

JURNAL PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN INDONESIA

(Dahulu Bernama Buletin Teknologi Hasil Perikanan)

Baterai Cerdas dari Elektrolit Polimer Kitosan-PVA dengan Penambahan Amonium Nitrat	Bambang Riyanto, Akhiruddin Maddu, Ratna Sari Dewi	70-77
Karakterisasi Nano Kitosan Cangkang Udang Vannamei (<i>Litopenaeus vannamei</i>) dengan Metode Gelasi Ionik	Pipih Suptijah, Agoes M. Jacob, Desie Rachmania	78-84
Aktivitas Antioksidan dan Komponen Bioaktif pada Selada Air (<i>Nasturtium officinale</i> L. R. Br)	Ella Salamah, Sri Purwaningsih, Ellis Permatasari	85-91
Pengaruh Cahaya Terhadap Aktivitas Metabolisme Ikan Lele Dumbo (<i>Clarias gariepinus</i>) pada Simulasi Transportasi Sistem Tertutup	Ruddy Suwandi, Agoes M Jacob, Vickar Muhammad	92-97
Kajian Konsentrasi dan Rasio Gelatin dari Kulit Ikan Patin dan Kappa Karagenan pada Pembuatan Jeli	Eveline, Joko Santoso, Ivan Widjaja	98-105
Karakteristik Sosis Rasa Ayam Dari Surimi Ikan Lele Dumbo (<i>Clarias gariepinus</i>) dengan Penambahan Isolat Protein Kedelai	Djoko Poernomo, Pipih Suptijah, Nisa Nantami	106-113
Kelayakan Dasar Penerapan HACCP di Kapal Fresh Tuna Longline	Tri Wiji Nurani, Budhi Hascaryo Iskandar, Gina Almirani Wahyudi	114-122
Penapisan Bakteriosin dari Bakteri Asam Laktat Asal Bekasam	Desniar, Iman Rusmana, Antonius Suwanto, Nisa Rachmania Mubarik	123-131
Pemanfaatan Cangkang Kerang Simping (<i>Amusium pleuronectes</i>) sebagai Sumber Kalsium pada Produk Ekstrudat	Tri Winarni Agustini, Susana Endah Ratnawati, Bambang Argo Wibowo, Johannes Hutabarat	132-140
Anatomi, Komponen Bioaktif dan Aktivitas Antioksidan Daun Mangrove Api-Api (<i>Avicennia marina</i>)	Agoes Mardiono Jacob, Sri Purwaningsih, Rinto	141-150

JURNAL PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN INDONESIA

Ketua Redaksi : Nurjanah (Ketua)

Dewan Redaksi : Nurjanah
Tati Nurhayati
Komari
Joko Santoso
Linawati Hardjito
Wini Trilaksani
Evy Damayanti
Hari Eko Irianto
Artati
Sukoso
Iwan Yusuf
Tri Winarni
Eddy Afrianto
Singgih Wibowo

Penyunting Pelaksana : Roni Nugraha

**Administrasi dan
kesekretariatan** : Husnul Fitriah

Sirkulasi : Pipih Suptijah

Alamat Redaksi:
Departemen Teknologi Hasil Perairan, FPIK
Jl. Lingkar Akademik Kampus IPB
Dramaga Bogor 16680
Telp. (0251) 8622915 Fax. (0251) 8622916
E-mail: jurnalpengolahan@yahoo.com

Dipublikasikan oleh Masyarakat Pengolahan Hasil
Perikanan Indonesia (MPHPI)

Terbit 2 (dua) kali dalam setahun

Harga (belum termasuk ongkos kirim)
Berlangganan untuk satu tahun Rp. 100.000
Eceran/eksemplar Rp. 50.000

Bank
BNI Syariah Kantor Cabang Bogor
No Rek. 0200804594 a.n Nurjanah

Editorial

Masyarakat Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia (MPHPI), bekerjasama dengan Departemen Teknologi Hasil Perairan – Institut Pertanian Bogor dan Kementerian Kelautan Perikanan (BBRP2B dan Ditjen P2HP) telah mengadakan Pertemuan Ilmiah Tahunan ke-3 dan Seminar Nasional Tahun 2011. Kegiatan ini dilaksanakan pada tanggal 6-7 Oktober 2011 di Bogor. Acara ini dihadiri oleh sekitar 250 orang yang berasal dari lembaga penelitian, perguruan tinggi, praktisi, serta regulator dari wilayah Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku, dan Irian Jaya. Jumlah makalah sekitar 100 (oral dan poster), lebih dari 90% disampaikan dalam bentuk oral. Topik makalah dibagi ke dalam 3 tema utama yaitu preservasi, pengolahan, dan pengembangan produk serta bioteknologi hasil perairan. Sebagian artikel yang dipresentasikan telah diterbitkan dalam bentuk prosiding dan sebagian lagi diterbitkan melalui Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia.

KEPENGURUSAN MASYARAKAT PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN INDONESIA (MPHPI) 2009-2013

Pelindung : Menteri Kelautan dan Perikanan Indonesia
Pembina : Dirjen P2HP, Es-I Mendiknas, Es-I Menperindag
Pengaroh : Dir. Usaha & Investasi, Dir. PH, Ditjen P2HP
Sekretaris Pengarah: Prof. Hari Eko Irianto
Ketua Umum: Prof. Dr. Hari Eko Irianto
Ketua I: Prof. Dr. Sukoso
Ketua II: Ir. Adi Surya
Sekretaris: Dr. Joko Santoso
Sekretaris II: Drs. Made W. Arthajaya, MSi
Bendahara I: Dr. Ir. Nurjanah, MS
Bendahara II: Dewi Mufita
Departemen Industri: Dr. Bustami, Ir. Nur Retnowati, Ir. M. Najib
Dept. Pendidikan: Dr. Eddy Afrianto, Dr. Amir Husni, Dr. Tri Winarni
Agustini, Ir. Wini Trilaksani, MSc
Dept. Litbang: Dr. Singgih Wibowo, MS, Dr. Hartati Kartikaningsih,
Fatur Rohman, Dr. Aef Permadi
Ketua Dept. Pengemb. Bisnis: Dr. Linawati Hardjito, Dr. Welizar, Ir.
Jamal Basmal, MSc, Yudi, Ir. Iwan Sutanto
Sekretariat: Agus Triyanto, Nova Riana B, Dinardani Ratrisari, Reni
Pratiwi, Desniar, MSi, Dr. Agoes M. Jacob, Dwiyoitno, Kartika Winta
Komisariat Sumatera: Rinto, SPi, MP
Kom Jawa Bag Barat (Jabar, DKI, Banten: Ir. Evi Liviawaty, MS
Kom Jawa Bag Tengah (Jateng & DIY): Dr. Latif Sahubawa
Kom Jawa Bag Timur (Jatim & Bali): Dr. Hepy Nur Syam
Kom Kalimantan: Dr. Yusfiahana Fitriah
Kom Sulawesi: Dr. Metu Salach, MSc
Kom Maluku & Papua: Dr. Petrus Wennu

