

# jTEP

## JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 5, No.2, Agustus 2017



Publikasi Resmi  
**Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia**  
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)  
bekerjasama dengan  
**Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA**  
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. Mulai edisi ini redaksi memandang perlu untuk meningkatkan nomor penerbitan dari dua menjadi tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember berisi 12 naskah untuk setiap nomornya. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi masa tunggu dengan tidak menurunkan kualitas naskah yang dipublikasikan. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain: teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam *invited paper* yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, *review* perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, *technical paper* hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta *research methodology* berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

**Penanggungjawab:**

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia  
Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

**Dewan Redaksi:**

Ketua : Wawan Hermawan (Scopus ID: 6602716827, Institut Pertanian Bogor)  
Anggota : Asep Sapei (Institut Pertanian Bogor)  
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, Institut Pertanian Bogor)  
Daniel Saputra (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya - Palembang)  
Bambang Purwantana (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)  
Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, Institut Pertanian Bogor)  
Muhammad Faiz Syuaib (Scopus ID: 55368844900, Institut Pertanian Bogor)  
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin - Makassar)  
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana - Bali)

**Redaksi Pelaksana:**

Ketua : Rokhani Hasbullah (Scopus ID: 55782905900, Institut Pertanian Bogor)  
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, Institut Pertanian Bogor)  
Bendahara : Hanim Zuhrotul Amanah (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)  
Anggota : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, Institut Pertanian Bogor)  
Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, Institut Pertanian Bogor)  
Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, Institut Pertanian Bogor)  
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, Institut Pertanian Bogor)  
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, Institut Pertanian Bogor)  
Administrasi : Diana Nursolehat (Institut Pertanian Bogor)

**Penerbit:** Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

**Alamat:** Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680.  
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,  
E-mail: [jtep@ipb.ac.id](mailto:jtep@ipb.ac.id) atau [jurnaltep@yahoo.com](mailto:jurnaltep@yahoo.com)  
Website: [web.ipb.ac.id/~jtep](http://web.ipb.ac.id/~jtep) atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

**Rekening:** BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

**Percetakan:** PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

---

## Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah (me-review) Naskah pada penerbitan Vol. 5 No. 2 Agustus 2017. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof. Dr. Ir. Kamaruddin Abdullah, IPU. (Fakultas Teknologi Kelautan, Universitas Darma Persada), Dr. Yudi Chadirin, STP.,M.Agr (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Edward Saleh, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Dr. Ir. Yandra Arkeman, M.Eng (Departemen Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Ir. Agus Buono, MSi, MKom (Departemen Ilmu Komputer, Institut Pertanian Bogor), Dr. Ery Suhartanto, ST.,MT (Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya), Prof.Dr.Ir.Hj. Nurpilihan Bafdal, MSc (Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran), Dr.Ir. Satyanto Krido Saptomo, STP.,M. Si (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Yohanes Aris Purwanto, M.Sc (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Lilik Pujantoro Eko Nugroho, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Thamrin Latief, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Asri Widyasanti, STP.,M.Eng (Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran), Prof.Dr.Ir. Daniel Saputra, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Dr.Ir. I Dewa Made Subrata, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. I Made Anom Sutrisna Wijaya, M.App., Sc., Ph.D. (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Udayana), Dr.Ir. I Wayan Budiastara, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Kurniawan Yuniarto, STP.,MP (Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram), Dr.Ir. Sugiarto, MSi (Departemen Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Dyah Wulandani, M.Si Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Leopold Oscar Nelwan, MSi (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor).

---

*Technical Paper*

## **Rancangan Kemasan dan Aplikasi *Ice gel* untuk Transportasi Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*)**

### *Package Design and Ice gel Application for Oyster Mushroom Transportation*

Mila Siti Amalia, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor,  
Email: [ipbengineer06amalia@gmail.com](mailto:ipbengineer06amalia@gmail.com)

Emmy Darmawati, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor,  
Email: [darmawatihandono@gmail.com](mailto:darmawatihandono@gmail.com)

Leopold Oscar Nelwan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor,  
Email: [lonelwan@yahoo.com](mailto:lonelwan@yahoo.com)

### **Abstract**

*The high ambient temperatures at the oyster mushrooms distribution will accelerate deterioration. Ice gel can be used to lower the mushrooms temperature during transport, so that the mushrooms quality can be maintained. This research was aimed to design the packages, determine the ice gel need, and decreased the oyster mushroom temperature up to 15 °C by applying ice gel. The research treatments were giving ice gel (G): without an ice gel (G0), the ice gel formation 1 (G1) placed the ice gel vertically between every partition on the mushroom retail package and the ice gel formation 2 (G2) placed two ice gel on the top of the package horizontally and an ice gel at the side of the package vertically; and plastic PP perforation treatment: 0.1 % (P1) and 0.3 % (P2) of package area. The result was the 50 x 40 x 24 cm corrugated cardboard dimension had been designed for 3 kg of mushroom and 2.52 kg ice gel could be used with the expectation to lower the mushrooms temperature up to 15 °C for 2.5 hours. The ice gel formation 2 with perforated 0.3 % and 0.1 % could decrease mushroom temperature at the top part, up to 11 °C and 12.2 °C. While, the rate of mushroom temperature in the package were 16.9 °C and 17.1°C during 2.5 hours.*

