

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

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

Vol. 5, No. 1, April 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. JTEP terbit tiga kali setahun yaitu pada bulan April, Agustus dan Desember berisi 12 naskah untuk setiap monuron baik dalam edisi cetak maupun edisi online. 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, Darmaga, Bogor 16680.
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com
Website: 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 menelaan (me-review) Naskah pada penerbitan Vol. 5 No. 1 April 2017. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Dr.Ir. Lady Corrie Ch. Emma Lengkey, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi), Dr.Ir. Andasuryani, S.TP, M.Si (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas), Dr. Rudiati Evi Masithoh, STP, M.Dev.Tech (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof. Dr.Ir. Bambang Purwantana, MS (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof.Ir. I Made Supartha Utama, MS., Ph.D (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana), Prof.Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Sri Rahayoe, STP., MP (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr. Joko Nugroho Wahyu Karyadi. M.Eng (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Lilik Sutiarto, M.Eng (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Abdul Rozaq, DAA (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. I Wayan Budiastara, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Diding Suhandy, STP.,M.Agr (Fakultas Pertanian, Universitas Lampung), Ir. Moh. Agita Tjandra, M.Sc, Ph.D (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas), Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, MP (Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Hasanuddin), Prof.Dr.Ir. Budi Indra Setiawan, M.Agr (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Dr. Suhardi, STP., MP (Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Hasanuddin), Dr.Ir. Hadi K. Purwadaria, M.Sc (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor).

Technical Paper

Pengaruh Pelapis Bionanokomposit terhadap Mutu Mangga Terolah Minimal

Effects of Bionanocomposite Edible Coating on Quality of Minimally - Processed Mango

Ata Aditya Wardana, Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor.

Email: ataaditya@gmail.com

Nugraha Edhi Suyatma, Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor.

Email: nugrahaedhi@yahoo.com

Tien Ruspriatin Muchtadi, Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor.

Email: tienrmuchtadi@yahoo.com

Sri Yuliani, Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. Email: s.yuliani@gmail.com

Abstract

Minimally-processed mango is a perishable product due to high respiration and transpiration and microbial decay. Edible coating is one of the alternative methods to maintain the quality of minimally - processed mango. The objective of this study was to evaluate the effects of bionanocomposite edible coating from tapioca and ZnO nanoparticles (NP-ZnO) on quality of minimally - processed mango cv. Arumanis, stored for 12 days at 8°C. The combination of tapioca and NP-ZnO (0, 1, 2% by weight of tapioca) were used to coat minimally processed mango. The result showed that application of bionanocomposite edible coatings were able to maintain the quality of minimally-processed mango during the storage periods. The bionanocomposite from tapioca + NP-ZnO (2% by weight of tapioca) was the most effective in reducing weight loss, firmness, browning index, total acidity, total soluble solids, respiration, and microbial counts. Thus, the use of bionanocomposite edible coating might provide an alternative method to maintain storage quality of minimally-processed mango.

Keywords: mango, minimally-processed, bionanocomposite, tapioca, NP-ZnO

Abstrak

Mangga terolah minimal merupakan produk yang cepat mengalami kerusakan dikarenakan respirasi yang cepat, transpirasi dan kerusakan oleh mikroba. *Edible coating* merupakan salah satu alternatif metode untuk mempertahankan mutu mangga terolah minimal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh pelapis bionanokomposit dari tapioka dan nanopartikel ZnO (NP-ZnO) terhadap mutu mangga terolah minimal cv. Arumanis yang disimpan selama 12 hari pada suhu 8°C. Kombinasi dari tapioka dan NP-ZnO (0, 1, 2% b/b tapioka) digunakan untuk melapisi mangga terolah minimal. Hasil menunjukkan bahwa pelapisan bionanokomposit mampu mempertahankan mutu mangga terolah minimal selama penyimpanan. Bionanokomposit dari tapioka + NP-ZnO (2% b/b tapioka) paling efektif dalam menghambat penurunan susut bobot, kekerasan, indeks pencoklatan, total asam, total padatan terlarut, respirasi dan total mikroba. Dengan demikian, pelapis bionanokomposit dapat digunakan sebagai salah satu alternatif untuk mempertahankan kualitas mangga terolah minimal selama penyimpanan.

Kata kunci: mangga, terolah minimal, bionanokomposit, tapioka, NP-ZnO

Diterima: 23 Maret 2016; Disetujui: 12 Januari 2017

Pendahuluan

Edible coating merupakan salah satu alternatif metode untuk menekan penurunan mutu pangan. Kelebihan yang dimiliki *edible coating* yaitu layak dikonsumsi dan permukaan produk terjaga dari pencemaran luar. Tapioka merupakan polimer alami yang potensial untuk pembuatan *edible coating*

karena ramah lingkungan, melimpah dan murah. Penelitian-penelitian di bidang *edible coating* saat ini telah berkembang dengan menggunakan teknologi nano.

