



KAJIAN TEKNIS UNIT PERLAKUAN PANAS METODE UAP (VHT) UNTUK PENGENDALIAN LARVA LALAT BUAH PADA APEL

(A study on Technical Performance of Vapor Heat Treatment Unit
to Control The Fruit Fly Larvae of Apple)

Marsudi¹⁾, H. Suroso²⁾, dan Rokhani H.²⁾

¹⁾ Perekayasa pada Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Serpong

²⁾ Staf Pengajar pada Studi Ilmu Keteknikan Pertanian, Sekolah Pascasarjana IPB

ABSTRAK

Akhir-akhir ini, penggunaan metode perlakuan panas (*Heat Treatment*) guna mempertahankan kualitas, mengendalikan hama/penyakit pascapanen maupun sebagai teknik karantina terhadap buah-buahan dan sayuran semakin meningkat. Perlakuan tersebut merupakan syarat bagi produk yang akan di ekspor ke Jepang, Amerika dan negara lainnya. Sejak tahun 1988, buah-buahan dari Indonesia diekspor ke Amerika dan Jepang setelah produk tersebut di disinfestasi hama/penyakit. Vapor Heat Treatment (VHT) merupakan metode disinfestasi yang dapat digunakan untuk mengendalikan pertumbuhan hama/penyakit pada produk hortikultura, seperti buah segar, sayuran, ubi-ubian, dan bunga potong. Penelitian ini bertujuan mengkaji secara teknis performansi unit perlakuan panas menggunakan media uap panas dan aplikasinya pada buah apel manalagi. Percobaan dilakukan dengan memberikan media pemanas berupa campuran uap panas dan udara pada suhu 47,5 °C hingga suhu pusat buah mencapai 46,5 °C serta dipertahankan selama 30 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa unit perlakuan panas metode VHT efektif untuk melakukan disinfestasi hama/penyakit pasca panen buah apel manalagi. Pencapaian suhu target pusat buah membutuhkan waktu sekitar 135 menit. Apel manalagi toleran terhadap panas sampai 30 menit tanpa kerusakan (*heat injury*) dan kualitas buah relatif tetap berdasarkan perubahan kadar air, kekerasan bahan serta warna kulit. Populasi cendawan yang dominan terdiri dari *Acremonium strictum*, *Cladosporium cladosporioides* dan *Gloesporium fructigenum* dapat ditekan secara efektif (95,8 – 100%).

Kata Kunci : Perlakuan panas metode uap, apel manalagi, larva lalat.

ABSTRACT

Presently, there has been increasing interest in the use of heat treatments (VHT) for maintaining of post harvest quality, diseases control, and as a quarantine technology of fruit and vegetable. The treatment is a quarantine requirement for export to certain destination in Japan, US and other countries. Since 1988, Indonesian fruits were exported to United States and Japan after treated by hot water quarantine treatment in order to destroy the fruit fly larvae. VHT is heat treatment technology that can be used for post harvest insect control for perishable commodities such as fresh fruit, fresh vegetables, tubers, and cut flowers. The objective of this research was to assess the technical performance of the vapor heat treatment unit and the heat effect on fruit quality of 'manalagi' apples. The treatment was at temperature of about 47,5°C until a fruit core temperature reached 46,5°C and held for 30 minutes, while the control fruits were not treated in any way. Based on the results known that the VHT unit was effective for the disinfestations test. The fruit core temperature of 46, °C was reached after 128 to 140 min. The manalagi apple tolerated up to 30 min at core temperature of 46,5 °C without any visible signs of heat injury. The populations of dominant fungi, namely *Acremonium strictum*, *Cladosporium cladosporioides* and *Gloesporium fructigenum* were successfully reduced by 95,8 to 100% of the effectiveness.

Key words : Vapor heat treatment, manalagi apple, fly larvae.

PENDAHULUAN

Hortikultura sebagai komoditas penting di Indonesia mempunyai prospek cerah. Ekspor buah-buahan pada tahun 2000 mencapai 87,9 ribu ton atau senilai 56,3 juta US\$ (Badan Pusat Statistik 2002), dipastikan terus meningkat seiring meningkatnya produksi. Pada tahun 2000, produksi buah-buahan mencapai 8.413 ribu ton dan meningkat menjadi 13.936 ribu ton pada tahun 2004 (Nainggolan 2005). Pada sisi lain, usahatani hortikultura buah-buahan masih menghadapi permasalahan berkaitan dengan kehilangan hasil panen dan pasca panen yang cukup tinggi mencapai 15-40% (Anonim² 2000). Kehilangan hasil pada produk pasca panen buah-buahan dapat berupa penurunan mutu seperti perubahan warna, rasa, dan aroma, akan selalu terjadi sebagai konsekuensi sifat komoditas yang mudah rusak (*perishable*) yang kemudian menjadi penyebab jatuhnya nilai jual (Armstrong J.W. and H.M. Couey 1994; Fellows P. 2001). Selain itu kehilangan hasil dapat juga karena penurunan kualitas berupa kebusukan dan kerusakan akibat suhu dan kelembaban lingkungan (Paul R.E. 1999).

