Disertasi, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

**PENGEMBANGAN KEMASAN ANTIMIKROBIAL (AM)  
UNTUK MEMPERPANJANG UMUR SIMPAN PRODUK PANGAN**  
(The development of Antimicrobial (AM) Packaging to Prolong  
the Shelf Life of Food Product )

**Endang Warsiki<sup>1)</sup>, Titi Candra Sunarti<sup>2)</sup>, Rizal Damanik Martua<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup> Dep. Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

<sup>2)</sup> Dep. Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

<sup>3)</sup> Dep. Gizi Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia IPB

**ABSTRAK**

Kemasan antimikrobia (AM) adalah terobosan baru dalam bidang teknologi pengemasan. Teknik ini dilakukan dengan mengkorporasikan atau mengimobilisasi agen AM kedalam matrik bahan kemasan. Ada dua bahan film yang diujikan yaitu kitosan dan agar. Penelitian ini bertujuan (i) memperoleh formula pabrikasi pembuatan kemasan AM; (ii) efikasi kemasan AM untuk menghambat pertumbuhan *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* dan *Staphylococcus aureus* pada berbagai suhu penyimpanan; dan (iii) aplikasi film AM untuk kemasan *coating* produk pangan. Penelitian ini telah menghasilkan bahwa penambahan konsentrasi gliserol sebanyak 1% dari total larutan dapat memperbaiki sifat fisis mekanis kemasan AM. Selanjutnya, sifat fisis-mekanis AM film berbahan kitosan berbeda nyata pada perlakuan yang diberikan untuk ketebalan, laju transmisi uap air dan transparansi. Kedua AM film baik yang berbahan kitosan maupun agar mempunyai ketahanan terhadap uap air yang cukup rendah. Selanjutnya, AM film tersebut menunjukkan kemampuan penghambatan yang cukup baik terhadap pertumbuhan *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* dan *Staphylococcus aureus*. Masa aktif film AM- kitosan pada suhu 5°C diperkirakan sebesar 24 hari dan pada suhu 15°C adalah 19 hari. Efektivitas penghambatan film AM agar tertinggi terjadi pada bakteri *Salmonella typhimurium*, diikuti oleh *E.coli* dan *S.aureus*. Bakso yang dilapisi dengan film kitosan secara umum memiliki mutu yang lebih baik dibandingkan dengan bakso tanpa *coating*. Pada penyimpanan suhu 5°C dan 15°C bakso dengan AM masih disukai sampai lebih dari 21 hari, sedangkan bakso tanpa AM hanya mampu bertahan sampai 21 hari. Selanjutnya, film AM ini mampu melindungi produk sampai 3 hari pada suhu 37°C dibandingkan dengan 1.5 hari pada produk tanpa kemasan AM.

Kata kunci : Kemasan antimikrobia (AM), inhibisi, coating, umur simpan.

**ABSTRAK**

Antimicrobial (AM) packaging is a new breakthrough in the packaging technology. This technique is done by incorporate antimicrobial agents into packaging matrix. There are two materials were used as a film material i.e. chitosan and agar. This research were aimed (i) to obtain best formula for AM film producing; (ii) to assay the efficacy of the AM packaging to inhibit the growth of *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* and *Staphylococcus aureus* at various temperatures of storage; and (iii) to apply AM film for food products coating. This research resulted on the addition of 1% glycerol could

improve the physical and mechanical properties of the AM. Furthermore, physical-mechanical properties of AM made from chitosan was significantly different for the thickness, water vapor transmission rate and transparency. Both AM whether they were made from chitosan or agar had poor resistance to water vapor. In this research, AM films demonstrated the ability of good inhibition to the growth of *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* and *Staphylococcus aureus*. The shelf life of the film chitosan-based at 5°C was estimated to be 24 days and at 15°C was 19 days. The effectiveness of inhibition of film was occurred in bacteria of *S. typhimurium*, followed by *E. coli* and *S.aureus*. The food product of fishball was coated by AM films generally had better quality than the one without coating. At the temperature of 5°C, the product was preferred by more than 21 days, while the uncoated fishball was only able to survive up to 21 days. Further more, AM packaging was able to protect the product until 3 days at 37°C instead of 1.5 days for the fishball without AM film.

Keywords : Antimicrobial (AM) packaging, inhibition, coating, shelf life.

## PENDAHULUAN

Kemasan antimikrobia (AM) atau *antimicrobial packaging* adalah konsep inovatif yang menggabungkan bahan kemasan dan bahan anti mikroba dalam satu sistem. Bahan antimikroba tersebut akan terlepas secara lambat dari kemasan ke produk dan menghambat pertumbuhan mikroba pembuat kerusakan seperti kapang, bakteri dan lain-lain. Kemasan AM juga merupakan penyederhanaan proses manufaktur dengan menkorporasikan bahan kemasan dan agen AM dalam satu tahap. Walaupun kemasan ini telah berkembang dalam beberapa tahun terakhir ini, namun demikian penerapan kemasan AM dalam skala komersial masih sangat jarang. Pada prinsipnya, bahan AM bisa ditambahkan ke dalam bahan polimer apa saja, namun sistem pelapisan pada produk biasanya sangat mudah diterapkan karena lebih praktis (Krochta dan De Mulder-Johnston, 1997). Hasil penelitian Seydim dan Sarikus (2006) memperlihatkan bahwa AM *oregano*, *rosmary* dan *garlic* yang ditambahkan ke dalam *edible film* berbahan whey protein terbukti dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Escherchia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis*, *Listeria monocytogenes* dan *Lactobacillus plantarum*. Begitu juga dengan penelitian dari Li, *et al.* (2006) yang menambahkan AM *nisin* ke dalam bahan *edible film* dari glukomanan dan kitosan, dapat menghambat aktivitas bakteri patogen makanan seperti *Escherchia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* dan *Bacillus cereus*.

Penambahan bahan pengawet sintetik dalam kemasan AM telah banyak menimbulkan kekhawatiran akan efek samping. Penggunaan bahan pengawet alami mempunyai kelebihan karena aman untuk dikonsumsi. Untuk itu perlu diupayakan usaha-usaha untuk menggali potensi bahan pengawet yang diturunkan dari bahan-bahan alami. Pelapisan produk makanan dengan film yang membawa bahan antimikroba alami akan menjadi metoda yang menarik untuk dikembangkan. Dalam sistem ini, agen antimikroba ditambahkan dalam jumlah yang relatif sedikit dan hanya dilapiskan pada permukaan produk. Ketika berinteraksi dengan produk terkemas, perlahan-lahan agen AM ini akan menekan pertumbuhan spektrum mikroba dan kapang pembusuk lainnya. Pengembangan AM berbahan dasar polisakarida yang ditambah dengan agen antimikroba alami dari ekstrak rempah-rempah merupakan kajian yang sangat menarik untuk diteliti.

## METODE PENELITIAN

### **Bahan dan Alat**

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain: kitosan, karagenan, agar, asam asetat, gliserol, ekstrak kunyit, bawang putih dan sirih serta aquades. Bahan lain untuk analisis seperti media tumbuh mikroba (PCA), kultur bakteri (*E. coli*, *S. aureus*, *Salmonella typosa*), aquades, alkohol dan etanol. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah cawan petri, tabung reaksi, pipet tetes, batang pengaduk, sendok atau spatula, gelas piala, lup inokulasi, jarum inokulasi, gelas ukur, gelas piala, erlenmeyer, inkubator, peralatan titrasi, penetometer, pH meter, oven pengering, lemari pendingin, mikroskop dan magnetik *stirer*.

### **Metode**

#### **- Pembuatan kemasan AM dan pengujian sifat fisis mekanis**

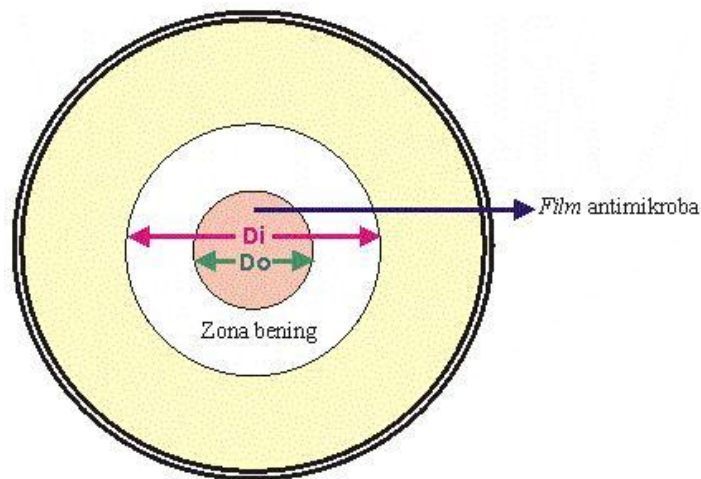
Kemasan AM dibuat dengan bahan dasar kitosan dan agar yang ditambah AM (ekstrak kunyit, bawang putih dan daun sirih). Sifat fisis mekanis yang uji meliputi ketebalan, ketegangan tarik, elongasi atau persen pemanjangan, laju transmisi uap air, laju transmisi gas O<sub>2</sub> dan transparansi.

**- Efikasi kemasan AM**

Uji efikasi film AM dilaksanakan dengan metoda difusi agar. Film dipotong menjadi bentuk yang seragam. Film yang telah dipotong kemudian disimpan pada suhu yang berbeda (5, 15, 27 dan 37°C) selama 7 hari. Setiap hari sampel diambil untuk diletakkan diatas cawan agar PCA yang sebelumnya telah disebar inokulum jasad renik yang akan. Cawan petri diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Uji ini dilakukan sebanyak tiga kali ulangan, masing-masing ulangan dilakukan secara duplo. Daerah inhibisi di sekitar cakram *film* yang merupakan area kontak film AM dengan permukaan agar diukur (Lihat Gambar 1). Daerah ini ditunjukkan dengan adanya zona bening. Selisih antara diameter cakram film ( $D_o$ ) dan diameter inhibisi ( $D_i$ ) dibagi dengan diameter cakram ( $D_o$ ) adalah indeks penghambatan (Persamaan 1).

$$\text{Indeks Penghambatan (\%)} = \frac{(D_i - D_o)}{D_o} \times 100 \% \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :  $D_i$  = Diameter daerah inhibisi yang terbentuk  
 $D_o$  = Diameter cakram film AM



Gambar 1. Zona penghambatan bakteri

**- Aplikasi kemasan AM untuk mengemas bakso ikan**

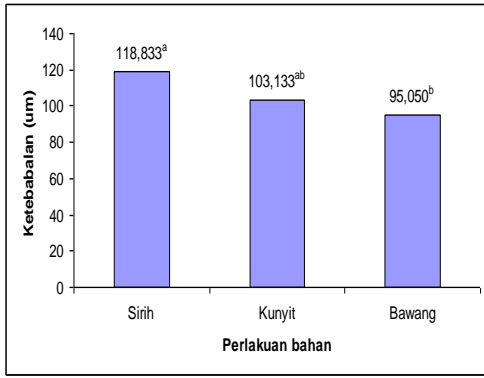
Pada tahap ini *film* antimikroba digunakan untuk meng-*coating* produk olahan yaitu bakso ikan. Pemilihan produk ini didasarkan pada tingkat kerusakan oleh mikroba yang cukup tinggi. Larutan *film* digunakan untuk merendam bakso

ikan selama 5 menit setelah itu bakso ditiriskan supaya lapisan *film* akan yang terbentuk tidak menggumpal. Bakso kemudian disimpan dalam berbagai suhu yaitu 5, 15, 27 dan 37°C. Masing-masing suhu tersebut mempresentasikan suhu refrigerator, suhu etalase pendingin supermarket, suhu ruangan dan suhu optimum pertumbuhan mikroba. Selama penyimpanan dilakukan analisa mutu bakso seperti TPC (*Total Plate Count*) dan uji tekstur/kekerasan. Masa simpan bakso ditentukan berdasarkan ketidak layakan bakso untuk dikonsumsi.

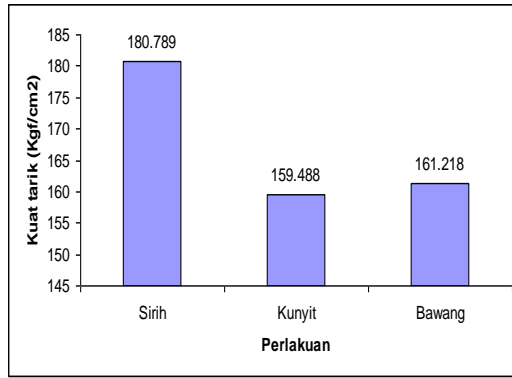
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sifat fisis mekanis kemasan AM

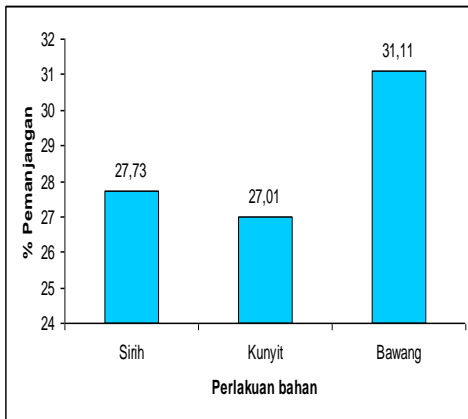
Kemampuan mekanis AM film berkaitan dengan kondisi pembentukan AM film yaitu proses pencetakan, jenis pelarut dan kecepatan penguapan. Selain itu, sifat mekanis dari AM film tergantung pada sifat bahan pembentuk AM film tersebut, terutama sifat kohesi dari larutan bahan. Kualitas AM film yang dihasilkan dapat ditentukan dari sifat fisik-kimianya yang meliputi ketebalan, kuat tarik, persen pemanjangan atau elongasi, laju transmisi uap air, laju transmisi gas oksigen, dan transparansi. AM film. Ketebalan rata-rata AM film berbahan kitosan pada suhu kamar berkisar antara  $95,05 \pm 4,3 \mu\text{m}$  sampai  $118,83 \pm 27,2 \mu\text{m}$  (Gambar 2a). Berdasarkan analisis ragam dengan selang kepercayaan 95%, berbagai kombinasi perlakuan memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap ketebalan AM film tersebut. AM sirih mempunyai kekuatan tarik tertinggi dibandingkan kunyit dan bawang dan analisis ragam dengan menunjukkan bahwa perlakuan dengan berbagai kombinasi tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata (Gambar 2b). Persentase pemanjangan rata-rata AM film berkisar antara  $27,73 \pm 12,92$  hingga  $31,11 \pm 7,40$  %. Besarnya nilai persen pemanjangan rata-rata AM film untuk setiap perlakuan (Gambar 2c).



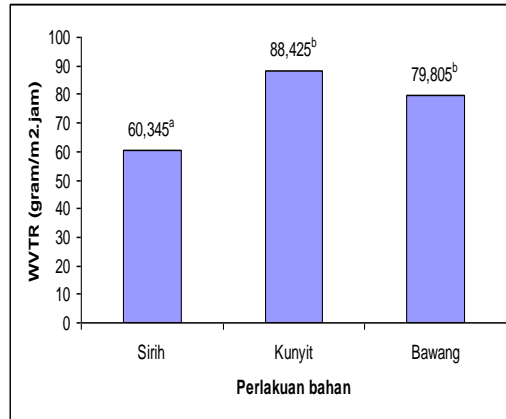
(a)



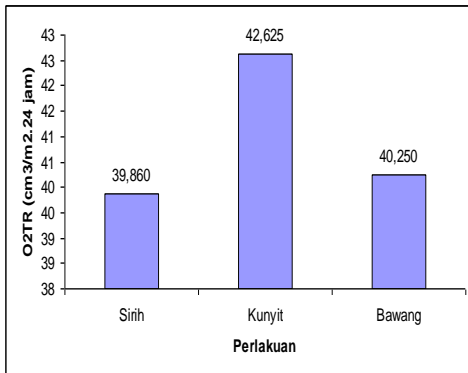
(b)



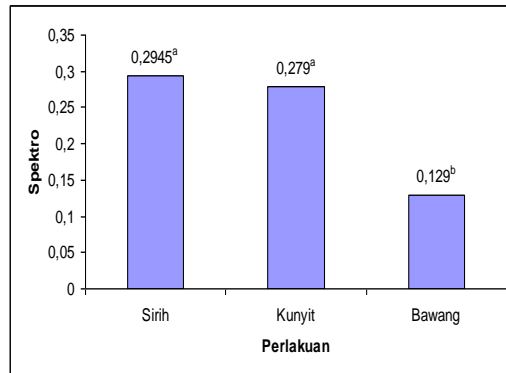
(c)



(d)



(e)



(f)

Keterangan: huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata antar perlakuan

Gambar 2. Nilai rata-rata (a) ketebalan; (b) kekuatan tarik; (c) pemanjangan; (d) laju transmisi uap air; (e) laju transmisi oksigen; dan (f) tranparansi



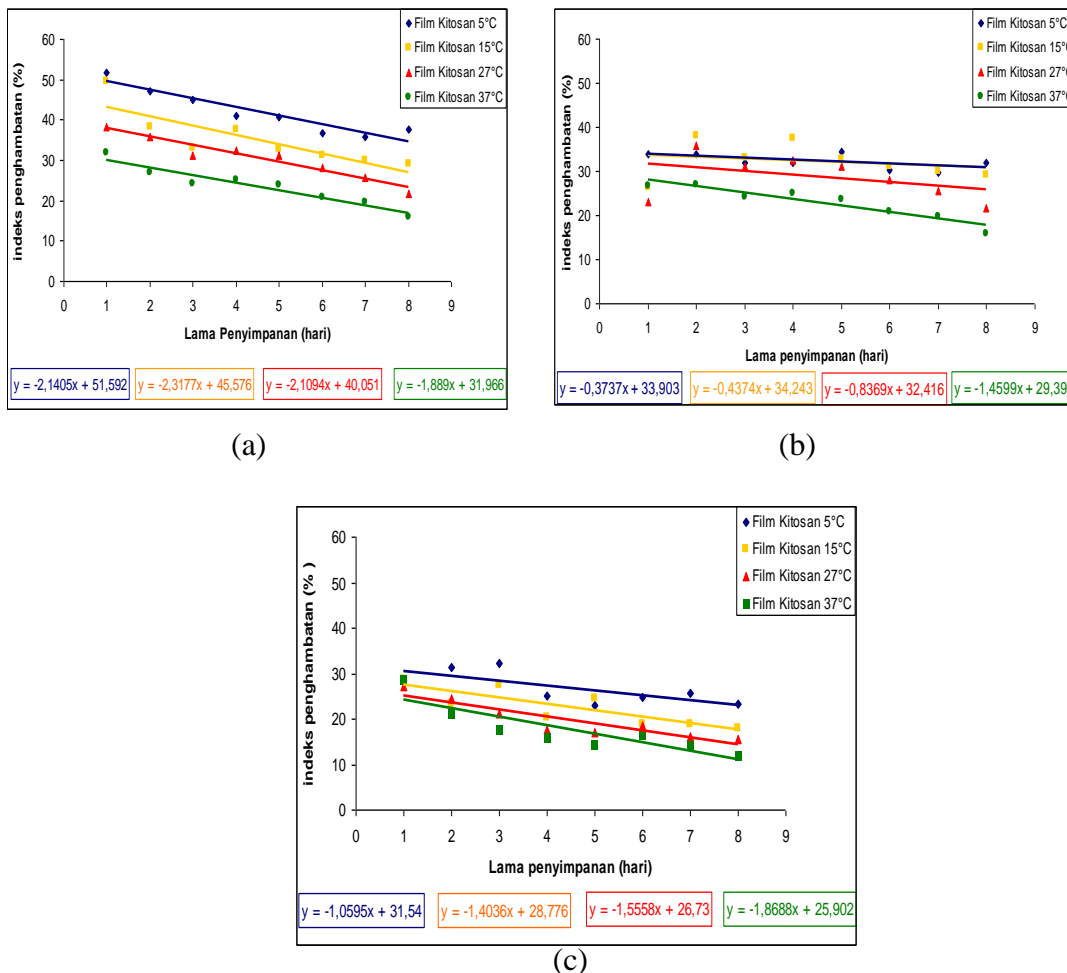
Dari hasil pengukuran transmisi uap air film AM diperoleh nilai berkisar antara  $88,42 \pm 10,18$  hingga  $60,35 \pm 5,78$   $\text{g/m}^2/24$  jam. Nilai tersebut dirasakan cukup besar untuk sebuah film yang akan digunakan sebagai kemasan *coating* produk pangan (Gambar 2d). Laju transmisi oksigen rata-rata film AM yang dihasilkan berkisar antara  $34,86 \pm 6,08$   $\text{cm}^3/\text{m}^2/24$  jam hingga  $42,63 \pm 7,95$   $\text{cm}^3/\text{m}^2/24$  jam. Secara keseluruhan hasil pengamatan laju transmisi oksigen terhadap AM film dapat dilihat pada Gambar 14. Berdasarkan hasil analisis ragam pada selang kepercayaan 95% terhadap transmisi oksigen ini menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata (Gambar 2e) Dari hasil analisis statistik, lebih lanjut dapat dijelaskan bahwa ketiga perlakuan AM film yang diberikan ternyata memberikan pengaruh yang berbeda terhadap transparansi film yang terbentuk (Gambar 2f).

### Efikasi kemasan AM

Dari berbagai literatur telah diperoleh informasi bahwa kitosan mempunyai efek menghambat pertumbuhan mikroba. Oleh karena ini fabrikasi film dari kitosan dilakukan tanpa penambahan agen AM dan diujikan terhadap *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* dan *Staphylococcus aureus* (Gambar 3). Dari grafik indeks penghambatan film kitosan terhadap ketiga bakteri tersebut dapat dilihat bahwa seiring dengan lama penyimpanan film, baik pada suhu 5, 15, 27 dan 37°C indeks penghambatan semakin menurun. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama penyimpanan film, maka zat aktif dari kitosan yang dipergunakan untuk menghambat bakteri juga semakin berkurang. Prakiraan masa aktif agen AM di dalam film dapat dihitung dengan menggunakan persamaan linier dan dihasilkan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Perkiraan masa aktif agen antimikroba pada *film*

Suhu	Perkiraan masa aktif film (hari)		
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Salmonella typhimurium</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
5°C	24,10	90,72	29,77
15°C	19,66	78,29	20,50
27°C	18,99	38,73	17,18
37°C	16,92	20,13	13,86

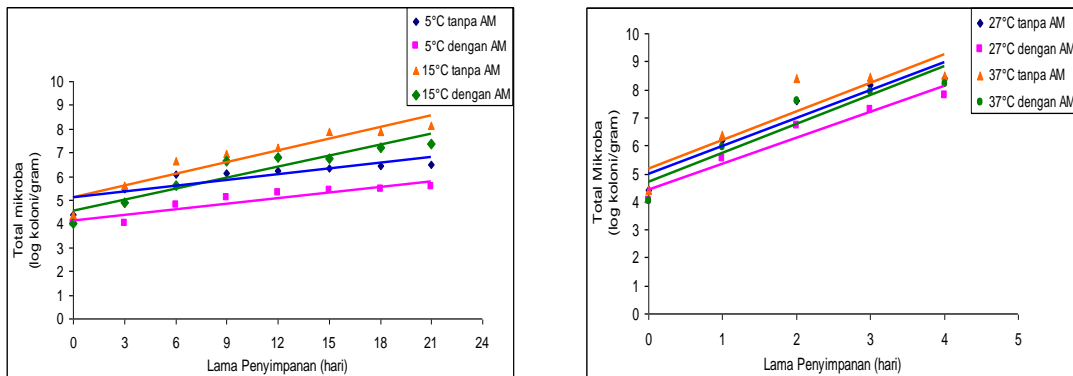


Gambar 3. Indeks penghambatan film kitosan terhadap (a) *Escherichia coli*; (b) *Salmonella typhimurium*; dan (c) *Staphylococcus aureus*

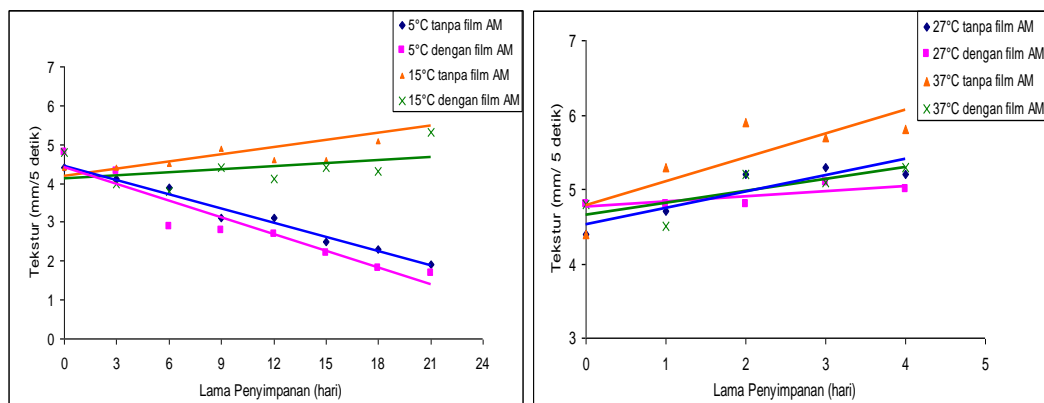
### Aplikasi kemasan AM

Bakso *dicoating* dengan kemasan AM dan disimpan pada suhu 5, 15, 27 dan 37°C. Penurunan mutu bakso selama penyimpanan terhadap TPC dan kekerasan disajikan pada Gambar 5 dan 6. TPC dan kekerasan merupakan parameter penting untuk mengetahui mutu bakso. Bakso yang kenyal dengan TPC yang masih memenuhi standar merupakan kriteria mutu yang diinginkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyimpanan suhu rendah dapat memperpanjang umur simpan produk. Berdasarkan uji organoleptik dapat diperoleh umur simpan produk bakso terlapisi film AM adalah lebih dari 21 hari pada suhu 5 dan 15°C. Namun demikian bakso tanpa AM bakso dikatakan masih memenuhi kualitas yang diharapkan sampai 15 hari saja pada penyimpanan suhu 15°C. Selanjutnya,

Pada suhu 37°C, bakso AM masih disukai panelis sampai dengan 3 hari, sedangkan bakso tanpa AM hanya sampai 1,5 hari.



Gambar 4. Nilai TPC bakso suhu 5, 15, 27 dan 37°C



Gambar 5. Nilai TPC bakso suhu 5, 15, 27 dan 37°C

## KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah :

1. Sifat fisis-mekanis AM film berbahan khitosan berbeda nyata pada perlakuan yang diberikan untuk ketebalan, laju transmisi uap air dan transparansi, sedangkan untuk ketegangan tarik, persen pemanjangan/elongasi dan laju transmisi gas O<sub>2</sub> menunjukkan hasil tidak berbeda nyata untuk setiap konsentrasi agen AM yang ditambahkan. Kedua AM film baik yang berbahan khitosan atau agar mempunyai ketahanan terhadap uap air yang cukup rendah.

2. Pada umumnya AM film baik berbahan kitosan dan agar menunjukkan kemampuan menghambat pertumbuhan *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* dan *Staphylococcus aureus*. Efektivitas penghambatan film AM agar tertinggi terjadi pada bakteri *Salmonella typhimurium*, diikuti oleh *E.coli* dan *S.aureus*. Masa aktif film AM kitosan pada suhu 5°C adalah 24 hari dan pada suhu 15°C adalah 19 hari. Masa aktif film AM kitosan dapat bertahan selama 17 hari dibandingkan 15 hari pada suhu 37°C.
3. Berdasarkan uji TPC, kekerasan dan penerimaan umum dari panelis organoleptik, pada penyimpanan suhu 5°C bakso dengan AM masih disukai sampai lebih dari 21 hari, sedangkan bakso tanpa AM hanya mampu bertahan sampai 21 hari. Pada penyimpanan 15°C bakso dengan AM mampu mempertahankan mutu sampai 21 hari, bakso tanpa AM sudah tidak disukai panelis pada hari ke 15. Bakso dengan AM yang disimpan pada suhu 27°C dan 37°C masih disukai panelis sampai dengan 3 hari, sedangkan bakso tanpa AM hanya sampai 1,5 hari.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Krochta, J.M. 2002. *Protein as Raw Material for Films and Coatings: Definitions, Current Status, and Opportunities*. Di dalam Gennadios A (ed). *Protein-Based Films and Coating*. CRC Press. Washington, D.C. Mathlouthi (1994)
- Li B, Kennedy J.F., Peng J.L. dan Yie X, Xie B.J. 2006. "Preparation and performance evaluation of glucomannan-chitin-nisin ternary antimicrobial blend film". *Journal of Carbohydrate Polymers* .
- Seydim A.C. dan Sarikus G. 2006. "Antimicrobial activity of whey protein based edible film incorporated with oregano, rosemary and garlic essential oils". *Food Research International* 39 (2006) 639-644.

**Sensitivitas dan Dinamika Kalender Tanam Padi Terhadap Parameter ENSO (*El-Nino-Southern Oscillation*) dan IOD (*Indian Ocean Dipole Mode*) di Daerah Monsunal Dan Equatorial**

(Rice Cropping Calendar Dynamics and its Sensitivity of ENSO (El-Nino-Southern Oscillation) and IOD (Indian of Ocean Dipole Mode) Parameters in Monsoonal and Equatorial Regions)

**Yonny Koesmaryono<sup>1)</sup>, Y. Apriyana<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Dep. Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan IPA IPB

<sup>2)</sup> Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi Departemen Pertanian

**ABSTRAK**

Penelitian dilakukan untuk mengidentifikasi daerah-daerah yang sering atau selalu dipengaruhi oleh fenomena ENSO dan IOD serta dampaknya terhadap pergeseran awal musim tanam, terutama di sentra produksi beras baik di wilayah monsunal maupun equatorial. Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Indramayu dan Cianjur (monsunal) dan Solok dan Pesisir Selatan (Equatorial). Analisis korelasi antara ENSO dan IOD dengan curah hujan dilakukan untuk memperoleh hubungan antara ENSO dan IOD dengan curah hujan pada periode Desember-Februari, Maret-Mei, Juni-Agustus, September-November. Hubungan antar parameter ditentukan berdasarkan tingkat korelasinya yaitu kuat ( $r \leq -0.54$ ), sedang ( $-0.4 \geq r \geq -0.53$ ), dan lemah ( $-0.39 \geq r \geq -0.33$ ). Sedangkan wilayah yang tidak terpengaruh mempunyai nilai  $\geq -0.32$ . Analisis disajikan dalam bentuk spasial untuk mempermudah dalam menentukan daerah yang sensitif terhadap anomali iklim. Dinamika dan sensitivitas waktu tanam ditentukan dari 'overlay' antara Peta Kalender Tanam Eksisting dengan hasil deliniasi wilayah terkena dampak ENSO dan IOD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ENSO dan IOD sangat berpengaruh terhadap penurunan curah hujan saat memasuki periode September – November. Indramayu merupakan wilayah bertipe curah hujan monsun hampir seluruh wilayahnya dipengaruhi oleh ENSO dan IOD. Sensitivitas dan dinamika kalender tanam lebih tegas di wilayah tersebut yang dicirikan dengan penundaan awal waktu tanam sekitar 2 – 6 dasarian. Alternatif waktu tanam pada Musim Tanam I berkisar antara Desember dasarian I sampai dengan Desember dasarian III. Sedangkan pada wilayah yang terpengaruh ENSO dan IOD bertipe curah hujan equatorial seperti di Pesisir Selatan, penundaan waktu tanam hanya sekitar 2 – 4 dasarian. Alternatif waktu tanam pada Musim Tanam I berkisar antara November dasarian I sampai dengan Desember dasarian I. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menunjang program Peningkatan Produksi Beras Nasional.

Kata Kunci : Kalender tanam padi, ENSO, IOD, monsun, equatorial.

**ABSTRACT**

The research was conducted to identify areas that are often or always influenced by ENSO and IOD phenomena and its impact on the early shift the planting season, especially in the main rice producer of the West Java. Research has been conducted in Indramayu and Cianjur regency (monsoon region) and Solok and Pesisir Selatan (Equatorial region). Analysis of the correlation between ENSO and the IOD with rainfall has been carried out to obtain the relationship between ENSO and the IOD with rainfall in the period from December to February, March to May, June to August, and September to November. Relationships between the parameters determined by the level of the strong correlation ( $r \leq -0.54$ ), middle ( $-0.4 \geq r \geq -0.53$ ), and weak ( $-0.39 \geq r \geq -0.33$ ). Whereas

uninfluenced areas have value  $\geq -0.32$ . The analysis presented in the form of spatial to facilitate in determining which areas are sensitive to climate anomalies. Dynamics and the sensitivity of planting time is determined from the 'overlay' of Existing Planting Calendar Map with delineation of areas affected by ENSO and IOD. The results showed that the ENSO and IOD phenomena that strongly influence in September-November period. Indramayu is a monsoon rainfall region which almost the entire area influenced by the ENSO and IOD. Sensitivity and dynamics of planting calendar more clearly in the region which is characterized by delayed planting time from 2 to 6 dekads (ten day periods). The planting time alternative in the first planting season ranged from first to third dekad of December. Meanwhile in the equatorial rainfall region influenced by IOD and ENSO such as Pesisir Selatan, delayed planting time is only about 2 to 4 dekads. The planting time alternative in the first planting season ranged from first dekad of November to first dekad of December. The results of this study expected to support the programs of National Rice Production Increased.

Keywords : Rice planting calendar, ENSO, IOD, monsoon, equatorial.

## PENDAHULUAN

Fenomena iklim seperti ENSO (*El Niño Southern Oscillation*) di Samudra Pasifik dan IOD (*Indian Ocean Dipole*) di Samudera Hindia semakin sering terjadi dengan kondisi musim yang semakin ekstrim dan durasi yang semakin panjang sehingga menimbulkan dampak yang signifikan terhadap produksi pertanian (IPCC, 2001; Naylor, 2001). Munculnya fenomena El Niño kuat sebanyak tujuh kali sepanjang dua puluh tahun terakhir disertai dengan terjadinya fenomena dipole mode/ Indian Ocean Dipole positif yang hampir terjadi bersamaan mengakibatkan deraan kekeringan yang cukup serius (Allan, 2000).. Sebagai contoh Saji *et al.*, (1999) dan Webster *et al.*, (1999) menyatakan bahwa pada tahun 1997 ketika terjadi El Niño kuat, secara bersamaan terjadi pula IOD positif kuat di Samudera Hindia.

Untuk mengantisipasi dampak anomali iklim tersebut, perlu strategi yang tepat dalam meningkatkan upaya adaptasi budidaya pertanian sebagai bagian dari upaya untuk memperkuat daya tahan sektor pertanian terhadap ancaman variabilitas iklim. Penetapan kalender tanam merupakan bagian dari strategi budidaya tanaman pangan yang sangat berkaitan dengan anomali iklim (Koesmaryono *et al.*, 2008). Standar Operasional Prosedur Kalender Tanam secara umum telah dibuat oleh Badan Litbang Pertanian melalui pembuatan Kalender Tanam Tanaman Pangan. Standar Operasional Prosedur tersebut perlu dikembangkan dengan mengkaji dinamika kalender tanam pada wilayah yang

sering dan atau selalu terkena dampak ENSO maupun IOD serta adaptasi petani terhadap kejadian kedua fenomena tersebut sehingga dapat tersusun Standar Operasional Prosedur baru yang lebih informatif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak ENSO dan IOD terhadap curah hujan di Jawa Barat (Monsunal) dan Sumatera Barat (Equatorial) dan mendeliniasi fenomena ENSO dan IOD terhadap dinamika luas tanam dan kalender tanam.

## **METODE PENELITIAN**

### **Waktu dan Tempat**

Penelitian dilaksanakan di daerah monsunial (Indramayu dan Cianjur) dan Equatorial (Solok dan Pesisir Selatan) mulai Maret 2008 sampai dengan Desember 2009.

### **Bahan**

Data curah hujan merupakan data series dari tahun 1990 sampai 2007 dan diambil dari Indramayu dan Cianjur masing-masing 46 dan 21 stasiun sedangkan dari Solok dan Pesisir Selatan masing-masing 15 dan 10 stasiun. Data luas tanam, diperoleh dari Dinas Pertanian wilayah sampel dan data waktu tanam eksisting diperoleh dari Peta Kalender Tanam Badan Litbang Pertanian (Las et al, 2007). Indeks suhu muka laut di Nino 3.4. diperoleh dari situs internet <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>. Indian Ocean Dipole (IOD) dinyatakan dalam Dipole Mode Indeks (DMI). Data DMI diperoleh dari <http://www.jamstec.go.jp/frsgc/research/d1/iod>.

### **Analisis korelasi ENSO, IOD dengan curah hujan**

Analisis anomali suhu muka laut di Pasifik Equator (ENSO), di Samudera Hindia (IOD) dan anomali curah hujan (Di Indramayu dan Cianjur) dilakukan pada tahun yang sama antara 1990-2007. Hubungan tersebut diamati pada periode sebagai berikut: Desember-Februari, Maret-Mei, Juni-Agustus, September-November.

Tingkat korelasi ditentukan berdasarkan tingkat kepercayaan kuat (99%), sedang (95%) dan lemah (90%). Karena jumlah pengamatan sebanyak 18 tahun

maka berdasarkan analisis "Significance of a Correlation Coefficient" diperoleh tingkat korelasi kuat ( $r \leq -0.54$ ), sedang ( $-0.4 \geq r \geq -0.53$ ), dan lemah ( $-0.39 \geq r \geq -0.33$ ). Sedangkan wilayah yang tidak terpengaruh mempunyai nilai ( $\geq -0.32$ ). Pendekatan Sistem Informasi Geografi digunakan dalam mendeliniasi wilayah hasil analisis korelasi antara ENSO, IOD dan curah hujan.

### **Dinamika dan sensitivitas puncak tanam**

Dinamika puncak tanam menunjukkan variabilitas respon waktu pergeseran tanam terhadap kondisi iklim. Sedangkan sensitivitas kalender tanam menunjukkan sampai berapa hari (dasarian) terjadinya pergeseran puncak tanam tersebut. Penetapan dinamika dan sensitivitas tersebut diperoleh dari 'overlay' Peta Kalender Tanam Eksisting (Las, et al. 2007) dengan hasil deliniasi wilayah terkena dampak ENSO dan IOD.

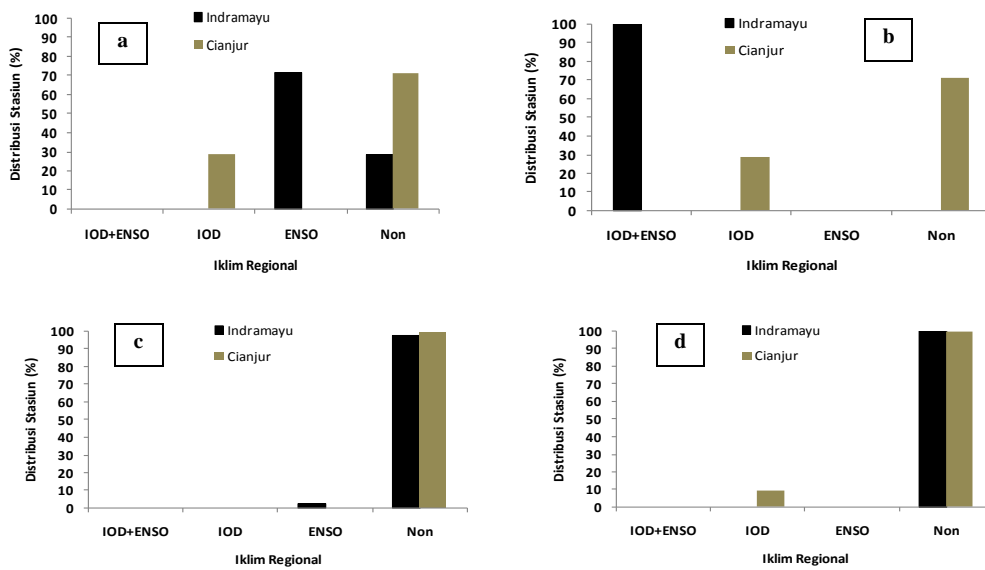
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Hubungan ENSO dan IOD dengan Curah Hujan**

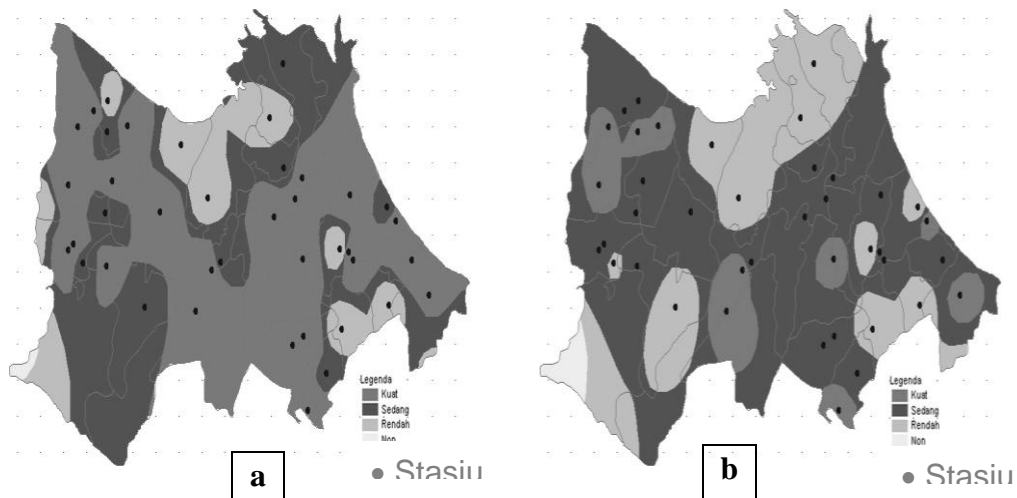
Di wilayah Monsun pengaruh IOD dan ENSO terlihat jelas saat memasuki periode Juni-Agustus dan September-November bersamaan dengan peningkatan anomali suhu muka laut wilayah Barat dan Timur Indonesia yang pada umumnya terjadi sekitar bulan Mei dan Juni (Harger, 1995). Pengaruh ENSO memasuki periode Juni-Agustus mulai mendominasi wilayah Indramayu yang ditandai dengan korelasi nyata negatif antara fluktuasi anomali ENSO dengan fluktuasi anomali curah hujan pada sebagian besar stasiun (72%). Pada periode September-November pengaruh fenomena IOD dan ENSO semakin kuat dimana seluruh stasiun terpengaruh oleh fenomena ENSO maupun IOD. Periode ini merupakan masa peralihan musim kemarau ke musim hujan, dimana pengaruh kedua fenomena mencapai puncaknya (Gambar 1). Sebagian besar wilayah yang terkena dampak kuat oleh ENSO dan dampak sedang oleh IOD, membentang dari Barat sampai Timur Indramayu (Gambar 2). Pengaruh ENSO tidak terjadi di Cianjur, kondisi curah hujan lebih banyak dipengaruhi oleh pola monsun dan atau pola lokal karena pegunungan yang melintang dari Barat ke Timur wilayah Cianjur. Namun demikian wilayah Selatan Cianjur terindikasi terpengaruh oleh IOD baik



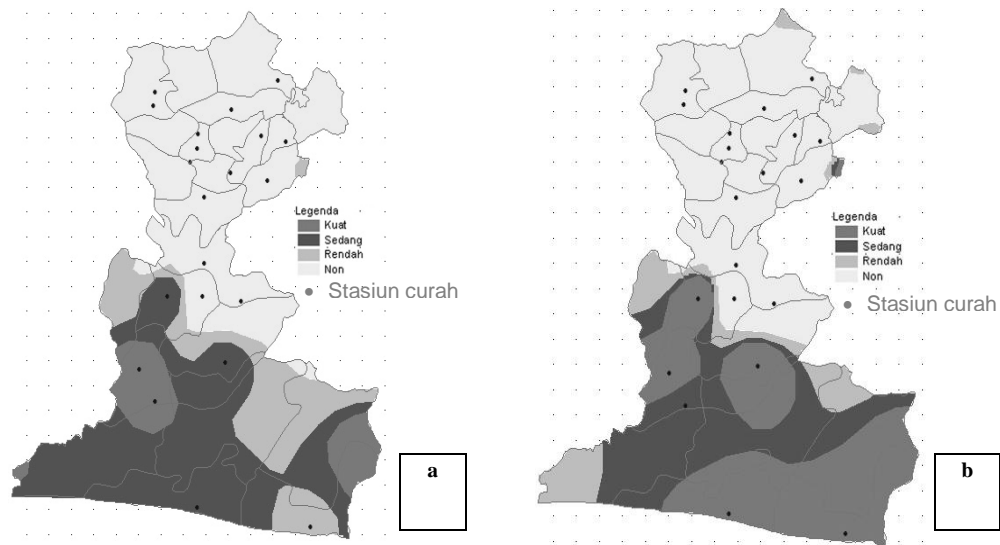
pada periode Juni-Agustus maupun September-November (Gambar 3a dan 3b). Menurut Saji *et. al.* (1999) pada bulan September-November saat terjadi IOD, curah hujan di Sumatra bagian Selatan, Jawa dan Nusa Tenggara berkurang karena pada periode tersebut merupakan puncak aktivitas Dipole Mode, dimana anomali angin tenggara di daerah Jawa dan Sumatra bagian Selatan sangat tinggi. Dengan semakin menguatnya angin tenggara yang sifatnya kering menyebabkan berkurangnya curah hujan di daerah tersebut.



Gambar 1. Distribusi stasiun yang dipengaruhi oleh iklim regional di Kabupaten Indramayu dan Cianjur pada periode (a) Juni-Agustus; (b) September-November; (c) Desember-Februari; dan (d) Maret-Mei



Gambar 2. Tingkat korelasi antara ENSO (a) dan IOD (b) dengan curah hujan pada Periode September-November di Kabupaten Indramayu

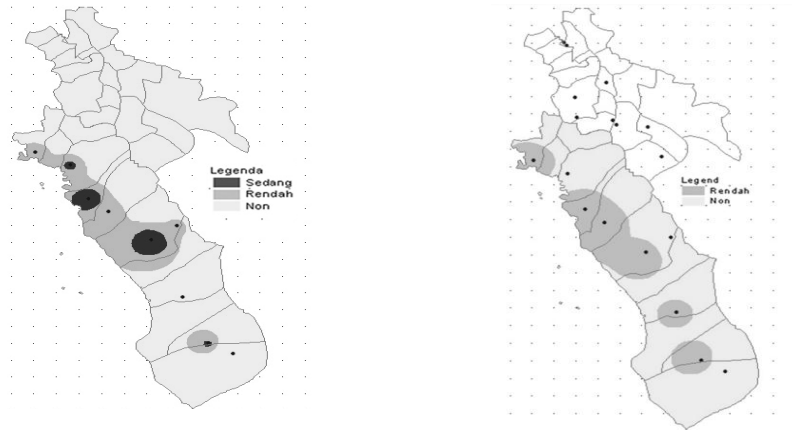


Gambar 3. Tingkat korelasi antara IOD dengan curah hujan periode Juni-Agustus (a) dan September-November (b) di Kabupaten Cianjur

Pengaruh ENSO dan IOD melemah saat memasuki periode Desember-Februari kondisi tersebut terus berlanjut sampai dengan periode Maret-Mei. Beberapa stasiun yang diindikasikan berpengaruh nyata tidak lebih dari 10% saja (Gambar 2c dan 2d). Mulai Berkurangnya pengaruh iklim regional saat memasuki periode Desember-Februari tersebut menunjukkan adanya pelemahan pengaruh kedua fenomena tersebut yang disebabkan dua hal yaitu (a) kedua fenomena telah mengalami puncaknya pada akhir tahun dan (b) pengaruh monsun lebih dominan saat memasuki musim hujan. Lebih jauh Hendon (2002) berpendapat bahwa terjadinya korelasi yang lemah antara curah hujan dengan ENSO dan IOD pada saat musim hujan diduga terkait dengan SPL perairan Indonesia yang berubah tanda (terjadi anomali positif) selama peralihan dari musim kemarau ke musim hujan (dari periode September-November ke Desember-Februari). Anomali SPL di perairan Indonesia berlawanan tanda dengan anomali SPL di Samudera Pasifik (Tengah atau Timur) dan Samudera Hindia bagian barat selama Juni-Agustus dan September-November, tetapi memiliki tanda yang sama pada saat Desember-Februari dan Maret-Mei.

Tidak seperti di wilayah monsun, di wilayah equatorial pengaruh kedua fenomena iklim tersebut tidak begitu tegas. Peningkatan kejadian ENSO berkorelasi dengan penurunan curah hujan terjadi di Pesisir Selatan saat memasuki periode Juni – Agustus, namun hanya 11 % stasiun yang dipengaruhi

oleh ENSO. Pengaruh IOD bersamaan dengan ENSO baru muncul pada periode Sempتمبر-November, curah hujan dari sekitar 33% stasuin berkorelasi nyata negatif dengan peningkatan ENSO dan IOD. Ilayah yang terkena dampak hanya sebagian Utara sampai tengah Pesisir Selatan (Gambar 4a dan 4b).



Gambar 4. Tingkat korelasi antara IOD dengan curah hujan periode Juni-Agustus (a) dan September-November (b) di Kabupaten Solok dan Pesisir Selatan

#### **Dampak fenomena ENSO dan IOD terhadap dinamika kalender tanam**

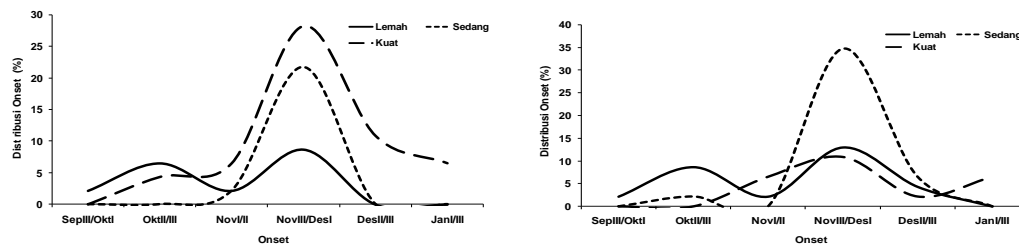
Berdasarkan Peta Kalender Tanam, puncak onset di Jawa Barat pada umumnya terjadi pada September dasarian ke tiga dan atau Oktober dasarian ke satu (September III/Okttober I) dengan pola tanam yang dapat dikembangkan Padi-Padi-Padi (Las et, al 2007). Namun karena pengaruh iklim regional pada beberapa wilayah mengalami pergeseran puncak tanam berupa pengunduran awal tanam (onset) beberapa dasarian.

Di Indramayu pada wilayah-wilayah yang terkena dampak ENSO maupun IOD terutama saat memasuki periode September-November, puncak tanam bukan lagi pada September III/Okttober I tetapi lebih lambat 6 dasarian pada November III/Desember I. Untuk lahan tipe irigasi lahan masih memungkinkan untuk ditanami dengan pola tanam yang beragam. Sedangkan pada lahan tadah hujan ketersediaan air pada Musim Tanam III tidak mencukupi (Tabel 1). Puncak tanam mencapai 30% dari seluruh kecamatan di Indramayu pada tingkat korelasi yang kuat antara fluktuasi ENSO dengan anomali curah hujan. Sedangkan pada

wilayah yang dipengaruhi oleh IOD, puncak tanam mencapai 35% dengan tingkat korelasi sedang (Gambar 5).

Tabel 1. Alternatif waktu tanam pada berbagai musim tanam pada tahun kering kabupaten Indramayu

Tipe lahan Sawah	Musim Tanam I	Musim Tanam II	Musim Tanam III
Irigasi Teknis	Des I/Des II	Maret I/Maret II	Juni II/Juni III
Irigasi Semi Teknis	Des I/Des II	Maret I/Maret II	Juni II/Juni III
Irigasi Non Teknis/pedesaan	Des I/Des II	Maret I/Maret II	Juni II/Juni III
Tadah Hujan	Des II/Des III	April III/Mei I/Mei II	-

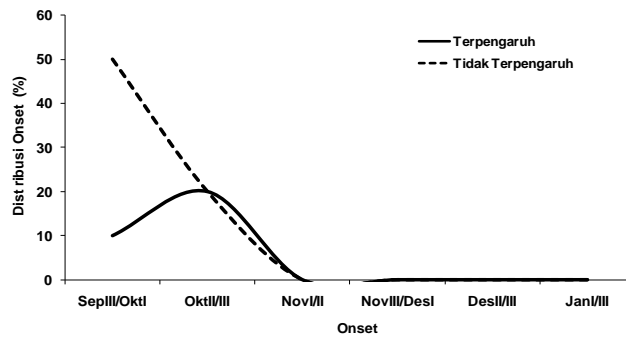


Gambar 5. Distribusi waktu tanam pada wilayah yang dipengaruhi ENSO dan IOD di Kabupaten Indramayu

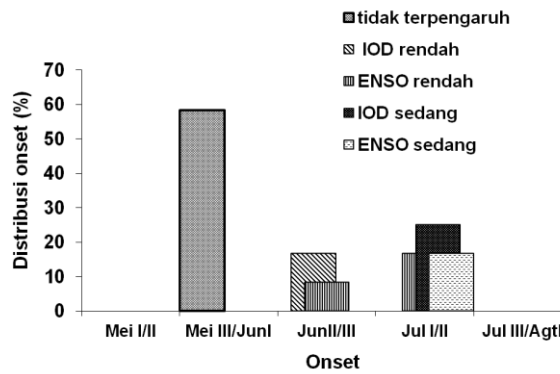
Berdasarkan kalender tanam, wilayah Cianjur memiliki 2 puncak tanam yaitu September III/Oktober I dan Oktober II/III. Sebagian besar petani atau sekitar 52% onset seluruh kecamatan di Cianjur mulai menanam padi pada September III/Oktober I, namun pada kecamatan-kecamatan di wilayah Selatan Cianjur yang terpengaruh IOD sebagian besar petani atau sekitar 20% menanam pada Oktober II/III (Gambar 6). Dengan demikian wilayah yang terkena dampak IOD mengalami pergeseran puncak tanam hingga 1-2 dasarian. Di wilayah equatorial, pengaruh ENSO maupun IOD tidak setinggi monsun, keterlambatan tanam hanya terjadi di Pesisir Selatan saat terjadinya ENSO dan IOD dengan pergeseran waktu tanam 2- 4 dasarian (Gambar 7), yaitu terjadi pada November I sampai dengan Desember I (Tabel 2).

Tabel 2. Alternatif waktu tanam pada berbagai musim tanam pada tahun kering di kabupaten Pesisir Selatan

Tipe lahan Sawah	Musim Tanam I	Musim Tanam II	Musim Tanam III
Irigasi Teknis	Nov I/Nov II	Mar I/ Mar II	Jul I/ Jul II
Irigasi Semi Teknis	Nov I/Nov II	Mar I/ Mar II	Jul I/ Jul II
Irigasi Non Teknis/pedesaan	Nov I/Nov II	Mar I/ Mar II	Jul I/ Jul II
Tadah Hujan	Nov III/ Des I	Mar III/Apr I	-



Gambar 6. Distribusi waktu tanam pada wilayah yang terpengaruh dan tidak terpengaruh ENSO dan IOD di Kabupaten Cianjur



Gambar 7. Distribusi waktu tanam pada wilayah yang dipengaruhi ENSO dan IOD di Kabupaten Pesisir Selatan

## **KESIMPULAN**

Pada wilayah dengan tipe hujan equatorial maupun monsun seperti di Pesisir Selatan dan Indramayu, fenomena ENSO dan IOD berpengaruh kuat pada periode September-November. Intensitas curah hujan di wilayah tersebut lebih kuat dipengaruhi oleh ENSO. Sedangkan Cianjur tidak dipengaruhi oleh ENSO, hanya sebagian besar wilayah Cianjur Selatan dipengaruhi oleh IOD.

Di Indramayu pada wilayah yang terkena dampak ENSO kuat, puncak tanam terjadi pada November III/Desember I, lebih lambat 6 dasarian dari puncak tanam pada umumnya. Di Cianjur terjadi 2 puncak tanam, puncak tanam terjadi pada September III/Oktober I pada wilayah yang tidak terpengaruh oleh ENSO dan IOD. Sedangkan pada wilayah yang terpengaruh IOD puncak tanam terjadi pada Oktober II/III. Fenomena ENSO maupun IOD tidak begitu besar pengaruhnya terhadap penundaan waktu tanam di wilayah Pesisir Selatan.

## **UCAPAN TERIMAKASIH**

Ucapan terima kasih kepada Badan Litbang Pertanian yang telah mendanai penelitian ini melalui Kerjasama Kemitraan Penelitian Pertanian dengan Perguruan Tinggi (KKP3T).

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Allan R. 2000. ENSO and climatic variability in the past 150 years, in ENSO: Multiscale Variability and Global and Regional Impacts, Diaz, H. & Markgraf, V. (Eds.), pp. 3-55. Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- Harger, J. R. E. 1995. Air-Temperature Variations and ENSO Effects in Indonesia, the Phillipines, and El Salvador: ENSO Patterns and Changes from 1866–1993', *Atmos. Environ.* 29, 1919–1942.
- Hendon, H., 2002, Indonesian Rainfall Variability : Impact of ENSO and Local Air-Sea Interaction, NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center Boulder, Colorado (Submitted to *J. Climate* 24 June 2002).
- IPCC. 2001. *Climate Change 2001: Impact, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press PEACE. Working Paper on Indonesia and Climate Change: Current Status and Policies

- Koesmaryono, Y. Irsal Las, E. Aldrian, E. Runtunuwu., H. Syahbudin, Y. Apriyana. 2008. Sensitivitas dan Dinamika Kalender Tanam Padi terhadap Parameter ENSO dan IOD di daerah Monsunal dan Equatorial. Laporan Sementara KKP3T. Litbang Deptan-IPB.
- Las, I. A. Unadi, K. Subagyono., H. Syahbuddin., E. Runtunuwu. 2007. Atlas Kalender Tanam Pulau Jawa. Skala 1:1.000.000 dan 1:250.000. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. 96 hal.
- Naylor, R. L., Walter P. Falcon, Daniel Rochberg and Nikolaswada. 2001. Using El niño/Southern Oscillation Climate Data to Predict Rice Production in Indonesia. Center for Environmental Science and Policy, Encina hall 405e, Stanford University, Stanford, Ca 94305-6055, U.S.A. *Climatic Change* 50: 255–265,.
- Saji, N.H., B.N. Goswami, P.N. Vinayachandran, T. Yamagata, 1999 : A Dipole in the Tropical Indian Ocean. *Nature*, 401, 360-363.
- Webster, P.J., A.M. Moore, J.P. Loschnigg, and R.R. L, 1999: Coupled ocean atmosphere dynamics in the Indian Ocean during 1997-98. *Nature*, 401,356-360.

**PENGEMBANGAN PISANG SEBAGAI PENOPANG  
KETAHANAN PANGAN NASIONAL**  
(Banana Development as the Support of National Food Security)

**M. Rahmad Suhartanto<sup>1)</sup>, Sobir<sup>1)</sup>, H Harti<sup>1)</sup>, MA Nasution<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Pusat Kajian Buah Tropika LPPM IPB

<sup>2)</sup> Lembaga Penelitian Universitas 45 Makassar

**ABSTRAK**

Pisang merupakan tanaman yang relatif dapat beradaptasi luas dalam kondisi lahan dan musim kering. Pengembangan pisang, khususnya di daerah rawan pangan dan gizi diharapkan dapat meningkatkan ketahanan pangan daerah tersebut. Namun, produksi pisang nasional mendapat ancaman serangan penyakit layu darah yang ditularkan oleh serangga melalui bunga jantannya. Penemuan pisang kepok mutan yang tidak berbunga jantan di Sulawesi tahun 1992 oleh tim Budenhagen, kemudian dilanjutkan oleh tim Pusat Kajian Buah Tropika-IPB mulai tahun 2008 memberi harapan terhadap penyelesaian penyakit layu darah. Uji observasi awal dilakukan ke daerah asal pisang tersebut, yaitu Kabupaten Kepulauan Selayar dan Bone, Sulawesi Selatan. Berdasarkan hasil pengamatan dan observasi telah terpilih pisang Kepok Loka Nipah sebagai calon varietas unggul karena mampu berproduksi hingga 41 kg/pohon, daging buah berwarna kuning muda dan rasanya manis. Pengamatan terhadap sifat fenotipe dan genetik dilakukan guna memperoleh data yang diperlukan untuk usulan pelepasan varietas yang akan dikirimkan ke Tim Penilai dan Pelepasan Varietas (TP2V), Departemen Pertanian. Berdasarkan sidang pelepasan varietas tanggal 4 Nopember 2009, pisang kepok Loka Nipah telah disetujui dengan nama Unti Sayang. Pelepasan varietas dilakukan bekerjasama dengan Pemda Sulawesi Selatan. Duplikasi pohon induk sebagai bahan perbanyak bibit telah dilakukan dan ditanam di Kebun Percobaan PKBT, Pasir Kuda. Saat ini tersedia sekitar 200 plantlet pisang Kepok Unti Sayang yang akan diperbanyak untuk bahan diseminasi 2010.

