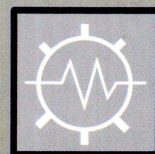
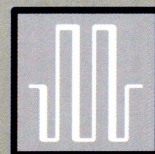
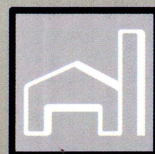
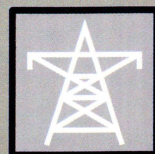
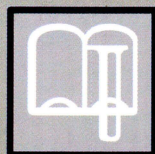


# jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

ISSN 2407-0475

Vol. 3, No. 1, April 2015



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



**DAFTAR ISI**

*Technical Paper*

**1**

**Analisis Pindah Panas pada Pipa Utama Sistem Hidroponik dengan Pendinginan Larutan Nutrisi**

*Heat Transfer Analysis in The Main Pipe of Hydroponic System with Nutrient Solution Cooling*

Nurul Choerunnisa dan Herry Suhardiyanto

**9**

**Analisis CFD Aliran Udara Panas pada Pengering Tipe Rak dengan Sumber Energi Gas Buang**

*Distibtuion Analysis Hot Air Flow of Rack Type Dryer With Energy Source From Exhaust Gas Using Computational Fluid Dynamics (CFD)*

Hablinur Al-Kindi, Y. Aris Purwanto, dan Dyah Wulandani

**17**

**Desain Model Diagnostik Resiko Ergonomi pada Kelapa Sawit Secara Manual**

*Ergonomic Risk Assesment's Tool of Oil Palm Manual Harvesting*

Nugrahaning Sani Dewi, M. Faiz Syuaib dan Lenny Saulia

**25**

**Evaluasi Sistem Penggerak dan Modifikasi Mesin Penanam Jagung Bertenaga Traktor Tangan**

*Evaluation of Driving System and Modification of Corn Planter Powered by Hand Tractor*

Wawan Hermawan, Tineke Mandang, Agus Sutejo, Agustami Sitorus.

**33**

**Optimisasi Pemilihan Supplier Susu Murni untuk Produksi Susu Kental Manis dan Ready To Drink  
(Studi Kasus di PT. Frisian Flag Indonesia)**

*Freshmilk Supplier Selection Optimization for the Production of Sweetened Condensed Milk and Ready To Drink  
(Case Study at PT. Frisian Flag Indonesia)*

Wibowo Setio Laksono, Amzul Rifin dan Imam Teguh Saptono.

**41**

**Analisis Perubahan Kualitas Pascapanen Pepaya Varietas IPB9 pada Umur Petik yang Berbeda**

*Analysis of Postharvest Quality Changes of Papaya cv. IPB9 at Different Picking Date*

Nur Arifiya, Y. Aris Purwanto dan I Wayan Budiastira

**49**

**Studi Gerak Kerja Pemanenan Kelapa Sawit Secara Manual**

*Motion Study of Oil Palm Manual Harvesting*

M. Faiz Syuaib, Nugrahaning Sani Dewi dan Tri Novita Sari.

**57**

**Prediksi Kandungan Kimia Mangga Arumanis selama Penyimpanan dengan Spektroskopi NIR**

*Arumanis Mango Chemical Contents Prediction during Storage using NIR Spectroscopy*

Sri Agustina, Y. Aris Purwanto dan I Wayan Budiastira.

**65**

**Perancangan Kemasan Transportasi Buah Jambu Air (*Syzygium aqueum*) cv Camplong**

*Design of Packaging for Transportation of Jamboo cv Camplong (*Syzygium aqueum*)*

Iswahyudi, Emmy Darmawati dan Sutrisno.

**73**

**Pelapis Nanokomposit untuk Pengawetan Salak Pondoh Terolah Minimal**

*Edible Coating Nanocomposites to Maintain Quality of Minimally-Processed Snake Fruit*

Monika Marpaung, Usman Ahmad dan Nugraha Edhi S.

---

**Penerbit:**

Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan  
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB Bogor  
d/a Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem,  
Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680.  
Telp. 0251-8624691, Fax 0251-8623026,  
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com. Website: ipb.ac.id/~jtep.



Technical Paper

## Pelapis Nanokomposit untuk Pengawetan Salak Pondoh Terolah Minimal

### *Edible Coating Nanocomposites to Maintain Quality of Minimally-Processed Snake Fruit*

Monika Marpaung, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Gedung Fateta Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680  
Email : monicamarpaung@ymail.com

Usman Ahmad, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Gedung Fateta Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680.  
Email: uahmad2010@gmail.com

Nugraha Edhi S, Departemen Ilmu Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Gedung Fateta Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680. Email: Nugrahaedhi@yahoo.com

#### Abstract

*Minimally-processed snake fruit is a perishable product with a very short shelf life. Edible coating is one of the alternative technologies to prolong the shelf life of minimally-processed fruit. The research aimed to examine antimicrobial activity of edible coating nanocomposites-based pectin and starch with NP-ZnO suspensions and the influence of edible coating on quality of minimally-processed snake fruit during storage. Quality parameters measured were on the weight loss, browning index, the hardness, and sensory evaluation. The result showed that antimicrobial activity of edible coating nanocomposites againsts *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. The application of nanocomposites are able to maintain the quality of minimally-processed snake fruit during the storage periods. Minimally-processed snake fruit with edible coating made from nanocomposites-based pectin and starch with NP-ZnO can extend its shelf life and maintained its quality until 14 days, while minimally-processed snake fruit without edible coating can extend only 8 days*

**Keywords:** *minimally-processed, nanocomposites, NP-ZnO, snake fruit*

#### Abstrak

Buah salak pondoh terolah minimal merupakan buah dengan umur simpan yang pendek. Salah satu alternatif yang dapat diterapkan untuk memperpanjang umur simpan buah terolah minimal adalah dengan penggunaan *edible coating*. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji aktivitas antimikroba pelapis nanokomposit berbasis pektin dan pati dengan NP-ZnO dan pengaruhnya terhadap mutu salak pondoh terolah minimal selama penyimpanan. Parameter mutu yang dianalisis adalah susut bobot, *browning index*, kekerasan, dan uji organoleptik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelapis nanokomposit memiliki aktivitas antimikroba terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Aplikasi pelapis nanokomposit dapat mempertahankan mutu salak pondoh terolah minimal selama penyimpanan. Salak pondoh terolah minimal dengan pelapis nanokomposit berbasis pektin dan pati dengan NP-ZnO dapat memperpanjang umur simpan dan mempertahankan kualitas hingga hari ke-14, sedangkan salak pondoh terolah minimal tanpa pelapis hanya dapat bertahan hingga hari ke-8.