Bionanokomposit merupakan generasi baru dari nanokomposit yang memanfaatkan bahan polimer alami dan bahan pengisi (*filler*) nanopartikel. Pengisi berskala nano menunjukkan perbaikan

sifat fisik dan mekanik (Avella 2009). Pemanfaatan *filler* nanopartikel ZnO banyak digunakan di bidang pangan karena aman, sumber suplemen Zn dan memiliki kemampuan antimikroba (Shi dan Gunasekaran 2008). Dengan kelebihan bionanokomposit maka membuka peluang aplikasinya sebagai *edible coating* pada buah-buahan.

Tren konsumsi buah yang berkembang di masyarakat saat ini adalah cenderung menginginkan buah - buahan yang cepat saji, segar, praktis dan berkualitas. Untuk memenuhi keinginan tersebut maka dikembangkan buah terolah minimal. Buah terolah minimal merupakan buah yang mengalami serangkaian perlakuan untuk menghilangkan bagian yang tidak dikonsumsi dan ukurannya diperkecil (Lee et al. 2003).

Mangga terolah minimal memiliki potensi tinggi untuk dipasarkan karena banyaknya permintaan konsumen terhadap makanan segar dan siap santap (Souza et al. 2006). Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian (Pusdatin) (2013) melaporkan produksi mangga nasional tahun 2012 - 2014 cenderung meningkat berkisar antara 2.1 - 2.3 juta ton. Namun pengolahan minimal tersebut menyebabkan penurunan mutu buah semakin cepat karena peningkatan respirasi, deteriorasi membran, kehilangan air dan aktivitas mikroba (Laurila dan Ahvenainen 2002; Rojas et al. 2009). Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh pelapis bionanokomposit dari tapioka dan NP-ZnO terhadap mutu mangga terolah minimal cv. Arumanis yang disimpan selama 12 hari pada suhu 8°C.

Bahan dan Metode

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan yaitu mangga cv. Arumanis diperoleh dari kelompok tani buah (desa Munjul, kecamatan Astanajapura, Cirebon) yang berumur sekitar 90 hari setelah berbunga, NP-ZnO ukuran partikel 20 ± 5 nm dari *Wako Pure Chemical Industries Ltd* (Jepang), tapioka diperoleh dari sentra industri kecil tapioka (desa Ciluar, kecamatan Bogor Utara, Bogor), NaCl diperoleh dari *Fisher Scientific*, CaCl₂, NaOH, media PCA diperoleh dari Merck. Peralatan yang digunakan yaitu *stirring hot plate* dari *Fisher Scientific*, *ultraturrax digital* IKA T-25, *textur analyzer* CT V1.2 Brookfield, *hand-held refractometer* Atago N1, *chromameter* Minolta CR-300, *analytical balance* Sartorius model BSA 224, CO₂ meter Lutron GCH.

Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan dalam dua tahap yaitu pembuatan larutan bionanokomposit dan aplikasi pelapisan bionanokomposit pada mangga terolah minimal. Pembuatan larutan bionanokomposit

dilakukan berdasarkan modifikasi metode dari Ma et al. (2009). NP-ZnO sebanyak 0, 1 dan 2% (b/b tapioka) ditambahkan ke dalam aquades (500 ml) dan didispersikan dengan *ultraturrax* 15000 rpm selama 10 menit. Sebanyak 10 g tapioka ditambahkan sedikit demi sedikit dan diaduk dengan *magnetic stirrer*. Larutan dipanaskan dan tetap diaduk hingga berwarna jernih dengan suhu berkisar 90°C selama 10 menit atau telah tergelatinisasi sehingga diperoleh larutan bionanokomposit dari tapioka + NP-ZnO 0%, 1% dan 2% (b/b tapioka).

Pembuatan mangga terolah minimal dilakukan secara aseptis untuk meminimalisir kontaminasi. Mangga cv. Arumanis dipanen ketika berumur sekitar 90 hari setelah pembuahan dan diseleksi dengan parameter tidak rusak fisik dan keseragaman berat (350 - 400 g). Kemudian mangga dicuci, dikupas dan dipotong bentuk kubus secara manual dengan ukuran 1.5 - 2 cm³. Potongan mangga direndam dalam larutan CaCl₂ 1% selama 5 menit dan ditiriskan. Pelapisan dilakukan dengan mencelupkan potongan mangga ke dalam larutan bionanokomposit selama 30 detik dan dikeringanginkan. Selanjutnya mangga terolah minimal tersebut dikemas dalam PET *plastic tray* ukuran 11 x 8 cm. Untuk meminimalisir terjadinya kontaminasi, mangga terolah minimal dimasukkan pada *box* plastik dan disimpan pada ruangan pendingin yang bersuhu 8°C. Pengamatan dilakukan setiap 3 hari hingga hari ke-12.