**Keywords:** *cardboard package, ice gel, oyster mushroom, perforated plastic*

### **Abstrak**

Suhu lingkungan yang tinggi saat distribusi jamur tiram akan mempercepat penurunan mutu. *Ice gel* dapat digunakan untuk menurunkan suhu jamur selama transportasi sehingga kualitas jamur dapat dipertahankan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang kemasan, menentukan kebutuhan *ice gel* dan menurunkan suhu jamur tiram hingga 15 °C saat transportasi dengan aplikasi *ice gel*. Perlakuan yang diberikan adalah pemberian *ice gel* (G): tanpa *ice gel* (G0), *ice gel* susunan 1 yaitu diletakkan secara vertikal antara masing-masing sekat pada kemasan ritel jamur (G1) dan *ice gel* susunan 2 yaitu 2 buah *ice gel* diletakkan secara horizontal dibagian atas kemasan dan 1 buah *ice gel* secara vertikal pada sisi kemasan (G2). Perlakuan perforasi (P) pada plastik PP: 0.1 % (P1) dan 0.3 % (P2) dari luas kemasan. Hasil penelitian ini adalah kemasan berbahan karton gelombang dengan dimensi 50 cm x 40 cm 24 cm yang telah dirancang untuk wadah 3 kg jamur dan 2.52 kg *ice gel* dapat digunakan dengan harapan dapat menurunkan suhu jamur hingga 15 °C selama 2.5 jam. Posisi *ice gel* susunan 2 dengan perforasi plastik 0.3 % dan 0.1 % dapat menurunkan suhu jamur bagian atas masing-masing hingga 11 °C dan 12.2 °C, sedangkan rata-rata suhu jamur dalam kemasan adalah 16.9 dan 17.1 selama 2.5 jam.

**Kata kunci:** *ice gel, jamur tiram, kemasan karton, plastik perforasi*

*Diterima: 8 Juni 2016; Disetujui: 15 Agustus 2016*

## Latar Belakang

Jamur tiram merupakan salah satu jamur pangan yang memiliki nutrisi yang cukup tinggi dan telah banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia. Upaya pemenuhan konsumsi tersebut terkendala dengan sifat jamur tiram yang daya tahan pascapanennya rendah atau mudah rusak (*perishable*). Setelah pemanenan, pengemasan jamur tiram umumnya dilakukan pada siang hari. Jamur yang telah dikemas plastik polipropilen (PP) per 5 kg atau per 3 kg akan diambil oleh pengumpul sekitar pukul 13.00 atau 14.00, kemudian didistribusikan ke pasar tradisional ataupun modern dalam waktu sekitar 2 sampai 3 jam.

Suhu lingkungan yang tinggi saat transportasi akan meningkatkan laju respirasi dan penurunan mutu jamur. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menurunkan suhu jamur. Suhu yang cukup rendah dibutuhkan untuk mempertahankan suhu selama transportasi. Menurut Camelo (2004), suhu yang biasa digunakan untuk menyimpan sayur dan buah berkisar 15 °C. Penurunan suhu dapat dilakukan dengan menggunakan *ice gel*, yaitu bahan media dingin yang potensial untuk dikembangkan pada kemasan transportasi komoditas pertanian yang umumnya terbuat dari *propylene glycol* dan senyawa selulosa (Lu et al. 2015). *Ice gel* bersifat *reusable* (pakai ulang) yaitu dapat dibekukan kembali ketika *ice gel* berubah bentuk menjadi cair sehingga dapat digunakan berulang.

Penelitian aplikasi *ice gel* untuk transportasi jamur tiram telah dilakukan oleh Nurkusumaprama (2014), yaitu *ice gel* sebanyak 3 kg yang diaplikasikan dalam box *styrofoam* dapat menurunkan suhu jamur hingga 15 °C dan mempertahankannya selama 2 jam, namun penurunan suhu tersebut membutuhkan waktu selama 6 jam. Karakteristik *Styrofoam* yang kadang menyebabkan uap air dan senyawa volatil yang dihasilkan terperangkap dan diserap kembali oleh jamur, sehingga jamur tiram berair dan muncul aroma yang tidak dikehendaki.

Fatima (2013) melakukan penelitian pengaplikasian *ice gel* pada sawi hijau dalam kemasan keranjang plastik dengan dua susunan penempatan *ice gel*. Susunan *ice gel* yang lebih dekat posisinya ke sawi dapat mencapai suhu sawi yang lebih rendah dan mempertahankannya dalam waktu yang cukup lama. Namun dengan kemasan ini, *ice gel* banyak terpengaruh suhu luar sehingga mudah mencair.

Perbaikan kombinasi kemasan yang tepat untuk mengaplikasikan *ice gel* pada jamur tiram dibutuhkan sehingga kualitas komoditas di dalamnya dapat dipertahankan. Perbaikan tersebut adalah dengan menggunakan karton berventilasi sebagai kemasan sekunder pengganti *styrofoam* dan jamur dikemas dalam bentuk kemasan ritel dalam plastik *polypropilene* (PP) per 250 g untuk mengkonidiskan

produk siap jual sehingga mengurangi kerusakan karena bongkar-muat yang berulang. Pemberian perforasi pada kemasan PP dilakukan untuk mengurangi terbentuknya butiran air di permukaan kemasan yang berpotensi untuk diserap kembali oleh jamur sehingga permukaan jamur basah dan akan menyebabkan kerusakan yang lebih cepat. Selain itu perbaikan posisi *ice gel* sebagai media pendingin yang diletakkan pada posisi tertentu diharapkan mampu menurunkan suhu selama masa transportasi dan menjaga kualitas jamur tiram. Dengan demikian penelitian ini bertujuan untuk merancang kemasan, menentukan kebutuhan *ice gel*, dan mengaplikasikannya pada jamur tiram agar suhu jamur tiram turun hingga berkisar 15 °C.

## Bahan dan metode

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jamur tiram yang berasal dari daerah Gadog, Bogor, *ice gel* didapat dari CV Kreasi Jaya Bekasi, karton bergelombang sebagai bahan pembuat kemasan, dan plastik PP. Alat-alat yang digunakan, yaitu timbangan digital, *freezer*, *hybrid recorder*, *thermocouple* dan *cosmotector*.

