

# PROSIDING

## SEMINAR NASIONAL FTIP UNPAD – PERTETA – HIPI 2014

Jatinangor, 11 – 12 November 2014

**TEMA :**  
**PENINGKATAN PERAN TEKNIK DAN INFORMATIKA  
PERTANIAN DALAM RANGKA MEWUJUDKAN  
KEDAULATAN PANGAN DAN ENERGI  
BERKELANJUTAN**

**BUKU III  
PASCA PANEN DAN TEKNOLOGI PROSES**



Diselenggarakan PERTETA Cabang Bandung dan HIPI  
Bekerja Sama dengan Fakultas Teknologi Industri Pertanian  
Universitas Padjadjaran



**PENYUNTING :**

Ade Moetangad Kramadibrata  
Handarto  
Dwi Rustam Kendarto  
Sophia Dwiratna Nur Perwitasari  
Asep Yusuf  
Selly Harnessa Putri  
Ahmad Thoriq

**Desain Cover :**

Hyldan Natawiguna  
Sophia Dwiratna Nur Perwitasari

**PROSIDING SEMINAR NASIONAL FTIP UNPAD – PERTETA – HIPI 2014**

Tema :

Peningkatan Peran Teknik dan Informatika Pertanian dalam Rangka Mewujudkan Kedaulatan Pangan dan Energi Berkelanjutan

Bidang Kajian : Pasca Panen dan Teknologi Proses

Cetakan pertama

ISBN : 978 - 602 - 9238 - 92 - 1

**UNPAD PRESS**

Gedung Rektorat Lantai IV  
Universitas Padjadjaran  
Jl. Raya Bandung - Sumedang Km 21  
Jatinangor Sumedang  
Telp (022) 84288812 Fax (022) 84288896  
Nomor Keanggotaan IKAPI : 327 /JBA / 2013

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
LAPORAN KETUA PANITIA PELAKSANA.....	v
SAMBUTAN KETUA PERTETA CABANG BANDUNG DAN SEKITARNYA .....	vii
SAMBUTAN REKTOR UNIVERSITAS PADJADJARAN.....	x
JADWAL SEMINAR NASIONAL FTIP UNPAD - PERTETA - HIPI 2014.....	xii
JADWAL PRESENTASI SEMINAR HARI KEDUA BIDANG PASCA PANEN DAN TEKNOLOGI PROSES .....	lxxxiii
Aktifitas Antioksidan Teh Daun Senduduk ( <i>Melastomamalabathricum</i> L) Dengan Penambahan Sari Buah Jeruk Nipis ( <i>Citrus Aurantifolia</i> ) <i>Rina Yenrina<sup>1</sup>, Fauzan Azima<sup>1</sup>, Citra Yustilova<sup>1</sup>, .....</i>	1
Pengemasan Buah Pepaya ( <i>Carica Papaya</i> L) Terolah Minimal Secara Atmosfir Termodifikasi <i>Rokhani Hasbullah<sup>1</sup>, Rizky Tri Rubb<sup>2</sup> .....</i>	11
Simulasi Pendugaan Suhu Selama Proses Perlakuan Uap Panas Pada Jambu Kristal ( <i>Psidium Guajava</i> L) <i>Rokhani Hasbullah<sup>1</sup>, Moh. Solahudin<sup>1</sup> dan Aulia Muthmainnah<sup>2</sup> .....</i>	19
Karakteristik Fisik Peko dan Bubuk Teh Putih Gambung <i>Sudaryanto<sup>1</sup>, Asri Widyasanti<sup>1</sup>, Andita Mega<sup>2</sup> .....</i>	29
Penggunaan <i>Ice Gel</i> Sebagai Media Pendingin Pada Distribusi Sawi Hijau ( <i>Brassicca Juncea</i> L.) <i>Emmy Darmawati, Gina Annisa Yulia Fatima .....</i>	38
Karakteristik Ekstrak Teh Putih Menggunakan Metode Maserasi Bertingkat Pelarut N- Heksana, Etil Asetat dan Etanol <i>Asri Widyasanti<sup>1</sup>, Sudaryanto<sup>1</sup>, Novriana Ekatama<sup>2</sup> .....</i>	46
Karakteristik Mutu Tempe Kacang Pagar ( <i>Phaseolus Lunatus</i> L) Dengan Variasi Suhu Fermentasi Yang Digunakan <i>Aisman, Anwar Kasim, dan Ismail .....</i>	58
Pengaruh Lama Penundaan Proses dan Intensitas Matahari Terhadap Kualitas Tbs Kelapa Sawit <i>Andreas W. Krisdiarto<sup>1</sup>, Andika W. Sinulingga<sup>2</sup> .....</i>	67
<i>Iwan Taruna<sup>1</sup>, Eko Herry Sutanto.....</i>	73
Briket Beraroma Kulit Kayu Manis( <i>Cinnamomum Burmannii</i> ) Dari Cangkang Picung ( <i>Pangium Edule</i> Rainw ) <i>Novizar Nazir<sup>1</sup>, Wenny Surya Murtius<sup>1</sup>, Arif Budiharto<sup>2</sup> .....</i>	93