**Kata kunci :** nanokomposit, NP-ZnO, salak pondoh, terolah minimal

Diterima: 19 Desember 2014; Disetujui: 25 Maret 2015

#### Pendahuluan

Buah salak pondoh merupakan salah satu jenis buah tropis asli Indonesia yang terkenal di daerah Sleman, Yogyakarta. Salak pondoh ini banyak digemari konsumen termasuk dari luar negeri karena mempunyai rasa yang manis, renyah dan sebagai

salah satu sumber nutrisi. Salak mengandung zat gizi dan antioksidan yang sebanding dengan kiwi (Gorinstein 2009). Konsumsi buah-buahan segar dalam menu makanan sehari-hari sangat diperlukan. Masalah utama mengkonsumsi buah salak segar adalah memerlukan waktu dalam penyajian karena harus mengupas buah dan untuk

sebagian orang tahapan ini kurang disukai karena kulit salak bersisik dan tajam. Hal ini menyebabkan peluang pengolahan salak menjadi buah terolah minimal menjadi penting. Disamping itu buah terolah minimal lebih menawarkan jaminan mutu dibandingkan buah dalam kondisi utuh karena konsumen dapat langsung melihat kondisi buahnya, bebas dari resiko membeli buah salak yang busuk.

Buah terolah minimal adalah buah yang telah mengalami perlakuan pencucian, pengupasan, pemotongan atau pengirisan. Hal ini menyebabkan sebagian besar sel-sel di bagian permukaan buah terluka sehingga integritas sel rusak. Dalam keadaan demikian sel menjadi rentan terhadap pengaruh oksigen dan mikroorganisme yang akan mengakibatkan buah menjadi cepat rusak dan busuk. Salah satu perlakuan yang dapat diterapkan untuk melindungi dan menghambat kerusakan pada produk terolah minimal adalah penggunaan *edible coating* (Lin dan Zhao 2007).

Dengan teknik pelapisan menggunakan *edible coating*, sel-sel luka dapat terselimuti sehingga terhindar dari pengaruh oksigen dan mikroorganisme, perubahan fisiologis dan proses penguapan air dapat dikendalikan sehingga kesegaran buah dapat terjaga dan buah tetap dapat melakukan respirasi. Pektin dan pati merupakan bahan dasar pembuatan *edible coating* berbasis polisakarida yang efektif sebagai penahan gas dan akan melekat sempurna pada permukaan buah dan sayuran yang dikupas atau di iris namun sangat lemah sebagai penahan uap air (Baldwin *et al.* 1995). Untuk itulah diperlukan formulasi penyusun *edible coating*. Penggunaan pelapis *edible* dari pektin buah pala dan kitosan dan penyimpanan dalam kemasan atmosfer termodifikasi mampu mempertahankan mutu salak pondoh terolah minimal (Lintang 2011).

Komposit disusun dari minimal dua komponen yaitu matrik atau resin, dan penguat atau *filler*. *Filler* dapat berupa struktur, partikel atau serat yang berfungsi sebagai penguat. Nanokomposit merupakan material yang dibuat dengan menambahkan nanopartikel sebagai *filler* dalam sebuah matriks. Nanokomposit didefinisikan sebagai material multi fase, dimana setiap fase memiliki satu, dua, atau tiga dimensi yang kurang dari 100 nanometer (nm). Studi terbaru menunjukkan bahwa nanopartikel yang terbuat dari oksida logam, seperti Nanopartikel Zink oksida (NP-ZnO) memiliki toksisitas selektif terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus* (Li *et al.* 2009). Nanopartikel (NP) yang terbuat dari oksida logam dengan ukuran kurang dari 100 nm menunjukkan aktivitas antimikroba. Liu *et al.* (2009) menunjukkan bahwa NP-ZnO pada konsentrasi yang lebih tinggi dari 3 mmol/l secara signifikan dapat menghambat pertumbuhan *E. coli*, dibandingkan dengan kontrol. NP-ZnO menunjukkan sifat antibakteri terhadap *E. coli* dan efek penghambatan meningkat jika konsentrasi NP-ZnO meningkat. NP-ZnO dapat mendistorsi membran sel

bakteri yang menyebabkan hilangnya komponen intraseluler, dan akhirnya kematian sel. Hal ini menunjukkan bahwa NP-ZnO berpotensi sebagai antibakteri yang efektif untuk bahan pengawet. Penggunaan kemasan yang mengandung NP-ZnO dapat mempertahankan kualitas apel fuji terolah minimal selama penyimpanan (Li *et al.* 2011).

Zatseng/zink merupakan salah satu mikromineral esensial yang di perlukan oleh tubuh. Zn berperan dalam berbagai aktivitas metabolisme antara lain: sintesis dan degradasi karbohidrat, protein, lipida, dan asam nukleat, sintesis DNA dan RNA. Defisiensi gizi mikro seperti defisiensi zink (Zn) merupakan masalah kesehatan masyarakat di banyak negara berkembang termasuk di Indonesia. Hotz *et al.* (2004) mengungkapkan bahwa resiko defisiensi seng yang terjadi di negara berkembang sekitar 15%. Survey nasional tahun 2003 pada skala kecil yang dilakukan di Nusa Tenggara Timur dan Pulau Jawa melaporkan bahwa prevalensi defisiensi *zinc* sekitar 6-39% (Atmarita 2005). Zink oksida (ZnO) merupakan salah satu senyawa yang digunakan sebagai suplemen nutrisi zink (Zn), termasuk kategori *generally recognized as safe* (GRAS) dan dinyatakan aman oleh FDA di Amerika (Saghaie *et al.* 2006).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji efektifitas antimikroba pelapis nanokomposit dari pektin dan pati dengan nanopartikel ZnO sebagai *filler* untuk pengawetan salak pondoh terolah minimal dan mengkaji pelapis nanokomposit dari pektin, pati dan nanopartikel ZnO terhadap mutu salak pondoh terolah minimal selama penyimpanan.