### Penentuan karakteristik *ice gel* dan jamur tiram

*Ice gel* yang digunakan adalah *ice gel* hasil kemas ulang (*repack*). Karakteristik *ice gel* diketahui dengan memasang *thermocouple* pada *ice gel*. *Ice gel* dibekukan dalam *freezer* kemudian dicairkan kembali dalam suhu ruang. Data suhu beku dan leleh dapat dilihat pada *hybrid recorder*.

Pengukuran laju respirasi jamur tiram ( $R$ ) dilakukan untuk mengetahui nilai dari panas respirasi jamur. Jamur tiram sebanyak 0.25 kg ( $W$ ) dimasukkan ke dalam toples tertutup rapat yang diketahui volume bebasnya ( $V$ ) dan disimpan pada suhu ruang. Pengukuran laju respirasi menggunakan Persamaan 1 dimana  $dx/dt$  merupakan laju perubahan konsentrasi  $CO_2$  (%  $jam^{-1}$ ).

$$R (ml\ kg^{-1}\ jam^{-1}) = \frac{V}{W} \times \frac{dx}{dt} \quad (1)$$

### Perancangan kemasan

Massa jamur tiram dalam satu kemasan karton adalah 3 kg. Jamur tiram dikemas dengan kemasan ritel per 250 gram dengan menggunakan plastik PP perforasi sebesar 0.1 % dan 0.3 % dari luas permukaan. Dimensi kemasan karton dihitung berdasarkan Persamaan 2, 3, dan 4.

$$PK = TPPI + TTIG(1) + TTDO + T \quad (2)$$

$$LK = TLPI + TTIG(2) + TTDO + T \quad (3)$$

$$TK = TPPI + TTIG(2) + TTDO + T \quad (4)$$

Dimana:  $PK$  : Panjang kemasan (cm)

*LK* : Lebar kemasan (cm)  
*TK* : Tinggi kemasan (cm)  
*TPPI* : Total panjang kemasan plastik yang telah diisi jamur (cm)  
*TLPI* : Total lebar kemasan plastik yang telah diisi jamur (cm)  
*TTPI* : Total tinggi kemasan plastik yang telah diisi jamur (cm)  
*TTIG(1)* : Total tebal lempengan *ice gel* dengan susunan 1 (cm)  
*TTIG(2)* : Total tebal lempengan *ice gel* dengan susunan 2 (cm)  
*TTDO* : Total tebal dinding vertikal outer (cm)  
*T* : Tekukan (cm)

Ventilasi kemasan karton dihitung berdasarkan Persamaan 5, 6, 7, dan 8.

$$LA = 2(p \times l) + 2(p \times t) + 2(l \times t) \quad (5)$$

$$TLV = 1\% \times LA \quad (6)$$

$$LV = TLV / 6 \quad (7)$$

$$LV = \text{Luas oval} = (p' \times l') + (\pi r^2) \quad (8)$$

Dimana: *LA* : Total luas dinding kemasan karton (cm<sup>2</sup>)

*p* : Panjang kemasan karton (cm)  
*l* : Lebar kemasan karton (cm)  
*t* : Tinggi kemasan karton (cm)  
*TLV* : Total luas ventilasi (cm<sup>2</sup>)  
*LV* : Luas tiap lubang ventilasi (cm<sup>2</sup>)  
*p'* : Panjang ventilasi (cm)  
*l'* : Lebar ventilasi (cm)  
*r* : Jari-jari ventilasi (cm)

### Penentuan kebutuhan *ice gel* dalam kemasan

Kebutuhan *ice gel* dihitung berdasarkan banyaknya beban panas yang harus dihilangkan dari kemasan, ventilasi kemasan, jamur, dan respirasi jamur. Panas kemasan dihitung berdasarkan Persamaan 9.

$$Q_{\text{dinding Kemasan}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{h} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h}\right)} A (T_a - T_r) \quad (9)$$

Dimana: *Q* : Beban kebocoran panas melalui dinding kemasan (W)  
*hi* : Koefisien pindah panas sisi dalam kemasan (W m<sup>-2</sup> °C<sup>-1</sup>)  
*ho* : Koefisien pindah panas sisi luar kemasan (W m<sup>-2</sup> °C<sup>-1</sup>)  
*k* : Konduktifitas kemasan (W m<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>)  
*T<sub>a</sub>* : Suhu lingkungan (°C)  
*T<sub>r</sub>* : Suhu yang ingin dicapai (°C)  
*x* : Tebal kemasan (m)  
*A* : Luas Permukaan (m<sup>2</sup>)

Perhitungan beban panas jamur dilakukan menggunakan Persamaan 10.

$$Q_{\text{jamur}} = m \times C_p \times (T_a - T_r) \quad (10)$$

Dimana: *Q* : Beban panas jamur (kJ)  
*m* : Massa jamur (kg)  
*C<sub>p</sub>* : Panas spesifik jamur (J kg<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>)  
*T<sub>a</sub>* : Suhu awal (°C)  
*T<sub>r</sub>* : Suhu jamur yang ingin dicapai (°C)

Pendugaan panas akibat respirasi menggunakan Persamaan 11.

$$Q_{\text{respirasi}} = \frac{R \times \rho \times 1000 \text{ mg} \times 61.2 \times 4.186 \frac{\text{kJ}}{\text{kcal}} \times m}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{Ton}} \times 86400 \frac{\text{det}}{\text{hari}}} \quad (11)$$

Dimana: *Q* : Beban panas akibat respirasi (W)  
*m* : Massa produk (kg)  
*ρ* : Massa jenis gas CO<sub>2</sub> (g ml<sup>-1</sup>)  
*R* : Laju respirasi (ml kg<sup>-1</sup> jam<sup>-1</sup>)

Perhitungan beban panas akibat ventilasi dapat menggunakan Persamaan 12, 13, dan 14.