Parameter Pengamatan

Karakteristik fisik (*susut bobot, kekerasan, browning index*)

Sampel mangga ditimbang untuk mengetahui susut bobotnya selama penyimpanan pada hari ke 0, 3, 6, 9 dan 12. Rumus yang digunakan untuk menghitung susut bobot adalah sebagai berikut (Nongtaodum dan Jangchud 2009):

$$\% \text{ susut bobot} = \frac{\left(\text{massa pada awal penyimpanan} - \text{massa pada akhir penyimpanan} \right)}{\text{massa pada awal penyimpanan}} \times 100\% \quad (1)$$

Kekerasan mangga diukur menggunakan instrument *texture analyzer* dengan *probe* tipe TA 39, *load cell* 4500 g (Nongtaodum dan Jangchud 2009). Pengukuran kekerasan dilakukan pada tengah bidang mangga yang berbentuk kubus (1.5 - 2 cm³). Kekerasan sampel diperoleh dari nilai maksimum yang tercatat selama pengukuran.

Karakteristik warna diuji menggunakan *chromameter* untuk menentukan nilai L* (kecerahan), a* (kemerahan) dan b* (kekuningan) dengan sistem CIE. Parameter warna mangga terolah minimal diukur sebagai indeks pencoklatan (*browning index*) dengan rumus sebagai berikut (Ergunes dan Tarhan 2006):

Tabel 1. Karakteristik fisik mangga terolah minimal selama penyimpanan (8°C).

Perlakuan	Susut bobot (%)				
	Hari ke-0	Hari ke-3	Hari ke-6	Hari ke-9	Hari ke-12
K	0 a	0.63 ± 0.46 b	2.02 ± 0.69 a	4.21 ± 0.28 a	5.69 ± 0.38 a
Z ₀	0 a	0.66 ± 0.13 b	1.09 ± 0.30 b	2.10 ± 0.13 b	3.46 ± 0.19 b
Z ₁	0 a	0.51 ± 0.19 b	1.21 ± 0.49 ab	2.02 ± 0.28 b	3.00 ± 0.44 b
Z ₂	0 a	1.75 ± 0.19 a	2.05 ± 0.22 a	1.97 ± 0.50 b	2.93 ± 0.34 b
	Kekerasan (N)				
	Hari ke-0	Hari ke-3	Hari ke-6	Hari ke-9	Hari ke-12
K	0.27 ± 0.01 a	0.23 ± 0.01 a	0.18 ± 0.01 a	0.16 ± 0.01 a	0.16 ± 0.01 b
Z ₀	0.26 ± 0.01 a	0.22 ± 0.01 a	0.18 ± 0.01 a	0.18 ± 0.01 a	0.16 ± 0.01 ab
Z ₁	0.26 ± 0.01 a	0.22 ± 0.01 a	0.18 ± 0.01 a	0.18 ± 0.01 a	0.16 ± 0.01 ab
Z ₂	0.27 ± 0.01 a	0.23 ± 0.01 a	0.18 ± 0.01 a	0.18 ± 0.01 a	0.17 ± 0.01 a
	Browning index				
	Hari ke-0	Hari ke-3	Hari ke-6	Hari ke-9	Hari ke-12
K	157.81 ± 12.71 a	150.69 ± 18.27 a	150.06 ± 16.36 a	154.71 ± 17.31 a	185.51 ± 17.83 a
Z ₀	136.38 ± 7.80 ab	139.06 ± 6.14 ab	132.91 ± 11.40 a	140.63 ± 7.12 a	177.71 ± 23.10 a
Z ₁	138.89 ± 19.85 ab	140.55 ± 8.46 ab	133.62 ± 14.91 a	139.99 ± 7.82 a	176.34 ± 11.32 a
Z ₂	122.47 ± 5.34 b	126.70 ± 2.44 b	139.98 ± 28.14 a	139.51 ± 13.47 a	175.62 ± 12.36 a