## Bahan dan Metode

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah salak pondoh yang diperoleh dari petani salak di Turi, Sleman, dengan umur panen  $\pm 5$  bulan setelah penyerbukan, pektin yang diperoleh dari Nacalai Tesque Inc (Jepang), pati singkong yang diperoleh dari PT. Budi Starch & Sweetener Tbk (Indonesia), nanopartikel ZnO/NP-ZnO ( $\varnothing$  20 nm) yang diperoleh dari Wako Pure Chemical Industries (Jepang), gliserol, Media *Potato Dextrose Agar* (PDA), *Nutrient Agar* (NA), *Nutrient Broth* (NB), dan *Potato Dextrose Agar* (PDB) yang diperoleh dari OXOID (Inggris), kultur uji yaitu *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Saccharomyces cerevisiae* (ATCC 9763), *Aspergillus niger* (ATCC 16404), *Fusarium oxysporum*, dan *Penicillium digitatum* yang diperoleh dari koleksi laboratorium Mikrobiologi Pangan, Fateta, IPB.

Peralatan yang digunakan adalah timbangan digital, *rheometer*, *chromameter*, *homogenizer*, *styrofoam*, plastik *wrapping*, *hot plate* dan *magnetic stirrer*, lemari pendingin, oven, termometer dan alat-

alat lain yang dibutuhkan dalam proses pembuatan larutan pelapis nanokomposit, pengujian aktivitas antimikroba, dan proses pencelupan serta yang digunakan dalam analisa mutu salak pondoh terolah minimal.

### Prosedur Penelitian

#### Pembuatan Larutan Pelapis Nanokomposit Pektin + NP-ZnO

Pelapis nanokomposit pektin + NP-ZnO dibuat dengan melarutkan (0 dan 100 mg) NP-ZnO dalam 1000 mL aquades. Kemudian larutan dihomogenisasi menggunakan *homogenizer* selama 3 menit dengan kecepatan maksimum. Kemudian dilakukan pencampuran dengan pektin sebanyak 10g (1%) menggunakan *magnetic stirrer* dan gliserol sebanyak 10% dari berat pektin sehingga diperoleh larutan nanokomposit dengan konsentrasi pektin + NP-ZnO 0% dan 1% (b/b pektin).

#### Pembuatan Larutan Pelapis Nanokomposit Pati + NP-ZnO

Pelapis nanokomposit pati + NP-ZnO dibuat dengan melarutkan (0 dan 100 mg) NP-ZnO dalam 1000 mL aquades. Kemudian larutan dihomogenisasi menggunakan *homogenizer* selama 3 menit dengan kecepatan maksimum. Setelah itu diberi pati singkong 10g (1%) sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* kecepatan tinggi di atas *hot plate*. Pelarutan pati dalam larutan NP-ZnO dilakukan sedikit demi sedikit sambil dipanaskan dan diaduk perlahan agar terbentuk gel campuran pati dan NP-ZnO yang larut secara sempurna. Setelah itu baru ditambahkan gliserol sebanyak 20% dari berat pati. Larutan dipanaskan sampai berwarna jernih dengan suhu berkisar 90°C atau dikatakan telah terjadi proses gelatinisasi. Sehingga diperoleh larutan nanokomposit dengan konsentrasi pati + NP-ZnO 0% dan 1% (b/b pati).

#### Pengujian Aktivitas Antimikroba Larutan Pelapis Nanokomposit

Pengujian aktivitas antimikroba pelapis nanokomposit terhadap mikroba patogen dilakukan dengan metode sumur. Kultur uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah *E. coli* (*gram negatif*), *S. aureus* (*gram positif*), *S. cerevisiae* (*khamir*), *A. niger* (*jamur*), *F. oxysporum* (*jamur*) dan *P. digitatum* (*jamur*). Kultur uji diinokulasikan sebanyak 0.1 ml ke dalam 100 ml media NA (untuk isolat bakteri)/PDA (untuk isolat jamur/khamir). Selanjutnya 20 ml media NA/PDA yang telah berisi kultur uji dituangkan ke cawan petri steril dan dibiarkan hingga beku. Setelah membeku kemudian dibuat 5 lubang (sumur) dengan berdiameter sekitar 10 mm. Kedalam tiap lubang diinokulasikan 150 µL larutan pelapis nanokomposit. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Kemudian diukur diameter zona hambatan yang terbentuk. Zona penghambatan adalah areal bening yang terbentuk

di sekitar sumur yang diukur dengan jangka sorong dengan satuan mm.

#### Aplikasi Pelapis Nanokomposit pada Buah Salak Pondoh Terolah Minimal

Buah salak yang telah dipanen lalu disortasi, kemudian dilakukan pengupasan kulit dan kulit ari. Buah yang telah dikupas kemudian dicelupkan ke dalam larutan pelapis nanokomposit selama 30 detik dan dikeringanginkan. Setelah kering buah salak pondoh terolah minimal tersebut dikemas dalam *Styrofoam* dan plastik *wrapping*. Selanjutnya dilakukan penyimpanan pada suhu 10°C. Pengamatan dilakukan setiap dua hari hingga buah rusak atau tidak dapat diterima oleh panelis dengan parameter yang diamati adalah susut bobot, *browning index*, kekerasan, dan uji organoleptik.

#### Parameter Pengamatan Susut Bobot

Susut bobot diukur menggunakan timbangan digital. Pengukuran susut bobot dilakukan secara gravimetri, berdasarkan persentase penurunan bobot (berat basah) bahan sejak awal penyimpanan sampai akhir penyimpanan selama periode pengamatan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung susut bobot adalah sebagai berikut:

$$\% \text{ Susut bobot} = \frac{W - W_a}{W} \times 100\%$$

Dimana:

W = bobot bahan pada awal penyimpanan (g)

W<sub>a</sub> = bobot bahan pada akhir penyimpanan (g)

#### Kekerasan

Kekerasan diukur menggunakan *Rheometer* tipe CR 300 DX, dengan kecepatan tekanan 30 mm/menit, beban maksimum 2 kg dan kedalaman tusukan 10 mm. Salak pondoh terolah minimal ditekan pada bagian bawah bahan, dan nilainya langsung tertera pada display rheometer dan dinyatakan dalam Newton (N).