PEMANFAATAN CANGKANG KERANG SIMPING (*Amusium pleuronectes*) SEBAGAI SUMBER KALSIUM PADA PRODUK EKSTRUDAT

Utilization of clam Amusium pleuronectes shell as calcium source on extrudates product

Tri Winarni Agustini^{1*}, Susana Endah Ratnawati², Bambang Argo Wibowo¹, Johannes Hutabarat¹

¹Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

²Program Studi Pascasarjana Manajemen Sumberdaya Pesisir, Universitas Diponegoro

*Korespondensi: Prof. Soedarto SH Road, Semarang- Indonesia. 50275. Telp. (024) 76480685, Fax. (024)76480685. Email: tagustini@yahoo.com.

Abstract

Asian moon scallop shell can be used as alternative calcium source, and its processing into calcium flour can be used to decrease waste of fresh scallop processing. Asian moon scallop is one of potential commodity alongside east coastal of Central Java. The application of calcium flour in food need to be done as calcium supplement for middle class society. The absorption of calcium in the body is depending of some factors, one of them is calcium and phosphorus ratio in the food. The aims of study was to examine the effect of addition calcium flour, millet flour and corn flour in extrudate with consideration on ratio of calcium and phosphorus. The parameter analyzed were proximate test, calcium and phosphorus test and physical test (hedonic scale and breaking strength). This research used experimental laboratories and descriptive with Completely Randomised Design (CRD). Data were analyzed by Analysis of Varians (ANOVA) and Honestly Significant Difference (HSD). Hedonic value was tested by Kruskal Wallis analysis. Result show that extrudate snacks gave calcium and phosphorus ratio approaching 3 : 1 (Ca:P). Calcium content in extrudate with modification of calcium flour and corn flour is 582.66 mg/ 100 g and phosphorus content is 180 mg/100 g. Whereas extrudate with modification of calcium flour with millet flour is 950 mg/ 100 and phosphorus content is 280 mg/ 100 g. Breaking strength values in extrudate with modification calcium flour and corn flour are 8.81 kg.F and 5.32 kg.F in modification with calcium flour and millet flour. Values of hedonic test are $6.89 \leq \mu \leq 7.57$ in extrudate modification calcium flour and corn flour and $7.07 \leq \mu \leq 7.77$ in extrudate modification calcium flour and millet flour. This product has market potential and can be used as calcium source in the society.

Key words : calcium flour, Asian moon scallop, formulation and extrudate.

Abstrak

Cangkang kerang simping dapat digunakan sebagai alternatif sumber kalsium. Pemanfaatan cangkang kerang simping menjadi tepung kalsium dapat mengurangi cemaran limbah pengolahan kerang simping segar yang produksinya cukup potensial di sepanjang pantai utara Jawa tengah. Penerapan tepung kalsium ini pada produk berbahan dasar ikan perlu dilakukan untuk bahan suplemen kalsium pada masyarakat kelas menengah dan bawah. Absorpsi kalsium pada tubuh manusia tergantung dari beberapa faktor, salah satunya adalah rasio antara Ca : P pada bahan pangan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui efek penambahan tepung kalsium, tepung jawawut dan tepung jagung pada produk ekstrudat dengan mempertimbangkan rasio Ca : P dalam pembuatannya. Analisa kimia dilakukan terhadap produk yang mencakup uji proksimat, kadar kalsium dan fosfor, juga analisa lain seperti *breaking strength*, and *hedonic test*. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap. Data yang diperoleh dianalisa dengan ANOVA one way dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur. *Hedonic test* diuji dengan menggunakan analisa Kruskal Wallis. Kandungan Calcium pada produk ekstrudat fortifikasi tepung cangkang kerang simping dengan jagung dan jawawut berturut-turut adalah 582,66 mg/100 g dan 950 mg/100 g, sedangkan untuk fosfor 180 mg/100 g dan 280 mg/100 g. Uji *breaking strength* jagung 8,81 KgF dan 5,32 KgF. Uji kesukaan (*hedonic test*) pada ekstrudat jagung dihasilkan nilai sebesar $6,89 \leq \mu \leq 7,57$ dan jawawut $7,07 \leq \mu \leq 7,77$. Produk ekstrudat terbuat dari tepung kalsium, jagung dan jawawut memiliki potensi untuk dapat dikomersialkan dan dapat digunakan sebagai sumber kalsium bagi masyarakat.

Kata kunci: tepung kalsium, cangkang kerang simping, formulasi, ekstrudat

PENDAHULUAN

Produksi perikanan tangkap kerang simping di perairan Brebes pada periode bulan Januari – Maret 2008 produksi mencapai lebih dari 41 ton (Widowati *et al.*, 2008). Kerang simping dengan berat 250 gram terdiri atas daging dengan berat berkisar antara 19-28%, cangkang berkisar antara 53-65% dan cairan dalam berkisar antara 9-25%. Berdasarkan data tersebut di atas diprediksikan minimal terdapat 21,73 ton limbah cangkang kerang simping di Brebes, Jawa Tengah pada tahun 2008.

Pemanfaatannya dibidang pangan sejauh ini dikaji oleh Agustini *et al.* (2009) tentang pengembangan makanan kaya kalsium berbasis cangkang kerang simping. Pemanfaatan limbah cangkang kerang simping memiliki peluang untuk dikembangkan. Kerang simping memiliki tekstur cangkang yang tipis dan berwarna putih kecokelatan sehingga lebih mudah diolah. Tepung cangkang kerang simping mengandung 17,23% kalsium dan 0,79% fosfor sehingga berpotensi untuk memenuhi asupan kalsium sehari-hari.