Kebutuhan Biomassa Kulit Kopi Pada Berbagai Metode Pengeringan dan Ketebalan Tumpukan Biji Kopi <i>Rahmad Hari Purnomo, R. Mursidi dan Yesi Oktapiani</i> .....	82
Kalibrasi Spektroskopi Inframerah Dekat Untuk Pendugaan Komposisi Kimia Tepung Jarak Pagar Menggunakan <i>Principle Component Regression</i> <i>Lady C Ch E Lengkey<sup>1</sup>, I Wayan Budiastra<sup>2</sup>, Kudang B Seminar<sup>2</sup>, Bambang S Purwoko<sup>2</sup></i> 102	
Formulasi dan Pembuatan Pangan Darurat Berbahan Baku Lokal Dalam Bentuk Flake Siap Saji <i>Fauzan Azima, Surini Siswarjono dan Nining Sriwahyuni</i> .....	113
Pengolahan Susu Sapi Afkir Menjadi Yoghurt dan Keju Untuk Meningkatkan Nilai Tambah <i>Wiludjeng Trisasiwi<sup>1</sup>, Ari Asnani<sup>2</sup>, Kusuma Widayaka<sup>3</sup>, Gunawan Wijonarko<sup>4</sup></i> .....	149
Simulasi Penentuan Posisi Kipas Aksial Pada Pengering Efek Rumah Kaca Tipe Rak <i>Dyah Wulandani<sup>1</sup> dan Alfredo<sup>1</sup></i> .....	150
Mutu Minyak Pala Aceh Dilihat Dari Umur Panen Buah Pala ( <i>Myristica Fragrans Houtt</i> ) <i>Yusmanizar, Hendri Syah, Izza Nazila</i> .....	159
Campuran Mocaf dan Terigu Serta Penambahan Ekstrak Daun Ubikayu Dalam Pembuatan Mie Basah Yang Kaya Fe dan Antioksidan <i>Novelina, Kesuma Sayuti dan Harsandi Utama Ginting</i> .....	168
Pengaruh Penambahan Inokulum Dan Enzim Selama Proses Fermentasi Kakao ( <i>theobroma cacao</i> L.) Terhadap Total Mikroorganisme dan Beberapa Karakteristik Biji Kakao <i>Indira Lanti K, Debby M. Sumanti, Rossi Indiarito, Muhammad Djali, Fitria Imandha</i> .....	176
Profil Hidrodinamika dan Pindah Panas Pada Unit Pengering Bahan Pangan Cair Tipe SVB-IP Menggunakan Energi Hibrid <i>Iwan Taruna<sup>1</sup>, Yuli Witono<sup>2</sup>, Sutarsi<sup>1</sup></i> .....	188
Kinetika Angka Peroksida Serta Perubahan Warna dan Aroma Kacang Mete Goreng dan <i>Puffing</i> Selama Penyimpanan Dalam Beberapa Jenis Kemasan <i>Devi Yuni Susanti<sup>1</sup>), Sri Rahayoe<sup>2</sup>), Anatasia Diyah Risnawati<sup>3</sup>)</i> .....	198
Pengaruh Bentuk Irisan Pada Pengeringan Manisan Manga ( <i>mangifera indica</i> L.) dan Karakteristik Mutunya <i>Rozana<sup>1</sup>, Rokhani Hasbullah<sup>1</sup>, Tjahja Muhandri<sup>2</sup></i> .....	209
Kajian Rasio (Bikarbonat : Asam Sitrat) dan Jenis Gula Terhadap Karakteristik Sifat Kimia dan Sifat Fisik <i>Effervescent</i> Kopi Teripang Jahe <i>Kurnia Harlina Dewi<sup>1</sup>, Yessy Rosalina<sup>1</sup>, Helmiyetti<sup>3</sup>, Nusri<sup>2</sup> dan Al Arbi<sup>4</sup></i> .....	175
Pemanfaatan Limbah Cair Industri Kelapa Sawit Menjadi Energi Listrik <i>Alfonsus Agus Raksodewanto, Mokhammad Abrori</i> .....	236
Anaerobik Co-Digesi Limbah Tanaman Jagung ( <i>Zea Mays</i> ) dan Digested Manure Sapi Terhadap Peningkatan Produksi Biogas Sebagai Energi Terbarukan Dengan Menggunakan Reaktor Mesophilic <i>Darwin, Susi Chairani, Yusmanizar</i> .....	244

Destilator Fractionate Continue System Pada Produksi Bioetanol Dari Limbah Cair Kopi Arabika Sebagai Sumber Energi Terbarukan <i>Soni Sisbudi Harsono<sup>1</sup>, Mukhammad Fauzi<sup>2</sup>, Suhardi<sup>1</sup></i> .....	230
Efek Paparan Suhu dan Oksigen Terhadap Stabilitas Oksidasi Biodiesel <i>Maharani Dewi Solikhah, Fatimah Tresna Pratiwi, Adi Prismantoko, Imam Paryanto</i> .....	218
Pengaruh Suhu Pembekuan Pada Udang Vanamei ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) Terhadap Laju Pembekuan dan Laju Pengeringan Dengan Menggunakan <i>freeze Drying</i> <i>Irma Morina Simarmata<sup>1</sup>, Sarifah Nurjanah<sup>1</sup>, Asri Widyasanti<sup>1</sup>, Roshita Binti Ibrahim<sup>2</sup>, Buhri Bin Afirir<sup>2</sup></i> .....	136
Pengaruh Umur Pakai Pisau Parut Singkong Terhadap Kadar Pati Onggok Pada Industri Tepung Tapioka Rakyat <i>Agus Haryanto, Eniwati, Sigit Prabawa</i> .....	223
Kajian Sifat Fisik, Pola Gelatinisasi dan Gambaran Granula Pati Merah, Hitam dan Putih <i>Tuty Anggraini, Novelina, Riska Amelia dan Umar Limber</i> .....	251
Uji Organoleptik <i>Nugget</i> Tempe Dengan Penambahan Wortel dan Rumput Laut <i>Anni Faridah*, Rahmi Holinesti* dan Firdaus**</i> .....	260
Komposisi Campuran Nutrijel dan Agar-Agar Terhadap Karakteristik Selai Lembaran Jambu Biji ( <i>Psidium Guajava</i> , L) Yang Dihasilkan <i>Sahadi Didi Ismanto<sup>1</sup>, Rifma Eliyasmi<sup>1</sup> dan Mustika Zelvi<sup>2</sup></i> .....	270
HASIL DISKUSI BIDANG PASCA PANEN DAN TEKNOLOGI PROSES .....	281
HASIL PERUMUSAN SEMINAR NASIONAL FTIP UNPAD - PERTETA – HIPI 2014	289

## SNP2014 – C03

**SIMULASI PENDUGAAN SUHU SELAMA PROSES PERLAKUAN UAP PANAS PADA JAMBU KRISTAL (*PSIDIUM GUAJAVA L*)****Rokhani Hasbullah<sup>1</sup>, Moh. Solahudin<sup>1</sup> dan Aulia Muthmainnah<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Email: [rokhani.h@gmail.com](mailto:rokhani.h@gmail.com)