#### Browning Index (Indeks Kecoklatan)

Intensitas warna diukur dengan menggunakan *Chromameter Minolta CR-200*. Pada *chromameter* ini digunakan sistem warna L, a dan b. Nilai L\* menunjukkan kecerahan, nilai a\* dan b\* adalah koordinat kromasitas yang digunakan untuk mengetahui nilai hue angle dan saturation index. Nilai a negatif untuk warna hijau dan positif untuk warna merah, sedangkan nilai b negatif untuk warna biru dan positif untuk warna kuning. Untuk melihat perubahan warna salak terolah minimal akibat peristiwa *browning* enzimatis, maka dilakukan perhitungan *browning index* dengan persamaan sebagai berikut:

$$B = \frac{[100(x - 0.3)]}{0.17} \text{ dimana } x = \frac{(a + 1.75L)}{(5.645 + a - 3.012)}$$

Tabel 1. Hasil uji aktivitas antimikroba pelapis nanokomposit.

Pelapis	Diameter penghambatan (mm)					
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>S. cerevisiae</i>	<i>A. niger</i>	<i>F. oxysporum</i>	<i>P. digitatum</i>
Pektin 1%	-	-	-	-	-	-
Pektin 1% + NP-ZnO 1%	15.75±0.0248	20.15±0.764	-	-	-	-
Pati 1%	-	-	-	-	-	-
Pati 1% + NP-ZnO 1%	-	17.66±0.332	-	-	-	-
Kontrol	-	-	-	-	-	-

Keterangan : (-) Tidak ada zona penghambatan

### Uji Organoleptik Penerimaan Keseluruhan

Uji organoleptik penerimaan keseluruhan merupakan penilaian terhadap mutu produk berdasarkan panca indera manusia melalui sensorik terhadap parameter warna, tekstur, aroma, rasa. Panelis sebanyak 20 orang diminta untuk mengemukakan tingkat kesukaan pada buah salak pondoh terolah minimal. Digunakan 7 skala hedonik berurutan mulai dari 1 (sangat tidak suka), 2 (tidak suka), 3 (agak tidak suka), 4 (biasa saja/netral), 5 (agak suka), 6 (suka), dan 7 (sangat suka). Batas penolakan konsumen adalah 3.5 ke bawah.

### Analisis Statistik

Penelitian dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan tiga kali ulangan dan perlakuannya yaitu larutan pelapis nanokomposit dari pektin + NP-ZnO dengan dua taraf: NP-ZnO 0%, 1%, larutan pelapis dari pati + NP-ZnO dengan dua taraf: NP-ZnO 0%, 1%, dan kontrol (tanpa perlakuan).

Data dianalisis menggunakan analisis sidik ragam dengan taraf nyata 5%, dan bila diperlukan maka dilanjutkan uji lanjut DMRT (*Duncan Multiple Range Test*).

## Hasil dan Pembahasan

### Aktivitas Antimikroba

Aktivitas antimikroba pelapis nanokomposit terhadap bakteri, khamir, dan jamur ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil diameter zona hambat yang diperoleh menunjukkan bahwa pelapis nanokomposit mempunyai potensi aktivitas antimikroba terhadap bakteri. Pelapis nanokomposit dengan penambahan NP-ZnO 1% mempunyai penghambatan terhadap pertumbuhan *E. coli* dan *S. aureus*, tetapi tidak memiliki aktivitas penghambatan terhadap pertumbuhan khamir *S. cerevisiae* dan jamur *A. niger*, *F. oxysporum*, dan *P. digitatum*. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri *E. coli* dan *S. aureus* lebih sensitif terhadap NP-ZnO dibandingkan dengan khamir dan jamur. Adanya pelepasan ion Zn dari NP-ZnO dan terjadinya akumulasi ion pada membran sel bakteri menyebabkan kerusakan

struktur membran akibat ion Zn mampu mengikat membran sel sehingga menyebabkan kematian sel bakteri. Hal ini sesuai dengan pendapat Liu *et al.* (2009) bahwa nanopartikel ZnO menunjukkan sifat antibakteri terhadap *E. coli* dan efek penghambatan akan meningkat jika konsentrasi nanopartikel ZnO meningkat. Nanopartikel ZnO dapat mendistorsi membran sel bakteri, menyebabkan hilangnya komponen intraseluler, dan akhirnya kematian sel. Sesuai juga dengan pendapat Li *et al.* (2009) bahwa *film* yang mengandung nanopartikel ZnO menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *E. coli* dan *S. aureus*, namun tidak menunjukkan aktivitas antijamur terhadap *A. flavus* dan *P. citrinum* yang memiliki struktur dinding sel yang sangat kompleks.

Zona hambat terhadap bakteri *E. coli* lebih kecil dibandingkan dengan *S. aureus* (Tabel 1). Perbedaan ini menunjukkan bahwa NP-ZnO lebih efektif terhadap *S. aureus* dibandingkan *E. coli*. Hal ini disebabkan karena perbedaan struktur dinding sel kedua jenis bakteri tersebut. Hal ini sesuai dengan pendapat Premanathan *et al.* (2011) bahwa bakteri Gram positif seperti *S. aureus* lebih rentan terhadap nanopartikel ZnO dibandingkan bakteri Gram negatif. Bakteri gram positif memiliki satu membran plasma dan dinding tebal yang terdiri atas lapisan peptidoglikan, sedangkan bakteri Gram negatif memiliki struktur dinding sel yang lebih kompleks dengan lapisan peptidoglikan antara membran luar dan membran plasma (Wahab *et al.* 2010).