Berbagai negara telah menerapkan ketentuan karantina secara ketat terhadap produk impor. Karena itu disinfestasi hama dan penyakit pasca panen menjadi wajib dilakukan sebelum produk tersebut di ekspor. Disinfestasi pasca panen hortikultura bertujuan menghilangkan serangga, jamur dan bakteri lainnya yang terikut pada produk yang dapat menjadi penyebab gangguan kesehatan konsumen terutama pada jenis produk yang dikonsumsi dalam bentuk segar (Lurie S. 1998; Williamson M. 2002). Disinfestasi juga sebaiknya dilakukan dalam upaya memusnahkan mikro organisme yang mempercepat pembusukan, sehingga tindakan ini ditempuh sebagai upaya untuk memperpanjang masa simpan.

Disinfestasi terhadap buah telah dilakukan oleh beberapa negara dengan berbagai cara, namun dengan adanya pembatasan atau larangan penggunaan kimia, maka perlakuan panas telah menjadi alternatif yang cukup efektif untuk proses disinfestasi. Pada tahun 1987, dalam kebijakan karantinanya, negara Jepang menerapkan metode perlakuan dengan uap panas (*vapor heat treatment, VHT*) sebagai standar disinfestasi hama dan penyakit pasca panen (Anonim¹ 1996). Peraturan ini

dikeluarkan setelah mereka berhasil mengembangkan metode tersebut tanpa menyebabkan kerusakan pada bahan.

Rokhani et al, (2001) meneliti efek perlakuan panas metode VHT terhadap mutu buah mangga "Irwin", dan menyimpulkan metode VHT efektif untuk menekan penyakit *antrachnosa* dan *stem end rot* pada buah mangga "Irwin". Disinfestasi menggunakan uap panas ini melibatkan unit perlakuan VHT yang masih merupakan produk impor yang mahal. Oleh sebab itu perlu dilakukan pengkajian teknis sebelum dikembangkan lebih lanjut dalam bentuk suatu rancangan unit VHT yang lebih sederhana tanpa mengurangi efektivitas kerjanya. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan kajian teknis rancang-bangun serta uji unjuk kerja unit perlakuan panas metode uap (VHT) dan aplikasinya pada buah apel varietas manalagi.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Peralatan

Penelitian ini dilakukan di Bangsal Percontohan Pengolahan Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, selama bulan Mei – Oktober 2003. Bahan uji yang digunakan adalah buah apel 'Manalagi' dari daerah Batu, Jawa Timur. Buah hasil sortasi ini digunakan dalam percobaan pada hari ke 4 setelah petik. Peralatan yang digunakan meliputi unit perlakuan panas (*Vapor Heat Treatment*), *Thermo-Decorder* HR-2500E, *Thermo-humidity decoder* RS10, *Flowmeter* SK-26A, *Tachometer* HT-4100, Timbangan digital, *Oven*, *Rheometer* CR-300, *Refractometer* PR-201, *Chromameter* CR-200, dan komputer untuk analisis data.

Metode Penelitian

Penelitian ini meliputi kegiatan identifikasi teknis unit perlakuan panas buah-buahan, perumusan parameter, uji fungsional, modifikasi, kalibrasi, pengukuran sifat fisik dan mutu bahan uji, uji kinerja, analisis data dan evaluasi teknis.

Parameter yang diukur

Sifat fisik bahan meliputi : massa, kadar air (*oven*, 24 jam, 105°C), kekerasan dan warna diukur sebelum dan sesudah perlakuan. Sedangkan parameter lain meliputi : 1) Suhu (pembacaan setiap 4 menit), 2) Kelembaban relatif (RH), 3) Kecepatan aliran media, 4) Tekanan media dalam ruang bahan, dan 5) Lama perlakuan.

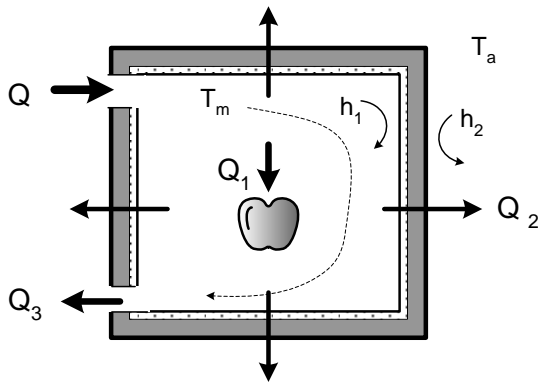


Kalibrasi

Kalibrasi dilakukan terhadap alat ukur suhu mengingat parameter tersebut dominan dalam percobaan ini, membutuhkan akurasi data dan interval pembacaan yang singkat.