Kata kunci : Pisang, layu darah, dan varietas.

**ABSTRACT**

Banana is relatively high adaptive tropical plant, especially during drought condition. Banana development, especially at the prone areas of foodless and nutritionless, expected to increase the food security. Nevertheless, national banana production has been threatened by blood disease attack which is spreaded by insects through the banana male bud. The invention of budless mutant banana at Sulawesi on 1992 by the Budenhagen team, and then continued by PKBT (Center for Tropical Fruit Studies) IPB team since 2008, raises the hope of blood disease problem solution. Initial observation activity was conducted at the origin area of the banana, Kepulauan Selayar and Bone District, South Sulawesi Province. Based on the observation, Kepok Loka Nipah genotype appointed as candidate of superior variety because it has productivity up to 41 kg/plant, light yellow pulp color, and sweet taste. The observation of phenotype and genetic characters were conducted to get data needed for the releasing varieties proposal that will be send to Tim Penilai dan Pelepasan Varietas/Varieties Assessment and Release Team (TP2V), Departemen of Agriculture. According to varieties release assesment by TP2V on November 4<sup>th</sup>, 2009, Kepok Loka Nipah Banana was approved, and given offical name: *Unti Sayang*. Variety release was conducted in collaboration with Local Government of South Sulawesi. The duplication of mother plant as the source of propagation seeds has



been done and planted at PKBT experimental field Station at Pasir Kuda. By now, there are approximately 200 plantlets of Unti Sayang banana that will be reproduced for the dissemination materials at 2010.

Keywords : Banana, blood disease, and varieties.

## **PENDAHULUAN**

Pisang merupakan komoditas buah yang sangat potensial dikembangkan untuk menunjang ketahanan pangan. Hal ini karena pisang memiliki keunggulan preferensi, nutrisi, *utility*, produktivitas, dan adaptasi. Produksi pisang Indonesia menduduki tempat ke lima dunia dengan besaran 3,6 juta ton atau 5 persen dari produksi dunia (Deptan 2004). Tingkat produktivitas pisang juga sangat tinggi dibandingkan sumber karbohidrat lainnya, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pangan alternatif pengganti beras khususnya di daerah rawan pangan.

Beberapa tahun terakhir, produksi buah pisang Indonesia mengalami penurunan sebesar 140.135 ton, yaitu dari 5.177.607 ton di tahun 2005 menjadi 5.037.472 ton (Deptan, 2007). Permasalahan utama dalam penurunan produksi pisang di Indonesia adalah tingginya serangan penyakit serta belum diterapkannya prinsip *Good Agricultural Practicess* (GAP). Penyakit layu darah di Indonesia disebabkan oleh bakteri *Ralstonia Race 2* yang mengakibatkan epidemi hanya pada pisang plantain (ABB atau BBB), terutama pisang kepok yang banyak dibudidayakan oleh petani di Indonesia.

Penemuan pisang kepok mutan yang tidak berjantung (*budless mutant*) di Sulawesi tahun 1992 oleh Tim Budanhagen, yang kemudian dilanjutkan oleh tim Pusat Kajian Buah Tropis (PKBT) IPB mulai tahun 2008 memberikan harapan terhadap penyelesaian masalah penyakit layu darah. Berdasarkan hasil observasi telah terpilih pisang Kepok Loka Nipah yang dikenal dengan nama Unti Sayang sebagai calon varietas unggul. Hal ini dikarenakan produksi buahnya tinggi, tahan terhadap penyakit layu bakteri (*Blood Disease Bacterial*), kualitas buahnya baik dan dapat digunakan sebagai salah satu bahan pangan berbasis tepung.

Tujuan tahun pertama dari penelitian ini yaitu melakukan pelepasan varietas unggul pisang kepok tanpa bunga jantan hasil eksplorasi mulai tahun 2008 dan memperbanyak bibit pisang yang telah dikembangkan pada kegiatan sebelumnya melalui teknik perbanyak vegetatif, baik secara konvensional

maupun kultur jaringan. Adapaun tujuan tahun kedua adalah melakukan uji coba penerimaan varietas unggul pisang kepok varietas Unti Sayang oleh petani dengan menerapkan *Good Agricultural Practices* (GAP) dan mengembangkan agribisnis pisang kepok Unti Sayang melalui sistem kemitraan dengan petani.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian dilaksanakan di laboratorium dan Kebun Percobaan PKBT IPB, dan kebun percobaan BPTP Ungaran. Pengamatan tentang deskripsi calon varietas unggul pisang dilaksana di Sulawesi Selatan. Penelitian dilaksanakan selama 7 bulan yaitu dari bulan Juni – Desember 2009.

Bentuk kegiatan yang dilaksanakan selama tahun anggaran 2009 mencakup dua kegiatan utama, yaitu sebagai berikut: Pelepasan varietas pisang unggul bagi penyangga ketahanan pangan dan perbanyak secara vegetatif bibit tanaman pisang yang potensial.

### **Pelepasan varietas pisang unggul bagi penyangga ketahanan pangan**

Berdasarkan hasil pemuliaan yaitu berupa eksplorasi dan seleksi yang dilakukan oleh PKBT bekerjasama dengan Pemda Sulawesi Selatan, maka diperoleh satu calon varietas unggul pisang yang potensial yang tahan terhadap penyakit BDB. Pisang tersebut diberi nama "Unti Sayang". Uji Observasi dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat unggul dan daya adaptasi dari calon varietas terhadap lingkungan dan beberapa agroekologi. Sifat yang diamati meliputi observasi secara fenotipe dan genotipe. Observasi fenotipe dilakukan dengan mengamati penampilan morfologi calon varietas sesuai dengan form deskripsi yang sudah ditetapkan oleh *International Plant Genetic Resources Institute* (IPGRI). Observasi genotipe dilakukan dengan menggunakan analisis pola pita DNA pucuk daun muda berdasarkan teknik RAPD pada beberapa tanaman pisang kepok.

### **Perbanyak secara vegetatif bibit tanaman pisang yang potensial**

Dari Pohon Induk Tunggal yang sudah dilepas dilakukan perbanyak bibit. Perbanyak bibit dilakukan untuk bahan diseminasi bibit ke masyarakat.

Perbanyak bibit akan dilakukan dengan metode dari bonggol/anakan dan metode kultur jaringan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pelepasan varietas pisang unggul bagi penyangga ketahanan pangan

Berdasarkan hasil pengamatan dan observasi diperoleh dua jenis pisang kepok tanpa bunga jantan, yaitu Loka Bule dan Loka Nipah.

Tabel 1. Karakteristik morfologi pisang Kepok Loka Nipah dan Loka Bule

No	Karakter	Loka Nipah	Loka Bule
1.	Warna batang	Hijau	Ungu kehijauan
2.	Bentuk sisir	Teratur	Tidak teratur
3.	Jumlah sisir setiap tandan	13-15	5-7
4.	Warna buah	Hijau tua bintik hitam	Hijau
5.	Warna daging buah	Kuning	Putih
6.	Rasa buah	Manis	Kurang manis
7.	Bobot per buah	105 – 158 g	118 – 240 gr
8.	Panjang buah	10 – 16 cm	13.5 – 18.4 cm
9.	Diameter buah	4.1 – 4.5 cm	4.0 – 6.9 cm
10.	Warna kulit buah mentah	Hijau	Hijau muda
11.	Warna kulit buah matang	Kuning	Kuning cerah
12.	Warna daging buah	Kuning muda	Putih kekuningan
13.	Matang optimal	8 – 9 hari setelah panen	-
14.	Tekstur buah	Halus	Halus
15.	Briks	20.2° – 23.8° briks	19.1° – 21.3° briks
16.	Kadar Vitamin C	3.5– 7.2mg/100g	7.0 – 9.2 mg/100 g
17.	Bobot per tandan	40 – 41 kg	20 – 22 kg

Pisang Kepok Loka Nipah terpilih sebagai calon varietas unggul. Dari pohon induk ini diamati beberapa sifat fenotipe sesuai *International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI)*.

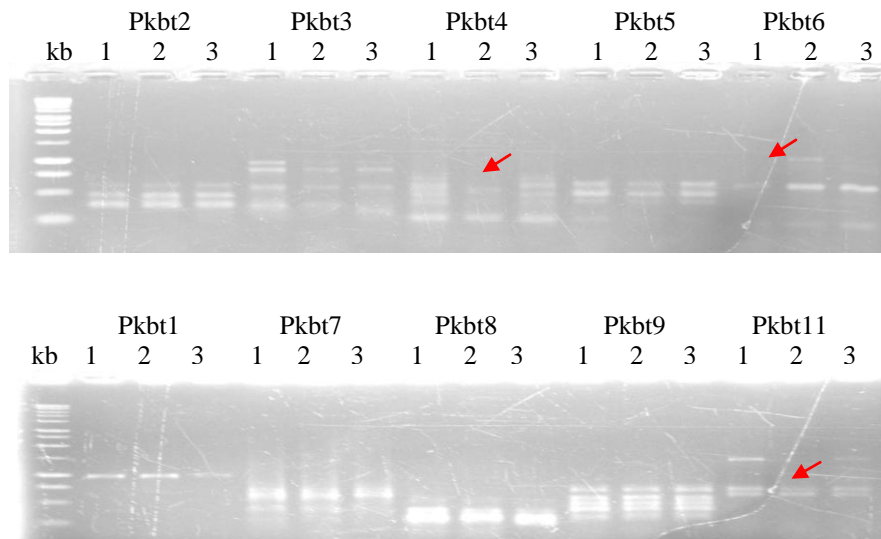
Tabel 2. Deskripsi Varietas pisang Kepok Loka Nipah (Unti Sayang)

No	Karakter	Hasil
1	Asal Tanaman	Desa Bontobangun, Kecamatan Bontoharu, Kabupaten Kepulauan Selayar, Sulawesi Selatan
2	Umur Tanaman	17 bulan
3	Umur Berbunga (dari bibit anakan)	12 – 13 bulan
4	Umur panen (dari bibit anakan)	16 – 17 bulan
5	Nama	Unti Sayang
6	Nama Lokal	Loka Nipah
7	Propinsi	Sulawesi Selatan
8	pH tanah	6.2
9	Suhu	18° – 28°C (rata-rata 26.7°C)
10	RH	35,5% - 75% %
11	CH	200 mm
12	Tinggi tanaman	5.0 – 6.5 m
13	Diameter Batang	35 – 43 cm
14	Spot Batang	Sedikit
15	Warna Batang Semu	Hijau-Kuning
16	Warna batang bagian dalam	Hijau terang
17	Pigmentasi batang dalam	Hijau kekuningan
18	Bentuk penampang batang	Bulat
19	Tekstur kulit batang semu	Halus
20	Lilin pada batang semu	Berlilin
21	Pigmentasi merah di pangkal batang	Ada
22	Warna getah	Bening
23	Warna pangkal batang	Hijau kemerahan
24	Tipe pertumbuhan daun	Tegak
25	Warna permukaan atas daun	Hijau tua
26	Warna permukaan bawah daun	Hijau muda
27	Bentuk daun	Jorong memanjang dengan ujung tumpul
28	Bentuk ujung daun	Tumpul
29	Tepi daun	Rata
30	Warna tulang daun	Hijau kekuningan sedikit bintik ungu
31	Warna bibir pelepah daun	Merah keunguan
32	Tipe daun/letak daun	Tegak
33	Jumlah daun	<20
34	Panjang helai daun	258-282
35	Lebar Helai Daun	68-86
36	Rasio panjang lebar	3
37	Panjang tangkai daun	51-70
38	Lebar tepi tangkai daun	>1 cm
39	Lebar bibir tangkai daun	Sedikit sekali
40	Bercak di pangkal tangkai daun	Jarang
41	Banyak bercak	Sedikit
42	Warna bercak	Hitam-ungu
43	Pigmentasi tepi tangkai daun	Ada
44	Pigmentasi tulang daun	Ada
45	Tepi lekuk tangkai daun (no 3)	Lurus dg tepi tegak
46	Tipe sayap	Kering
47	Warna tepi tangkai daun	Hijau
48	Ujung tepi tangkai daun	Tidak berwarna
49	Titik pangkal helai daun	Simetris
50	Bentuk pangkal helai daun	Hati

Tabel 2. Deskripsi Varietas pisang Kepok Loka Nipah (Unti Sayang) (Lanjutan)

No	Karakter	Hasil
51	Perkembangan anakan	¾-sama dengan induk
52	Posisi tandan buah	Vertikal
53	Bunga pembentuk buah	Bunga Betina
54	Bentuk pangkal braktea	Bahu besar
55	Bentuk ujung braktea	Runcing
56	Pola pelepasan braktea	Tidak menggulung
57	Tekstur braktea	Berombak tumpul
58	Warna luar braktea	Ungu kecoklatan
59	Warna dalam braktea	Merah keunguan
60	Warna ujung luar braktea	Kuning
61	Warna pangkal dalam braktea	Warna berubah
62	Lapisan lilin pada braktea	Ada
63	Panjang tangkai bunga (tandan)	36 cm
64	Jumlah buku kosong	2
65	Diameter tangkai bunga	5 - 6 cm
66	Warna tangkai bunga	Hijau muda
67	Umur berbunga hingga panen	4 - 5 bulan
68	Umur panen	120 - 150 hari
69	Posisi tandan	Sedikit menyudut
70	Bentuk Tandan	Silinder
71	Kenampakan tandan	Kompak
72	Panjang tandan	96 - 110 cm
73	Diameter tandan	34 - 45 cm
74	Jumlah sisir/tandan	13 - 15 sisir
75	Jumlah buah/sisir	20 - 22
78	Jumlah baris/sisir	2 baris
79	Bobot Tandan	40 - 41 kg
80	Arah puntiran daun	Memuntir berlawanan putaran jam
81	Panjang buah dari sisir pangkal	15-16 cm
82	Panjang buah dari sisir tengah	14-15
83	Panjang buah dari sisir ujung	10-11
84	Diameter buah	4.1 - 4.5 cm
85	Bobot/buah	105 - 158 gr
86	Jumlah segi buah	5
89	Bentuk buah	Lurus
90	Bentuk melintang	Tonjolan jelas
91	Ujung Buah	Leher botol
92	Sisa stylus	Masih ada
93	Panjang tangkai buah	3 - 4 cm
94	Diameter tangkai buah	1.5-1.7
95	Fusi tangkai buah	Tidak ada
96	Warna kulit buah sblm masak	Hijau
97	Warna kulit buah masak	Kuning
98	Tebal kulit	2 - 2.5 mm
99	Tekstur kulit hijau	Halus
101	Tekstur kulit matang	Halus
102	Kemudahan mengupas	Mudah
103	Warna daging mentah	Putih kekuningan
104	Warna daging masak	Kuning
105	Brix	20.29° - 23.8° brix
106	Kandungan Vit C	3.5 - 7.2 mg/100 g

Berdasarkan hasil uji PCR pada Gambar 1 diperoleh bahwa tanaman pisang Kepok Loka Nipah, berbeda dengan pisang Kepok Tajur pada primer PKBT 6, dan pisang Kepok Tanjung berbeda dengan pisang Kepok Tajur pada primer PKBT4 dan PKBT 11. Ini berarti pisang Kepok Loka Nipah berbeda dari kepok biasa dan kepok Tanjung.



Gambar 1. Hasil uji PCR Pisang Raja Bulu: 1. Pisang Kepok Loka Nipah, 2. Pisang Kepok Tanjung, dan 3. Pisang Kepok Tajur

Dari hasil uji obsevasi disusun usulan pelepasan varietas yang kemudian dikirimkan ke Tim Penilai dan Pelepasan Varietas (TP2V), Departemen Pertanian. Sidang pelepasan varietas telah dilakukan tanggal 4 Nopember 2009. Pelepasan varietas dilakukan bekerjasama dengan Pemda Sulawesi Selatan.

### **Perbanyak secara vegetatif bibit tanaman pisang yang potensial**

Perbanyak bibit yang berasal dari RIT dilakukan secara konvensional dan kultur jaringan. Perbanyak bibit dilakukan di Pusat Kajian Buah Tropika, Laboratorium PT Silva Kultura Tropika dan BPTP Ungaran. Dari rumpun induk terpilih telah dilakukan duplikasi pohon induk yang digunakan untuk bahan perbanyak bibit. Saat ini di KP. Pasir Kuda terdapat 150 rumpun duplikasi pohon induk. Perbanyak bibit secara kultur jaringan saat ini sampai pada tahap multiplikasi. Saat ini sudah ada lebih kurang 200 plantlet pisang Kepok Loka Nipah yang akan diperbanyak untuk bahan diseminasi 2010.

## KESIMPULAN

Pisang kepok tanpa bungan jantan yang terhindar (*escape*) dari penyakit layu darah sangat potensial untuk dikembangkan. Pisang kepok varietas baru tersebut telah diberi nama *Unti Sayang* dalam Sidang Pelepasan Varietas tanggal 4 November 2009, bekerjasama dengan Pemda Sulawesi Selatan. Dalam rangka pengembangan pisang Varietas Unti Sayang diperlukan benih secara cepat dan masal, sehingga dilakukan perbanyakan cepat baik dengan teknik kultur jaringan maupun konvensional. Saat ini telah dibuat duplikasi populasi rumpun induk di kebun Percobaan Pasir Kuda PKBT-IPB sebanyak 150 rumpun dan telah tersedia 200 plantlet hasil perbanyakan kultur jaringan. Percepatan penyediaan benih beserta teknik budidaya yang benar sesuai GAP (*Good Agricultural Practices*) merupakan program lanjutan tahun 2010. Kegiatan diseminasi varietas baru beserta teknologi budidayanya ini merupakan salah satu proses awal dalam pengembangan agribisnis pisang unti Sayang. Produk bermutu baik berupa buah segar maupun hasil pengolahan minimum diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan petani dalam rangka menopang ketahanan pangan.

## SARAN

Proses diseminasi varietas baru Unti Sayang yang terhindar (*escape*) dari penyakit layu darah beserta teknologi budidaya merupakan langkah awal pengembangan agribisnis pisang kepok. Penelitian pengembangan dan proses diseminasi ini membutuhkan dana awal yang diharapkan dapat menjadi pemicu bangkitnya agribisnis pisang kepok yang sebelumnya mengalami penurunan tajam akibat serangan penyakit layu darah. Oleh karena ini penelitian pengembangan ini sangat strategis untuk dilaksanakan, karena secara langsung maupun tidak langsung dapat meningkatkan kesejahteraan petani.

## DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pertanian. 2004. Direktorat Perbenihan, Direktorat Jenderal Bina Produksi Hortikultura. Pedoman Penilaian dan Pelepasan Varietas Hortikultura. Jakarta.

- Departemen Pertanian. 2004. Pusat Data dan Informasi Pertanian. <http://www.deptan.go.id>.
- Departemen Pertanian. 2008. Enam Pilar Kegiatan Pengembangan Hortikultura Tahun 2008. Jakarta
- Gubbuk, H. and M. Pekmezci. 2004. *In vitro* propagation of some new banana types (*Musa* spp.). Turk J. Agric. For. (28)355-361.
- Gupta, P.P. 1986. Eradication of mosaic disease and rapid clonal multiplication of bananas and plantains through meristem tip culture. Plant Cell, Tissue, Organ Culture (6):33-39.
- Harti, Heri, Sobir, Sri Setyati, Muhammad Rahmad Suhartanto. 2007. *Acuan Standar Operasional Produksi Pisang*. Bogor: PKBT-IPB.
- Imelda, M. 1991. Penerapan teknologi *in vitro* dalam penyediaan bibit pisang. Prosiding Seminar Bioteknologi dan Lokakarya Biopolimer untuk Industri, Bogor. 10-11 Desember 1991. h.71-79.
- Lee, S.W. 2006. Micropropagation of cavendish banana in Taiwan. Food and Fertilizer Technology Center, Taiwan. E-mail: [fftc@agnet.org](mailto:fftc@agnet.org)
- Mariska I. dan D. Sukmadjaja. 2003. Perbanyak abaka (*Musa textilis* Nee) melalui kultur jaringan. Balai Besar Litbang Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian. Monograp. 14 hal.
- Nasir, N., Prisdininggo, M. Nazam. 2006. Teknologi pengadaan bibit pisang sehat secara cepat, sederhana dan bermikoriza untuk lahan marginal. [www.ntb.litbang.deptan.go.id](http://www.ntb.litbang.deptan.go.id) [ 23 Januari 2008].
- OECD/FAO. 2007. *Agricultural Outlook 2007-2016*. Paris: OECD Publications.
- Priyono and S. Mawardi, 1993. Kajian penggunaan pisang sebagai penaung pada kopi dan kakao. I. Penyediaan bibit secara *in vitro*, pembentukan dan perakaran bud-like body pada *Musa paradisiaca*. Pelita Perkebunan. 9(1)29-35.
- Simonds, N.W. 1970. Bananas. Longman. London. 512 hal
- Suhardiman, P. 2008. Budidaya Pisang Cavendish. Kanisius. Yogyakarta. 79 hal.
- Strosse, H., I. Van den Houwe, and B. Panis. 2004. Banana cell and tissue culture-review. *In* Banana Improvement: Cellular, Molecular Biology, and induced Mutation. S.M. Jain; R. Swennen (Ed.). 13p. Science Pu. Inc. Enfield, USA.



**PERTUMBUHAN TIGA KLON CABE JAWA PERDU**  
**(*Piper retrofractum* Vahl.)**  
(Growth of Three Clones of Terna *Piper retrofractum* Vahl)

**Indra Ferdiansyah, Maya Melati, Sandra Arifin Aziz**  
Dep. Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian IPB

**ABSTRAK**

Tujuan percobaan ini adalah untuk mempelajari pertumbuhan 3 klon cabe jawa perdu dari Madura, Lamongan and Lampung. Percobaan dilakukan di kebun percobaan IPB di Sawah Baru, Bogor pada bulan September 2008 sampai Januari 2009. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok dengan tiga ulangan. Hasil percobaan menunjukkan bahwa komponen pertumbuhan berbeda setelah 14 minggu setelah tanam kecuali pada ukuran daun. Perbedaan pertumbuhan terutama disebabkan oleh respon tanaman terhadap serangan penyakit yang banyak timbul setelah curah hujan yang sangat tinggi. Cabe jawa dari Lampung mempunyai pertumbuhan yang lebih baik dan lebih tahan terhadap penyakit kuning akibat *Nematode and Fusarium sp* dan penyakit busuk akar akibat *Phytophthora palmivora*, dibandingkan dengan yang dari Madura and Lamongan.

Kata kunci : Cabe jawa, piperin, alkaloid, kompos, penyakit kuning.

**ABSTRACT**

The objective of the experiment was to study the growth of three clones Javanese long pepper (*Piper retrofractum* Vahl.) from Madura, Lamongan and Lampung in the nursery. The experiment was conducted at Sawah Baru experimental station, Bogor from September 2008 to January 2009. The experiment was arranged in a Completely randomized bock design with three replications. The result of this experiment showed that growth components were significantly different after 14 weeks after planting (WAP), except on length and width of leaves. Plant growth was significantly correlated to pest and plant disease intensity. *Piper retrofractum* Vahl from Lampung had the best growth rate and resistance ton yellow disease (Nematode and Fusarium sp.) and foot root disease (*Phytophthora palmivora*) compared to that of Madura and Lamongan.

Keywords : Javanese long pepper, piperin, alkaloid, manure.

**PENDAHULUAN**

Cabe jawa (*Piper retrofractum* Vahl.) adalah salah satu tanaman dari famili *Piperaceae* (Burkill, 1935; Heyne, 1987) dan ditetapkan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (Badan POM) sebagai salah satu dari 9 tanaman obat unggulan (Anonim, 2004). Tanaman cabe jawa memiliki berbagai kegunaan yaitu sebagai bahan masakan, minuman, dan obat tradisional. Orang Ambon dan orang India biasa menggunakan buah cabe jawa dalam masakan sebagai pengganti

cabai rawit (Heyne, 1987). Dalam masakan, *Piper retrofractum* seperti halnya *Piper longum* digunakan sebagai acar, diawetkan, juga dalam bumbu kari (de Guzman and Siemonsma, 1999). Masyarakat Madura mencampurkan bubuk buah ini ke dalam air kopi sebagai penghangat tubuh. Buah cabe jawa digunakan untuk mengatasi tekanan darah rendah, beri-beri, masuk angin, lemah syahwat (Mardisiswojo dan Sudarso, 1985), juga untuk membersihkan rahim setelah melahirkan. Senyawa kimia yang terkandung dalam buah adalah chavicine, piperine (4-6%), piperidine (0-19%), minyak atsiri (0.9%) (Dharma, 1987).

Penyebaran tanaman cabe jawa di beberapa wilayah di Indonesia memungkinkan terjadinya keragaman yang dapat disebabkan oleh genotipe maupun lingkungan tumbuh serta teknologi budidayanya. Daerah sentra produksi cabe jawa yang terkenal di Indonesia adalah Madura, Lamongan, dan Lampung (Januwati dan Yuhono, 2003).

Cabe jawa dapat diperbanyak secara generatif melalui biji dan secara vegetatif dapat melalui bagian sulur tanah, cabang buah, dan sulur panjat. Bahan tanam yang berbeda ini dapat menghasilkan keragaan cabe jawa yang berbeda, yaitu cabe jawa panjat dan cabe jawa perdu. Cabe jawa panjat didapatkan dari hasil perbanyakan vegetatif dari bagian sulur tanah atau sulur panjat, sedangkan cabe jawa perdu didapatkan dari hasil perbanyakan vegetatif dari bagian cabang buah (Januwati dan Yuhono, 2003).

Cabe jawa merupakan satu famili dengan lada, sehingga pengembangan cabe jawa perdu diharapkan memiliki sifat yang sama dengan lada perdu dan dapat meningkatkan efisiensi usaha tani seperti pada pengembangan lada perdu. Menurut Salim (1994) lada perdu lebih cepat berproduksi, tidak memerlukan tiang panjat sehingga dapat menghilangkan pengaruh buruk dari penggunaan tiang penegak hidup dalam persaingan penyerapan hara dan air, dapat ditanam di pekarangan dengan pemeliharaan yang mudah, tidak memerlukan lahan yang luas, dan populasi per satuan luas lebih banyak.

Januwati dan Yuhono (2003) menyatakan bahwa kebutuhan tanaman obat yang semakin meningkat seperti cabe jawa, mendorong pentingnya untuk mempelajari dan mengkaji tentang pertumbuhan tanaman ini dari masing-masing sentra produksinya terutama untuk tanaman cabe jawa perdu. Pengetahuan tentang

pertumbuhan cabe jawa perdu tersebut diharapkan dapat membantu dalam pengembangan cabe jawa di daerah yang memiliki ekologi sesuai dengan syarat tumbuh tanaman ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan klon cabe jawa perdu dari Madura, Lamongan, dan Lampung yang ditanam di daerah Bogor. Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah terdapat klon cabe jawa perdu yang memiliki pertumbuhan paling baik.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan IPB Sawah Baru, Darmaga. Pengamatan morfologi dilaksanakan di Laboratorium Ekofisiologi, Departemen Agronomi dan Hortikultura, Institut Pertanian Bogor. Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2008 – Januari 2009.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah stek cabang buah cabe jawa (*Piper retrofractum* Vahl.) dan bahan lain yang digunakan adalah pupuk kompos, arang sekam, bambu, batang pisang sebagai pembatas antar petak, hormon perangsang akar, fungisida, kieserit, pupuk NPK, polybag hitam ukuran 40 cm x 50 cm, mulsa plastik, plastik sungkup, paranet 65% dan paranet 55% untuk naungan.

Penelitian ini menggunakan rancangan kelompok lengkap teracak (RKLT) faktor tunggal sebanyak 3 ulangan. Terdapat 3 perlakuan yaitu asal klon Lamongan, Lampung, dan Madura, sehingga dalam penelitian ini terdapat 9 satuan percobaan dan setiap satuan percobaan terdapat 12 bibit.

Data dianalisis dengan menggunakan sidik ragam (uji F), apabila hasilnya berbeda nyata maka dilakukan uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT).

Pembibitan awal dilakukan sebelum pembibitan utama, yaitu menanam stek pada media kompos dan arang sekam dengan perbandingan 3:1 (v/v). Campuran media dalam bedeng dipersiapkan 1 minggu sebelum tanam stek. Bedeng untuk pembibitan awal disungkup dengan plastic untuk mempertahankan kelembaban. Letak bedeng di lahan terbuka menyebabkan suhu di dalam sungkup terlalu tinggi sehingga di atas sungkup plastic diberi paranet 65% untuk mengurangi intensitas cahaya.

Stek yang digunakan adalah stek cabang buah sepanjang empat ruas dan ditanam dengan dua ruas di dalam dan dua ruas di atas permukaan media. Sebelum ditanam, stek dicelupkan ke dalam fungisida dan hormone perangsang akar terlebih dahulu. Pemberian fungisida selama 30 detik untuk melindungi stek dari serangan cendawan dan pemberian perangsang akar selama 8-10 detik untuk menginduksi perakaran sehingga diharapkan stek akan cepat keluar akar. Pembibitan awal dilakukan selama 3 bulan agar stek memiliki akar yang cukup baik untuk dipindahkan ke pembibitan utama, sehingga dapat beradaptasi dengan baik.

Pembibitan utama diawali dengan memilih stek yang sehat, pertumbuhannya normal, dan bebas dari hama dan penyakit. Pembibitan utama menggunakan polybag berukuran 40 cm x 50 cm, dengan satu bibit untuk setiap polybag. Tanah, arang sekam, dan pupuk kompos dicampur di luar polybag empat minggu sebelum penanaman dengan perbandingan 2:1:1 (v/v/v) dengan total berat media tanam adalah 8 kg/polybag. Dosis pupuk NPK (15:15:15) adalah 10 g dan dosis kieserit adalah 2.5 g untuk setiap polybag, yang masing-masing ditabur secara alur di atas media tanam mengelilingi bibit tanaman pada setiap polybag. Mulsa plastik diletakkan di bawah polybag agar akar tanaman tidak menembus tanah sehingga akan memudahkan pemindahan bibit ke lapang pada saat bibit sudah siap untuk ditanam di lapang. Jarak tanam untuk pembibitan utama di polybag adalah 40 cm x 40 cm. Pembibitan utama dinaungi dengan menggunakan paranet 55%.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Curah hujan pada minggu pertama sampai minggu ketiga setelah tanam adalah 123.2 mm dengan 12 hari hujan sehingga diperlukan penyiraman intensif karena curah hujan yang rendah. Setelah umur 3 MST jumlah curah hujan berfluktuasi sehingga pada saat umur 10 MST mulai terdapat gejala serangan penyakit pada beberapa tanaman dan saat umur 16 MST merupakan puncak serangan penyakit pada tanaman karena akumulasi curah hujan dan kelembaban yang tinggi.

Penyakit yang menyerang tanaman cabe jawa pada saat penelitian adalah busuk pangkal batang (diduga oleh *Phytophthora palmivora*), penyakit kuning (oleh Nematoda dan *Fusarium* sp.), penyakit buah hitam (diduga oleh *Colletotrichum* sp.) dan hama kutu putih (*Planococcus* sp).

### Keragaan Tanaman

Tinggi tanaman tiga klon cabe jawa memiliki perbedaan nyata pada saat umur 0 sampai 2 MST dan 16 sampai 20 MST, walaupun secara statistik tinggi tanaman asal klon Lamongan tidak berbeda nyata dengan klon asal Lampung dan Madura (Tabel 1). Pertambahan tinggi klon cabe jawa dari Lampung, Madura dan Lamongan mengalami peningkatan mulai 8-12 MST dan mengalami penurunan mulai 12-16 MST karena curah hujan dan kelembaban yang cukup tinggi sehingga tanaman terserang hama dan penyakit.

Tabel 1. Tinggi tanaman cabe jawa umur 0-20 MST

Umur (MST)	Uji F	Asal Klon			Rata-rata
		Madura	Lamongan	Lampung	
		.....cm.....			
0	cn	12.11b	13.25ab	14.03a	13.13
2	cn	13.24b	14.51ab	15.25a	14.33
4	tn	14.34	15.88	15.99	15.40
6	tn	14.95	17.68	18.25	16.96
8	tn	16.29	18.34	19.67	18.10
10	tn	17.57	19.64	22.48	19.90
12	tn	19.78	21.57	24.67	22.01
14	tn	21.33	22.14	25.86	23.11
16	**	22.59b	22.94b	28.69a	24.74
18	*	23.35b	22.54b	29.59a	25.16
20	cn	24.17b	23.21b	29.43a	25.60

Keterangan : Nilai pada baris yang sama diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%  
 cn : nyata pada  $\alpha=10\%$ ; \* : nyata pada  $\alpha=5\%$ ; \*\*: nyata pada  $\alpha=1\%$

Jumlah daun tiga klon tanaman cabe jawa berbeda pada saat umur 16 sampai 20 MST (Tabel 2). Klon cabe jawa dari Lampung memiliki jumlah daun yang paling banyak, yaitu  $\pm 54\%$  lebih tinggi dibandingkan dengan klon cabe jawa dari daerah Madura dan  $98\%$  lebih tinggi dibandingkan dengan klon cabe jawa dari Lamongan. Jumlah daun tiga klon cabe jawa mulai dari umur 4-16 MST mengalami peningkatan, walaupun untuk jumlah daun cabe jawa dari

Lamongan mengalami sedikit penurunan saat 12-16 MST karena banyak yang gugur akibat serangan penyakit.

Tabel 2. Jumlah daun tanaman cabe jawa umur 0-20 MST

Umur (MST)	Uji F	Asal klon			Rata-rata
		Madura	Lamongan	Lampung	
0 <sup>x)</sup>	tn	3.9	3.0	4.7	3.9
2 <sup>x)</sup>	tn	4.8	4.5	6.2	5.2
4 <sup>x)</sup>	tn	6.5	7.8	8.0	7.4
6	tn	10.2	12.5	12.0	11.6
8	tn	14.1	16.2	16.1	15.5
10	tn	19.9	22.3	24.4	22.2
12	tn	25.5	25.9	30.8	27.4
14	tn	29.3	29.2	36.8	31.8
16	*	37.0 b	33.2 b	51.7 a	40.6
18	*	41.5 b	35.5 b	61.1 a	46.0
20	*	38.9 b	30.2 b	59.9 a	43.0

Keterangan : Nilai pada baris yang sama diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5 %  
 x) Hasil transformasi  $\sqrt{(x+0.5)}$

Jumlah ruas tiga klon tanaman cabe jawa memiliki perbedaan pada saat umur 16 sampai 20 MST. Klon cabe jawa dari Lampung memiliki jumlah ruas paling banyak dibandingkan Madura dan Lamongan (Tabel 3). Secara umum jumlah ruas tiga klon cabe jawa saat umur 4-16 MST mengalami peningkatan. Pertambahan jumlah ruas paling tinggi dimiliki oleh klon cabe jawa dari daerah Lampung.

Tabel 3. Jumlah ruas tanaman cabe jawa umur 0-20 MST

Umur (MST)	Uji F	Asal klon			Rata-rata
		Madura	Lamongan	Lampung	
0	tn	6.3	6.0	7.3	6.5
2 <sup>x)</sup>	tn	7.2	7.7	8.9	7.9
4	tn	9.9	12.5	11.5	11.3
6	tn	13.3	16.3	16.5	15.4
8	tn	17.4	20.6	21.1	19.7
10	tn	25.2	26.8	30.2	27.4
12	tn	32.1	32.7	39.0	34.6
14	tn	38.4	38.8	47.3	41.5
16	*	46.1b	44.4 b	60.3 a	50.3
18	*	55.5b	48.9 b	74.1 a	59.5
20	*	58.2b	52.5 b	80.1 a	63.6

Keterangan : Nilai pada baris yang sama diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5 %; x) Hasil transformasi  $\sqrt{(x+0.5)}$

Jumlah buah berbeda pada saat 14 sampai 20 MST (Tabel 4). Jumlah buah semakin bertambah setiap minggunya karena terjadi perkembangan dari bunga menjadi buah.

Tabel 4. Jumlah buah cabe jawa umur 4-20 MST

Umur (MST)	Uji F	Asal klon			Rata-rata
		Madura	Lamongan	Lampung	
4 <sup>x)</sup>	tn	0.3	0.3	0.5	0.4
6 <sup>x)</sup>	tn	0.3	0.4	0.8	0.5
8 <sup>x)</sup>	tn	0.7	0.8	2.7	1.4
10 <sup>x)</sup>	tn	1.9	1.4	5.2	2.8
12 <sup>x)</sup>	tn	3.1	3.0	7.6	4.6
14 <sup>x)</sup>	cn	3.8ab	3.8b	10.2a	5.9
16 <sup>x)</sup>	*	5.5b	5.1b	14.5a	8.4
18 <sup>x)</sup>	*	8.9b	7.7b	21.5a	12.7
20 <sup>x)</sup>	cn	11.4ab	8.1b	20.3a	13.3

Keterangan : Nilai pada baris yang sama diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5 %; x) Hasil transformasi  $\sqrt{(x+0.5)}$

### Intensitas Serangan Hama dan Keparahan Penyakit

Intensitas serangan hama dan keparahan penyakit berbeda terhadap masing-masing klon pada saat 16 MST yang merupakan puncak serangan hama dan penyakit (Tabel 5). Faktor lingkungan memiliki pengaruh yang besar terhadap pertumbuhan klon cabe jawa selama penelitian berlangsung. Hal ini terlihat dari curah hujan yang berfluktuatif selama penelitian, suhu yang rendah dan kelembaban yang cukup tinggi. Menurut Kartasapoetra (2004) besarnya kelembaban erat hubungannya dengan perkembangan organisme terutama jamur dari penyakit tanaman. Saat 16 MST klon cabe jawa dari Lampung secara umum memiliki ketahanan terhadap serangan hama dan penyakit yang lebih tinggi daripada klon cabe jawa dari Madura dan Lamongan. Hal ini diduga karena Lampung memiliki kemiripan iklim dengan Bogor terutama curah hujan.

Tabel 5. Intensitas serangan hama dan keparahan penyakit tanaman cabe jawa umur 10-20 MST

Umur (MST)	Uji F	Asal klon			Rata-rata
		Madura	Lamongan	Lampung	
		%.....			
10	tn	22.7	20.0	20.0	20.9
12	tn	22.7	25.3	20.0	22.7
14		20.0	20.0	20.0	20.0
16	cn	41.3ab	45.3a	28.0b	38.2
18 <sup>x)</sup>	tn	37.3	50.7	28.0	38.7
20 <sup>x)</sup>	tn	33.3	48.3	38.7	40.1

Keterangan : Nilai pada baris yang sama diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5 %; x) Hasil transformasi  $\sqrt{(x+0.5)}$

Saat penelitian berlangsung, penurunan jumlah buah cabe jawa disebabkan oleh serangan penyakit buah hitam. Menurut Rukmana (2003) penyakit buah hitam (*Black Berry Disease*) disebabkan oleh cendawan *Colletotrichum* sp. Selain itu, terdapat hama kutu putih (*Planococcus* sp.) yang menyerang bagian pangkal buah. Koloni kutu putih membentuk lapisan lilin dan pada penelitian ini terlihat bahwa kutu putih banyak menyerang buah.

Klon cabe jawa yang terserang *Fusarium* sp. mengalami pengurangan jumlah daun karena gugur. Rukmana (2003) menyatakan bahwa penyakit *Fusarium* disebabkan oleh cendawan patogenik (*Fusarium* sp.). Selanjutnya Yudiarti (2007) menambahkan bahwa patogen yang menyebabkan terganggunya sistim transportasi pada tubuh tanaman inang adalah patogen jamur biotropik yang hidup pada daun dan juga patogen nekrotropik. Patogen, misalnya jamur *Fusarium oxysporium* dapat memproduksi toksin dan membunuh perakaran atau merusak daun.

Penyakit kuning yang menyerang klon cabe jawa menyebabkan daun dan cabang berubah warna menjadi pucat atau agak kuning, daun layu tergantung atau hampir tegak lurus kemudian akan menguning dan rapuh. Penyakit kuning menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat. Selain itu, Mustika (1984) menyatakan bahwa *Radopholus similis*, *Meloidogyne incognita* dan *Fusarium* sp. yang menyerang tanaman secara bersama-sama dapat sangat menghambat pertumbuhan lada. Umumnya nematoda menyerang bagian ujung akar yang



merupakan tempat terjadinya sintesis pengaturan tumbuh seperti auksin, giberelin dan sitokinin. Gejala kuning akibat serangan nematoda, terjadi karena nematoda tersebut merusak sistim perakaran, sehingga penyerapan dan translokasi unsur hara dan air terhambat. Selain itu, kemungkinan terjadi penimbunan unsur-unsur nitrogen, fosfat dan kalium pada akar sehingga tanaman menunjukkan gejala kekurangan unsur hara tersebut.

Klon cabe jawa yang terkena busuk pangkal batang akan menjadi layu, daunnya menjadi hitam mulai dari ujungnya kemudian gugur mulai dari bawah dan menjalar ke atas dan terjadi perubahan warna pada kulit batang. Menurut Rukmana (2003) penyakit busuk pangkal batang disebabkan oleh cendawan *Phytophthora palmivora*. Selanjutnya Manohara *et al.* (2005) menambahkan bahwa serangan cendawan penyebab penyakit busuk pangkal batang (BPB) pada tanaman lada yang menyerang akar dan pangkal batang menyebabkan tanaman layu dan mati secara cepat serta penyebarannya dapat melalui air dan angin.

## KESIMPULAN

Pertumbuhan klon cabe jawa perdu dari Madura, Lamongan dan Lampung yang ditanam di Bogor tidak berbeda, namun setelah serangan hama dan penyakit, pertumbuhan tanaman klon cabe jawa perdu dari Lampung adalah yang paling baik.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian Hibah Bersaing yang didanai oleh DIPA IPB.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2004. "Sembilan Tanaman Obat Unggulan Hasil Uji Klinis Badan POM 2004. <http://www.beritabumi.or.id>" Retrieved 13 March, 2007.
- Burkill, I. H. 1935. A Dictionary of the Economic Products of the Malay Peninsula, p. 1736-1752. Governments of the Straits Settlements and Federated Malay States. London.

- De Guzman, C. C. and J. S. Siemonsma (Ed). 1999. Plant Resources of South-East Asia. Spices. PROSEA. Bogor.
- Dharma, A. P. 1987. Indonesian Medicinal Plants. p. 149-150. Balai Pustaka. Jakarta.
- Heyne, K. 1987. Tumbuhan Berguna Indonesia. Jakarta.
- Januwati, M dan J.T. Yuhono. 2003. Budidaya Cabe Jawa (*Piper retrofractum* Vahl.). Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. Bogor.
- Kartasapoetra, A.G. 2004. Klimatologi: Pengaruh Iklim Terhadap Tanah dan Tanaman. Bumi Aksara. Jakarta.
- Manohara, D., Wahyuno, D., dan Noveriza, R. 2005. Penyakit busuk pangkal batang tanaman lada dan strategi pengendaliannya. Perkembangan Teknologi Tanaman Rempah dan Obat. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat 17(2):42-51.
- Mustika, I. 1984. Pengaruh serangan nematoda dan cendawan terhadap pertumbuhan tanaman lada dan penyakit kuning. Pembr. Litri 8(49):28-39.
- Rukmana, R. 2003. Cabai Jawa : Potensi dan Khasiatnya Bagi Kesehatan. Kanisius. Yogyakarta. 43 hal.
- Salim, F. 1994. Usaha Tani Lada Perdu. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Yudiarti, T. 2007. Ilmu Penyakit Tumbuhan. Edisi Pertama. Graha Ilmu. Yogyakarta.

**REKAYASA PROSES PRODUKSI, KARAKTERISASI DAN APLIKASI  
ALKIL POLIGLIKOSIDA (APG) BERBASIS ALKOHOL LEMAK C<sub>12</sub>  
(DODECANOL) DAN PATI SAGU SEBAGAI SURFAKTAN DALAM  
FORMULASI HERBISIDA**

(Production Process, Characterization and Application of Alkyl Polyglycoside (APG) From Fatty Alcohol C<sub>12</sub> (Dodecanol) and Sago Strach as a Surfactant in Herbicide Formulation)

**Ani Suryani<sup>1)</sup>, Dadang<sup>2)</sup>, Setyadjit<sup>3)</sup>, Agus Sudiman Tjokrowardojo<sup>4)</sup>  
Mochamad Noerdin N.K.<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup> Dep. Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

<sup>2)</sup> Dep. Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian IPB

<sup>3)</sup> Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian  
Departemen Pertanian

<sup>4)</sup> Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Tanaman Obat dan Aromatik  
Departemen Pertanian

**ABSTRAK**

Alkil poliglikosida (APG) merupakan surfaktan nonionik yang biasa digunakan pada formulasi beberapa produk seperti formulasi herbisida, produk-produk perawatan badan, produk kosmetik maupun untuk pemucatan kain tekstil. Alkil poliglikosida (APG) merupakan surfaktan generasi baru yang ramah lingkungan karena bersifat mudah terurai. Bahan baku APG adalah alkohol lemak dari oleokimia minyak kelapa atau minyak inti sawit dan karbohidrat seperti pati. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh surfaktan non ionik APG yang berbasis pati sagu dan alkohol lemak C<sub>12</sub> (dodekanol). Penelitian ini memodifikasi proses produksi APG metode dua tahap dengan mencari kondisi optimum suhu proses butanolisis dan rasio mol pati sagu-dodekanol dan mengetahui pengaruhnya terhadap nilai kestabilan emulsi air:xilena, karakterisasi APG dan hasil formulasi herbisidanya serta uji efektifitasnya. Hasil analisis permukaan respon, menunjukkan nilai kestabilan emulsi air:xilena dengan penambahan APG (%) yaitu 72,58% pada suhu proses butanolisis 147,8°C dan pada rasio mol tepung sagu-dodekanol 1:3,27 (b/b). Validasi optimasi menunjukkan nilai kestabilan emulsi air:xilena dengan penambahan APG yaitu 72,3%. Model persamaan optimum  $Y = 64,29 + 35,53X_1 - 29,82X_1^2 - 9,63X_2 - 23,09X_2^2 - 20,56X_1X_2$  adalah valid sesuai hasil pengujian. APG pada konsentrasi 1% (b/v) dapat menurunkan tegangan permukaan 23,375 dyne/cm dan nilai tegangan antarmuka antara air dan xilena pada konsentrasi 0,4% (b/v) APG adalah 8,17 dyne/cm. Nilai HLB 8,8 sehingga APG yang dihasilkan termasuk surfaktan yang sesuai untuk jenis emulsi minyak dalam air (O/W) dan sebagai bahan pembasah. Sedangkan pH APG kondisi proses optimum sebesar 7,15. Pengamatan aplikasi formulasi herbisida (glifosat dan surfaktan APG) hasil penyimpanan 5 minggu dengan suhu 15°C, suhu ruang (26-29°C) dan 40°C menunjukkan efektivitas yang tinggi. Suhu penyimpanan tidak berpengaruh nyata terhadap efektivitas herbisida.

Kata kunci : Surfaktan, Alkil Poliglikosida (APG), alkohol lemak C<sub>12</sub>, pati sagu, herbisida.

**ABSTRACT**

Alkyl polyglycoside (APG) is a non ionic surfactant which is commonly used in some products like herbicides, personal care products, cosmetics and textile bleachings. APG is

new generation of surfactant that is environmental friendly. Raw materials of APG are fatty alcohol from palm oil or palm kernel oil and carbohydrates like the starch, that make APG as biodegradable surfactant. The aim of research was to obtain non ionic surfactant alkyl polyglycosides (APG) based on sago starch and fatty alcohol C12 (dodecanol). This research is modification of production process of APG two steps method, in order to obtain optimum condition temperature of butanolysis and mol ratio of sago starch-dodecanol to emulsion stability (water : xylene), characterisation of APG, herbicide formulation and its herbicide formulation effectiveness. Result of response surface, showed that emulsion stability (water:xylene) added APG (%) was 72.58% at temperature of butanolysis 147.8°C and at ratio of sago starch-dodekanol 1:3.27 (w/w). Validation showed that emulsion stability (water : xylene) with addition of APG was 72.3%. Equation model of optimum condition was  $Y = 64.29 + 35.53X_1 - 29.82X_1^2 - 9.63X_2 - 23.09X_2^2 - 20.56X_1X_2$  which similar with experimental data. APG at 1 % (w/v) was able to decrease surface tension 23.375 dyne/cm and interfacial tension between water : xylene at APG concentration of 0.4% (w/v) was 8.17 dyne/cm. Value of HLB was 8.8 so that of this surfactant emulsion of oil in water (O/W) and wetting agent. APG pH in optimum process condition was 7.15. Application of herbicide formulation (glyphosate and APG surfactant) that was stored five weeks at temperature of 15°C, room temperature (26-29°C) and 40°C showed high effectiveness. The storage temperature was not significantly different on herbicide effectiveness.

Keywords: Surfactant, Alkyl Polyglycosides (APG), fatty alcohol C<sub>12</sub>, sago starch, herbicide.

## PENDAHULUAN

Salah satu surfaktan yang dapat diproduksi dari bahan nabati adalah Alkil poliglikosida (APG) dan surfaktan APG ini telah diklasifikasikan di Jerman sebagai surfaktan kelas I yang ramah lingkungan (Hill *et al.*, 1996).

Menurut Hall *et al.* (2000), surfaktan APG dapat diproduksi secara langsung (asetalisasi) dan secara tidak langsung melalui dua tahap yaitu butanolisis dan transasetalisasi dan selanjutnya melalui tahapan netralisasi, distilasi, pelarutan dan pemucatan.

Dalam formulasi herbisida, surfaktan dapat meningkatkan penetrasi bahan aktif herbisida kedalam tanaman (Van Valkenburg, 1990). Bahan aktif dalam formulasi herbisida yang ramah lingkungan seperti glifosat (*N-phosponomethyl glycine*) dengan surfaktan APG dapat digunakan untuk membasmi gulma dari golongan rumput (*grasses*).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh modifikasi rancangan proses produksi surfaktan APG berbasis alkohol lemak dari kelapa dan pati sago khususnya proses dua tahap (butanolisis dan transasetalisasi), mendapatkan informasi karakteristik APG yang dihasilkan pada kondisi optimum proses

produksi, dan mendapatkan karakteristik (fisik-kimia, efektifitas, dan daya tahan simpan pada suhu yang berbeda) formulasi herbisida terbaik dengan menggunakan APG yang dihasilkan.

## **METODE PENELITIAN**

### **Bahan**

Bahan-bahan penelitian yang digunakan adalah alkohol lemak C<sub>12</sub> dari minyak kelapa yang diperoleh dari PT. Ecogreen Oleochemical, pati sagu, butanol, asam p-toluena sulfonat, NaOH 50%, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, dan aquades. Bahan yang digunakan untuk analisa contoh meliputi xilena, piridina, benzena, *span 20*, *twen 80*, dan asam oleat.

### **Metode**

Proses produksi surfaktan APG berbasis pati sagu dan alkohol lemak kelapa merupakan modifikasi proses produksi dua tahap Wuest, *et al.* (1992) dengan merubah sumber patinya dari kentang menjadi pati sagu dan netralisasi dengan MgO diganti dengan NaOH serta 2 buah reaktor dimodifikasi menjadi 1 buah reaktor. Dengan perlakuan variasi suhu butanolisis dan variasi rasio mol pati sagu dengan alkohol lemak diharapkan akan menghasilkan kondisi proses produksi APG yang optimum.

Formulasi herbisida yang diperoleh disimpan selama 5 minggu dengan suhu penyimpanan berkisar 15°C, suhu ruang (26-29°C), dan 40°C. Hal ini dilakukan karena kondisi di lapangan ternyata bahwa herbisida ini akan dikirim ke daerah dingin sampai daerah panas atau disimpan di ruangan beratap seng yang suhunya dapat mencapai 40°C. Untuk menguji efektifitasnya, formulasi herbisida diaplikasikan untuk gulma dari golongan rumput.

### **Rancangan Percobaan**

Rancangan percobaan optimasi sintesis APG menggunakan metode permukaan respon menggunakan rancangan komposit terpusat. Faktor yang dianalisis yaitu: suhu butanolisis (X<sub>1</sub>) dengan rentang antara 130–150°C dan rasio mol pati : alkohol lemak (X<sub>2</sub>) dengan rentang antara 1:2,5 – 1:6.

Rancangan percobaan pada aplikasi formulasi herbisida adalah faktor A adalah suhu penyimpanan terdiri dari 3 taraf A1:15°C, A2:26-29°C, dan A3:40°C. Faktor B adalah konsentrasi glifosat terdiri dari B1:16%, B2:24%, dan B3:48%). Faktor C adalah konsentrasi surfaktan APG terdiri dari C1:4%, C2:6%, C3:8%, dan C4:10%). Parameter yang diukur meliputi persentase penutupan gulma, bobot kering gulma, dan efektivitas formulasi herbisida.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Proses Produksi Alkil Poliglikosida (APG)**

Pada butanolisis, air akan menghidrolisis pati sagu memecah ikatan glikosida yang selanjutnya bereaksi dengan butanol pada suhu proses antara 130-150°C, tekanan sekitar 4 - 5 bar, dengan katalisator p asam toluene sulfonat selama 30 menit. Hasil akhir proses butanolisis menghasilkan larutan butil glikosida yang berwarna coklat muda.

Transasetilasi merupakan proses penggantian C<sub>4</sub> oleh C<sub>12</sub> dengan katalis asam p-toluene sulfonat sebanyak 50 % dari proses butanolisis dan kondisi selama reaksi pada suhu 110-120°C, tekanan vakum selama 2 jam. Pada proses transasetilasi, dengan penambahan DMSO pada campuran larutan hasil butanolisis dengan dodecanol menghasilkan larutan berwarna coklat tua yang terdiri dari dodecil poliglikosida dan dodecanol berlebih. pH larutan yang dihasilkan mempunyai pH antara 4 dan 5. Sedangkan air dan butanol terdestilasi dan ditampung dalam separator.

Proses netralisasi dilakukan pada suhu 70-100°C dan dilakukan pada tekanan normal. Lama proses netralisasi kurang lebih 30-60 menit sambil dilakukan pengecekan nilai pH antara 8-10. Setelah tahapan netralisasi dilanjutkan tahapan berikutnya yaitu tahapan destilasi

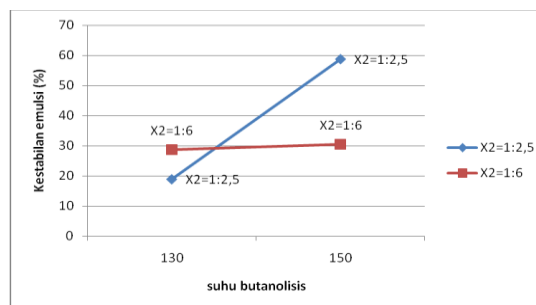
Destilasi bertujuan untuk menghilangkan alkohol lemak yang tidak bereaksi. Proses destilasi dapat dilakukan pada interval suhu sekitar 160°-180°C dengan tekanan sekitar 0,1-2 mmHg. Dalam proses ini diperlukan suhu tinggi dan tekanan rendah untuk dapat menguapkan alkohol lemak yang tidak bereaksi.

Hasil akhir proses destilasi akan diperoleh APG kasar berbentuk pasta yang berwarna coklat tua dan berbau kurang enak, sehingga dilakukan pemucatan

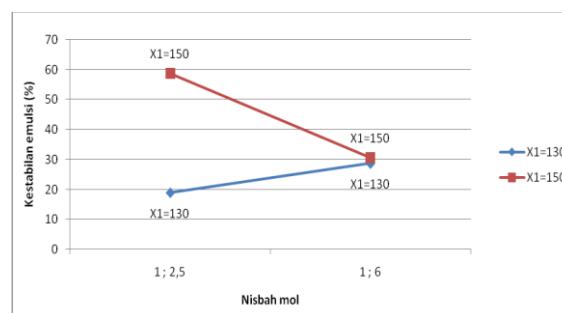
untuk memperoleh APG yang memiliki penampakan yang lebih baik dan bau yang tidak terlalu menyengat. Proses pemucatan dilakukan pada suhu 80-90°C selama 30-120 menit pada tekanan normal.

### Optimasi Proses Produksi APG

Hasil analisis permukaan respon, menunjukkan bahwa suhu butanolisis berpengaruh positif terhadap nilai kestabilan emulsi air : dengan penambahan surfaktan APG. Sedangkan faktor rasio mol pati sagu dengan alkohol lemak memberikan pengaruh negatif terhadap kestabilan emulsi air:xilena dengan penambahan surfaktan. Interaksi tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Grafik pola interaksi faktor suhu butanolisis terhadap faktor rasio mol pati sagu-dodekanol

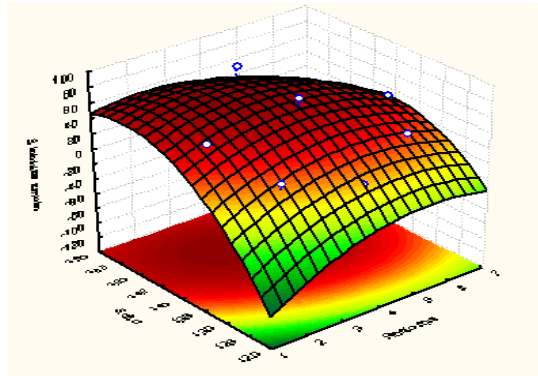


Gambar 2. Grafik pola interaksi faktor rasio mol pati sagu–dodecanol terhadap faktor suhu butanolisis

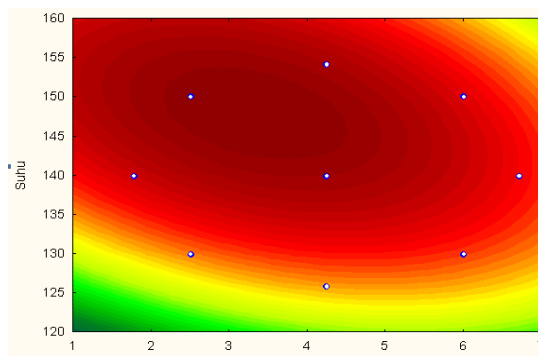
Hasil optimasi diperoleh hubungan antara respon uji kestabilan emulsi air : xilena dengan penambahan APG dengan 2 faktor yaitu suhu butanolisis ( $X_1$ ) dan rasio mol pati sagu : dodekanol ( $X_2$ ) dan diperoleh persamaan:

$$Y = 64,29 + 35,53X_1 - 29,82X_1^2 - 9,63X_2 - 23,09X_2^2 - 20,56X_1X_2$$

Permukaan respon dan kontur permukaan respon kestabilan emulsi air : xilena dengan penambahan APG dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. Kondisi proses yang optimum untuk sintesa APG adalah suhu butanolisis 147,8°C dan rasio mol pati sagu:alkohol lemak 1 : 3,27.



Gambar 3. Permukaan respon nilai kestabilan emulsi air:xilena dengan penambahan APG



Gambar 4. Kontur permukaan respon nilai kestabilan emulsi air:xilena dengan penambahan APG

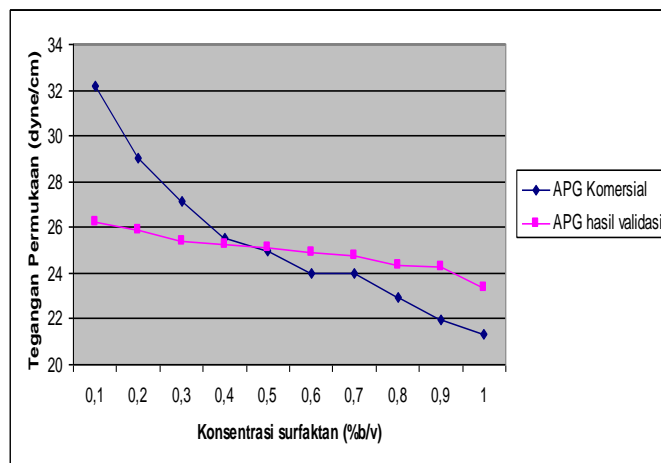
Validasi dilakukan pada kondisi percobaan yang optimum, yaitu pada suhu butanolisis 147,8°C dan rasio mol pati sagu:alkohol lemak 1 : 3,27. Hasil validasi menunjukkan nilai kestabilan emulsi air:xilena dengan penambahan APG sebesar 72,3 % hampir sama seperti pada kondisi optimum, yaitu sebesar 72,64%.