### Susut Bobot

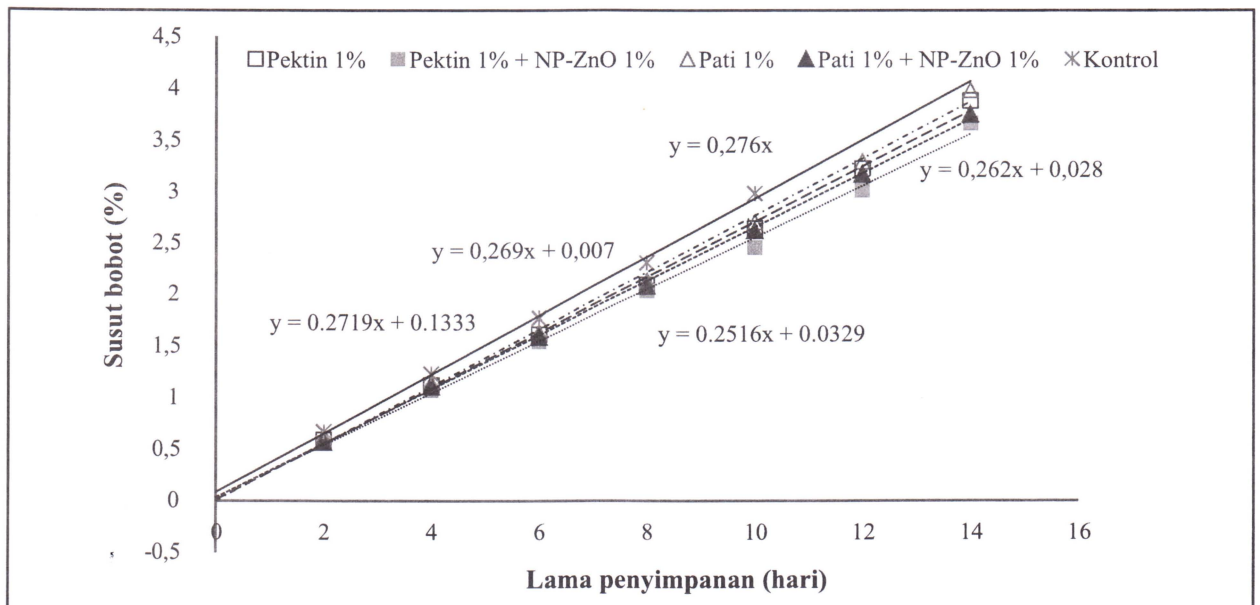
Susut bobot merupakan salah satu faktor yang mengindikasikan penurunan mutu buah dan menunjukkan tingkat kesegaran. Susut bobot pada buah-buahan yang disimpan terutama disebabkan oleh kehilangan air sebagai akibat adanya proses transpirasi dan respirasi. Selama penyimpanan terjadi peningkatan susut bobot buah salak pondoh terolah minimal (Gambar 1). Hilangnya air menyebabkan salak terolah minimal mengalami penurunan bobot. Disamping itu proses respirasi atau pemecahan senyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana dengan berat molekul rendah juga menyebabkan bobot buah menjadi

berkurang. Sesuai dengan pendapat Muchtadi *et al.* (2010) bahwa kehilangan air selama penyimpanan tidak hanya menurunkan susut bobot, akan tetapi juga menurunkan mutu dan menimbulkan kerusakan. Kehilangan air dalam jumlah banyak akan menjadikan buah layu dan keriput.

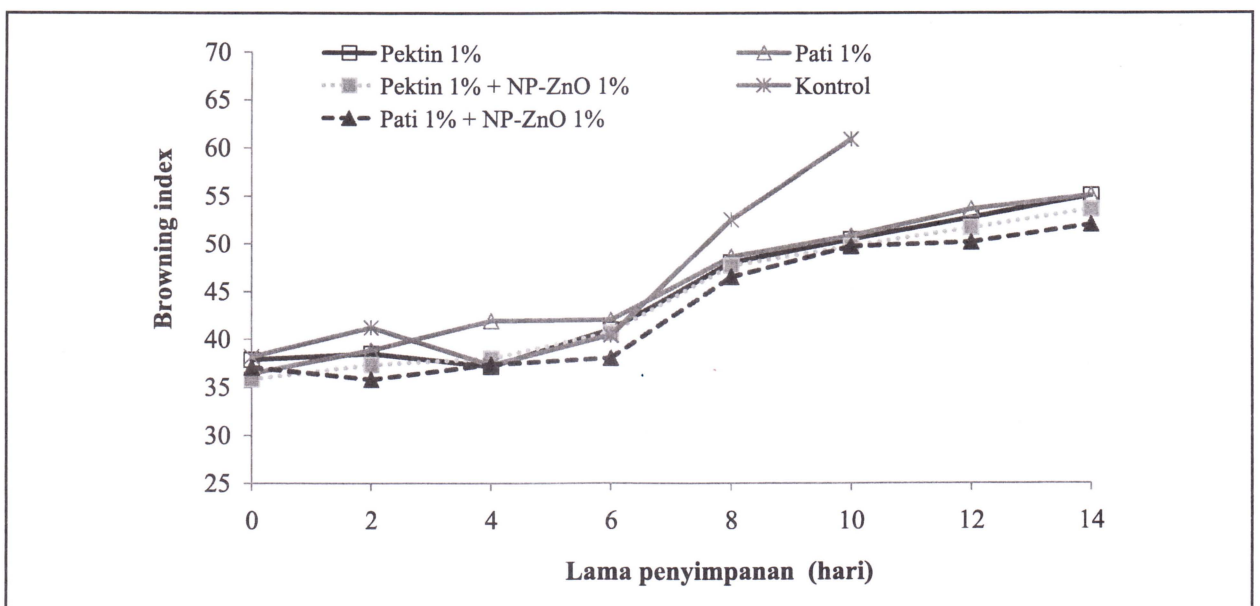
Perubahan susut bobot terbesar terdapat pada salak pondoh terolah minimal tanpa pelapis sedangkan perubahan terkecil terdapat pada perlakuan pelapis nanokomposit pektin 1% + NP-ZnO 1% dan pati 1% + NP-ZnO 1%. Hal ini menunjukkan bahwa pelapisan mampu mengurangi laju penguapan uap air dan proses penguraian senyawa-senyawa kompleks, sehingga dapat menekan laju kehilangan bobot buah selama penyimpanan. Hal ini sesuai dengan pendapat Lin dan Zhao (2007) bahwa *edibel coating* dari bahan

polisakarida dapat berfungsi sebagai penghalang uap air, gas, dan zat terlarut lainnya. Selain itu juga sebagai pembawa bahan fungsional seperti agen antimikroba sehingga meningkatkan kualitas dan memperpanjang umur simpan buah-buahan dan sayuran segar terolah minimal. Penambahan nanopartikel akan meningkatkan karakteristik *edible film*, seperti kekuatan, antimikroba, dan memperbaiki sifat-sifat *barrier* sebagai pengemas (Alexandra dan Dubois 2000).