Tepung cangkang kerang simping dapat dijadikan sumber kalsium alternatif, namun penyerapannya belum optimal. Diduga hal ini disebabkan karena rasio kalsium dan fosfor dalam tepung tidak seimbang, yaitu kandungan kalsium yang tinggi (17,23%) namun kandungan fosfor terlalu rendah (0,79%) (Agustini *et al.*, 2009) sehingga perlu ditambahkan sumber fosfor untuk dapat difortifikasikan dalam makanan. Salah satu bahan pangan yang mengandung fosfor tinggi adalah jagung, yaitu 1043,77 mg/ 100 g (Kristanto, 2011) dan jawawut (360 mg/ 100 g) (Thimmaiah *et al.*, 1989). Pemilihan produk inovasi yaitu ekstrudat berkalsium didasarkan pada rata-rata kandungan nutrisi makanan ringan, terutama kalsium sangat minim (Tangkanakul *et al.*, 1999) sehingga perlu untuk difortifikasikan dengan bahan-bahan kaya nutrisi.

Dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk maka semakin kompleks pola konsumsi, yaitu selera dan preferensi masyarakat. Masyarakat cenderung menuntut penyediaan makanan yang bervariasi dan bernutrisi disamping rasanya yang

lezat. Yang menjadi tantangan adalah mampukah produk ekstrudat berkalsium dapat menopang kebutuhan masyarakat saat ini. Kajian mengenai potensi cangkang kerang simping sebagai sumber kalsium dapat menjadi informasi pengembangan produk pangan berbasis limbah. Selain itu efisiensi fisikokimia serta tingkat penerimaan makanan ringan tersebut perlu untuk diteliti sehingga menghasilkan produk bergizi yang diterima masyarakat.

MATERIAL DAN METODE

Alat dan Bahan Penelitian

Pada pembuatan tepung cangkang kerang simping bahan yang digunakan adalah cangkang kerang simping, HCl, aquadest, jagung dan jawawut. Sedangkan alat yang digunakan adalah ember plastik, panci, termometer, *autoclave*, kompor, gelas ukur, gelas beaker, pengaduk, inkubator, pH meter, *oven*, mortar, *blender* dan penyaring tepung.

Pada pembuatan produk ekstrudat berkalsium digunakan bahan diantaranya beras, formula tepung cangkang kerang simping, minyak goreng, margarine dan bumbu perisa makanan. Alat yang digunakan dalam pembuatan ekstrudat adalah neraca, ekstruder, *mixer*, *oven* dan baskom.

Metode Penelitian

Pada penelitian dilakukan beberapa kegiatan, yaitu :

Pembuatan Tepung Kalsium

Pembuatan tepung kalsium dilakukan melalui diversifikasi bahan sehingga didapatkan dua jenis tepung, yaitu tepung kalsium modifikasi tepung cangkang kerang simping dengan tepung jagung (selanjutnya disingkat TCKS dengan JG) serta modifikasi tepung cangkang kerang simping dengan tepung jawawut (selanjutnya disingkat TCKS dengan JW). Bahan cangkang kerang merupakan limbah produksi pengepul di daerah Brebes pada tahun 2008. Pembuatan TCKS dilakukan melalui ekstraksi dengan HCL 2N selama 4 jam kemudian dikeringkan dengan menggunakan suhu 121 °C. Pengeringan dengan suhu 121 °C, selain untuk menghilangkan kadar air

juga bertujuan sebagai sterilisasi tepung.

Persiapan Formulasi Produk Makanan Ringan Kaya Kalsium

Formulasi dilakukan dengan penghitungan kandungan kalsium dan fosfor dalam produk makanan ringan yang akan dihasilkan. Rasio kalsium dan fosfor pada masing-masing bahan penyusun dihitung sehingga menghasilkan produk ekstrudat dengan rasio kalsium dan fosfor yang seimbang (Ca:P= 3:1)

Pembuatan Produk Makanan Ringan Ekstrudat Berkalsium

Selanjutnya dilakukan pembuatan produk sesuai dengan formulasi yang telah dibuat melalui tahapan proses ekstruksi pada suhu 200 °C selama 5 menit. Pada hasil dilakukan analisis proksimat meliputi kadar air, abu, protein, lemak, kalsium, fosfor serat kasar dan karbohidrat dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan tepung kalsium terhadap karakteristik kimia produk.

Uji Fisik Produk

Pada hasil selain dilakukan analisa proksimat, juga dilakukan uji fisik produk meliputi *breaking strength* (kerenyahan) menurut Thomas *et al.* (1994). Uji fisik dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan tepung kalsium terhadap kualitas fisik produk.

Uji Hedonik

Uji hedonik dilakukan terhadap produk ekstrudat berkalsium berdasarkan oleh 30 panelis dengan skala nilai 1 (sangat tidak suka sekali) – 9 (sangat suka sekali).

Teknik Analisa Data

Data yang diperoleh dari pengujian di laboratorium dianalisis dengan menggunakan sidik ragam (ANOVA) meliputi kadar kalsium, kadar fosfor serta *breaking strength*. Apabila F_{hitung} menunjukkan perbedaan nyata pada taraf uji 95% dan perbedaan sangat nyata pada taraf uji 99% maka dilanjutkan dengan uji BNJ (Beda Nyata Jujur). Untuk menduga hubungan antar perlakuan dengan kadar kalsium dilakukan uji korelasi. Pengolahan data uji hedonik menggunakan statistik nonparametrik dengan metode Kruskal

Wallis bertujuan untuk melihat perspesifikasi uji hedonik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tepung kalsium terbuat dari segala jenis limbah cangkang kerang atau tulang ikan hasil dari proses *deboning* (penghilangan tulang). Pemanfaatan limbah cangkang kerang atau tulang ikan merupakan penyelesaian masalah limbah cangkang menjadi lebih berdaya guna. Tidak ada persyaratan ukuran minimum atau maksimum cangkang kerang simping yang digunakan, namun ukuran minimal cangkang kerang yang ditangkap di perairan Brebes berkisar antara 17,6 mm – 87,5 mm (Widowati *et al.*, 2008).

Kerang simping memiliki cangkang bundar, pipih, tipis dengan lebar mencapai 8 cm. Warna kedua belahan cangkang tidak sama. Belahan yang satu berwarna merah-coklat dan lebih cembung daripada belahan lain yang berwarna agak pucat. Mayoritas kandungan cangkang kerang simping adalah kalsium karbonat.