Analisis Pindah Kalor

Proses pindah kalor dalam sistem ini, secara skematis digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1. Skema pindah kalor pada proses VHT

Neraca energi dapat dirumuskan sebagai berikut (Anonim¹ 1996) :

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \dots\dots\dots (1)$$

Dari Persamaan 1, maka perubahan suhu di dalam ruang bahan (T_m) dapat dimodelkan sebagai berikut (Heldman D.R. and R.P. Singh 1980; R.P. Singh and Heldman D.R. 2001) :

$$(mCp)_m \frac{dT_m}{dt} = m_m C_{p_m} (T_{pL} - T_m) - m_b C_{p_b} (T_m - T_b) - U_2 A (T_m - T_a) - m_3 C_{p_3} (T_3 - T_a) \dots\dots\dots (2)$$

dimana :

- Q = energi yang tersedia dengan masuknya media, kJ
- m_m = massa media masuk ($=V_m \cdot \rho_m$), kg/jam
- m_b = massa bahan yang dipanaskan, kg
- V_m = laju aliran media, m³/jam
- ρ_m = densitas media, kg/m³
- C_{p_m} = kalor jenis media, kJ/kg °C
- C_{p_b} = kalor jenis bahan, kJ/kg °C
- T_m = suhu media masuk, °C
- T_a = suhu udara luar, °C
- T_b = suhu akhir bahan, °C
- T_o = suhu awal bahan, °C
- U = koefisien pindah kalor menyeluruh, W/m² °C

$$U = 1 / \left(\frac{L_1}{k_1 A} + \frac{L_2}{k_2 A} + \frac{L_3}{k_3 A} + \frac{L_4}{k_4 A} + \frac{1}{h_1 A} + \frac{1}{h_2 A} \right) \dots\dots\dots (3)$$

- L_1, L_2, L_3, L_4 = tebal dinding 1, 2, 3, dan 4, m
- k_1, k_2, k_3, k_4 = konduktivitas panas dinding 1, 2, 3, dan 4, W/m °C
- A = luas penampang dinding, m²
- h_1 = koefisien pindah kalor konveksi paksa, W/m² °C (antara media dengan dinding)
- h_2 = koefisien pindah kalor konveksi bebas, W/m² °C

Dinding terdiri dari 4 lapis, yaitu stainless steel 1,2 mm, glass wool 20 mm, polyurethane foam 60 mm dan plat esser 1.2 mm.

Efisiensi energi (η)

$$\eta = (Q_1 / Q) * 100 \% \dots\dots\dots (4)$$

- Q_1 = energi yang digunakan untuk memanaskan bahan, kJ
- Q = energi yang tersedia, kJ.

Asumsi yang digunakan dalam analisis data hasil uji :

- 1) Suhu awal bahan seragam pada waktu yang sama.
- 2) Suhu lingkungan tidak berpengaruh terhadap proses perlakuan.
- 3) Data perhitungan adalah harga rata-rata aritmatika dari satu kali proses.
- 4) Kelembaban relatif pada ruang bahan adalah 90%.

Sebaran suhu bahan

- a. Suhu bahan pada titik pusat geometri

($T_{m+1}^p = T_{m-1}^p$), mengikuti persamaan :

$$T_m^{p+1} = 2Fo(T_{m+1}^p - T_m^p) + T_m^p \dots\dots\dots (5)$$

- b. Suhu titik pada permukaan buah menggunakan persamaan :

$$T_m^{p+1} = 2Fo(Bi.T_{med} + T_{m+1}^p) + T_m^p (1 - 2Fo - 2FoBi.) \dots\dots (6)$$

dimana

$$Bi = \frac{h\Delta x}{k} ; \quad Fo = \frac{\alpha \Delta t}{\Delta r^2} ; \quad \text{dan} \quad \alpha = \frac{k}{\rho C_p}$$

dengan syarat kestabilan suhu :