$$q = C_v \times A \times V \quad (12)$$

Dimana: *q* : Laju aliran udara (m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>)  
*C<sub>v</sub>* : *Effectiveness* dari bukaan (0.5 ~ 0.6 untuk angin yang tegak lurus)  
*A* : Luas ventilasi (m<sup>2</sup>)  
*V* : Kecepatan angin (m detik<sup>-1</sup>)

$$Q_{\text{ven sensibel}} = 1.10 \times q \times (T_o - T_i) \quad (13)$$

Dimana: *Q<sub>ven sensibel</sub>* : Beban panas sensibel (Btu hr<sup>-1</sup>)  
 1.10 : Faktor kali untuk beban panas sensible  
*q* : Laju aliran udara (cfm)  
*T<sub>o</sub>* : Suhu udara luar (°F)  
*T<sub>i</sub>* : Suhu udara ruangan (°F)

$$Q_{\text{ven laten}} = 4840 \times q \times (W_o - W_i) \quad (14)$$

Dimana: *Q<sub>ven Laten</sub>* : Beban panas laten (Btu hr<sup>-1</sup>)  
 4840 : Faktor kali untuk beban panas laten  
*Cfm* : Jumlah udara (cfm)  
*W<sub>o</sub>* : *Humidity ratio* udara luar (lb lb<sup>-1</sup>)  
*W<sub>i</sub>* : *Humidity ratio* udara ruangan (lb lb<sup>-1</sup>)

Perhitungan kemampuan *ice gel* dalam menyerap panas dilakukan menggunakan Persamaan 15 dan 16.

Tabel 1. Koordinat penempatan thermocouple dalam kemasan

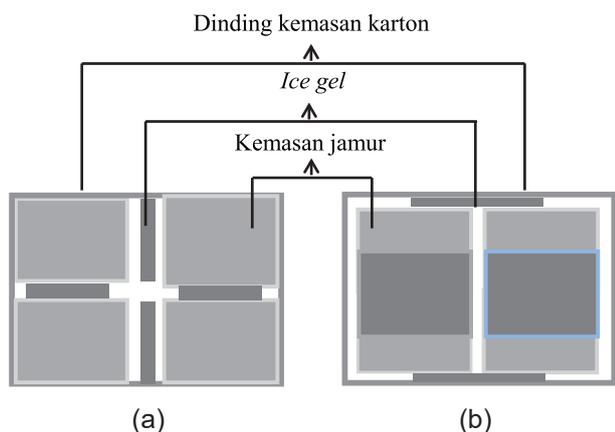
Titik	Sumbu (cm)			Titik	Sumbu (cm)		
	x	y	z		x	y	z
T1	8.75	33	18	T5	17.5	14	6
T2	8.75	7	18	T6	17.5	26	6
T3	41.25	33	18	T7	32.5	26	6
T4	41.25	7	18	T8	32.5	14	6

$$Q_{ice\ gel\ (sensibel)} = m \times C_p \times (T_a - T_r) \tag{15}$$

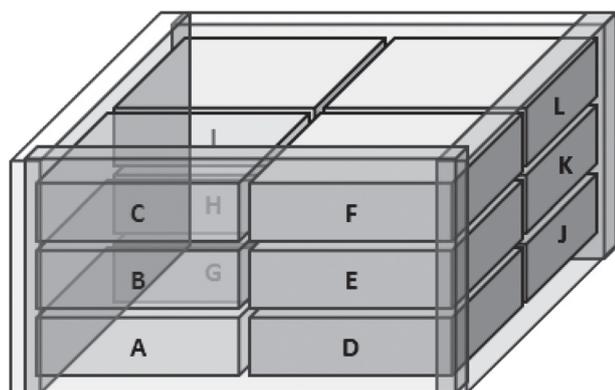
Dimana: Q : Beban *ice gel* (kJ)  
 m : Massa *ice gel* (kg)  
 C<sub>p</sub> : Panas spesifik *ice gel* (J kg<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>)  
 T<sub>a</sub> : Suhu awal (°C)  
 T<sub>r</sub> : Suhu yang ingin dicapai (°C)

$$Q_{ice\ gel\ (laten)} = m \times L \tag{16}$$

Dimana: m : Massa *ice gel* (kg)  
 L : Kalor lebur (J kg<sup>-1</sup>)



Gambar 1. Susunan peletakan *ice gel* dalam kemasan karton (a) Susunan 1 (tampak atas), (b) susunan 2 (tampak atas).



Gambar 2. Peletakkan *thermocouple* pada jamur tiram dalam plastik

### Pengukuran sebaran suhu ruang dalam kemasan tanpa beban dan suhu jamur tiram dalam kemasan

Pengukuran sebaran suhu dalam kemasan tanpa beban dilakukan untuk mengetahui suhu terendah yang dapat dicapai oleh *ice gel* dalam kemasan tanpa jamur. *Thermocouple* ditempatkan sesuai koordinat pada Tabel 1.

Perlakuan yang diberikan pada jamur adalah pemberian *ice gel* yaitu tanpa *ice gel* (G0), *ice gel* susunan 1 (G1), *ice gel* susunan 2 (G2) dan perforasi kemasan plastik yaitu 0,1 % (P1) dan 0.3 % (P2). Susunan *ice gel* dalam kemasan karton dapat dilihat pada Gambar 1. Pengukuran sebaran suhu jamur dalam kemasan dilakukan dengan menempatkan *thermocouple* pada bagian batang jamur dengan tiga titik pemasangan *thermocouple* dalam kemasan yaitu pada kemasan F (atas), J (bawah) dan H (tengah). Titik *thermocouple* dan penyusunan ritel jamur dapat dilihat pada Gambar 2.