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Sarjana, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

**ABSTRAK**

Produk hortikultura seperti halnya buah-buahan tidak bebas dari serangan hama/penyakit. Dalam perdagangan global, ekspor komoditas tersebut terhambat oleh aturan karantina yang sangat ketat. Tindakan karantina berupa perlakuan untuk menjamin terbebasnya hama/penyakit mutlak diperlukan. Perlakuan panas menjadi salah satu alternatif sejak dilarangnya penggunaan fumigan untuk disinfestasi hama/penyakit pascapanen. Perlakuan panas dibedakan menjadi tiga metode, yaitu *hot water treatment* (HWT), *vapor heat treatment* (VHT) dan *hot air treatment* (HAT). Penelitian ini bertujuan untuk menduga suhu selama proses perlakuan uap panas (VHT) menggunakan metode *finite difference*. Buah jambu kristal yang diperoleh dari petani di Kabupaten Bogor dikelompokkan dalam ukuran besar (diameter  $\pm$  8.53 cm), sedang (diameter  $\pm$  7.43 cm), dan kecil (diameter  $\pm$  6.70 cm). Buah jambu kristal diberi perlakuan uap panas dengan suhu medium 47-48 °C untuk mencapai suhu pusat buah sekitar 46 °C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *finite difference* mampu menduga suhu pusat buah dengan cukup baik dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) berkisar antara 0.9901-0.9982. Nilai *root mean square error* (RMSE) adalah 1.17, 0.87 dan 0.08 °C berturut-turut untuk buah ukuran besar, sedang dan kecil. Buah jambu ukuran besar, sedang dan kecil membutuhkan waktu berturut-turut selama 56, 36, dan 32 menit, sedangkan hasil simulasi membutuhkan waktu berturut-turut 53, 36, dan 28 menit.

Kata kunci: *jambu kristal, perlakuan karantina, vapor heat treatment, finite difference*

**PENDAHULUAN**

Jambu biji (*Psidium guajava L*) merupakan salah satu produk hortikultura yang termasuk komoditas internasional. Lebih dari 150 negara telah membudidayakan jambu biji, diantaranya Jepang, Malaysia, India, Taiwan, Malaysia, Brazil, dan Indonesia. Dewasa ini, beberapa varietas baru dari buah jambu biji banyak dibudidayakan. Salah satunya adalah jambu kristal. . Buah jambu kristal hampir tanpa biji dan memiliki rasa yang manis dengan daging yang lembut namun tetap renyah dan memiliki nilai jual yang tinggi yaitu 15000-45000/kg.

Ekspor buah-buahan segar Indonesia terkendala oleh aturan karantina yang sangat ketat. Hal ini disebabkan karena umumnya buah-buahan merupakan inang bagi lalat buah (fruit fly) dari famili *Tephritidae* yang oleh kebanyakan negara pengimpor diawasi secara ketat. Sebelumnya, prosedur karantina yang digunakan adalah dengan teknik fumigasi menggunakan etilen dibromida (EDB). Kekhawatiran akan adanya residu kimia yang dapat membahayakan kesehatan konsumen menyebabkan penggunaan EDB dilarang oleh USDA sejak 1984 (Kader 1992). Kini proses thermal atau perlakuan panas (*heat treatment*)

menjadi alternatif prosedur karantina. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk pengendalian lalat buah adalah penerapan *vapor heat treatment* (VHT). Teknologi ini merupakan salah satu metode disinfestasi hama dan penyakit pasca panen buah-buahan yang cukup efektif dan aman karena tanpa menggunakan senyawa kimia (Hasbullah 2007).

Perlakuan panas untuk masing-masing buah dan sayur akan berbeda satu dengan yang lainnya. Hal ini tergantung pada nilai difusivitas panas dan bilangan biot bahan. Nilai ini sangat penting untuk mengetahui penetrasi kecepatan penyebaran suhu dalam suatu zat selama proses pemanasan atau pendinginan. Oleh karena itu perlu dikembangkan proses pendugaan kecepatan penyebaran suhu pada buah-buahan dengan model matematika metode *finite difference*. Kelebihan dari teknik ini adalah dapat menduga kecepatan penyebaran suhu buah dalam waktu yang singkat.

## METODOLOGI

Bahan yang digunakan adalah buah jambu biji varietas kristal yang diperoleh dari petani di daerah Cigombong, Bogor yang dipanen pada umur 80 hari setelah tanaman berbunga dan dilakukan pembungkusan. Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu unit VHT *Chamber, hybrid recorder*, termometer standar, *heater*, air dan batu es untuk kalibrasi termokopel, timbangan *digital*, laptop yang dilengkapi dengan *software Microsoft Visual Basic 6.0* dan *oven* pengering untuk mengukur kadar air.

Buah dikelompokkan menjadi tiga kelompok berdasarkan ukuran, yaitu: besar (diameter  $\pm 8.53$  cm), sedang (diameter  $\pm 7.43$  cm), dan kecil (diameter  $\pm 6.70$  cm). Selanjutnya dilakukan analisis termofisik meliputi kadar air, masa jenis, panas jenis, konduktivitas panas dan difusivitas panas. Kadar air diukur menggunakan metode oven pengering sesuai SNI 01-3182-1992 pada suhu oven  $105 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  selama lima jam. Massa jenis buah jambu diukur dengan menggunakan persamaan Archimedes seperti pada persamaan [1].

$$\rho = \frac{W}{(V_2 - V_1)} \quad [1]$$

dimana  $\rho$  = massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ ),  $W$  = massa bahan (kg),  $V_2$  = volume akhir ( $\text{m}^3$ ), dan  $V_1$  = volume awal ( $\text{m}^3$ ).