$$T_m^p \left((1 - 2Fo - 2FoBi) \geq 0 \right)$$

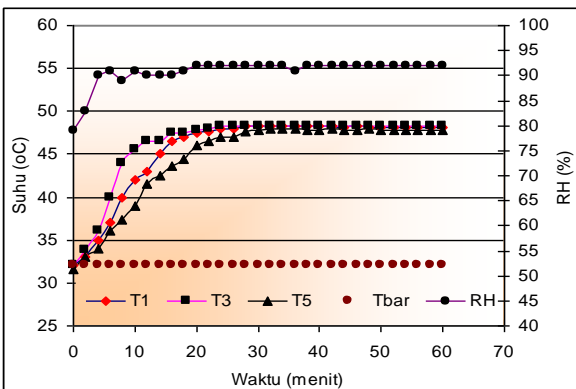
dan

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil identifikasi, rancangan berupa unit perlakuan panas untuk buah-buahan pasca panen skala laboratorium dengan media perlakuan berupa campuran uap air-udara yang dapat diatur suhu dan kelembabannya, serta menggunakan sumber tenaga listrik untuk menggerakkan seluruh komponen mesin (spesifikasi teknis terlampir).

Pada pengujian unit VHT tanpa bahan uji, diketahui bahwa bagian-bagian utama telah berfungsi dengan baik. Hal tersebut ditunjukkan terutama oleh tercapainya kondisi media perlakuan dalam ruang bahan, yaitu suhu terukur pada rak atas, tengah dan rak bawah (T1, T3, dan T5) sekitar 48 °C dan kelembaban udara relatif (RH) mencapai >90 °C, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Tampak suhu media pada titik pengamatan T1, T3, dan T5 meningkat cepat sejalan dengan waktu proses, namun peningkatan suhu tersebut mulai berkurang dan akhirnya mencapai kondisi tetap mendekati suhu *set point* 48 °C. Suhu media pada rak tengah (T3) meningkat paling cepat dibanding dengan media pada rak atas (T1) maupun rak bawah (T5).



Gambar 2. Profil suhu media (T1, T3, T5), RH, dan suhu udara luar (Tbar).

Hal ini terjadi akibat konstruksi sirip-sirip pengarah aliran media yang cenderung

mengalirkan media lebih banyak ke rak tengah. Kelembaban relatif (RH) media pada ruang bahan yang mencapai kondisi stabil pada sekitar 92%.

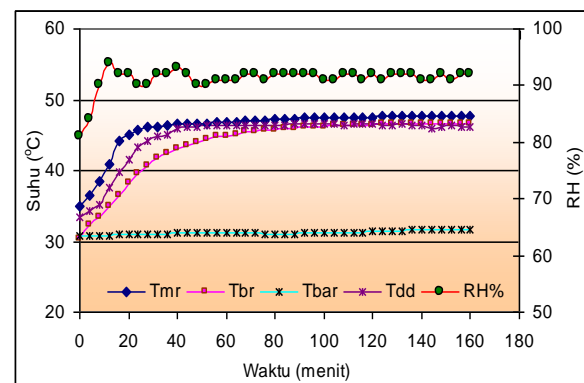
Hasil Uji Unjuk Verja

Pengujian unit perlakuan panas dilakukan pada kapasitas penuh menggunakan bahan uji buah apel 'manalagi' dengan kondisi awal sebagaimana tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi awal bahan uji

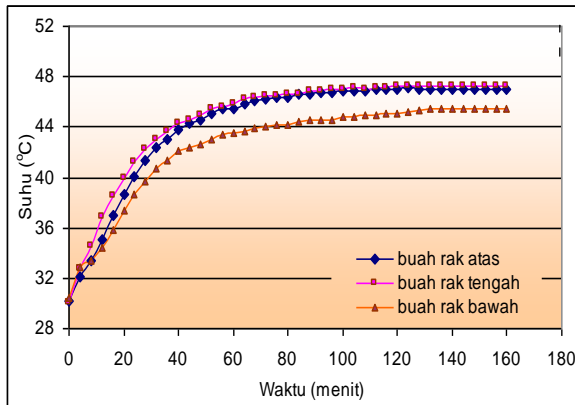
No	Item	Ukuran
1	Kadar air, %bb	48 ± 1,06
2	Diameter bahan, cm	6 ± 0,32
3	Berat per buah, g	101 ± 3,4
4	Tk. Kebulatan (<i>sphericity</i>), %	89 ± 0,9
5	Kekerasan bahan, kg/cm ²	23 ± 0,39
6	Warna kulit, L.a.b system	hijau kekuningan (72,23; - 0,88; dan 34,72)

Hasil uji menunjukkan suhu rata-rata media (T_{mr}) 48°C tercapai mulai menit ke 90, sementara suhu target pusat buah rata-rata (T_{br}) 47,0°C tercapai pada sekitar menit ke 130 dalam kondisi kelembaban media di ruang bahan (RH) >90% (Gambar 3), artinya unit perlakuan panas ini dalam kapasitas penuh telah menunjukkan kinerja sesuai spesifikasi teknis.