### Hasil dan Pembahasan

#### Perancangan kemasan dan penentuan kebutuhan *ice gel*

Kemasan dingin saat transportasi dirancang untuk dapat menurunkan suhu jamur tiram 27 °C hingga kisaran 15 °C. Penurunan suhu tersebut didapat dari pengaplikasian *ice gel* dalam jumlah dan posisi yang telah ditentukan. Waktu yang dirancang untuk menjaga suhu tetap rendah selama transportasi dipilih berdasarkan waktu tempuh dari rumah jamur ke tempat penjualan yang umumnya dilakukan oleh para pengumpul yaitu 2.5 jam.

Kemasan karton berventilasi sebagai kemasan sekunder dengan tipe RSC dan dilapisi lilin di bagian dalam dirancang untuk pengaplikasian *ice gel* pada jamur tiram. Dimensi kemasan karton yang telah disesuaikan dengan ukuran kemasan menurut *Modularization, Unitization, and Metrication* (MUM) adalah 50 cm x 40 cm x 24 cm. Jumlah ventilasi oval pada kemasan karton sebanyak 6 lubang dengan masing-masing lubang sebesar 13.87 cm<sup>2</sup>. Dua lubang berada pada 2 sisi bagian lebar yang berfungsi pula sebagai pegangan saat kemasan diangkat, dan empat lubang pada 2 sisi bagian panjang. Kemasan ini mampu menampung 3 kg jamur tiram dan *ice gel*.

Dimensi kemasan plastik PP sebagai kemasan primer yang digunakan untuk mengemas jamur secara retail sebanyak 250 gr/kemasan adalah 18 cm x 30 cm x 0.3 cm. Perforasi yang digunakan adalah 0.1% dan 0.3% dari luas permukaan kemasan plastik yaitu jumlah masing-masing 6 dan 14 lubang.

Tahap selanjutnya adalah penentuan kebutuhan *ice gel* yang dipengaruhi oleh besarnya beban panas dari kemasan, ventilasi kemasan, jamur tiram

dan respirasi jamur tiram. Besarnya panas yang dapat menembus dinding kemasan dipengaruhi oleh konduktivitas panas kemasan dan koefisien pindah panas udara. Konduktivitas panas kemasan karton adalah  $0.078 \text{ W m}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  dan koefisien pindah panas udara adalah  $3.8827 \text{ W m}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ , sehingga berdasarkan Persamaan 9 panas kemasan karton yang dihasilkan sebesar  $19.64 \text{ W}$ . Kemasan karton diberi ventilasi sebesar 1% dari total luas permukaan kemasan. Berdasarkan Persamaan 13 dan 14 panas ventilasi adalah sebesar  $42.61 \text{ W}$ .

Jamur tiram pun menghasilkan beban panas dari adanya panas spesifik dan laju respirasi jamur. Dengan panas spesifik sebesar  $3400 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  (ASHRAE 1999) maka beban panas jamur tiram berdasarkan Persamaan 10 adalah sebesar  $14.1 \text{ W}$ . Sedangkan dengan laju respirasi jamur tiram berdasarkan hasil pengukuran pada suhu ruang yang menghasilkan  $\text{CO}_2$  sebesar  $357.23 \text{ ml kg}^{-1} \text{ jam}^{-1}$ , beban respirasi jamur tiram adalah sebesar  $6.3 \text{ W}$ .

Berdasarkan hasil perhitungan total panas yang ditimbulkan oleh kemasan dan jamur, maka total beban panas yang harus diserap *ice gel* adalah  $69.8 \text{ W}$ . Kemampuan *ice gel* sebagai sumber dingin dalam menyerap panas berdasarkan panas sensibel dan panas laten adalah  $32.75 \text{ W}$ . *Ice gel* yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu dalam

kemasan didapat dari besarnya total beban panas yang dilepaskan dibagi dengan besarnya panas yang dapat diserap oleh *ice gel*. Hasil yang didapat adalah  $2.52 \text{ kg ice gel}$ . Untuk membuat lempengan *ice gel repack* maka total jumlah *ice gel* dibagi empat lempengan sesuai dengan letak susunan *ice gel*, sehingga didapat satu kemasan *repack* adalah sebesar  $0.63 \text{ kg}$ .

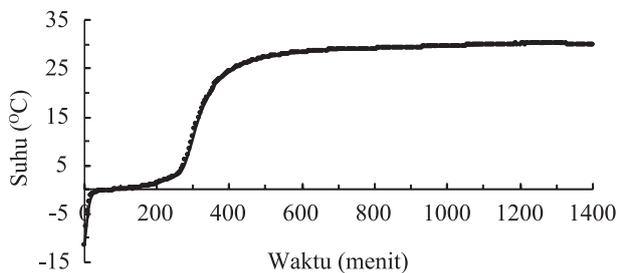
**Karakteristik Ice gel**

*Ice gel* seberat  $0.63 \text{ kg}$  per kemasan dikemas dengan dimensi  $24 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 1.3 \text{ cm}$ . Perubahan fase *ice gel* hasil *repack* dari fase padat hingga fase cair pada Gambar 3 memperlihatkan bahwa suhu beku *ice gel repack* adalah  $-11.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$  dan mencair pada titik leleh  $-0.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Suhu dibawah  $-0.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  dapat dipertahankan selama 50 menit, setelah itu *ice gel* pun mencair dan suhunya kembali meningkat. Peningkatan suhu dari  $-0.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$  berlangsung selama 5 jam. Sedangkan *ice gel* yang belum di-*repack* memiliki suhu beku  $-7 \text{ }^{\circ}\text{C}$  dan suhu leleh  $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Suhu dibawah  $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$  berlangsung selama 2 jam (Nurkusumaprama 2014). Dengan demikian *ice gel repack* lebih cepat mencair dibandingkan *ice gel* yang belum di-*repack* karena permukaan yang lebih luas dengan volume yang lebih kecil. *Ice gel repack* memiliki potensi untuk menurunkan suhu jamur lebih cepat.