Panas jenis dihitung dengan persamaan [2], konduktivitas panas dihitung dengan persamaan [3], dan Difusivitas panas dihitung dengan persamaan [4].

$$C_p = 0.837 + 0.034 \text{ KA} \quad [2]$$

$$k = 0.148 + 0.00493 \text{ KA} \quad [3]$$

$$\rho = \frac{k \rho}{C_p} \quad [4]$$

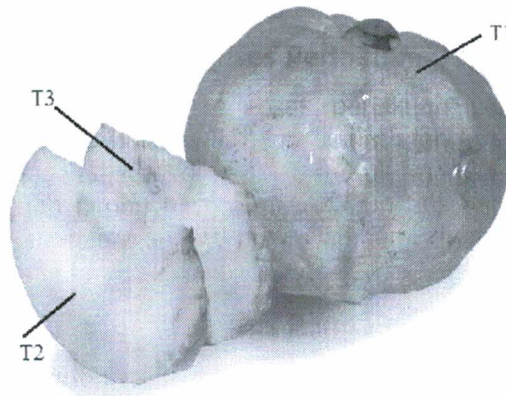
dimana  $C_p$  = panas jenis ( $\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$ ),  $\text{KA}$  = Kadar air (% bb),  $\alpha$  = difusivitas panas ( $\text{m}^2/\text{menit}$ ), dan  $k$  = konduktivitas panas ( $\text{Watt/m}^\circ\text{C}$ ).

Untuk memperoleh data suhu selama proses perlakuan panas, buah dengan berbagai ukuran dimensi yang berbeda dimasukkan ke dalam unit VHT pada suhu medium  $47\text{-}48 \text{ }^\circ\text{C}$  dan RH 90-95%. Termokopel dipasang pada buah jambu masing-masing pada tiga titik pengukuran, yaitu pada bagian permukaan, tengah, dan pusat. Pengambilan data suhu dilakukan tiap 2 menit hingga suhu pusat buah mencapai  $46 \text{ }^\circ\text{C}$ . Data yang diperoleh dari pengukuran langsung ini digunakan sebagai pembandingan

terhadap hasil yang diperoleh dari program pendugaan lama proses perlakuan panas dengan menggunakan *software Microsoft Visual Basic 6.0*.

**Simulasi Pendugaan Suhu Selama Proses Perlakuan Uap Panas**

Simulasi pendugaan suhu selama proses perlakuan uap panas menggunakan program penyebaran suhu pada bola yang telah dibuat oleh Puspitojati (2003). Program ini akan diperbaiki sehingga sesuai digunakan untuk menduga suhu selama proses penyebaran suhu pada buah jambu biji kristal. Adapun titik yang akan diduga suhunya selama proses perlakuan uap panas seperti pada Gambar 1 di bawah ini



Gambar 1 Titik pendugaan suhu pada buah jambu kristal

T<sub>1</sub> menunjukkan suhu pada permukaan kulit yang akan diduga suhunya selama proses perlakuan uap panas, T<sub>2</sub> menunjukkan suhu pada setengah tebal daging buah (setengah pusat), dan T<sub>3</sub> menunjukkan suhu pada pusat buah jambu kristal. Rumus yang digunakan untuk menduga suhu pada ketiga titik tersebut yaitu :

1. Suhu permukaan (T<sub>1</sub>) dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$T_n^{p+1} = 2 Fo (Bi T_{medis} + T_{n+1}^p) + T_n^p (1 - 2Fo - 2FoBi) \quad [5]$$

Syarat kestabilan suhu  $Fo(1+Bi) \leq \frac{1}{2}$

2. Suhu pada setengah tebal daging buah (setengah pusat) (T<sub>2</sub>) dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$T_n^{p+1} = Fo(T_{n+1}^p + T_{n-1}^p - 2T_n^p) + T_n^p \quad [6]$$

Syarat kestabilan suhu  $Fo \leq \frac{1}{2}$

3. Suhu dipusat bahan (T<sub>3</sub>) dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$T_n^{p+1} = 2 Fo (T_{n+1}^p - T_n^p) + T_n^p \quad [7]$$

Syarat kestabilan suhu  $Fo \leq \frac{1}{2}$

Persamaan 5,6, dan 7 merupakan persamaan yang akan digunakan pada program pendugaan suhu selama waktu perlakuan uap panas.

**Verifikasi Model**

Perhitungan terhadap nilai kesalahan dilakukan dengan membandingkan nilai pengukuran dan simulasi menggunakan koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) yang menggambarkan variasi yang



terjadi dalam variabel tak bebas (Y) melalui regresi linier Y terhadap X. Selain itu juga digunakan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) sebagai suatu indikator yang digunakan untuk menghitung perbedaan nilai antara hasil pengukuran sebenarnya dengan hasil simulasi model, dimana semakin kecil nilainya, maka akan semakin baik. Rumus untuk menghitung nilai RMSE adalah seperti pada persamaan [8] :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - X_{model,i})^2}{n}}$$
[8]

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sifat Termofisik Buah Jambu Kristal

Produk pertanian merupakan produk yang mudah rusak sehingga diperlukan penanganan pasca panen yang tepat yang dapat mempertahankan kualitas dan yang lebih baik dapat memperpanjang masa simpan. Dalam penanganannya bisa dilakukan dengan pendinginan dan juga dengan perlakuan panas. Untuk mendapatkan hasil penanganan yang optimal, perlu diketahui karakteristik atau sifat termofisik pada masing-masing produk. Dalam hal ini, perlakuan panas berkaitan erat dengan proses pindah panas. Sifat panas akan menentukan karakteristik perubahan suhu produk sehingga dapat ditentukan kebutuhan energi dan waktu perlakuan yang tepat (Weindenfeller 2004).

Kadar air adalah banyaknya kandungan air per satuan berat bahan, biasanya dalam % basis basah (bb). Pada buah, kadar air dipengaruhi oleh tingkat kematangan buah tersebut. Kadar air buah jambu tidak dipengaruhi oleh ukuran atau dimensi buah, dimana berdasarkan hasil pengukuran dengan metode oven, didapatkan nilai kadar air sebesar 87.934 % untuk buah ukuran besar, 87.799% untuk buah ukuran sedang, dan 87.965% untuk buah ukuran kecil.