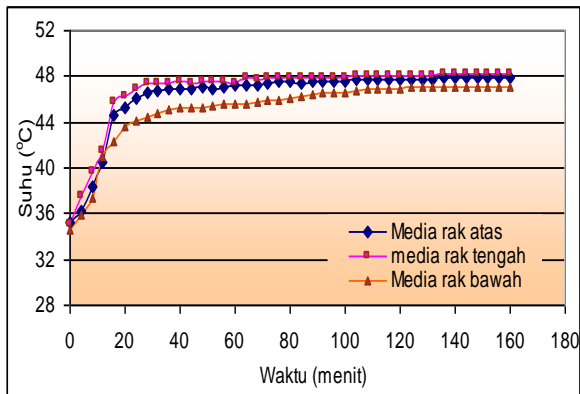
Gambar 3. Profil suhu media, pusat buah, dinding dan suhu lingkungan.

Peningkatan suhu pusat buah hingga akhir proses menunjukkan adanya variasi antara buah pada rak atas, tengah dan bawah, seperti ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 4. Profil suhu pusat buah pada proses VHT.

Dari gambar tersebut, tampak bahwa buah pada rak bawah mengalami peningkatan suhu paling lambat dibandingkan dengan buah pada rak atas maupun rak tengah. Hal ini ternyata berkaitan dengan kualitas media pada bagian tersebut, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Profil suhu media pada proses VHT

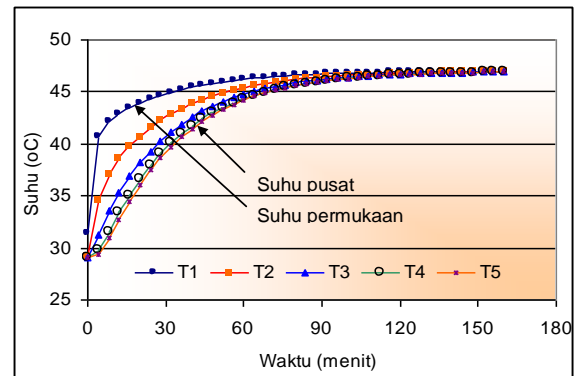
Media pada rak bawah mengalami peningkatan paling lambat dan tidak berhasil mencapai suhu target 48°C, sehingga kemampuan media memanaskan buahpun menjadi berkurang. Hal ini terjadi kemungkinan disebabkan oleh daya hembus kipas atau pola sirkulasi media yang tidak seragam.

Penentuan waktu optimal perlakuan menjadi sulit dengan adanya variasi suhu pusat buah, maka untuk analisis selanjutnya waktu optimal perlakuan ditetapkan berdasarkan nilai rata-rata suhu pusat buah keseluruhan dengan ketentuan, yakni suhu media minus satu derajat dan suhu pusat buah tersebut telah stabil.

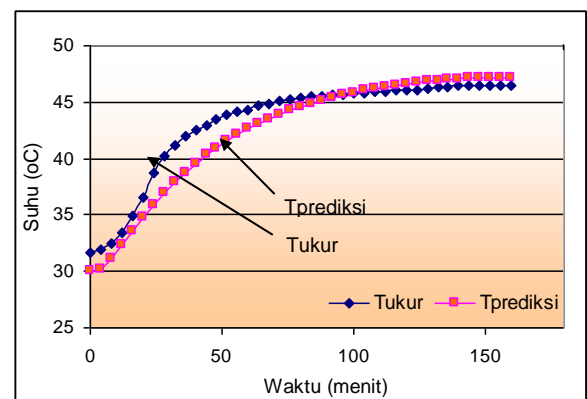
Dari percobaan diketahui bahwa suhu target pusat buah dicapai pada menit ke 128, 136 dan 140 untuk percobaan 1, 2 dan 3 atau rata-rata 134,6 menit.

Sebagai pembandingan dilakukan pendugaan suhu pusat buah dengan cara simulasi model matematika metode beda hingga (*finite difference*) yang hasilnya seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

Dengan menggunakan data input yang sama, diperoleh waktu prediksi pencapaian suhu target pusat buah yakni pada menit ke 132,6. Selanjutnya dari hasil kedua cara tersebut diperoleh hubungan dengan koefisien determinasi R^2 0,9550 (Gambar 7).



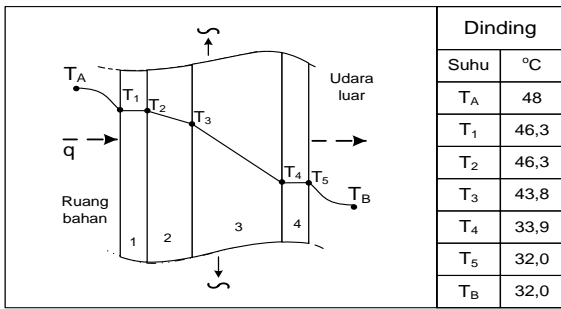
Gambar 6. Profil suhu prediksi sampel selama proses VHT.