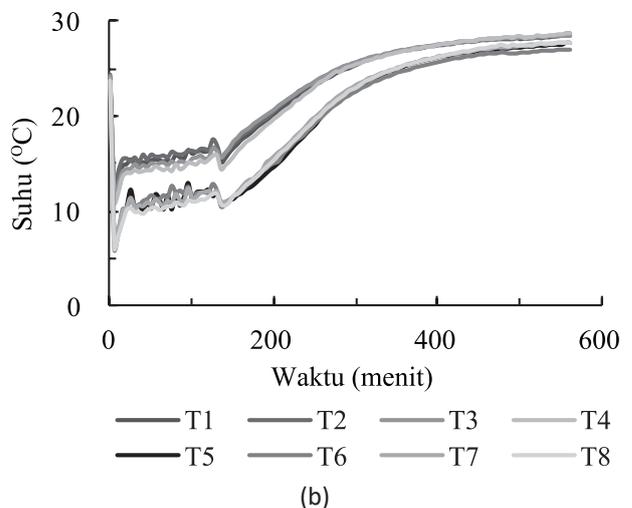
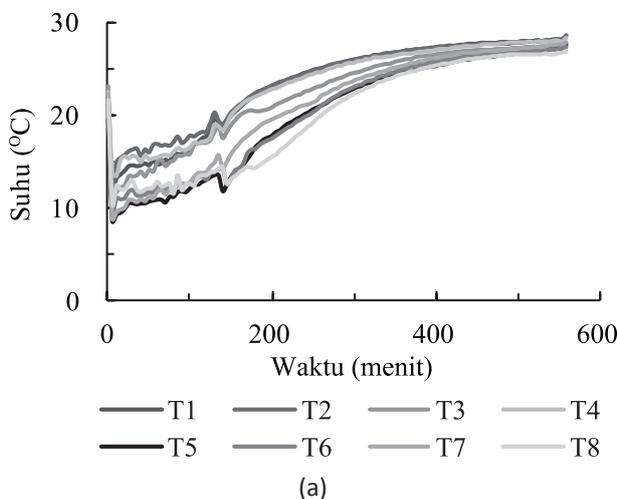
Singh *et al.* (2008) menyatakan bentuk *ice gel* sangat berperan penting dalam pendinginan produk. *Ice gel* dengan permukaan yang luas dan volume kecil akan mencair lebih cepat tetapi produk akan tetap dingin. Sedangkan *ice gel* dengan permukaan yang kecil dan volume besar, *ice gel* bertahan lebih lama, namun produk tidak akan dingin dalam waktu yang lama.

**Sebaran suhu dalam kemasan tanpa beban**

Sebaran suhu dalam kemasan tanpa beban dapat dilihat pada Gambar 4. Pola yang sama diperlihatkan oleh susunan 1 dan 2, yaitu pada bagian



Gambar 3. Perubahan suhu *ice gel* dari beku hingga mencair.



Gambar 4. Pola sebaran suhu dalam kemasan tanpa beban dengan posisi *ice gel* (a) susunan 1 dan (b) susunan 2.

tepi kemasan (T1, T2, T3, dan T4) menunjukkan suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan bagian tengah kemasan (T5, T6, T7, dan T8). Suhu bagian tepi kemasan pada susunan 1 menurun hingga 11.3 °C, sedangkan suhu bagian tengah kemasan menurun hingga 8.6 °C. Sedangkan kemasan dengan susunan 2 dapat menurunkan suhu bagian tepi kemasan hingga 10.9 °C dan tengah kemasan hingga 5.9 °C. Posisi *ice gel* dengan susunan 2 dalam kemasan tanpa beban dapat menurunkan suhu lebih rendah dibandingkan susunan 1. Suhu pada bagian tepi kemasan lebih tinggi dibandingkan dengan bagian tengah kemasan dikarenakan bagian yang terdekat dengan ventilasi kemasan lebih mudah terpengaruh dengan suhu lingkungan dibandingkan dengan bagian tengah kemasan.

Sebaran suhu rata-rata dalam kemasan tanpa beban menunjukkan penurunan suhu hingga titik terendah didapat pada 5 menit pertama dan setelah itu kembali meningkat. Suhu dibawah 15 °C dapat bertahan selama 160 menit pada susunan 2, lebih lama dibandingkan dengan susunan 1 yang hanya dapat bertahan 105 menit. Dengan demikian *ice gel* dengan susunan 2 berpotensi untuk menurunkan suhu jamur hingga 15 °C dalam 2.5 jam.

### Sebaran suhu jamur tiram dengan aplikasi *ice gel*

Selama 2.5 jam masa transportasi suhu rata-rata jamur tanpa *ice gel* dengan perforasi plastik 0.1% yang terlihat pada Gambar 5a mengalami peningkatan dari 27.5 °C hingga 29.5 °C, sedangkan dengan perforasi plastik 0.3% yang terlihat pada Gambar 5b mengalami peningkatan dari 28.9 °C hingga 31.7 °C. Peningkatan suhu jamur tersebut dikarenakan jamur tidak mendapatkan perlakuan dingin dari *ice gel*, sehingga laju respirasi jamur semakin meningkat dan panas yang dihasilkan pun meningkat. Perlakuan jamur tanpa *ice gel* dengan perforasi plastik 0.3% ataupun 0.1% mengalami pola yang sama karena sama-sama tidak mendapat perlakuan *ice gel*.

Suhu jamur tiram dengan adanya pemberian *ice gel* susunan 1 pada Gambar 5 mengalami penurunan dalam 2.5 jam. Pemberian *ice gel* dengan susunan 1 dan perforasi plastik 0.1% pada Gambar 5c mampu menurunkan suhu jamur rata-rata 28.4 °C – 18.8 °C. Bagian suhu jamur paling rendah berada pada plastik J (bawah) dengan penurunan suhu hingga 16.7 °C. Suhu jamur pada plastik H (tengah) menurun hingga 18.3 °C dan suhu jamur pada plastik F (atas) menurun hingga 21.6 °C. Pola yang sama terjadi pada jamur dengan posisi *ice gel* susunan 1 dan perforasi plastik 0.3% pada Gambar 5d, dimana terjadi penurunan suhu jamur dalam 2.5 jam dan suhu terendah berada pada jamur bagian plastik J(bawah) yaitu 16.1 °C. Suhu jamur pada plastik H (tengah) menurun hingga 17.1 °C dan suhu jamur pada plastik F (atas) menurun hingga 20.5 °C.