Kalsium dan fosfor bekerja saling berkaitan dalam tubuh. Artinya, hanya dalam rasio yang tepat, kalsium dan fosfor dapat dimanfaatkan secara optimal. Banyak orang beranggapan osteoporosis terjadi karena kekurangan kalsium, sehingga pencegahan atau pengobatan hanya dengan penambahan kalsium namun sebenarnya kalsium dapat bermanfaat jika di dalam tubuh tersedia fosfor yang cukup. Jika tidak maka kelebihan kalsium akan menjadi racun dalam tubuh. Dalam pemilihan kalsium bervariasi tergantung karakteristik produk yang akan dihasilkan, kelarutan, kandungan kalsium, rasa dan bioavailabilitas. Kalsium karbonat (kandungan kalsium 38-40%) banyak dipilih dalam fortifikasi roti ataupun biskuit (Ranhotra *et al.*, 2000).

Dalam fortifikasi kalsium TCKS tidak langsung ditambahkan ke dalam makanan ringan, namun harus dilakukan formulasi kalsium dan fosfor bahan penyusun makanan ringan sehingga didapatkan rasio kalsium dan fosfor yang diinginkan. Kandungan kalsium perlu disesuaikan dengan kandungan fosfor dalam makanan. Berdasarkan penelitian Ye *et al.* (2006) diet kalsium tanpa disertai fosfor akan mengurangi

pertumbuhan, menyebabkan buruknya efisiensi makanan, menghilangkan selera makan, menurunkan kadar abu dan deposit mineral (Ca, P dan Mg). Konsumsi kalsium 6 g/Kg tanpa disertai asupan fosfor tidak memberikan efek signifikan terhadap pertumbuhan.

Menurut Ye *et al* (2006) rasio asupan kalsium dan fosfor terbaik adalah 1 : 1 (Ca:P), sedangkan Cherklewski (2005) dan Wyatt *et al.* (2000) menjelaskan bahwa pada umumnya rasio kalsium dan fosfor pada makanan atau minuman yang difortifikasi kalsium fosfat adalah 2 : 1 (Ca:P) karena menyebabkan lebih tingginya bobot tulang dibandingkan dengan rasio kalsium dan fosfor yang sama, namun tanpa disadari konsumsi fosfor sehari-hari melebihi konsumsi kalsium karena tidak seperti kalsium, fosfor terkandung dalam sebagian besar bahan makanan. Kristanto (2011) menambahkan bahwa pada kalsium karbonat dari cangkang kerang simping dapat terserap dengan baik dengan modifikasi jagung atau jawawut pada rasio kalsium dan fosfor 3 : 1 (Ca:P). Formulasi rasio kalsium dan fosfor ekstrudat pada penelitian ditentukan 3 : 1 (Ca:P) untuk menghindari kelebihan fosfor dalam tubuh akibat asupan fosfor yang tidak terduga.

Kadar Kalsium dan Fosfor

Agustini *et al.* (2009) menjelaskan bahwa TCKS, penyerapan kalsium pada kontrol sebesar 1,28%, sedangkan pada perlakuan penambahan TCKS justru terjadi penurunan penyerapan kalsium sebesar 1,04% pada perlakuan 18 mg. Agar penyerapan optimal, diperlukan adanya formulasi TCKS dengan bahan pangan sumber fosfor, yaitu jagung dan jawawut. Sejauh ini jagung seringkali dimanfaatkan sebagai bahan pangan, namun jawawut dirasakan masih asing untuk dikonsumsi terutama oleh masyarakat Indonesia. Biji jawawut berwarna coklat kemerahan namun masih dapat diterima (*acceptable*) apabila diolah menjadi bahan makanan seperti penelitian yang dilakukan oleh Taylor *et al.* (2006) dan telah dijadikan sebagai bahan baku ekstrudat (Deshpande dan Poshandri, 2011). Rasio kalsium dan fosfor pada jagung dan jawawut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Rasio kalsium dan fosfor pada jagung dan jawawut

Bahan	Kalsium (mg / 100 g)	Fosfor (mg/ 100 g)
Jagung	1,98	1043,77
Jawawut	6,41	622,6

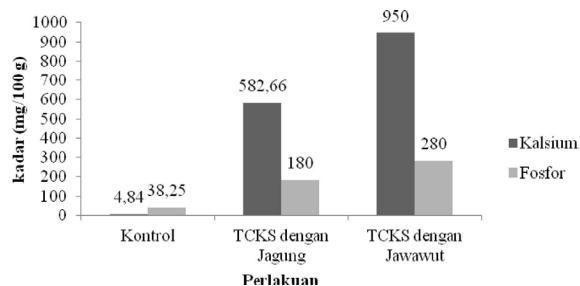
Sumber: Kristanto (2011)

Berdasarkan hasil penelitian Kristanto (2011) formulasi TCKS dengan jagung atau jawawut yang memiliki serapan ideal adalah formulasi dengan rasio kalsium dan fosfor 3 : 1 pada jam keenam. Hasil analisis kadar kalsium dan fosfor pada ekstrudat diperlihatkan pada Gambar 1. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa kadar kalsium berkisar antara 4,84 - 950 mg/100 g, lebih tinggi daripada kalsium dalam ekstrudat dari tepung ikan yaitu sebesar 0,015% atau 0,015 mg/ 100 g (Laboratorium Sentral Pangan Universitas Brawijaya, 2002 dalam Oktavia, 2007). Sejauh ini SNI 01-2886-2000 tidak menyertakan persyaratan maksimal ataupun minimal kalsium dan fosfor pada produk ekstrudat.

Hasil uji statistik analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa perbedaan perlakuan penambahan formula tepung kalsium memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kadar kalsium ekstrudat. Hasil uji Beda Nyata Jujur menunjukkan setiap perlakuan menghasilkan kadar kalsium yang berbeda sangat nyata ($p \leq 0,01$).

Kadar fosfor ekstrudat hasil penelitian berkisar antara 38,25 - 280 mg/ 100 g. Hasil uji statistik analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa perbedaan perlakuan penambahan formula tepung kalsium memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kadar fosfor ekstrudat. Hasil uji Beda Nyata Jujur menunjukkan setiap perlakuan menghasilkan kadar kalsium yang berbeda sangat nyata ($p \leq 0,01$).