Hasil uji DMRT pada taraf ( $\alpha < 0.05$ ) menunjukkan bahwa perlakuan pelapis nanokomposit dari pektin 1% + NP-ZnO 1% menghasilkan nilai lebih kecil dan berbeda nyata dengan perlakuan tanpa pelapis (kontrol). Hal ini disebabkan karena penambahan nanopartikel ZnO ke dalam polimer mampu meningkatkan sifat fisik mekanik dari polimer yang



Gambar 1. Perubahan susut bobot salak pondoh terolah minimal selama penyimpanan.



Gambar 2. Perubahan *browning index* salak pondoh terolah minimal selama penyimpanan.

digunakan. Sesuai dengan pendapat Chang *et al.* (2010) yang menggabungkan pati kentang dengan nanokitin menunjukkan bahwa nanokitin dapat terdispersi dengan baik dalam matriks pati dapat meningkatkan sifat penghalang terhadap uap air. Penambahan partikel nanoclay kedalam matriks polimer pektin-karagenan dapat meningkatkan sifat mekanik dan memiliki permeabilitas terhadap uap air dan CO<sub>2</sub> yang lebih rendah (Coelho *et al.* 2010).

**Browning Index (Indeks Kecoklatan)**

Warna merupakan salah satu kriteria penting dalam melihat perubahan mutu salak pondoh terolah minimal. Selama penyimpanan warna salak pondoh cenderung berubah menjadi cokelat atau biasa disebut dengan *browning* (pencoklatan). Selama penyimpanan nilai *browning index* salak pondoh terolah minimal cenderung meningkat untuk semua perlakuan (Gambar 2). Peningkatan nilai *browning index* terkecil terdapat pada perlakuan pelapis nanokomposit dan peningkatan terbesar terdapat pada perlakuan tanpa pelapis. Hal ini menunjukkan bahwa adanya pelapis yang berfungsi sebagai *barrier* gas yang mampu menghambat terjadinya reaksi pencoklatan atau *browning* enzimatis pada salak. Hal ini sesuai dengan pendapat Li *et al.* (2011) bahwa penyimpanan apel fuji terolah minimal dalam kemasan yang mengandung NP-ZnO secara signifikan mengurangi aktivitas polifenol oksidase dan menghasilkan *browning index* yang lebih rendah dibandingkan dengan kontrol.

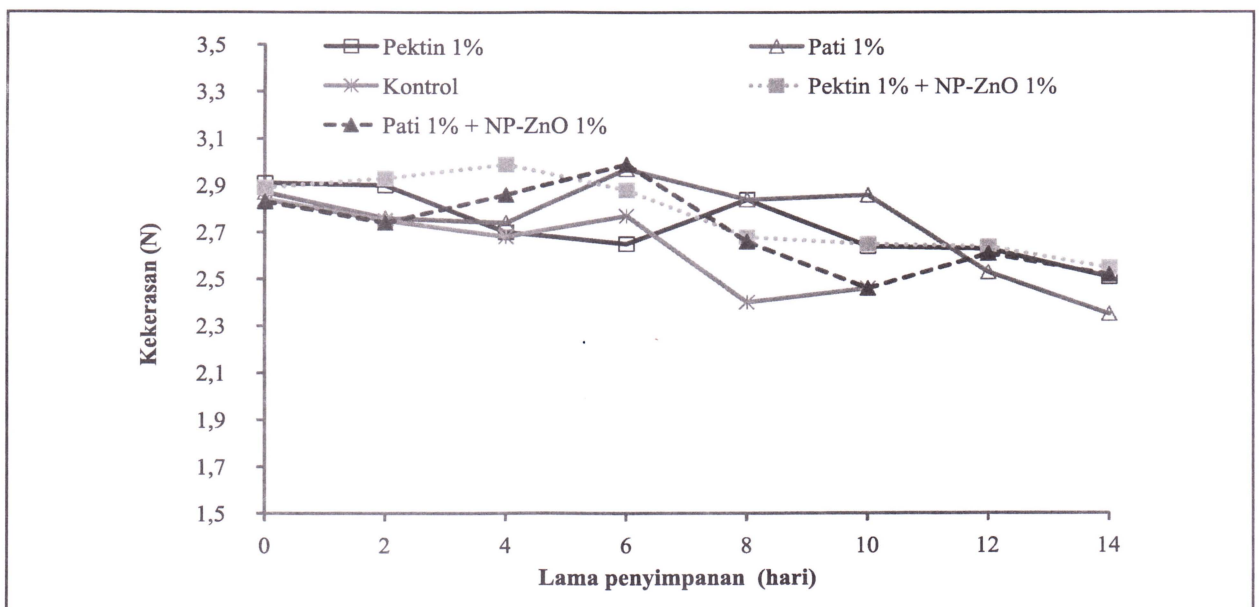
Perubahan warna pada buah salak pondoh terolah minimal menjadi cokelat disebabkan peristiwa *browning* enzimatis akibat oksidasi yang menyebabkan terbentuknya senyawa melanin yang berwarna cokelat. Akibat adanya pengupasan kulit salak pondoh memperluas kontak buah dengan oksigen, sehingga aktifitas enzim fenolase semakin

tinggi. Semakin tinggi aktifitas enzim maka semakin tinggi pula terbentuknya senyawa melanin yang dapat meningkatkan nilai indeks *browning* atau menurunkan kecerahan salak. Sesuai dengan pendapat Winarno (2002) bahwa reaksi pencoklatan terjadi akibat oksigen dapat berhubungan langsung dengan poliphenol dengan dikatalisa oleh enzim poliphenol oksidase membentuk senyawa melanin berwarna cokelat. Oksigen dapat berhubungan dengan poliphenol bila terdapat sel atau jaringan yang terbuka akibat luka. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa pelapis *edibel* berbasis polisakarida mampu memperlambat transfer gas, sehingga mengurangi respirasi dan mencegah reaksi pencoklatan seperti yang dilaporkan Brasil *et al.* (2012).