## Karakterisasi APG

### - Kemampuan untuk menurunkan tegangan permukaan

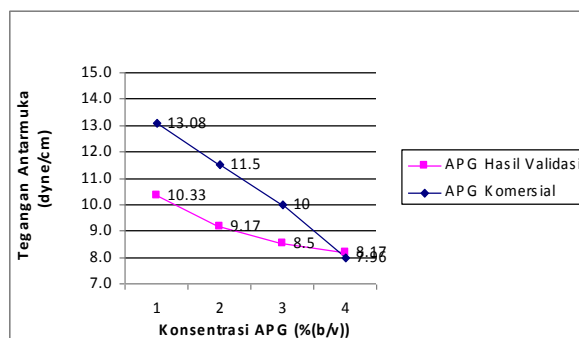
Surfaktan APG yang dihasilkan memiliki kemampuan untuk menurunkan tegangan permukaan air, namun penurunan tegangan permukaan dengan penambahan APG komersial lebih besar daripada APG yang dihasilkan, dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Tegangan permukaan air akibat pengaruh penambahan APG pada berbagai konsentrasi

### - Kemampuan untuk menurunkan tegangan antar muka

Tegangan antar muka larutan APG sebanding dengan nilai tegangan permukaan hanya nilai yang diperoleh lebih kecil (Mohtar, 1989). Perbandingan kemampuan menurunkan tegangan antar muka APG yang dihasilkan dengan APG komersial dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik tegangan antarmuka air : xilena akibat pengaruh penambahan APG pada berbagai konsentrasi

**- Jenis emulsi dengan menentukan nilai HLB**

Nilai HLB yang diperoleh APG komersial sebesar 13,64 dan APG validasi pada kondisi optimum sebesar 8,81. Berdasar konsep Griffin dalam Holmberg *et al* (2003), APG yang dihasilkan tergolong dalam surfaktan yang dapat dikategorikan sebagai pengemulsi dalam sistem emulsi O/W dan sebagai bahan pembasah.

**- Analisis Gugus Fungsi APG dengan FT-IR**

Komponen gugus-gugus fungsi C-C, C-H, dan C=O telah terbentuk pada APG yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 1. Dalam tabel tersebut ditunjukkan spektrum FTIR, nilai pita serapan yang sama antara APG yang dihasilkan dengan APG komersial.

Tabel 1. Pita serapan spektrofotometer FTIR APG hasil sintesa dan komersial (cm<sup>-1</sup>)

No.	Standar kisaran pita serapan	APG komersial	APG hasil sintesa	Keterangan
1.	3.450-3.400	3.400,34	3.394,26	Rentangan OH
2.	2.940-2.820	2.923,25	2.921,56	Rentangan OH
3.	2.800-2.700	2.853,29	2.733,73	Aldehid CH
4.	1.680-1.600	1.639,00	1.594,31	Alkana C=C
5.	1.465	1.485,54	1.465,78	CH <sub>2</sub>
6.	1.370-1.365	1.377,14	1.376,19	Deformasi C-H (asimetri)
7.	1.200-1.140	1.151,73	1.151,96	Sulfat, sulfonamida
8.	1.085-1.030	1.050,30	1.031,44	Deformasi C-H, C-O
9.	900 - 690	918,33	917,01	aromatis
10.	900 – 690	721,26	720,74	aromatis

Sumber : Harmita (2006)

**Karakterisasi formulasi herbisida**

Formulasi herbisida glifosat dengan APG menghasilkan warna coklat muda sesuai warna APG yang dihasilkan, APG mempunyai derajat keasaman mendekati netral (6,7) sedangkan herbisida pembanding mempunyai pH 5.

**- Kestabilan Formulasi Herbisida**

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa suhu penyimpanan, konsentrasi glifosat, konsentrasi APG dan interaksi perlakuan memberikan pengaruh yang nyata terhadap kestabilan formulasi herbisida, baik pengamatan satu minggu dan dua minggu (pengamatan 3 minggu sampai 5 minggu sama dengan pengamatan pada 2 minggu). Berdasarkan uji lanjut Duncan, stabilitas emulsi formulasi herbisida pada penyimpanan suhu ruang berbeda nyata dengan penyimpanan suhu 15°C dan 40°C. Surfaktan APG bersifat padat pada suhu kamar sehingga pada suhu 40°C lebih stabil daripada suhu ruang.

**- Aplikasi formulasi herbisida setelah penyimpanan**

Hasil penyimpanan formulasi herbisida selama lima minggu pada suhu 15°C, ruang (26-29°C) dan suhu 40°C diaplikasikan dengan cara menyemprotkan ke golongan gulma baik itu golongan *grasses*, *sedges* maupun *broad leaved*. Pengamatan dilakukan terhadap persentase penutupan gulma dan efektifitas formulasi herbisida pada 1 MSA (Minggu Setelah Aplikasi) dan 2 MSA .

**- Efektifitas Formulasi Herbisida**

Hasil uji Kruskal Wallis menunjukkan bahwa efektifitas herbisida pada 1 MSA dan 2 MSA memberikan hasil yang berbeda, yaitu minimal ada satu perlakuan yang berbeda efektifitasnya. Efektifitas formulasi herbisida dengan konsentrasi glifosat 48 % diduga merupakan perlakuan yang efektif sedangkan perlakuan lainnya kurang efektif.

Efektifitas formulasi herbisida hasil penyimpanan 5 minggu pada suhu 15°C untuk 1 MSA pada konsentrasi glifosat 48%, 24% dan 16% menunjukkan formulasi herbisida kurang efektif. Dua minggu setelah aplikasi (MSA) formulasi herbisida, konsentrasi glifosat 48% terutama pada konsentrasi APG 8 % dan 10 % menunjukkan efektifitas formulasi herbisida efektif sedangkan yang lainnya menunjukkan kurang efektif.

## KESIMPULAN

1. Kondisi proses optimum produksi APG diperoleh pada suhu butanolisis 147,86°C dan rasio mol pati sagu-alkohol lemak 1:3,27 dengan respon stabilitas emulsi air:xilena dengan penambahan APG (%) sebesar 72,68%. Model persamaan optimasi yang diperoleh  $Y = 64,29 + 35,53X_1 - 29,82X_1^2 - 9,63X_2 - 23,09X_2^2 - 20,56X_1X_2$
2. Validasi dilakukan pada kondisi optimum yaitu pada rasio mol 1 : 3,27 dan pada suhu butanolisis 147,86°C dan nilai stabilitas emulsi air:xilena dengan penambahan APG (%) yang diperoleh sebesar 72,3%.
3. APG yang dihasilkan mirip dengan karakteristik standar dengan respon uji kemampuan menurunkan TP dan TAM, HLB, FTIR dan pH.
4. Formulasi herbisida hasil penyimpanan pada suhu 15°C, suhu ruang (26-29°C), dan 40°C dengan bahan aktif glifosat pada konsentrasi 48% dengan variasi konsentrasi APG terutama pada konsentrasi 8 % efektif mengendalikan gulma rumput terutama pada pengamatan 2 MSA bahkan lebih efektif dibandingkan dengan herbisida komersial pembanding.
5. Penyimpanan pada suhu 15°C, suhu ruang (26-29°C), dan 40°C tidak mempengaruhi efektifitas formulasi herbisida.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hall, K. 2000. "Sustainable Surfactant: Renewable Feedstocks for The 21<sup>st</sup> Century- Fat and Oil as Oleochemical Raw Material. Dalam <http://www.nf.org>. 12 Maret 2007
- Hill, K., M. Biermann., Rossmair, H., Eskuchen, R., Wuest, W., . Wollmann, J., Bruns, A., Hellmann, G., Ott, K., Winkle, W., dan Wollmann, K. 1996. Patens: "Process for Direct Production of *Alkyl polyglycosides*". Dalam [www.uspto.gov](http://www.uspto.gov). 12 Februari 2007.
- Holmberg, K., Kronberg, B. dan Lindman, B. 2003. "Surfactant and Polimer in Aques Solution". Ed ke-2. Chichester: J Wiley.
- Moechtar. 1989. "Farmasi Fisika": Bagian Larutan dan Sistem Dispersi, Gadjah Mada University Press. Yogyakarta

Van Valkenburg, J.W. 1990. Terminology, Classification and Chemistry. Adjuvan for Hebicides. The Weed Science Society of America 309 West Clark Street Champaign, Illinois 51820.

Wuest, W., Eskuchen, R., Wollman, J., Hill, K., dan Biermann, M. 1992 . Patens: "Process for Preparing *Alkyl Glucosides* Compounds from Oligo-and/or Polysaccharides. dalam [www.uspto.gov](http://www.uspto.gov). 12 Februari 2007.

**STUDI SISTEM DETEKSI DINI UNTUK MANAJEMEN  
KRISIS PANGAN DENGAN SIMULASI MODEL DINAMIS DAN  
KOMPUTASI CERDAS**

(Study of Early Warning System for Food Crisis Management with Dynamic  
Model Simulation and Intelligent Computation)

**Kudang B. Seminar<sup>1)</sup>, Marimin<sup>2)</sup>, Nuri Andarwulan<sup>3)</sup>, Yayuk Farida  
Belawati<sup>4)</sup>, Yenny Herdiyenny<sup>5)</sup>, Mohamad Solahudin<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup> Dep. Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

<sup>2)</sup> Dep. Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

<sup>3)</sup> Dep. Ilmu Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

<sup>4)</sup> Dep. Gizi Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia IPB

<sup>5)</sup> Dep. Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB

**ABSTRAK**

Pada penelitian ini pengembangan sistem isyarat dini (Early Warning System/EWS) dengan simulasi sistem dinamis dan komputasi cerdas menggunakan jaringan syaraf tiruan (JST) telah dilakukan sampai pada level prototipe software yang telah diuji dan divalidasi pada 28 propinsi dengan jumlah kabupaten sebanyak 265 kabupaten. Data yang digunakan untuk pelatihan sebanyak 167 buah data dan sisanya digunakan untuk pengujian. Akurasi sistem dalam mendeteksi level krisis pangan adalah 96.9%, dengan tingkat error (*mean square error* /MSE sebesar 0.11). Faktor dan parameter krisis pangan serta variabel-variabel yang diturunkan dari parameter krisis pangan telah dirumuskan dan dari hasil pengujian dan analisis keluaran komputasi cerdas dengan JST dapat diidentifikasi bobot prioritas semua variabel tersebut terhadap kondisi krisis pangan dengan urutan bobot terbesar hingga terkecil sebagai berikut : Padi puso (X5), Penduduk dibawah garis kemiskinan (X4), Angka kematian bayi (X3), IHS (X10), Berat badan Balita dibawah standar (X2), Harga beras (X8), Tanpa hutan (X6), Rasio konsumsi normatif (X1), Curah hujan 30 tahun (X7), Perubahan kurs dolar (X9). Keterkaitan faktor yang berhubungan dengan ketahanan pangan bersifat kompleks, dinamis, dan probabilistik. Kompleksitas tersebut disebabkan oleh faktor yang berpengaruh adalah multi aspek dan multi dimensi. Simulasi model dinamis akan mampu menggambarkan kritikalitas hubungan antar faktor yang mempengaruhi krisis. Pemahaman hubungan dan sifat kedinamisan faktor penentu krisis pangan akan sangat bermanfaat dalam perumusan kebijakan penghindaran dan penanggulangan krisis.

Kata kunci : Sistem Isyarat Dini, deteksi krisis pangan, komputasi cerdas, dinamika sistem.

**ABSTRACT**

This research has developed an Early Warning System (EWS) integrated with dynamic system simulation and intelligent computation using Artificial Neural Network (ANN) to detect the level of food crisis. The system has been tested and validated using a set of data comprising 28 provinces and 265 districts (kabupaten). The data used for training consists of 167 elements, and the remaining data is used for testing and validation. The accuracy of the system to detect the level of food crisis is 96.9%, with mean square error (MSE) equal to 0.11. Food crisis factors and parameters together with variables derived from the identified parameters have been formulated from testing and validation of the system prototype and the analysis of the system output of ANN. It can be identified

that the weight priority of all variables are shown in decreasing order with respect to weight as follows: 1). Natural Disaster (X5), 2). People under poverty line (X4), 3). Infant mortality (X3), 4). IHSG (X10), 5). Infant underweight (X2), 6). Price of rice (X8), 7). Area without forest (X6), 8). Normative Consumption Ratio (X1), 9). Annual Rainfall (X7), and 10). Dollars Exchange (X9). Factor interactions that relate to food food vulnerability is complex, dynamic, and probabilistic involving multi aspects and multi dimensions. Dynamic system simulation unified with an intelligent computation using Artificial Neural Network (ANN) can be utilized to cope with criticality of such factor interactions that influence food crisis.

Keywords : Early Warning System (EWS), food crisis detection, intelligent computation, system dynamics.

## **PENDAHULUAN**

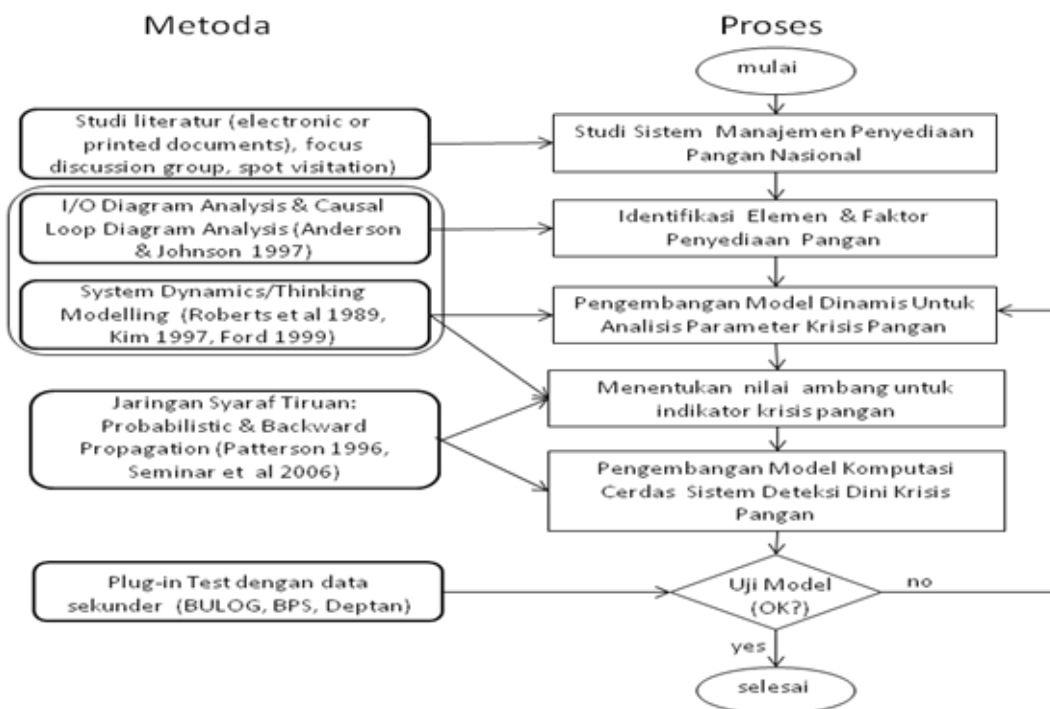
Pemahaman hubungan dan sifat kedinamisan faktor penentu krisis pangan akan sangat bermanfaat dalam perumusan kebijakan penghindaran dan penanggulangan krisis. Apabila indikasi faktor krisis dapat diketahui lebih awal, maka bentuk hubungan antar faktor dapat dibangun dalam suatu model dinamis dengan terlebih dahulu merumuskan tahapan dan barometer krisis pangan. Berdasarkan model yang dibangun selanjutnya dapat disusun suatu model sistem deteksi dini krisis pangan yang mampu memberikan gambaran jangka pendek dan menengah ancaman ketahanan pangan yang akan terjadi.

Tujuan utama studi ini adalah untuk merumuskan metode deteksi dini dan arahan terapi krisis pangan dengan tujuan antara dan lanjutannya sebagai berikut :

1. Merumuskan faktor dan parameter krisis pangan.
2. Merumuskan model sistem deteksi dini krisis pangan dengan menentukan nilai-nilai ambang variabel-variabel yang diturunkan dari parameter yang diperoleh pada tujuan (1).
3. Mempelajari sensitifitas faktor dan parameter krisis pangan dalam rangka merumuskan faktor kunci yang berguna untuk perumusan model-model penanganan krisis pangan.
4. Mengevaluasi dan merumuskan metodologi Protokol Manajemen Krisis Pangan.

## METODE PENELITIAN

Tahapan proses riset dan metoda untuk masing-masing tahapan proses disajikan pada Gambar 1. Langkah awal adalah studi tentang manajemen sistem pangan (khusus komoditi beras) melalui studi literatur pada dokumen tercetak maupun dokumen elektronik (CD, Web), diskusi pakar (focus group discussion) maupun visitasi ke lokasi sumber pakar atau data pengamatan. Data sekunder yang berkaitan dengan aspek produksi komoditas pangan, teknologi budidaya, penggunaan lahan, konsumsi pangan dan kependudukan akan dikumpulkan untuk melandasi model maupun nilai peubah yang dipergunakan. Sumber data utama adalah BPS, Bulog dan Deptan baik dalam bentuk publikasi tercetak maupun website. Untuk pengecekan nilai dari beberapa peubah penentu dan juga untuk memantapkan model terutama yang berkaitan baik dengan distribusi maupun produksi pangan, akan dilakukan visitasi ke lapang.



Gambar 1. Tahapan proses riset beserta metoda yang digunakan

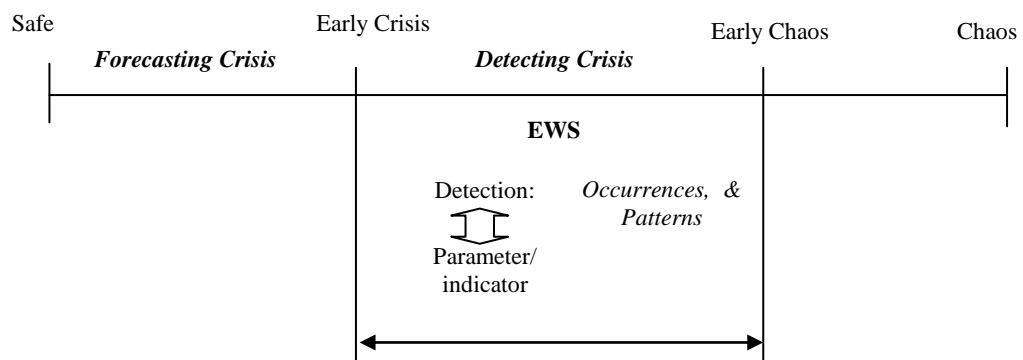


## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Sistem Deteksi Dini yang Dikembangkan

Sistem Deteksi Dini (*Early Warning System/EWS*) yang dikembangkan dalam studi ini adalah EWS yang melakukan deteksi indikasi krisis pada perioda awal terjadinya fenomena krisis (*occurrences*) dan pola fenomena (*patterns: combination of variables & progress of occurrences*) hingga terjadinya fenomena *chaos* (Gambar 2). Perioda dari awal krisis sampai memasuki perioda *chaos* adalah perioda yang diharapkan masih dapat melakukan tindakan untuk pemulihan dan pencegahan terhadap *chaos* yang merupakan kelumpuhan akibat krisis yang akut dan tidak mungkin dilakukan pemulihan (Barton, Newell & Wilson 2002, hal 99-101). Dengan demikian fungsi EWS adalah mendeteksi fenomena krisis sedini mungkin untuk mencegah terjadinya *chaos*.

Posisi EWS dalam perioda antar awal krisis hingga awal *chaos* sangat diperlukan mengingat laju peningkatan permintaan pangan lebih cepat dibandingkan laju peningkatan produksi pangan (Tanjung 2009). Artinya bahwa peluang terjadinya krisis pangan pada kondisi yang demikian semakin besar dan sensitif sehingga diperlukan sistem deteksi dini penanggulangannya sebelum terjadi kondisi *chaos*. Selanjutnya, menurut Khoduri (2009), pengambilan keputusan di tingkat nasional masih belum peka terhadap sinyal-sinyal pasar dan iklim yang mengindikasikan krisis pangan, tetapi lebih mengandalkan pada data-data statistik ramalan (*forecasting*) dan berpeluang diperdebatkan (*debatable*).



Gambar 2. Posisi peran EWS yang dikembangkan

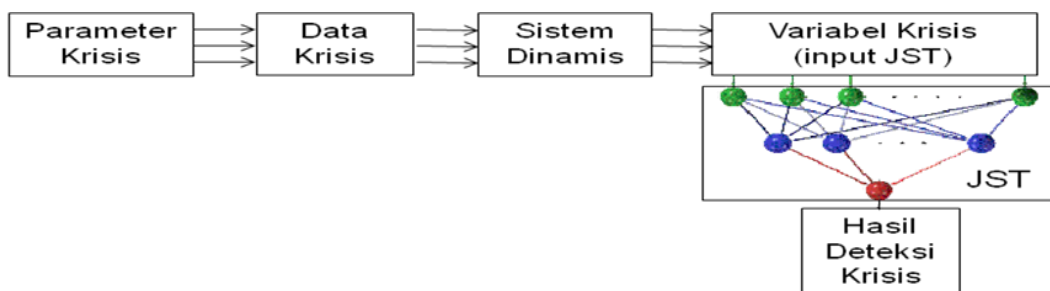
Ketika krisis mulai terjadi maka diperlukan sistem deteksi dan isyarat dini untuk memberikan sinyal krisis kepada pengambil kebijakan untuk melakukan tindakan sebelum terjadinya kondisi terus memburuk mencapai *chaos* (Barton, Newell & Wilson 2002, hal 99-101).

Berdasarkan peran dan fungsi EWS yang disajikan di atas maka parameter dan variabel indikator krisis yang digunakan diutamakan pada beberapa kriteria: (1) ketersediaan (*availability*), (2) keterbaruan (*uptodateness*), (3) kesegeraan (*timeliness*), (4) relevansi (*relevance*), (5) akurasi (*accuracy*). Dengan demikian kecepatan proses akuisisi data, komputasi dan deteksi dari EWS dapat ditingkatkan. Gambar 3 menggambarkan kerangka pengembangan model komputasi EWS.

### Pengembangan Model Sistem Deteksi Dini

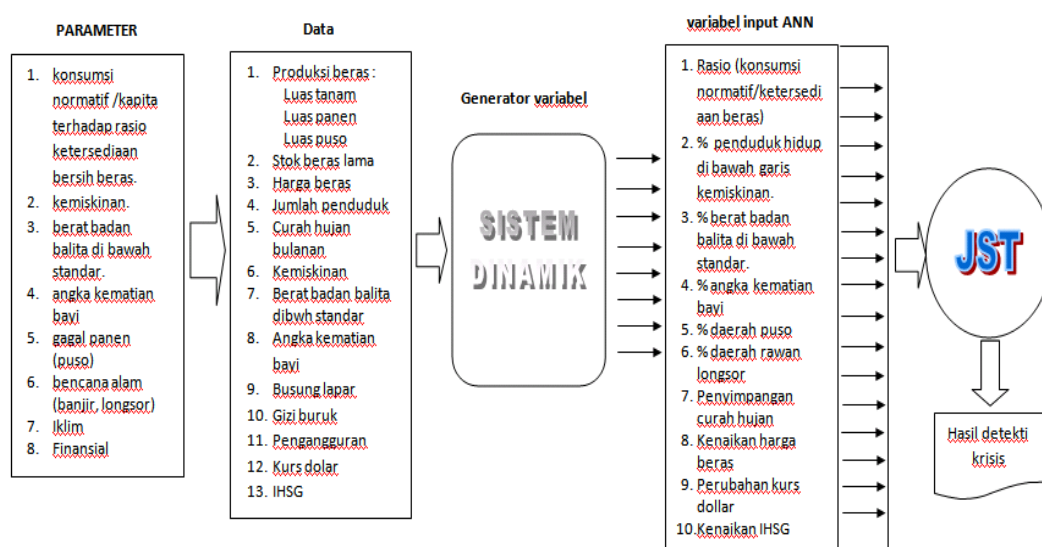
Model yang EWS yang dikembangkan mengacu kepada pendekatan sistem dinamik berdasarkan diagram lingkaran sebab akibat yang dibuat. Selanjutnya beberapa model dianalisis pada kondisi-kondisi krisis tertentu untuk mengetahui perilaku model terhadap perubahan variabel yang ada di dalamnya dengan menggunakan perangkat lunak Sistem Dinamis pada perangkat keras komputer. Berdasarkan penjelasan tersebut, sistem yang akan dibangun merupakan suatu sistem yang rumit yang memerlukan suatu metoda pemecahan metoda sistem dinamis (Anderson & Johnson 1997, Roberts et al 1989, Kim 1997) untuk menganalisisnya serta menggunakan komputasi cerdas dengan jaringan syaraf tiruan (Patterson 1996, Seminar et al 2006) untuk sintesa model sistem deteksi dini.

Data-data yang relevan untuk indikator krisis yang diturunkan dari parameter krisis diproses melalui sistem dinamis untuk analisis interaksi antar data sehingga dapat dihasilkan variabel-variabel krisis yang menjadi masukan modul akhir yaitu Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk mengeluarkan hasil diagnosis dan deteksi krisis.



Gambar 3. Model Utama Komputasi EWS yang dikembangkan

Hasil identifikasi awal (*preliminary*) dari faktor, parameter dan variabel krisis disajikan pada Gambar 9. Kemudian dengan memperhatikan kriteria (1) ketersediaan (*availability*), (2) keterbaruan (*uptodateness*), (3) kesegeraan (*timeliness*), (4) relevansi (*relevance*), (5) akurasi (*acurracy*) berdasarkan model EWS yang dikembangkan dari hasil formulasi studi literatur terhadap produk riset FAO dan Dewan Ketahanan Pangan dalam bentuk FIA (Food Insecurity Atlas) disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil identifikasi parameter, data dan variabel krisis yang telah disaring menggunakan kriteria yang diperlukan dalam model EWS yang dikembangkan.

### Simulasi Dinamik Rasio Konsumsi Normatif Beras

Rasio Konsumsi Normatif Beras terhadap Produksi Bersih Per Kapita adalah salah satu indikator penentu tingkat kerawanan pangan. Perhitungan nilai rasio ini didasarkan pada total konsumsi beras normatif (100 kg/tahun/kapita) di suatu kabupaten dengan total produksi beras di kabupaten tersebut. Jumlah total konsumsi dipengaruhi oleh jumlah penduduk yang berubah sesuai perubahan waktu, demikian pula dengan produksi beras di suatu daerah cenderung berubah sesuai perubahan waktu. Bentuk model dinamik adalah model yang paling sesuai untuk suatu sistem atau sub-sistem yang variabel-variabelnya berubah sejalan dengan perubahan waktu. Disamping itu model dinamik memiliki kemampuan untuk memprediksi suatu nilai dalam waktu tertentu, sehingga sangat sesuai untuk

memprediksi nilai besaran Rasio Konsumsi Normatif Beras berdasarkan data series produksi dan konsumsi yang tersedia.

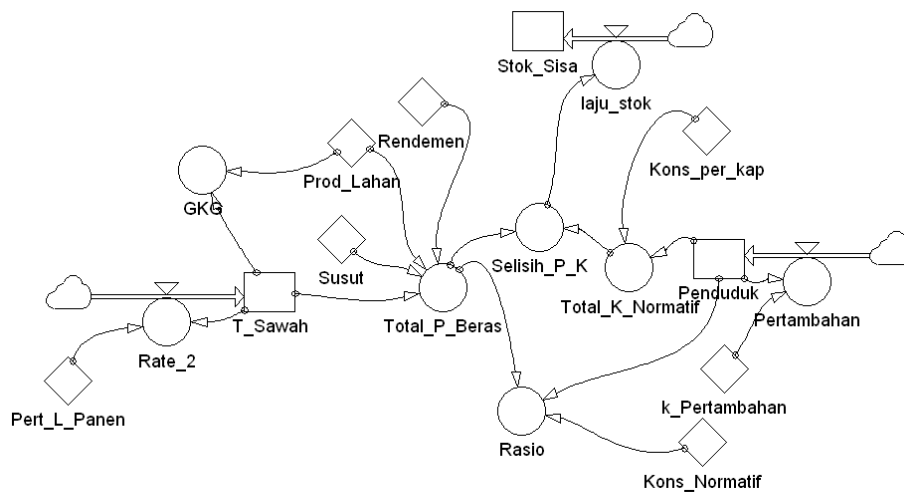
**Kuantifikasi Peubah dan Asumsi**

Nilai awal peubah-peubah yang digunakan, parameter dan pengaruh keterkaitan antara satu peubah dengan peubah lain yang signifikan ditentukan berdasarkan data empirik maupun informasi yang dikumpulkan dari pustaka yang relevan. Beberapa peubah umum yang diperlukan nilai awalnya pada produksi beras antara lain Luas Panen, Rendemen, Susut, Laju Perubahan Luas Lahan, dan Laju Perubahan Produktivitas. Pada konsumsi beras nilai awal yang digunakan antara lain Jumlah Penduduk, Laju Pertumbuhan Penduduk, dan Konsumsi Normatif.

**MODEL DAN ANALISIS**

**Model Sistem Dinamis**

Model sistem dinamis dibangun berdasarkan diagram sebab akibat yang menggambarkan hubungan antara total produksi beras dan jumlah konsumsi normatif di suatu kabupaten. Berdasarkan kedua variabel tersebut selanjutnya ditentukan nilai Rasio Konsumsi Normatif Beras terhadap Produksi Bersih Per Kapita.



Gambar 5. Model Perhitungan Rasio Konsumsi Normatif Beras.

## Uji dan Implementasi JST

### - Data Percobaan

Data yang digunakan pada percobaan adalah data pangan di seluruh propinsi Indonesia pada tahun 2003. Data diambil dari buku Peta Kerawanan Pangan Indonesia (*A Food Insecurity Atlas of Indonesia*) tahun 2005. Data percobaan terdiri dari :

1. Indikator-indikator kesehatan dan gizi
2. Indikator-indikator Kerawanan Pangan Sementara
3. Indikator-indikator akses terhadap pangan
4. Indikator ketersediaan pangan
5. Peringkat Kabupaten berdasarkan indikator individu dan indikator komposit kerawanan pangan.

Parameter yang digunakan pada percobaan diantaranya adalah : (X1) rasio konsumsi normatif, (X2) berat badan Balita dibawah standar, (X3) angka kematian bayi, (X4) penduduk dibawah garis kemiskinan, (X5) padi puso, (X6) tanpa hutan, (X7) curah hujan 30 tahun, (X8) harga beras, (X9) perubahan kurs dolar, dan (X10) IHSG.

Pada percobaan ini sepuluh parameter tersebut selanjutnya digunakan sebagai penentu tingkat rawan pangan. Berdasarkan data FIA, nilai skor yang digunakan untuk menentukan tingkat kerawanan memiliki interval dari 1-265. Semakin besar nilai skor artinya tingkat kerawanan pangan semakin tinggi. Pada penelitian ini nilai tersebut kemudian ditransformasi kedalam beberapa nilai selang untuk memudahkan interpretasi. Pembagian selang tersebut digunakan untuk membagi tingkat kerawanan pangan menjadi lima tingkat status pangan yaitu : 1).Rawan, 2). Agak Rawan, 3). Hati-hati, 4). Aman, dan 5). Sangat Aman.

Transformasi nilai yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan transformasi *linear homogeny*. Dalam hal ini sebagai misal nilai garis dengan batas minimum a dan batas maksimum b dan nilai tersebut akan ditrasformasi pada n kelas, maka panjang nilai untuk masing-masing kelas adalah  $(b-a)/n$ , sebagai miss. Maka nilai pertama adalah  $a-a+c$ , nilai ke-2:  $a+c - a+2c$  dan seterusnya. Berdasarkan transformasi tersebut, maka status pangan menjadi : 1).Rawan : skor (213 – 265), 2).Agak Rawan : (160 – 212), 3).Hati-hati : ( 107 – 159), 4).Aman : (54 – 106), dan 5).Sangat Aman : (1-53).

### - Rancangan Percobaan

Tahapan percobaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Membagi data percobaan untuk data pelatihan dan data pengujian dari 28 propinsi dengan 265 kabupaten. Data yang digunakan untuk pelatihan sebanyak 167 buah data dan sisanya digunakan untuk pengujian.
2. Melakukan proses normalisasi data dengan persamaan sebagai berikut:

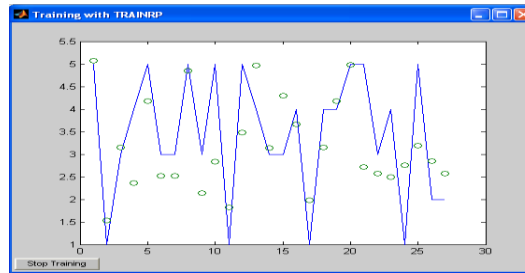
$$x\_norm = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

3. Melakukan simulasi stokastik menggunakan teknik simulasi Monte Carlo untuk parameter perubahan kurs dolar dan IHSG.
4. Melakukan pelatihan data menggunakan JST dengan arsitektur jaringan yang digunakan adalah (*Multi-Layer Perceptron - MLP*) yang bersifat *Backpropagation* dengan dua lapisan tersembunyi.
5. Melakukan pengujian dengan menggunakan data uji.

### - Prototipe JST

Prototipe antar muka sistem untuk memasukkan data parameter untuk prediksi kerawanan pangan disajikan pada Gambar 11. Sedangkan Gambar 12 menunjukkan hasil pengujian sistem. Garis biru menunjukkan pola pelatihan (model) sedangkan lingkaran kecil hijau menunjukkan hasil prediksi data percobaan.

Gambar 11. Tampak antar muka sistem untuk input data



Gambar 12. Hasil Pengujian JST

### Analisis Percobaan

Berdasarkan hasil percobaan, tingkat akurasi yang diperoleh adalah sebesar 96.9%, dengan tingkat error (*mean square error* (mse) sebesar 0.11). Berdasarkan hasil percobaan dapat diketahui tingkat kepentingan (bobot) dari parameter yang digunakan. Data bobot hasil uji coba sistem dapat dilihat pada Lampiran 2. Hasil percobaan menunjukkan bahwa tingkat bobot dari parameter adalah sebagai berikut (diurutkan dari parameter yang paling besar bobotnya): 1).Padi puso (X5), 2).Penduduk dibawah garis kemiskinan (X4), 3).Angka kematian bayi (X3), 4).IHSG (X10), 5).Berat badan Balita dibawah standar (X2), 6).Harga beras (X8), 7).Tanpa hutan (X6), 8).Rasio konsumsi normatif (X1), 9).Curah hujan 30 tahun (X7), dan 10).Perubahan kurs dolar (X9).

## KESIMPULAN

Pada penelitian ini pengembangan sistem isyarat dini (Early Warning System/EWS) dengan simulasi sistem dinamis dan komputasi cerdas menggunakan jaringan syaraf tiruan (JST) telah dilakukan sampai pada level prototipe software yang telah diuji dan divalidasi pada 28 propinsi dengan jumlah kabupaten sebanyak 265 kabupaten. Data yang digunakan untuk pelatihan sebanyak 167 buah data dan sisanya digunakan untuk pengujian. Akurasi sistem dalam mendeteksi level krisis pangan adalah 96.9%, dengan tingkat error (*mean square error* /MSE sebesar 0.11). Faktor dan parameter krisis pangan serta variabel-variabel yang diturunkan dari parameter krisis pangan telah dirumuskan dan dari hasil pengujian dan analisis keluaran komputasi cerdas dengan JST dapat diidentifikasi bobot prioritas semua variabel tersebut terhadap kondisi krisis pangan dengan urutan bobot terbesar hingga terkecil sebagai berikut: 1).Padi puso (X5), 2).Penduduk dibawah garis kemiskinan (X4), 3).Angka kematian bayi (X3),

4).IHSG (X10), 5).Berat badan Balita dibawah standar (X2), 6).Harga beras (X8), 7).Tanpa hutan (X6), 8).Rasio konsumsi normatif (X1), 9).Curah hujan 30 tahun (X7), dan 10).Perubahan kurs dolar (X9).

Dari hasil analisis bobot variabel di atas dapat dirumuskan bahwa urutan 1-3 merupakan aspek kritis yang harus menjadi fokus dari Protokol Manajemen Krisis Pangan. Puso adalah sesuatu hal terjadi di luar kemampuan manusia tetapi juga terjadi karena akibat utilisasi sumberdaya alam (lahan, hutan, air) yang tidak terkendali. Berarti penyediaan sistem penanganan bantuan pangan dan yang terkait akibat puso adalah prioritas utama. Kemiskinan pada urutan kedua adalah jelas merupakan tanggung jawab pemerintah pusat dan daerah untuk melakukan upaya peningkatan kesejahteraan. Kemiskinan ini akan menjadi faktor dominan terhadap kemampuan akses pangan yang rendah. Terkait erat dengan hal ini adalah kendala harga beras yang harus menguntungkan baik disisi konsumen akhir (hilir) dan disisi petani (hulu). Harga juga berpengaruh terhadap kemampuan akses pangan. Angka kematian bayi dan berat badan Balita dibawah standar juga merupakan dampak dari kemiskinan, puso, dan ketakcukupan gizi sehingga rasio konsumsi normatif akan memburuk. Variabel IHSG dan nilai kurs dollar terhadap rupiah dan kemiskinan juga merepresentasikan akibat dari sinyal krisis ekonomi.

Semua upaya deteksi dini untuk rawan pangan sangat menggantungkan peran dari lembaga formal (khususnya) maupun lembaga non-formal (umumnya) untuk gerakan ketahanan pangan. Lembaga formal yang saat ini dibentuk, didukung, dan dilembagakan pemerintah adalah DKP (Dewan Ketahanan Pangan) yang dipimpin langsung oleh presiden. Secara rasional dari sisi kekuasaan tidak bermasalah, namun pada operasionalnya masalah koordinasi vertikal dan horizontal pada era otonomi daerah saat ini masih menjadi hambatan yang signifikan (Khoduri 2009).

Hambatan utama dari sistem EWS yang dikembangkan di atas adalah perlunya ketersediaan data-data yang baik dalam (1) ketersediaan (*availability*), (2) keterbaruan (*uptodateness*), (3) kesegeraan (*timeliness*), (4) relevansi (*relevance*), (5) akurasi (*acurracy*).

Pengukuran luas tanam dan luas panen yang dilakukan dengan pengukuran mata (*eye measurement*) perlu dicermati ulang karena pasti banyak mengintroduksi bias dan galat dan sulit menjamin keberlanjutan atau periodisitas dari ketersediaan data tersebut. Sebaik apapun sistem yang dikembangkan untuk



deteksi atau prediksi rawan pangan, tidak akan berarti signifikan jika masukan datanya tidak cukup kualitasnya.

Oleh sebab itu ketersediaan data spasial mengenai potensi sumber daya lahan menjadi salah satu informasi dasar yang dibutuhkan untuk pengembangan keberjalanan suatu sistem prediksi dan deteksi kerawanan pangan. Pemanfaatan teknologi pengolahan dan penyajian informasi spasial berupa Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Remote Sensing menjadi solusi dalam memberikan data dan informasi spasial yang lebih akurat karena sudah lebih minim terhadap intervensi manusia. Informasi ini terkait dengan distribusi luasan dan tingkat kesesuaian lahan, faktor pembatas, wilayah produksi yang tepat serta alternatif teknologi yang dapat diterapkan. Variabel-variabel seperti persentase luas area/lahan bervegetasi, terutama hutan, normal curah hujan (terhadap nilai hujan rata-rata selama 20-30 tahun), persentase luas areal pertanian/sawah yang Puso (resiko gagal panen), akibat banjir, kekeringan dan hama penyakit, dan persentase luas areal yang mengalami resiko degradasi lahan akibat erosi, banjir atau longsor berhubungan erat dengan data tematik spasial yang dapat diekstraksi dari citra satelit seperti: Landsat, SPOT, dan MODIS. Lebih lanjut, integrasi teknologi SIG/RS dengan metode-metode dalam analisis multikriteria: ANN, AHP, Fuzzy sangat dimungkinkan untuk pemecahan masalah yang berhubungan data-data spasial. Menurut Densham and Goodchild, (1989) dalam Malczewski, (1999), bahwa meskipun SIG memiliki kemampuan visualisasi dan analisis data spasial, akan tetapi sistem ini memiliki keterbatasan dalam menangani pengambilan keputusan spasial yang kompleks (ill-defined). Disinilah peran analisis multikriteria untuk mendukung pengambilan keputusan yang berbasis spasial.

Riset yang terkait dengan utilisasi teknologi SIG/RS dengan kombinasi analisis multikriteria telah dilakukan oleh mahasiswa bimbingan program magister dan menghasilkan paper ilmiah yang disajikan pada konferensi internasional.

Parameter kritis yang masih belum secara mendalam dikaji dalam riset ini adalah jaminan kebijakan dan sarana transportasi untuk distribusi beras dan kebijakan lumbung beras agar semua penduduk di wilayah Indonesia ini mendapatkan alokasi bahan pangan khususnya beras dengan tepat jumlah dan tepat waktu. Riset tentang model distribusi dan penyimpanan beras menjadi bagian dari riset doctoral salah seorang mahasiswa bimbingan.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penelitian telah didanai dengan DIPA IPB NOMOR: 0154/023-24.2XII/2009.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Anderson, Virginia & Lauren Johnson. 1997. *Systems Thinking Basics: from Concepts to Causal Loop*. Pegasus Communication Inc.
- Barton, Dominic, R. Newell, G. Wilson. 2002. *Dangerous Markets: Managing in Financial Crisis*. Willey Finance Series. ISBN 0-471-22686-6. USA.
- FAO. 2000. *Handbook for Defining and Setting up a Food Security Information and Early Warning System*. (<http://www.fao.org/DOCREP/003/X8622E/x8622e04.htm> (8of12) 4/11/2009 21:04:46)
- Khudori. 2009. *Reorientasi Kebijakan Pangan*. *Majalah Pangan*, no.53/XVIII/Januari-Maret 2009, hal 17-31.
- Kim, Daniel H. 1997. *Systems Thinking Tools: A User's Reference Guide*. Pegasus Communication Inc.
- Malczewski, J. 1999. *GIS and Multicriteria decision Analysis*. John Wiley & Sons, USA and Canada.
- Patterson, Dan W. 1996. *Artificial Neural Networks: Theory and Applications*. Prentice Hall, Singapura.
- Proyek Pengembangan Ketahanan Pangan. 2000. *Peta Keswasembadaan Pangan (Beras) Tahun 2000 ; Nasional, Propinsi, Kabupaten*. Departemen Pertanian Jakarta.
- Seminar, Kudang B., Agus Buono, M.K. Alim. 2006. *Uji dan Aplikasi Komputasi Paralel pada Jaringan Syaraf Probabilistik (PNN) untuk Proses Klasifikasi Mutu Tomat*. *Jurnal Teknologi (terakreditasi)*, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, hal.34-45, ed.1, thn. XX. ISSN 0215-1685.
- Tanjung, Dahuri. 2009. *Kebijakan Sistemik Menuju Pemantapan Ketahanan Pangan Nasiona*. *Majalah Pangan*, no.53/XVIII/Januari-Maret 2009, hal 43-53.

**IMPLEMENTASI PENELITIAN PENANGANAN PASCA PANEN  
MANGGIS UNTUK Mendukung PROGRAM “INTEGRATED SUPPLY  
CHAIN MANAGEMENT OF EXOTIC FRUITS  
FROM THE ASEAN REGION”**

(Research Implementation of Post Harvest Handling for Mangosteen  
to Support “Integrated Supply Chain Management of Exotic Fruits  
from the ASEAN Region” Program)

**Sutrisno, Emmy Darmawati, Y.Aris Purwanto**  
Dep. Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

**ABSTRAK**

Penurunan kualitas buah manggis untuk tujuan ekspor terjadi pada tahap transportasi dari sentra produksi ke pelabuhan dan selama pengangkutan kontainer yang berpendingin menuju negara tujuan. Untuk itu perlu adanya metode penanganan pasca panen yang baik untuk mempertahankan mutu buah manggis selama pengangkutan. Studi ini mengkaji teknik penanganan pasca panen buah manggis dalam rangka peningkatan mutu sesuai standar ekspor, khususnya untuk pasar Uni-Eropa. Secara khusus studi difokuskan pada kajian teknologi untuk memperpanjang umur simpan (*shelf-life*) dan mempertahankan mutu kesegaran (*freshness*) manggis sesuai dengan standar mutu konsumen Uni-Eropa serta desain pengemasan untuk transportasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan mekanis penggunaan peti kayu dan keranjang plastik bersekat styrofoam adalah 5.2% dan 3.57%. Perubahan kekerasan terjadi secara signifikan pada perlakuan jenis kemasan setelah penyimpanan 18 hari dengan perubahan terkecil pada penyimpanan 13°C. Perlakuan pelilinan 5% dan suhu simpan 8°C dapat mempertahankan mutu buah manggis hingga 38 hari. Sedangkan pemberian sitokinin 20% dan penyimpanan pada suhu 8°C dapat mempertahankan kesegaran cupat buah selama 28 hari. Kemasan kapasitas 8 kg mampu menahan beban pada arah vertikal sebesar 204 kgf dan 256 kgf untuk kapasitas 15 kg. Secara keseluruhan kemasan berkapasitas 8 kg, berukuran 39.4 cm x 21 cm x 21 cm dengan pola fcc (*face centered cubic*) merupakan desain kemasan yang optimal untuk transportasi buah manggis.

Kata kunci: Manggis, kerusakan mekanis, pelilinan, pengemasan, transportasi.

**ABSTRACT**

The changes of the quality of mangosteen for export are mainly occurred during transportation process from production centre to the port and during long distance transportation using refrigerated container to the destination country. So, understanding the good post-harvest handling during this transportation process is needed in order to maintain the quality of mangosteen. This study explored the good post-harvest handling method of mangosteen during transportation in order to maintain the quality which meets with the quality standard for export, especially to Union-Europe market. The study was focused to investigate the storage method to extend the shelf-life of mangosteen and to design the transportation packaging. The results shows that the percentage of mechanical damage for wood packaging and basket of plastic with styrofoam partition were 5.2% and 3.57%. The hardness changes of mangosteen were significantly different for both packaging types after 18 days storage with the smallest changes occurred for 13°C. Waxing of 5% and 8°C were able to maintain the quality of mangosteens during 38 days of storage. Cytokinins coating of 20% and the storage temperature of 8°C could maintain

the freshness of mangosteen during 28 days. From the design of packaging, it was obtained that 8 kg capacity of packaging could keep the vertical load of 204 kg and 256 kg for the capacity of 15 kg. The packaging capacity of 8 kg with dimension of 39.4 cm x 21 cm x 21 cm and *fcc* (face centered cubic) pattern resulted the optimal design of the transportation packaging of mangosteen.

Keywords : Mangosteen, mechanical damage, waxing, packaging, transportation.

## **PENDAHULUAN**

Manggis (*Garcinia mangostana* L.) sebagai buah eksotik tropika merupakan salah satu komoditas buah-buahan yang memiliki nilai ekonomi tinggi dengan potensi ekspor yang besar. Namun demikian, masih banyak permasalahan yang dihadapi untuk dapat menembus pasar ekspor seperti belum terpenuhinya persyaratan standar kualitas produk. Peningkatan standar kualitas buah menjadi sangat penting karena berbagai standar kualitas internasional menyulitkan produksi petani lokal di negara berkembang seperti Indonesia, untuk bisa menembus pasar negara-negara maju tersebut (Sutrisno et.al., 2008a).

Peningkatan ekspor buah manggis harus diimbangi dengan upaya peningkatan kualitas melalui aplikasi teknologi pascapanen. Untuk menghasilkan buah-buahan dengan kualitas yang baik, diperlukan penerapan teknologi penanganan pasca panen yang tepat. Pelilinan merupakan salah satu alternatif untuk menahan laju penurunan mutu dan kehilangan pascapanen buah-buahan. Peranan lapisan lilin pada produk hortikultura adalah sebagai pelindung terhadap kehilangan air karena penguapan serta mengatur kebutuhan oksigen selama respirasi. Oleh karena itu, pelilinan dapat mengurangi kerusakan buah setelah panen yang diakibatkan oleh proses respirasi tersebut (Smith et.al., 2003). Permasalahan yang lain adalah pada pengemasan dan pengangkutan buah manggis dimana kerusakan mekanis (luka gores, kelopak patah dan tangkai patah) yang terjadi masih cukup besar. Goncangan yang terjadi selama transportasi di jalan raya maupun rel kereta api dapat menimbulkan kememaran, susut bobot serta memperpendek umur simpan. Kerusakan selama transportasi banyak terjadi pada kondisi pengangkutan secara curah atau penggunaan kemasan yang tidak tepat, sehingga mengakibatkan kerusakan produk pada saat sampai di tempat tujuan mencapai 30-50 persen (Darmawati et.al., 1992). Oleh karena itu, perlu

dilakukan perbaikan teknik pengemasan serta pengkondisian proses transportasinya.

Tujuan umum penelitian adalah melakukan penelitian penanganan pasca panen buah manggis dalam rangka peningkatan mutu sesuai standar ekspor, khususnya untuk pasar Uni-Eropa. Penelitian ini difokuskan pada penerapan teknologi untuk memperpanjang umur simpan (shelf-life) dan mempertahankan mutu kesegaran (freshness) manggis sesuai dengan standar mutu konsumen Uni-Eropa serta desain pengemasan untuk transportasi yang tepat.

## **METODE PENELITIAN**

Penurunan kerusakan mekanis dilakukan dengan memberi perlakuan terhadap kemasan untuk transportasi manggis yang umum digunakan oleh petani dikombinasikan dengan suhu penyimpanan pasca transportasi dan merancang kemasan berbahan karton gelombang untuk tujuan ekspor. Sedangkan untuk memperpanjang umur simpan manggis dilakukan dengan kombinasi perlakuan pencelupan cupat manggis, pelilinan dan suhu penyimpanan.

Perbaikan terhadap kemasan yang digunakan oleh petani adalah dengan mempelajari pengaruh penambahan sekat styrofoam pada kemasan peti kayu (K1) dan pada keranjang plastik (K2) yang dikombinasikan dengan suhu penyimpanan pasca transportasi terhadap kerusakan mekanis dan perubahan mutu. Untuk mengetahui pengaruh kedua perlakuan tersebut dilakukan simulasi transportasi menggunakan meja simulator selama 2 jam dengan frekuensi 3.3 Hz dan amplitudo 3.7 cm. Sampel buah kedua perlakuan diamati tingkat kerusakan dan perubahan mutu selama penyimpanan pada suhu 8°C, 13°C dan 20°C.

Perancangan kemasan berbahan karton gelombang dilakukan dalam tiga tahap, yaitu (1) pengukuran sifat fisik dan sifat mekanis buah; (2) perancangan kemasan untuk menentukan dimensi kemasan; dan (3) pengujian kemasan hasil rancangan. Pengujian dilakukan dengan uji kekuatan tekan maksimum dan simulasi transportasi menggunakan meja simulator berfrekuensi 3.50 Hz dan amplitudo 4.61 cm selama 3 jam atau setara dengan transportasi sejauh 477.5 km pada jalan luar kota. Pada simulasi transportasi diuji pengaruh kapasitas kemasan

dan pola susunan buah (*fcc* dan *jumble*) dalam kemasan terhadap tingkat kerusakan mekanis dan biologis.

Untuk memperpanjang umur simpan buah manggis dilakukan penelitian tentang pengaruh pelilinan terhadap perubahan fisiologis buah manggis selama penyimpanan serta pemberian sitokinin pada cupat buah. Cupat buah manggis terlebih dahulu dicelupkan pada hormon sitokinin 20% selama 30 detik, kemudian dibagi dalam tiga perlakuan pelilinan dengan pencelupan dalam emulsi lilin selama 30 detik pada konsentrasi, yaitu 5%, 10% dan 0% (tanpa pelilinan) serta ketiganya disimpan pada suhu 8°C, 13°C dan 20°C dan diamati perubahan mutunya.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Pengaruh jenis kemasan terhadap tingkat kerusakan mekanis buah manggis**

Dalam sistem rantai pasok manggis yang melibatkan pengembang/petani, pengumpul kecil, pengumpul besar (*packing house*) serta eksportir terjadi rantai penanganan pasca panen. Dalam rantai tersebut distribusi produk dilakukan dengan penggunaan kemasan peti kayu dan keranjang plastik. Peti kayu yang digunakan berukuran 45 cm x 35 cm x 15 cm sesuai ukuran bagian atas keranjang plastik. Dimensi keranjang plastik bagian bawah 43 cm x 30 cm, sehingga kapasitas peti kayu lebih besar daripada keranjang plastik. Tingkat kerusakan mekanis pada K1 (peti kayu) dan K2 (keranjang plastik) pasca transportasi adalah 5.2% dan 3.57%. Kerusakan manggis pada peti kayu lebih besar dimungkinkan karena kapasitas yang lebih besar menyebabkan tekanan yang dialami manggis lebih besar.

### **Pengaruh Jenis Kemasan dan Suhu Penyimpanan terhadap Mutu Buah Manggis**

Penyimpanan buah manggis pada suhu 20°C selama 27 hari terjadi perubahan susut bobot sebesar 2.20% untuk perlakuan K1 dan 1.80% pada perlakuan K2 (Gambar 1a). Berdasarkan analisis sidik ragam, jenis kemasan tidak berpengaruh nyata, sedangkan suhu dan lama penyimpanan berpengaruh nyata terhadap susut bobot buah manggis (Tabel 1).

Peningkatan kekerasan yang signifikan terjadi pada perlakuan K1 dan K2 selama penyimpanan pada suhu 8°C (Gambar 1b). Hal ini disebabkan oleh *chilling injury* dengan gejala perubahan warna seluruh permukaan dan internal buah (Pantastico & Kamariyani, 1989). Pengerasan kulit buah manggis merupakan salah satu gejala terjadinya *chilling injury* selama penyimpanan.

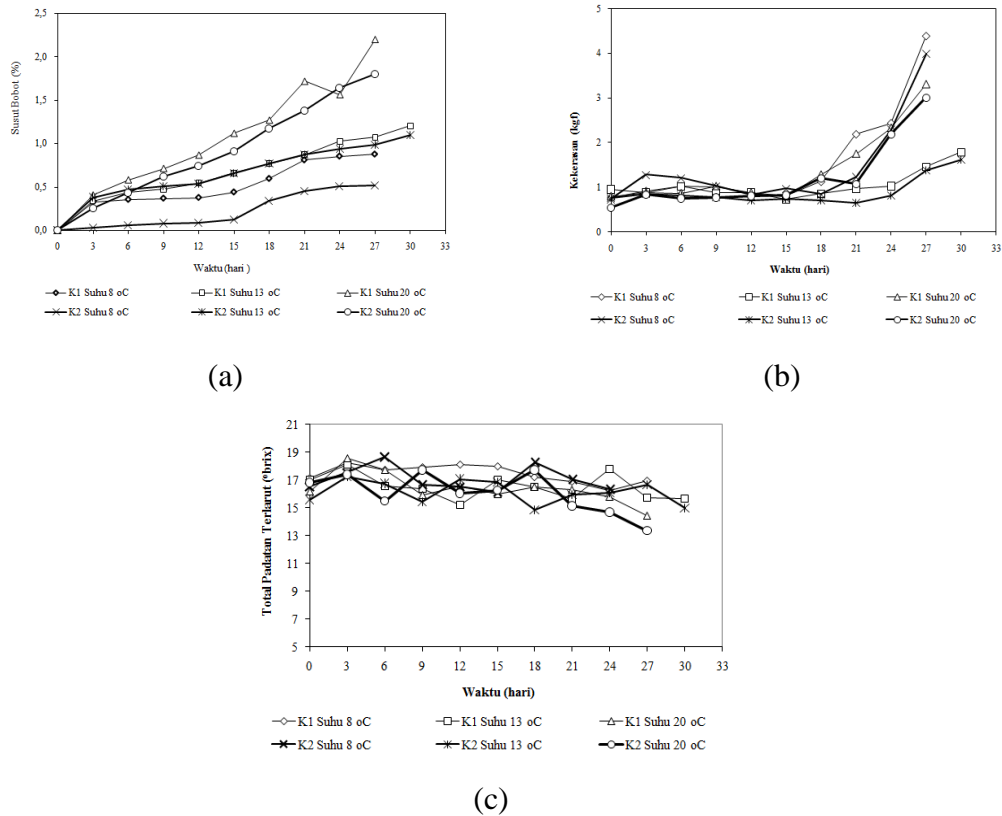
Total Padatan Terlarut (TPT) buah manggis selama penyimpanan dingin berkisar antara 15.5-18.92°brix (Qanytah, 2004), sedangkan pada penelitian ini berkisar antara 15.58-18.58°brix. Gambar 1c menunjukkan perubahan TPT dari ketiga suhu penyimpanan cenderung tetap dan pada akhir penyimpanan terjadi penurunan. Jenis kemasan, suhu dan lama penyimpanan tidak berpengaruh nyata terhadap perubahan TPT buah manggis (Tabel 1).

Perubahan nilai (L) buah manggis yang menunjukkan tingkat kecerahan kulit buah dapat dipertahankan selama penyimpanan pada suhu 8°C, sedangkan pada suhu lainnya terjadi penurunan. Perubahan nilai (a\*) dapat dipertahankan positif selama penyimpanan pada suhu 8°C dan 13°C, sedangkan pada suhu 20°C cenderung negatif. Perubahan nilai (b\*) cenderung positif selama penyimpanan pada ketiga suhu tersebut.

Tabel 1. Pengaruh jenis kemasan dan suhu penyimpanan terhadap mutu manggis dalam transportasi

Perlakuan	Parameter							
	Susut Bobot (%)	Kekerasan (kgf)	Total padatan terlarut (°brix)	Laju respirasi (ml.kg <sup>-1</sup> .jam <sup>-1</sup> )		Nilai Warna		
				O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	(L)	(a*)	(b*)
Jenis Kemasan								
a. Peti kayu	0,71	1,14	16,83	7,44	8,31	31,47	10,88	12,04
b. Keranjang plastik	0,59	1,10	16,30	7,23	7,61**	31,49	10,22	11,95
Suhu penyimpanan								
a. 8°C	0,97**	1,49**	17,11	3,86**	4,59**	31,78	17,23**	14,45**
b. 13°C	0,62**	0,98**	16,34	6,46**	8,02**	31,52	12,19**	12,03
c. 20°C	0,36**	0,89**	16,25	11,78**	11,26**	31,14	2,23**	9,49**

(\*\*) berbeda nyata pada taraf uji 5%



Gambar 1. Perubahan fisiologi buah manggis (a) susut bobot, (b) kekerasan, (c) total padatan terlarut

### Pengaruh pelilinan terhadap mutu buah manggis

Laju respirasi pada semua perlakuan menunjukkan kecenderungan tinggi pada awal penyimpanan. Kondisi tersebut terjadi karena adanya penyesuaian suhu produk dengan suhu penyimpanan yang lebih rendah, sehingga aktivitas respirasi menjadi cepat. Sesaat setelah penyesuaian suhu penyimpanan laju respirasi buah manggis menurun dan stabil (Gambar 2a). Pelilinan buah manggis dengan konsentrasi 5% dan 10% tidak berpengaruh nyata terhadap laju respirasi.

Pelilinan dapat mengurangi susut bobot selama penyimpanan produk segar. Peningkatan susut bobot terendah terjadi pada perlakuan pelilinan 10% dengan penyimpanan pada suhu 8°C sebesar 0.82%, sedangkan tanpa pelilinan 2.40%. Perlakuan pelilinan pada konsentrasi 5% dan 10% tidak berpengaruh nyata terhadap perubahan susut bobot.

Pada semua perlakuan menunjukkan peningkatan kekerasan kulit buah pada akhir penyimpanan (Gambar 2c). Hal ini disebabkan oleh hilangnya kemampuan mengikat air sehingga produk menjadi keras (Juanasari, 2004). Pelilinan dengan



konsentrasi 10% dan penyimpanan pada suhu 8°C selama 28 hari menunjukkan perubahan kekerasan yang signifikan. Peningkatan kekerasan terjadi karena buah manggis mengalami kerusakan akibat pendinginan atau *chilling injury*. Kombinasi pelilinan dan suhu penyimpanan tidak berpengaruh nyata terhadap perubahan kekerasan kulit buah (Tabel 2).