Ekstrudat dengan formulasi TCKS dengan jagung lebih mendekati rasio kalsium dan fosfor 3 : 1 (Ca : P = 582,66 mg/ 100 g : 180 mg/ 100 g) sedangkan ekstrudat *Amaranth* (jenis sereal kaya kalsium dan zat besi) menghasilkan produk dengan kadar kalsium 133,2 mg/ 100 g dan fosfor yang tinggi yaitu 1295 mg/ 100 g (Ferreira dan Areas, 2010). Pada Tabel 2. memperlihatkan bahwa pada penelitian didapatkan produk ekstrudat dengan rasio kalsium dan fosfor pada kisaran 3 : 1 (Ca:P).



Gambar 1 Hasil Uji Kalsium dan Fosfor Ekstrudat.

Produk ekstrudat kaya kalsium dapat digunakan sebagai asupan pemenuhan kalsium yang mudah diserap dan dapat dijadikan sebagai asupan pengganti susu. Selain memiliki rasio kalsium dan fosfor yang seimbang, juga cocok dikonsumsi bagi vegetarian maupun konsumen yang alergi dengan susu (*lactat intoleran*).

Analisis Proksimat

Analisis proksimat bertujuan mengetahui apakah terdapat perbedaan karakteristik kimia pada perlakuan yang berbeda. Pada penelitian suhu pemanasan selama pengolahan berpengaruh terhadap nilai proksimat diantaranya kadar air, karbohidrat, lemak (Palou *et al.*, 1996), protein dan serat kasar, sedangkan kadar abu, kalsium dan fosfor tidak terpengaruh terhadap suhu pemanasan.

Hasil analisa proksimat disajikan dalam Tabel 2. Pada persyaratan SNI 01-2886-2000 dijelaskan bahwa kadar air ekstrudat maksimal adalah 4%. Kadar air ekstrudat pada hasil penelitian berkisar antara 5,76 - 6,23%, sedangkan hasil penelitian Murniyati *et al.* (1999) kadar air pada produk ekstrusi ikan nila lebih rendah (3,26%). Hal ini disebabkan karena perbedaan kandungan air pada bahan dasar yang digunakan masih tinggi, yaitu 11,29% pada jagung, 10,70% pada jawawut (Kristanto, 2011) serta beras 13,28% (Hermanianto *et al.*, 2000). Kadar air dapat diturunkan melalui proses pengeringan sebelum (Hermanianto *et al.*, 2000) atau sesudah pelapisan bumbu (*coating*).

Tingginya kadar kalsium pada TCKS (17,23%) menyebabkan peningkatan nilai kadar abu pada produk ekstrudat. Sumbangan kalsium dan fosfor pada jagung (Ca = 1,98 mg/100 g dan P = 1043,77) atau jawawut (Ca = 6,41 mg/100 g dan P = 622,6) yang tinggi (Kristanto, 2011) juga menyebabkan peningkatan kadar abu pada produk ekstrudat.

Tabel 2. Analisa Proksimat Ekstrudat Berkalsium

Spesifikasi	Kontrol	TCKS dengan Jagung	TCKS dengan Jawawut
Rasio Ca : P	1 : 7,9	3,2 : 1	3,39 : 1
Kadar air (%)	6,23	5,76	6,20
Kadar abu (%)	1,81	2,46	3,38
Protein (%)	6,88	6,56	7,29
Lemak (%)	29,80	34,43	32,91
Karbohidrat (%)	42,65	36,54	35,47
Serat Kasar (%)	12,73	14,25	14,75
Breaking strength (KgF)	3,12±1,54	8,81±0,67	5,32±3,11

Pada perlakuan formulasi TCKS dengan jagung, nilai protein justru menurun dari perlakuan kontrol, disebabkan karena adanya substitusi jagung pada beberapa bagian bahan dasar yaitu beras. Pada beras nilai protein sebesar 8,4 g/100 g, sedangkan jagung hanya sebesar 5,5 - 9,8 g/100 g (Depkes RI., 2005). Sebaliknya pada perlakuan formulasi TCKS dengan jawawut, nilai protein meningkat disebabkan karena adanya substitusi jawawut pada bahan dasar. Nilai protein bahan baku jawawut lebih tinggi daripada beras, yaitu 9,7 g/100 g. Rendahnya kadar protein dapat diperbaiki dengan penambahan tepung telur pada bahan baku (Budiman *et al.*, 2009) namun komposisi bahan baku perlu diperhatikan karena menurut Heaney (2007); Ferreira dan Areas (2010) protein memiliki efek negatif terhadap deposit kalsium karena meningkatkan kehilangan kalsium bersama dengan urin, namun juga memberikan efek positif yaitu konsumsi protein tinggi dapat melindungi tulang (*osteoprotective*) hanya apabila asupan kalsium dalam tubuh sudah memadai. Ferreira dan Areas (2010) menjelaskan bahwa setiap 1 gram metabolisme protein dalam tubuh menyebabkan peningkatan kehilangan kalsium dalam urine sebesar 1,75 mg. Diduga pada takaran saji 100 gram ekstrudat fortifikasi TCKS dengan jagung menyebabkan peningkatan kehilangan kalsium dalam urine sebesar 11,48 mg, sedangkan pada ekstrudat jawawut sebesar 12,75 mg.

Lemak yang dihasilkan produk ekstrusi cukup tinggi berkisar antara 29,80 – 34,43%. Tingginya lemak pada ekstrudat berasal dari bahan baku *margarine* dan minyak yang digunakan. Kadar lemak pada ekstrudat berkalsium memiliki kadar lemak yang lebih tinggi (34,43% pada ekstrudat

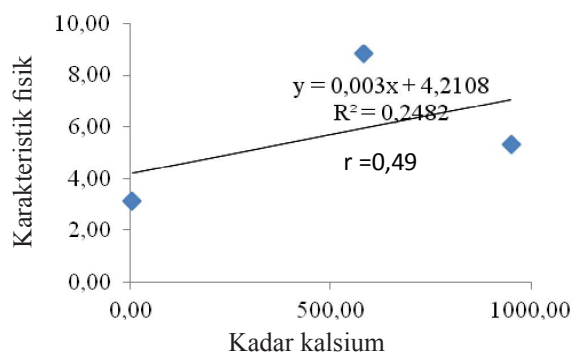
fortifikasi TCKS dengan jagung dan 32,91% pada ekstrudat fortifikasi TCKS dengan jawawut) daripada ekstrudat kontrol. Tingginya kadar lemak diduga karena penambahan TCKS yang memiliki kandungan lemak 2,44%, jagung yang memiliki kandungan lemak 7,3% dan jawawut 3,5% (Depkes RI, 2005). Kadar lemak masih sesuai dengan standar SNI 01-2886-2000 ekstrudat, yaitu maksimal 38% pada ekstrudat dengan proses penggorengan. Pada proses penelitian pelapisan bumbu dilakukan melalui pengovenan agar bumbu dapat melekat pada permukaan ekstrudat. Hermanianto *et al.* (2000) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa kadar lemak yang tinggi merupakan salah satu faktor penyebab ketengikan dan mengurangi penyerapan kalsium (minyak kelapa sawit) (Agnew dan Holdsworth, 1971).