Gambar 7. Profil suhu pusat buah terukur dan hasil prediksi.

Analisis Energi

Dari percobaan diperoleh hasil seperti ditunjukkan pada Gambar 8 dan Tabel 2.



Gambar 8. Sebaran suhu dinding hasil simulasi

Perambatan kalor pada dinding ruang bahan yang terdiri dari 4 lapis bahan yang berbeda selama proses menunjukkan sistem isolasi yang efektif, sehingga mampu menahan kehilangan energi melalui dinding.

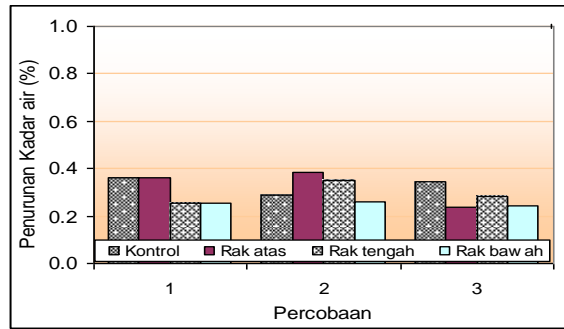
Tabel 2. Hasil analisis penggunaan energi pada proses VHT

Keterangan	Energi (kg)
Energi untuk perlakuan bahan, Q1	1076,646
- Pemanasan I	737,926
- Pemanasan II	253,426
- Penguapan air bahan	85,290
Energi yang hilang, Q2	13996,345
- Melalui dinding	85,762
- Melalui saluran keluar	13910,583
Kebutuhan total, QT = Q1 + Q2	15072,991
Energi tersedia, Qs	16820,314
Energi yang digunakan sistem, Qsis	18088,323

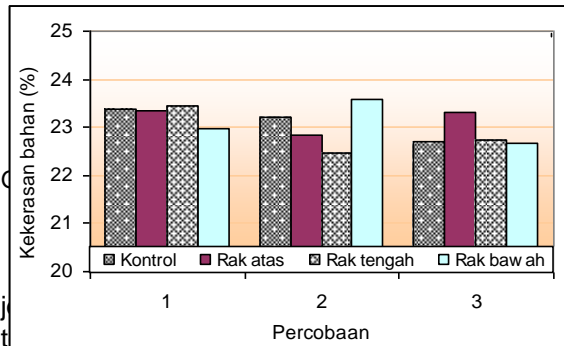
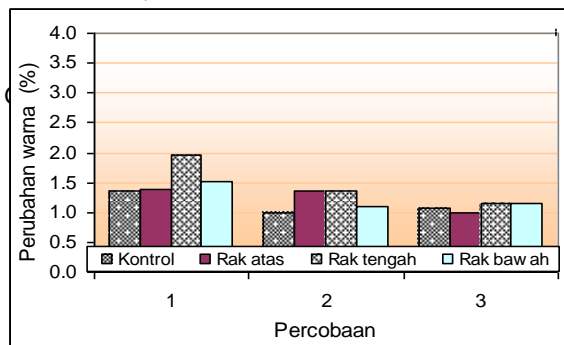
Dari hasil tersebut, kebutuhan energi untuk memanaskan bahan ternyata sedikit sekali dibanding dengan kebutuhan energi total, sehingga terkesan sistem ini tidak efisien dalam penggunaan energi, yakni 6,40% dan 83,33% masing-masing untuk efisiensi penggunaan energi untuk pemanasan bahan uji dan penggunaan energi oleh sistem. Sebagian besar energi media setelah melalui saluran pengeluaran diserap oleh *refrigerant* pada evaporator untuk menghasilkan udara dingin yang jenuh yang akan dicampur kembali dengan uap sebagai media pemanas yang diperlukan.

Analisis mutu

Berdasarkan analisis laboratorium terhadap sampel, diketahui terjadi perubahan mutu seperti ditunjukkan pada Gambar 9, 10, dan Gambar 11. Dari hasil tersebut, tampak bahwa rata-rata penurunan kadar air, kekerasan bahan dan kecerahan warna kulit sampel relatif tidak menunjukkan perbedaan yang tegas.