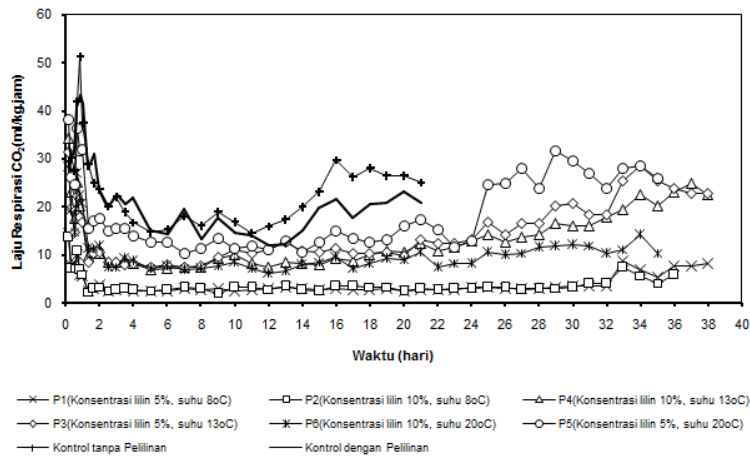
Tabel 2. Pengaruh pelilinan dan suhu penyimpanan terhadap mutu buah manggis

Perlakuan	Parameter						
	Laju respirasi CO <sub>2</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .jam <sup>-1</sup> )	Susut bobot (%)	TPT (°Brix)	Kekerasan (kgf)	Nilai Warna		
					(L)	(a*)	(b*)
Pelilinan							
5%	14.47**	1.00	16.30	1.49	32.09	3.39	-2.84
10%	9.63**	1.19	16.08	2.87	32.09	3.99	-2.70
Suhu							
8	3.09**	0.61	15.93	3.53**	32.03**	6.29**	-0.95**
13	15.30**	1.09	15.88	1.62	32.11	2.74**	-3.42**
20	17.77**	1.59	16.78	1.34**	32.13**	2.05**	-3.95**

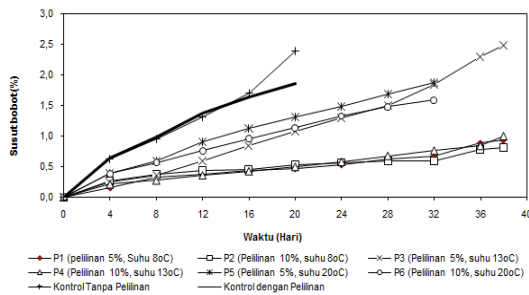
(\*\*) berbeda nyata pada taraf uji 5%

Gambar 2d menunjukkan bahwa penyimpanan sampai hari ke-36 nilai TPT cenderung konstan, tetapi pada akhir penyimpanan terjadi penurunan. Perubahan ini disebabkan oleh penguraian gula sederhana menjadi alkohol, aldehid dan asam selama respirasi. Kombinasi pemberian lapisan lilin dan suhu penyimpanan tidak berpengaruh nyata terhadap perubahan TPT buah manggis (Tabel 2).

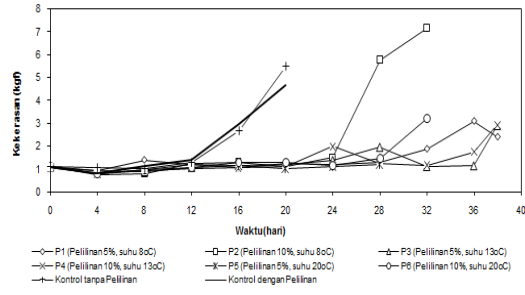
Perubahan nilai L pada suhu penyimpanan 8°C lebih rendah dibandingkan suhu 13°C dan 20°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama penyimpanan nilai (a\*) pada semua perlakuan mengalami penurunan. Demikian juga, terjadi penurunan nilai (b\*) atau warna kulit manggis menjadi ungu gelap pada semua perlakuan. Selain itu, pemberian hormon sitokinin 20% dan penyimpanan pada suhu 8°C dapat mempertahankan warna hijau pada cupat buah paling lama sampai 28 hari, penyimpanan pada suhu 13°C sampai 12 hari, sedangkan untuk penyimpanan pada suhu 20°C hanya sampai 4 hari.



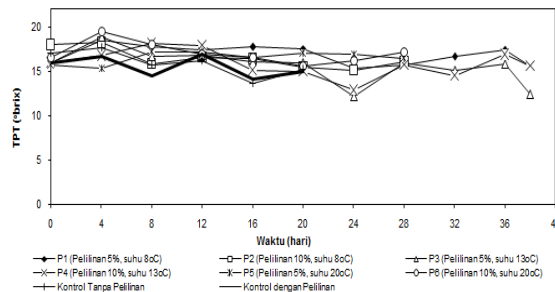
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2. Perubahan fisiologis buah manggis selama penyimpanan, (a) respirasi, (b) susut bobot, (c) kekerasan buah, (d) total padatan terlarut

### Perancangan kemasan berbahan karton gelombang untuk transportasi

Perancangan kemasan didasarkan pada sifat fisik dan mekanis buah manggis, kapasitas per kemasan, serta jenis karton gelombang. Karton gelombang yang digunakan pada penelitian adalah tipe *BC flute* dengan gramatur 150/125/150. Jenis tersebut memiliki kemampuan meredam getaran yang baik, mempunyai permukaan halus, serta harga lebih ekonomis (Peleg, 1985).

Penentuan dimensi didasarkan pada kombinasi antara jumlah buah dari tiap kapasitas yang diinginkan dan kepadatan kemasan dimana kepadatan kemasan menyatakan efisiensi penggunaan ruang kemasan (Sutrisno *et al.*, 2008b). Hasil rancangan kemasan untuk kapasitas 8 kg dan 15 kg dengan pola susunan buah *fcc* disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Dimensi dalam kemasan hasil rancangan

Parameter		Kapasitas	
		8 Kg	15 Kg
Jumlah Buah		64	120
Jumlah buah dalam satu baris (buah)	Arah panjang (KA)	8	8
	Arah Lebar (KB)	4	6
	Arah tingi (KC)	4	5
Dimensi dalam kemasan	Panjang (A)	37.1	37.1
	Lebar (B)	19.5	28.3
	tingi (C)	19.7	23.8
Dimensi desain kemasan untuk tipe RSC	Panjang	38.8	38.8
	Lebar	20.4	29.4
	tingi	20.4	24.2
	Flap/tutup	10.4	14.4
Volume (cm <sup>3</sup> )	Buah dalam kemasan	8181.2	15339.8
	Kemasan	13126.8	23384.4
Kepadatan kemasan (%)		62	65,6

Besarnya kekuatan kemasan hasil rancangan berdasarkan perhitungan teoritis adalah 201.01 kgf untuk kapasitas 8 kg dan 216.47 kgf untuk kapasitas 15 kg. Berdasarkan uji test menggunakan UTM (*Universal Testing Machine*) masing-masing adalah 204 kgf dan 256 kgf. Hasil ini menunjukkan bahwa perhitungan teoritis dapat digunakan untuk menduga nilai kekuatan kemasan. Pengaruh pola susunan buah dalam kemasan terhadap kapasitas kemasan untuk dimensi yang sama disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data berat bersih dan jumlah buah tiap kapasitas

Ukuran kemasan (mm <sup>3</sup> )	Pola	
	<i>fcc</i>	<i>jumble</i>
388 x 204 x 204	8 kg (64 buah)	5.4 kg (44 buah)
388 x 294 x 244	15 kg (120 buah)	10.2 kg (80 buah)

Perubahan mutu pasca transportasi yang diuji adalah kerusakan fisik, laju respirasi dan susut bobot. Tingkat kerusakan fisik pola *fcc* (3%-7%) lebih besar dari pola *jumble* (1%-3%). Jenis kerusakan yang paling banyak pada pola *fcc* adalah penyok, sedang pada pola *jumble* adalah cupat lepas. Manggis dinyatakan melesak (*penyok*) bila pada permukaan buah terdapat lekukan walaupun kecil. Inilah yang menyebabkan nilai kerusakan fisik secara total pada pola *fcc* terlihat tinggi. Kerusakan fisik yang rendah pada pola *jumble* dipengaruhi oleh penggunaan jaring dari sterofom. Penggunaan tersebut dapat melindungi produk yang lebih efektif. Kerusakan fisik pada pola *fcc* tidak diikuti oleh kerusakan biologis. Hal ini ditunjukkan oleh hasil pengukuran laju respirasi, susut bobot yang lebih rendah dibanding dengan susunan *jumble* (Tabel 5). Hasil tersebut menginformasikan bahwa kerusakan fisik yang berbentuk melesak yang dijumpai pada pola *fcc* hanya terjadi dipermukaan kulit, sementara benturan yang terjadi pada pola *jumble* berakibat pada perubahan sifat biologis manggis.

Tabel 5. Laju Respirasi dan susut bobot masing-masing perlakuan.

Perlakuan	Laju Respirasi CO <sub>2</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .jam <sup>-1</sup> )	Susut bobot per hari (%)
Kapasitas 8 kg pola <i>fcc</i>	29.48	1.09
Kapasitas 8 kg pola <i>jumble</i> (5.4 kg)	31.01	1.20
Kapasitas 15 kg pola <i>fcc</i>	26.30	1.05
Kapasitas 15 kg pola <i>jumble</i> (10.2 kg)	29.03	1.11

## KESIMPULAN

- a. Ditinjau dari tingkat kerusakan mekanis selama transportasi lokal, maka kemasan plastik bersekat sterofom memberikan hasil yang terbaik dengan kerusakan terkecil (3.57 %) dibandingkan dengan jenis pengemasan lain yang dilakukan pada penelitian ini.
- b. Pelilinan manggis dengan konsentrasi 5% dan penyimpanan pada suhu 8 °C merupakan kondisi penyimpanan terbaik ditinjau dari mutu buah dan penerimaan konsumen (umur simpan 38 hari, laju respirasi 8.26 ml.kg<sup>-1</sup>.jam<sup>-1</sup>, kekerasan 2.42 kgf, susut bobot terendah 0.94 %, TPT 15.55 °brix, serta warna kulit terbaik). Sedangkan penggunaan hormon sitokinin 20% dengan

penyimpanan pada suhu 8°C juga dapat mempertahankan warna hijau cupat selama 28 hari.

- c. Berdasarkan sifat fisik dan mekanis, desain kemasan terbaik dan optimal untuk transportasi buah manggis adalah kemasan berkapasitas 8 kg dengan susunan 8 buah pada arah panjang, 4 buah pada arah lebar dan 4 buah pada arah tinggi dengan kepadatan 62 %. Kemasan ini memiliki dimensi 39.4 cm x 21 cm x 21 cm dengan pengaturan buah pola *fcc*.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Direktorat Pendidikan Tinggi yang telah membiayai penelitian ini melalui Program Penelitian Strategi Internasional. Penelitian ini juga didukung oleh program *Integrated Supply Chain Management of Exotic Fruits from the ASEAN Region* dalam proyek *Asia Invest* dari Uni Eropa.

### DAFTAR PUSTAKA

- Darmawati, E., H.K. Purwadaria dan S. Sarwono. 1992. Computer Simulation Model on Packaging and Stacking Pattern of Tropical Fruits During Truck Transportation. Proceeding of JICA-IPB 5<sup>th</sup> joint seminar as an International conference on Engineering Application for the Development of Agricultural in the Asia and Pacific Region. Bogor-Indonesia. pp.B257-B274.
- Juanasari. 2004. Pengaruh Umur Petik, Pemberian Giberelin dan Spermidin Terhadap Kualitas Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L.). Tesis. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Pantastico, Er. B dan Kamariyani. 1989. Fisiologi Pasca Panen, Penanganan dan Pemanfaatan Buah-buahan dan Sayuran Tropika dan Subtropika. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, hal. 906.
- Peleg, K. 1985. Produce Handling Packaging and Distribution. Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, pp. 625.
- Qanytah. 2004. Kajian Perubahan Mutu Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L.) Dengan Perlakuan Precooling dan Penggunaan Giberelin Selama Penyimpanan. Tesis. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Smith, J.P., Ramaswamy, H.S., Ranganna, B., Raghavan, G.S.V., 2003. Packaging of fruits and vegetables. In: Chakraverty, A., Mujumdar, A.S., Raghavan, G.S.V., Ramaswamy, H.S. (Eds.), Handbook of Postharvest

Technology: Cereals, Fruits, Vegetables, Tea, and Spices. Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 539–554.

Sutrisno, Ida M. dan Sugiyono. 2008a. Kajian Penyimpanan Dingin Buah Manggis Segar (*Garcinia Mangostana* L.) dengan Perlakuan Kondisi Proses Penyimpanan. Prociding Seminar Nasional Perteta: Peranan teknik pertanian dalam kedaulatan pangan dan energy hayati menuju agroindustri yang berkelanjutan. Jogjakarta, hal. kode 7.

Sutrisno, Darmawati, E., Wiyana, L.S. 2008b. Pemanfaatan Pelepah Salak untuk Kemasan Transportasi Buah Salak (*Salacca Edulis*). Prosiding Seminar Nasional Perteta: Peranan teknik pertanian dalam kedaulatan pangan dan energi hayati menuju agroindustri yang berkelanjutan. Jogjakarta.

**POTENSI *Bradyrhizobium Japonicum* TOLERAN ASAM-ALUMINIUM  
SEBAGAI INOKULAN PADA TANAMAN KEDELAI**  
(The Potency of Acid Aluminium Tolerant *Bradyrhizobium japonicum* as  
inoculant for Soybean)

**Nisa Rachmania Mubarik, Aris Tri Wahyudi, Tedja Imas**  
Dep. Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB

**ABSTRAK**

*Bradyrhizobium japonicum* merupakan salah satu bakteri pembentuk bintil akar yang dapat menambat nitrogen pada bintil akar tanaman kedelai. Sejumlah galur *B. japonicum* toleran asam-aluminium pada pH 4,0-4,5 and Al 50  $\mu$ M. Penggunaan kedelai toleran asam dan bakteri penambat nitrogen toleran asam-aluminium merupakan salah satu alternatif untuk meningkatkan produktivitas kedelai di tanah asam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi *B. japonicum* toleran asam-Al pada tanaman kedelai varietas Tanggamus yang ditanam pada botol Leonard di rumah kaca. Dua galur tipe liar (*wild-type*) *B. japonicum* toleran asam Al, yaitu BJ 11 (wt), KDR 15 (wt), dan tujuh mutan, yaitu BJ 11 (5), BJ 11 (11), BJ 11 (19), BJ 11 (20), KDR 15 (27), KDR 15 (36), dan KDR 15 (37), digunakan dalam penelitian ini. Galur mutan BJ 11 (20) pH 4,5 dan KDR 15 (37) at pH 4.0 menunjukkan nilai efektivitas simbiotik lebih dari 170% dibandingkan galur tipe liar. Kedua galur ini berpotensi sebagai inokulan tanaman kedelai di tanah masam.

Kata kunci: *Bradyrhizobium japonicum*, mutan, toleran asam-aluminium, kedelai.

**ABSTRACT**

*Bradyrhizobium japonicum* is one of root nodule bacteria that can contribute on plant growth by providing fixed nitrogen in nodules of soybean plants. Some strains of *B. japonicum* were tolerant on an acid-aluminium condition, even at the pH level 4.0-4.5 and Al 50  $\mu$ M. The use of acid tolerant soybean and acid-Al tolerant nitrogen-fixing bacteria was an alternative way to increase soybean productivity on acid soils. This research was conducted to study the influence of acid-Al tolerant *B. japonicum* on growth of Tanggamus variety soybean planted on Leonard bottle in greenhouse. Two wild-type (wt) strains of acid-Al tolerant *B. japonicum*, i.e. BJ 11 (wt), KDR 15 (wt), and seven mutants, i.e. BJ 11 (5), BJ 11 (11), BJ 11 (19), BJ 11 (20), KDR 15 (27), KDR 15 (36), and KDR 15 (37), were used in this experiment. Mutant of BJ 11 (20) at pH 4.5 and KDR 15 (37) at pH 4.0 showed symbiotic effectivity were above 170% compared to the wild-type. The mutants of *B. japonicum* could be promote as inoculant for soybean at acid soils.

Keywords : *Bradyrhizobium japonicum*, mutant, acid-aluminium tolerant, soybean.

**PENDAHULUAN**

Kedelai merupakan salah satu sumber protein nabati dan merupakan komoditas pertanian penting Indonesia. Produksi kedelai di Indonesia hingga saat ini masih belum dapat mencukupi kebutuhan. Hal ini dapat diketahui dari data

BPPS tahun 2003 bahwa Indonesia membutuhkan lebih dari 2,24 juta ton kedelai per tahun, sedangkan produksi nasional kedelai hanya mencapai 1,19 juta ton. Sehingga kekurangannya sekitar 1,05 juta ton harus mengimpor dari negara lain hingga kebutuhan nasional dapat terpenuhi. Oleh karena itu, usaha-usaha untuk meningkatkan produksi kedelai perlu dilakukan untuk menuju swasembada kedelai.

Salah satu usaha yang dapat dilakukan ialah dengan memanfaatkan lahan-lahan marginal seperti lahan asam untuk produksi kedelai. Kedelai toleran asam-alumunium (asam-Al) telah tersedia, seperti varietas Tanggamus dan Ratai yang dikeluarkan oleh Balai Penelitian tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian dari Puslitbang Tanaman Pangan, Badan Litbang Pertanian (Suhartina 2003). Kedua varietas unggul tersebut masing-masing dapat berproduksi 2 ton/ha pada kondisi budidaya yang tepat. Produksi kedelai tersebut dapat dioptimalkan antara lain dengan cara bersimbiosis dengan *Bradyrhizobium japonicum* toleran asam-Al.

*Bradyrhizobium japonicum* merupakan bakteri tanah penambat nitrogen molekuler ( $N_2$ ) melalui simbiosisnya dengan tanaman kedelai dengan cara membentuk bintil akar. Simbiosis yang efektif dapat memasok kebutuhan nitrogen tanaman hingga 50%. Umumnya bakteri ini tumbuh optimum pada pH sekitar 7,0. Namun demikian, kondisi tanah asam dapat menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan bakteri bintil akar kedelai *B. japonicum*. Hal ini karena dapat menghambat pertumbuhan dan nodulasi oleh *B. japonicum* yang akhirnya dapat menghambat simbiosisnya dengan tanaman kedelai. Walaupun demikian, Enderini *et al.* (1995) dan Tedja-Imas *et al.* (1996) melaporkan telah menghasilkan *B. japonicum* kedelai yang toleran pada kondisi asam-alumunium (asam-Al) dengan pH 4,5 dan kadar alumunium 50  $\mu$ M. Galur-galur *B. japonicum* tersebut merupakan galur indigenos yang diisolasi dari tanah pertanian pertanaman kedelai dari berbagai tempat di Indonesia (Tedja-Imas *et al.* 1996).

Upaya untuk mendapatkan galur-galur *B. japonicum* toleran asam-Al yang andal dan kompetitif dalam menodulasi tanaman kedelai juga telah dilakukan melalui analisis kompetisi dengan menggunakan *B. japonicum* USDA 110 sebagai kompetitor. Dari hasil penelitian ini diperoleh galur-galur *B. japonicum* toleran



asam-AI yang lebih kompetitif dibanding USDA 110 (Wahyudi *et al.* 1998). Galur yang demikian merupakan galur yang sangat potensial untuk dikembangkan sebagai inokulan untuk tanaman kedelai yang ditanam pada lahan asam. Telaah genetika molekuler juga telah dilakukan terhadap beberapa galur *B. japonicum* toleran asam-AI tersebut dan diketahui bahwa galur-galur tersebut ternyata mempunyai kemampuan dalam mengekspresikan gen *ice*<sup>+</sup> (gen pembentuk kristal es) dari *Pseudomonas syringae* (Ariyani *et al.* 1999), dan tidak mempunyai plasmid indigenos (Nurkumalasari 1999). Galur-galur *B. japonicum* tersebut juga telah dianalisis keterlibatan gen-gen yang berperan dalam mekanisme bakteri tersebut yang menyebabkannya toleran terhadap asam-AI (Astuti *et al.* 2006).

Mengingat peran penting *B. japonicum* kedelai toleran asam-AI dalam kaitannya dengan cara bersimbiosis dengan tanaman kedelai, maka perlu dilakukan membuat inokulan dan mengaplikasikannya di lahan asam. Hal ini dapat dilakukan dengan membuat produk unggulan yaitu memproduksi inokulan *B. japonicum* toleran asam-AI baik tipe liar maupun mutannya hasil dari transposon mutagenesis yang mempunyai efektivitas simbiotik tinggi dan mampu tumbuh pada pH 4,0 (Wahyudi *et al.* 2007), untuk selanjutnya diaplikasikan sebagai inokulan kedelai yang ditanam pada lahan asam.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi *B. japonicum* toleran asam-AI pada tanaman kedelai varietas Tanggamus yang ditanam pada botol Leonard di rumah kaca. Pengujian dilakukan melalui uji kompatibilitas dan penentuan efektivitas simbiotiknya dengan tanaman kedelai di rumah kaca.

## METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan ialah galur *B. japonicum* BJ 11 dan KDR 15 dari koleksi Tedja-Imas, Departemen Biologi, FMIPA, IPB. Galur-galur mutan dari BJ 11 dan KDR 15 yang dikonstruksi melalui transposon mutagenesis (Wahyudi *et al.* 2007) dari koleksi Aris Tri Wahyudi, Departemen Biologi, FMIPA, IPB: BJ 11 (5), BJ 11 (11), BJ 11 (19), BJ 11 (20), KDR 15 (27), KDR 15 (36), dan KDR 15 (37).

Varietas kedelai toleran asam-AI yaitu Tanggamus yang digunakan sebagai mitra simbiosisnya dengan *B. japonicum* dalam penelitian uji kompatibilitas dan

efektivitas simbiotik diperoleh dari Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Genetika Pertanian Bogor.

### **Peremajaan *Bradyrhizobium japonicum* Toleran Asam-Al**

Galur-galur uji *Bradyrhizobium japonicum* BJ 11 dan KDR 11 diremajakan pada media Manitol Ekstrak Khamir (MEK) yang mengandung (dalam 1 liter media): manitol 10 g,  $K_2HPO_4$  0,5 g,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  0,2 g, dan ekstrak khamir 1 g. Biakan diinkubasi pada suhu ruang selama 7-8 hari. Biakan digoreskan pada cawan MEK + merah kongo 0,0025% yang mengandung rifampisin 50  $\mu g/ml$ . Kedua galur uji tersebut telah diketahui resisten terhadap rifampisin (Wahyudi 1996).

Galur-galur mutan diremajakan pada media MEK + merah kongo 0,0025% + rifampisin (Rif) 100  $\mu g/ml$  + kanamisin (Km) 50  $\mu g/ml$  dan media Ayanaba (Ayanaba *et al.* 1983) pH 4,5 untuk galur-galur mutan BJ 11 dan pH 4,0 dan 4,5 untuk galur mutan KDR 15. Galur-galur yang toleran terhadap asam dan Al tumbuh pada media Ayanaba.

### **Uji Kompatibilitas *B. japonicum* dengan Tanaman Kedelai**

Beberapa galur *Bradyrhizobium japonicum* (tipe liar atau *wild-type*) dan mutannya yang toleran asam-Al pada pH 4,0 dan 4,5 digunakan dalam uji kompatibilitas. Kedelai varietas Tanggamus yang dipilih untuk dikecambahkan yang mempunyai ukuran seragam, tidak luka, tidak keriput, dan tidak terapung dalam air. Desinfeksi permukaan biji dilakukandengan merendamnya di dalam larutan alkohol 95% selama 10 detik, dilanjutkan di dalam  $H_2O_2$  5% selama 5 menit, selanjutnya dibilas dengan akuades steril sebanyak 7 kali. Biji-biji tersebut dikecambahkan dalam cawan petri steril yang beralaskan kapas dan kertas merang basah selama 2 hari pada suhu ruang dalam kamar gelap. Kecambah tersebut siap ditanam dalam botol Leonard (Vincent 1970) modifikasi. Media pertumbuhan berupa campuran pasir dan arang disiapkan dengan perbandingan 3:1 dalam botol Leonard tersebut. Larutan hara yang digunakan yaitu larutan hara bebas N pH 4,0 atau 4,5 + Al 50  $\mu M$  dengan komposisi menurut Alva *et al.* (1988). Masing-masing botol diisi 300 ml larutan hara dan 100 ml disiramkan ke atas

campuran pasir dan arang. Botol bagian atas ditutup dengan aluminium foil. Selanjutnya seluruh botol ditutup dengan kertas semen dan disterilkan pada suhu 121°C selama 2 jam. Biji kedelai yang telah dikecambahkan ditanam secara aseptik pada media pasir-arang dalam botol Leonard tersebut. Untuk tiap botol ditanam 2 kecambah dan diulang sebanyak 3 kali. Setelah berumur kecambah berumur dua hari diinokulasi dengan galur *B. japonicum* toleran asam-Al pada konsentrasi berkisar  $10^9$  sel/ml masing-masing sebanyak 1 ml. Selanjutnya botol-botol tersebut diletakkan di rumah kaca. Uji ini dilakukan selama 30-45 hari setelah tanam. Nodul atau bintil yang dihasilkan oleh *B. japonicum* diamati dan dihitung untuk menentukan kompatibilitasnya dengan kedelai toleran asam.

### **Penentuan Efektivitas Simbiotik**

Parameter yang diukur dalam penentuan efektivitas simbiosis ialah bobot kering tanaman bagian atas dan bobot kering bintil akar. Penggunaan bobot kering tanaman bagian atas untuk menetapkan keefektifan simbiotik galur pada penelitian ini berdasarkan atas adanya korelasi positif dengan kandungan N total tanaman bagian atas (Vincent 1970). Tanaman dikeringkan dengan oven pada suhu 80°C selama 48 jam. Penetapan bobot kering dilakukan dengan menggunakan neraca analitik. Masing-masing perlakuan ulang sebanyak 3 kali. Nilai keefektifan simbiotik (ES) dihitung dengan persamaan Gibson (1980) sebagai berikut:

$$ES = \frac{\text{Bobot kering tanaman yang diinokulasi dengan galur uji}}{\text{Bobot kering tanaman yang diinokulasi dengan galur acuan}} \times 100\%$$

Galur acuan adalah galur tipe liar, sedangkan mutan sebagai galur acuan.

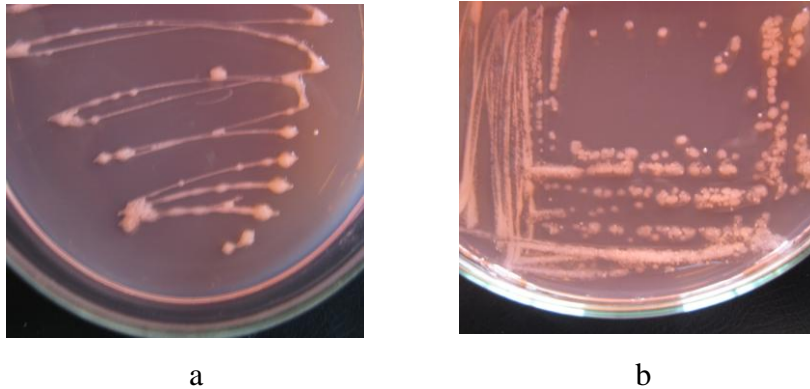
### **Uji Aktivitas Nitrogenase**

Aktivitas nitrogenase diukur berdasarkan metode reduksi asetilena (ARA) menggunakan alat kromatografi gas GC-17a (Shimadzu) yang dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB. Pengukuran aktivitas nitrogenase dilakukan pada saat tanaman memasuki tahap pembungaan yaitu setelah 45 hari setelah tanam (HST).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Peremajaan *Bradyrhizobium japonicum* Toleran Asam-AI

Dua galur *B. japonicum* BJ 11 dan KDR 15 yang bersifat toleran asam-AI mampu tumbuh pada media MEK + merah kongo 0,0025% + Rif 100 µg/ml setelah diinkubasi selama 5-7 hari pada suhu ruang (Gambar 1). *Bradyrhizobium japonicum* termasuk bakteri tumbuh lambat pada media MEK yang tumbuh setelah 5-7 hari (Somasegaran & Hoben 1994). Wahyudi (1996) melaporkan bahwa *B. japonicum* tipe liar bersifat resisten terhadap antibiotik rifampisin, tetrasiklin, dan ampisilin masing-masing dengan konsentrasi 100 µg/ml, namun sensitif terhadap kanamisin 50 dan 100 µg/ml.



Gambar 1. Pertumbuhan *B. japonicum* umur 10 hari (a) galur BJ 11 (wt) dan galur KDR 15 (wt) pada media YMA + merah kongo 0,0025% + rifampisin 100 µg/ml

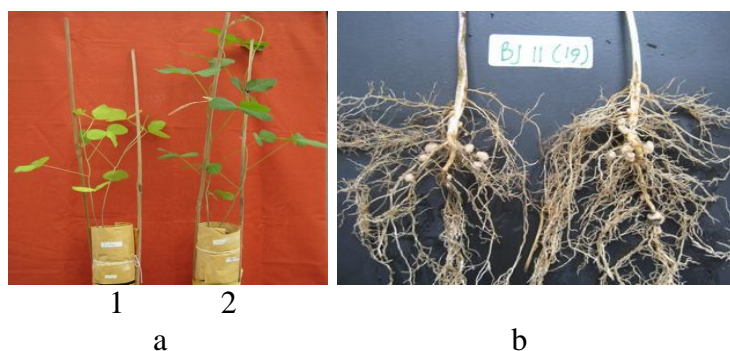
Galur-galur mutan dari BJ 11 dan KDR 15 telah dikonstruksi melalui transposon mutagenesis melalui konjugasi. Transposon mini Tn-5 diklon ke dalam plasmid pUT dan difusikan dengan gen resistensi kanamisin menjadi plasmid pUTmini-Tn5Km1. Galur-galur mutan tersebut telah diuji keefektifannya membentuk bintil akar pada tanaman siratro (*Macroptilium atropurpureum*), yaitu: BJ 11 (5), BJ 11 (11), BJ 11 (19), BJ 11 (20), KDR 15 (27), KDR 15 (36), dan KDR 15 (37). Transposon mutagenesis tidak mengganggu gen *nod* yaitu gen yang berperan dalam pembentukan bintil akar. Hal ini dibuktikan dari semua mutan yang terpilih mampu menodulasi tanaman siratro (Aris Tri Wahyudi, belum dipublikasikan).

### Pembentukan Bintil Akar Tanaman pada Kedelai

Pengujian kemampuan menodulasi tanaman oleh *Rhizobium* dan rhizobakteria pada umumnya dilakukan dengan menggunakan tanaman siratro (Perret *et al.* 2000). *Bradyrhizobium japonicum* telah dibuktikan mampu menodulasi tanaman siratro dan kedelai (Somasegaran & Hoben 1994). Hasil dari penelitian ini membuktikan, semua galur *B. japonicum* tipe liar dan mutan mampu membentuk bintil pada tanaman kedelai varietas Tanggamus. Sebagian besar bintil tersebar pada perakaran primer (Gambar 2). Galur mutan BJ 11 (20) pH 4,5 memiliki rata-rata jumlah bintil terbesar dibandingkan galur uji dan acuan (tipe liar) lainnya (Tabel 1). Galur mutan KDR 15 (37) pH 4,5 memiliki rata-rata jumlah bintil terbesar dibandingkan galur acuan dan galur mutan KDR 15 lainnya.

Tabel 1. Rata-rata jumlah bintil dan penyebaran bintil pada tanaman kedelai uji yang diinokulasi galur-galur *B. japonicum* toleran Asam-AI

pH	Galur	Letak bintil		Jumlah bintil	Rata-rata
		Akar primer	Akar sekunder		
4,0	KDR 15 (wt) acuan	11	10	21	7.0
	KDR 15 (27)	0	1	1	0.3
	KDR 15 (36)	2	1	3	1.0
	KDR 15 (37)	2	3	5	1.6
4,5	KDR 15(wt) acuan	10	11	21	7.0
	KDR 15 (27)	3	3	6	2.0
	KDR 15 (36)	1	4	5	1.6
	KDR 15 (37)	10	18	28	9.3
4,5	BJ 11 (wt) acuan	12	0	12	6.0
	BJ 11 (5)	8	15	23	7.6
	BJ 11 (11)	11	6	17	8.5
	BJ 11 (19)	14	4	18	6.0
	BJ 11 (20)	22	21	43	14.3



Gambar 2. a) Kedelai varietas Tanggamus tanpa inokulasi (1) dan yang diinokulasi dengan galur mutan *B. japonicum* BJ 11 (19) pada pH 4,5  
b) Bintil akar kedelai BJ 11 (19) pada pH 4,5

### Penentuan Efektivitas Simbiotik

Penentuan efektivitas simbiotik digunakan sebagai parameter untuk mendeteksi kemampuan *B. japonicum* dalam memfiksasi nitrogen. Efektivitas penambatan N simbiotik dievaluasi dengan cara penetapan bobot kering tanaman merupakan cara yang paling sederhana (Somasegaran & Hoben 1985). Bobot kering tanaman masih relevan untuk digunakan dalam mengevaluasi efektivitas simbiotik suatu galur bakteri bintil akar, karena bobot kering tanaman berkorelasi dengan kandungan N total (Vincent 1970).

Hasil pengukuran bobot kering tanaman bagian atas (TBA) menunjukkan galur mutan BJ 11 (20) pH 4,5 memiliki nilai rata-rata terbesar demikian pula nilai efektivitas simbiotiknya (ES). Nilai ES galur-galur mutan KDR 15 pada pH 4,5 relatif tidak lebih baik dari tipe liarnya (galur acuan) yang ditunjukkan dengan nilai ES kurang dari 100%. Nilai ES galur mutan KDR 15 pada pH 4,0 relatif lebih baik dari tipe liarnya dengan nilai ES lebih dari 100% (Tabel 2). Suatu galur disebut galur harapan bila memiliki efektivitas simbiotik 70% di atas galur acuan (Norris & Date 1976). Hasil dari penelitian ini menunjukkan galur mutan BJ 11 (20) pH 4.5 dan KDR 15 (37) pH 4,0 berpotensi sebagai galur harapan yang dapat dimanfaatkan sebagai inokulan pada pH tanah asam.

Tabel 2. Rata-rata berat tanaman bagian atas dan bintil akar serta nilai efektivitas simbiotik galur-galur *B. japonicum* toleran Asam-Al pada tanaman kedelai uji

pH	Galur	Bobot kering (g)		ES (%)
		TBA	BA	
4.0	KDR 15 (wt) acuan	0,2458	0,0135	
	KDR 15 (27)	0,2699	0,0001	109
	KDR 15 (36)	0,3082	0,0009	125
	KDR 15 (37)	0,4783	0,0023	194
4.5	KDR 15 (wt) acuan	0,2663	0,0126	
	KDR 15 (27)	0,2585	0,0011	97
	KDR 15 (36)	0,2375	0,0019	89
	KDR 15 (37)	0,2425	0,0042	91
4.5	BJ 11 (wt) acuan	0,2773	0,0114	
	BJ 11 (5)	0,2502	0,0120	90
	BJ 11 (11)	0,1394	0,0095	50
	BJ 11 (19)	0,2107	0,0147	76
	BJ 11 (20)	0,5250	0,0323	189

Keterangan : TBA = tanaman bagian atas; BA = bintil akar; ES = efektivitas simbiotik

Pembuktian bahwa kedua galur tersebut merupakan galur harapan yang memiliki nilai efektivitas simbiotik tinggi diuji secara kuantitatif dengan mengukur aktivitas enzim nitrogenase. Nitrogenase merupakan suatu sistem enzim yang mengkatalisis penambatan  $N_2$ . Jika kedua galur tersebut tetap menunjukkan efektivitas simbiotik yang tinggi maka akan berpotensi sebagai inokulan dan akan diujikan pada tanaman kedelai toleran asam-Al di lahan asam. Hasil pengukuran aktivitas nitrogenase dengan metode reduksi asetilena menunjukkan nilai aktivitas nitrogenase galur mutan BJ 11 (20) pH 4,5 3,5 kali lebih tinggi daripada tipe liarnya, sedangkan galur mutan KDR 15 (37) pH 4,0 sedikit lebih tinggi (1,06 kali) daripada tipe liarnya (Tabel 3). Aktivitas nitrogenase yang berlainan akan memacu terjadi perbedaan fiksasi  $N_2$ .

Tabel 3. Aktivitas nitrogenase kedelai varietas Tanggamus yang bersimbiosis dengan *Bradyrhizobium japonicum* dan mutannya

Galur	pH	Aktivitas nitrogenase (nmol/jam/mg/bintil akar)
KDR 15 Acuan	4,0	0,0238
KDR 15 (37)	4,0	0,0252
BJ 11 Acuan	4,5	0,0102
BJ 11 (20)	4,5	0,0365

## KESIMPULAN

Galur *Bradyrhizobium japonicum* mutan BJ 11 (20) pH 4,5 dan KDR 15 (37) pH 4,0 merupakan mitra simbiosis varietas kedelai toleran asam-alumunium Tanggamus dan berpotensi sebagai inokulan tanaman kedelai di lahan asam.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai Program Insentif Riset Terapan tahun 2007 kepada NRM. Terima kasih kepada Dewi Monasari dan Neng Nur Yulianti yang telah membantu penelitian ini, serta kepada Hanum Habibah yang telah mendokumentasikan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alva AK, Edwards DG, Carroll BJ, Asher CJ, Gresshoff PM. 1988. Nodulation and early growth of soybean mutants with increased nodulation capacity under acid soil infertility factors. *Agron J* 80: 836-84.
- Ariyani F, Tedja-Imas, Wahyudi AT. 1999. Transfer of InaZ gene to acid tolerant strains of *Bradyrhizobium japonicum*. *Hayati* 6:77-80.
- Astuti RI, Wahyudi AT, Mubarik NR. 2006. Cloning of genomic DNA fragment involved in acid-aluminium tolerance in *Bradyrhizobium japonicum* through transposon mutagenesis. *Indones J Microbiol* :35-39.
- Ayanaba A, Asanuma S, Munns DN. 1983. An agar plate method for rapid screening of *Rhizobium* tolerance to acid aluminium stress. *Soil Sci Am J* 47:256-258.
- Endarini T, Wahyudi AT, Tedja-Imas. 1995. Seleksi galur-galur *Bradyrhizobium japonicum* indigenus toleran medium asam-Al. *Hayati* 2: 15-81.
- Gibson AH. 1980. Methods for legums in glasshouses and controlled environment cabinets. Di dalam: Bergensen FJ, editor. *Methods for Evaluating Biological Nitrogen Fixation*. New York: John Willey & Sons. hlm 139-184.
- Nurkumalasari, Tedja-Imas, Tjahyoleksono A. 1998. Aspek fisiologi dan analisis DNA genom beberapa galur *Bradyrhizobium japonicum* toleran asam-Al. Prosiding PIT Permi, Bandar Lampung, 4-5 Desember 1998.
- Perret X, Stahellin C, Broughton WJ. 2000. Molecular basis of symbiotic promiscuity. *Microbiol Mol Biol Rev* 1: 180-201.
- Somasegaran P, Hoben HJ. 1994. *Methods in Legume-Rhizobium Technology*. Paia: University of Hawaii.
- Suhartina. 2003. Perkembangan dan Deskripsi Varietas Unggul Kedelai 1998-2002. Malang: Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan umbi-umbian.
- Tedja-Imas *et al.* 1996. Seleksi galur-galur bintil akar kedelai unggul pada cekaman pH rendah dan kekeringan. Laporan RUT 1. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Vincent JM. 1970. *A Manual for the Practical Study of the Root Nodule Bacteria IBP. HandBook 15*. Oxford: Blackwell Sci.
- Wahyudi AT. 1996. Seleksi galur-galur *Bradyrhizobium japonicum* toleran asam-aluminium: analisis gen-gen penanda molekuler dan kompetisi *in planta* (thesis). Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.



Wahyudi AT, Suwanto A, Tedja-Imas, Tjahyoleksono A. 1998 Screening of acid-aluminium tolerant *Bradyrhizobium japonicum* strain analysis of marker genes and competition in planta. *Aspac J Mol Biol Biotechnol* 6:13-20.

Wahyudi AT, Nurdiani D, Astuti RI, Meryandini A. 2007. Characterization of transposon generated acid aluminium tolerant mutant of *Bradyrhizobium japonicum* BJ 11. *FEMS Microbiol Lett* (in press).

## **PENINGKATAN KUALITAS MI INSTAN SAGU MELALUI MODIFIKASI *HEAT MOISTURE TREATMENT***

(Quality Improvement of Sago Starch Noodle through Heat Moisture Treatment Modification)

**Sugiyono<sup>1)</sup>, Ridwan Thahir<sup>2)</sup>, Feri Kusnandar<sup>1)</sup>, Endang Yuli Purwani<sup>2)</sup>, Dian Herawati<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup> Dep. Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

<sup>2)</sup> Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian

### **ABSTRAK**

Penggunaan sagu asal Papua dan Sukabumi sebagai baku mi instan dibatasi oleh sifat alami pati. Modifikasi pati sagu dengan metode *heat moisture treatment* (HMT) dapat menghasilkan pati sagu yang lebih sesuai sebagai bahan baku maupun bahan tambahan produk mi. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh kondisi optimum modifikasi pati sagu dengan metode HMT pada skala 5 kg, dan memperoleh kondisi optimum produksi mi sagu pada skala 5 kg. Penelitian ini dilakukan melalui dua tahap yaitu: Penentuan kondisi optimum modifikasi pati sagu dengan metode HMT pada skala 5 kg dan Penentuan formula optimum dan tahap kritis produksi mi instan sagu termodifikasi HMT pada skala 5 kg. Kondisi optimum modifikasi HMT pada skala yang lebih besar diperoleh dengan kondisi suhu 150°C dengan waktu 2 jam, kadar air 28% dan pH netral pada sagu Sukabumi. Pati termodifikasi HMT ini mempunyai viskositas puncak yang jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan viskositas puncak pati sagu alaminya (native). Perubahan karakteristik ini berhubungan dengan kemampuan pati sagu dalam menahan pembengkakan pada saat mengalami gelatinisasi. Adanya penurunan puncak viskositas ini seiring dengan penurunan *breakdown* pati termodifikasi HMT (20 BU) sehingga pati Sukabumi termodifikasi HMT tersebut dapat dikategorikan sebagai pati dengan tipe C. Pati sagu Papua yang dimodifikasi pada skala 5 kg tidak memperlihatkan hasil yang sama dengan pati yang dimodifikasi pada skala laboratorium. Oleh karena itu hanya pati Sukabumi termodifikasi HMT yang digunakan untuk produksi mi pada skala yang lebih besar (5 kg). Titik kritis produksi mi pada skala 5 kg adalah tahap pengadukan dan pengukusan. Mi yang diperoleh dari reoptimasi proses maupun formulasi mempunyai karakteristik yang tidak jauh berbeda dengan mi yang dihasilkan dari skala lab.

Kata kunci : Pati sagu, heat moisture treatment (HMT), mi.

### **ABSTRACT**

Sago starch as a raw material for instant noodle was limited by its natural properties. Modification of sago starch by heat moisture treatment (HMT) method was expected to produce sago starch which was more suitable as a raw material or an additional material for noodle products. The objectives of this study were to obtain optimum conditions of HMT modification of sago starch on a scale of 5 kg, and to obtain optimum conditions of sago noodle production on a scale of 5 kg. This research was carried out into the following steps: Determination of optimum conditions of HMT modification for sago starch on a scale of 5 kg and Determination of optimum formula and the critical stage of the production of sago instant noodles on a scale of 5 kg. Optimum conditions for HMT sago starch modification in 5 kg scale were achieved at 150°C, 2 hours heating time on neutral pH for Sukabumi sago. That modified starch had a peak viscosity which was much lower when compared with the peak viscosity of natural sago starch (native).

Changes in these characteristics would be related to the ability of sago starch to hold swelling during gelatinization. Decreasing of peak viscosity at that modified starch was followed by decreasing of breakdown. HMT modified Sukabumi sago starch could be classified to C-type sago starch. The HMT optimum condition for Papua sago starch at 5 kg scale could not be obtained at various heating temperatures and durations. The gelatinization curve showed that the peak viscosity and breakdown of HMT Papua Starch were still high. Therefore this modified starch was not suitable for noodle production. Critical points on the production of sago noodle at 5 kg scale were dough kneading and steaming. Sago noodle from re-optimization and re-formulation had similar characteristics with the noodles produced from a lab scale.

Keywords : Sago starch, heat moisture treatment (HMT), noodle.

## PENDAHULUAN

Studi yang dilakukan oleh Purwani *et al.* (2006), menunjukkan bahwa modifikasi pati sagu dengan teknik *heat moisture treatment* (HMT) dapat meningkatkan kualitas mi yang dihasilkannya. Mi yang dihasilkan dari sagu termodifikasi HMT mempunyai kekompakan dan elastisitas yang lebih tinggi serta *cooking loss* dan berat rehidrasi yang lebih rendah. Namun demikian, perlakuan HMT dapat menurunkan kelengketan mi dan meningkatkan waktu pemasakan mi. Waktu rehidrasi mi sagu yang mencapai 7 sampai 9 menit jauh lebih lama jika dibandingkan mi instan pada umumnya yang hanya berkisar antara 3 – 4 menit (Purwani *et al.*, 2006; Kruger *et al.*, 1996).

Selain masih memiliki beberapa kelemahan, teknologi modifikasi HMT maupun teknologi proses produksi mi dari pati termodifikasi HMT yang telah dilakukan masih dalam skala laboratorium. Sementara itu, untuk dapat diaplikasikan secara komersial diperlukan teknologi proses produksi dalam skala yang lebih besar untuk mencapai produktivitas dan efisiensi yang diinginkan. Oleh karena itu, diperlukan *scaling-up* untuk dapat menjembatani antara produksi pada skala laboratorium dengan skala komersial. Proses *scaling-up* dapat dilakukan dengan mengadopsi kondisi optimum proses yang telah diperoleh pada skala laboratorium.

Pada skala laboratotium, modifikasi HMT dilakukan dengan cara menempatkan pati dengan kadar air tertentu di dalam alat gelas kemudian dipanaskan di dalam oven konvensional dan sesekali diaduk (Purwani *et al.*, 2006; Adebowale *et al.*, 2005). Kondisi ini agak sulit diterapkan dalam skala yang lebih

besar karena pengeringan di dalam oven konvensional dan perlakuan pengadukan yang hanya dilakukan secara berkala akan sulit menyeragamkan distribusi panas pada seluruh sampel pati. Hal ini mengakibatkan bagian tertentu saja yang mendapatkan pemanasan dengan suhu yang diinginkan sehingga proses modifikasi menjadi tidak optimal. Modifikasi HMT dengan skala yang lebih besar dapat dilakukan dengan alat seperti molen *dryer* yang dapat berputar dan dialiri udara panas.

Pati termodifikasi HMT yang diperoleh dari hasil *scale-up* dapat diaplikasikan untuk produksi mi sagu dengan skala yang lebih besar (*scale-up*). Sebagaimana halnya *scale-up* produksi pati termodifikasi HMT, *scale-up* produksi mi sagu termodifikasi HMT memerlukan penentuan kondisi optimum yang akan berbeda dengan kondisi yang diterapkan pada skala laboratorium. Pada *scale-up* ini akan terdapat berbagai kondisi proses yang harus dioptimalkan sehingga mi yang dihasilkan mempunyai karakteristik mutu fisik, kimia maupun organoleptik yang diinginkan.

Selain kondisi proses, faktor yang juga mempengaruhi karakteristik mi yang dihasilkan adalah formulasi. Penggunaan bahan tambahan pangan tertentu yang dapat mempengaruhi pembentukan tekstur seperti STPP (sodium tripolifosfat), guar gum, garam alkali (sodium karbonat dan potassium karbonat), potas alum, serta kombinasinya dapat berpotensi meningkatkan sifat fisik dan organoleptik mi sagu yang dihasilkan (Yamazaki *et al.*, 2002; Kruger *et al.*, 1996). Oleh karena itu, studi mengenai optimasi formulasi dan kondisi proses produksi mi sagu termodifikasi HMT dengan skala yang lebih besar sangat diperlukan.

Penelitian ini bertujuan untuk:

- a. Melakukan optimasi proses untuk memproduksi pati sagu termodifikasi secara fisik dengan teknik HMT pada skala 5 kg.
- b. Optimasi formulasi dan identifikasi tahap kritis proses produksi mi instan sagu termodifikasi HMT pada skala 5 kg.

## METODE PENELITIAN

Bahan utama penelitian ini adalah pati sagu yang diperoleh dari Sukabumi dan Papua. Bahan pendukung yang digunakan antara lain: HCl pekat, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, aquades, STPP, NaOH pelet, guar gum, dietil eter, alkohol 95%, asam asetat, CaCl<sub>2</sub>, CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O (fehling A), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KNaC<sub>4</sub>H<sub>6</sub>O<sub>6</sub>.4H<sub>2</sub>O (fehling B), dekstrosa standar, heksan, metilen blue, serta bahan pendukung lain yang digunakan untuk preparasi maupun analisis sampel.

Peralatan yang digunakan antara lain terdiri atas peralatan utama dan peralatan pendukung. Peralatan utama yang digunakan antara lain: timbangan digital dengan kapasitas maksimum 6 kg, molen *dryer*, reaktor yang dilengkapi dengan agitator dan heater, oven pengering dan *multifunctional noodle machine*. Peralatan pendukung yang digunakan anatara lain: timbangan analitik, ayakan tepung, sentrifuse, oven kadar air, heater yang dilengkapi dengan magnetik stirer, mikroskop polarisasi cahaya, *whiteness* meter, *brabender* amilograph, tekstur analizer, freezer/refrige-rator, spektrofotometer, pH meter, gelas jar, *shaker waterbath*, dan alat memasak (kompor, panci dan lain-lain) serta alat-alat lain yang digunakan untuk preparasi maupun analisis sampel.

### **Modifikasi pati sagu termodifikasi HMT pada skala 5 kg (Purwani *et al.*, 2006)**

Modifikasi HMT pati sagu dilakukan dengan mengkombinasikan suhu pemanasan (110, 120, 140, 150°C) dan waktu pemanasan (2 jam, 4 jam, 8 jam, dan 12 jam) pada kadar air 28%. Pengamatan terhadap pati sagu termodifikasi meliputi *swelling volume* dan kelarutan (Collado and Corke, 1999; Singh *et al.*, 2005), karakteristik pasta pati (Wattanachant *et al.*, 2002 yang dimodifikasi), kekuatan gel (Wattanachant *et al.*, 2002 yang dimodifikasi), *freeze-thaw stability* (Wattanachant *et al.*, 2003 yang dimodifikasi), dan kadar amilosa dan amilopektin (Riley *et al.*, 2006).

### **Pembuatan mi instan sagu termodifikasi HMT pada skala 5 kg.**

Pati sagu termodifikasi HMT yang mempunyai karakteristik paling baik (berdasarkan karakterisasi yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya) digunakan sebagai bahan baku produksi mi instan dengan skala 5 kg. Produksi mi dari pati sagu alami dan termodifikasi HMT dilakukan mengikuti prosedur Purwani *et al.*, 2006.. Analisis terhadap mi (Chen, 2003) yang dihasilkan kadar air (metode oven), kekompakan, kelengketan, elastisitas (texture analyzer TA-XT2), waktu pemasakan (waktu rehidrasi), *cooking loss* (susut masak), pertambahan berat dan pengembangan (swelling power) pada saat rehidrasi, dan *sifat organoleptik mi* dilakukan terhadap 3 kriteria mutu yaitu (kelengketan, kekenyalan dan kekerasan). Uji organoleptik yang dilakukan adalah uji kesukaan dengan menggunakan 5 skor yang berbeda berdasarkan tingkat kesukaan. Penulis yang digunakan adalah panelis tidak terlatih.

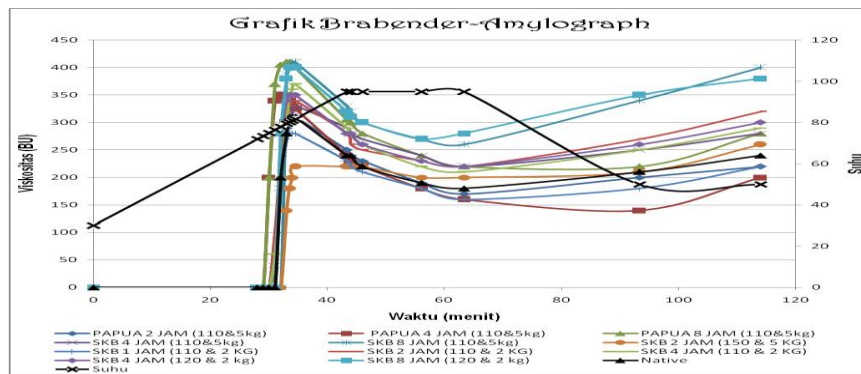
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Modifikasi HMT pati sagu pada skala 5 kg**

Analisis karakteristik gelatinisasi pati sagu termodifikasi yang diperoleh menunjukkan bahwa modifikasi HMT pada semua perlakuan dapat menurunkan viskositas puncak dan *breakdown* seperti yang disajikan pada Gambar 1. Modifikasi pati sagu dengan metode HMT dilakukan dengan cara memanaskan pati di atas suhu gelatinisasi namun dengan kadar air terbatas sehingga pati tidak tergelatinisasi tetapi hanya mengalami perubahan konformasi molekul yang disertai dengan perubahan karakteristiknya. Perubahan yang terjadi pada pati termodifikasi HMT dipengaruhi oleh kondisi modifikasi seperti suhu, kadar air, pH dan waktu, serta karakteristik awal pati seperti proporsi amilosa dan tipe kristalisasi pati.

Pada Gambar 1 terlihat bahwa pati tipe C diperoleh dengan perlakuan HMT suhu 150°C dengan waktu 2 jam pada sagu Sukabumi. Dapat dilihat pati termodifikasi HMT ini mempunyai viskositas puncak yang jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan viskositas puncak pati sagu alaminya (native). Perubahan karakteristik ini akan berhubungan dengan kemampuan pati sagu dalam menahan pembengkakan pada saat mengalami gelatinisasi. Adanya penurunan puncak

viskositas ini seiring dengan penurunan *breakdown* pati termodifikasi HMT (20 BU).



Gambar 1. Profil gelatinisasi pati sagu termodifikasi HMT sukabumi dan pati sagu termodifikasi HMT papua

Pada pati papua HMT termodifikasi belum diperoleh suhu dan waktu yang optimum untuk memperoleh pati dengan profil tipe C yang diinginkan dalam pembuatan mi. Pada Gambar 1 masih terlihat puncak viskositas yang tinggi, serta terjadinya penurunan puncak yang sangat tajam dan diiringi penurunan *breakdown* yang sangat tinggi (120 BU).

**Sineresis, swelling volume dan pati yang tidak membentuk gel**

Modifikasi HMT skala 5 kg pada kondisi yang sama terhadap pati sagu Papua dan pati sagu Sukabumi memberikan pengaruh yang berbeda. Perbedaan tersebut terletak pada persentase sineresis (%), *swelling volume*, dan fraksi pati tidak membentuk gel (Tabel 1).

Tabel 1. Sineresis, *swelling volume* dan pati tidak membentuk gel dari pati Papua dan Pati Sukabumi

Pati sagu	Sineresis (%)	Swelling volume (%)	Pati tidak membentuk gel (%)		
			Terlarut	Tersuspensi	Total
Papua alami	32.15 ± 3.71	6.1 ± 0.6	1.29 ± 0.11 <sup>a</sup>	8.04 ± 0.11 <sup>a</sup>	9.33
Papua HMT 5 kg	8.83 ± 2.66	29.76 ± 2.0	0.30 ± 0.22	2.61 ± 1.44	2.91
Sukabumi alami	16.65 ± 2.67	19.33 ± 1.5	1.7 ± 0.16	8.54 ± 2.66	10.24
Sukabumi HMT 5 kg	29.33 ± 0.29	17.00 ± 0.09	15.45 ± 0.05	1.92 ± 1.99	17.37

Modifikasi pati dengan teknik HMT menghasilkan pati dengan karakteristik tipe C pada pati sagu Sukabumi. Pati dengan tipe C mempunyai kecenderungan untuk mengalami retrogradasi yang lebih tinggi yang dapat dilihat dari besarnya peningkatan viskositas pasta pati pada saat didinginkan. Terjadinya retrogradasi diikuti dengan sineresis yaitu keluarnya air dari matrik gel pati. Pati dengan sineresis yang tinggi mudah membentuk gel yang kuat dan hal tersebut diinginkan untuk produk seperti mi sagu. Pati yang mudah mengalami retrogradasi semakin mudah mengalami sineresis.

Modifikasi HMT pada sagu Sukabumi menghasilkan pati termodifikasi dengan *swelling volume* yang lebih rendah bila dibandingkan pati alaminya. Peningkatan *swelling volume* pada pati yang digunakan untuk produksi mi tidak diinginkan karena pati dengan *swelling volume* yang tinggi cenderung menghasilkan mi dengan pembengkakan yang tinggi pada saat dimasak.

Parameter persentase fraksi pati yang tidak membentuk gel pada pati yang digunakan sebagai bahan baku mi akan terkait dengan kualitas masak mi yang dihasilkannya. Pati dengan persentase fraksi pati yang tidak membentuk gel tinggi menghasilkan mi dengan susut masak yang tinggi pula. Pati sagu Sukabumi mengalami peningkatan persentase fraksi pati yang tidak membentuk gel setelah mengalami modifikasi HMT.

Perlakuan modifikasi HMT dapat mengubah kandungan pati, amilosa dan amilopektin pati sagu. Kandungan pati, amilosa dan amilopektin pati sagu disajikan pada Tabel 2. Perlakuan modifikasi HMT terhadap pati sagu Papua maupun Sukabumi menurunkan kandungan pati. Penurunan ini kemungkinan disebabkan oleh terjadinya hidrolisis parsial selama pemanasan berlangsung. Persentase amilosa dan amilopekti pati sagu HMT Sukabumi terlihat mengalami penurunan yang proporsional. Sementara itu, pati sagu HMT Papua terlihat hanya mengalami penurunan amilosa. Kandungan amilopektin pati sagu HMT Papua mengalami peningkatan yang sangat signifikan.



Tabel 2. Kandungan pati, amilosa dan amilopektin pati sagu

Sagu	Pati (%bk)	Amilosa (%bk)	Amilopektin (%bk)
Papua Alami	88.32 ± 0.38	41.34 ± 0.36	46.97 ± 0.74
Papua HMT 5 kg	83.06 ± 0.45	20.57 ± 0.01	62.48 ± 0.44
Sukabumi alami	86.90 ± 0.76	27.22 ± 0.01	59.68 ± 0.75
Sukabumi HMT 5 kg	80.48 ± 0.08	24.23 ± 0.02	56.24 ± 0.05

### Pembuatan mi instan sagu termodifikasi HMT pada skala 5 kg

Karakteristik pati sagu yang mempunyai puncak viskositas yang tinggi, *breakdown* yang besar serta kelarutan amilosa yang tinggi menyebabkan untaian mi sagu menjadi lengket dan menyatu satu sama lain. Pada saat dilakukan ekstrusi adonan, antar untaian mi saling menyatu dan untaian mi menjadi tidak beraturan. Penyatuan untaian mi semakin tinggi pada saat mi dikukus. Selama pengukusan berlangsung, amilosa yang keluar dari granula pati yang tergelatiniasi menambah kelengketan mi. Terjadinya penyatuan untaian mi ini menyulitkan rehidrasi mi sehingga waktu rehidrasi menjadi lama dan biasanya mi hancur sebelum antar untaianya terpisah dengan baik.

Penggunaan pati termodifikasi HMT dapat mengurangi kelengketan mi sehingga mengurangi penempelan antar untaian mi. Pada proses produksi mi instan sagu termodifikasi HMT skala 5 kg terdapat beberapa titik kritis yang membuat proses produksi harus dioptimasi. Tahap kritis tersebut antara lain proses pengadukan dan pengaturan antrian untaian mi pada mesin pengukus. Proses pengadukan adonan mi tidak mungkin dilakukan secara manual dengan tangan melainkan harus dengan mesin pengaduk. Formulasi dalam skala laboratorium yang telah didapatkan pada tahun sebelumnya sulit untuk diaplikasikan pada skala yang lebih besar sehingga dalam tahap pengadukan perlu dilakukan reformulasi. Reformulasi yang dilakukan adalah dengan menambahkan sejumlah air pada adonan sehingga adonan menjadi mudah diaduk. Adonan mi yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam *multifunctional noodle machine* untuk dijadikan untaian mi. Untaian mi yang diperoleh dibentuk sesuai dengan bentuk kemasan. Untaian tersebut diatur di atas rak-rak pengukusan.

Pengukusan untaian mi menjadi tahapan kritis karena mesin pengukus hanya dapat menampung mi dalam jumlah terbatas. Mi yang belum dikukus mengalami penguapan pada permukaannya yang menyebabkan mi menjadi kering

dan kurang kompak. Oleh karena itu proses pengukusan menjadi salah satu titik kritis proses produksi mi sagu pada skala 5 kg. Untuk mencegah penguapan air dari permukaan mi sagu dilakukan dengan menutup mi dengan plastik. Mi selanjutnya dikukus pada suhu 90°C selama 2 menit. Mi yang telah dikukus dikeringkan pada suhu 60°C selama 60 menit. Mi kering yang diperoleh didinginkan kemudian dikemas dengan kemasan plastik.