Kadar karbohidrat ekstrudat berkisar antara 35,47–42,65%. Umumnya kandungan gizi makanan produk ekstrusi tidak memiliki kandungan gizi yang baik. Kadar karbohidrat pada ekstrudat tinggi karena berasal dari komponen utama bahan-bahan penyusun.

Serat kasar juga mempengaruhi absorpsi kalsium. Pada hasil penelitian kandungan serat kasar berkisar antara 12,73 – 14,75%. Pada ekstrudat fortifikasi TCKS dengan jawawut serat kasar lebih tinggi yaitu 14,75% karena jawawut memiliki kandungan serat sebesar 8,25% (Rao *et al.*, 2000). Peningkatan serat disebabkan karena penambahan jagung dan jawawut yang dihaluskan beserta kulit lembaganya. Sejauh ini SNI 01-2886-2000 belum menetapkan standar minimal ataupun maksimal serat kasar pada ekstrudat.

Uji Fisik

Hasil pengujian yang dilakukan pada ekstrudat bahwa korelasi antara kadar kalsium dan karakteristik fisik ekstrudat memberikan nilai r positif yaitu 0,49 (Gambar 2) sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan semakin tinggi kadar kalsium dapat mempengaruhi peningkatan karakteristik fisik (*breaking strength*) ekstrudat. Antara nilai kadar kalsium dengan karakteristik fisik ekstrudat menunjukkan derajat hubungan yang tidak terlalu tinggi. Hal ini berarti bahwa ada beberapa faktor selain kadar kalsium yang



Gambar 2 Korelasi Antara Kadar Kalsium dengan Karakteristik Fisik Ekstrudat.

mempengaruhi karakteristik fisik ekstrudat, seperti suhu, tipe ekstruder, tekanan, komposisi bahan dan kecepatan mesin (Pansawata *et al.*, 2008).

Pada uji fisik (Tabel 2), ekstrudat fortifikasi TCKS dengan jagung ($8,81 \pm 0,67$ KgF) lebih renyah dibandingkan ekstrudat fortifikasi TCKS dengan jawawut ($5,32 \pm 3,11$ KgF). Hal ini disebabkan karena pori-pori pada ekstrudat fortifikasi TCKS dengan jagung lebih mengembang dibandingkan pada jawawut. Menurut Miranda *et al.* (2011) bahwa ekstrudat dengan bahan baku talas dan jagung menyebabkan pori-pori ekstrudat mekar, sedangkan ekstrudat berbahan baku 60% jawawut menyebabkan kemekaran menurun (Deshpande dan Poshandri, 2011). Kecilnya pori-pori pada ekstrudat fortifikasi TCKS dengan jawawut disebabkan karena lebih tingginya kadar protein ekstrudat tersebut (7,29%) dibandingkan ekstrudat fortifikasi TCKS dengan jagung (6,56%). Keberadaan protein akan membentuk matriks yang serupa dengan serat yang meningkatkan kekerasan tekstur pada ekstrudat (Santosa *et al.*, 2008).

Analisis Sensori

Analisis sensori digunakan untuk menduga produk apa yang paling disukai oleh panelis. Uji hedonik merupakan jenis uji afeksi yaitu uji yang dilakukan untuk mengukur sikap subyektif konsumen terhadap produk berdasarkan sifat-sifat sensori kenampakan, aroma, rasa, warna dan tekstur produk pada skala 1 (sangat tidak suka sekali) sampai dengan 9 (sangat suka sekali). Nilai *hedonic test* disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Nilai hedonik produk ekstrudat berkalium

Spesifikasi	Ekstrudat Fortifikasi TCKS dengan Jagung	Ekstrudat Fortifikasi TCKS dengan Jawawut
Kenampakan	7,17	7,43
Aroma	7,37	7,37
Rasa	7,33	7,83
Warna	7,13	7,13
Tekstur	7,17	7,33
X	7,23	7,42

Keterangan : Nilai merupakan hasil rata-rata 30 panelis

X : Hasil rata-rata penilaian per spesifikasi

Skala : 1 – 9

Penambahan TCKS dengan jawawut pada formulasi ekstrudat menyebabkan kenampakan lebih disukai panelis dengan nilai rata-rata 7,42. Ekstrudat disukai karena menghasilkan kenampakan yang bulat dan rapi, sebaliknya ekstrudat fortifikasi TCKS dengan jagung menghasilkan kenampakan lebih mengembang namun banyak berpori. Karbohidrat merupakan bahan baku utama yang mempengaruhi derajat pengembangan ekstrudat yang lebih besar (Miranda *et al.*, 2011) dibuktikan dengan ekstrudat fortifikasi TCKS dengan jagung lebih mekar dibandingkan dengan fortifikasi TCKS dengan jawawut (kadar karbohidrat berturut-turut 36,54% dan 35,47%). Kandungan pati pada ekstrudat formulasi TCKS dengan jagung bersinergi dengan pati dalam beras menghasilkan amilopektin yang besar. Pati jagung normal mengandung 74-76% amilopektin dan 24-26% amilosa. Harper (1981) dalam Hermanianto *et al.* (2000) menjelaskan bahwa komponen pati yang berperan terhadap pengembangan (*puffing*) ekstruksi adalah amilopektin.

Pada uji hedonik spesifikasi aroma didapatkan nilai yang sama antara ekstrudat fortifikasi TCKS dengan jagung maupun dengan jawawut dengan nilai rata-rata 7,37 (termasuk dalam skala suka). Berbeda dengan penelitian Cerpovics dan McKemie (2007) tentang fortifikasi CaCO_3 pada *tortila* menyebabkan peningkatan aroma *tortila* dibandingkan dengan kontrol, namun belum dapat menggungguli produk komersial. Aroma ekstrudat berasal dari penambahan margarin dan bumbu yang digunakan pada bahan pelapis (*coating*). Penambahan lemak pada produk ekstrusi akan mengubah warna dan *flavor* (Oktavia, 2007; Waghray dan Gulla, 2011).