*Ice gel* pada perlakuan P1G1 dan P2G1 diletakkan berdasarkan susunan 1, dimana *ice gel* menjadi sekat antar jamur. *Ice gel* mengalami pencairan karena menyerap panas dari udara yang ada di dalam kemasan dan sebagian lagi menyerap panas dari jamur. Ketika panas udara dalam kemasan diserap oleh *ice gel*, maka proses pindah panas terjadi secara konveksi dan ketika sebagian permukaan *ice gel* bersentuhan langsung dengan jamur, maka pindah panas terjadi secara konduksi. Udara yang suhunya mulai menurun memiliki massa jenis yang lebih besar dibandingkan suhu udara yang lebih tinggi, sehingga udara dengan suhu yang lebih rendah akan turun ke bagian bawah dan dapat mendinginkan jamur yang berada dibagian bawah. Jamur yang telah mengalami penurunan suhu akan menyerap panas jamur yang berada dibagian atasnya sehingga terjadi pindah panas secara konduksi. Dengan demikian suhu jamur bagian bawah lebih rendah dibandingkan jamur di atasnya.

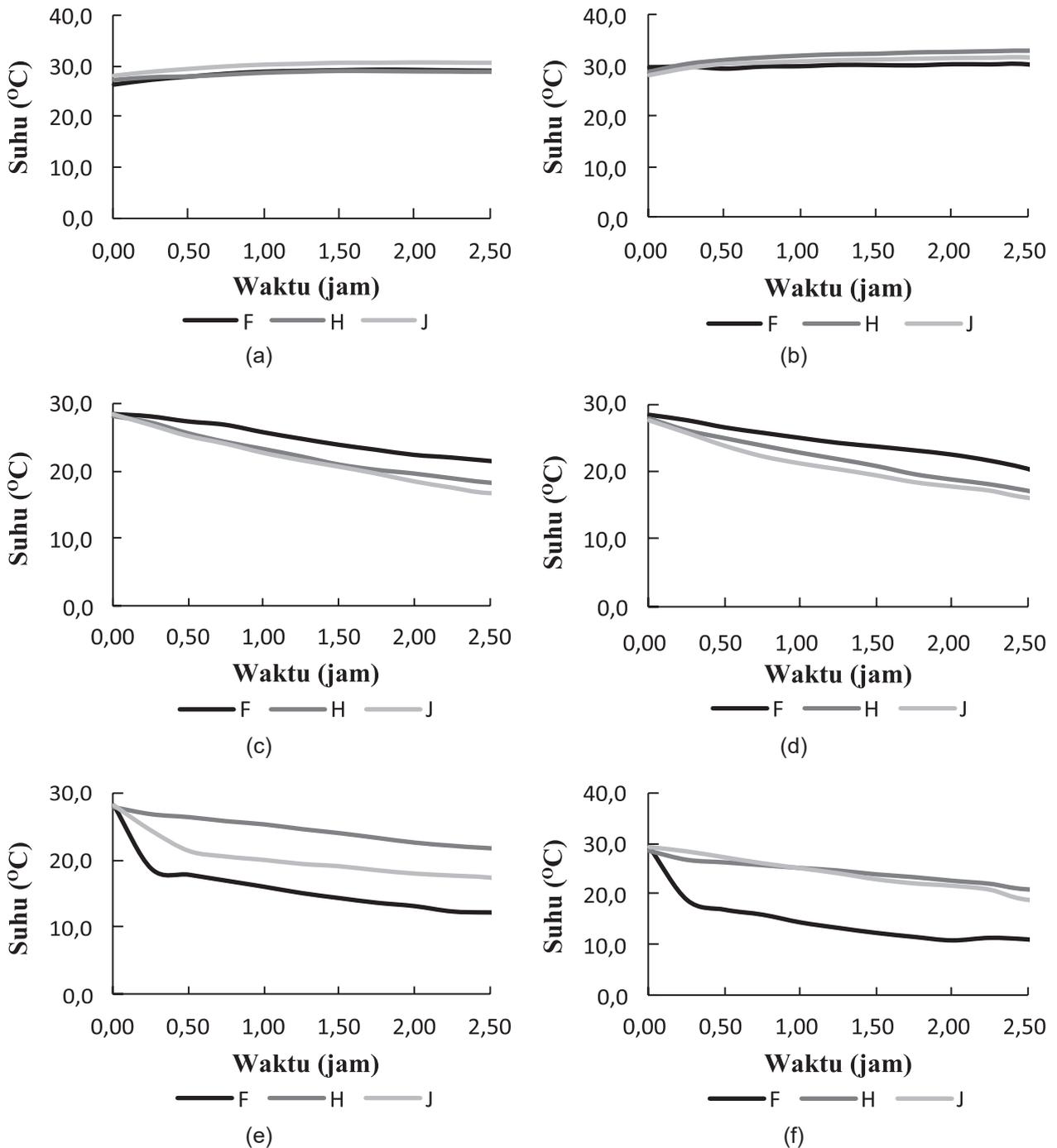
Penurunan suhu dalam 2.5 jam terjadi pula pada jamur dengan posisi *ice gel* susunan 2 dan perforasi plastik 0.1% ataupun 0.2% pada Gambar 5e dan Gambar 5f. Suhu jamur dengan perforasi plastik 0.1% menurun hingga 12.2 °C yaitu pada jamur bagian atas (plastik F). Penurunan suhu jamur hingga 17.4 °C terjadi pada jamur di plastik J (bawah) dan penurunan suhu hingga 21.8 °C terjadi pada jamur di plastik H (tengah). Pola yang sama terjadi pada jamur dengan posisi *ice gel* susunan 2 namun perforasi plastik 0.3% dimana suhu terendah hingga 11 °C berada pada jamur bagian F (atas). Suhu jamur bagian J (bawah) dan H (tengah) masing-masing menurun hingga 18.8 °C dan 21.0 °C.