Mi sagu yang diperoleh dari skala produksi 5kg dikarakterisasi untuk mengetahui kualitasnya. Karakterisasi yang dilakukan antara lain karakterisasi kimia, fisik dan organoleptik.

Karakterisasi kimia meliputi analisis komposisi nilai gizi yaitu analisis kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak dan kadar karbohidrat. Komposisi mi sagu disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi kimia mi sagu

Analisis Proksimat	Konsentrasi (bb) (%)	Konsentrasi (bk) (%)
Air	11.84 ± 0.16	13.43 ± 0.20
Abu	0.40 ± 0.02	0.45 ± 0.02
Protein	3.78 ± 0.04	4.29 ± 0.05
Lemak	0.75 ± 0.12	0.86 ± 0.14
Karbohidrat	83.23	94.40

Kadar air pada mi sagu telah memenuhi standar Codex Alimentarius mengenai standar mi instan. Menurut Codex Alimentarius (2006), standar kadar air mi yang tidak diolah dengan cara digoreng adalah maksimum 14%. Kadar abu yang sedikit menunjukkan kandungan mineral di dalam mi sagu ini sangat sedikit karena mi sagu ini memang tidak diberi penambahan atau fortifikasi mineral tertentu. Kadar abu yang rendah ini juga menunjukkan bahwa cemaran logam pada mi sagu ini sangat kecil sehingga aman untuk dikonsumsi. Kadar protein dan lemak pada mi sagu sangat rendah namun kandungan karbohidratnya sangat tinggi, karena penggunaan bahan baku yang 100% menggunakan pati sagu.

Analisis sifat fisik yang dilakukan terhadap mi sagu antara lain kualitas masak dan analisis tekstur dengan texture analyzer. Karakteristik kualitas masak dari mi sagu disajikan pada Tabel 4. Waktu yang dibutuhkan untuk merehidrasi

cukup singkat yaitu 4,5 menit sehingga dapat dikategorikan ke dalam produk instan. Berat rehidrasinya sangat besar yaitu sebesar 363,02%. Hal ini disebabkan oleh sifat pati sagu yang sangat mudah menyerap dan menyatu dengan air. Nilai KPAP yang diperoleh sangat baik yaitu  $2,28\% \pm 0,04\%$ . Jumlah padatan yang hilang selama pemasakan sangat sedikit ini menunjukkan adonan mi sagu instan yang terbentuk sangat stabil dan tidak mudah lepas pada saat direhidrasi.

Tabel 4. Karakteristik fisik mi sagu

Parameter	Nilai
Waktu Rehidrasi (menit)	$4.5 \pm 0.00$
Berat Rehidrasi (%)	$363,02 \pm 10,91$
KPAP (%)	$2.28 \pm 0.04$

Pengukuran parameter tekstur mi sagu dilakukan dengan tekstur analyzer. Informasi karakteristik tekstur mi sagu yang diperoleh dari instrument tersebut disajikan pada Tabel 5. Pengukuran profil tekstur mi sagu dilakukan pada mi sagu yang telah direhidrasi. Pada pengukuran karakteristik fisik tekstur mi sagu dengan menggunakan TPA (*Texture Profile Analysis*), nilai standar deviasi yang diperoleh cukup besar, dimana pengukuran TPA yang pertama dengan pengukuran TPA yang kedua memberikan nilai yang cukup besar rentangnya. Hal ini disebabkan oleh cepatnya pelepasan air pada mi sagu ke lingkungan, sehingga selama rentang waktu pengukuran yang pertama dengan yang kedua mi sagu cenderung mengering dan mengeras. Mi sagu memiliki karakteristik tekstur yang cukup keras, namun sangat tidak elastis dan memiliki daya kohesif yang sangat rendah. Mi sagu instan ini memiliki karakteristik sedikit lengket pada saat setelah direhidrasi, namun kelengketannya berkurang seiring dengan lamanya mi sagu didiamkan di udara terbuka.

Tabel 5. Tekstur mi sagu

Parameter	Nilai
Kekerasan (gf)	$1280.7 \pm 673.3$
Elastisitas	$1.00 \pm 0.00$
Daya Kohesif	$0.77 \pm 0.20$
Kelengketan (gf)	$-2.9 \pm 4.1$

## KESIMPULAN

Kondisi optimum modifikasi HMT pati Sukabumi pada skala 5 kg diperoleh pada kondisi suhu 150°C, kadar air 28%, waktu 2 jam dan pH netral (7). Pada kondisi tersebut, pati termodifikasi HMT yang diperoleh memiliki *breakdown* terkecil (20 BU) dan cenderung memperlihatkan pati dengan tipe C. Pati dengan karakteristik tersebut lebih berpotensi sebagai bahan baku mi bila dibandingkan dengan pati alaminya yang memiliki *breakdown* besar (350 BU) dan tergolong pati dengan tipe A. Oleh karena itu hanya pati Sukabumi termodifikasi HMT yang digunakan untuk produksi mi pada skala 5 kg. Titik kritis produksi mi pada skala 5 kg adalah tahap pengadukan dan pengukusan. Mi yang diperoleh dari optimasi proses maupun formulasi mempunyai karakteristik yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adebowale, K.O., B.I. Olu-Owolabi, O.O. Olayinka and O.S. Lawal. 2005. Effect of Heat Moisture Treatment and Annalaing on Physicochemical Properties of Red Sorghum Starch. *African Journal of Biotechnology* Vol. 4 (9), pp.928-933.
- Chen, Z. 2003. "Physicochemical Propertoies of Sweet Potato Starches and Their Application in Noodle Products", Ph.D. Thesis Wageningen University, The Netherlands.
- Codex Stan 249-2006. Codex Standard for Instant Noodles.
- Collado, L.S., and H. Corke. 1999. Heat-moisture treatment effects on sweetpotato starches differing in amylose content. *Food Chemistry*. Vol 65. Issue 3: 339-346.
- Kruger, J.E., R.B. Matsuo, J.W. Dick (Ed). 1996. "Pasta and Noodle Technology", American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, U.S.A.
- Purwani, E.Y., Widaningrum, R. Thahrir dan Muslich. 2006. "Effect of Moisture Treatment of Sago Starch on Its Noodle Quality", *Indonesian Journal of Agricultural Science* 7(1): 8 -14.
- Riley, C.K., A.O. Wheatley, H.N. Asemota. 2006. "Isolation and Characterization of Starches from Eight *Dioscorea alata* Cultivars Grown in Jamaica". *African Journal of Biotechnology* Vol. 5 (17), pp. 1528 – 1536.

- Singh S, C.S. Raina, A.S. Bawa, and D.C. Saxena. 2005. Effect of Heat-Moisture Treatment and Acid Modification on Rheological, Textural, and Differential Scanning Calorimetry Characteristics of Sweetpotato Starch. *Journal of Food Science*-Vol. 70, Nr.6: E373 – E 378.
- Wattanachant, S., K. Muhammad, D.M. Hasyim, R.A. Rahman. 2003. “Effect of Ikatan silang Reagent and Hydroxypropilation Levels on Dual-Modified Sago Starch Properties”, *Food Chemistry* 80: 463-471.
- Wattanachant, S., S.K.S. Muhammad, D.M. Hasyim, R.A. Rahman. 2002. “Characterization of Hydroxypropylated Crosslinked Sago Starch as Compared to Commercial Modified Starches”, *Songklanakarin J.Sci.Technol.* 24(3): 439-450.
- Yamazaki, K., S. Sakaguchi, and T. Soeda. 2002. “Enzyme preparations and process for producing noodles”, United States Patent 6432458. <http://www.freepatentsonline.com/6432458.html>.

**KONSTRUKSI PADI NONAROMATIK YANG BERAROMA WANGI  
MENGUNAKAN PCR BERBANTUAN MARKA GEN *BADH2***  
(Construction of Fragrant-Nonaromatic Rice Using *BADH2* Marker-Assisted  
PCR)

**Djarot Sasongko Hami Seno<sup>1)</sup>, Santoso TJ<sup>2)</sup>, TriJatmiko KR<sup>2)</sup>,  
Padmadi B<sup>3)</sup>, Praptiwi D<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup> Dep. Biokimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB

<sup>2)</sup> Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian

<sup>3)</sup> Dep. Biokimia, Fakultas Matematika dan IPA IPB

**ABSTRAK**

Tingginya permintaan pasar dan nilai komersial padi aromatik telah mendorong penelitian terkait aroma padi. Berbagai marka aromatik telah dilaporkan (Bradbury *et al.* 2005b, Lang and Buu 2008, Shi *et al.* 2008, Sakthivel *et al.* 2009). Namun selain aroma, sifat agronomi lain (produktivitas; waktu tanam; ketahanan hama dan penyakit; selektivitas area kultivasi, kemudahan tanam dan pemeliharaan; dsb.) padi aromatik tidak sebaik padi nonaromatik. Hal ini menjadi kendala bagi petani untuk menanam padi aromatik. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan pengembangan varietas Ciherang aromatik/wangi dengan sifat agronomi sebaik host Ciherang ditambah sifat aroma dari donor Mentik Wangi. Konstruksi dilakukan melalui *site-directed crossing* berbantuan PCR dengan marker gen *badh2*, untuk menghindari produk transgenik. Seleksi dilakukan menggunakan PCR dengan primer spesifik gen *badh2* (Bradbury *et al.* 2005). Pada tahun pertama (2009), DNA padi varietas nonaromatik (Ciherang) dan aromatik (Mentik Wangi, Gilirang, Pandan Wangi) diisolasi dari daun menggunakan metoda Shure *et al.* (1983), selanjutnya diamplifikasi dengan PCR menggunakan marka dan kondisi sesuai dengan yang dilaporkan oleh Bradbury *et al.* (2005). Padi aromatik yang dapat dibedakan dari padi nonaromatik kemudian disilangkan dengan padi nonaromatik Ciherang. Biji F1 kemudian ditanam, disolasi DNA nya, kemudian dianalisis dengan PCR menggunakan primer dan kondisi yang serupa. F1 yang heterozygot kemudian *backcross* dengan Ciherang, dan BC1F1 ditanam dan dianalisis PCR sebagaimana F1. Hasil analisis PCR mendapatkan bahwa hanya varietas aromatik Mentik Wangi yang dapat dibedakan dari varietas nonaromatik Ciherang, sedangkan Gilirang dan Pandan Wangi tidak. Selanjutnya Mentik Wangi digunakan sebagai donor aromatik. Analisis progeneri F1 persilangan Ciherang-Mentik Wangi, mendapatkan heterozygot F1 yang memberikan pita amplifikasi dari Ciherang dan Mentik Wangi, sebagaimana dilaporkan oleh Bradbury *et al.* (2005b). Hasil serupa juga didapatkan pada analisis progeneri BC1F1 Ciherang-Mentik Wangi. Pada tahun kedua (2010) dan ketiga (2011) akan diteruskan *backcross* hingga 4 x untuk mendapatkan BC5F1 dan *selfing* untuk mendapatkan BC5F2 homozygot (Ciherang beraroma Mentik Wangi).

Kata kunci : Ciherang, mentik wangi, aroma, tidak beraroma, *badh2*, *backcross*.

**ABSTRACT**

The high commercial value and market demand of fragrant rice have triggered a number of researches related to fragrant in rice. Various fragrant specific markers have been reported (Bradbury *et al.* 2005b, Lang and Buu 2008, Shi *et al.* 2008, Sakthivel *et al.* 2009). However, except for fragrant property, other agronomic traits (productivity; geographical location and period of cultivation; stress, insects, and diseases tolerance;

simplicity of cultivation and maintenance, etc.) of non-fragrant rice are disadvantages compare to those of fragrant rice. These have become barriers for farmer to grow fragrant rice. Therefore, Ciherang rice possessing native agronomic traits and additional fragrant property, was developed in this research. To avoid transgenic plant product, construction was carried out through site-directed crossing and using *badh2* specific marker-assisted PCR for progeny selection (Bradbury *et al.* 2005b). In the first year (2009), DNA of non-fragrant Ciherang and fragrant (Mentik Wangi, Gilirang, Pandan Wangi) rice were isolated from leaves and PCR amplified following the method as described by Shure *et al.* (1983) and Bradbury *et al.* (2005b), respectively. Fragrant rice with distinct PCR profile than that of non-fragrant Ciherang rice was then crossed to Ciherang. F1 seeds were planted, their DNA were isolated, and PCR analyzed as previous. The selected heterozygous F1 were then *backcrossed* to Ciherang, and the obtained BC1F1 were planted and analyzed as described for F1. PCR results showed that only Mentik Wangi profile was distinct compare to that of Ciherang, and therefore was selected as fragrant donor. In F1 progeny (Ciherang-Mentik Wangi) selection, heterozygous F1 with band amplification of Ciherang and Mentik Wangi, as described by Bradbury *et al.* (2005b), were obtained. The same results were obtained in BC1F1 (Ciherang-Mentik Wangi) progeny selection. In the 2nd (2010) and the 3rd (2011) year of research, BC1F1 will be further backcrossed 4 x and selfed, to obtain homozygous BC5F2 (Ciherang possessing Mentik Wangi fragrant).

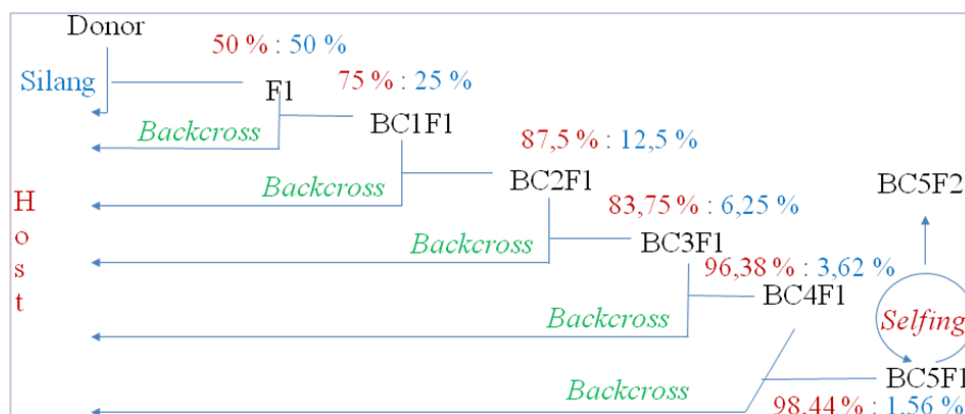
Keywords : Ciherang, mentik wangi, fragrant, non-fragrant, *badh2*, backcross.

## PENDAHULUAN

Hasil penelitian mendapatkan bahwa sifat aromatik disebabkan karena mutasi pada gen *badh2* (Bradbury *et al.* 2005a,b; Bourguis *et al.* 2008). Oleh karena itu aroma dapat diintroduksi pada padi nonaromatik melalui inaktivasi gen *badh2*nya. Inaktivasi dapat dilakukan dengan berbagai metoda rekayasa genetik seperti : ekspresi gen atau fragmen pada orientasi antisense; kloning bagian dari gen dalam konstruksi RNAi dan mengekspresikannya pada tanaman transgenik; mutagenesis melalui berbagai cara seperti TILLING (Targeting Induced Local Lesions IN Genomes), insersi tDNA, atau metoda lain yang diikuti dengan skrining PCR atau metoda lain untuk mendapatkan varian aromatik; atau kloning gen aromatik yang termutasi pada varietas nonaromatik (Wachana *et al.* 2004, Vanavichit *et al.* 2008). Namun metoda-metoda tersebut menghasilkan produk varietas tanaman transgenik yang pemasarannya terhambat dengan regulasi GMO (Genetically Modified Organism). Oleh karena itu pada penelitian ini, aromatisasi padi nonaromatik dilakukan melalui penggantian alel gen *badh2* padi nonaromatik dengan alel gen terkait dari varietas aromatik, menggunakan teknik *backcross*

(*site-directed crossing*) untuk mendapatkan turunan homozygot resesif nontransgenik.

Metoda *site-directed crossing* (Gambar 1) merupakan alternatif yang dapat digunakan untuk mengintroduksi gen atau sifat tertentu secara spesifik tanpa harus melalui rekayasa genetik yang menghasilkan tanaman transgenik (Xu *et al.* 2004, Mackill *et al.* 2007). Pada metoda ini, introgresi donor dapat diminimalisasi (~1,6 %), sehingga dapat dipertahankan sifat-sifat yang baik pada padi *host*. Pembentukan populasi hingga BC5F1 akan menghasilkan turunan dengan sifat yang mendekati 98,4 % *host* (retensi *host* maksimal) (Mackill *et al.* 2007), sehingga hanya sifat yang diinginkan (misalnya aromatik, toleransi genangan, dsb.) yang terintroduksi ke *host*. *Selfing* (pembentukan BC5F2) hanya diperlukan untuk introduksi sifat yang progeni gennya bersifat resesif (misalnya sifat aromatik), sedangkan untuk yang dominan (misalnya toleransi genangan) cukup hingga BC5F1.



Gambar 1. Diagram dan prosentase progeni gen pada *site-direct crossing*

Analisis molekuler (misalnya PCR) sangat diperlukan untuk memastikan bahwa tanaman yang akan *backcross* telah mengandung gen yang ditargetkan (Mackill *et al.* 2007) serta membantu mempersingkat tahapan penelitian. Selain itu, pada introduksi aroma, yang sifatnya resesif (Bradbury *et al.* 2005), aroma timbul jika alel gen *badh2* dalam keadaan resesif homozygot, sementara progeni *backcross* heterozygot, sehingga tidak bisa diseleksi dengan uji aroma. Varietas resesif homozygot aromatik diperoleh setelah dilakukan *selfing* untuk



mendapatkan BC5F2. Tanpa bantuan analisis molekuler, harus dilakukan selfing pada tiap generasi *backcross*, sehingga jangka waktu penelitian menjadi dua kali lebih lama.

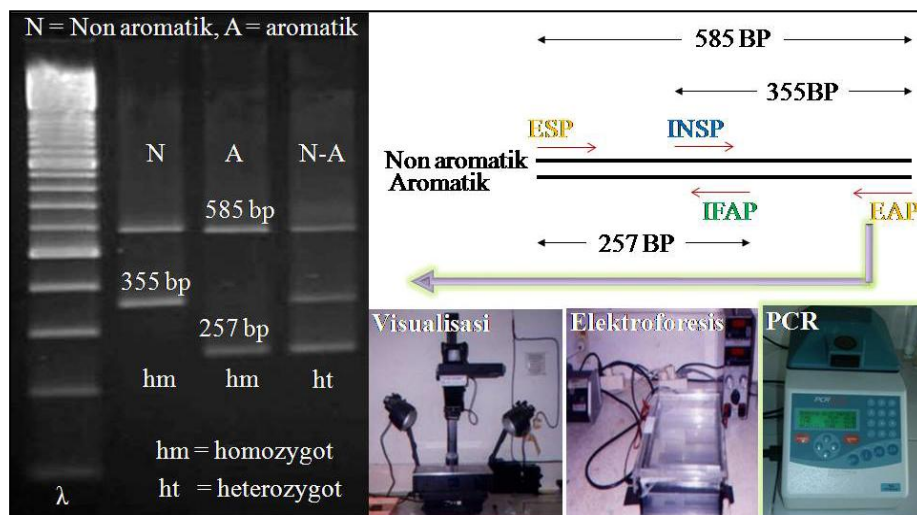
Metoda *site-directed crossing* (persilangan terarah) telah digunakan dengan nama *marker-assisted backcrossing* atau *PCR-assisted backcrossing* (Mackill *et al.* 2007, Lang and Buu 2008), namun umumnya tidak secara menyeluruh hingga turunan BC5F1 atau BC5F2, biasanya acak hingga BC3F1, BC2F2, dsb.

Berbagai metoda analisis aroma padi telah dikembangkan, diantaranya: metoda konvensional organoleptik rasa (Reinke *et al.* 1991, Petrove *et al.* 1996)/bau (Sood and Sidiq 1978, Paule and Powers 1989), bioesai enzim BADH2 (Srivong *et al.* 2008), atau deteksi 2-AP menggunakan GC (Lorieux *et al.* 1996, Widjaja *et al.* 1996)/isotop stabil (Yoshihashi 2002). Namun metoda-metoda tersebut laboratorius, sulit, kurang reliable, memakan waktu, memerlukan jumlah sampel yang banyak, dan sulit dilakukan jika jenis sampel banyak (Bradbury *et al.* 2005b). Selain itu metoda-metoda ini tidak dapat digunakan untuk penentuan aroma dalam progeni yang masih heterozygot (Bradbury *et al.* 2005a, Borquis *et al.* 2008). Marka molekuler SNPs (single nucleotide polymorphisms) atau SSRs (simple sequence repeats) yang dapat digunakan dengan mudah, cepat, dan hanya memerlukan sampel yang sedikit juga telah dikembangkan (Cordeiro *et al.* 2002), namun hanya mendeteksi keberadaan gen aromatik (*badh2*), tapi tidak dapat membedakan status gen (utuh/terdelesi) yang bersangkutan. Penemuan adanya delesi 8 bp dan 3 SNPs gen *badh2* padi aromatik varietas Jasmin dan Basmati (Bradbury *et al.* 2005a, Borquis *et al.* 2008) dibandingkan padi nonaromatik menghasilkan pengembangan marka untuk PCR, metoda identifikasi aroma yang paling praktis dan paling sensitif karena adanya aspek amplifikasi (Bradbury *et al.* 2005b). Perbedaan sekuen *badh2* padi aromatik dan nonaromatik akan menghasilkan produk amplifikasi PCR yang berbeda sehingga dapat dibedakan sampel DNA padi aromatik, nonaromatik, atau heterozygot hasil persilangan maupun *backcross* (Bradbury *et al.* 2005b). Oleh karena itu akan dapat dilacak keberadaan alel dari donor pada individu progeni di setiap generasi *backcross* dan memastikan bahwa progeni yang akan di *backcross* selanjutnya dengan host

adalah heterozygot, sehingga tidak perlu dilakukan *selfing* tiap generasi *backcross* untuk memastikan individu progeni heterozygot.

Marka aromatik Bradbury (Gambar 2) terdiri atas 2 eksternal primer (External Sense Primer/ESP dan External Antisense Primer/EAP) dan 2 internal primer (Internal Non-Fragrant Sense Primer/INSP dan Internal Fragrant Antisense Primer/IFAP). ESP dan EAP akan menghasilkan fragmen 585 bp; INSP dan EAP menghasilkan fragmen 355 bp; sedangkan ESP dan IFAP menghasilkan 257 bp (Bradbury *et al.* 2005b). Walaupun telah terbukti dapat berfungsi dengan baik pada berbagai varietas asing, tetapi belum pernah dicobakan pada varietas padi Indonesia. Dalam rangka inisiasi penelitian aroma padi di Indonesia dan sekaligus mendukung program ketahanan pangan nasional, pada penelitian ini dilakukan aplikasi marka aromatik tersebut pada aromatisasi padi nonaromatik Ciherang (tetua betina/*host*) dengan varietas donor (tetua jantan) aroma varietas Mentik Wangi/Gilirang/ Pandan Wangi).

Nama Primer	Sekuen Primer
External Sense Primer (ESP)	TTGTTTGGAGCTTGCTGAGT
Internal Fragrant Antisense Primer (IFAP)	CATAGGAGCAGCTGAAATATATACC
Internal Non-Fragrant Sense Primer (INSP)	CTGGTAAAAAGATTAGGCTTA
External Antisense Primer (EAP)	AGTGCTTTACAAAGTCCCGC



Gambar 2. Sekuen primer dan profil PCR marka aromatik Bradbury *et al.* (2005b)

## METODE PENELITIAN

Benih padi diperoleh dari BB Biogen DEPTAN (Bogor) dan BB Padi DEPTAN (Sukamandi). Primer *badh2* dari The Midland Certified Reagents Co. RNAase, bufer PCR, Fastart Taq DNA polimerase, dNTP dari Roche Diagnostics Indianapolis. Standar DNA sizer diperoleh dari Invitrogen. Agarose low EE0 dari Applichem Biochemical chemica synthesis service.

### Isolasi DNA

Isolasi DNA dilakukan dari daun muda tanaman sesuai dengan metoda Shure *et al.* (1983).

### PCR (Bradbury *et al.* 2005b)

Reaksi PCR dilakukan menggunakan mesin PTC-100 (MJ Research, inc.) pada 20 µL volume yang mengandung 1x buffer PCR (10 mM Tris-HCl pH 8,3; 50 mM KCl; 1,5 mM KCl; 1,5 mM MgCl<sub>2</sub>; 0,01% Gelatin), 200 µM masing-masing dNTP (dATP, dCTP, dGTP, dTTP), 50 ng masing-masing primer (ESP, EAP, INSP, IFAP), 50 ng DNA, dan 1 unit Taq DNA polimerase. Siklus suhu yang digunakan adalah 5 menit pada suhu 94°C untuk denaturasi permulaan, yang dilanjutkan dengan 35 siklus yang terdiri dari: 30 detik pada suhu 94°C untuk denaturasi, 30 detik pada suhu 55°C untuk penempelan primer, dan 1 menit pada suhu 72°C untuk perpanjangan primer. Perpanjangan primer terakhir selama 7 menit pada suhu 72°C.

### Elektroforesis (Bradbury *et al.* 2005b)

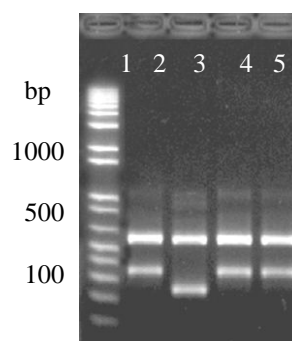
Produk PCR diseparasi pada elektroforesis gel agarose (1,0 %) dengan standar DNA sizer (Roche), kemudian divisualisasi dengan pengecatan etidium bromida (0.5 µg/ml), kemudian dilanjutkan didokumentasi (ChemiDoc EQ Gel System, BIORAD).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Seleksi donor aromatik

Profil PCR (Gambar 3) menunjukkan adanya pita *badh2* (585 bp) pada semua sampel padi, mengindikasikan bahwa gen *badh2* varietas padi Indonesia

yang dianalisis sama dengan varietas asing (Bradbury *et al.* 2005a,b; Borquis *et al.* 2008). Hanya Mentik Wangi yang dapat dibedakan dari Ciherang dan profil PCR varietas ini juga sesuai dengan didapatkan oleh Bradbury *et al.* (2005b). Adanya amplifikasi positif pita aromatik (257 bp) pada profil PCR Mentik Wangi menunjukkan pola delesi pada ekson 7 gen *badh2* varietas ini sama dengan varietas aromatik asing yang telah dilaporkan (Wanchana *et al.* 2004; Vanavichit *et al.* 2004; Bradbury *et al.* 2005a,b; Borquis *et al.* 2008; Amarawathi *et al.* 2008; Shi *et al.* 2008). Sementara profil PCR Gilirang dan Pandan Wangi tidak memberikan hasil seperti yang diharapkan, tidak ada pita aromatik (257 bp), tetapi justru memberikan pita nonaromatik (355 bp), sehingga tidak dapat dibedakan dari varietas nonaromatik Ciherang. Hal ini menunjukkan marka Bradbury tidak cocok untuk kedua varietas tersebut, serta mengindikasikan pola delesi *badh2* Gilirang dengan Pandan Wangi berbeda dengan Mentik Wangi. Selain dua kelompok mutasi gen *badh2* yang berbeda, kelompok Mentik Wangi dan kelompok Pandan Wangi/Gilirang, ada kemungkinan ditemukan pola baru delesi gen *badh2* pada Pandan Wangi/Gilirang. Adanya pola delesi baru pada exon 2 gen *badh2* padi aromatik juga telah ditemukan oleh Sakthivel *et al.* (2009). Penelitian lebih lanjut sedang dilakukan, terutama terkait rekayasa marka aromatik yang spesifik untuk varietas padi Indonesia.

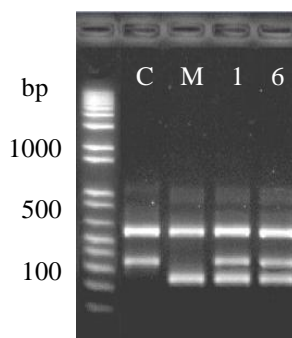


Gambar 3. Profil PCR padi nonaromatik dan aromatik 1=Marka, 2=Ciherang, 3=Mentik Wangi, 4=Gilirang, 5 = Pandan Wangi

### Profil PCR F1 Ciherang-Mentik Wangi

Varietas padi Ciherang disilangkan dengan Mentik Wangi, dan DNA benih F1 yang diperoleh diisolasi kemudian diamplifikasi PCR menggunakan primer

Bradbury *et al.* (2005b). Hasilnya (Gambar 4) didapatkan heterozygot F1 yang memberikan amplifikasi pita nonaromatik (355 bp) dari Ciherang dan pita aromatik (257 bp) dari Mentik Wangi, sebagaimana dilaporkan untuk Nipponbare dan Kyeema (Bradbury *et al.* 2005b) dan Basmati (Amarawathi *et al.* 2008). Sedangkan untuk padi aromatik Basmati dan nonaromatik Sambha Mashuri serta turunan persilangannya hingga F3 telah dilaporkan oleh Sakthivel *et al.* (2009) namun menggunakan primer aromatik yang berbeda (Badex7-5).



Gambar 4. Contoh profil PCR F1 Ciherang-Mentik Wangi, C=Ciherang, M = Mentik Wangi, 1 dan 6 = nomer F1

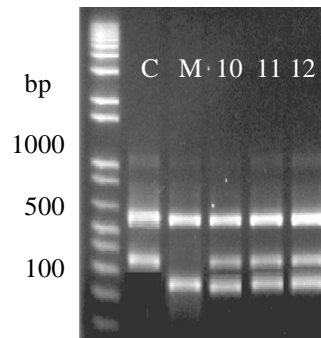
### Profil PCR BC1F1 Ciherang-Mentik Wangi

Benih F1 Ciherang-Mentik Wangi selanjutnya *backcross* dengan Ciherang, kemudian dilakukan analisis serupa dengan F1. Hasilnya (Gambar 5) juga mendapatkan progeni BC1F1 Ciherang-Mentik Wangi heterozygot. Seleksi aroma dengan RM 233 marker-assisted PCR juga telah dilaporkan untuk BC2F2 dari C53 atau C51 dengan Jasmin 85 (Lang and Bu 2008). Sementara Mackill *et al.* (2007) melaporkan keberhasilan *sub1 marker-assisted selection* pada introduksi toleransi genangan hingga BC3.

Pada umumnya penggunaan marker assisted selection/backcrossing yang telah dilaporkan ((Bradbury *et al.* 2005b, Mackill *et al.* 2007, Amarawathi *et al.* 2008, Lang and Bu 200, Sakthivel *et al.* 2009), masih acak dan belum komprehensif hingga BC5F1 atau BC5F2, seperti yang akan dilakukan pada penelitian ini.

Berdasarkan apa yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa primer Bradbury dapat digunakan untuk pengembangan varietas aromatik berbasis

Mentik Wangi, tapi tidak dapat untuk varietas aromatik Gilirang dan Pandan Wangi. Untuk varietas aromatik Indonesia yang lain perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.



Gambar 5. Contoh profil PCR BC1F1 Ciherang-Mentik Wangi C = Ciherang, M = Mentik Wangi, 10-12 = BC1F1

### KESIMPULAN

- Gen *badh2* varietas padi Indonesia sama dengan varietas padi asing.
- Terdapat dua kelompok pola delesi varietas padi aromatik Indonesia, kelompok I (Mentik Wangi) dan kelompok 2 (Pandan Wangi dan Gilirang)
- Primer Bradbury dapat membedakan padi kelompok 1 dari Ciherang.
- Primer Bradbury tidak dapat membedakan padi kelompok II dari Ciherang.
- Primer Bradbury dapat membedakan heterozygot persilangan (F1) dan *backcross* (BC1F1) Ciherang-Mentik Wangi.
- Primer Bradbury dapat digunakan untuk pengembangan varietas aromatik berbasis Mentik Wangi.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis beserta tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Kompetitif Penelitian Sesuai Prioritas Nasional Batch II Tahun Anggaran 2009 Nomor: 343/SP2H/PP/DP2M/V!/2009 tanggal 16 Juni 2009, atas dana yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat berlangsung. Selain itu juga kepada LPPM IPB, FMIPA IPB, Departemen

Biokimia IPB, dan BB Biogen DEPTAN atas kerjasama, pengelolaan administrasi, dukungan serta fasilitas SDM dan laboratorium.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amarawathi Y, Singh R, Singh AK, Singh VP, Mohapatra T, Sharma TR, Singh NK (2008) Mapping of quantitative traitloci for basmati quality traits in rice (*Oryza sativa* L.). *Mol Breed* 21:49–65. doi:10.1007/s11032-007-9108-8
- Bourgis, F, R. Guyot, H. Gherbi, E. Tailliez, I. Amabile, J. Salse, M. Lorieux, M. Delseny, and A. Ghesquière (2008) Characterization of the major fragrance gene from an aromatic *japonica* rice and analysis of its diversity in Asian cultivated rice. *Theor Appl Genet.* 117(3): 353–368.
- Bradbury LM, Fitzgerald TL, Henry RJ, Jin Q, Waters DLE (2005a) The gene for fragrance in rice. *Plant Biotech J* 3:363–370.
- Bradbury LMT, Henry RJ, Jin Q, Reinke RF, Waters DLE (2005b) A perfect marker for fragrance genotyping in rice. *Mol Breed* 16:279–283.
- Buttery RG, Ling LC, Juliano BO, Turnbaugh JG (1983) Cooked rice aroma and 2-acetyl-1-pyrroline in rice. *J Agric Food Chem* 31:823–826.
- Cordeiro GM, Christopher MJ, Henry RJ and Reinke RF (2002) Identification of microsatellite markers for fragrance in rice by analysis of the rice genome sequence. *Mol. Breed.* 9: 245–250.
- Lang NT dan Bu BC (2008) Development of pcr-based markers for aroma (*fgf*) gene in rice (*Oryza sativa* L.). *Omonrice* 16: 16-23
- Lorieux M, Petrov M, Huang N, Guiderdoni E, Ghesquière A (1996) Aroma in rice: genetic analysis of a quantitative trait. *Theor App Genet* 93:1145–1151.
- Mackill DJ, Septiningsih E, Pamploma AM, Sanches D, Iftekhar A, Masudussaman AS, Collard B, Neeraja C, Vergara G, Maghirang-Rodriquez, R, Heuer S, Ismail AM (2007) Marker assisted selection for submergence tolerance in rice. *Mol. Plant Breeding* 5: 207-208.
- Paule CM and Powers JJ (1989) Sensory and chemical examination of aromatic and non aromatic rices. *J Food Sci* 54:343–346.
- Petrov M, Danzart M, Giampaoli P, Faure J, Richard H (1996) Rice aroma analysis Discrimination between a scented and a non scented rice. *Sci Aliments* 16:347–360.
- Reinke RF, Welsh LA, Reece JE, Lewin LG and Blakeney AB (1991) Procedures for quality selection of aromatic rice varieties. *Int. Rice Res. Newslett.* 16: 10–11.

- Sakthivel K, Rani NS, Pandey MK, Sivaranjani AKP, Neeraja CN, Balachandran SM, Madhav MS, Viraktamath BC, Prasad SV, and Sundaram RM (2009) Development of a simple functional marker for fragrance in rice and its validation in Indian Basmati and non-Basmati fragrant rice varieties. *Mol. Breeding* DOI 10.1007/s11032-009-9283-x
- Shi W, Yang Y, Chen S, Xu M (2008) Discovery of a new fragrance allele and the development of functional markers for the breeding of fragrant rice varieties. *Mol. Breeding* 22: 185-192.
- Shure, M, S. Wessler, and N. Fedoroff (1983) Molecular identification and isolation of the *Waxy* locus in maize. *Cell* 35: 225-233.
- Sood BC and Sidiq EA (1978) A rapid technique for scent determination in rice. *Indian J. Genetic Plant Breed.* 38: 268–271.
- Srivong P, Wangsomnuk P and Pongdontri P (2008) Characterization of a fragrant gene and enzymatic activity of betaine aldehyde dehydrogenase in aromatic and nonaromatic thai rice cultivars. *KKU Sci. J.* 36(4): 290-301.
- Tanchotikul U and Hsieh TCY (1991) An improved method for quantification of 2-acetyl-1-pyrroline, a "popcorn"-like aroma, in aromatic rice by high-resolution gas chromatography/mass spectrophotometry/selective ion monitoring. *J. Agric. Food Chem.* 39: 944-947.
- Vanavichit A, Tragoonrung S, Toojinda T, Wanchana S, and Kamolsukyonyong W (2008) Transgenic rice plants with reduced expression of Os2AP and elevated levels of 2-acetyl-1-pyrroline. USA patent 7,319,181
- Wanchana S, Kamolsukyonyong W, Ruengphayak S, Toojinda T, Tragoonrung S, Vanavichit A (2004) Enhancing 2-acetyl-1-pyrroline synthesis in rice leaves by RNAi-mediated suppression of Os2AP converts non-aromatic to aromatic rice (*Oryza sativa* L.) Proceedings of the 1.sup.st International Conference on Rice for the Future, p. 105.
- Widjaja R, Craske JD. and Wootton M (1996) Comparative studies on volatile components of non-fragrant and fragrant rices. *J. Sci. Food Agric.* 70: 151–161.
- Yoshihashi T, Huong NTT, and Inatomi H (2002) Precursors of 2-acetyl-1-pyrroline, a potent flavour compound of an aromatic rice variety. *J Agric Food Chem* 50:2001–2004.



**PENGEMBANGAN SPESIFIKASI TEKNIS DAN ALGORITMA  
UNTUK APLIKASI PERIKANAN DAN KELAUTAN DALAM RANGKA  
PENGEMBANGAN SATELIT LAPAN-IPBSat UNTUK Mendukung  
KETAHANAN PANGAN NASIONAL**

(Specifications and Algorithms Development for Fisheries and Oceanic  
Application of Lapan-Ipbsat Satellite Development to Support National Food  
Security)

**Bisman Nababan, Setyo Budi Susilo, Djisman Manurung, James Panjaitan,  
Jonson Lumban Gaol, Syamsul B. Agus, Risti Arhatin**

Dep. Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB

**ABSTRAK**

Untuk mendukung ketahanan pangan nasional, Lembaga Antariksa dan Penerbangan Nasional (LAPAN) bersama Institut Pertanian Bogor (IPB) membangun kerjasama untuk mengembangkan, meluncurkan, dan operasional sebuah satelit mikro yang disebut LAPAN-IPBSat. Untuk mencapai tujuan kegiatan ini maka diperlukan studi awal khususnya untuk pengembangan spesifikasi teknis dan algoritma untuk aplikasi perikanan dan kelautan. Spesifikasi teknis untuk satelit LAPAN-IPBSat pada tahap awal menggunakan empat band yaitu: band 1 (450 – 520 nm (biru)), band 2 (520 – 600 nm (hijau)), Band 3 (630 – 690 nm (merah)), dan Band 4 (760 – 900 nm (infra merah dekat)). Pemanfaatan satelit ini masih difokuskan untuk wilayah daratan dan pesisir. Khusus untuk aplikasi perikanan dan kelautan, diharapkan dapat dikembangkan satelit LAPAN-IPBSat yang dapat mendeteksi tiga unsur utama oseanografi (suhu permukaan laut, konsentrasi klorofil-a, dan dinamika ketinggian muka laut) sekaligus. Satelit ini diharapkan dapat memiliki spesifikasi teknis yang mencakup sinar tampak, near infrared, thermal infrared, dan radar. Dalam pengembangan algoritma untuk estimasi suhu permukaan laut perlu dipisahkan antara algoritma untuk estimasi suhu permukaan laut pada malam hari dan siang hari dan meningkatkan tingkat akurasi pendugaan dengan mengurangi error akibat pengaruh awan tipis di atmosfer. Untuk mendapatkan algoritma untuk estimasi suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a yang lebih akurat untuk perairan Indonesia diperlukan data in situ yang lebih banyak dan menyebar.

Kata Kunci: LAPAN-IPBSat, spesifikasi satelit, algoritma, SPL, klorofil-a.

**ABSTRACT**

To support the national food security, the National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN) cooperates with Bogor Agricultural University (IPB) to develop, launch, and operate a micro satellite called LAPAN-IPBSat. To achieve this activity is required early studies especially for the development of technical specifications and algorithms for fisheries and oceanic applications. Technical specifications for the LAPAN-IPBSat Satellite in the early stages use four bands: band 1 (450 to 520 nm (blue)), band 2 (520 to 600 nm (green)), Band 3 (630 to 690 nm (red)), and Band 4 (760 to 900 nm (near infrared)). This satellite is focused on land and coastal applications. For fisheries and oceanic applications, it is expected to develop LAPAN-IPBSat that can detect the three main elements of oceanography (sea surface temperature, chlorophyll-a concentration, and the dynamics of sea-level height) at the same time. The satellite is expected to have technical specifications that includes visible light, near infrared, thermal infrared, and radar. In the development of algorithms to estimate sea surface temperatures, it is needed

to separate the algorithms for night-time and day-time and increase the algorithms accuracy by reducing errors due to the influence of thin clouds in the atmosphere. To get more accurate algorithms to estimate sea surface temperature and chlorophyll-a concentration for Indonesian waters, more in situ data are needed.

Keywords: LAPAN-IPBSat, satellite specifications, algorithms, SST, chlorophyll.

## PENDAHULUAN

Ketersediaan ikan yang cukup merupakan salah satu unsur penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional karena ikan merupakan sumber protein yang tinggi dengan kandungan kolesterol yang rendah. Tingkat konsumsi ikan masyarakat Indonesia pada saat ini masih rendah bila dibandingkan dengan tingkat konsumsi ikan dari negara-negara ASEAN dan sangat rendah bila dibandingkan dengan negara-negara maju seperti Eropa dan Amerika. Hal ini disebabkan karena ketersediaan ikan yang relatif terbatas dan harga ikan yang relatif tinggi.

Produksi perikanan tangkap (laut) khususnya ikan-ikan besar pada dekade ini mengalami penurunan drastis (hampir 90% penurunan) semenjak lahirnya industri perikanan sekitar 50 tahun yang lalu (Myers and Worm, 2003). Masalah lain yang mempengaruhi produksi perikanan tangkap ini adalah meningkatnya harga bahan bakar minyak (BBM) dimana hampir 50% dari biaya operasi penangkapan ikan oleh para nelayan digunakan untuk pembelian BBM. Disamping itu, para nelayan kita masih menggunakan teknologi tradisional yang belum bisa mengikuti kemajuan teknologi yang ada seperti belum dilengkapinya dengan Global Positioning System (GPS), dan alat komunikasi lainnya seperti internet. Penurunan produksi ikan ini akan berpengaruh langsung terhadap ketahanan pangan nasional sehingga diperlukan efisiensi dan efektifitas penangkapan ikan. Untuk mengetahui lokasi-lokasi perikanan potensial di laut diperlukan data pendukung yang akurat, *near real time*, dan berkesinambungan seperti suhu permukaan laut (SPL), konsentrasi klorofil-a, ketinggian permukaan laut, arus permukaan, salinitas, lokasi front dan upwelling (Choudury *et al.*, 2007; Lumban Gaol, 1999; 2009; Myers and Hick, 1990, Pudavol and Siregar, 2006).

Data satelit untuk SPL dapat diperoleh melalui satelit NOAA-AVHRR (The National Oceanic and Atmospheric Administration-Advanced Very High

Resolution Radiometer) dengan resolusi spasial 1.1 km<sup>2</sup>, konsentrasi klorofil-a dapat diperoleh dari satelit SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor) dengan resolusi spasial 1.1 km<sup>2</sup> dan MODIS (MODerate resolution Imaging Spectroradiometer) dengan resolusi spasial 250 m<sup>2</sup> dan 1.1 km<sup>2</sup>, serta ketinggian permukaan air laut dapat diperoleh dari satelit TOPEX/POSEIDON (TOPOgraphy EXperiment-Poseidon). Khusus untuk SPL dan konsentrasi klorofil-a, ketersediaan data untuk perairan Indonesia menjadi sangat terbatas mengingat tingkat keawanan yang relatif tinggi di Indonesia. Resolusi spasial yang relatif rendah membuat data satelit ini kurang dapat memberikan fenomena yang jelas khususnya di daerah pesisir dan pulau-pulau kecil. Algoritma yang digunakan untuk pendugaan SPL, konsentrasi klorofil-a, dan ketinggian permukaan air laut untuk daerah Indonesia sampai saat ini masih menggunakan algoritma global sehingga kurang tepat menggambarkan kondisi perairan Indonesia.

Untuk dapat memperoleh gambaran fenomena oseanografi yang lebih detail untuk perairan Indonesia maka dibutuhkan satelit baru dengan resolusi yang relatif tinggi dan periode ulang (visiting time) yang lebih sering dibandingkan dengan satelit yang sudah tersedia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji dan mengembangkan spesifikasi teknis untuk satelit mikro LAPAN-IPBSat khususnya untuk aplikasi perikanan dan kelautan dalam mendukung ketahanan pangan nasional. Pada penelitian ini juga dilakukan studi awal terhadap pengembangan algoritma SPL dan konsentrasi klorofil-a untuk perairan Indonesia.

## **METODE PENELITIAN**

### **Pengembangan Spesifikasi Teknis untuk Aplikasi Kelautan**

Spesifikasi teknis untuk aplikasi kelautan merupakan langkah awal yang akan dipelajari dan dikembangkan sesuai dengan kesediaan dana dan teknologi. Spesifikasi teknis ini akan disesuaikan dengan spesifikasi teknis yang akan dikembangkan untuk aplikasi lainnya khususnya daratan. Spesifikasi teknis yang dikembangkan akan difokuskan kepada tingkat resolusi spasial, lebar dan panjang gelombang bandwidth kanal-kanal yang digunakan untuk aplikasi kelautan. Metode yang digunakan untuk pengembangan spesifikasi teknis ini adalah metode

literature research, diskusi dalam satu tim peneliti dan dengan tim peneliti lain serta tim teknis dari LAPAN. Disamping itu, pengembangan spesifikasi teknis ini juga disesuaikan dengan dana dan kemampuan LAPAN dari segi teknis dan sarana serta prasarana yang dimiliki oleh LAPAN.

### **Pengembangan Algoritma untuk Aplikasi Perikanan dan Kelautan**

Studi awal terhadap pengembangan algoritma untuk aplikasi kelautan akan difokuskan kepada dua parameter utama yaitu suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a. Algoritma untuk pendugaan suhu permukaan laut sudah banyak dikembangkan khususnya untuk global area coverage (GAC) dan local area coverage (LAC) dengan ketelitian sampai  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  contohnya MCSST algoritma (Multichannel Sea Surface Temperature), PFSST algoritma (PathFinder Sea Surface Temperature), dan operasi NOAA/AVHRR SST algoritma (Brown *et al.*, 1993; McClain *et al.*, 1985; Wick *et al.*, 1992; Walton *et al.*, 1998). Namun demikian, Algoritma ini umumnya diuji pada lintang menengah dan tinggi sehingga khusus untuk perairan Indonesia perlu dikembangkan algoritma lokal.

Dalam pengembangan algoritma untuk pendugaan suhu permukaan laut untuk wilayah perairan Indonesia akan dilakukan beberapa uji coba terhadap beberapa algoritma dan hasil yang akan lebih akurat akan dipakai sebagai produk akhir. Sebelum pengembangan algoritma dilakukan, proses koreksi atmosfer khususnya akibat pengaruh awan seperti awan cirrus atau sejenisnya harus dilakukan. Hal ini dapat dilakukan dengan uji coba secara random terhadap data *in situ* dan setelah melakukan banyak uji coba maka nantinya akan diperoleh gambaran umum akan nilai dugaan suhu permukaan laut akibat pengaruh awan tipis ini. Setelah uji faktor pengaruh atmosfer selesai, pengembangan algoritma untuk pendugaan suhu permukaan laut dapat dilakukan melalui uji regresi linier atau non-linier terhadap nilai-nilai hasil estimasi satelit bebas awan terhadap nilai-nilai *in situ*. Dari hasil ini akan diperoleh koefisien-koefisien terhadap persamaan yang diuji beserta nilai *rms (root mean square) errors*.

Dengan menggunakan koreksi atmosferik yang sudah ada, pengembangan algoritma untuk pendugaan konsentrasi klorofil-a dapat dilakukan dengan metode empirik dengan menghubungkan data *in situ* dan data hasil estimasi dari satelit. Algoritma yang digunakan untuk menduga konsentrasi klorofil-a ini adalah

OC2v2, OC4v4, OC3M (Maritorena and O'Reilly, 2000), dan algoritma Carder *et al.* (1999). Data *in situ* untuk validasi akan menggunakan data hasil-hasil penelitian terdahulu maupun data-data dari buoy yang berasal dari perorangan, institusi, serta hasil pengukuran langsung di lapangan. Pengambilan data *in situ* secara langsung dilakukan di Teluk Jakarta dan sekitar Kepulauan Seribu. Data-data satelit berupa suhu permukaan laut dari NOAA AVHRR dan MODIS diharapkan diperoleh dari LAPAN dengan resolusi maksimum.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Spesifikasi Teknis Satelit untuk Aplikasi Kelautan dan Perikanan**

Dalam kegiatan pengembangan spesifikasi teknis satelit IPB-LAPANSat untuk aplikasi perikanan dan kelautan, beberapa pertemuan teknis antara pihak IPB dengan LAPAN sudah dilakukan mengingat dalam pengembangan spesifikasi teknis ini harus menyamakan persepsi, keinginan, kemampuan, dan dana yang tersedia antara LAPAN dan IPB. Pertemuan maupun diskusi telah dilakukan beberapa kali baik di kantor IPB maupun di kantor LAPAN, Rumpin-Bogor.

Dalam proposal awal, ada kesepakatan antara IPB dan LAPAN bahwa peluncuran satelit IPB-LAPANSat akan membawa misi darat dan laut dalam satu paket. Namun dalam perkembangannya dan melihat kapasitas dan kemampuan LAPAN, maka disepakati bahwa untuk tahap pertama akan dikembangkan satelit IPB-LAPANSat untuk mendukung ketahanan pangan untuk daratan dan wilayah pesisir yang direncanakan diluncurkan pada tahun 2012. Dalam pertemuan-pertemuan tersebut juga telah disepakati bahwa dalam tahap kedua nanti akan dikembangkan dan diluncurkan satelit IPB-LAPANSat untuk mendukung ketahanan pangan bidang perikanan dan kelautan untuk memperoleh hasil yang maksimal serta direncanakan dapat diluncurkan pada tahun 2014-2015.

Spesifikasi teknis yang disepakati untuk Satelit LAPAN-IPBSat tahap awal mempunyai muatan misi kamera penginderaan jauh multispektral yang memiliki 4 band spektral dengan resolusi permukaan bumi sekitar 10 meter dan cakupan sekitar 70 km dengan susunan band spektral adalah sebagai berikut:

- a. Band 1: 450 – 520 nm (biru). Band ini memiliki penetrasi tubuh air, pemetaan perairan pantai, membedakan tanah dari vegetasi serta pepohonan berdaun

lebat dan berdaun jarum. Pada kisaran panjang gelombang paling bawah pada band ini memiliki puncak transmisi pada massa air bersih, dan kisaran panjang gelombang paling atas merupakan batas sinar biru untuk absorpsi klorofil untuk vegetasi hijau yang sehat (Jensen, 2005).

- b. Band 2: 520 – 600 nm (hijau)
- c. Band 3: 630 – 690 nm (merah)
- d. Band 4: 760 – 900 nm (infra merah dekat)

Spektral Band 1, 2, dan 4 berguna bagi pemantauan sumber daya dan lingkungan pantai dan pesisir di Indonesia, terutama dengan tujuan pengamatan terumbu karang dan sumber daya pantai dan pesisir. Sedangkan Band 2, 3, dan 4 digunakan bagi pemantauan sumber daya pertanian, kehutanan, dan sumber daya alam darat lainnya. Pengembangan satelit dan muatan satelit akan dilaksanakan bersama oleh LAPAN dan IPB. Satelit IPB-LAPAN akan dilengkapi dengan sistem *thruster* satelit untuk mempertahankan posisi orbit satelit.

Satelit LAPAN-IPBSat khusus untuk aplikasi perikanan dan kelautan diharapkan dapat dikembangkan dan diluncurkan pada tahap berikutnya (2014-2015). Dari hasil studi ini diharapkan satelit LAPAN-IPBSat untuk aplikasi perikanan dan kelautan seyogianya dapat mendeteksi tiga unsur oseanografi utama seperti SPL, konsentrasi klorofil-a, dan ketinggian muka laut untuk dapat menyediakan data dan/atau mendeteksi daerah potensial perikanan. Untuk dapat memperoleh ketiga data oseanografi tersebut diatas sekaligus maka satelit LAPAN-IPBSat untuk aplikasi perikanan dan kelautan harus memiliki spesifikasi teknis multispektral yang mencakup sinar tampak, near infrared, thermal infrared, dan radar. Spesifikasi teknis ini akan didiskusikan lebih lanjut dengan pihak LAPAN dan IPB untuk mendapatkan spesifikasi teknis yang dapat memenuhi kebutuhan pengguna dan dapat didukung dengan sarana dan prasarana yang ada.

Masalah utama yang timbul dalam pengukuran SPL di perairan Indonesia melalui estimasi satelit NOAA AVHRR adalah relatif tingginya tutupan awan sepanjang tahun sehingga tampilan suhu permukaan laut dari hasil pengukuran satelit ini menjadi sangat minim (lebih sedikit data yang tersedia karena tutupan awan yang besar sepanjang tahun). Untuk itu diperlukan penelitian estimasi SPL dari satelit radar yang tidak dipengaruhi oleh tutupan awan. Penelitian SPL dari

satelit radar ini masih belum banyak dilakukan sehingga informasi terhadap tingkat akurasi estimasi SPL dari satelit radar ini masih minim. Sehingga penelitian untuk menggabungkan satelit sensor near infrared dan thermal infrared (NOAA AVHR) dengan satelit radar untuk estimasi SPL khususnya untuk wilayah tropis menjadi sangat penting.

### **Pengembangan Algoritma untuk Estimasi SPL dan Konsentrasi Klorofil-a untuk Perairan Indonesia**

Untuk kegiatan pengembangan algoritma estimasi SPL dan konsentrasi klorofil-a untuk perairan Indonesia pada penelitian ini dilakukan pengumpulan data *in situ* SPL dan konsentrasi klorofil-a baik dari perorangan maupun institusi dari tahun-tahun sebelumnya sampai pada sekarang ini. Diharapkan data *in situ* ini dapat diperoleh pada kisaran waktu paling tidak 10 tahun dan tersebar pada seluruh perairan Indonesia. Pada penelitian ini juga dilakukan pengambilan data lapangan secara langsung dari perairan Teluk Jakarta dan Perairan Sekitar Kepulauan Seribu. Suhu permukaan laut pada siang hari di perairan Teluk Jakarta tanggal 7-11 Oktober 2009 berada pada kisaran 30,2°C – 32,0°C dengan kisaran nilai salinity pada 32,8 – 33,6. Dari hasil data lapangan ini diperoleh bahwa nilai suhu permukaan laut secara umum semakin tinggi pada lokasi yang semakin jauh dari Teluk Jakarta. Pada lokasi suhu permukaan yang relatif lebih tinggi ditemukan nilai salinitas yang relatif lebih rendah dan lokasi ini terdapat pada perairan yang relatif jauh dari Teluk Jakarta. Hal ini menjadi menarik untuk dipelajari lebih detail untuk mengetahui proses oseanografi pada daerah ini.

Data satelit untuk SPL diambil dari LAPAN atau NOAA. Data satelit yang diambil adalah *raw data* (belum dalam bentuk data suhu permukaan laut) namun sudah dilakukan koreksi geometrik. Algoritma yang dikembangkan untuk estimasi suhu permukaan laut berupa algoritma yang biasanya digunakan untuk estimasi suhu permukaan laut seperti MCSST dan Pathfinder. Algoritma Pathfinder untuk estimasi suhu permukaan laut didasarkan pada algoritma non-linear SST (NLSST) yang dikembangkan oleh Walton (1988) dan Walton *et al.* (1998) dimana gamma diasumsikan bernilai proporsional terhadap nilai SPL dugaan pertama (yang dapat diperoleh dari berbagai metode) dengan formula sebagai berikut:

$$SST_{sat} = a + b T_4 + c (T_4 - T_5) SST_{guess} + d (T_4 - T_5) (\sec(\rho) - 1),$$

Dimana  $SST_{sat}$  adalah nilai estimasi SPL dari satelit,  $T_4$  dan  $T_5$  adalah nilai suhu kecerahan dalam AVHRR band 4 and 5,  $SST_{guess}$  adalah nilai suhu permukaan laut dugaan pertama, dan  $\rho$  adalah nilai sudut zenith satelit. Coefficients  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , dan  $d$  diperoleh dari regresi analisis menggunakan data *in situ* dan satelit (*matchups*).

Dari hasil penelitian ini ditemukan adanya perbedaan nyata terhadap tingkat akurasi estimasi SPL antara siang dan malam hari. Hal ini mungkin terjadi karena faktor koreksi atmosfer yang kurang akurat. Dengan demikian, untuk meningkatkan tingkat akurasi estimasi suhu permukaan laut dari satelit, pengembangan algoritma estimasi suhu permukaan laut untuk siang dan malam hari perlu dilakukan.

Perairan Indonesia relatif unik dibandingkan dengan perairan sub-tropis atau lintang tinggi karena perairan Indonesia terletak pada daerah equator dan tropis, tidak memiliki perbedaan iklim yang nyata sepanjang tahun seperti daerah lintang tinggi, memiliki tingkat pemanasan yang relatif tinggi serta ditutupi banyak awan, mendapat banyak input (pengaruh langsung) dari aliran sungai dari daratan, dan terdapat banyak pulau. Akibatnya konsentrasi klorofil-a di perairan Indonesia ini sangat banyak dipengaruhi oleh masukan dari sungai-sungai yang bermuara ke lautan. Disamping itu, konsentrasi klorofil-a hasil pendugaan dari satelit menjadi sangat terpengaruh oleh kondisi perairan Indonesia yang banyak dipengaruhi oleh aliran sungai dan pulau-pulau yang terdapat di atasnya.

Mengingat banyaknya pulau-pulau yang terdapat pada perairan Indonesia yang mengakibatkan garis pantai Indonesia menjadi relatif panjang akan mempengaruhi akurasi estimasi konsentrasi klorofil-a dari satelit. Nababan (2005; 2009) menjelaskan tingkat kesalahan estimasi konsentrasi klorofil-a dari *Ocean Color Sensor Satelit* dapat mencapai hingga 300% khususnya di daerah pesisir karena banyak dipengaruhi oleh bahan organik terlarut berwarna maupun bahan organik lainnya serta pantulan dari dasar perairan. Untuk itu pengembangan algoritma regional untuk estimasi konsentrasi klorofil-a dari satelit SeaWiFS maupun MODIS khususnya untuk perairan Indonesia sangat urgent dilakukan.



Pada penelitian ini telah dilakukan upaya pengumpulan data-data *in situ* untuk konsentrasi klorofil-a dari seluruh perairan Indonesia baik dari individu maupun instansi terkait. Selain itu juga dilakukan pengambilan data *in situ* untuk konsentrasi klorofil-a secara langsung yang difokuskan pada perairan Teluk Jakarta dan Sekitar Kepulauan Seribu. Untuk data satelit SeaWiFS dan MODIS sudah dilakukan upaya kerjasama dengan pihak LAPAN dan BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) untuk dapat memperoleh data SeaWiFS maupun MODIS mulai dari *raw data* (level 0) sampai *geophysical data* (konsentrasi klorofil-a) (level 1-3). Data-data meteorologi pada hari terkait juga dibutuhkan untuk digunakan dalam analisis koreksi atmosfer.

Hambatan dan masalah yang paling besar dihadapi dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sulitnya mendapatkan data lapangan dan satelit untuk SPL dan konsentrasi klorofil-a baik dari individu maupun dari institusi terkait lainnya. Belum terbiasanya programmer kita dalam LINUX operating system terutama dalam IDL sehingga memperlambat pengembangan program-program terkait kepada processing data satelit dan pengembangan algoritmanya.