Berdasarkan uji hedonik spesifikasi rasa nilai rata-rata tertinggi (7,83) dihasilkan ekstrudat fortifikasi TCKS dengan jawawut. Diduga hal ini disebabkan karena penambahan margarin dan bumbu pada saat proses pelapisan (*coating*). Rasio pengembangan ekstrudat fortifikasi TCKS dengan jawawut yang tidak terlalu besar menyebabkan proses pelapisan (*coating*) minyak, margarin dan bumbu menjadi lebih merata di seluruh bagian.

Pada uji hedonik, spesifikasi warna baik pada ekstrudat fortifikasi TCKS dengan jagung maupun dengan jawawut memiliki tingkat kesukaan panelis yang sama (7,13). Ekstrudat fortifikasi TCKS dengan jagung menghasilkan warna putih kekuningan sedangkan ekstrudat fortifikasi TCKS dengan jawawut menghasilkan warna putih pucat. TCKS tidak berpengaruh terhadap warna pada ekstrudat, karena memiliki warna yang putih sedikit kemerahan. Warna pada ekstrudat dipengaruhi oleh bahan penyusun yaitu margarin,

Tabel 4. Daya Saing Ekstrudat Modifikasi TCKS dengan Jagung dan TCKS dengan Jawawut

Parameter	Standar Nilai	Nilai	TCKS dengan jagung	Nilai	TCKS dengan jawawut	Referensi
Ca : P	3 : 1	3,2 : 1	+	3,39 : 1	-	Kristanto (2011)
Air (%)	Maks. 4	5,76	+	6,20	-	SNI 01-2886-2000
Abu (%)	0,9-1,8	2,46	-	3,38	+	Santosa <i>et al.</i> (2008)
Protein (%)	3,57-15,59	6,56	-	7,29	+	Oktavia (2007)
Lemak ((%)	Maks. 38	34,43	-	32,91	+	SNI 01-2886-2000
Karbohidrat (%)	66,78-80,12%	36,54	+	35,47	-	Oktavia (2007)
Serat Kasar (%)	2,09-12,68	14,25	+	14,75	-	Oktavia (2007)
Breaking Strength (Kg.F)	3,31-5,59	8,81±0,67	+	5,32±3,11	-	Altan <i>et al.</i> (2008)
Uji Hedonik	Standar netral (7)	6,89 ≤ μ ≤ 7,57	+	7,07 ≤ μ ≤ 7,77	+	SNI 01-2886-2000
TOTAL NILAI (+)			6		4	

jagung ataupun jawawut.

Pada uji hedonik panelis cenderung lebih menyukai ekstrudat fortifikasi TCKS dengan jagawut dengan nilai rata-rata 7,33. Panelis lebih menyukai karena produk berpori-pori kecil serta tidak mudah hancur. Dari hasil uji *breaking strength* ekstrudat fortifikasi TCKS dengan jagung memiliki nilai rata-rata yang lebih tinggi yaitu 8,81 KgF karena ekstrudat tersebut memiliki rasio pengembangan yang lebih besar dengan rongga atau pori-pori yang besar sehingga mudah hancur. Korelasi antara kadar kalsium dengan karakteristik fisik ekstrudat yang tidak terlalu besar (0,49) memperlihatkan bahwa ada beberapa faktor selain kadar kalsium yang mempengaruhi karakteristik fisik ekstrudat diantaranya adalah kandungan karbohidrat, pati, suhu pemanasan dan lain sebagainya.

Hansen dan Morrow (2003) menjelaskan bahwa penilaian sikap suka dan tidak suka terhadap faktor penampilan, bau, dan lain sebagainya sangat mempengaruhi respon afektif dan pada akhirnya mempengaruhi keputusan dan penilaian konsumen (Homburg *et al.*, 2007). Produk ekstrudat berkalsium memiliki berbagai keunggulan baik pada ekstrudat modifikasi TCKS dengan jagung maupun dengan jagawut. Diperlukan adanya identifikasi produk berdasarkan banyaknya keunggulan pada produk ekstrudat (Tabel 4). Ekstrudat hasil fortifikasi TCKS dengan jagung lebih unggul dibandingkan ekstrudat fortifikasi TCKS dengan jagawut, sehingga berpotensi untuk dipasarkan.

KESIMPULAN

Pada hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa TCKS, jagung dan jagawut yang diformulasikan ke dalam ekstrudat dapat menghasilkan rasio kalsium dan fosfor yang mendekati seimbang 3 : 1 sehingga dapat diserap oleh tubuh secara optimal. Terdapat korelasi positif antara kadar kalsium dengan nilai *breaking strength* ekstrudat ($r = 0,49$) sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan semakin tinggi kadar kalsium dapat mempengaruhi peningkatan karakteristik fisik produk. Ekstrudat fortifikasi TCKS dan jagung memiliki rasio kalsium dan fosfor yang mendekati

3 : 1 ($Ca:P = 3,2 : 1$) dengan hasil uji mutu hedonik skala laboratorium yang cukup tinggi, yaitu $6,89 \leq \mu \leq 7,57$ sehingga produk ekstrudat layak untuk dikonsumsi dan dipasarkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Program Strategi Nasional tahun ajaran 2010-2011- Dikti