Panas jenis didefinisikan sebagai jumlah energi yang dibutuhkan oleh satu satuan berat (m) bahan untuk menaikkan suhunya sebesar satu derajat (Cengel and Boles 2002). Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai panas jenis ( $C_p$ ) untuk ukuran besar yaitu 3.826 kJ/kg°C, ukuran sedang yaitu 3.822 kJ/kg°C dan untuk ukuran kecil yaitu sebesar 3.828 kJ/kg°C. Nilai panas jenis pada buah jambu untuk setiap ukuran hampir sama nilainya karena nilai kadar air untuk buah jambu ukuran besar, sedang, dan kecil pun sama.

Konduktivitas panas adalah sifat termal suatu benda untuk merambatkan panas dalam suatu unit waktu melaluluas penampang tertentu yang diakibatkan oleh adanya perbedaan suhu. Untuk bahan hayati, besarnya nilai konduktivitas ( $k$ ) banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti struktur sel/fisik, komposisi kimia bahan, dan kandungan air (Jangam and Mujumdar dalam Lamhot 2011). Nilai konduktivitas buah jambu pada berbagai ukuran mendekati sama yaitu 0.582 Watt/m°C untuk buah ukuran besar, 0.581 Watt/m°C untuk buah ukuran sedang dan 0.582 Watt/m°C untuk buah ukuran kecil.

Difusivitas panas diartikan sebagai laju pada saat panas terdifusi keluar dari bahan. Nilai difusivitas panas dipengaruhi oleh konduktivitas panas ( $k$ ), panas jenis ( $C_p$ ), dan massa jenis bahan ( $\rho$ ). Pada buah jambu ukuran besar nilai difusivitas panasnya yaitu 0.000179 m<sup>2</sup>/menit sedangkan untuk buah jambu ukuran sedang sebesar 0.000196 m<sup>2</sup>/menit dan untuk buah jambu ukuran kecil sebesar 0.000204 m<sup>2</sup>/menit. Buah jambu ukuran besar memiliki nilai yang lebih kecil karena massa jenis buah jambu ukuran besar

lebih tinggi daripada yang lainnya. Sifat termofisik buah jambu kristal pada berbagai ukuran tersaji dalam Tabel 1.

Tabel 1. Sifat termofisik buah jambu kristal pada berbagai ukuran

Dimensi (ukuran)	Diameter (m)	Kadar Air (%bb)	Cp (kJ/kg°C)	k (Watt/m°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\alpha$ (m <sup>2</sup> /menit)
Besar	$\pm 0.0853$	87.93	3.826	0.582	849.20	0.000179
Sedang	$\pm 0.0743$	87.78	3.822	0.581	775.40	0.000196
Kecil	$\pm 0.0670$	87.96	3.828	0.582	745.73	0.000204

### Perlakuan Uap Panas (*Vapor Heat Treatment*) Pada Buah Jambu Kristal

*Vapor heat treatment* adalah metode pemanasan buah dengan udara jenuh dengan temperatur uap air yang berkisar pada suhu 40-50°C yang bertujuan untuk membunuh telur dan larva serangga sebagai proses karantina sebelum produk dipasarkan (Animal and Plant Health Inspection Service dalam Susan Lurie 1998).

Pada penelitian ini, terdapat tiga titik pada buah jambu kristal yang akan diduga suhunya, yaitu suhu pada permukaan kulit luar, suhu pada setengah pusat dan suhu pada pusat buah. Suhu pada buah tersebut akan diukur dengan menggunakan termokopel yang akan ditusukkan pada buah jambu dengan jarak yang berbeda pada setiap dimensi buahnya. Pada buah dimensi besar, suhu setengah pusat akan ditusukkan dengan kedalaman  $\pm 1.4$  cm dan pada pusat buah, termokopel akan ditusukkan dengan kedalaman  $\pm 2.8$  cm. Sedangkan untuk buah jambu dimensi sedang, termokopel akan ditusukkan sedalam  $\pm 1.25$  cm untuk titik setengah pusat dan  $\pm 2.5$  cm untuk titik pusat buah. Pada buah jambu dimensi kecil, termokopel akan ditusukkan dengan kedalaman  $\pm 1$  cm untuk titik setengah pusat dan  $\pm 2$  cm untuk titik pusat buah. Sedangkan pada titik permukaan kulit luar, untuk ketiga dimensi buah termokopel akan ditempelkan pada permukaan kulit luarnya saja. Penentuan jarak atau kedalaman termokopel ini didasarkan pada diameter buah jambu. Dimana untuk buah dimensi besar diameternya berkisar antara 8-9 cm, untuk buah sedang diameternya berkisar antara 7-8 cm dan untuk buah kecil diameternya berkisar antara 6-7 cm.

Buah jambu pada berbagai dimensi ditempatkan didalam *tray* di ruang perlakuan. Dimana uap yang dihasilkan berasal dari air yang dipanaskan dalam bak air dengan suhu  $\pm 58.43$  °C. Air tersebut kemudian disemprotkan ke ruang perlakuan dimana buah ditempatkan melalui nozzle yang dilengkapi dengan *filter*. Suhu media atau ruang perlakuan selama proses *vapor heat treatment* berlangsung yaitu  $\pm 47.91$  °C. Proses perlakuan uap panas ini dilakukan sampai suhu pada pusat buah mencapai 46 °C dan penyebaran suhu pada setiap titiknya diamati setiap satu menit. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu target tersebut akan berbeda untuk setiap dimensi buah. Dimana pada buah jambu dimensi besar dibutuhkan waktu selama 56 menit untuk mencapai suhu 46 °C, sedangkan pada buah jambu dimensi sedang membutuhkan waktu selama 36 menit dan untuk buah jambu dimensi kecil membutuhkan waktu selama 32 menit untuk mencapai suhu pusat buah 46 °C.