## KESIMPULAN

Spesifikasi teknis untuk pengembangan satelit LAPAN-IPBSat tahap awal dalam rangka mendukung ketahanan pangan nasional menggunakan empat band yaitu: band 1 (450 – 520 nm (biru)), band 2 (520 – 600 nm (hijau)), Band 3 (630 – 690 nm (merah)), dan Band 4 (760 – 900 nm (infra merah dekat)). Spektral Band 1, 2, dan 4 berguna bagi pemantauan sumber daya dan lingkungan pantai dan pesisir di Indonesia, terutama dengan tujuan pengamatan terumbu karang dan sumber daya pantai dan pesisir. Sedangkan Band 2, 3, dan 4 digunakan bagi pemantauan sumber daya pertanian, kehutanan, dan sumber daya alam darat lainnya. Satelit ini direncanakan diluncurkan pada tahun 2012.

Untuk aplikasi kelautan dan perikanan, diharapkan dapat dikembangkan satelit yang dapat mendeteksi tiga unsur utama oseanografi (suhu permukaan laut, konsentrasi klorofil-a, dan dinamika ketinggian muka laut) sekaligus. Satelit ini diharapkan dapat memiliki spesifikasi teknis yang mencakup sinar tampak, *near infrared*, *thermal infrared*, dan radar. Dari satelit ini juga diharapkan

pengembangan estimasi suhu permukaan laut berdasarkan data radar dan near-infra red dan thermal dari satelit lain.

Untuk meningkatkan akurasi algoritma estimasi suhu permukaan laut perlu dipisahkan antara algoritma untuk malam hari dan siang hari serta mengurangi efek hamburan atmosfer atau awan tipis di atmosfer. Diperlukan data *in situ* yang lebih banyak dan menyebar untuk perairan Indonesia untuk menghasilkan algoritma yang lebih akurat untuk estimasi suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a pada wilayah perairan Indonesia.

Disarankan juga agar dapat dibentuk sebuah institusi bersifat nasional yang dapat berfungsi sebagai "bank data" khususnya untuk data bio-optik dan data oseanografi pendukung. Dengan adanya "bank data" maka setiap peneliti diharuskan untuk mencatatkan data hasil penelitiannya disana untuk dapat diakses secara bersama dan gratis oleh para peneliti ataupun anggota masyarakat lainnya.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional atas bantuan dana untuk pelaksanaan penelitian ini melalui DIPA IPB no: 10/I3.24.4/SPK/BG-PSN/2009. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, IPB beserta stafnya yang telah membantu kelancaran proses administrasi dan keuangan untuk pelaksanaan penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Brown J. W., O. B. Brown, and R. H. Evans, 1993. Calibration of AVHRR Infrared channels: a new approach to non-linear correction, *Journal of Geophysical Research*, 98 (NC10), 18257-18268.
- Carder, K. L., F. R. Chen, Z. P. Lee, S. K. Hawes, and D. Kamykowski. 1999. Semianalytic moderate-resolution imaging spectrometer algorithms for chlorophyll-a and absorption with bio-optical domains based on nitrate depletion temperatures. *Journal Geophysical Research*, 104:5403-5421.
- Choudury, S.B., B. Jena, M.V. Rao, K.H. Rao, V.S. Somvanshi, D.K. Gulati, and S. K. Sahu. 2007. Validation of integrated potential fishing zone (IPFZ)

- forecast using satellite based chlorophyll and sea surface temperature along the east coast of India. *Int. J. of Remote Sensing*, 28(12):2683-2693.
- Lumban Gaol. 2009. Sensor Ocean Color Memantau Klorofil Fitoplanton Perairan Indonesia lebih dari 10 tahun (1997-2008), *Prosiding Semiloka Geomatika-SAR Nasional 2009*. CRESTPENT Press. Bogor. 81-88.
- Lumban Gaol, J. 1999. Distribution of chlorophyll-a concentration from Satellite CZCS imageries and its relationship against Tuna catch in southern Java water, Proceedings, Annual Meeting of Conference of Indonesian Surveyor Association.
- Maritorea, S. and J.E. O'Reilly. 2000. OC2v2: Update on the initial operational SeaWiFS chlorophyll *a* algorithm. In: J.E. O'Reilly and co-authors, SeaWiFS Postlaunch Calibration and Validation Analyses, Part 3. *NASA Tech. Memo. 2000-206892, Vol. 11*, S.B. Hooker and E.R. Firestone, Eds., NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, 3-8.
- McClain E. P., W. G. Pichel, and C. C. Walton, 1985. Comparative performance of AVHRR based multichannel sea surface temperatures, *Journal of Geophysical Research* 90, 11587-11601.
- Myers, R. A. and B. Worm. 2003. Rapid Worldwide Depletion of Predatory Fish Communities. *Nature*, 423:280-283.
- Myers, D. G. and Hick, P. T. 1990. An application of sea surface temperature data to the Australian fishing industry in near real-time. *International Journal of Remote Sensing*, 11:2103-2112.
- Nababan, B. 2005. Bio-optical Variability of the Surface Waters in the Northeastern Gulf of Mexico. Dissertation, College of Marine Science, University of South Florida, 158pp.
- Nababan, B. 2009. Comparison of Chlorophyll Concentration Estimation Using Two Different Algorithms and the Effect of Colored Dissolved Organic Matter. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, 5:92-101.
- O'Reilly, J. E., S. Manitorea, B. G. Mitchell, D. A. Siegel, K. L. Carder, S. A. Garver, and C. R. McClain. 1998. Ocean color chlorophyll algorithm for SeaWiFS. *J. Geophys. Res.*, 103(C11):24,937-24,953.
- Puvadol, D. and Siregar, V. 2006. Assessment of Coastal Landuse Change in Banten Bay, Indonesia Using Different Change Detection Methods, *Biotropia* Vol 13 No.2
- Walton, C.C. 1988. Nonlinear multichannel algorithm for estimating sea surface temperature with AVHRR satellite data. *Journal of Applied Meteorology* 27: 115-124.

- Walton, C.C., W. G. Pichel, J.F. Sapper, and D.A. May. 1998, The development and operational application of nonlinear algorithms for the measurement of sea surface temperatures with the NOAA polar-orbiting environmental satellites, *Journal of Geophysical Research*, 103: (C12) 27999-28012.
- Wick, G.A., W.J. Emery and P. Schluessel. 1992. A comprehensive comparison between satellite-measured skin and multichannel sea surface temperature. *Journal of Geophysical Research* 97: 5569–5595

**IMPLEMENTASI SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS AIR DAN KONDISI EKSTRIM PADA BUDIDAYA SUPER INTENSIF IKAN NILA**  
(Implementation of water quality monitoring and extreme condition for Nila fish Super-intensive culture)

**Ayi Rahmat**

Dep. Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB

**ABSTRAK**

Pola perikanan intensif dengan padat tebar tinggi memungkinkan perubahan kualitas perairan yang semakin menurun dari waktu ke waktu dan oleh karena itu penanganan terhadap kualitas perairan menjadi agenda utama disamping pemberian pakan dan asupan nutrisi. Parameter-parameter yang mempengaruhi terhadap perkembangan ikan budidaya, diantaranya adalah suhu, salinitas, kecerahan perairan (turbiditas), derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (*Disolved Oxygen*), hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), amoniak, kadar karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dalam air, Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), kandungan organik matter terlarut seperti fitoplankton dan zooplankton. Parameter-parameter tersebut memiliki nilai optimum yang harus dipertahankan agar perkembangan dan kesehatan ikan budidaya tetap prima. Sistem yang dikembangkan dibagi kedalam dua sistem utama yaitu sistem pengirim dan sistem penerima data. Pada sistem pengirim digunakan transmisi data menggunakan sistem telemetri radio ICOM V82 ditambah dengan modul digital UT 118, dengan penguat 7 Watt sehingga dapat mencapai radius 4 KM apabila tidak ada halangan/gangguan arah rambatan gelombang secara *line of sight* ke segala arah (*omnidirectional*). Catu daya pada sistem pengirim menggunakan solar panel. Sebagai sistem penerima digunakan juga modul telemetri radio ICOM V82 yang dilengkapi juga dengan UT-118 yang terhubung langsung ke komputer server melalui port USB. Pada komputer server telah dirancang software penerima dengan menggunakan Visual Basic 6.0 untuk tampilan secara real time yang dilengkapi dengan GUI (*graphical user interface*). Pengujian terhadap rentang jangkauan sistem transmisi sudah dilaksanakan kemudian integrasi keseluruhan sistem juga sudah dilakukan dengan mengintegrasikannya dalam sebuah platform.

Kata Kunci : Sistem peringatan dini, sistem pengirim, sistem penerima.

**ABSTRACT**

Water quality measurement is being main agenda in fisheries intensification pattern, because of fast changes in water column whices the culture organism live. The physical and chemical parameter influence for fish culture growing are temperature, salinity, turbidity, pH, disolved oxygen, hydrogen sulfida, CO<sub>2</sub>, Sulfur diocside (SO<sub>2</sub>), dissolved organic matter like phitoplankton and zooplankton. These parameters has an optimum value and need to stabilize in normal and best condition for good living for the culture organism. In this research develop a technic for water quality monitoring and devided in two main system are transmitting system and receiving system. Transmitting system using telemetry radio ICOM V82 and digital system UT 118 with 7 Watt amplifier for line of sight receiver in 4 kilometer range omnidirectional. Solar panel using for the main power in this system. Receiving system using telemetry modul system ICOM V82 and UT118 connected to the computer server. In the computer server develop receiving software for data acquisition and graphical user interface (GUI). Testing for the range of receiving data and integrating system into platform has been succesfully done.

Keywords : Early warning system, transmissission system, Receiving system.

## PENDAHULUAN

Pemantauan kualitas perairan untuk kegiatan budidaya perikanan lazim dilakukan oleh pembudidaya ikan mengingat kapasitas pendukung (*carying capacity*) bagi usaha-usaha budidaya terutama dalam hal kualitas air semakin menurun dan tingkat pencemaran perairan yang semakin tinggi akibat aktivitas manusia. Perlu dilakukan pemilihan sumber air yang belum tercemar untuk melakukan kegiatan budidaya tersebut <sup>[1]</sup>. Pola perikanan intensif dengan padat tebar tinggi memungkinkan perubahan kualitas perairan yang memerlukan penanganan serius dan menjadi agenda utamanya disamping pemberian pakan dan asupan nutrisi.

Banyak sekali penelitian yang sudah dilakukan dalam kaitannya dengan kualitas perairan dalam hubungannya dengan kegiatan budidaya perikanan, sehingga diketahui parameter-parameter yang mempengaruhi terhadap perkembangan ikan budidaya, diantaranya adalah suhu, salinitas, kecerahan perairan (turbiditas), derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (*Disolved Oxygen*), hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), amoniak, kadar karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dalam air, Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), kandungan organik matter terlarut seperti fitoplankton dan zooplankton. Parameter-parameter tersebut memiliki nilai optimum yang harus dipertahankan agar perkembangan dan kesehatan ikan budidaya tetap prima. Untuk mempertahankan kualitas perairan ini telah dilakukan perlakuan-perlakuan tersendiri pada kolom perairan sebagai media budidaya, perlakuan-perlakuan ini dinamakan *water quality treatment* <sup>[1]</sup>.

Masalah-masalah yang terdapat pada budidaya perikanan secara umum, diantaranya adalah:

- (1) Masalah pemantauan kualitas perairan dengan melakukan pengukuran secara langsung terhadap parameter-parameter fisika dan kimia yang berpengaruh nyata terhadap kegiatan produksi perikanan budidaya.
- (2) Masalah pendeteksian kondisi ekstrim yang terjadi dan kecepatan usaha-usaha penanggulangan terhadap kondisi ekstrim tersebut, sehingga memungkinkan untuk menghindari kondisi terburuk pada perikanan budidaya, yaitu kegagalan yang dapat diminimalisir.

- (3) Masalah konsistensi pengambilan data yang dilakukan oleh petani budidaya, sehingga data yang dijadikan acuan adalah data yang memiliki homogenitas tinggi dan keseragaman metode dalam mekanisme pengambilannya.

Untuk mengatasi masalah-masalah tersebut diatas diperlukan suatu sistem pemantauan dengan menggunakan instrumentasi yang secara konsisten, real time dan terus menerus dapat melakukan pengambilan sampling air pada perikanan budidaya. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan.

Keluaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah paket inovasi teknologi yang dapat diterapkan di masyarakat pembudidaya ikan untuk mengatasi masalah pemantauan kualitas perairan dan pendeteksian kondisi ekstrim pada perikanan budidaya super intensif sehingga dapat meningkatkan produktifitas.

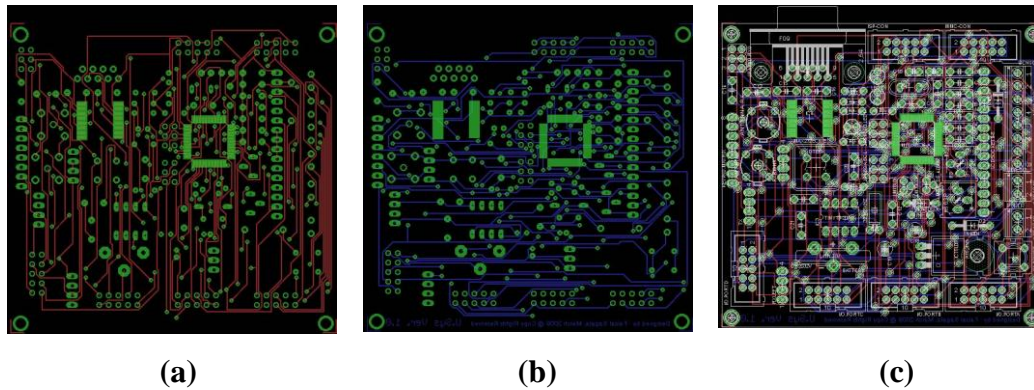
Tujuan Penelitian ini adalah :

- (1) Membangun instrumen sistem pemantauan kualitas perairan dan pendeteksian kondisi ekstrim pada budidaya super intensif ikan nila dengan menggunakan sistem telemetri radio sehingga akan memudahkan pembudidaya ikan dalam melakukan pemantauan kualitas perairan.
- (2) Mengimplementasikan instrumen pemantauan kualitas air dan kondisi ekstrim pada budidaya super intensif ikan nila, sehingga diharapkan dapat meningkatkan produktifitas pembudidaya ikan.

## **METODE PENELITIAN**

### **Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi dua sistem pengirim dan penerima menggunakan telemetri modul ICOM V82 disertai dengan digital sistem UT118, sistem kontrol menggunakan mikrokontroler AVR ATmega, yang diprogram dengan menggunakan minimum sistem AVR, integrasi sistem dalam sebuah PCB (printed circuit board) yang dirancang dengan menggunakan software Eagle v.5. hasil integrasi kemudian dinamakan Unisys v.1 yang dirakit dengan komponen-komponen elektronika sesuai dengan rancangan pada Gambar 1. Sistem pencatu daya menggunakan solar panel 50 WP dengan dilengkapi kontroler solar panel 10A dan disimpan dalam aki 14AH.



Gambar 1. (a) PCB top layer (bukan ukuran sebenarnya), (b) PCB bottom layer (bukan ukuran sebenarnya), (c) Top overlay (bukan ukuran sebenarnya)

### Metode

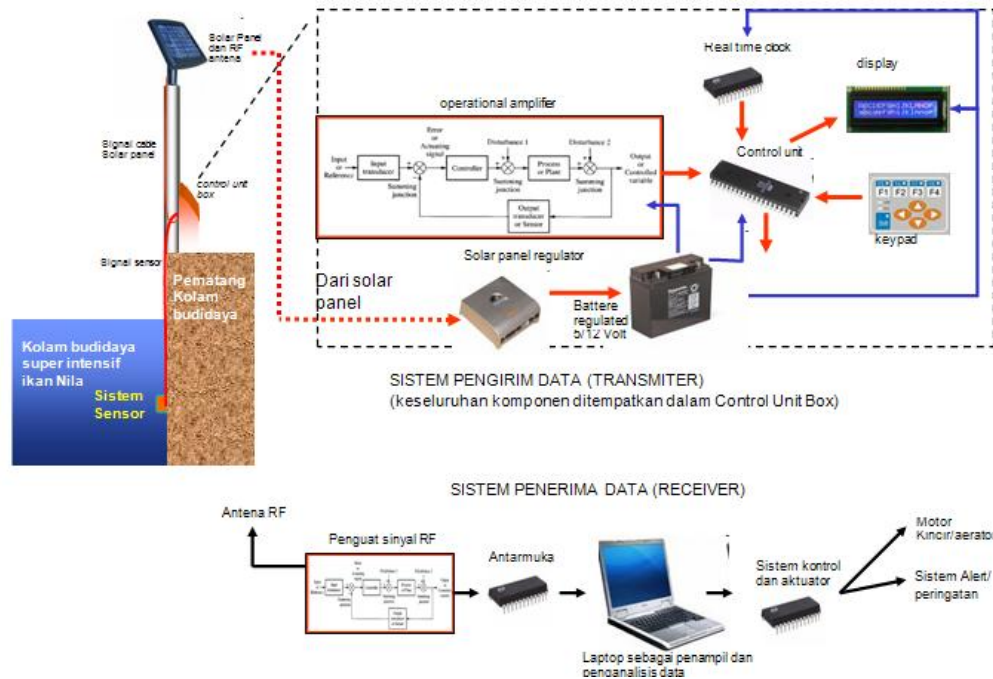
Pada sistem pemantau kualitas perairan dan pendeteksian kondisi ekstrim pada perikanan budidaya ini menggunakan metode perancangan sistem instrumentasi yang sudah baku dilakukan oleh para perancang elektronika dibidang *electrical engineering* yaitu persiapan, perancangan sistem, kalibrasi, implementasi kemudian evaluasi kinerja sistem.

Blok diagram perancangan sistem instrumentasi pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2. Adapun tahapan-tahapan pengerjaan yang dilakukan dalam pekerjaan penelitian ini meliputi:

- (1) persiapan
- (2) Pemesanan bahan-bahan penelitian
- (3) perancangan sistem
  - (a) perancangan sistem sensor dan pengkondisi sinyal <sup>[3]</sup>
  - (b) Integrasi sistem sensor dengan mikrokomputer sebagai sistem kontrol utama
  - (c) Perancangan sistem transmisi data dan sistem penguat sinyal RF
  - (d) Kalibrasi nilai parameter yang diukur dengan menggunakan alat standar
  - (e) Perancangan sistem antar muka (*interface*) dengan komputer penerima data
  - (f) Perancangan software aplikasi penampil data di komputer server.
- (4) Perancangan alert system (tanda peringatan)



- (5) Perancangan sistem pencatu daya dengan menggunakan solar panel 50WP dengan target operasi pengaktifan alat 24 jam non stop.
- (6) Percobaan laboratorium di Workshop Instrumentasi
- (7) Percobaan lapangan di Kolam budidaya perikanan



Gambar 2. Blok diagram fungsional instrumen pemantauan kualitas perairan dan pendeteksian kondisi ekstrim pada perikanan budidaya intensif

## HASIL DAN PEMBAHASAN

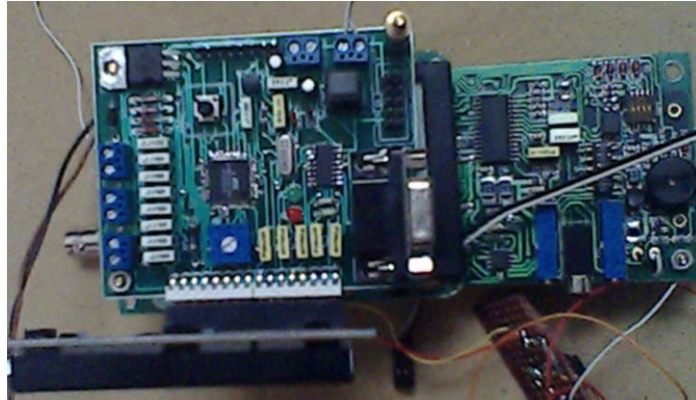
### Perancangan Sistem sensor

Pada penelitian ini sudah dilakukan perancangan sistem sensor dengan melakukan akuisisi datanya dengan ADC 10 bit menggunakan ADC internal mikrokontroler AVR ATmega.

### Rancangan Aplikasi Mikrokontroler

Perancangan aplikasi mikrokontroler terdiri dari 2 pekerjaan yang dilakukan yaitu proses pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak sistem mikrokontroler untuk dapat mengendalikan keseluruhan sistem, dimana hasil yang diperoleh pada proses perancangan sistem ini adalah rangkaian terpadu Unisys yang dalam proses pembuatannya terdiri dari 2 versi berdasarkan

perkembangan dari riset yang dilakukan untuk efektifitas dan efisiensi. Hasil rancangan Unisys dan rangkaian terintegrasinya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Unisys dan Komponennya setelah terpasang pada PCB

### **Sistem pengirim data**

Sistem pengirim data menggunakan modul ICOM V82 dengan digital unit UT118 dimana sinkronisasi sistem dilakukan dengan menggunakan aplikasi mikrokontroler. Aplikasi mikrokontroler mengatur waktu pengambilan data dari sensor dan waktu pengiriman data ke sistem penerima. Hasil dari pekerjaan ini adalah terjadinya komunikasi antara mikrokontroler dan modul telemetri, kemudian modul sistem pengirim dengan modul sistem penerima. Modul sistem pengirim dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Modul sistem pengirim ICOM V82 yang dilengkapi dengan kabel serial

### Sistem Penerima

Pada sistem penerima telah dirancang sistem informasi untuk menampilkan data yang dikirimkan dari sistem pengirim di lapangan dan telah dikembangkan juga *graphical user interface* (GUI) untuk menampilkan data secara real time dan terus menerus. Tampilan form sistem informasinya dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Form utama

### Power Suplay

Power suplay yang digunakan untuk menyuplay arus yang pada sistem menggunakan solar panel dengan kapasitas 50 WP dengan accu sebagai media penyimpanan sebesar 14AH. Kapasitas tersebut mampu untuk mengaktifkan sistem selama 24 jam nonstop.

### Integrasi sistem

Setelah semua komponen tersedia maka dilakukan integrasi sistem dengan membuat flatform yang terbuat dari fiber glass.

## KESIMPULAN

- (1) Sistem Tranceiver ICOM V82 dengan digital sistem UT118 pada stasiun pengirim dapat berkomunikasi dengan microcontroller dan dapat melakukan transmisi data dengan mode Autotransmit dengan baik. Sistem Tranceiver ICOM V82 pada stasiun Penerima dapat berkomunikasi dengan perangkat lunak Sistem Informasi EWS yang ditunjukkan dengan perubahan data baik

pada tabular data maupun grafik ketika dilakukan perubahan nilai ukur pada sensor.

- (2) Sistem pemantauan kualitas air telah berhasil dibangun dengan menggunakan sistem telemetri data digital dan ditampilkan di komputer server dan telah dilakukan akuisis data

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terimakasih kami ucapkan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat IPB yang telah memfasilitasi pemberian dana penelitian dalam program penelitian strategis unggulan IPB tahun 2009.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- EPA,2002. *Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms*. Environmental Protection Agency Office of Water (4303T) 1200 Pennsylvania Avenue, NW
- Rahmat A., Jaya I, Nurjaya W. I. 2004. *Sistem Telemetri Buoy Untuk Transfer Data Otomatis Berbasis Teknologi GSM (Global System For Mobile Communications)*. Jurnal Instrumentasi. Vol 28 No. 2 Juli-Desember 2004. ISSN No. 0125-9202. P: 50-55
- Bryan Cattle, 2005. *Data Acquisition Fundamentals*. Princeton University. National Instrument Publishing, Austin, Texas. USA
- ATMEL, 2005. *ATMEGA32 Technical Datasheet.*, ATMEL, Inc.

**PENINGKATAN EFISIENSI PENGISIAN DAN PEMBENTUKAN BIJI  
MENDUKUNG PRODUKSI PADI HIBRIDA**

(Increasing Efficiency Seed Filling and Formation for Support Hybrid Rice  
Production)

**Tatiek Kartika Suharsi**

Dep. Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian IPB

**ABSTRAK**

Usaha meningkatkan efisiensi pembentukan biji dicoba dengan meningkatkan reseptif stigma dan meningkatkan jumlah serta viabilitas polen. Eksudat buatan disemprotkan pada malai bunga tanaman CMS, waktu pemberiannya lima taraf hari ke (1-5; 6-10, 11-15, 16-20 setelah 50% berbunga dan control). Pupuk daun, GA3, pupuk daun +GA3 pupuk daun+GA3+GA3 rekomendasi disemprotkan pada daun tanaman Restorer pada fase vegetatif, dengan tiga taraf waktu pemberian 6,7 dan 8 MST. Penelitian dilakukan di lapang Laboratorium Benih Leuwikopo Darmaga Bogor mulai bulan September sampai Desember 2009. Pemberian eksudat buatan pada malai bunga tidak meningkatkan reseptif stigma CMS dengan peubah jumlah gabah bernas dan jumlah gabah hampa per malai. Pemberian pupuk daun, GA3 serta kombinasinya pada Restorer meningkatkan jumlah dan viabilitas polen. Pupuk daun + GA3 memberikan jumlah dan persentase viabilitas polen tertinggi dibanding perlakuan lainnya. Waktu pemberian pupuk daun, GA3 serta kombinasinya berpengaruh nyata terhadap persentase viabilitas polen dan tidak berpengaruh terhadap jumlah polen. Waktu pemberian 8 MST memberikan viabilitas polen tertinggi.

Kata kunci : Eksudat buatan, padi hibrida, GA3, spikelet.

**ABSTRACT**

Increasing efficiency seed formation was conducted by increment of reseptive stigma and total amount of pollen viability. Artificial excudate sprayed on inflorescence Cytoplamic Male Sterility (CMS) plant, on five levels (1-5; 6-10, 11-15, 16-20 days after 50% flowering and controle). Leaf fertilizer, GA3, leaf f709ertilizer+GA3, leaf fertilizer+GA3+ recommended GA3 sprayed on the leaf of Restorer on the vegetative phase, with three level applied on 6, 7 and 8 weeks after planting (WAP). The research was carried out in Seed Technology Laboratory, Leuwikopo, Darmaga, Bogor at September up to December 2009. Application of artificial exudates on inflorescentia did not affect the reseptive of stigma CMS with variable of total unfilled spikelet and total filled spikelet. The treatment of leaf fertilizer, GA3 and the combination on the Restorer enhanced total and viability of pollen. Leaf fertility + GA3 gave the highest presentage of viability of pollen comparing with other treatment. Vatiation time of leaf fertilizer, GA3 and others combination influence significant on presentage pollen viability and did not significant on the total of pollen. The treatment on 8 WAP gave the highest pollen viability.

Keywords : Artificial exudates, hybrid rice, GA3, leaf fertilizer, spikelet.

## PENDAHULUAN

Padi merupakan salah satu komoditas yang berperan penting dalam ketahanan pangan nasional. Peningkatan produksi padi tidak dapat lagi diatasi dengan peningkatan luas areal tanam karena alih fungsi lahan pertanian berlangsung sangat cepat. Sehingga untuk mempertahankan swasembada beras hanya melalui peningkatan produksi padi.

Terobosan teknologi padi hibrida merupakan salah satu pemecahan masalah untuk mengantisipasi kekurangan beras nasional karena pada beberapa daerah padi hibrida berproduksi 0.9-1.3 t/ha lebih tinggi dari pada produksi padi in hibrida pembandingan

Padi hibrida merupakan turunan (F1) dari persilangan tetua betina adalah galur mandul jantan dan tetua jantan adalah galur pelestari atau restorer. Kedua tetua berbeda secara genetik. Padi pada dasarnya menyerbuk sendiri, sehingga dalam persilangan ada banyak masalah seperti pemasakan stigma dan polen tidak serasi, viabilitas polen rendah dan jumlahnya kurang. Akibat dari berbagai masalah tersebut menyebabkan tingginya kehampaan biji padi hibrida.

Keberhasilan fertilisasi menentukan pembentukan dan pengisian biji. Fertilisasi diawali oleh kemampuan polen berkecambah pada permukaan stigma dan pertumbuhan tabung polen menembus jaringan stigma, stylus hingga mencapai ovum dalam ovarium.

Selain rendahnya jumlah dan viabilitas polen, stigma yang kurang reseptif terhadap polen juga menjadi salah satu penyebab tingginya kehampaan pada padi hibrida yang disebabkan gagalnya perkecambahan polen pada stigma dan penetrasi buluh polen menuju ovum.

Eksudat buatan dengan komposisi menyerupai cairan yang diekskresi stigma biasanya digunakan untuk mengecambahkan polen *in vitro*, bila disemprotkan pada malai tanaman galur mandul jantan (CMS) yaitu pada permukaan stigma diharapkan dapat meningkatkan reseptif stigma terhadap polen.

Perbaikan pada galur restorer dengan pemberian pupuk daun disamping pupuk rekomendasi dan aplikasi GA3 serta kombinasi pupuk daun +GA3 diharapkan dapat lebih meningkatkan pembentukan biji karena jumlah dan viabilitas polen yang dihasilkan lebih tinggi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan teknik meningkatkan reseptif stigma CMS dengan eksudat buatan dan meningkatkan jumlah serta viabilitas polen Restorer dengan pemupukan daun, GA3 sehingga pembentukan dan pengisian benih padi hibrida dapat meningkat.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dari bulan September hingga Desember 2009. Lokasi penelitian adalah kebun percobaan, Laboratorium Benih Leuwikopo dan Laboratorium Ekofis Fakultas Pertanian IPB.

Galur murni CMS dan Restorer varietas padi hibrida Rokan (IR 58025A dan IR53942), Eksudat buatan (100 g sukrosa, 100 mg asam borat, 300 mg calcium nitrat, 200 mg magnesium sulfat dan 100 mg kalium nitrat). Cairan yang sama juga digunakan untuk menguji viabilitas polen *in vitro*. Pupuk gansil B, Asam giberellin. Polibag,

Mikroskop cahaya, botol ulir, hemasitometer, pipet, sprayer dan alat untuk menghancurkan tanah dan mengisikan tanah ke polibag.

Penelitian peningkatan reseptif stigma adalah penelitian faktorial dengan faktor tunggal saat pemberian eksudat buatan: A1 (tanpa diberi eksudat), A2 (disemprot eksudat pada hari 1-5 setelah tanaman 50% berbunga), A3 (disemprot eksudat pada hari 6-10 setelah tanaman 50% berbunga), A4 (disemprot eksudat pada hari 11-15 setelah tanaman 50% berbunga), A5 (disemprot eksudat pada hari 16-20 setelah tanaman 50% berbunga). Rancangan Acak Kelompok, ulangan 3. Setiap satu satuan percobaan terdiri dari 5 polibag, setiap polibag terdapat 2 rumpun tanaman.

Penelitian peningkatan jumlah polen dan viabilitas polen menggunakan rancangan *split plot* yang diatur secara acak kelompok. Petak utama adalah waktu aplikasi pupuk daun (2ml/l) dan GA3 (W) (60 ppm) dalam 3 taraf : W1, waktu aplikasi 6 MST, W2, waktu aplikasi 7 MST dan W3, waktu aplikasi 8 MST. Anak petak adalah aplikasi pupuk daun dan GA3. A1, kontrol. A2, aplikasi pupuk daun. A3, aplikasi GA3. A4, aplikasi pupuk daun dan GA3. A5, aplikasi pupuk daun, GA3 dan GA3 pada saat tanaman 5-10% berbunga. Ulangan

3, setiap satu satuan percobaan terdiri dari 4 polibag yang masing-masing berisi 2 rumpun. Benih tetua yang digunakan hanya Restorer varietas Rokan.

Benih ditanam dalam polibag dengan cara tanam langsung. Polibag diletakkan pada rumah plastik menggunakan media tanah sawah. Pemupukan urea, SP18 2 g per polibag, KCl 1 g per polibag satu minggu benih ditanam. Urea 2.5 g diberikan tiga kali pada 1, 3 dan 5 minggu setelah benih ditanam.

Pemberian eksudat buatan dengan cara disemprotkan pada malai, 2 semprot per malai. Pemberian pupuk daun dengan cara disemprotkan ke daun, 2 semprotan per rumpun. Dengan cara yang sama dikerjakan untuk pemberian GA3.

Pemeliharaan tanaman pemberian air dua kali setiap hari, pembersihan gulma dan pemberantasan hama dan penyakit yaitu: walang sangit, wereng coklat dengan Decis 2 ml/l, *bacterial leaf blight*.

Pengamatan terhadap peningkatan reseptif stigma dengan menghitung jumlah gabah bernas dan jumlah gabah hampa. Pengamatan jumlah polen dan persen viabilitas polen dilakukan untuk melihat pengaruh pupuk daun dan GA3 yang diberikan pada Restorer.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan sidik ragam yang telah dilakukan pemberian eksudat buatan pada malai CMS Rokan tidak memberi pengaruh nyata terhadap peningkatan reseptif stigma dengan peubah persentase gabah hampa dan bernas. Tabel 1 menunjukkan gabah bernas dari tanaman Restorer (hasil penyerbukan sendiri) menghasilkan 73.93% gabah bernas. Sedangkan gabah bernas dari A1, A2, A3, A4 dan A5 adalah 40.17 %, 49.08%, 41.53%, 54.10% dan 51.00% merupakan hasil penyerbukan silang CMS dan Restorer Rokan. Tingginya gabah hampa yaitu 50.92%, 58.48%, 45.91% dan 49.00% dari perlakuan A2, A3, A4 dan A5 menunjukkan bahwa reseptif stigma belum dapat ditingkatkan karena persen gabah hampanya masih tetap sama tinggi dibanding dengan persentase gabah hampa kontrol (A1) yang tidak diberi eksudat.



Tabel 1. Pengaruh Pemberian Eksudat Buatan Terhadap Persentase Gabah Hampa dan Persentase Gabah Bernas

Perlakuan	Persentase Gabah Hampa	Persentase Gabah Bernas
R	24.08	73.93
A1	59.83	40.17
A2	50.92	49.08
A3	58.48	41.53
A4	45.91	54.10
A5	49.10	51.00

Keterangan : R, restorer, A1, CMS tanpa disemprot eksudat.

A2 CMS disemprot eksudat pada hari 1-5 setelah 50% berbunga

A3 CMS disemprot eksudat pada hari 6-10 setelah 50% berbunga

A4 CMS disemprot eksudat pada hari 11-15 setelah 50% berbunga

A5 CMS disemprot eksudat pada hari 16-20 setelah 50% berbunga

Pengamatan terhadap jumlah gabah bernas per malai yang akurat agak sulit dilakukan karena gangguan walang sangit. Walang sangit menghisap isi gabah pada waktu pengisian biji, sehingga spikelet yang telah terbuahi tidak dapat berkembang menjadi gabah bernas. Setelah terbentuk gabah bernas, gangguan burung sangat mengacaukan angka sebenarnya gabah bernas. Kondisi tanaman yang ditanam dalam polibag menimbulkan stress sehingga kerontokan gabah sangat tinggi, terutama biji hasil persilangan (benih padi hibrida Rokan).

Pemberian pupuk daun, GA3 dan kombinasi keduanya memberikan pengaruh nyata pada peningkatan jumlah polen/spikelet dan persen viabilitas polen/spikelet. Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi pupuk daun dan GA3 (A4) jumlah polen /spikelet nyata lebih banyak (66.78%) dari pada kontrol (A1) yaitu 30.78%. Pemberian pupuk atau GA3 secara tunggal (A2 dan A3) cenderung meningkatkan jumlah polen (56.00% dan 52.33%) walaupun secara statistik tidak berbeda nyata dengan A1.

Tabel 2. Pengaruh Pemberian Pupuk Daun, GA3 dan Kombinasinya Terhadap Jumlah dan Persentase Viabilitas Polen

Perlakuan	Jumlah polen/spikelet	Persentase Viabilitas Polen/spikelet
A1	30.78 b	12.24 b
A2	56.00 ab	23.01ab
A3	52.33 ab	27.13a
A4	66.78 a	34.39a
A5	42.78 b	28.48a

Keterangan : A1, tanpa perlakuan A2, pupuk daun. A3, GA3 A4, pupuk daun +GA3. A5, pupuk daun+GA3+GA3 rekomendasi. Huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut Duncan Multiple Range Test (DMRT) 5%

Perlakuan GA3 tunggal (A3) serta kombinasi GA3 dan pupuk daun (A4 dan A5) meningkatkan secara nyata viabilitas polen (27.13%, 34.39%, 28.48%) dibandingkan dengan kontrol dan perlakuan pupuk daun secara tunggal (A1 dan A2) yaitu 12.24% dan 23.01%.

Menurut Chun *et al*, (2007), giberelin (Gas) mempengaruhi aktifitas jaringan tapetum pada fase pembentukan polen spermatogenesis. Pada padi mutan defisiensi GA polen terbentuk tetapi steril. Pupuk yang berisi N, P dan K telah diketahui memperbaiki pertumbuhan vegetatif tanaman padi, meningkatkan jumlah anakan sehingga meningkatkan produksi, memperbaiki pembungaan.

Waktu pemberian pupuk daun dan GA3 yang bertujuan untuk meningkatkan jumlah dan viabilitas polen harus dilakukan pada fase vegetatif, jauh sebelum pemunculan bunga. Perkembangan polen fase spermatogenesis terjadi bersamaan dengan pembentukan dan perkembangan primordial bunga, dimana meiosis berkembang menjadi sel induk mikrospora, kemudian meiosis membentuk mikrospora. Dalam penelitian ini pemberian pupuk daun dan GA3 6,7 dan 8 MST semua dalam fase vegetatif. Pemunculan bunga baru pada 11 MST.

Tabel 3 menunjukkan bahwa waktu pemberian 8 MST merupakan waktu terbaik karena polen yang dihasilkan mempunyai viabilitas tertinggi 30.87%. Namun waktu pemberian pupuk daun dan GA3 tidak mempengaruhi jumlah polen per spikelet. Hal ini diduga teknik pengambilan polen masih belum tepat sehingga kerontokannya tinggi.

Tabel 3. Pengaruh Waktu Pemberian Pupuk Daun, GA3 dan Kombinasi Keduanya Terhadap Jumlah Polen dan Persentase Viabilitas Polen

Perlakuan	Jumlah Polen/spikelet	Persentase Viabilitas Polen/spikelet
W1	49.40	19.45 b
W2	56.07	24.84 ab
W3	48.93	30.87 a

Keterangan : huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut Duncan Multiple Range Test 5%,  
 W1 pemberian perlakuan pada 6 MST  
 W2 pemberian perlakuan pada 7MST  
 W3 pemberian perlakuan pada 8 MST

Secara umum penelitian ini menunjukkan tendensi positif berhasil, namun banyaknya kendala yang dihadapi seperti serangan hama dan penyakit, kondisi lingkungan kurang mendukung seperti hujan dan angin, teknik isolasi polen yang belum tepat, menyebabkan pengaruh pemberian eksudat buatan pada CMS, pemberian pupuk dan GA3 pada Restorer untuk meningkatkan jumlah polen tidak terlihat pengaruhnya.

### KESIMPULAN

Pemberian eksudat buatan belum mampu meningkatkan reseptif stigma, persentase gabah hampa tinggi dan persentase gabah bernas rendah tidak berbeda dengan kontrol.

Pemberian pupuk daun dan GA3 meningkatkan jumlah polen dan persentase viabilitas polen per spikelet. Perlakuan pupuk daun +GA3 memberikan jumlah polen per malai tertinggi yaitu 66.78% dan persentase viabilitas polen tertinggi 30.39%.

Waktu pemberian pupuk daun 6,7 dan 8 MST tidak mempengaruhi jumlah polen per malai. Waktu pemberian pupuk dan GA3 serta kombinasinya mempengaruhi persentase viabilitas polen Waktu pemberian 8 MST memberikan persentase viabilitas polen per spikelet tertinggi yaitu 30.87%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bhojwani, S.S. : S.P. Bhatnagar. 1980. The Embryology of Angiosperms. Vani Educational Books. 284 p.
- Chhun, T. ; K. Aya. ; K. Asano. ; E. Yamamoto. ; Y, Morinaka. ; M, Watanabe.;
- H, Kitano. M, Anshikari.; M, Matsuoka.; M, U.Tanaka. 2007. Gibberellin regulate pollenViability and pollen tube growth in rice. The Plant Cell 19:3876-3888
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. 2008. Prospek dan Arah Pengembangan Padi Hibrida. 57 hal.
- Shi-qiang, C. ; W, Zhong.; L, Man-xi.; X, Zhao-wei.; W, Hui-hui. 2008. Pollengrain germination and pollen grain growth in pistil of rice. Rice Sience. 15 (2):125-130.
- Terminal Report of IRRI ADB Project. 2002. Development and Use of Hybrid Rice in Asia. IRRI. 25 p.
- Van der Heuvel, K.J. ; R. H. Van Lipig. ; G. W. Barendse. ; G. J. Wullems.Regulation of expression of novel flower specific genes from tomato (*Solanum lycopersicum*) by gibberelli. Journal of Experimental Botany. 53, 366: 51-59.

**PERAKITAN KULTIVAR UNGGUL JAGUNG TOLERAN KEMASAMAN  
DARI MUTAN RADIASI SINAR GAMA DAN VARIAN SOMAKLON**  
(Development of Superior and Acid Tolerance Maize Cultivar Selected from  
Gamma Irradiation Mutant and Somaclon Variant)

**Sujono H. Sutjahjo<sup>1)</sup>, Dewi Sukma<sup>1)</sup>, Rustikawati<sup>2)</sup>**  
<sup>1)</sup> Dep. Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian IPB  
<sup>2)</sup> Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian UNIB

**ABSTRAK**

Produksi jagung nasional hingga saat ini belum dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga Indonesia masih mengimpor jagung dalam jumlah yang cukup besar. Dalam rangka mencapai swa sembada jagung di masa mendatang, maka upaya-upaya peningkatan produktivitas dan pemanfaatan lahan-lahan marginal perlu terus digalakkan. Tujuan penelitian yang dilakukan adalah untuk merakit kultivar jagung unggul berdaya hasil tinggi dan toleran terhadap kemasaman. Pada tahun pertama kegiatan penelitian diarahkan untuk menginduksi mutasi melalui iradiasi sinar gamma dan varian somaklon sehingga meningkatkan keragaman genetik plasma nutfah. Hasil yang diperoleh berupa benih M2 hasil mutasi sinar gamma 275 Gy yang memiliki keragaman lebih tinggi dari tetua asalnya dan publikasi ilmiah pada jurnal terakreditasi. Pada tahun kedua, kegiatan penelitian difokuskan pada seleksi in vitro dan pembentukan populasi generasi ke-2 mutan hasil radiasi biji, seleksi lapang mutan generasi ke 2 ke arah ketenggangan terhadap kemasaman tanah di Tanah Masam, dan seleksi lapang mutan generasi ke 3. Hasil yang diperoleh adalah tanaman mutan M3 dan publikasi ilmiah tentang seleksi in vitro jagung. Pada tahun ketiga dilanjutkan seleksi untuk memperoleh mutan generasi M4, identifikasi mutan secara morfologi dan molekuler, persilangan mutan dengan metode silang dialel dan uji daya gabung tetua hibrida. Pada akhir penelitian diperoleh pasangan hibrida G3 X G8 dan G8 X G1 yang menunjukkan kemampuan vigor yang baik pada tanah masam Podsolok Merah Kuning Jasinga dan Leuwikopo.

Kata kunci : Jagung, mutasi, toleran masam.

**ABSTRACT**

Until recently, national production of maize has yet to fulfill the domestic needs so that Indonesia has to import a large number of maize annually. In order to be a self producing country in the future, crop productivity has to be increased and utilization of marginal land has to be promoted. The objective of the research was to develop superior and acid tolerance maize cultivars. In the year I, the research was aimed at mutation induction through gamma irradiation and somaclon variant to increase genetic variance of germplasm. The result was M2 generation seeds of 275 Gy gamma irradiation mutant which had higher variance than the parent population and an article published on an accredited journal. In the year II, the research was focused on in vitro selection and field selection on the second generation mutants toward acid tolerance in an acidic soil, and development and acidic soil field selection of 3<sup>rd</sup> generation mutant. The result was the M3 acid tolerant generation and an article published on an accredited journal about in vitro selection. In the year III, the research was intended to develop M4 generation mutants, to do morphological and molecular identification, to develop hybrids through dialel cross and analyze their combining ability. The result showed that hybrid cross of

G3 X G8 dan G8 X G1 were the most vigorous hybrid in an acidic soil of Red Yellow Podsolc of Jasinga and Leuwikpo.

Keywords: Mutation, maize, acidic tolerance.

## **PENDAHULUAN**

Jagung merupakan salah satu komoditas strategis yang ekonomis dan berpeluang untuk dikembangkan menjadi bahan baku produksi lain. Jagung juga termasuk sumber utama karbohidrat dan protein, setelah beras. Jagung juga merupakan salah satu bahan baku industri pakan ternak yang paling banyak dibutuhkan akhir-akhir ini. Pada tahun-tahun mendatang kebutuhan akan jagung terus meningkat sejalan dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk dan meningkatnya kebutuhan pakan ternak.

Perkembangan produksi jagung di Indonesia selama lima tahun terakhir juga mengalami peningkatan cukup berarti. Produksi jagung tahun 2004 sebesar 11,23 juta ton pipilan kering atau naik sebesar 3,11 persen dibandingkan dengan produksi jagung tahun 2003. Produksi jagung tahun 2005 sebesar 11,74 juta ton pipilan kering atau naik sebesar 4,56 persen dibandingkan produksi tahun 2004 (BPS, 2005). Kenaikan produksi jagung terutama disebabkan oleh kenaikan produktivitas dengan adanya perubahan varitas yang ditanam petani dari varitas lokal ke varitas komposit atau hibrida. Namun demikian, peningkatan produksi jagung yang telah dicapai masih belum dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga hingga saat ini Indonesia masih mengimpor jagung dalam jumlah yang cukup besar.

Disamping kenaikan produktivitas, peningkatan produksi juga dapat dilakukan dengan perluasan areal tanam. Pada tahun 2005 luas areal yang ditanami jagung seluas sekitar 3,2 juta hektar. Dengan luas lahan kering yang cukup besar, maka sebenarnya Indonesia berpotensi sebagai negara produsen jagung dunia. Oleh karena itu, gerakan nasional peningkatan produksi jagung yang digelar pemerintah perlu didukung semua pihak. Indonesia segera keluar dari ketergantungan impor jagung, dan berbalik menjadi negara pengeksport jagung dunia.

Dalam rangka mencapai swa sembada jagung di masa mendatang, maka upaya-upaya peningkatan produktivitas dan pemanfaatan lahan-lahan marginal

perlu terus digalakkan. Perlu terobosan untuk menciptakan hibrida baru yang berasal dari plasma nutfah yang ada sehingga petani tidak perlu mengeluarkan biaya tinggi untuk membeli benih impor. Dalam hal perluasan areal pada lahan marginal, masalah umum yang dijumpai antara lain adalah tanah yang bereaksi masam, tingkat erosi dan pencucian hara tinggi sehingga ketersediaan unsur Ca, Mg, P, K, dan N rendah serta ketersediaan Al sangat tinggi yang cenderung bersifat racun bagi tanaman.

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan kultivar hibrida jagung unggul berdaya hasil tinggi dan toleran terhadap kemasaman tanah. Selain itu, luaran hasil penelitian diharapkan berpotensi membantu mengatasi masalah yang dihadapi dalam budidaya tanaman jagung di Indonesia sehingga akan sangat berguna bagi petani produsen jagung umumnya.

## **METODE PENELITIAN**

### **Induksi Mutasi dengan Radiasi**

Iradiasi sinar gamma dilakukan di Laboratorium P3TIR BATAN Pasar Jumat, Jakarta. Penanaman dilakukan di Kebun Percobaan IPB Leuwikopo, Darmaga. Bahan yang digunakan adalah benih 9 galur murni jagung yang meliputi G1 (Pool 4 S3-29-4-4), G2 (Pool 5 S3-47-2), G3 (Sw92D343L4DMR PC3S4-56), G4 (S1/488/1), G5 (SgPD/645/15), G6 (S4/169/4), G7 (SgP/k/T1/64/22), G8 (SgPD/660/15), G9 (SgP/K/T1/78/22) dan G10 (SgPD/620/15). Galur tersebut diperoleh dari Balai Penelitian Bioteknologi dan Genetika (Balitbiogen), Bogor.

Pada penentuan LD50, percobaan menggunakan RAL dengan dua faktor yaitu galur murni jagung dan dosis iradiasi, yang terdiri (0, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 450 dan 500 gray). Untuk mendapatkan nilai Lethal Dosis 50 (LD50), digunakan program curve-fit analysis (Finney 2005). Pengamatan dilakukan terhadap persen tanaman mati.

Setelah diketahui dosis LD50, masing-masing galur diiradiasi menggunakan dosis LD<sub>50</sub>. Sebagai pembanding digunakan juga kontrol (tanpa iradiasi). Percobaan menggunakan RAL dengan faktor tunggal yaitu 9 galur jagung yang diiradiasi. Pengamatan dilakukan pada umur 5 MST terhadap

karakter vegetatif yang meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun dan lebar daun. Analisis data dilakukan dengan analisis koefisien keragaman untuk mengukur tingkat keragaman populasi pada masing-masing galur, baik pada populasi yang diiradiasi maupun kontrol sebagai pembanding.

### **Induksi Varian Somaklon**

Induksi kalus menggunakan RAL faktorial dan 10 ulangan, yaitu 1 kalus tiap botol dengan lama pengamatan 3 minggu. Sebagai perlakuan adalah galur jagung dan konsentrasi 2,4D (2 ppm, 4 ppm, 6 ppm, 8 ppm dan 10 ppm). Sumber eksplan berupa embrio muda dengan ukuran antara 1.0 -1.5 mm diambil dari biji jagung yang ditanam di lapang lebih kurang 16 sampai 20 hari setelah dilakukan penyerbukan sendiri. Variabel yang diamati meliputi bobot kalus dan diameter kalus. Analisis data dilakukan dengan analisis varians (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan New Multiple Range Test (DNMRT) taraf 5%.

Kalus kemudian dipindahkan pada media kalus embriogenik dengan RAL faktorial dan 10 ulangan, yaitu 1 kalus tiap botol dengan lama pengamatan 4 minggu setelah sub kultur. Sebagai perlakuan adalah galur jagung terdiri atas 10 galur dan media induksi kalus embriogenik yaitu media A (media dasar + 2 ppm 2,4-D), dan Media B (media dasar + 2 ppm 2,4-D + mannitol 3%). Analisis data dilakukan dengan analisis varians (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan New Multiple Range Test (DNMRT) taraf 5%.

### **Pembentukan Galur**

Seleksi dan penggaluran dilakukan di daerah Jasinga Bogor. Bahan tanaman yang digunakan adalah biji hasil mutasi irradiasi sinar gamma. Penggaluran dilakukan mulai dari M1 sampai M4. Rancangan penelitian yang digunakan adalah RAK dengan tiga ulangan. Sebagai perlakuan adalah genotipe mutan. Biji setiap individu ditanam dalam barisan. Jarak tanam yang digunakan adalah 25 cm dalam barisan dan 75 cm antar barisan dengan 1 tanaman per lubang. Sebagai pupuk dasar digunakan urea 50 kg/ha, TSP 200 kg/ha dan KCl 100 kg/ha, yang diberikan pada saat tanam. Pada umur 6 minggu setelah tanam (MST) dilakukan pemupukan kedua dengan dosis 50 kg/ha. Pengamatan dilakukan agronomis meliputi variabel vegetatif (tinggi tanaman, diameter batang,



jumlah daun, panjang dan lebar daun terlebar, panjang akar, bobot brangkasan segar dan kering), variabel generatif (umur munculnya bunga jantan, bunga betina, jumlah tongkol per tanaman, panjang tongkol, bobot tongkol berklobot, bobot tongkol tanpa klobot, bobot dan jumlah biji per tongkol, bobot 100 biji, bobot biji per tanaman), dan pengamatan visual warna batang dan daun. Analisis data dilakukan dengan analisis varian (ANOVA) yang dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan (DMNRT) taraf 5%. Seleksi dilakukan menggunakan seleksi indeks dengan berdasarkan pada karakter yang menjadi indikator morfologis untuk ketenggangan terhadap kemasaman tinggi.

### **Karakterisasi Mutan**

Rancangan yang digunakan adalah RAKL dengan perlakuan 12 genotipe jagung (6 galur mutan dan 6 galur asal). Penanaman dilakukan seperti percobaan sebelumnya. Pengamatan dilakukan terhadap karakter agronomis dan pola pita RAPD. Sampel daun untuk analisis RAPD diambil pada saat tanaman berumur 3 minggu. Ekstraksi DNA menggunakan KIT XNAP extract dari SIGMA. Karakter agronomis yang dievaluasi meliputi variabel vegetatif (tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun), variabel generatif (tinggi tanaman, jumlah daun, panjang tongkol, diameter tongkol, dan bobot 100 biji). Analisis data dilakukan dengan analisis varian (ANOVA) yang dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan (DMNRT) taraf 5%.

### **Perakitan Hibrida dan Uji Daya Gabung**

Sebanyak enam tetua mutan M4 hasil irradiasi sinar gamma generasi keempat yang terseleksi baik pada tanah masam jasinga digunakan sebagai bahan dialel. Biji yang dihasilkan selanjutnya dipanen sebagai F1 rekombinasi tetua calon hibrida.

Hasil persilangan antara genotipe tersebut pada skema dialel yaitu sebanyak 30 F1 dievaluasi pertumbuhan dan daya hasilnya. Sebagai pembanding digunakan salah satu jagung hibrida komersial P21 (Pioner) dan NK33 (Syngenta). Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap dengan perlakuan 32 hibrid jagung. Setiap perlakuan ditanam dalam baris sebanyak 30 tanaman, diulang 3 kali. Estimasi daya gabung umum (DGU) dan daya gabung

khusus (DGK) menggunakan metode Line x Tester Analysis (Singh and Chaudhary, 1979)

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Induksi Mutasi dengan Radiasi**

Hasil analisis menunjukkan bahwa kirasaran LD50 untuk iradiasi terhadap benih pada tanaman jagung cukup lebar, yaitu antara 90-424 Gy iradiasi sinar gamma. Tingkat radiosensitivitas antargalur tersebut berbeda-beda. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat radiosensitivitas suatu tanaman terhadap iradiasi. Secara fisik, bentuk morfologi bahan tanaman dapat mempengaruhi ketahanan fisik sel saat menerima iradiasi sinar gamma. Selain itu juga faktor biologis seperti faktor genetik, dan juga faktor lingkungan seperti oksigen, kadar air, penyimpanan pasca iradiasi dan suhu (Ahnstroem 1977). Broertjes dan van Harten (1988) dan Alpen (1994) menyatakan bahwa semakin banyak kadar oksigen dan molekul air (H<sub>2</sub>O) berada dalam materi yang diradiasi, maka semakin banyak pula radikal bebas yang terbentuk sehingga menjadi semakin sensitif.

Induksi mutasi dilakukan dengan iradiasi sinar gamma terhadap benih pada dosis sekitar dosis LD50 (275 Gy) ternyata menghasilkan tanaman-tanaman yang memiliki karakter berbeda dari tetuanya sehingga meningkatkan keragaman populasi dalam setiap galur. Terjadinya abnormalitas pada populasi yang diiradiasi menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan pada tingkat genom, kromosom dan DNA atau gen yang sangat besar sehingga proses fisiologis yang dikendalikan secara genetik di dalam tanaman menjadi tidak normal dan menimbulkan variasi-variasi genetik baru (Soeranto, 2003). Abnormalitas hingga kematian tanaman yang diiradiasi disebabkan oleh terbentuk radikal bebas seperti Ho, yaitu ion yang sangat labil dalam proses reaksi akibat iradiasi, sehingga banyak menghasilkan benturan ke berbagai arah, yang akibatnya akan membuat perubahan atau mutasi baik di tingkat DNA, tingkat sel, maupun jaringan, bahkan sampai mengakibatkan kematian pada tanaman (Ahnstroem 1977; Datta 2001).

### Induksi Varian Somaklon

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa konsentrasi hormon 2,4-D tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan eksplan. Bobot kalus tidak berbeda antar perlakuan 2,4-D, sedangkan diameter kalus pada 8 ppm 2,4-D paling besar, sekalipun tidak nyata antara 2 ppm sampai 8 ppm 2,4-D. Sutjahjo (1994) menyatakan bahwa dengan konsentrasi 2,4-D sebanyak 2 mg/l maka masa inkubasi selama 4 minggu dapat menghasilkan frekuensi kalus embriogenik dan bobot basah kalus serta jumlah planlet tertinggi.

Tabel 1. Pengaruh konsentrasi 2,4-D dalam media terhadap pertumbuhan eksplan tanaman jagung

Konsentrasi 2,4-D (ppm)	Bobot kalus (g)	Diameter Kalus (mm)
2	0.10 b	72 b
4	0.11 ab	72 b
6	0.15 ab	71 b
8	0.12 ab	79 a
10	0.13 ab	78 b

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan DMNRT pada taraf 5%

Galur yang memiliki bobot kalus dan diameter kalus tertinggi pada media dengan penambahan 2,4-D adalah G8. Sedangkan yang paling rendah adalah galur G5 (Tabel 2). Hasil ANOVA peubah yang diamati pada akhir percobaan menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara galur dengan konsentrasi 2,4-D. Interaksi tersebut disebabkan karena terdapat beda nyata antar galur, walaupun antar konsentrasi 2,4-D tidak terdapat beda yang nyata. Interaksi antara galur dan konsentrasi 2,4-D berbeda nyata terhadap bobot kalus dan diameter kalus. Bobot kalus tertinggi terdapat pada G8 dengan konsentrasi 2,4-D 6ppm. Sedangkan diameter kalus terbesar terdapat pada G3 dengan konsentrasi 2,4-D 10 ppm.

Tabel 2. Pengaruh galur terhadap pertumbuhan eksplan tanaman jagung pada media MS + 2.4D

Galur	Bobot kalus (g)	Diameter Kalus (mm)
1	0.06 de	63 de
2	0.16 ab	81 abc
3	0.14 bc	80 abc
4	0.15 bc	76 bc
5	0.05 e	36 e
6	0.11 bc	79 abc
7	0.10 cd	74 c
8	0.20 a	79 abc
9	0.14 bc	86 ab
10	0.13 bc	88 a

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan DMNRT pada taraf 5%

Pengamatan induksi kalus embriogenik dilakukan pada 4 minggu setelah sub kultur. Jumlah kalus embriogenik nyata lebih tinggi pada media MS + 2,4-D + manitol 3% (Gambar 1). Dalam hal ini galur G8 dan G3, nampak mempunyai frekuensi tertinggi (100%) selanjutnya G6 dan G4 (90%), dan yang terendah adalah galur G10 (40%) (Tabel 3).



Gambar 1. Bentuk kalus embriogenik pada G8 (a) media MS + 2,4-D (b) media MS + 2,4-D + manitol 3%

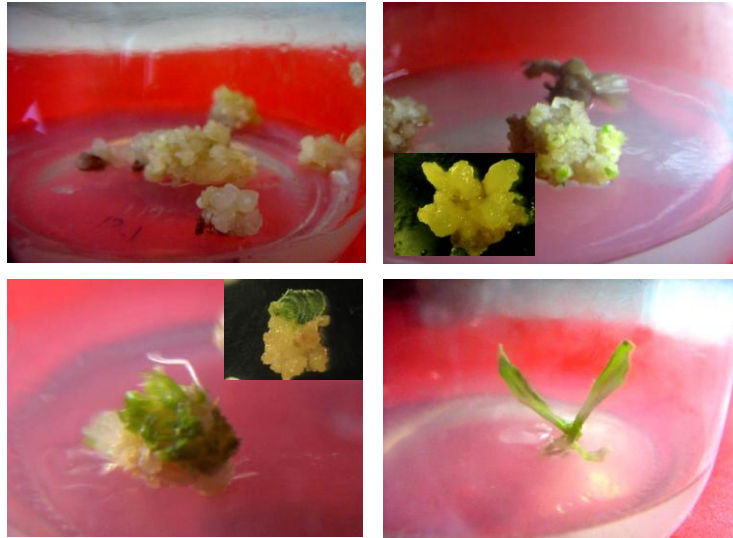
Tabel 3. Pengaruh galur terhadap pertumbuhan kalus tanaman jagung pada media MS yang diberi suplemen

Galur	Media	Bobot Kalus	Diameter Kalus	Persen Kalus Embriogenik
1	A	0.085 d	0.67 fg	30
	B	0.143 bcd	0.86 cdefg	60
2	A	0.300 abc	0.56 g	30
	B	0.336 ab	1.13 bcd	70
3	A	0.349 a	1.07 bcde	40
	B	0.231 abcd	1.11 bcd	100
<b>4</b>	<b>A</b>	<b>0.253 abcd</b>	<b>0.80 efg</b>	<b>50</b>
	B	0.232 abcd	1.33 b	90
5	A	0.262 abcd	0.79 efg	20
	B	0.140 cd	1.23 b	70
6	A	0.229 abcd	1.18 bc	40
	B	0.228 abcd	1.83 a	90
7	A	0.251 abcd	0.72 fg	20
	B	0.216 abcd	1.64 a	70
8	A	0.209 abcd	0.71 fg	30
	B	0.252 abcd	1.70 a	100
9	A	0.225 abcd	0.89 cdef	50
	B	0.227 abcd	1.12 bcd	60
10	A	0.208 abcd	0.77 efg	30
	B	0.209 abcd	1.03 bcde	40

Penambahan mannitol 3% pada media induksi kalus embriogenik meningkatkan diameter kalus walaupun bobot kalus tidak beda nyata dibandingkan tanpa manitol. Dari berbagai hasil penelitian tentang embriogenesis pada jagung dilaporkan bahwa tidak semua genotipa jagung tanggap terhadap kultur (Fahey *et al.*, 1986). Kemampuan regenerasi untuk membentuk planlet relatif sukar dicapai dan terbatas pada beberapa genotipa saja (Rapela, 1985). Diduga mannitol tersebut yang merupakan gula alkohol berperan di dalam memperbaiki tekanan osmosis media sehingga sel-sel menjadi lebih aktif membelah dalam membentuk kalus embriogenik.