Gambar 9 . Kurva penurunan kadar air bahan



panen, diantaranya *Acremonium strictum*, *Cladosporium cladosporioides* dan *Gloeosporium fructigenum* dengan populasi rata-rata 8218, 3527 dan 448 koloni per gram bahan basah. Pengamatan selanjutnya diketahui bahwa disinfestasi hama penyakit metode VHT yang dilakukan ini sangat efektif mengendalikan cendawan pada sampel. Efektivitas disinfestasi dari percobaan ini mencapai 95,8-100%.



Penelitian ini menitikberatkan pada aspek teknis alat, sehingga tidak melakukan pengamatan terhadap kualitas buah hasil uji pada periode penyimpanan. Pengamatan terhadap busuk buah dilakukan terbatas pada penampakan permukaan. Dari pengamatan sampel sampai dengan hari ke 20, pada sampel kontrol maupun sampel dengan perlakuan VHT tidak dijumpai pembusukan pada permukaan buah akibat perlakuan panas (*heat injury*).

KESIMPULAN

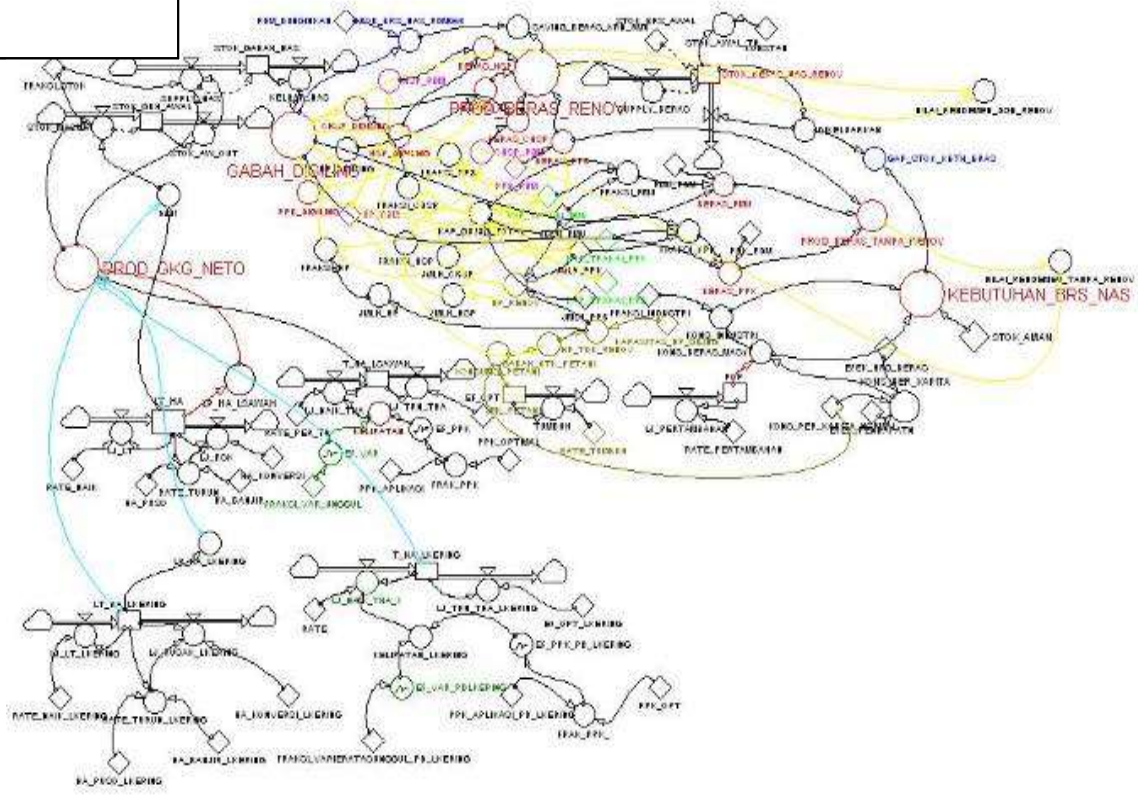
Rancangan unit VHT secara fungsional maupun struktural teruji cukup baik. Hal ini dibuktikan dengan tercapainya kondisi optimal perlakuan dan efektifitas penurunan populasi cendawan yang mencapai 95,8-100%. Unit VHT skala laboratorium ini membutuhkan energi listrik cukup besar mencapai 15,1 MJ untuk satu kali operasi, sebagian besar energi dibutuhkan dalam menghasilkan kondisi optimal di dalam ruang bahan (48°C, RH >90%).