### Simulasi Pendugaan Suhu Selama Proses Perlakuan Uap Panas

Program penyebaran suhu pada buah jambu kristal ini digunakan untuk simulasi pendugaan suhu selama proses perlakuan uap panas. Algoritmanya disusun dengan menggunakan pemrograman *Microsoft Visual Basic 6.0*. Form tampilan program berisi tombol combo untuk memilih ukuran atau dimensi buah yang dikehendaki, empat command button yang terdiri dari tombol hitung untuk menampilkan nilai perhitungan seperti bilangan Fourier, Nilai M, bilangan Biot, tombol sebaran suhu untuk menggambarkan sebaran suhu pada setiap titik pendugaan, tombol grafik berfungsi untuk

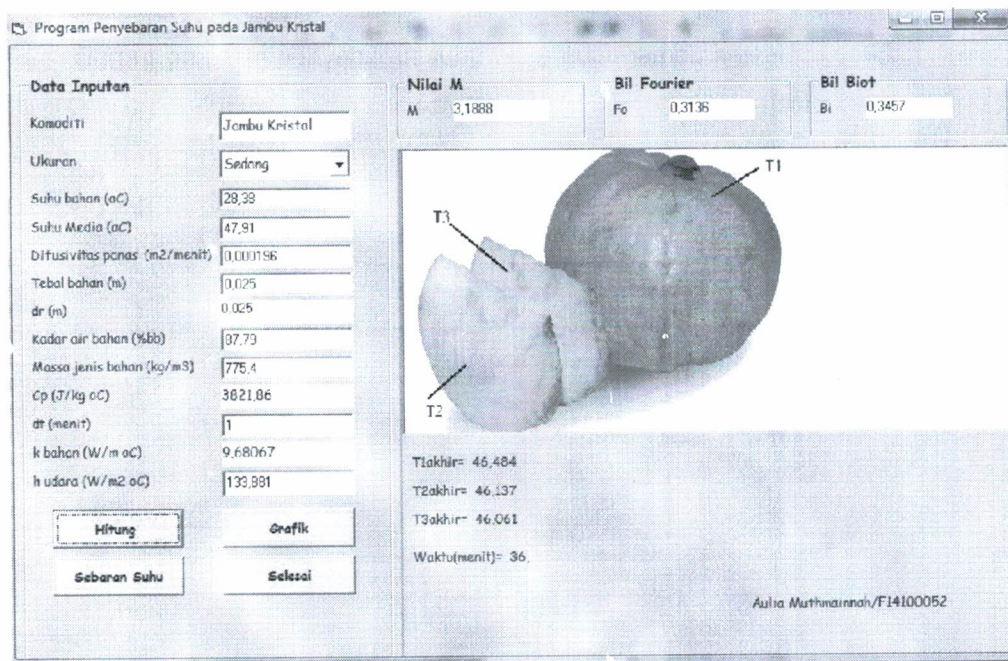
menunjukkan hubungan antara menit dan suhu pendugaan serta tombol selesai untuk mengakhiri program. Data input yang diperlukan tersaji dalam Tabel 2. Dengan mengetahui nilai input yang dibutuhkan program, maka akan diperoleh output berupa sebaran suhu disetiap titik pendugaan. Nilai output dari program penyebaran suhu ini tersaji dalam Tabel 3. Tampilan program pendugaan lama perlakuan panas pada buah jambu kristal ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 2. Data input program untuk buah jambu kristal pada berbagai dimensi

Dimensi	Suhu Bahan (°C)	Suhu Media (°C)	Difusivitas panas (m <sup>2</sup> /menit)	Tebal bahan (mm)	Kadar air bahan (%bb)	Massa jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Koefisien konveksi udara (W/m <sup>2</sup> °C)	Δt (menit)
Besar	28.38	47-48	0.000179	28	87.93	849.20	130.176	1.0
Sedang	28.38	47-48	0.000196	25	87.79	775.40	133.881	1.0
Kecil	28.38	47-48	0.000204	20	87.96	745.73	137.624	0.5

Tabel 3. Output program penyebaran suhu pada buah jambu kristal

Dimensi	Cp (J/kg°C)	Konduktivitas (W/m°C)	M	Fo	Biot	Waktu (menit)
Besar	3826.76	9.69	4.38	0.23	0.37	53.0
Sedang	3821.86	9.68	3.12	0.31	0.35	36.0
Kecil	3827.64	9.70	3.92	0.25	0.28	28.5



Gambar 2. Tampilan program pendugaan lama perlakuan panas pada buah jambu Kristal

### Pengaruh Dimensi Buah Terhadap Lama Proses Perlakuan Uap Panas

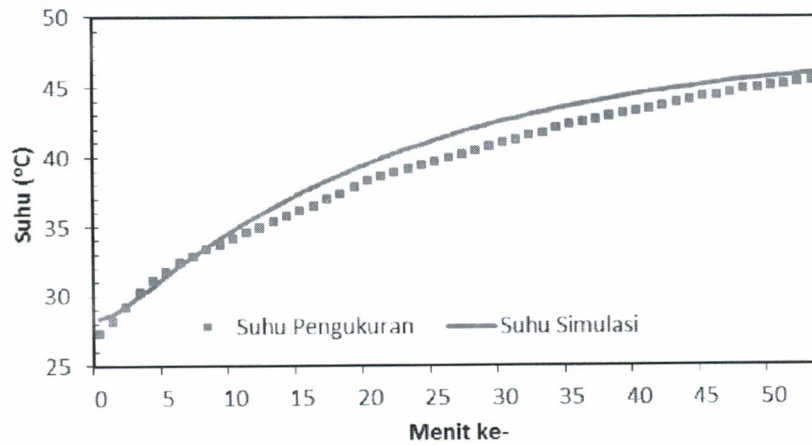
Menurut hasil pengukuran pada buah jambu kristal ukuran besar diperlukan waktu selama 56 menit untuk mencapai suhu target, sedangkan menurut simulasi waktu yang dibutuhkan yaitu 53 menit. Pada buah jambu dimensi sedang, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu target menurut pengukuran dan simulasi adalah sama yaitu 36

menit. Sedangkan pada buah jambu dimensi kecil, waktu yang dibutuhkan menurut pengukuran adalah 32 menit sedangkan menurut simulasi adalah 28.5 menit.