Untuk melihat kemampuan kalus embriogenik yang dihasilkan dalam membentuk tunas dan akar, dilakukan sub kultur G8 ke dalam media regenerasi. Pada tanaman jagung umumnya tunas dan akar dapat diinduksi dengan cara memindahkan kalus embriogenik yang sudah terbentuk pada media inisiasi ke dalam media regenerasi tanpa hormon (Close dan Ludeman, 1987). Media regenerasi kalus menjadi planlet adalah yang digunakan adalah media MS + 3%

mannitol + BAP (0,5 ppm) + NAA (0,1 ppm) + Casein hidrolisat (100 mg). Hasil yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perkembangan regenerasi kalus embriogenik setelah dipindahkan pada media regenerasi Searah jarum jam:1 MSK, 2 MSK, 4 MSK dan 6 MSK

### **Pembentukan Galur**

Benih populasi mutan generasi M1 diselfing terus menerus sampai generasi M4. Lokasi penanaman dipilih yang memiliki tingkat kemasaman tinggi. Seleksi menggunakan metode Pedigree. Keragaan galur-galur mutan generasi ke 4 (M4) menunjukkan tingkat pertumbuhan yang relatif pendek dengan tinggi tanaman rata-rata kurang dari 1.5 m dari pangkal batang hingga ujung daun tertinggi dengan tinggi tanaman terendah 111 cm dan tertinggi 215 cm (Tabel. 4). Demikian juga untuk karakter vegetatif lain, seperti panjang dan lebar daun. Penurunan hasil pengukuran tersebut merupakan efek terjadinya *inbreeding depression*.

Tabel 4. Rata-rata pertumbuhan dan komponen hasil galur mutan M4

GENOTIPE	UBB	UBJ	TT	JD	PD	LD	DBT	JBB	JT
G1-12-18a-1-1	47.60	45.30	126.89	8.70	79.29	8.66	15.21	1.00	1.00
G1-12-18a-1-11	48.60	45.60	119.24	10.10	60.77	6.88	8.99	1.00	1.00
G1-12-18a-1-13	48.08	45.17	129.72	8.50	66.87	7.52	13.51	1.25	1.00
G1-12-18a-1-4	57.30	53.70	111.71	6.80	65.40	14.53	11.37	1.20	1.00
G1-12-18a-1-6	56.75	53.50	128.14	7.75	54.60	7.65	10.98	1.00	1.00
G3-15-17-4-10	45.35	41.90	138.05	8.80	78.40	7.40	10.08	1.25	1.05
G3-15-17-4-11	50.00	47.40	174.61	7.00	75.42	7.68	11.18	1.00	1.00
G3-15-17-4-20	47.88	44.92	133.18	8.83	80.71	7.60	11.04	1.13	1.04
G3-15-17-4-27	45.20	42.30	162.30	7.80	74.42	7.04	11.55	1.30	1.00
G3-15-17-4-33a	46.50	43.60	155.46	9.80	70.65	6.54	11.20	1.25	1.10
G6-6-19-19a-28b	47.30	44.50	134.33	9.30	77.33	7.89	11.94	1.30	1.00
G6-6-19a-9-10	46.27	43.40	147.16	10.53	87.83	10.35	11.34	1.20	1.07
G6-6-19a-9-32a	42.20	38.85	165.84	10.00	86.77	11.64	12.07	1.15	1.00
G6-6-19a-9-5	46.83	42.58	146.80	9.92	93.02	10.95	12.38	1.17	1.00
G7-15-9-3-14	47.15	44.15	172.46	9.95	81.69	7.73	11.03	1.10	1.05
G7-15-9-3-30	54.10	50.50	162.72	9.10	84.95	11.64	12.66	1.20	1.00
G7-15-9-3-6	45.87	42.53	124.97	9.73	91.66	10.81	11.67	1.20	1.00
G7-15-9-3-7	46.92	44.00	150.74	8.83	78.82	8.81	15.03	1.42	1.25
G7-15-9-3-9	45.72	41.89	172.37	9.72	92.97	12.62	12.45	1.22	1.00
G8-4-8-6-10	47.58	43.92	138.87	9.25	85.85	11.61	12.40	1.00	1.00
G8-4-8-6-11	56.20	53.00	185.43	8.80	89.18	12.54	11.56	1.00	1.00
G8-4-8-6-3	51.20	48.30	215.45	10.95	73.14	7.34	9.42	1.30	1.05
G8-4-8-6-4	45.70	42.20	171.06	8.70	93.13	11.70	13.49	1.20	1.00
G8-4-8-6-7a	52.13	49.00	204.20	9.38	83.81	9.33	11.06	1.00	1.00
G9-20-44-2-1	45.54	41.85	139.60	9.38	88.07	11.59	12.28	1.31	1.08
G9-20-44-2-13	52.07	49.60	135.25	7.53	75.03	12.35	13.37	1.27	1.07
G9-20-44-2-18a	44.40	41.00	179.66	10.00	78.47	9.57	10.83	1.13	1.00
G9-20-44-2-18b	58.83	53.83	145.35	7.50	94.20	12.07	11.05	1.17	1.00
G9-20-44-2-21	48.20	44.80	143.87	9.20	92.89	13.45	11.43	1.20	1.10

UBB = umur berbunga betina, UBJ = umur berbunga jantan, TT = tinggi tanaman, JD = jumlah daun, PD = panjangdaun, LD = lebar daun, DBt = diameter batang, JBBj = jumlah biji baris, JT = jumlah tongkol per tanaman,

Varian dalam galur yang relatif kecil dari peubah yang diamati sebagian besar relative kecil yang menandakan telah semakin seragam, kecuali dengan peubah tinggi tanaman yang masih memiliki keragaman yang cukup besar (Gambar 3, Tabel 5).

Tabel 5. Varian pertumbuhan dan komponen hasil dalam galur M4

GENOT	UBB	UBJ	TT	JD	PD	LD	DBT	JBB	JT
G1-12-18a-1-1	0.71	0.90	80.75	0.68	55.36	0.91	8.37	0.00	0.00
G1-12-18a-1-11	2.71	1.60	73.06	1.88	158.14	1.38	1.92	0.00	0.00
G1-12-18a-1-13	1.36	0.88	172.55	3.73	220.92	1.33	4.34	0.20	0.00
G1-12-18a-1-4	0.46	0.46	277.43	0.84	22.97	3.66	4.92	0.18	0.00
G1-12-18a-1-6	8.92	7.00	704.49	0.25	66.03	2.24	0.96	0.00	0.00
G3-15-17-4-10	4.98	6.09	278.36	0.80	189.90	1.38	7.14	0.30	0.05
G3-15-17-4-11	0.50	1.30	508.58	0.50	30.14	2.70	2.84	0.00	0.00
G3-15-17-4-20	1.07	1.21	463.2	0.84	67.91	1.42	7.20	0.11	0.04
G3-15-17-4-27	2.18	3.12	524.3	1.07	163.84	1.28	8.37	0.23	0.00
G3-15-17-4-33a	5.74	6.57	290.61	2.38	189.96	1.75	8.73	0.30	0.09
G6-6-19-19a-28b	1.57	1.61	178.71	4.46	110.15	0.95	2.16	0.23	0.00
G6-6-19a-9-10	6.07	7.11	657.83	1.55	96.63	1.92	1.75	0.17	0.07
G6-6-19a-9-32a	3.75	2.87	612.91	2.42	114.55	3.24	4.69	0.13	0.00
G6-6-19a-9-5	2.70	2.45	238.31	2.99	85.22	3.89	3.40	0.15	0.00
G7-15-9-3-14	1.61	1.82	285.67	1.00	108.12	2.54	5.58	0.09	0.05
G7-15-9-3-30	5.57	4.47	315.44	1.78	105.72	2.33	4.71	0.17	0.00
G7-15-9-3-6	4.55	3.41	160.94	1.50	154.27	2.71	3.62	0.17	0.00
G7-15-9-3-7	0.99	1.27	232.17	1.61	105.48	0.64	5.78	0.45	0.39
G7-15-9-3-9	3.04	3.16	444.05	2.09	64.22	3.87	3.77	0.30	0.00
G8-4-8-6-10	9.17	8.27	135.61	2.75	100.17	4.08	4.32	0.00	0.00
G8-4-8-6-11	9.70	2.50	84.41	0.70	116.31	1.49	0.50	0.00	0.00
G8-4-8-6-3	1.64	1.59	53.04	2.68	145.89	1.42	2.31	0.22	0.05
G8-4-8-6-4	4.01	3.29	93.55	1.34	168.62	3.31	5.17	0.18	0.00
G8-4-8-6-7a	3.27	4.00	191.17	1.13	195.34	1.18	2.61	0.00	0.00
G9-20-44-2-1	4.10	2.97	1412.46	2.09	79.28	3.81	4.06	0.23	0.08
G9-20-44-2-13	1.92	1.83	1155.49	0.98	82.85	2.38	15.82	0.21	0.07
G9-20-44-2-18a	3.26	2.86	305.01	2.14	116.47	1.66	1.93	0.12	0.00
G9-20-44-2-18b	0.17	2.97	163.52	1.10	34.37	1.88	1.67	0.17	0.00
G9-20-44-2-21	0.59	1.01	953.1	0.59	137.24	4.77	2.15	0.17	0.09

UBB = umur berbunga betina, UBJ = umur berbunga jantan, TT = tinggi tanaman, JD = jumlah daun, PD = panjang daun, LD = lebar daun, DBt = diameter batang, JBBj = jumlah biji baris, JT = jumlah tongkol per tanaman,



Gambar 3. Pertumbuhan vegetatif populasi generasi M4



### Karakterisasi Mutan

Hasil pengamatan karakter vegetatif dan generatif ditunjukkan pada Tabel 6. Terjadi pengurangan ukuran pada tanaman mutan M4 baik pada karakter vegetatif maupun generatif. Untuk parameter tinggi tanaman dan panjang tongkol penurunan ukuran sekitar 50%. Sedangkan untuk parameter jumlah daun dan diameter tongkol penurunan hanya sekitar 20%. Bobot 100 butir juga menjadi lebih kecil dengan penurunan yang bervariasi.

Tabel 6. Nilai rata-rata karakter vegetatif dan generatif mutan M4 dan tetuanya

Genotipe	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun	Panjang tongkol (cm)	Diameter tongkol (mm)	Bobot 100 butir
G1	234.70	13.00	16.70	39.60	17.93
G1M	108.46	8.46	8.14	25.08	9.68
G3	201.40	9.30	12.20	25.80	15.85
G3M	121.15	8.82	8.92	25.48	10.13
G6	224.60	12.80	15.50	42.70	24.07
G6M	132.24	9.75	9.71	29.64	9.51
G7	225.70	13.60	15.00	41.60	21.19
G7M	114.58	9.51	10.13	28.58	9.96
G8	228.20	12.50	18.00	38.60	24.54
G8M	119.69	9.75	11.38	29.52	9.50
G9	219.20	12.70	12.50	28.30	11.44
G9M	122.39	8.90	8.74	26.55	9.50

Isolasi DNA jagung menggunakan KIT RED Extract. Metode amplifikasi DNA dengan konsentrasi DNA 10 – 25 ng dan program PCR yang digunakan adalah:

- Satu siklus - Pre PCR pada suhu 94°C selama 5 menit,
- 45 siklus - Denaturasi pada suhu 94°C selama 5 detik,
- Annealling pada suhu TM-4 selama 30 detik
- Elongation pada suhu 72°C selama 1 menit
- Satu siklus - Stop PCR pada suhu 72°C selama 10 menit

Hasil seleksi primer dari operon technologies OPE, OPH dan OPM diperoleh 15 primer yang menghasilkan produk amplifikasi. Kemudian dilakukan amplifikasi pada seluruh DNA tanaman baik mutan maupun tanaman induknya. Hanya 5 primer yang menunjukkan polimorfisme pada populasi, yaitu OPE-07, OPE-06, OPH7, OPH-19 dan OPM-20. Tabel 7 menunjukkan adanya mutasi

pada semua galur M4 yang terseleksi yang ditunjukkan dengan perbedaan pola pita DNA dengan galur asalnya.

Tabel 7. Daftar primer yang menunjukkan polimorfisme pada tanaman mutan

Primer	G1	G1 M	G3	G3 M	G6	G6 M	G7	G7 M	G8	G8 M	G9	G9 M
OPE07 <sub>500</sub>									+	-		
OPE08 <sub>450</sub>											-	+
OPE08 <sub>600</sub>									+	-	-	+
OPE08 <sub>1500</sub>	+	-										
OPE08 <sub>1600</sub>							+	-				
OPE08 <sub>2000</sub>							+	-			+	-
OPH07 <sub>600</sub>					+	-						
OPM20 <sub>1100</sub>			+	-								

### Perakitan Hibrida dan Uji Daya Gabung

Berdasarkan pada keragaan dan tingkat keseragaman dalam galur populasi M4, maka ditetapkan enam galur yang digunakan dalam persilangan. Dengan menggunakan skema persilangan dialel maka diperoleh kombinasi persilangan seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Daftar hibrid yang dihasilkan dari persilangan tetua terpilih

No	Persilangan	No	Persilangan
1	G1-12-18a-1 x G8-4-8-6	16	G7-15-9-3 x G3-15-17-4
2	G1-12-18a-1x G9-20-44-2	17	G7-15-9-3 x G9-20-44-2
3	G1-12-18a-1 x G7-15-9-3	18	G7-15-9-3 x G6-6-19a-9
4	G1-12-18a-1 x G6-6-19-19 <sup>a</sup>	19	G7-15-9-3 x G1-12-18a-1
5	G1-12-18a-1 x G3-15-17-4	20	G7-15-9-3 x G8-4-8-6
6	G3-15-17-4 x G9-20-44-2	21	G8-4-8-6 x G6-6-19a-9
7	G3-15-17-4 x G8-4-8-6	22	G8-4-8-6 x G9-20-44-2
8	G3-15-17-4 x G1-12-18a-1	23	G8-4-8-6 x G1-12-18a-1
9	G3-15-17-4 x G6-19a-9	24	G8-4-8-6 x G7-15-9-3
10	G3-15-17-4 x G7-15-9-3	25	G8-4-8-6 x G3-15-17-4
11	G6-6-19a-9 x G3-15-17-4	26	G9-20-44-2 x G6-6-19a-9
12	G6-6-19a-9 x G1-12-18a-1	27	G9-20-44-2 x G1-12-18a-1
13	G6-6-19a-9 x G8-4-8-6	28	G9-20-44-2 x G3-15-17-4
14	G6-6-19a-9 x G7-15-9-3	29	G9-20-44-2 x G8-4-8-6
15	G6-6-19a-9 x G9-20-44-2	30	G9-20-44-2 x G7-15-9-3

Pengujian daya gabung dilakukan di Jasinga dan Leuwikopo. Percobaan Jasinga dilakukan mulai bulan Juli 2009 hingga bulan November 2009. Kondisi musim kemarau pada saat pengolahan lahan hingga pertumbuhan awal menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat dan hasil kurang memuaskan. Pengaruh daya gabung umum sangat signifikan yang mengindikasikan bahwa tetua-tetua hibrida yang digunakan memiliki keragaan menghasilkan hibrid yang berbeda-beda satu sama lain. Untuk parameter tinggi tanaman, dengan harapan tanaman yang lebih tinggi lebih berpotensi menghasilkan biomas lebih baik yang selanjutnya berimplikasi hasil yang paling baik pula, maka nilai DGU tertinggi adalah yang paling baik. Dari enam tetua yang diuji, tampak bahwa G6 dan G8 memiliki DGU terbaik, dengan nilai estimasi berturut-turut 3.37 dan 2.58. Sedangkan pasangan tetua yang dapat diharapkan menghasilkan hibrida dengan tinggi tanaman yang lebih baik adalah G3 x G8 memiliki estimasi DGK tertinggi, yaitu 11.78. Pada percobaan di Leuwikopo, G8 juga memiliki DGU terbaik berdasarkan parameter vegetatif. Sedangkan pasangan tetua yang dapat diharapkan menghasilkan hibrida terbaik adalah G1 x G8 memiliki estimasi DGK tertinggi.

## KESIMPULAN

Nilai LD50 irradiasi dengan sinar gamma terhadap galur-galur jagung yang diuji berkisar antara 97 Gy hingga 424 Gy. Induksi mutasi fisik dengan sinar gamma dilakukan pada dosis 275 Gy. Induksi varian somaklon dilakukan pada beberapa tahapan. Media efektif untuk pembentukan kalus adalah MS + 2 ppm 2,4-D., untuk merangsang terbentuknya kalus ebrigenik adalah media MS + 2,4-D + manitol 3% dan media regenerasi adalah MS + 0.5 ppm BAP + 0.1 ppm NAA+ 100 mg casein hidrolisat.

Selfing mutan sampai generasi M4 menghasilkan generasi yang seragam dengan nilai varian dalam genotipe kecil. Secara morfologi generasi M4 lebih kecil dibandingkan dengan tetua asalnya akibat *inbreeding depression*. Berdasarkan pola pita RAPD terjadi polimorfisme pada semua galur mutan minimal pada 1 lokus.

Persilangan 6 galur mutan M4 dengan skema dialel menghasilkan 30 hibrid berikut resiproknya dengan jumlah benih sekitar 200-400 butir benih setiap persilangan. Hasil analisis daya gabung umum berdasarkan parameter vegetatif baik di Jasinga maupun di Leuwikopo menunjukkan G8 memiliki DGU terbaik. Sedangkan pasangan tetua yang dapat diharapkan menghasilkan hibrida terbaik dengan estimasi DGK tertinggi adalah G3 X G8 (Jasinga) dan G1 x G8 (Leuwikopo).

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Program Insentif Riset Dasar dari Kementerian Riset dan Teknologi yang telah mendanai seluruh kegiatan penelitian; kepada Badan Penelitian Bioteknologi Pertanian dan Genetika atas kontribusi galur-galur murni jagung yang digunakan sebagai tetua; dan kepada P3TIR BATAN atas bantuan dalam perlakuan iradiasi sinar gamma.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ahnstroem G. 1977. Radiobiology. In Manual on Mutation Breeding, 2nd edition. Tech. Report Series No.119. Joint FAO/IAEA. Vienna: Div. of Atomic Energy in Food and Agriculture. 286 p.
- BPS. 2005. Statistik Indonesia. Biro Pusat Statistik. Jakarta.
- Close, K. R. and L. A. Ludeman. 1987. The effect of auxin-like plant growth regulator and osmotic regulation on induction of somatic embryogenesis from elite maize inbred. *Plant Sci.* 52: 81-89.
- Datta, S.K.. 2001. Mutation studies on garden chrysanthemum : A review. *Scientific Horticulture* 7:159-199.
- Duncan R.R., R.M. Waskom, and M.W. Nabors. 1995. In vitro screening and field evaluation of tissue culture-regenerated sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) moench) for soil stress tolerance. *Euphytica* 85:371-380.
- Fahey, J. W., J. N. Reed, T. L. Readdy and G. M. Pace. 1986. Somatic embryogenesis from three commercially important inbreds of *Zea mays*. *Plant Cell Reports.* 5: 35-38.
- Finney, D.J. Probit analysis and multivariant. 2005. [Http://www.gseis.ucla.edu/courses/ed231al/notes3/probit.html](http://www.gseis.ucla.edu/courses/ed231al/notes3/probit.html). Diakses 5 Januari 2005.

Rapela, M. A. 1985. Organogenesis and somatic embryogenesis in tissue ultures of Argentina maize (*Zea mays* L.). J. Plant Physiol. 121: 119-122.

Singh, R.K. and B.D. Chaudhary. 1979. Biometrical Methods in Quantitative Genetics Analysis. Kalyani Publ. New Delhi. 304 p.

Sutjahjo S.H. 1994. Induksi keragaman somaklon kea Arah ketenggangan terhadap keracunan aluminium pada tanaman jagung [disertasi]. Bogor : Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

**REKAYASA OPTIMASI TEKNIK PIROLISIS BIOMASSA JAGUNG  
UNTUK PRODUKSI BAHAN TAMBAHAN MAKANAN DAN ENERGI**  
(Optimization Technique of Corn Biomass Pyrolysis for Production of Food  
Additive and Energy)

**Sapta Raharja, Prayoga Suryadarma, Listya Citra Suluhingtyas**  
Dep. Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

**ABSTRAK**

Pengolahan biomassa jagung dapat dilakukan dengan menggunakan proses pirolisis. Pirolisis adalah suatu proses pemanasan dengan meminimalkan penggunaan oksigen pada prosesnya. Kandungan utama dari biomassa jagung terutama adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin, dimana ketika dilakukan pembakaran pada suhu yang sesuai dengan proses pirolisis dapat menghasilkan berbagai zat kimia yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan makanan yang aman untuk dikonsumsi dan *bio-oil* sebagai salah satu sumber energi alternatif. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh perlakuan-perlakuan pirolisis yang diberikan seperti perubahan suhu dan katalis pirolisis biomassa jagung terhadap rendemen produk BTM (antioksidan, *flavour*, dan pengawet) dan *bio-oil* yang dihasilkan. Dari hasil uji termogravimetri tongkol jagung, tongkol jagung akan mulai terbakar pada suhu 176.91°C. Pada suhu 176.91°C sampai suhu 388.97°C tongkol akan terbakar dengan *weight loss* sebesar 56.221%. Tongkol jagung akan terbakar sampai suhu 983.41°C. Untuk kelobot jagung akan mulai terbakar pada suhu 204.71°C. Pada suhu 204.71°C sampai suhu 367.92°C dengan *weight loss* sebesar 50.1192%. Untuk batang jagung pada suhu 139.28°C- 398.97°C bahan terdegradasi sebanyak 41.857%. Pada analisis termogravimetrik daun jagung juga didapat karakteristik suhu dekomposisi yang hampir sama dimana pada suhu 209.06°C- 611.76°C bahan telah terdegradasi sebanyak 67.000%. Pirolisis tongkol dan kelobot jagung menghasilkan rendemen cairan terbanyak pada suhu 550°C, sedangkan untuk batang dan daun menghasilkan cairan terbanyak pada suhu 350°C. Dari hasil pirolisis baik dengan bahan baku tongkol dan kelobot dihasilkan berbagai komponen terutama dari golongan fenol, aldehid, asam karboksilat dan beberapa jenis hidrokarbon. Mayoritas dari golongan fenol dapat digunakan sebagai pengawet, sedangkan golongan aldehid kebanyakan dimanfaatkan untuk *flavouring agent* ataupun antioksidan, serta beberapa diantaranya juga dimanfaatkan sebagai bioinsektisida. Sedangkan golongan asam karboksilat banyak

Kata kunci : Pirolisis, biomassa, jagung, BTM.

**ABSTRACT**

Corn biomass processing could also be done using pyrolysis. The major content of corn biomass are cellulose, hemicelluloses and lignin, whereas when the combustion was done in with the appropriate temperature, pressure, and oxygen availability could be produced several chemical. From the pyrolysis could be produced food additive such as antioxidant, flavor, disinfectant which is safely used as food additive. Besides that, from the pyrolysis process, also produced the bio oil which could be used as alternative energy. The aims of this research were to know the impact of pyrolysis treatment which had been given such as the temperature, and catalyst to the food additive (antioxidants, flavor, disinfectant) and also bio oil. From the thermogravimetric analysis, the corn cob would be burnt in temperature of 176.91°C until 388.97°C with 56.221% weight losses, the corn husk in the 204.71 until 367.92 °C with 50,1192% weight losses. While the corn leaves would be burnt in temperature of 209,06 -611.76 °C with 67.000% weight losses

and the corn stem would be burnt in temperature of 139,28°C until 398,97 °C with 41,857% weight losses. The corncob and cornhusk pyrolysis produced the highest liquid in the temperature of 550°C, while corn leaf and stalks in the temperature of 350°C. There were several chemical product from corn biomass pyrolysis such as phenol, aldehyde, carboxylic acid and several hydrocarbon which could be used as food additive and biooil.

Keywords: Pyrolysis, corn, biomass, food additive.

## PENDAHULUAN

Jagung merupakan salah satu komoditi unggulan nasional yang menjadi pusat perhatian pemerintah dalam rangka meningkatkan ketahanan pangan nasional. Hal tersebut menyebabkan terjadinya peningkatan produksi jagung dari waktu ke waktu. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2008), ketersediaan jagung di Indonesia pada tahun 2006 adalah sebesar 3.482.839 ton, pada tahun 2007 sebesar 3.986.258 ton, dan pada tahun 2008 terdapat sekitar 4.456.215 ton jagung. Peningkatan produksi jagung akan meningkatkan biomassa jagung. Biomassa jagung adalah seluruh bagian tanaman jagung yang tidak dipakai atau tidak diambil sebagai makanan pokok, seperti batang, daun, kelobot, dan tongkol (Ratnawati, 2008). Proporsi biomassa jagung dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Proporsi biomassa jagung

Limbah Jagung	Kadar air (%)	Proporsi Limbah (%BK)
Batang	70-75	50
Daun	20-25	20
Tongkol	50-55	20
Kulit (kelobot) jagung	45-50	10

Sumber: Mc Cutcheon dan Samples (2002)

Di lain pihak, biomassa jagung tersebut merupakan bahan yang berpotensi digunakan sebagai bahan baku dalam produksi bahan tambahan makanan (BTM) dan energi melalui proses yang dapat mengurai komponen biomassa yang dikenal sebagai pirolisis. Pirolisis adalah suatu proses pemanasan dengan meminimalkan penggunaan oksigen pada prosesnya. Pada proses pirolisis pada suhu yang sesuai, kandungan utama dari biomassa jagung terutama adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin dapat terdegradasi dan menghasilkan berbagai bahan kimia. Dari proses pirolisis biomassa jagung tersebut dapat dihasilkan zat *additive* berupa

antikoksidan, flavor dan pengawet yang aman untuk dikonsumsi sebagai BTM. Selain itu juga dapat dihasilkan *bio-oil* yang dapat digunakan sebagai salah satu sumber energi alternatif.

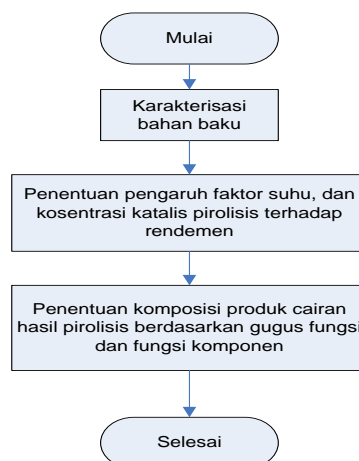
Tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui pengaruh perlakuan-perlakuan pirolisis yang diberikan seperti perubahan suhu dan katalis pirolisis biomassa jagung terhadap rendemen produk BTM (antioksidan, *flavour*, dan pengawet) dan *bio-oil* yang dihasilkan Mengetahui laju pirolisis perlakuan yang memberikan hasil terbaik Mengetahui pengaruh perlakuan-perlakuan distilasi yang diberikan seperti suhu distilasi, tekanan dan tahapan distilasi produk hasil pirolisis terhadap jumlah rendemen dan kualitas BTM dan *bio-oil* yang dihasilkan Mengetahui laju distilasi perlakuan yang memberikan hasil yang terbaik

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Peralatan utama yang digunakan adalah reaktor untuk pirolisis, kondensor dan *hammer mill*. Peralatan yang digunakan untuk analisis adalah alat GC/MS. Bahan baku utama yang digunakan pada penelitian ini adalah biomassa jagung (tongkol dan brangkasan jagung). Bahan-bahan kimia yang digunakan adalah atapulgit, dan bahan-bahan kimia untuk analisis.

### Metode



Gambar 1. Bagan alir tahapan penelitian



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi Bahan Baku

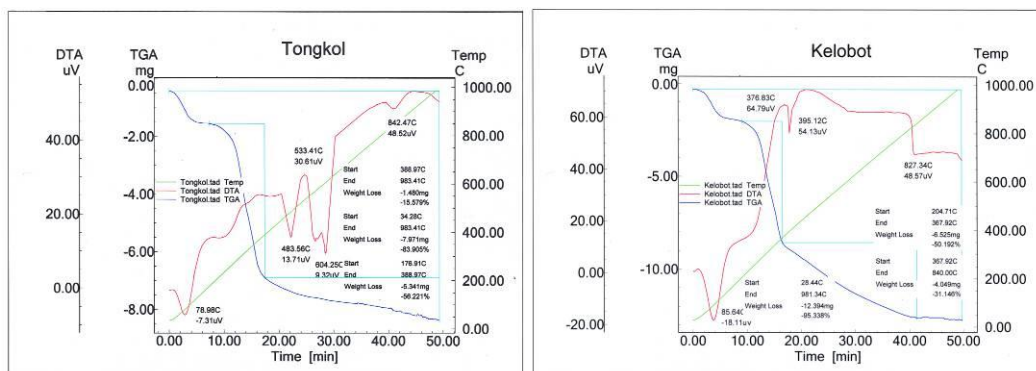
Tabel 2. Kadar Air Bahan Baku

Jenis biomassa	Nilai (%)
Tongkol	6.03 ± 0.13
Kelobot	8.42 ± 0.08
Daun	10.77±0,11
Batang	13.05±0.13

Nilai kadar air yang rendah pada bahan baku akan mempercepat proses pembakaran dan penguapan air dalam bahan. Sedangkan nilai kadar air yang tinggi akan mempengaruhi proses pemanasan dan pembakaran yang berlangsung lebih lama untuk menguapkan air pada bahan. Penguapan yang terlalu lama akan memperlambat waktu bahan yang terbakar sehingga mengurangi jumlah asap yang dihasilkan. Banyaknya jumlah asap akan mempengaruhi rendemen cairan hasil pirolisis.

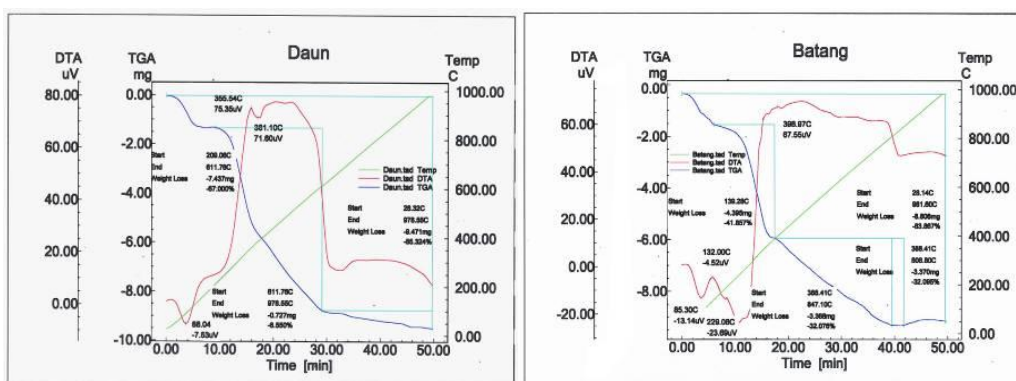
### Penentuan Suhu pada Proses Pirolisis

Penentuan suhu pada proses pirolisis ini digunakan untuk mengetahui suhu tongkol dan kelobot akan terbakar dan mulai terdekomposisi dan dapat dilakukan dengan uji thermogravimetri (*Thermogravimetric Analyzer (TGA)*) (Sonobe, T. and Nakorn Worasuwannarak, 2004).



Gambar 2. Hasil *Thermogravimetric Analyzer (TGA)* tongkol dan kelobot jagung

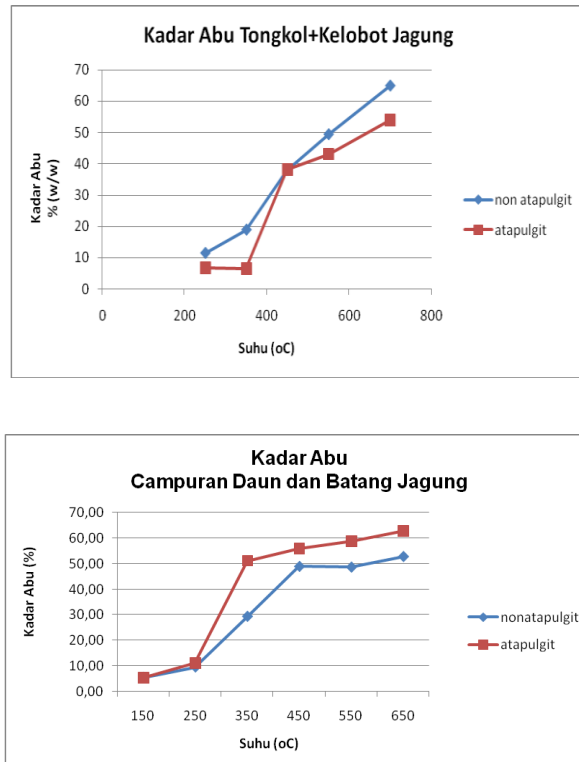
Dari hasil uji thermogravimetri tongkol dan kelobot jagung akan mulai terbakar pada suhu 176.91°C. Pada suhu 176.91°C sampai suhu 388.97°C tongkol akan terbakar dengan *weight loss* sebesar 56.221%. Tongkol jagung akan terbakar sampai suhu 983.41°C. Untuk kelobot jagung akan mulai terbakar pada suhu 204.71°C. Pada suhu 204.71°C sampai suhu 367.92°C dengan *weight loss* sebesar 50.1192%. Kelobot jagung akan terbakar sampai suhu 981.34°C. sehingga dari hasil analisis termogravimetrik batang dan daun jagung diperoleh suhu untuk pirolisis yaitu 250°C, 350°C, 450°C, 550°C, dan 700°C.



Gambar 3 . Hasil *Thermogravimetric Analyzer* (TGA) Daun dan Batang Jagung

Dari hasil uji thermogravimetri daun dan batang jagung, batang jagung akan mulai terbakar pada suhu 139,28°C. Pada suhu 139,28°C sampai suhu 398.97°C batang jagung akan terdegradasi sebesar 41,857 %, sedangkan antara suhu 388.41°C sampai dengan suhu 806.80°C bahan terdegradasi sebanyak 32.095%. Batang jagung akan terbakar sampai suhu 983.41°C. Untuk daun jagung akan mulai terbakar pada suhu 204.71°C. Pada suhu 204.71°C sampai suhu 367.92°C dengan *weight loss* sebesar 50.1192%. Pada analisis termogravimetrik daun jagung juga didapat karakteristik suhu dekomposisi yang hampir sama dimana pada suhu 209.06°C- 611.76°C bahan telah terdegradasi sebanyak 67.000%. Berdasarkan hasil analisis termogravimetrik batang dan daun jagung diperoleh suhu untuk pirolisis yaitu 150 °C, 250°C, 350°C, 450°C, 550°C dan 650°C.

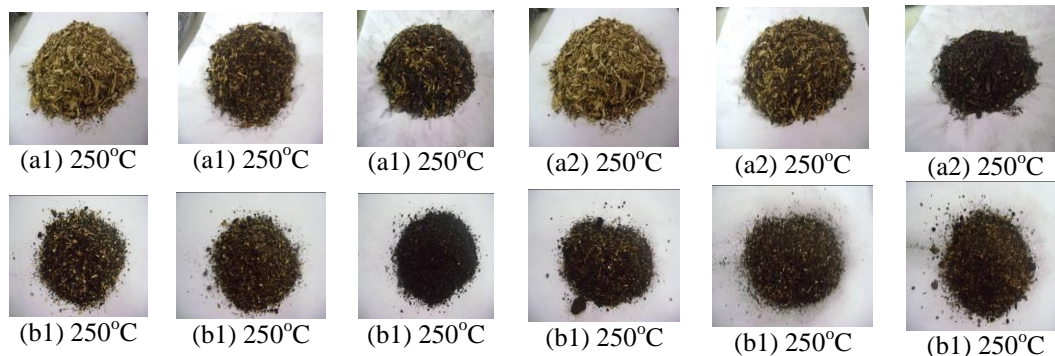
### Weight Loss selama Pirolisis



Gambar 4. Kadar Abu (a)Tongkol + Kelobot Jagung, (b) Batang dan Daun Jagung

*Weight loss* ini menggambarkan banyaknya campuran biomassa jagung jagung yang terbakar selama proses pirolisis. Nilai *weight loss* pada pembakaran tongkol dan kelobot non atapulgit cenderung mengalami kenaikan dengan peningkatan suhu. Nilai *weight loss* tertinggi untuk pirolisis tongkol dan kelobot jagung terjadi pada suhu 700°C yaitu sebesar 65% untuk pirolisis dengan atapulgit dan 53,89 % untuk pirolisis tanpa atapulgit. Hal tersebut berarti sejumlah tertentu (65% dan 53,89%) bobot campuran tongkol dan kelobot hilang selama proses pirolisis. Sedangkan untuk batang dan daun jagung nilai *weight loss* tertinggi terjadi pada suhu 650°C yakni sebesar 52.79% untuk pirolisis tanpa katalis (atapulgit) dan sebesar 62.81% untuk pirolisis dengan katalis (atapulgit) Grafik di atas menunjukkan perubahan bobot massa bahan yang ditampilkan sebagai kadar abu berbanding lurus dengan peningkatan suhu. Semakin tinggi suhu pirolisis maka kadar abu yang dihasilkan juga semakin tinggi yang berarti

semakin banyak massa bahan yang terdegradasi dan disumsikan semakin banyak produk yang dihasilkan, baik dalam bentuk gas, cairan ataupun char.

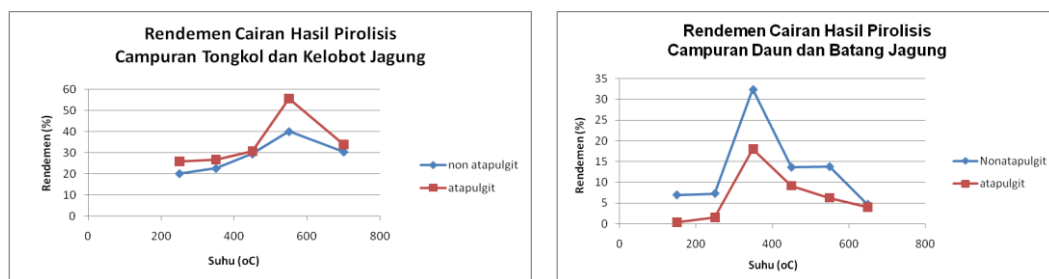


Gambar 5. Kadar Abu (a) Tongkol + Kelobot Jagung (a1) Dengan Katalis (a2) Tanpa Katalis, (b) Batang dan Daun Jagung (b1) Dengan Katalis (b2) Tanpa Katalis

Biomassa jagung yang terbakar akan mengalami perubahan warna ke arah gosong dan hitam. Peningkatan suhu mengakibatkan abu yang dihasilkan semakin hitam dan hangus. Komponen lignoselulosa dalam biomassa jagung yaitu, hemiselulosa, selulosa, dan lignin akan terbakar dan terdekomposisi dengan peningkatan suhu. Pada hemiselulosa akan mulai terdekomposisi dengan mudah pada suhu 220-315°C, dengan titik puncak pada suhu 268°C. Selulosa pada suhu 315-400°C dengan puncaknya pada suhu 355°C. Sedangkan lignin sulit untuk terdekomposisi pada suhu rendah. Lignin akan mengalami dekomposisi yang sangat lama, dari suhu 100-900°C (Yang, H. *et al*, 2007). Peristiwa dekomposisi tiap-tiap komponen berbeda karena perbedaan struktur kimia dari masing-masing. Banyaknya komponen yang terbakar dengan peningkatan suhu mengakibatkan warna abu semakin hitam dan gosong

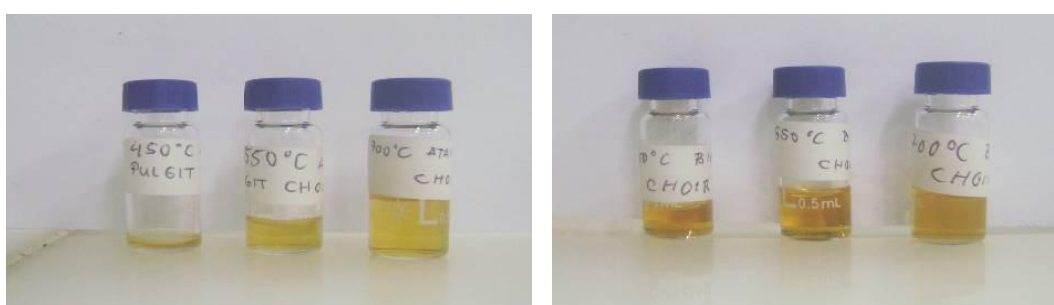
### Cairan Pirolisis

Pirolisis merupakan proses pembakaran pada suhu tinggi dengan meminimalkan penggunaan oksigen. Hasil proses pirolisis ini berupa cairan, gas, dan *char* (arang). Cairan hasil proses pirolisis merupakan gas yang terkondensasi.



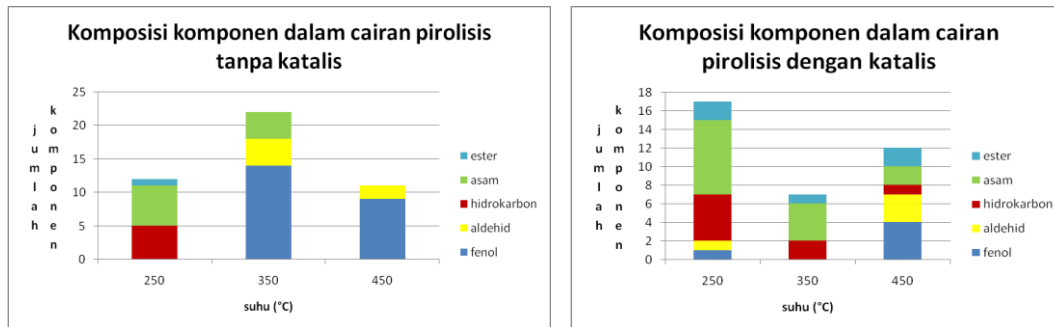
Gambar 6. Rendemen Cairan Hasil Pirolisis (a) Tongkol dan Kelobot Jagung (b) Daun dan Batang Jagung

Dengan peningkatan suhu, akan terjadi peruraian komponen biomassa tongkol dan kelobot jagung, mulai dari hemiselulosa, selulosa, dan lignin yang berakhir sampai suhu 500°C. Peruraian yang semakin meningkat akan meningkatkan banyaknya gas yang dihasilkan. Gas ini akan terkondensasi sehingga menghasilkan cairan. Hal ini mengakibatkan banyaknya cairan yang dihasilkan semakin meningkat dan tertinggi pada titik suhu 550°C. Pada suhu 700°C cairan menurun karena peruraian sudah berakhir pada suhu 500°C sehingga dengan peningkatan suhu ini tidak berpengaruh terhadap peningkatan jumlah cairan yang dihasilkan. Dari grafik diketahui bahwa cairan pada pirolisis atapulgit lebih banyak dibandingkan dengan non atapulgit. Atapulgit merupakan salah satu jenis katalis yang mempercepat suatu reaksi pirolisis.



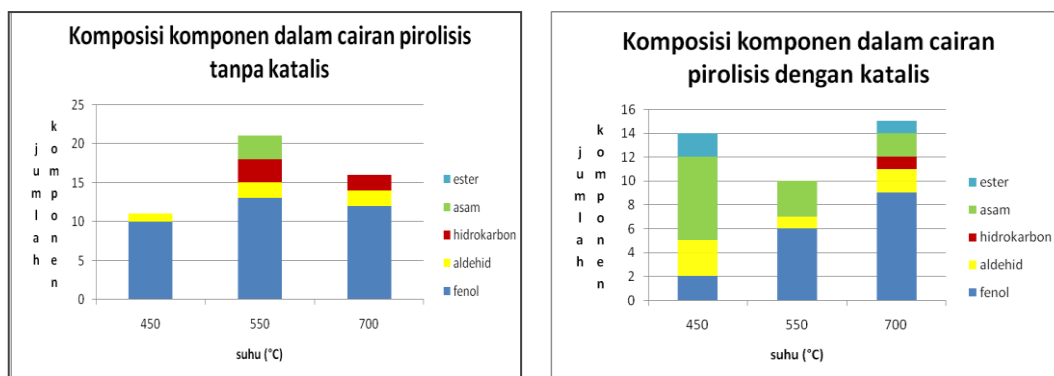
Gambar 7. Cairan Hasil Pirolisis Tongkol dan Kelobot Jagung (a) Menggunakan katalis (b) Tanpa Katalis

Cairan hasil pirolisis biomassa jagung cenderung berwarna kuning bening, seperti terlihat pada gambar.



Gambar 8. Komposisi Cairan Hasil Pirolisis Tongkol dan Kelobot Jagung (a) Dengan Katalis (b) Tanpa Katalis

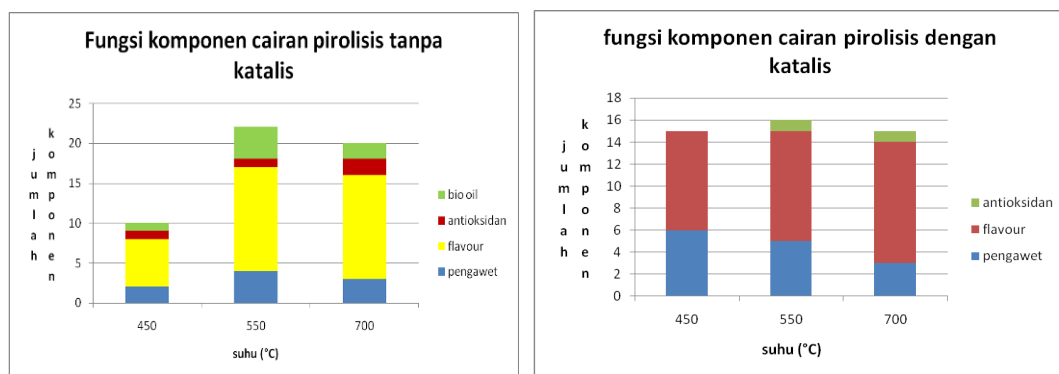
Berdasar analisa GC-MS, kandungan yang terdapat pada cairan hasil pirolisis tongkol dan kelobot ini terdiri dari golongan fenol, aldehid, hidrokarbon, asam, dan ester. Cairan hasil pirolisis tongkol dan kelobot jagung tanpa katalis mengandung lebih banyak komponen dari golongan fenol dibandingkan dengan penambahan katalis. Dengan penambahan katalis, terjadi penurunan komponen dari golongan fenol dan terjadi peningkatan komponen dari golongan asam dan ester. Peningkatan jumlah asam dengan penambahan katalis karena terjadi mekanisme proses pemecahan dan pembentukan yang lebih spesifik.



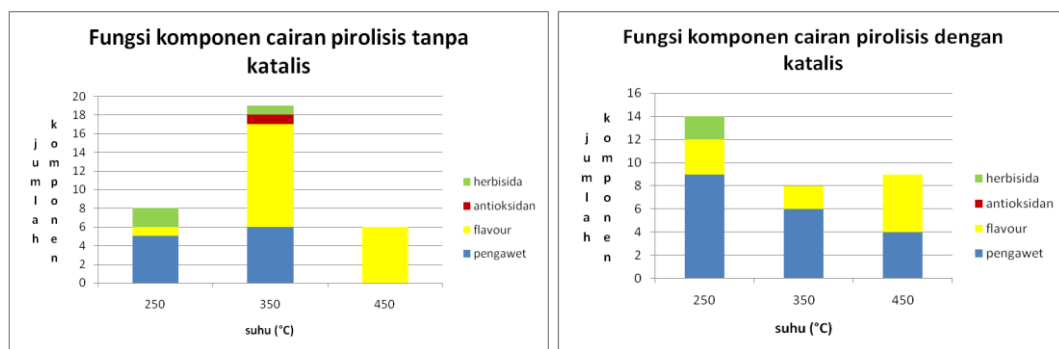
Gambar 9. Komposisi Cairan Hasil Pirolisis Daun dan Batang Jagung (a) Dengan Katalis (b) Tanpa Katalis

Tidak berbeda dengan cairan hasil pirolisa tongkol dan kelobot jagung, cairan hasil pirolisa daun dan batang jagung juga terdiri atas komponen ester, asam, hidrokarbon, aldehid dan fenol.

Fungsi komponen yang terkandung dalam cairan hasil pirolisis tongkol dan kelobot ini diklasifikasikan menjadi beberapa, yaitu sebagai pengawet, flavor, antioksidan, herbisida, dan bio oil. Pada proses pirolisis tongkol dan kelobot jagung ini, komponen yang diutamakan adalah sebagai bahan tambahan pangan (pengawet, *flavour*, dan antioksidan) dan bio oil.



Gambar 10. Komposisi Cairan Hasil Pirolisis Tongkol dan Kelobot Jagung (a) Dengan Katalis (b) Tanpa Katalis



Gambar 11. Fungsi Komponen Cairan Hasil Pirolisis Daun dan Batang Jagung (a) Dengan Katalis (b) Tanpa Katalis

Dari hasil yang diperoleh, komponen yang dapat dijadikan pengawet adalah benzenol, pyrogalol, m-cresol, asam heksadekanoat, asam oleat, Benzemethanol, alpha.- 1-propenyl-, asam dekanoat, asam dodekanoat, m-

Phenilphenol, asam tetradekanoat, asam stearat dan trans-asam oleat. Secara umum, komponen untuk bahan pengawet banyak ditemukan pada cairan hasil pirolisis dengan penambahan katalis. Komponen terbanyak untuk bahan pengawet dihasilkan pada suhu 450°C dengan penambahan katalis. Untuk komponen yang dapat dijadikan sebagai *flavour* adalah guaiacol; m o, p-Cresol; vanillin; p-Vinylguaiacol; p-Eugenol; 4-Ethylguaiacol; syringol; m, o, p-Etilphenol; m, o-Xylenol; dimetoksiphenol; syringaldehid; asam tetradekanoat; asam heksadekanoat; asam dekanoat; asam nonanoat; asam oleat; asam stearat; cycloten; ethylcyclopentenolone; pyrocatechol; pyrocatechol, 3-metil; benzemethanol, alpha-1-propenyl; nonaldehid; p-Anisalaldehid; p-Formylphenol; m-Acetylphenol; 2-Naphtalenol; syringol; p-Hydroxybenzaldehyde. Untuk komponen yang dapat dijadikan sebagai antioksidan adalah pyrogallol; pyrocatechol; dan dimetilphenol.

## KESIMPULAN

Pirolisa biomassa jagung dapat menghasilkan bahan tambahan makanan (flavor, pengawet dan antioksidan) serta biooil sebagai sumber energi alternatif. Dari hasil uji thermogravimetri tongkol dan kelobot jagung dimana tongkol dan kelobot jagung dibakar hingga suhu 1000°C, tongkol jagung akan mulai terbakar pada suhu 176.91°C. Pada suhu 176.91°C sampai suhu 388.97°C tongkol akan terbakar dengan *weight loss* sebesar 56.221%. Tongkol jagung akan terbakar sampai suhu 983.41°C. Untuk kelobot jagung akan mulai terbakar pada suhu 204.71°C. Pada suhu 204.71°C sampai suhu 367.92°C dengan *weight loss* sebesar 50.1192%. Kelobot jagung akan terbakar sampai suhu 981.34°C. Berdasarkan hasil uji thermogravimetri tongkol dan kelobot, suhu yang digunakan dalam proses pirolisis tongkol dan kelobot ini adalah 250, 350, 450, 550, dan 700°C dan untuk daun dan batang jagung 150, 250, 350, 450, 550 dan 650°C. Dari hasil pirolisa tongkol jagung dan kelobot dihasilkan berbagai komponen terutama dari golongan fenol (benzene, p-Cresol, Guaiacol, pyrogallol, p-Eugenol, 2,3 dimethyl phenol, 4-ethyl phenol, 4-ethyl guaiacol, p-vinyl guaiacol), aldehid (vanillin, syringaldehyde, nonaldehida, p-anisaldehyde), asam lemak (asam stearat, asam fumarat, ) dan beberapa jenis hidrokarbon. Mayoritas dari golongan fenol dapat



digunakan sebagai pengawet, sedangkan golongan aldehid kebanyakan dimanfaatkan untuk flavouring agent ataupun antioksidan, serta beberapa diantaranya juga dimanfaatkan sebagai bioinsektisida. Sedangkan golongan asam karboksilat banyak dimanfaatkan sebagai flavouring agent ataupun pengawet.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anand, Suman dan O N Srivastava. 2004. *Bull. Mater. Sci., Vol. 27, No. 2, April 2004, pp. 113–119.* © Indian Academy of Sciences. 113 Formation and characterization of Y : 247 film through spray pyrolysis technique. Department of Physics, Banaras Hindu University, India
- Anggraeny, Y.N., U. Umiyah, and D. Pamungkas. 2005. *Pengaruh suplementasi multi nutrisi terhadap performans sapi potong yang memperoleh pakan basal jerami jagung.* Pros. Sem. Nas. Teknologi Peternakan dan Veteriner. p. 147-152.
- Badan Pusat Statistik. 2008. Produktivitas Jagung
- Dong Ho Lee, Haiping Yang, Rong Yan, David Tee Liang. *Journal of Fuel Volume 86, Issue 3, February 2007, Halaman 410-417.* Prediction of gaseous products from biomass pyrolysis through combined kinetic and thermodynamic simulations.
- Jale Yanik, et al. *Journal Fuel Processing Teknologi Volume 88, Issue 10, October 2007, Pages 942-947.* Fast pyrolysis of agricultural wastes: Characterization of pyrolysis products.
- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. 2004. *Evaluation of certain food additives: sixty-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO technical report series ; Geneva, Switzerland*
- McCutcheon, J and D. Samples. 2002. *Grazing Corn Residues. Extension Fact Sheet Ohio State University Extension.* US. ANR10-02
- McGrath et al. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis Februari 2009.* Phenolic Compound Formation From The Low Temperature Pyrolysis Of Tobacco. Nevell, T.P. dan S.H. Zeronian. 1985. *Cellulose Chemistry and Its Applications.* Ellis Harwood United, Chicester.
- Qing Cao et al. *Jurnal Bioresource Technology Volume 94, Issue 1, August 2004, Pages 83-89.* Pyrolytic behavior of waste corn cob.

- Ratnawaty, S. 2008. *Produktivitas Jagung Lamuru pada Lahan Pasca Penanaman Leguminosa di Desa Naibonat, Nusa Tenggara Timur*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Nusa Tenggara Timur.
- Ritcher, Henning et al. 2004. *Chemical Characterization and Bioactivity of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons from Non-Oxidative Thermal Treatment of Pyrene - Contaminated Soil at 250 –1,000°C*. Massachusetts Institute of Technology, USA
- Rostami et al. *Journal of Fuel, Volume 83, Issues 11-12, August 2004, Pages 1519-1525*. A Biomass pyrolysis sub model for CFD applications.
- Suat Uçar dan Selhan Karagoz. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, Februari 2009*. The slow pyrolysis of pomegranate seeds: the effect of temperature on the product yields and bio-oil properties. Xiadong. *Journal of Eng. Gas Turbines Power July 2006 Volume 128, Issue 3, 493 (4 pages)*. Study on Biomass Pyrolysis Kinetics.
- Ze Wang et al.. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis Februari 2009*. Pyrolysis of Hydrocarbon Fuel ZH-100 Under Different Pressures
- Zhenggi Li et al. *Journal Bioresource Technology Volume 100, Issue 2, January 2009, Pages 948-952*. Analysis of coals and biomass pyrolysis using the distributed activation energy model.

**PENGUKURAN KOMPOSISI TUBUH DENGAN METODE RUANG UREA PADA SAPI PERANAKAN ONGOLE YANG DISUPLEMENTASI LERAK (*Sapindus rarak* De Candole) DALAM BENTUK PAKAN BLOK (Body Composition Using Urea Space Methode of Ongole Crossbred Fed with *Sapindus Rarak* De Candole Supplementation as Feed Block)**

**Dewi Apri Astuti<sup>1)</sup>, Elizabeth Wina<sup>2)</sup>, Budi Haryanto<sup>2)</sup>, Sri Suharti<sup>1)</sup>, Fransisca<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup> Dep. Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan IPB

<sup>2)</sup> Pusat Penelitian dan Pengembangan Ternak, Departemen Pertanian Bogor

**ABSTRAK**

Penggunaan lerak pada domba dapat meningkatkan pertambahan bobot badan sebesar 40 %. Lerak mengandung saponin tinggi yang dapat mempengaruhi populasi protozoa di rumen. Namun penggunaan lerak pada ternak sapi potong belum banyak dilaporkan. Penelitian *in vivo* dilakukan pada 12 sapi potong yang diberi ransum konsentrat dan rumput lapang dengan perbandingan 47:52, dengan penambahan 3 perlakuan yaitu: 1% pakan blok tanpa lerak (R1), 1% pakan blok dengan ekstrak methanol lerak 0.033% (R2), 1% pakan blok dengan ekstrak methanol lerak 0.085% (R3). Komposisi tubuh berupa air tubuh, lemak tubuh dan protein tubuh diukur dengan menggunakan metoda urea space. Sejumlah 0,65 ml/ kg bobot metabolik larutan urea 20 % disuntikkan melalui vena jugularis pada sapi. Setelah 18 menit maka darah diambil untuk selanjutnya dianalisis kandungan urea. Pertambahan bobot badan dievaluasi dengan cara penimbangan di awal dan akhir penelitian. Hasil menunjukkan bahwa konsumsi ransum tidak berbeda nyata pada semua perlakuan yang artinya lerak cukup palatable untuk ransum sapi. Pemberian methanol ekstrak lerak dalam bentuk pakan blok menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan kenaikan bobot badan antar semua perlakuan. Pengukuran komposisi tubuh dengan menggunakan metoda *urea space* tidak menunjukkan adanya perbedaan total air dan protein tubuh, tetapi ada kecenderungan penurunan lemak tubuh. Dapat disimpulkan bahwa lerak yang telah diekstrak dengan methanol dengan kandungan saponin yang tinggi tidak mengganggu konsumsi ransum dan dapat menurunkan lemak tubuh pada perlakuan 0.033% ekstrak methanol lerak.

Kata kunci : Lerak, saponin, urea space, komposisi tubuh, vena jularis.

**ABSTRACT**

The extract of *Sapindus rarak* fruit pericarp has been proved to increase sheep performance (40% increase of average daily gain). Methanol extract of *S. rarak* has contain high saponin which affected to protozoa population in the rumen. However, none or hardly any report on the use of *S. rarak* (lerak) fruit for cattle. In vivo experiment using twelve cattles fed with concentrate and mix grass plus three different treatments, such as (R1) feed block without *S. rarak*, (R2) feed block with 0.033% of MeOH extract *S. rarak*, and (R3) feed block with 0.085% of MeOH extract *S rarak* , from total ration. Ratio concentrate : mix grass were 47 : 52, while feed block 1% and water was given *ad libitum*. Body composition as representative of body water, body fat and body protein were measured with Urea Space method, while body weight gain was measured before and after of the experiment. Twenty percent of urea solution with 0.65 ml/kg metabolic body weight dose was injected through jugular vein for a minute. After 18 minutes the blood sample was collected to analyzed the concentration of urea. The experiment was

designed using Completely Randomized Design. Result showed that there were no significant different of feed consumption, body weight gain, body fat and total body protein in all treatments, however there was a tendency of decreasing of total body fat. It is concluded that MeOH extract *S.rarak* (R3) could be used as feed additive which affected to the body composition with same body water and protein, while body fat was decreased.

Keywords : *S. rarak*, saponin, urea space, methanol extract, jugular vein.