Dua kemasan *ice gel* yang berada dibagian atas jamur bersentuhan langsung dengan jamur tiram. Besarnya luas permukaan *ice gel* yang bersentuhan dengan jamur mengakibatkan banyaknya jumlah panas dari jamur yang diserap oleh *ice gel*. Hal ini terlihat dari adanya penurunan suhu jamur hingga dibawah 15 °C pada jamur bagian atas (plastik F). Serupa dengan hasil pengujian pada kemasan ikan loin filet dengan meletakkan gel pack dibagian atas, suhu paling rendah berada pada ikan bagian atas (Margeirsson *et al.* 2011). Dua kemasan *ice gel* lainnya yang berada di bagian terpanjang kemasan akan menyerap panas udara dalam kemasan, sehingga udara dengan suhu yang lebih rendah akan turun ke bawah dan mendinginkan jamur bagian bawah (J). Dengan demikian suhu jamur paling rendah berada pada bagian atas (plastik F), diikuti oleh suhu jamur bagian bawah (plastik J), dan suhu jamur paling tinggi berada di bagian tengah (plastik H).

Laju penurunan suhu jamur dengan perforasi plastik 0.3% lebih cepat dibandingkan dengan perforasi plastik 0.1%. Pada jamur dengan *ice gel* susunan 1, dalam waktu 15 menit jamur dengan

perforasi plastik 0.3% pada plastik F menurun dari 28.5 °C hingga 25 °C, sedangkan jamur dengan perforasi plastik 0.1% pada plastik F menurun dari 28.6 °C menurun hingga 25.9 °C. Begitu pula jamur dengan *ice gel* susunan 2, suhu jamur dengan perforasi plastik 0.1% dapat menurun 28.3 °C - 17.9 °C pada menit ke 30. Sedangkan suhu jamur dengan perforasi plastik 0.3% dapat menurun 29.5 °C - 16.9 °C. Hal ini diduga karena adanya pengaruh perforasi. Perforasi yang dirancang

dalam plastik jamur menjadi arus aliran panas untuk pindah panas jamur dengan *ice gel* sehingga dengan adanya persentase perforasi yang lebih besar akan mempermudah perpindahan panas dan menyebabkan suhu jamur menjadi lebih cepat turun dibandingkan persentase perforasi yang lebih kecil. Arianto (2013) menyatakan adanya lubang pada plastik memungkinkan udara untuk masuk dan menurunkan suhu dalam plastik.



Gambar 5 Pola sebaran suhu jamur tiram dalam plastik F, H dan J pada perlakuan (a) Perforasi plastik 0.1%, tanpa *ice gel* (P1G0) (b) Perforasi plastik 0.3%, tanpa *ice gel* (P2G0) (c) Perforasi plastik 0.1%, *ice gel* susunan 1 (P1G1) (d) Perforasi plastik 0.3%, *ice gel* susunan 1 (P2G1) (e) Perforasi plastik 0.1%, *ice gel* susunan 2 (P1G2) (f) Perforasi plastik 0.3%, *ice gel* susunan 2 (P2G2)

### Simpulan

Rancangan kemasan karton berventilasi sebagai kemasan sekunder dengan dimensi 50 cm x 40 cm x 24 cm dapat digunakan untuk pengaplikasian *ice gel repack* sebanyak 4 kemasan dengan berat masing-masing 0.63 kg pada jamur tiram sebanyak 3 kg dalam kemasan plastik perforasi 0.1% dan 0.3% sebagai kemasan primer. Posisi *ice gel* susunan 1 ataupun susunan 2 belum dapat mencapai target penurunan suhu yang diinginkan hingga 15 °C, namun posisi *ice gel* susunan 2 dengan perforasi 0.3 % dan 0.1 % dapat menurunkan suhu jamur yang berada di bagian atas kemasan masing-masing hingga 11 °C dan 12.2 °C, sedangkan rata-rata suhu jamur dalam kemasan adalah 16.9 dan 17.1 selama 2.5 jam.

### Daftar Pustaka

- Arianto DP. 2013. Karakteristik Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*) Selama Penyimpanan dalam Kemasan Plastik Polipropilen (PP). *Agrointek* 7(2).
- [ASHRAE]. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers. 1999. *Fundamentals*. p 118. Atlanta (US).
- Camelo AFL. 2004. *Manual for the preparation and sale of fruits and vegetables*. Food and Agriculture Organization of United Nation.
- Lu YY, Su ML, Gau ML. 2015. The efficacy of cold-gel packing for relieving episiotomy pain – a quasirandomised control trial. *Contemporary Nurse* article 23 June 2015.
- Margeirsson B, Palsson H, Popoc V. 2012. Numerical Modelling of Temperature Fluctuation in Superchilled Fish Loin Package in Expanded Polystyrene and Store at Dynamic Temperature Condition. *International Journal of Refrigeration* 35:1318-1326.
- Nurkusumaprama A. 2014. Aplikasi *ice gel* pada kemasan untuk transportasi dan penyimpanan sementara jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*). *Jurnal keteknikan Pertanian* 2(2).
- Singh SP, Burgess G, Singh J. 2008. Performance Comparison of Thermal Insulated Packaging Boxes, Bags and Refrigerants for Single-parcel Shipments. *Packag Technol Sci* 21: 25–35.