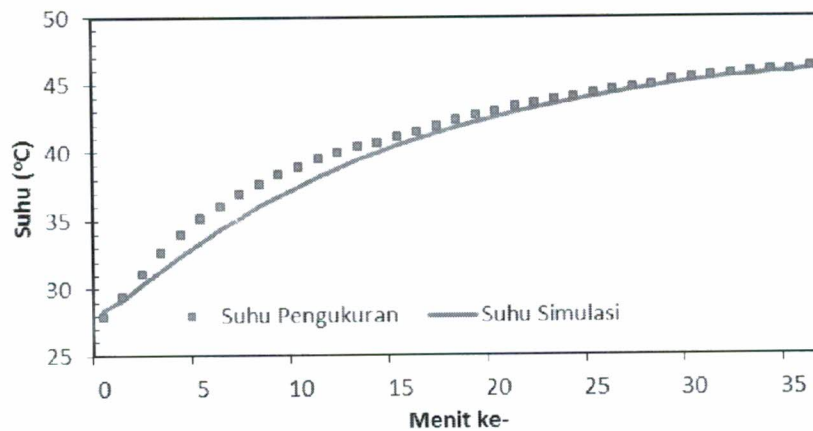
Berdasarkan hasil pengukuran langsung dan hasil simulasi model, dapat dilihat bahwa lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu target sebesar 46 °C dipengaruhi oleh dimensi buah jambu kristal. Dimana semakin besar dimensi buahnya maka akan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu yang ditargetkan.

Hal ini disebabkan oleh nilai difusivitas panas ( $\alpha$ ) dan bilangan biot ( $Bi$ ). Kedua nilai ini mempengaruhi lama waktu perlakuan uap panas yang diperlukan. Dimana nilai difusivitas panas ini menunjukkan laju panas terdifusi keluar dari bahan, sehingga jarak (tebal) bahan mempengaruhi proses penyebaran panas. Semakin tebal bahannya, maka akan semakin lama laju panas terdifusi keluar dari bahan. Sedangkan bilangan biot menunjukkan rasio antara konvektif dengan konduktif pada bidang atas normal. Dalam hal ini bidang normal dinyatakan sebagai jari-jari atau tebal bahan. Sehingga semakin tebal buahnya maka akan semakin tinggi nilai biotnya.

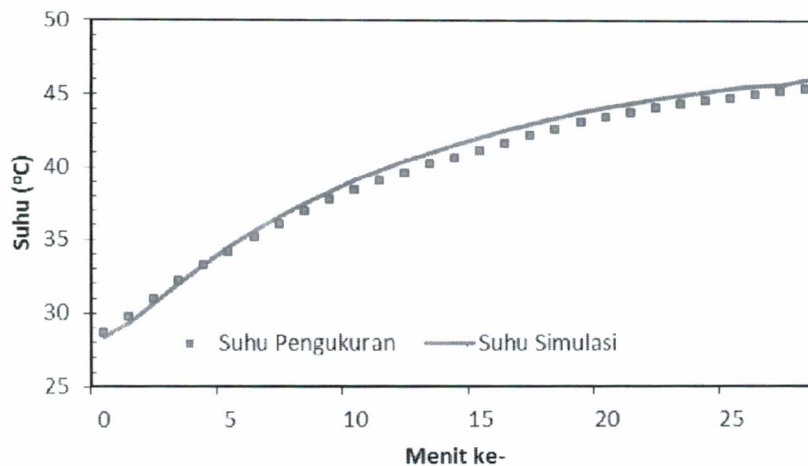
Hubungan antara nilai pengukuran dan nilai simulasi model pada titik pusat buah untuk dimensi besar, sedang, dan kecil tersaji pada Gambar 4-6.



Gambar 4. Hubungan antara waktu dan suhu pada pusat buah jambu ukuran besar



Gambar 5. Hubungan antara waktu dan suhu pada pusat buah jambu ukuran sedang

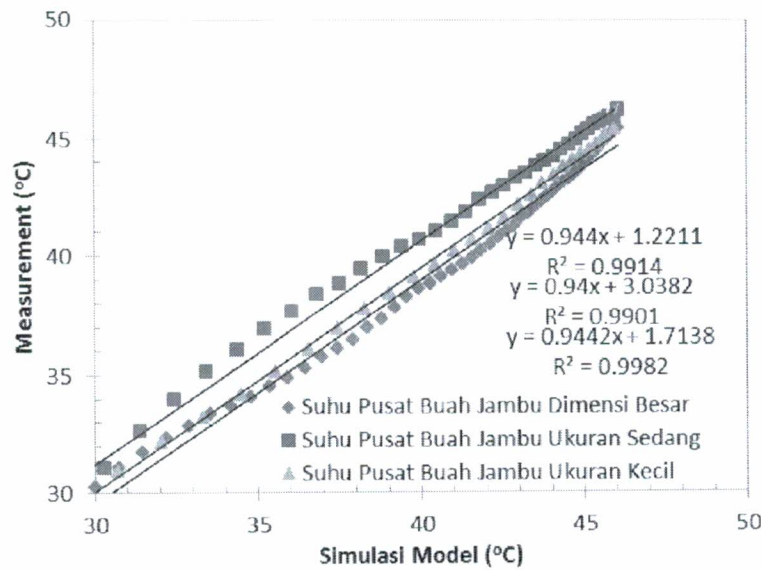


Gambar 6. Hubungan antara waktu dan suhu pada pusat buah jambu ukuran kecil

Berdasarkan grafik diatas, terlihat bahwa antara nilai simulasi dan nilai pengukuran terdapat jarak (garisnnya tidak selalu berimpit), artinya terjadi perbedaan antara hasil pengukuran dan simulasi. Adanya perbedaan antara nilai simulasi dengan nilai pengukuran dikarenakan pada simulasi model, faktor yang diperhitungkan adalah sifat termofisik dari buah jambu kristal dan penyebaran suhu yang dihitung dengan metode *finite difference*, sehingga penyebaran suhunya relatif stabil. Sedangkan pada pengukuran sebenarnya, ada faktor lain yang tidak diperhitungkan dalam program seperti suhu media yang tidak bisa konstan, sehingga kenaikan suhu setiap menitnya tidak stabil seperti pada simulasi model serta kondisi termokopel yang kemungkinan mengalami guncangan saat proses perlakuan uap panas.