## PENDAHULUAN

Pendugaan komposisi tubuh dengan metode tidak langsung dapat dilakukan dengan menginjeksikan perunut (*dilution techniques*). Beberapa perunut yang dapat digunakan untuk menduga komposisi tubuh antara lain tritium ( $T_2O$ ), deuterium ( $D_2O$ ), potasium ( $^{40}K$ ), dan urea (Berg dan Butterfield, 1976). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan perunut urea (teknik ruang urea) karena minimalnya persyaratan teknik analisis plasma N urea, harganya murah (Rule *et al.*, 1986), terdapat korelasi positif yang tinggi antara karkas dengan teknik ruang urea, waktunya yang singkat (Kock dan Preston, 1979), molekul urea mampu bercampur merata dengan cairan tubuh dan urea bukan merupakan senyawa asing bagi tubuh (Astuti dan Sastradipradja, 1999). Prinsip urea sebagai perunut bersifat seperti air yang dapat masuk ke seluruh sel tubuh sehingga jumlah urea yang beredar dalam tubuh sama dengan jumlah air yang berada dalam tubuh.

Lerak yang sudah diolah menjadi tepung akan disuplementasikan dalam pakan blok yang berupa Lerak Molases Blok (LMB). Teknik suplementasi dalam bentuk blok yang dijilati ternak sangat tepat guna untuk diterapkan pada kondisi ternak yang diberi konsentrat dalam jumlah banyak. Pemanfaatan pakan blok sudah banyak diterapkan pada peternakan sapi perah. Suryahadi (2003) telah melakukan kajian teknik suplementasi terpadu untuk meningkatkan produksi dan kualitas susu sapi perah di DKI Jakarta dalam bentuk *Feed Block Supplement* (FBS. Widasari (2002) melaporkan adanya peningkatan produksi susu sapi perah sampai 6%. Namun demikian, pemanfaatan suplementasi pakan blok untuk sapi potong belum banyak diterapkan. Dengan penambahan bahan saponin yang berasa pahit, diharapkan pakan blok ini dapat bermanfaat ganda yaitu sebagai penambah selera (karena dikemas bersama molases), suplemen mineral dan

sebagai agen defaunasi.

Sifat saponin yang mengikat kolesterol dan menurunkan tegangan permukaan, kemungkinan berpengaruh pada metabolisme lemak di dalam tubuh. Pengaruh saponin dalam menurunkan kadar kolesterol dilaporkan lebih banyak pada hewan monogastrik dibanding ternak ruminansia. Publikasi terakhir melaporkan bahwa saponin dari teh dapat menurunkan kadar kolesterol darah pada kambing Boer (Hu *et al.*, 2006). Oleh sebab itu penelitian ini bermaksud untuk menganalisis komposisi tubuh yang berhubungan dengan metabolisme lemak untuk mengetahui pengaruh lerak terhadap kadar lemak dan protein tubuh. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi performa dan komposisi tubuh dengan metoda ruang urea, dari sapi PO yang mendapat suplemen ekstrak metanol lerak dalam bentuk pakan blok.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biokimia, Fisiologi dan Mikrobiologi Nutrisi, dan Laboratorium Lapang, Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan IPB. Percobaan dirancang dalam bentuk Rancangan Acak Lengkap menggunakan 12 ekor sapi potong lokal (bobot hidup  $\pm$  152 kg) yang ditempatkan pada kandang individu dan diberi pakan konsentrat dan rumput lapang dengan perbandingan 47:52 dan ditambah dengan 3 perlakuan yang terdiri dari:

R1 = penambahan 1% pakan blok tanpa lerak

R2 = penambahan 1% pakan blok mengandung 0.033 % tepung lerak terekstrak methanol

R3 = penambahan 1% pakan blok mengandung 0.85 % tepung lerak terekstrak methanol

Pemberian jumlah konsentrat 3% bahan kering dari bobot badan sapi. Air minum diberikan *ad libitum*. Pengamatan dilakukan selama 60 hari yang didahului dengan masa adaptasi pakan selama dua minggu.

Pakan konsentrat dibuat dengan formula seperti : bungkil kedele 15 %, bungkil kelapa 19%, onggok 23 %, polard 34 %, tetes 5 %, kapur 2,5 % , DCP 1

% dan NaCl 0,5 %. Hasil analisis proksimat konsentrat dan rumput lapang seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi konsentrat ransum perlakuan dan hasil analisis proksimat

Nutrien	R1+ blok	R2 + blok	R3 + blok
Bahan kering (%)	86,13	86,28	85,40
Abu (%)	8.26	8.26	8.29
Protein kasar (%)	14,25	14,25	14,35
Serat kasar (%)	24.09	24,09	24,34
Lemak kasar (%)	2,05	2,05	2,03
Beta-N (%)	51.25	51,25	51.09
NDF (%)	63,42	67,02	69,54
ADF (%)	42,38	44,18	43,82

### Komposisi Tubuh Berdasarkan Metoda *Urea Space*

Sebelum dilakukan pengukuran terlebih dahulu hewan ditimbang bobotnya untuk menentukan dosis urea dan dianalisis kandungan urea darahnya. Larutan urea 20% untuk masing-masing hewan dengan dosis 0,65 mg setiap bobot badan metabolik ( $BB \text{ kg}^{0,75}$ ) disiapkan, lalu disuntikan larutan urea tersebut melalui vena jugularis (kiri) selama kurang lebih 1 menit. Setelah kurang lebih 18 menit, sample darah diambil dari sisi vena jugularis kanan. Darah disentrifuse 4000 g selama 10 menit untuk mendapatkan plasmanya. Plasma darah dianalisis kandungan ureanya dengan metoda KIT (*Blood Urea Nitrogen*) menggunakan spektrofotometer. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{Ruang urea (\%)} = \frac{\text{dosis urea yang disuntikan (mg)}}{[U_{12} - U_0 \text{ (mg\%)}] \times 10 \times \text{BB (kg)}}$$

$$\text{Air tubuh (\%)} = 59,1 + 0,22 \times \text{RU (\%)} - 0,04 \text{ BB}$$

$$\text{Protein tubuh (Kg)} = 0,265 \times \text{Air tubuh (liter)} - 0,47$$

$$\text{Lemak tubuh (\%)} = 98,0 - 1,32 \times \text{Air tubuh (\%)}$$

Persamaan tersebut diambil dari hasil penelitian Bartle *et al.* (1983), sedangkan rumus protein dan lemak tubuh berdasarkan hasil Panaretto dan Till (1963) dan air tubuh berdasarkan rumus Rule *et al.*(1986).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pengamatan selama 2 bulan di lapang menunjukkan bahwa pemberian ekstrak methanol lerak dalam bentuk pakan blok tidak menunjukkan adanya perbedaan konsumsi bahan kering, pertumbuhan maupun konversi pakan. Namun tampak bahwa perlakuan 0,085 % ekstrak lerak memberikan penurunan konsumsi sekitar 4 %. Rataan konsumsi harian adalah 3 sampai 3,5 % dari bobot badan. Hal ini sesuai dengan pada umumnya kebutuhan hewan ruminansia dalam memenuhi kebutuhan bahan kering pakan.

Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran komposisi tubuh dengan metoda *urea space* . Data menunjukkan tidak terdapat perbedaan persen air tubuh, lemak tubuh dan protein tubuh pada keseluruhan perlakuan, namun total lemak tubuh pada perlakuan 0,885% ekstrak lerak cenderung menurun. Berg dan Butterfield (1976) menyatakan bahwa komposisi tubuh sapi terdiri dari 39,8 -77,6 % air, 12,4 – 20,6 % protein, 1,8 – 44,6 % lemak dan 3,0 – 6,1 % abu. Anggorodi (1979) menyatakan bahwa komposisi tubuh sapi jantan gemuk adalah 43 % air, 13 % protein, 41 % lemak dan 3,3% abu, sedangkan untuk sapi yang kurus komposisinya adalah 64 % air, 19 % protein, 12 % lemak dan 5,1 % abu. Umur, spesies, bobot badan, jenis kelamin dan status nutrisi pakan I sangat mempengaruhi komposisi tubuh (Soeparno, 1992). Data sapi PO jantan dengan bobot sekitar 175 kg hasil penelitian ini menunjukkan rata-rata kadar air tubuh sekitar 50 %, lemak tubuh 30 % dan protein tubuh 13 %, yang artinya masih dalam kisaran data yang dilaporkan oleh peneliti terdahulu. Moran (1983) melaporkan bahwa sapi PO memiliki perbandingan daging, tulang dan lemak sebesar 45,5 – 30,5 %, 11,7 – 18,2 % dan 21,3 – 42,1 % secara berurutan.

Tabel 2. Komposisi tubuh dengan metoda *urea space*

Parameter	R1	R2	R3
Konsumsi BK (kg/h)	5,59	5,52	5,36
PBBH (kg/h)	0,80	0,80	0,70
Air tubuh (%)	50,72	50,56	51,17
Protein (%)	12,97	13,09	13
Lemak (%)	31,04	30,45	30,39
Total Protein tubuh (kg)	0,11	0,10	0,09
Total Lemak tubuh (kg)	0,25	0,24	0,20
Energi asal protein (kj)	2,52	2,38	2,01
Energi asal lemak (kj)	15,25	14,29	11,76
Retensi Energi (kj)	17,77	16,67	13,78

### Air Tubuh

Kisaran komposisi hasil penelitian ini sesuai dengan komposisi air tubuh ternak sapi umumnya yaitu 39,8-77,6% (Berg dan Butterfield, 1976). Rataan komposisi air tubuh sapi mencapai 50,9% dan ini berada di kisaran komposisi air tubuh yang sedang. Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan oleh Anggorodi (1979) yaitu komposisi air tubuh sapi yang kurus adalah 43% dan sapi yang gemuk mencapai 64%.. Komposisi air tubuh sapi perlakuan lebih tinggi daripada kontrol. Peningkatan air tubuh terbesar adalah pada R3 (asupan saponin sebesar 133,51 g) yaitu sebesar 0,87% dari kontrol. Sementara kenaikan air tubuh pada R2 (asupan saponin sebesar 88,61 g) adalah 0,16%. Rataan kandungan air tubuh sapi perlakuan yang berada di kisaran ini dapat disebabkan oleh waktu penggemukan yang relatif singkat yaitu hanya 64 hari. Menurut Parakkasi (1999), waktu penggemukan untuk jangka waktu pendek memerlukan waktu 4 bulan (120 hari) dengan pemberian pakan langsung berupa biji-bijian. Semakin tingginya kandungan air tubuh menandakan bobot badan ternak semakin menurun (Neumann dan Lusby, 1986).



### **Protein Tubuh**

Kandungan protein tubuh sapi perlakuan sama dan masih berada di kisaran protein tubuh sapi pada umumnya yaitu 12,4-20,6% (Berg dan Butterfield, 1976). Kenaikan protein tubuh pada R2 adalah 0,17% sementara kenaikan protein pada R3 adalah 0,89% dibanding R1. Menurut Anggorodi (1979), sapi yang gemuk memiliki kandungan protein tubuh sebesar 13%, namun menurut Parakkasi (1999) persentasi protein tubuh relatif konstan untuk peningkatan bobot badan sapi.

### **Lemak Tubuh**

Kandungan lemak tubuh sapi perlakuan masih berada di kisaran normal lemak tubuh sapi umumnya yaitu 1,8-44,6% (Berg dan Butterfield, 1976). Namun menurut Anggorodi (1979) kandungan lemak sapi yang gemuk adalah 41%. Rendahnya kandungan lemak sapi perlakuan menunjukkan sapi yang mendapat saponin mengalami penurunan lemak. Perlakuan lerak terbukti memberikan dampak. Menurut Parakkasi (1999) peningkatan bobot badan ternak akan menaikkan persentase lemak. Penurunan lemak ini dapat terjadi karena pengaruh saponin yang mampu menurunkan kadar kolesterol plasma. Faktor-faktor yang menyebabkan kemampuan saponin mampu menurunkan kolesterol sebagai bagian dari komponen lemak yaitu saponin membentuk ikatan dengan kolesterol dan asam empedu di dalam usus dan mencegah penyerapannya, dan saponin mampu meningkatkan laju pergantian sel usus yang disebabkan oleh aksi membranolitik yang berakibat pada hilangnya membran kolesterol (Milgate dan Roberts, 1995).

Penurunan lemak tubuh R3 sebesar 1,88% sementara penurunan yang dialami oleh R2 adalah 0,35% dibandingkan dengan R1. Penurunan kandungan lemak yang terbesar terjadi pada R3 ini menunjukkan bahwa pemberian ekstrak MeOH lerak yang efektif adalah dalam jumlah sedikit. Hal ini disebabkan dapat oleh efek saponin yang memberikan rasa pahit terhadap ternak sehingga pemberian saponin dapat menurunkan palatabilitas, walaupun vortifikasi lerak dilakukan dalam bentuk pakan blok. Di samping itu penyebab yang lain dari kelemahan pakan blok adalah tidak semua ternak aktif menjilat LMB (Lerak Molases Blok) dikarenakan status mineral yang berlainan, sehingga efek saponin tidak tampak secara maksimal.

## KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa pemberian ekstrak methanol lerak 0.033 % dan 0,085 % dalam bentuk pakan blok secara statistik tidak menunjukkan adanya perbedaan pertumbuhan dan konsumsi pakan. Hasil pengukuran komposisi tubuh sapi PO dengan metoda ruang urea, ada kecenderungan penurunan lemak tubuh pada suplementasi 0,085% ekstrak metanol lerak.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh program KKP3T Badan Litbang DEPTAN tahun anggaran 2008.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggorodi R. 1979. Ilmu Makanan Ternak Umum. PT Gramedia Jakarta
- Astuti, D.A. dan D. Sastradipradja. 1999. Evaluasi komposisi tubuh dengan menggunakan teknik ruang urea dan pemotongan pada domba priangan tumbuh. Media Veteriner. 6 (3): 5-9.
- Astuti, D.A. , E. Wina, B. Haryanto dan S. Suharti. 2007. Profil Darah dan Performa Sapi Peranakan Ongole yang Diberi Pakan Tambahan Lerak (*Sapindus rarak* De Candole). J. Media Peternakan 2008 (in process)
- Bartle, S.J. J.R. Males dan R.L. Preston. 1983. Evaluation of urea dilution as an estimator of body composition in mature cows. J. Anim Sci. 56 (2): 410-417
- Berg T.R. dan Butterfield, M.R. 1976. New Concept of Cattle Growth. Sidney University of Australia.
- Burke, S.R. 1980. The Composition and Fuction of Body Fluids. 3<sup>rd</sup> Revised Edition. The CV. Mosby Company, London.
- Diaz A., Avendano M and Escobar A. 1993. Evaluation of *Sapindus saponaria* as a defaunating agent and its effects on different ruminal digestion parameters. Livestock Research for Rural Development vol 5(2).
- Doornenbal, H. 1968. Relationship to body composition of subcutaneous backfat, blood, volume, and total red cell mass. Dalam: Proceeding of a symposium of Body Composition in Animals. University of Missouri, Columbia.
- Hu, W., Liu, J., Wu, Y., Guo, Y. And Ye, J. 2006. Effect of tea saponins on *in vitro* ruminal fermentation and growth performance of growing Boer goat. Arch. Anim Nutr. 60: 89-97.

- Kock, S.W. dan R.L. Preston. 1979. Estimation of bovine carcass composition by the urea dilution technique. *J. Anim. Sci.* 48: 319.
- Makkar HPS, Sen S, Blummel M and Becker K. 1998. Effect of fractions containing saponins from *Yucca schidigera*, *Quillaja saponaria* and *Acacia auriculiformis* on rumen fermentation. *J Agric Food Chem* 46, 4324-4328.
- Milgate, J. dan D. C. K. Roberts. 1995. The nutritional and biological significance of saponins. *J. Nutr. Res.* 15:1223-1249.
- Moran, J.B. 1978. Perbandingan performa jenis sapi daging Indonesia. Dalam : Seminar Ruminansia. Puslitbangnak Bogor
- Neumann, A.L. dan K.S. Lusby. 1986. Beef Cattle. 8<sup>th</sup> Revised Edition. Malloy Lithographing, Inc., Canada.
- Panaretto and Till (1963). Body composition in vivo. *Aust. J. Agric. Res.* 14:944
- Parakkasi, A. 1999. Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak Ruminan. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Rule, D.C., R.N. Arnold., E.J. Hentges dan D.C. Betiz. 1986. Evaluation of urea dilution as a technique for estimating body composition of beef steers *in vivo*: validation of published equations and comparison with chemical composition. *J. Anim Sci.* 63: 1935-1948.
- Uum, U., Aryogi dan Y.N. Anggraeni. 2002. Pengaruh Jenis Supplementasi Terhadap Kinerja Sapi Potong PO yang mendapatkan Pakan Basal Jerami Padi Fermentasi. Proc. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner, Ciawi Bogor September 2002.
- Wina, E. 2005. The utilization of *Sapindus rarak* DC saponins to improve ruminant production through rumen manipulation. PhD Thesis. Uni of Hohenheim, Germany. Verlag Grauer-Beuren, Stuttgart, 143 hal.
- Wina, E., Muetzel, S., Hoffmann, E. M., Makkar, H. P. S., and Becker, K. 2005. Saponins containing methanol extract of *sapindus rarak* affect microbial fermentation, microbial activity and microbial community structure *in vitro*. *Animal Feed Science and Technology* 121: 159-174.
- Wina, E., Muetzel, S., and Becker, K. 2006. Effect of daily and interval feeding of *sapindus rarak* saponins on protozoa, rumen fermentation parameters and digestibility in sheep. *Asian-Australian Journal of Animal Science* 19(11):1580-1587.

## **PENGEMBANGAN PROSES PEMBUATAN MIE INSTANT JAGUNG** (Developing on Instant Corn Noodle Process)

**Tjahja Muhandri, Subarna**

Dep. Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian IPB

### **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh gum arab dan tekanan terhadap mutu mie basah jagung serta optimasi proses (*steaming* dan pengeringan) terhadap mutu masak mie instant jagung. Mikrostruktur mie basah dianalisis menggunakan *Scanning Electron Microscope*, sedangkan analisis utama pada mie jagung yang dilakukan adalah analisis elongasi dan KPAP (Kehilangan Padatan Akibat Pemasakan) menggunakan Texture Analyzer. Penambahan gum arab menghasilkan mie yang secara organoleptik tidak disukai panelis. Pemberian tekanan menghasilkan mie basah jagung yang lebih baik, yaitu nilai KPAP lebih rendah dan nilai elongasi lebih tinggi. Hasil SEM menunjukkan bahwa mie jagung yang dicetak menggunakan ekstruder dengan tekanan yang cukup, menghasilkan mikrostruktur yang mirip dengan mie basah terigu. Mie basah jagung yang dihasilkan memiliki elongasi antara 70 – 154% yang mendekati mie terigu yaitu 117% dan KPAP antara 3 – 6.6% yang lebih rendah dari KPAP mie terigu yaitu 10.8%. Mie instan jagung yang dihasilkan memiliki nilai elongasi yang cukup baik pada waktu pengeringan 60-75 menit. Pengeringan pada suhu 60°C dengan 65, 70 dan 75 menit menghasilkan mie dengan kadar air dibawah 13% (sesuai dengan SNI). Waktu pengeringan menghasilkan mie yang berbeda nyata pada parameter mutu elongasi, namun tidak berbeda nyata pada parameter mutu kekerasan, kelengketan, kekenyalan dan KPAP. Mie instant jagung terbaik memiliki elongasi sebesar 178,13% dan KPAP sebesar 3,81%.

Kata kunci : Ekstrusi, mie jagung instant, kehilangan padatan akibat pemanasan.

### **ABSTRACT**

The objective of this research is to investigate the effect of gum arab and feeding rate on corn noodle properties and effect of drying time on instant corn noodle properties. Corn noodle processed with extruder. The microstructure of corn noodles were analyzed by using SEM. The properties of corn noodle were characterised by using Texture Analyser. It is found that quality of corn noodle increase with increased feeding rate. Microstructure of corn noodles with increased feeding rate similar with wheat noodle. Drying time 65, 70 and 75 minutes (60°C) can made corn instant noodle moisture least SNI (13%). Elongation decrease with the increase drying time. The elongation and cooking loss of instant corn noodle was 178,13% dan 3,81%.

Keywords : Extrusion, instant corn noodle, cooking loss, elongation.

### **PENDAHULUAN**

Penelitian pembuatan mi jagung telah banyak dilakukan di Indonesia. Teknik pembuatan mie jagung yang digunakan adalah *calendering* (Fitriani; 2004, Budiah; 2004 dan Putra, 2008), maupun dengan teknik ekstrusi (Subarna *et al.*

1999; Waniska *et al.* 1999; Suhendro *et al.*, 2000; Juniawati, 2003; Muhandri, 2007; Muhandri dan Subarna 2008).

Penelitian tersebut menghasilkan mie jagung dalam bentuk mie basah. Penelitian untuk mie instant menggunakan teknik ekstrusi belum dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan mie instant jagung yang dibuat dengan teknik ekstrusi.

## **METODE PENELITIAN**

### **Bahan dan Alat**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung jagung kuning varietas *Pioneer 21* yang lolos ayakan 100 mesh, NaCl, dan air, guar gum serta bahan – bahan kimia untuk keperluan analisis.

Alat yang digunakan adalah penggiling tepung (*disc mill*), pencetak mie (*forming-cooking extruder* model *Scientific Laboratory Single Screw Extruder type LE25-30/C* dari *Labtech Engineering Co. Ltd.*, Thailand), ekstruder pencetak mie (model MS9, Multifunctional noodle modality machine, Guangdong Henglian Food Machine Co., Ltd., China pemasak, SEM dan *texture analyzer*.

### **Prosedur Kerja**

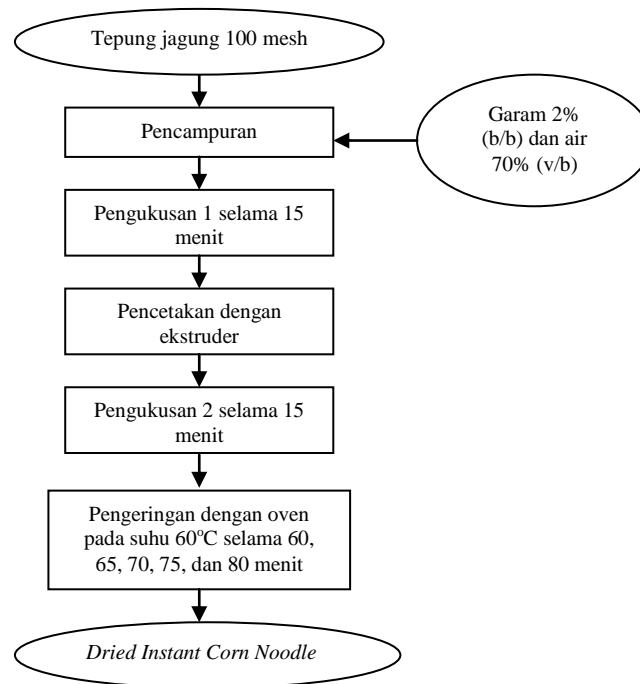
#### **Pengaruh Tekanan**

Penelitian untuk melihat pengaruh tekanan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- Mie basah jagung dibuat dengan menggunakan ekstruder Thailand dan China (untuk ekstruder China, mie dibuat dengan tekanan dan tanpa tekanan manual ketika adonan masuk ekstruder)
- Mie yang dihasilkan di foto dengan SEM dan dibandingkan dengan mie terigu.

## Perbaikan Proses Pembuatan Mie Instant Jagung

Penelitian dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :



Gambar 1. Pembuatan *Instant Corn Noodle*

### Analisis Mi

Parameter yang diukur pada penelitian ini adalah persen elongasi menggunakan *Texture Analyzer TAXT-2* (Anonim, 1997), dan kehilangan padatan akibat pemasakan (Oh *et al.*, 1985). Foto SEM dilakukan di Fakultas Peternakan – IPB.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh *Feeding Rate* terhadap Mutu Mie Basah Jagung

Jumlah bahan baku yang digunakan yaitu 200 gram setiap *batch*. Keseragaman tekanan diukur dengan menghitung waktu proses untuk 320 gram adonan, yaitu waktu sejak mie pertama kali keluar dari die ekstruder, sampai adonan mie di dalam ekstruder habis. Varietas jagung yang digunakan adalah NT10. Hasil perhitungan waktu disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Waktu proses pembentukan mie di dalam ekstruder

Ulangan	Dengan Tekanan	Tanpa Tekanan
1	2 menit 30 detik	2 menit 50 detik
2	2 menit 35 detik	2 menit 53 detik
3	2 menit 35 detik	2 menit 52 detik
Rata-rata	2 menit 33 detik	2 menit 51 detik

Waktu proses pembentukan yang singkat, karena laju penekanan maksimal, memberikan tekanan yang lebih besar pada adonan mampu menghasilkan mie basah jagung dengan tekstur dan kenampakan yang lebih baik. Hasil pengukuran terhadap KPAP dan Elongasi mie basah jagung disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. KPAP dan Elongasi mie basah jagung yang diberi tekanan dan tidak

KPAP dan SD (%)		Elongasi dan SD (%)	
Tanpa Tekanan	Dengan Tekanan	Tanpa Tekanan	Dengan Tekanan
7.15 ± 0.11	5.56 ± 0.04	108.46 ± 2.78	126.29 ± 6.29

Pemberian tekanan menghasilkan mie basah jagung dengan nilai KPAP yang lebih rendah dan nilai elongasi yang lebih tinggi. Kompresi pada adonan menyebabkan produk lebih kompak dan ikatan antar partikel lebih kuat, sehingga tidak mudah luruh saat dimasak dan tidak mudah putus saat diregang (ditarik). Proses pembuatan mie basah jagung dengan pemberian tekanan ini dijadikan sebagai acuan proses dalam pembuatan mie instant jagung.

#### **Foto SEM (*Scanning Electron Microscopic*) mie basah jagung**

Mie basah jagung yang dibuat dengan ekstruder model MS9, *Multifunctional noodle modality machine, Guangdong Henglian Food Machine Co., Ltd., China*, dibandingkan dengan mie basah jagung yang dibuat dengan *cooking and forming extruder* model *Scientific Laboratory Single Screw Extruder type LE25-30/C* dari *Labtech Engineering Co. Ltd., Thailand*, serta dibandingkan dengan mie basah terigu. Ekstruder yang disebut pertama selanjutnya disebut ekstruder China adalah ekstruder berulir tunggal untuk pemasakan dan pembentukan. Sedangkan yang disebut terakhir selanjutnya disebut ekstruder Thailand adalah ekstruder pembentuk.

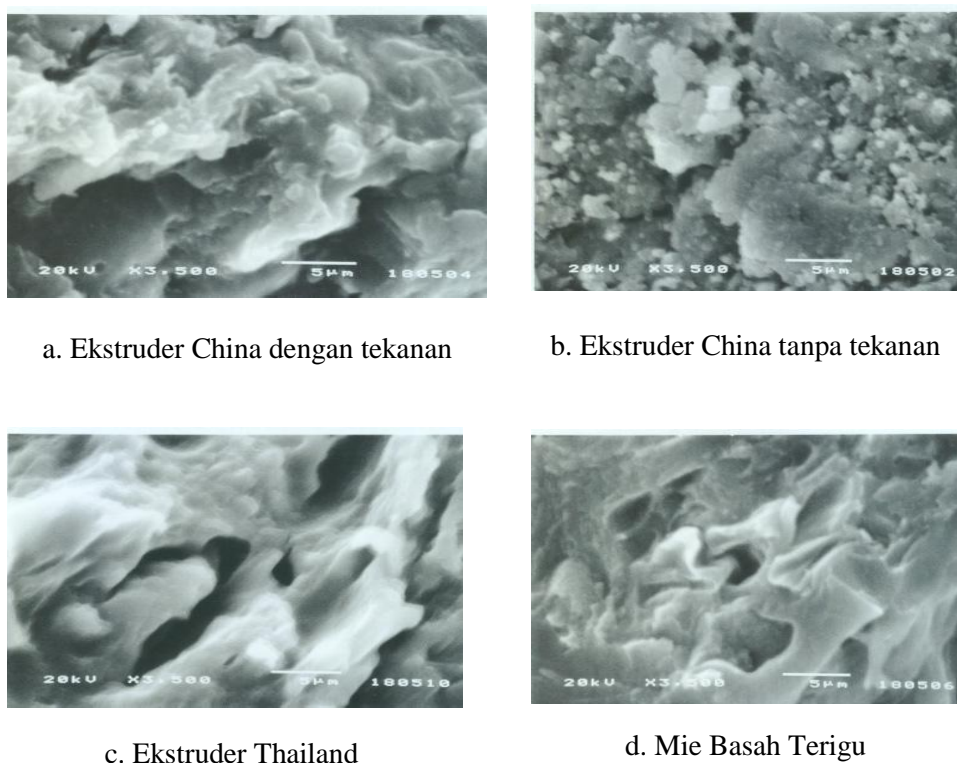
Foto SEM dilakukan di Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor dengan perbesaran 3500 X. Hasil Foto SEM disajikan pada Gambar 2.

Dari hasil foto SEM terlihat bahwa mie basah jagung yang dibuat dengan formula penambahan garam 2 % (basis berat basah tepung), penambahan air sampai mencapai 70% (basis berat kering tepung) menggunakan ekstruder China yang diberikan tekanan, serta mie basah jagung yang dibuat dengan ekstruder Thailand sangat mirip dengan mie basah terigu.

Dalam ekstruder Thailand adonan mengalami pemasakan, pengadukan dan penekanan dalam kondisi panas sehingga partikel-partikel tepung jagung tidak ada yang utuh, bahkan melebur seperti dapat dilihat pada Gambar 2. pati mengalami gelatinisasi dan menjadi perekat. Pengadukan dan penekanan dalam kondisi panas menyebabkan ikatan antar partikel yang lebih intensif, sehingga mie jagung yang dihasilkan dengan ekstruder Thailand tersebut sangat keras dan memiliki elongasi yang sangat tinggi, jauh melebihi mie basah dari terigu. Struktur mie jagung yang dibuat dengan ekstruder Thailand mirip sekali dengan mie terigu.

Adonan mie jagung yang akan dicetak dengan ekstruder China, dikukus terlebih dahulu sehingga mengalami gelatinisasi. Dalam ekstrudernya sendiri hanya mengalami penekanan dan shearing sebelum keluar dari lubang cetakan (*die*). Proses penekanan sangat besar peranannya dalam pembentukan struktur produk mie jagung. Seperti dapat dilihat pada Gambar 2.a dan 2.b. dari adonan yang sama menghasilkan struktur produk yang sangat berbeda karena feeding rate yang berbeda. Penekanan pada saat pengumpanan ke dalam ekstruder menyebabkan tekanan dalam ekstruder tetap tinggi sehingga partikel adonan melebur dan struktur produk mirip dengan mie dari terigu. Produk mie jagung yang dibuat dengan ekstruder China tanpa tekanan pada saat pengumpanan menghasilkan struktur yang tidak homogen, masih ada partikel yang tidak melebur (Gambar 2.b).





Gambar 2. Foto SEM mie basah jagung

### Perbaikan Formula Mie Basah Jagung

Perbaikan formula dilakukan dengan penambahan guar gum sebanyak 1% dan 2%. Hasil pengukuran elongasi mie basah jagung disajikan pada tabel berikut:

Tabel 3. Hasil rata-rata persen elongasi mie basah jagung dan mie terigu

Sampel	Celup dalam air panas	Rendam dalam air panas
	Elongasi (%)	Elongasi (%)
Mie basah jagung, guar gum 0%	130	72
Mie basah jagung, guar gum 1%	151	111
Mie basah jagung, guar gum 2%	199	120
Mie terigu	117	92

Hasil uji penerimaan menunjukkan bahwa mie basah jagung tanpa penambahan guar gum, lebih disukai panelis dibandingkan mie yang dibuat dengan penambahan guar gum 1% dan 2%. Panelis memberikan komentar bahwa mie dengan penambahan guar gum warnanya kurang menarik dan terasa pahit.

### **Optimasi Pengeringan dalam Pembuatan Mie Instant Jagung**

Mie instant yang dikeringkan dengan udara panas disebut mie instant kering (*dried instant noodle*). Kadar air mie instant goreng maksimal 10% dan kadar air mie instant kering maksimal 14% (SNI 01-3551-1996).

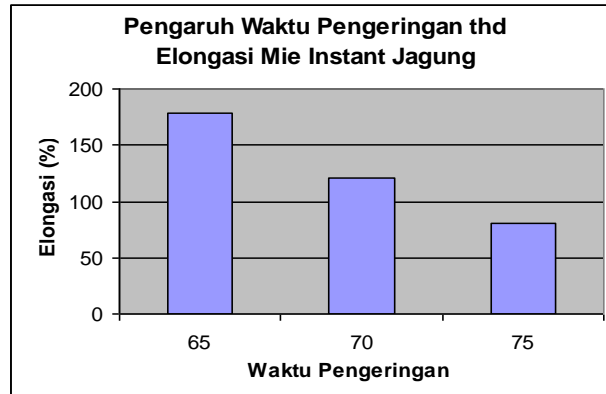
Pengeringan mie dalam pembuatan mie instant jagung dilakukan dengan cara pengeringan menggunakan udara panas pada suhu 60°C. Suhu pengeringan dipilih agar tidak terjadi perubahan mie selama pengeringan. Fitriani (2004) mengatakan bahwa suhu untuk pengeringan mie adalah 60-70°C. Proses pengeringan pada pembuatan *dried instant corn noodle* dilakukan selama 60, 65, 70, 75 dan 80 menit. Pengeringan dengan waktu 60 menit menghasilkan mie dengan kadar air rata-rata 13.53%. Nilai ini masih di atas standar yang ditetapkan SNI yaitu < 13%. Pengeringan dengan waktu 80 menit menghasilkan mie dengan kadar air rata-rata 8.58%. Kadar air tersebut dianggap terlalu kering dan tidak efisien. Oleh karena itu pada proses pembuatan *dried instant corn noodle* selanjutnya dilakukan pada suhu 60°C dengan kisaran waktu 60, 70 dan 75 menit.

### **Elongasi Mie Instant Jagung**

Mie kering jagung yang dihasilkan selanjutnya direhidrasi dengan dua cara yaitu direbus selama 3 menit dan dicelup-celupkan ke dalam air mendidih selama 3 kali, masing-masing sekitar 5 detik. Mie hasil rehidrasi diukur elongasi dan KPAP.

Hasil sidik ragam (ANOVA) persen elongasi celup dan rendam mie jagung menunjukkan bahwa waktu pengeringan 65, 70, dan 75 menit menghasilkan mie dengan elongasi yang berbeda nyata ( $p < 0.05$ ). Uji lanjut Duncan menunjukkan elongasi celup mie jagung dengan waktu pengeringan 65 menit berbeda nyata dengan mie dengan waktu pengeringan 70 dan 75 menit. Nilai rata-rata persen elongasi celup mie jagung dengan waktu pengeringan 65 menit lebih tinggi dibanding dengan dua waktu pengeringan lainnya yaitu 178,13%. Uji lanjut Duncan menunjukkan persen elongasi rendam mie jagung dengan waktu pengeringan 70 menit tidak berbeda nyata dengan waktu pengeringan 65 dan 75 menit, namun persen elongasi mie jagung dengan waktu pengeringan 65 menit berbeda nyata dengan waktu pengeringan 75 menit. Nilai rata-rata persen elongasi

celup mie jagung dengan waktu pengeringan 65 menit lebih tinggi dibanding dengan dua waktu pengeringan lainnya yaitu 78,02%.



Gambar 3. Histogram Elongasi Celup Mie Instant Jagung

#### KPAP Mie Instant Jagung

KPAP (Kehilangan Padatan Akibat Pemasakan) menunjukkan banyaknya padatan dalam mi basah yang keluar ke dalam air selama proses pemasakan. Hasil sidik ragam KPAP mie jagung bahwa waktu pengeringan 65, 70, dan 75 menit menghasilkan mie dengan KPAP yang tidak berbeda nyata ( $p < 0.05$ ). Nilai rata-rata KPAP tertinggi adalah mie jagung dengan waktu pengeringan 75 menit yaitu 4,75% dan nilai rata-rata KPAP terendah adalah mie jagung dengan waktu pengeringan 60 menit yaitu 3,81%. Penampakan *dried instant corn noodle* sebelum dan setelah direhidrasi disajikan pada Gambar 6.



Gambar 4. Penampakan *Dried Instant Noodle* sebelum direhidrasi (kanan) dan sesudah rehidrasi (kiri)

## KESIMPULAN

Tekanan yang diterima adonan mie basah jagung sangat mempengaruhi kualitas mie basah jagung yang dihasilkan, baik kualitas KPAP maupun Elongasi. Foto dengan SEM (*Scanning Electron Microscopic*) menunjukkan bahwa mie jagung yang dicetak menggunakan ekstruder dengan tekanan yang cukup, menghasilkan mikrostruktur yang mirip dengan mie basah yang terbuat dari terigu. Penggunaan guar gum memperbaiki tekstur mie jagung, namun tidak disukai panelis karena warnanya gelap dan terasa pahit.

Mie instant jagung yang dibuat dengan pengeringan menggunakan oven (*Dried Instant Corn Noodle*) memiliki mutu rehidrasi yang baik dan dapat diterima oleh panelis individu. Pengeringan pada suhu 60°C dengan 65, 70 dan 75 menit menghasilkan mie dengan kadar air dibawah 13%. Waktu pengeringan menghasilkan mie yang berbeda nyata pada parameter mutu elongasi, namun tidak berbeda nyata pada parameter mutu KPAP. Mie instant jagung terbaik memiliki elongasi sebesar 178,13% dan KPAP sebesar 3,81%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1997. User Manual of Texture Expert for The Windows Operating System. Stable Micro System Ltd. Godalming, Surrey, England.
- Budiyah. 2004. Pemanfaatan pati jagung (Corn Starch) dan Protein Jagung (Corn Gluten Meal) dalam Pembuatan Mi Jagung Instan. Skripsi. Fateta, IPB. Bogor.
- Dalbon, G., Grivon, D., and Pagani, A. 1993. Pasta, Continuous Manufacturing Process. Di dalam Pasta and Noodle Technology. American Association of Cereal Chemists Inc. St. Paul, Minnesota, USA.
- Elliason, AC and Gudmundsson, M. 1996. Starch : Physicochemical and Functional Aspects. Di dalam: Elliason, AC (Ed.). Carbohydrates in Food. Marcell Dekker Inc. New York.
- Fitriani, D. 2004. Kajian Pengembangan Produk, Mikrostruktur dan Analisis Daya Simpan Mi Jagung Instan. Tesis. Program Pascasarjana. Program Studi Ilmu Pangan – IPB. Bogor.
- Hou, G and Kruk, M. 1998. Asian Noodle Technology. <http://secure.aibonline.org/catalog/example/V20Iss12.pdf> (25 Juni 2008).

- Juniawati. 2003. Optimasi Proses Pengolahan Mi Jagung Instan Berdasarkan Kajian Preferensi Konsumen. Skripsi Departemen Teknologi Pangan dan Gizi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Kim, Y. S., P. W. Dennis, H. L. James, B. Patricia. 1996. Suitability of Edible Bean and Potato Starches for Starch Noodles. [www.aaccnet.org/cerealchemistry/backissues/1996/73\\_302.pdf](http://www.aaccnet.org/cerealchemistry/backissues/1996/73_302.pdf). [22 Mei 2007].
- Rianto, B.F. 2006. Perancangan Proses dan Formulasi Mi Basah Jagung Berbahan Baku Tepung Jagung. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian - IPB, Bogor.
- Subarna dkk., 1999. Pengembangan Bahan Baku Campuran Tepung – tepungan Sebagai Alternatif Makanan Pokok Agar Mudah Memasuki Pasar Regional atau Global. PAU – IPB. Bogor.
- Suhendro, E.L., C.F. Kunetz, C.M. McDonough, L.W. Rooney and R.D. Waniska. 2000. Cooking Characteristics and Quality of Noodles from Food Sorghum. American Association of Cereal Chemists, Inc.
- Tam, L.M., H. Corke, W. T. Tan, J. Li, and L. S. Collado. 2004. Production of *Bihon*-type Noodles from Maize Starch Differing in Amylose Content. American Association of Cereal Chemists, Inc.
- Waniska, R. D., Yi, T., dan Wei, L. 2000. Effects of Preheating Temperature, Moisture, and Sodium Metabisulfite Content on Property of Maize Flour Dough. *Chemical Research in Chinese Universities* Vol. 16 No. 3 P 250 – 258.
- Wu, J., Beta, T., and Corke, H. 2006. Effects of Salt and Alkaline Reagents on Dynamic Rheological Properties of Raw Oriental Wheat Noodles. *Journal of Cereal Chemistry*. 83(2):211-217.

## **DESAIN DAN FABRIKASI SENSOR KONSENTRASI GULA PADA TEBU BERBASIS KRISTAL FOTONIK; DARI TEORI HINGGA PRODUK**

(Design and Fabrication of Photonic Crystal Based Sensor for Sugar Concentration in Sugarcane; from Theory to Product)

**Husin Alatas, Irmansyah, Mamat Rahmat**

Dep. Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB

### **ABSTRAK**

Sudah menjadi rahasia umum betapa sulitnya melakukan riset berorientasi produk yang hampir seluruhnya dilakukan di Indonesia. Hal ini disebabkan antara lain oleh keterbatasan infrastruktur dan pendanaan yang memadai, serta relatif buruknya networking di antara perguruan tinggi, lembaga penelitian dan industri. Di pihak lain, riset di bidang teori dan pemodelan masih dapat dikatakan relatif lebih "mudah" dilakukan, semenjak semakin banyaknya akses lewat internet untuk memperoleh artikel ilmiah. Pada tulisan ini dipaparkan perjalanan riset dari teori hingga realisasi produk berupa sensor konsentrasi gula berbasis kristal fotonik, melalui kerjasama dengan perusahaan di Indonesia yang juga memiliki sayap usaha di bidang industri manufaktur optik. Prototipe awal telah berhasil didesain dan difabrikasi, serta telah menunjukkan kesesuaiannya dengan teori.

Kata Kunci : Kristal fotonik, sensor optik.

### **ABSTRACT**

It is not a secret that to perform product-oriented research entirely conducted in Indonesia is very difficult. This is likely caused by lack of infrastructure and adequate funding, and relatively poor network among the universities, research institutions and industries. On the other hand, researches in the field of theory and modeling are relatively more "easily" to be done, since there are number of access via the internet to obtain scientific articles. In this paper we present the experience of conducting research from theory to product realization of a sugar concentration sensor based on photonic crystals, through cooperation with companies in Indonesia that also have business in optical manufacturing industry. Initial prototype has been successfully designed and fabricated, and also has shown its agreement with the theory.

Keywords : Photonic crystal, optical sensor.

### **PENDAHULUAN**

Indonesia, sebuah negeri yang terletak di lingkaran khatulistiwa memang sangat patut bersyukur kepadaNya. Bagaimana tidak, selain sumber daya mineral, keindahan alam serta budaya yang beragam, tanahnya yang subur di berbagai tempat telah memberikan kemudahan kepada penduduknya untuk menanam hampir segala macam tumbuhan tropis. Sinar matahari yang tersedia sepanjang tahun juga memberikan ketersediaan energi dalam bentuk ikatan-ikatan kimia

yang tersimpan di berbagai macam produk nabati. Selain dapat untuk menghidupi rakyatnya melalui pemanfaatan langsung, produk-produk tersebut juga memiliki potensi untuk dijual ke negara lain guna menambah devisa negara.

Dalam upaya memaksimalkan pemanfaatan potensi-potensi di atas, proses pengelolaan suatu jenis hasil pertanian menjadi produk nabati misalnya, merupakan sebuah tahapan penting yang membutuhkan keterampilan memadai. Oleh sebab itu, penguasaan sains dan teknologi di berbagai tingkatan perlu menjadi pertimbangan serius, agar pada gilirannya dapat diperoleh hasil yang maksimal. Di sisi lain, ketertinggalan dan kurang meratanya pembangunan sektor pendidikan di Indonesia, serta lemahnya koordinasi pemerintah dalam memajukan bidang riset dan pengembangan, telah mengakibatkan lambatnya penguasaan sains dan teknologi yang dibutuhkan. Seperti yang terlihat sekarang ini, akibat dari ketertinggalan dalam penguasaan tersebut, sedikit banyak telah berkontribusi dalam membuat kondisi Indonesia berada pada situasi yang kurang menguntungkan, mengingat banyaknya potensi yang terabaikan atau dikuasai pengelolaannya oleh pihak asing.

Dalam tulisan ini akan dipaparkan sebuah usaha riset berorientasi produk yang dimulai dari teori hingga kepada realisasi yang seluruhnya dilakukan dengan memanfaatkan sumber daya manusia dan peralatan yang tersedia di Indonesia.

## **METODE PENELITIAN**

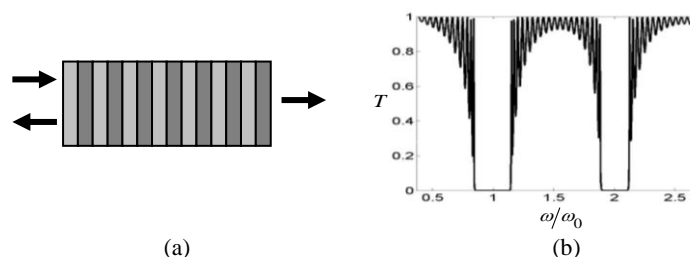
Penelitian ini secara garis besar dilakukan terdiri atas dua tahapan besar yaitu pertama tahapan pemodelan berdasarkan teori tentang perambatan gelombang elektromagnetik (EM) di dalam bahan material dielektrik dan kedua tahapan realisasi yang melibatkan kegiatan desain, eksperimen dan uji coba terhadap produk yang dihasilkan. Perlu ditekankan bahwa dari kedua tahapan tersebut, tahapan realisasi produk berteknologi tinggi merupakan yang paling sulit dilakukan di Indonesia, mengingat keterbatasan infrastruktur penelitian.

### **Teori dan Pemodelan**

Sudah menjadi pengalaman sehari-hari, jika kita melihat pada suatu kaca tembus pandang maka ada sebagian sinar yang diteruskan dan dipantulkan,

sehingga obyek yang ada dibalik kaca dapat terlihat, demikian pula bayangan obyek yang berada di depannya. Untuk jenis kaca yang berbeda, sudah barang tentu memiliki kemampuan meneruskan dan memantulkan yang berbeda. Di dalam ranah Fisika, material yang transparan terhadap gelombang Elektromagnetik (EM), seperti kaca yang transparan terhadap cahaya tampak, dikenal dengan nama material dielektrik. Kemampuan sebuah material dielektrik meneruskan atau memantulkan gelombang EM dicirikan oleh nisbah antara cepat rambatnya di vakum dengan di dalam material tersebut yang dikenal sebagai indeks bias dan dilambangkan dengan  $n$ .

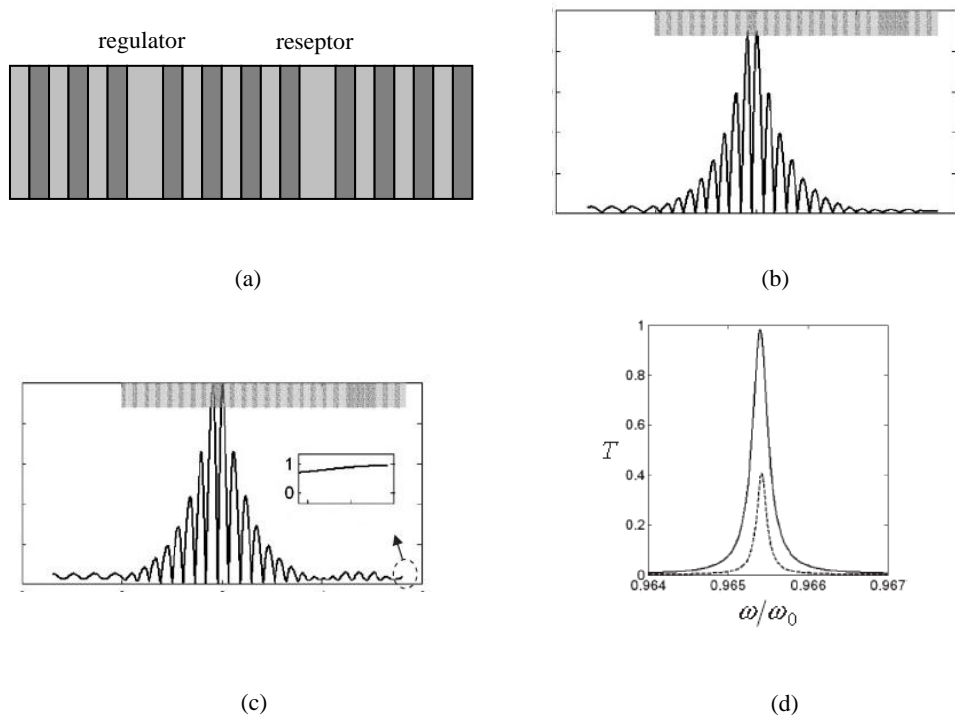
Sekarang bayangkan terdapat dua atau lebih material dielektrik yang memiliki indeks bias berbeda disusun berlapis secara selang-seling dan berulang sedemikian rupa dalam jumlah tertentu, seperti yang diilustrasikan oleh Gambar 1a. Struktur tersebut dinamakan sebagai Kristal Fotonik (*Photonic Crystal*). Dapat diduga bahwa gelombang EM yang melewatinya akan dipantulkan dan diteruskan secara berulang-ulang pula disetiap perbatasan antara dua material yang berbeda. Respon yang diberikan oleh struktur tersebut akan berbeda untuk setiap jenis gelombang EM yang diwakili oleh frekuensi getaran yang berbeda pula. Menariknya, jika dilakukan penyisiran untuk berbagai macam nilai frekuensi getaran, maka akan terdapat suatu selang frekuensi yang hampir seluruh gelombang EM akan mengalami pemantulan maksimal. Selang dimana pemantulan maksimal tersebut terjadi dinamakan *Photonic Band Gap* (PBG) dan contohnya diberikan oleh Gambar 1b. Dalam sistem komunikasi optik, keberadaan PBG dapat dimanfaatkan sebagai filter optik yang berfungsi menyaring gelombang EM dengan frekuensi tertentu supaya tidak diteruskan.



Gambar 1. (a) Kristal Fotonik dengan dua material dielektrik berbeda  
 (b) Kurva transmitansi dan PBG terkait dengan  $\omega_0$  adalah frekuensi sumber gelombang EM



Gejala menarik lainnya yang muncul adalah jika satu atau lebih lapisan



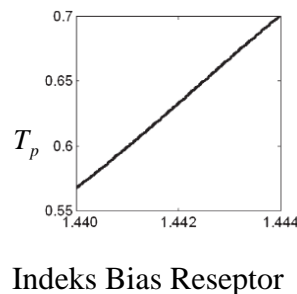
Gambar 2. (a) Kristal Fotonik dengan dua defek regulator dan reseptor (b) Keadaan resonansi untuk indeks bias reseptor 1,2 (c) 1,45 (d) PPB dengan kurva garis padat dan putus-putus untuk masing indeks bias reseptor berturut-turut.

defek dengan tebal dan/atau indeks bias yang berbeda disisipkan di dalam Kristal Fotonik. Seperti diilustrasikan pada Gambar 2a, Kristal Fotonik dengan dua buah lapisan defek berbeda ketebalan dari lapisan lain, yang masing-masing dinamakan lapisan regulator dan reseptor. Lapisan defek tersebut dapat berfungsi sebagai “rongga” getar atau resonator untuk rentang frekuensi tertentu di dalam PBG. Sebagai akibat terjadinya resonansi tersebut, intensitas gelombang EM di daerah tersebut menjadi meningkat drastis (Gambar 2b dan 2c) dan memungkinkan terjadinya kebocoran di bagian keluarannya. Sehingga, pada bagian tersebut terdeteksi adanya gelombang dan memunculkan selang frekuensi di dalam PBG yang dinamakan *Photonic Pass Band* (PPB) seperti diberikan oleh Gambar 2d. [1]

Seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2d, terlihat bahwa puncak PPB memiliki kebergantungan terhadap indeks bias reseptor. Perubahan indeks bias pada lapisan tersebut dapat mengakibatkan puncak PPB turun atau naik. Jelas, konfigurasi dengan karakteristik seperti ini dapat dimanfaatkan dalam piranti

sensor yang mengukur perubahan indeks bias suatu material. Lapisan regulator pada Gambar 2a, berfungsi untuk mengatur posisi PPB di dalam PBG.

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, diperkirakan konfigurasi Kristal Fotonik dengan dua lapisan defek ini dapat memiliki respon perubahan yang cukup linier dengan sensitivitas yang baik, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Ditunjukkan bahwa untuk rentang indeks bias reseptor dari 1,440 hingga 1,444, dengan orde selisih 0,004, ternyata transmitansi puncak ( $T_p$ ) mengalami perubahan sekitar lebih dari 12,5% dan hubungan antara kedua perubahan tersebut linier.



Gambar 3. Respon perubahan transmitansi puncak terhadap perubahan indeks bias reseptor.

### Realisasi

Salah satu kendala dalam realisasi struktur Kristal Fotonik tersebut adalah masalah peralatan untuk fabrikasi. Sudah menjadi rahasia umum bahwa infrastruktur riset yang ada di Indonesia sangatlah terbatas, apalagi ketersediaan peralatan dengan tingkat kecanggihan yang berbanding lurus dengan harga. Untuk fabrikasi Kristal Fotonik tersebut, dibutuhkan peralatan pelapis seperti misalnya *Electron Beam Evaporation* (EBE), *Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition* (PECVD) atau metode lainnya. Di perguruan tinggi, peralatan yang dimaksud masih sangatlah terbatas, baik dari segi jumlah, kapasitas serta kualitasnya. Peralatan dengan metode PECVD misalnya, yang ada di Kelompok Keahlian Fisika Material Elektronik, Fakultas Matematika & Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung, tampaknya tidak mampu untuk dapat membuat lapisan film tipis yang relatif banyak jumlahnya.

Jika melihat kondisi tersebut di atas, tampaknya tertutup sudah kemungkinan untuk melakukan fabrikasinya di dalam negeri. Tetapi, melalui proses panjang yang pada dasarnya serba kebetulan dan melibatkan berbagai pihak, diperoleh informasi mengenai adanya sebuah industri manufaktur di Indonesia, yang dari sekian jenis bidang usaha yang dimiliki, terdapat pula sayap usaha di bidang manufaktur optik. Perusahaan ini ternyata memiliki peralatan pelapisan yang dibutuhkan, dan selama ini mereka hanya memakainya untuk memproduksi pesanan pelapisan lensa kamera dengan jumlah lapisan yang relatif sedikit. Sementara kemampuan produksi alat tersebut jauh melebihi pemanfaatannya selama ini.

Melalui kerja sama dengan perusahaan tersebut dan berujung pada berhasil direalisikannya piranti sensor Kristal Fotonik dengan dua defek dalam bentuk semi-jadi. Konfigurasi piranti sensor diberikan pada Gambar 4.



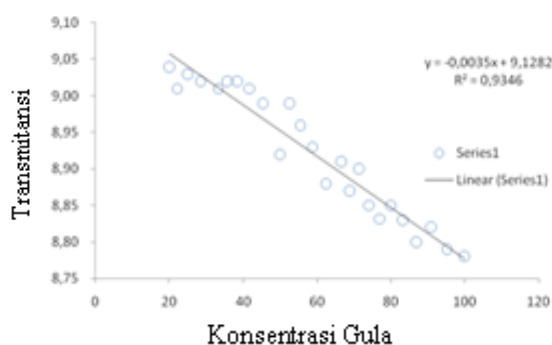
Gambar 4. Foto Piranti

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pengukuran terhadap konsentrasi larutan gula dengan konsentrasi yang bervariasi dari 20 – 100 gr/L diberikan oleh Gambar 5. Terlihat dengan jelas bahwa kebergantungan linier respon piranti terhadap konsentrasi gula, dengan koefisien determinasi lebih besar dari 90%, menunjukkan potensinya sebagai sensor.

Sebagaimana telah disinggung di atas, piranti ini adalah dapat difungsikan untuk mengukur perubahan indeks bias sebarang larutan dengan material terlarut yang berbeda konsentrasi jika diketahui indeks bias referensi untuk konsentrasi tertentu. Secara prinsip, melalui referensi tersebut praktis dapat pula diketahui konsentrasi material terlarut yang diukur. Contoh larutan yang dapat diukur konsentrasinya melalui cara ini adalah larutan gula atau garam. Di sisi lain, tebu

merupakan salah satu tanaman yang memiliki nilai komersial tinggi karena kandungan karbohidratnya dapat diolah menjadi gula. Pengolahan tebu menjadi gula membutuhkan serangkaian proses yang diantaranya melibatkan tahapan hasil dalam bentuk cairan tebu. Pada proses ini, kendali mutu melalui pemantauan konsentrasi kandungan karbohidrat menjadi hal yang penting. Selama ini, cara konvensional untuk mengetahui kandungan cairan tebu, terutama komponen yang nantinya menjadi gula dapat dilakukan melalui cara kimiawi yang melibatkan *reagent* khusus, sehingga memakan waktu relatif lama dan menelan biaya yang cukup besar.



Gambar 5. Hasil pengukuran

Berdasarkan dua fakta di atas, maka dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan sensor indeks bias berbasis Kristal Fotonik ini bisa menjadi sebuah pilihan yang tepat guna melakukan kendali mutu cairan tebu, dimana keunggulan sistem ini adalah tidak dibutuhkannya *reagent* serta dapat dilakukan pemantauan secara waktu-nyata (*real-time*) dan terus menerus.

### KESIMPULAN

Dalam persaingan global yang semakin ketat dewasa ini, kemandirian bangsa melalui penguasaan bidang sains dan teknologi pada hakikatnya merupakan sebuah keniscayaan yang tidak dapat dihindari. Perguruan tinggi sebagai institusi yang memiliki peranan penting dalam menghasilkan inovasi-inovasi baru dalam bidang tersebut, selain dari sumber daya manusia yang kualitas, memerlukan sokongan dari semua pihak, terutama pemerintah sebagai fasilitator dan regulator. Ke depan, riset yang berorientasi produk, mulai dari

simulasi hingga realisasi, idealnya harus dapat dilakukan di dalam negeri dan hal itu, setidaknya telah dibuktikan melalui tulisan ini, dapat diwujudkan jika terdapat kesadaran yang tinggi di antara pihak-pihak yang terlibat.

Sebuah pelajaran penting dapat diambil bahwa mungkin saja terdapat banyak potensi yang dimiliki oleh kalangan industri di Indonesia yang dapat dimanfaatkan oleh para peneliti di perguruan tinggi atau lembaga penelitian secara lebih optimal. Melebihi apa yang secara terbatas dilakukan mereka selama ini, yang pada gilirannya memunculkan hubungan mutual yang saling menguntungkan. Kerjasama antara perguruan tinggi dan industri, sebagai pihak yang secara nyata memerlukan inovasi baru guna meningkatkan proses dan kualitas produksi, perlu lebih difasilitasi melalui penerapan regulasi pemerintah yang membuat kedua pihak dapat saling berkomunikasi dengan baik. Pengalaman pada penelitian ini pun menunjukkan bahwa sebenarnya ada yang dapat dilakukan perguruan tinggi untuk menghasilkan inovasi baru melalui pemanfaatan aset milik industri.

Kerjasama yang terjadi secara kebetulan sebagaimana yang dipaparkan dalam tulisan ini seyogyanya dapat dibuat terstruktur dan sistematis jika dilembagakan melalui, misalnya, koordinasi antara departemen pendidikan nasional dengan departemen perindustrian dan perdagangan serta pihak-pihak terkait lainnya yang memiliki kewenangan. Pemberian insentif tertentu bagi pelaku industri yang melakukan kerjasama riset dengan perguruan tinggi mungkin bisa dipertimbangkan secara lebih mendalam untuk memberikan stimulus agar terbentuk iklim yang kondusif untuk pengejawantahannya.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penelitian ini didukung oleh Hibah Penelitian Unggulan Strategis IPB dengan no. Kontrak 469/SP2H/PP/DP2M/VI/2009.

## DAFTAR PUSTAKA

- H. Alatas, H. Mayditia, H. Hardhienata, A. A. Iskandar, M. O. Tjia (2006), *Single-Frequency Refractive Index Sensor Based on a Finite One Dimensional Photonic Crystal with Two Defects*, Jpn. J. Appl. Phys. 45, 8B, 6754.
- M. Rahmat, T. P. Negara, H. Hardhienata, Irmansyah, H. Alatas, *Real-Time Optical Sensor Based on One Dimensional Photonic Crystals with Defects*, Proc. Int. Conf. Information, Communication, Instrumentation and Biomedical Engineering, Bandung 22-23 November, 2009.