Pada daging buah disamping terjadi kerusakan akibat pencoklatan juga terjadi karena serangan mikroba terutama jamur/kapang seperti *Aspergillus niger*. Hal ini sesuai dengan pendapat Soesanto (2006) bahwa jamur *Aspergillus* sp. merupakan salah satu jamur kontaminan yang umum jumpai di dalam ruang penyimpanan produk pascapanen. Jamur ini menimbulkan bercak yang berukuran besar sehingga warna buah menjadi cokelat sampai kehitaman. Selain itu, daging buah juga mengalami kerusakan dan tidak dapat dikonsumsi.

**Kekerasan**

Kekerasan salak pondoh terolah minimal cenderung menurun selama penyimpanan ditunjukkan pada Gambar 3. Hal ini menunjukkan bahwa daging buah salak selama penyimpanan mengalami perubahan menjadi lebih lunak. Pelunakan tersebut terjadi karena adanya proses perubahan protopektin yang tidak larut menjadi pektin yang dapat larut. Selain itu, adanya akitivitas mikroba pada salak pondoh juga menyebabkan buah salak pondoh menjadi lunak dan berair. Hal



Gambar 3. Perubahan kekerasan salak pondoh terolah minimal selama penyimpanan.



ini sesuai dengan pendapat Muchtadi *et al.* (2010) bahwa dalam proses pematangan buah zat pektin yang tidak larut (protopektin) berubah menjadi pektin yang larut air, sehingga jumlah pektin yang larut air bertambah dan protopektin tak larut akan berkurang. Keadaan ini menyebabkan ketegaran sel buah akan menjadi menurun dan buah menjadi lunak.

Perubahan kekerasan terkecil salak pondoh terolah minimal terdapat pada perlakuan pelapis nanokomposit pektin 1% + NP-ZnO 1% dan pati 1% + NP-ZnO 1% sedangkan perubahan kekerasan terbesar terdapat pada salak pondoh terolah minimal tanpa pelapis. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian pelapis nanokomposit pada salak pondoh terolah minimal ternyata mampu mempertahankan kekerasan buah selama penyimpanan dan menghambat pertumbuhan mikroba yang menyebabkan pelunakan atau kerusakan selama penyimpanan. Hal ini sesuai dengan pendapat Oms-Oliu *et al.* (2008) bahwa pelapisan dengan *edible coating* berbasis polisakarida dapat mempertahankan kekerasan *fresh-cut* melon selama penyimpanan.

**Uji Organoleptik Penerimaan Keseluruhan**

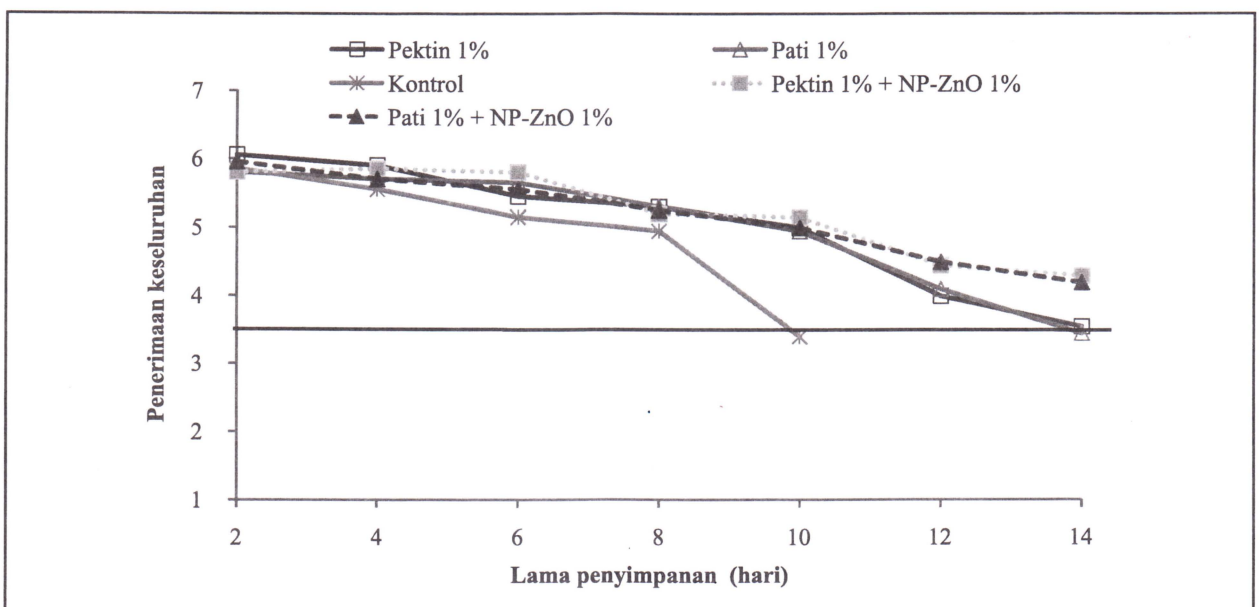
Parameter keseluruhan pada uji organoleptik merupakan parameter penilaian tingkat kesukaan secara keseluruhan terhadap produk yang dinilai oleh panelis. Penerimaan keseluruhan merupakan gabungan tingkat kesukaan konsumen terhadap warna, aroma, tekstur, dan rasa daging salak yang diamati. Penurunan tingkat kesukaan panelis terhadap mutu salak pondoh terolah minimal secara keseluruhan menandakan bahwa terjadinya penurunan mutu salak pondoh terolah minimal selama penyimpanan (Gambar 4). Hal ini disebabkan karena setelah dipanen atau selama

penyimpanan buah masih melakukan metabolisme dengan memanfaatkan sumber nutrisi yang ada. Proses ini mengakibatkan terjadinya perubahan-perubahan selama penyimpanan dan menyebabkan penurunan mutu.