Buah apel 'manalagi' toleran terhadap suhu perlakuan selama proses tanpa kerusakan fisik (*heat injury*), disamping itu mutu buah hasil perlakuan relatif tidak berubah dilihat dari perubahan kadar air, kekerasan bahan dan perubahan indeks kecerahan warna kulit. Waktu optimal perlakuan terukur mendekati waktu prediksi secara matematis, yaitu 132,6 menit. Dari kedua metode tersebut diperoleh hubungan dengan nilai koefisien determinasi mendekati 1. Perbedaan suhu pusat buah antar rak pada akhir proses sebesar 1,0-1,5°C, kemungkinan disebabkan oleh kualitas media akibat pola sirkulasi media dalam ruang bahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim¹, 1996. *Vapor Heat Disinfestation Test (Textbook for Technicians)*, Japan Fumigation Technology Association, JICA, Okinawa.
- Anonim², 2000. *Modernisasi Pertanian untuk Peningkatan Efisiensi & Produktivitas menuju Pertanian Berkelanjutan*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian AE-2000. Bogor, 11-12 Juli 2000. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Armstrong J. W. and H.M Couey, 1994. *Fruit Disinfestation*. J. Economic Entomology (9) 411-424.

- Badan Pusat Statistik, 2002. *Indikator Ekonomi*. Buletin Statistik, Nop. 2002 (1201) Jakarta.
- Fellows P., 2001. *Food Processing Technology – Principles and Practice*. CRC Press.
- Heldman D.R. and R.P Singh., 1980. *Food Process Engineering. Second Edition*. The AVI Publishing Co. Inc. Westport, Connecticut.
- Nainggolan K., 2005. *Strategi Pembangunan Masa Depan untuk Menjamin Ketahanan Pangan*. Badan Ketahanan Pangan Departemen Pertanian, Jakarta 4 Agustus 2005.
- Lurie S., 1998. *Postharvest Heat Treatments*. J. Postharvest Biology and Technology 14 (1998) 257-269 Elsevier Science Publishers.
- Paul R. E., 1999. *Effect of Temperature and Relative Humidity on Fresh Commodity Quality*. J. Postharvest Biology and Technology 15 (1999) 263-277. Elsevier Science Publishers.
- Singh R.P., and D.R.Heldman 2001. *Introduction to Food Engineering*. Academic Press.
- Rokhani H., S. Kawasaki, T. Kojima and T. Akinaga, 2001. *Effect of Heat Treatments on Respiration and Quality of 'Irwin' Mango*. J.The Society of Agricultural Structures. Vol 9. 32 (2):5-11, Japan.
- Williamson M, 2002. *Heat Treatments (Hot-Water Immersion, High Temperature Forced Air, Vapor Heat) As Alternative Quarantine Control Technologies for Perishable Commodities*. <http://www.epa.gov/spdpublic/mbr/casestu/dies/volume2/heatcom2.htm>.



Spesifikasi teknis unit perlakuan panas metode VHT

Nama mesin	:	Unit perlakuan panas metode uap panas (<i>A constant temperature and humidity chamber</i>)
Merek/model	:	GAL – 60 ML
Dimensi (p x l x t)	:	
• Keseluruhan	:	1150 x 860 x 1450 mm
• Ruang bahan	:	600 x 500 x 600 mm
Sumber daya	:	3□ 220V / 50 Hz / 5 kVA
Bobot	:	86 kg
Unjuk kerja	:	- Suhu : suhu lingkungan – 50°C - RH : 60 – 95% - Media : Campuran uap air – udara
Pembangkit Uap	:	Tangki air dengan pemanas elektrik
• Tangki air	:	184 x 120 x 264 mm; <i>stainless steel</i> 2,0 mm
• Pemanas	:	<i>electric heater</i> 1000W/220VAC
Penghembus	:	Kipas diameter 200 x 100 mm (di tengah <i>plenum</i>)
• Kipas	:	Sentrifugal, sudu lengkung ke depan, 90W/1400rpm
• Plenum	:	500 x 150 x 220 mm
Kompresor	:	1p 400W/110VAC / 50/60 Hz Refrigerant R-12, 1,2 kg/cm ² Kipas aksial, 1200 rpm, 125W/220VAC
Dinding	:	<i>Stainless steel</i> 1,2 mm, <i>glasswool</i> 20 mm, <i>polystyrene foam</i> 60 mm dan besi plat 1,2 mm
Sistem suplai air	:	Tangki utama, kran, <i>filter</i> (resin A – K) dan <i>magnetic valve</i>
Sistem otomatis	:	- Saklar utama (Fuji electric 30A-3P (30mA-2,5kA) - Saklar overheat RKC (PT-100Ω , 0 – 100°C PN 4A 1R-M) - Pengatur suhu RKC C1000 (PT-100Ω , 0 – 100°C) – <i>wet bulb</i> RKMNR 2000 (0-200°C, 220V/50 Hz) – <i>dry bulb</i>
Sistem pendingin	:	ventilasi dinding
Rangka	:	Besi profil L.4.40.40