DAFTAR PUSTAKA

- Agnew, J. E., and Holdsworth, C. D. (1971). The effect of fat on calcium absorption from mixed meal in normal subjects, patients with malabsorptive disease, and patients with partial gastrectomy. *Gut*, 12, 973-977.
- Agustini, T. W., Jusup S., Indah S. dan Laksmi W., 2009. *Pengembangan Produk Snack Kaya Calsium Berbasis Kerang Simping Untuk Ibu dan Anak*. Laporan Penelitian Hibah World Class University. Lembaga Penelitian, Universitas Diponegoro. 31 hlm.
- Altan, A., K. L. McCarthy and M. Maskan., 2008. Twin screw extrusion of barley-grape pomace blend: extrudate characteristic and determination of optimum processing conditions. *Journal of Food Engineering* 89: 24-32.
- Badan Standardisasi Nasional., 2000. SNI 01-2886-2000. *Tentang Makanan Ringan Ekstrusi*. Jakarta.
- Budiman, Z. Wulandari dan Suryati., 2009. Suplementasi tepung putih telur untuk memperbaiki nilai nutrisi snack ekstrusi berbahan grits jagung. *Media Peternakan* Vol 32(3) 179-184.
- Cerklewski F. L., 2005. Calcium fortification of food can add unneeded dietary phosphorus. *Journal of Food Composition and Analysis* 18 (2005) 595-598.
- Cerpovics, J. E. R. And R. J. McKemie. 2007. Fortification of all-purpose wheat-flour tortillas with calcium lactate, calcium carbonat, or calcium citrate is acceptable. *Journal of the American Dietetic Association*: 506-509.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2005. *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Bhartara Karya Aksara, Jakarta. 95 hlm.
- Deshpande, H. W., and Poshandri., 2011. Physical and sensory characteristics of extruded snacks prepared from foxtaile millet based composite flours. *Food Research Journal* 18: 751-756.
- Ferreira, T. A., dan J. A. G. Areas., 2010. Calcium bioavailability of raw and extruded amaranth Grains. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*, 30(2): 532-538, abr.-jun. 2010
- Hansen, M. H. And J. L. Morrow., 2003. Trust and the decision to outsource: affective responses and cognitive processes. *International Food and Agribusiness Management Review*. Vol 6 (3): 41-69.

- Heaney, R. P., 2007. Effect of protein on the calcium economy. *International Congress Series* 1297: 191-197.
- Hermanianto, J., Syarief, R., dan Ernawati, E., 2000. Analisis sifat fisiokimia produk ekstrusi hasil sampling penggilingan padi (menir dan bekatul). *Buletin Teknologi dan Industri Pangan*. Vol 11 (1) hlm 5-10.
- Homburg, C., M. Grozdanovic and M. Klarmann., 2007. Responsiveness to customers and competitors: the role of affective and cognitive organizational systems. *Journal of Marketing*. Vol 71. 18-28.
- Kristanto, B., 2011. *Pengaruh Pemberian Suplemen Pakan Tinggi Kalium Berbasis Cangkang Kerang Simping (Amusium pleuronectes) Kalsium Darah Pada Tikus Putih (Rattus norvegicus)*. Tesis Program Studi Magister Ilmu Gizi. Pascasarjana Universitas Diponegoro. 100 hlm.
- Miranda, J. R., I. I. R. Lopez., H. Lara., M. Sanchez, D. Licolin and V. Vera., 2011. Development of extruded snack using taro (*Colocasia esculenta*) and nixtamalized maize (*Zea mays*) flour blends. *Food Science and Technology* 44: 673-680.
- Murniyati, U., K. Tampubolon, I. Muljanah., 1999. Pengaruh jenis ikan dan pemberian bumbu dalam pembuatan camilan ikan serta daya awetnya pada suhu kamar. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 5(4) : 58-69.
- Oktavia, D. A. 2007. Kajian SNI 01-2886-2000 makanan ringan ekstrusi. *Jurnal Standardisasi* 9(1):1-9.
- Palou, E., A. Lopez-Malo., dan A. Argaz., 1996. Effect of temperature on the moisture sorption isotherms of some cookies and corn snacks. *Journal of Food Engineering* 31(1997)85-93.
- Pansawata N., K. Jangchuda., A. Jangchuda., P. Wuttijumnonga., F.K. Saaliac., R.R. Eitenmillerb., R.D. Phillips., 2008. Effects of extrusion conditions on secondary extrusion variables and physical properties of fish, rice-based snacks. *Journal of LWT* 41 (2008) 632-641.
- Ranhotra, G. S., Gelroth, J. A., and Leinen, S. D., 2000. Utilization of calcium in breads highly fortified with calcium as calcium carbonate or as Dairy Calcium. *Journal Cereal Chemical* 77(3): pp 293-296.
- Rao, R. S. V., M.R. Reddy, N.K. Prarharaj and G. Shyam Sunder. 2000. Laying performance of broiler breeder chickens fed various millets or broken rice as a source of energy at a constant nutrient intake. *Journal of Tropical Animal Health and Production*, 32 (2000) hlm. 329-338.
- Santosa, B. A. S., Sudaryono and S. Widowati., 2008. Characteristics of extrudate from four varieties of corn with aquadest addition. *Indonesian Journal of Agriculture* 1 (2): 85-94.
- Tangkanakul, P., P. Tungtrakul. And W. Mesomya., 1999. Nutrient contents of commercial snack food product. *Kasesart Journal (National Science)* 33 (1) pp. 270-276.
- Taylor, J. R. N., T. J. Schober, S. R. Bean., 2006. Review novel food and non-food uses for sorghum and millets. *Journal of Cereal Science* 44: 252-271.
- Thimmaiah, S. K., D. P. Viswanath., B. S. Vyakarnahal., and Hunshal, C. S., 1989. Effect of salinity on yield, seed quality, and biochemical characteristics in *Setaria italica* L. *Association of Cereal Chemists, Inc.* Vol. 66, No. 6. Pp 525-528.
- Thomas, R., J. C. Oliveira., H. Akdogan and K. L. McCarthy., 1994. Effect of operating conditions on physical characteristics on extruded rice starch. *International Journal of Food Science and Technology* 29: 503-514.
- Widowati, I., Jusup S., Indah S., Tri W. A., and Amin B. R., 2008. Small-scale fisheries of the asian moon scallop *Amusium pleuronectes* in the Brebes Coast, Central Java, Indonesia. *ICES CM 2008/ K:08*. (Diakses tanggal 03 September 2010). 7 hlm.
- Wyatt, C. J., M. E. H. Lozano., R. O. Mendez and M. E. Valencia., 2000. Effect of different calcium and phosphorus content in mexican diets on rat femur bone growth and composition. *Nutrition Research* Vol 20(3): 427-437.
- Waghray, K. And S. Gulla., 2011. A freedom of choice-sensory profiling and consumer acceptability of oil blends. *Stud Home Science* 5 (1): 1-6.
- Ye C.X., Yong-Jian Liu., Li-Xia Tian., Kang-Sen Mai., Zhen-Yu Du., Hui-Jun Yang., dan Jin Niu. 2006. Effect of dietary calcium and phosphorus on growth, feed efficiency, mineral content and body composition of juvenile grouper, *Epinephelus coioides*. *Journal of Aquaculture* 255 (2006) 263-271.