Hasil uji organoleptik penerimaan keseluruhan menunjukkan bahwa perubahan penerimaan keseluruhan paling kecil terdapat pada perlakuan pelapis nanokomposit pektin 1% + NP-ZnO 1% dan pati 1% + NP-ZnO 1%. Pemberian pelapis nanokomposit dapat mempertahankan mutu salak pondoh terolah minimal selama penyimpanan hingga hari ke-14, ditunjukkan dari hasil penilaian panelis berturut-turut yaitu sebesar 4.30 dan 4.20 setara netral. Sedangkan perlakuan tanpa pelapis hanya mampu bertahan hingga hari ke-8 dengan penilaian panelis sebesar 4.95 setara agak suka, dan pada hari ke-10 panelis memberikan penilaian sebesar 3.40 setara agak tidak suka. Hal ini menunjukkan bahwa pelapis nanokomposit dapat mempertahankan mutu salak pondoh terolah minimal selama penyimpanan. *Edible coating* dapat bergabung dengan bahan tambahan makanan dan substansi lain untuk meningkatkan kualitas warna, aroma, dan tekstur produk, untuk mengontrol pertumbuhan mikroba, serta untuk meningkatkan seluruh kenampakan. Penggunaan kemasan yang mengandung NP-ZnO dapat mempertahankan umur simpan jus orange selama 28 hari tanpa ada pengaruh negatif terhadap parameter sensorik (Emamifar *et al.* 2010).

**Simpulan**

Perubahan yang terjadi pada salak pondoh terolah minimal selama penyimpanan diantaranya penurunan bobot, warna, kekerasan, dan penurunan



Gambar 4. Tingkat kesukaan panelis terhadap penerimaan keseluruhan salak pondoh terolah minimal selama penyimpanan.

tingkat kesukaan terhadap mutu salak pondoh terolah minimal. Perlakuan pelapis pada salak pondoh terolah minimal memperlihatkan pengaruh nyata pada, susut bobot, warna, kekerasan, dan uji organoleptik.

Pelapis nanokomposit memiliki potensi aktivitas antimikroba terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus*. Salak pondoh terolah minimal tanpa pelapis hanya mampu bertahan hingga penyimpanan 8 hari, sedangkan salak pondoh terolah minimal terlapis nanokomposit dari pektin 1% + NP-ZnO 1% dan pati 1% + NP-ZnO 1% mampu mempertahankan mutu salak pondoh terolah minimal selama penyimpanan 14 hari dengan mutu akhir yaitu susut bobot sebesar 3.66% dan 3.75%, nilai *browning index* sebesar 53.74 dan 52.15, kekerasan sebesar 2.55 N dan 2.52 N dan uji organoleptik untuk penerimaan keseluruhan yaitu 4.30 dan 4.20 dari maksimal 7.

#### Daftar Pustaka

- Alexandra, M.D.P. dan Dubois. 2000. Polymer-layered silicate nanocomposites: preparation, properties and uses of a new class of materials. *Materials Science Engineering*. 28:1-63.
- Baldwin, E.A., M.O. Nisperos, Baker. 1995. Use of edible coating to preserve quality of lightly (and slightly) processed product. *J Critical Review in Food Science and Nutrition*. 35(6): 509-524.
- Brasil, I.M., C. Gomes, A. Puerta-Gomes, M.E. Castell-Perez, R.G. Moreira. 2012. Polysaccharide-based multilayered antimicrobial edible coating enhances quality of fresh-cut papaya. *LWT-Food Science and Technology*. 47: 39-45.
- Chang, P.R., R. Jian, J. Yu, X. Ma. 2010. Starch-based composites reinforced with novel chitin nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*. 80: 420-425.
- Coelhoso, I.M., A.R.V. Ferreira, V.D. Alves. 2014. Biodegradable barrier membranes based on nanoclays and carrageenan/pectin blends. *Int J of Memb Sci and Tech*. 1: 23-30.
- Emamifar, A., M. Kadivar, M. Shahedi, S.Z. Soleimani. 2010. Evaluation of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on shelf life of fresh orange juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 11: 742-748.
- Gorinstein, S., R. Haruenkit, S. Poovarodom, P. Yong-Seo, S. Vearasilp, M. Suhaj, H. Kyung-Sik, C. Ja-Yong, H.G. Jang. 2009. The comparative characteristics of snake and kiwi fruits. *Food and Chemical Toxicology*. 47: 1884-1891.
- Li, X., Y. Xing, Y. Jiang, Y. Ding, W. Li. 2009. Antimicrobial activities of ZnO powder-coated PVC fill to inactive food pathogens. *International Journal of Food Science and Technology*. 44: 2161-2168.
- Li, X., W. Li, Y. Jiang, Y. Ding, J. Yun, Y. Tang, P. Zhang. 2011. Effect of nano-ZnO-coated active packaging on quality of fresh-cut "fuji" apple. *International Journal of Food Science and Tech*. 46: 1947-1955.
- Lin, D. dan Y. Zhao. 2007. Innovation in the development and application of edible coating for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 6: 60-75.
- Lintang, M.M.J. 2011. Aplikasi pelapis edible pektin dan kitosan pada salak pondoh terolah minimal dalam kemasan atmosfer termodifikasi [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Liu, Y., L. He, A. Mustapha, H.Q. Li, Z. Hu. M. Lin. 2009. Antibacterial activities of zinc oxide nanoparticles against *Escherichia coli* O157:H7. *Journal of Applied Microbiology*. 107: 1193-1201.
- Muchtadi, T.R., Sugiyono, F. Ayustaningwarno. 2010. *Ilmu Pengetahuan bahan pangan*. Bogor (ID): Alfabeta.
- Oms-Oliu, G., R. Soliva-Fortuny, Martin-Belloso. 2008. Using polysaccharide-based edible coatings to enhance quality and antioxidant properties of fresh-cut melon. *LWT-Food Science and Technology*. 41: 1862-1870.
- Saghaie, L., G. Houshfar, M. Neishabor. 2006. Synthesis and determination of partition coefficients of zinc complexes with clinical potential application. *Journal of Pharmaceutical Research*. 3: 179-189
- Soesanto, L. 2006. *Penyakit pascapanen*. Yogyakarta (ID): Penerbit Kanisius.
- Wahab, R., A. Mishra, S. Yun, Y. Kim, H. Shin. 2010. Antibacterial activity of ZnO nanoparticles prepared via non-hydrolytic solution route. *Appl Microbiol Biotechnol*. 87: 1917-1925.
- Winarno, F.G. 2002. *Fisiologi lepas panen produk hortikultura*. Bogor (ID): M-BRIO Press.