### Verifikasi Model Simulasi

Verifikasi model dilakukan dengan menggunakan persamaan regresi yang nantinya akan menghasilkan nilai koefisien determinasi. Nilai koefisien determinasi untuk pusat buah jambu dimensi besar, sedang, dan kecil berturut-turut yaitu 0.9914, 0.9901, dan 0.9982. Berdasarkan nilai koefisien determinasi ini, maka dapat diperoleh nilai koefisien korelasi dengan mengakarkan nilai koefisien determinasi tersebut. Nilai koefisien korelasi ini menunjukkan seberapa kuat hubungan antara nilai pengukuran dengan nilai simulasi. Nilai koefisien korelasi untuk buah jambu dimensi besar, sedang, dan kecil berturut-turut yaitu 0.995, 0.995, dan 0.999. Artinya lebih dari 90% nilai simulasi model baik pada dimensi besar, sedang, dan kecil, dapat mewakili nilai pengukuran. Gambar 7 menunjukkan hubungan antara nilai pengukuran dan simulasi pada pusat buah jambu ketiga dimensi.



Gambar 7 Hubungan antara nilai pengukuran dan simulasi buah jambu ukuran kecil

*Root Mean Square Error* (RMSE) digunakan untuk mengukur perbedaan antara nilai yang diduga dari sebuah model dan nilai kenyataan yg diamati dari lingkungan yang dimodelkan. Semakin kecil nilai RMSEnya maka akan semakin baik. Nilai RMSE dihitung dengan menggunakan persamaan 8. Nilai RMSE pada pusat buah jambu kristal ukuran besar yaitu 1.17 °C. Pada pusat buah jambu kristal ukuran sedang dan nilai RMSEnya sebesar 0.87 °C. Sedangkan pada pusat buah jambu kristal ukuran kecil nilai RMSE sebesar 0.08 °C.

### KESIMPULAN

Sifat termofisik buah jambu kristal meliputi kadar air, panas jenis, konduktivitas panas, massa jenis dan difusivitas panas. Kadar air buah jambu berkisar antara 87.80%-87.96%, Panas jenis jambu kristal berkisar antara 3.822 kJ/kg°C - 3.828 kJ/kg°C. Nilai difusivitas buah jambu kristal ukuran kecil yaitu 0.000204 m<sup>2</sup>/menit, buah jambu kristal ukuran sedang nilai difusivitas panasnya yaitu 0.000196 m<sup>2</sup>/menit sedangkan buah jambu kristal ukuran besar nilai difusivitas panasnya yaitu 0.000179 m<sup>2</sup>/menit.

Laju penyebaran panas sangat dipengaruhi oleh dimensi buah, dimana semakin besar ukuran buah maka waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu pusat buah sebesar 46 °C semakin lama. Hal ini terjadi karena adanya nilai biot atau rasio antara konvektif dan konduktif pada bidang normal atas, dalam hal ini bidang normal yang dimaksud adalah ketebalan buah jambu kristal, sehingga semakin tebal buahnya, maka akan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu target. Buah jambu kristal ukuran besar membutuhkan waktu 56 menit menurut pengukuran dan 53 menit menurut simulasi, buah jambu kristal ukuran sedang membutuhkan waktu 36 menit baik menurut simulasi maupun pengukuran, sedangkan buah jambu kristal ukuran kecil membutuhkan waktu yang paling singkat dari yang lainnya yaitu 32 menit menurut pengukuran dan 28.5 menit menurut simulasi.

Nilai *R square* atau koefisien determinasi untuk suhu pusat buah jambu kristal ukuran besar yaitu 0.991 dan nilai RMSE sebesar 1.17 °C. Pada buah jambu kristal ukuran sedang, nilai *R Square* suhu pusatnya yaitu sebesar 0.9901 dan nilai RMSEnya sebesar

0.87 °C. Sedangkan pada buah jambu kristal ukuran kecil nilai  $R_{square}$  pada suhu pusatnya adalah 0.9982 dan nilai RMSE sebesar 0.08 °C.

Berdasarkan hasil analisis statistik terlihat menunjukkan bahwa hasil simulasi model memiliki ketelitian yang baik dalam menggambarkan perambatan suhu dan lama waktu proses yang dibutuhkan.

Perlu dikembangkan program simulasi pendugaan suhu selama proses perlakuan panas untuk komoditas lainnya. Sehingga program bisa melakukan simulasi untuk berbagai komoditas.

### DAFTAR PUSTAKA

- Cengel, Y.A, and M.A. Boles. 2002. Thermodynamics: an Engineering Approach,. 4th Ed. New York: Mc-Graw Hill.
- Lamhot, P.M dan Wahyu P. 2011. Penentuan Sifat Termofisik Mahkota Dewa (Thermal Properties of Phaleria macrocarpha). Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia. Vol 13(3): 177-181
- Lurie, S. 1998. Review : Postharvest Heat Treatment. Postharvest Biology and Technology. Vol 14, 257-269.
- Puspitojati , E. 2003. Model Matematika Pendugaan Penyebaran Suhu pada Buah-buahan Selama Perlakuan Panas. [Skripsi]. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor
- Hasbullah, R. 2007. Penerapan Teknologi Karantina, Upaya Membuka Peluang Ekspor Buah-buahan Indonesia. Jurnal Keteknikan Pertanian. Vol 21(1): 1-12
- Sudjana. 1975. Metoda Statistika. Bandung : Tarsito
- Trolle, D. 2010. Model Evaluation Methods. New Zealand : University of Waikato
- Weidenfeller, B., M. Hofer and F.R. Schilling. 2004. Thermal conductivity, thermal diffusivity, and specific heat capacity of particle filled polypropylene. Composites: Part A 35 (2004): 423–429.