Keterangan: Perbedaan huruf menunjukkan berbeda nyata pada hari pengamatan yang sama. (K) kontrol, (Z₀) tapioka + NP-ZnO 0% (b/b tapioka), (Z₁) tapioka + NP-ZnO 1% (b/b tapioka), (Z₂) tapioka + NP-ZnO 2% (b/b tapioka).

$$\text{Browning index} = \frac{(100(x - 0.31))}{0.17} \quad (2)$$

$$\text{dimana } x = \frac{(a + 1.75L)}{(5.645L + a - 3.012b)}$$

Karakteristik Kimia (total asam dan total padatan terlarut)

Total asam dihitung dari jumlah volume NaOH 0.1 N yang dibutuhkan untuk mentitrasi 10 g sampel mangga terlarut dalam 100 ml aquades (AOAC 1984). Indikator yang digunakan adalah fenolftalin. Total asam dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Total Asam} = \frac{(V \times N \times Fp)}{W} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana:

V = Volume titrasi (ml NaOH)

N = Normalisasi NaOH

Fp = Faktor pengencer

W = Berat sampel.

TPT (total padatan terlarut) diperoleh dengan cara menghancurkan sampel mangga dan meneteskan beberapa tetes air perasan sampel di atas lempeng kaca alat *hand-held refractometer*. Pembacaan skala pada garis batas antara sisi gelap dan sisi terang menunjukkan total padatan terlarut sampel dengan satuan °Brix.

Laju produksi CO₂

Laju respirasi dihitung berdasarkan gas CO₂

yang dihasilkan menggunakan CO₂ meter secara *closed system*. Sebanyak 500 g dimasukkan dalam wadah volume 3310 ml dan ditutup sedemikian rupa untuk mencegah kebocoran gas. Rumus yang digunakan untuk menghitung laju produksi CO₂ adalah sebagai berikut (Marpaung *et al.* 2015):

$$R = \frac{dx}{dt} \times \frac{V}{W} \quad (4)$$

Dimana:

R = laju respirasi (ml CO₂/kg.jam)

x = konsentrasi gas CO₂ (%)

t = waktu (jam)

V = volume bebas (mL)

W = berat sampel (kg)

Total Mikroba

Jumlah total mikroba ditentukan dengan menggunakan metode *pour plate*. Sebanyak 25 g sampel dihomogenisasi dengan 225 ml NaCl 0.8% dan diencerkan secara bertahap hingga 10 kali pengenceran. Sebanyak 1 ml sampel dimasukkan ke dalam cawan petri steril berisi media PCA kemudian diinkubasi pada 37°C selama 48 jam. Jumlah mikroba dihitung sebagai log cfu/gr (BAM 1995).

Analisis Statistik

Desain percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap dengan tiga kali ulangan. Parameter mutu yang diamati yaitu susut bobot, kekerasan, *browning index*, total asam dan total

padatan terlarut, laju produksi CO₂, dan total mikroba. Data dianalisis dengan analisis sidik ragam ($\alpha = 5\%$) dan dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*).

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Fisik

Susut bobot mangga terolah minimal cenderung meningkat selama penyimpanan. Analisis sidik ragam ($\alpha = 5\%$) menunjukkan bahwa semua perlakuan pelapis bionanokomposit berbeda nyata dibandingkan kontrol pada penyimpanan hari ke-9 dan ke-12 (Tabel 1). Perubahan susut bobot tertinggi dan terendah selama penyimpanan masing-masing terjadi pada kontrol dan Z₂ (tapioka + NP-ZnO 2%). Lin dan Zhao (2007) menyatakan bahwa pemberian *edible coating* pada buah dan sayur dapat menghambat pertukaran gas sehingga dapat menekan perubahan susut bobot. Tapioka dapat berfungsi sebagai *barrier* terhadap gas yang baik tetapi sifat hidrofilik membuatnya memiliki kemampuan penghambat uap air yang rendah. Proses respirasi sangat mempengaruhi susut bobot karena menyumbang hilangnya air melalui proses perombakan senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu CO₂ dan H₂O. Selain itu, konsentrasi NP-ZnO yang ditambahkan juga dapat menekan terjadinya susut bobot. Keberadaan *filler* NP-ZnO berfungsi sebagai *barrier* fisik bagi uap air dan gas. Dengan adanya pengisi dalam skala nanometer pada matriks polimer maka perpindahan uap air dan gas menjadi semakin sulit. Terbukti pada hasil penelitian, semakin tinggi konsentrasi NP-ZnO maka nilai susut bobot semakin rendah. Hasil tersebut sesuai dengan Sabarisman et al (2015) bahwa pelapisan bionanokomposit dari pektin + NP-ZnO 2% (b/b pektin) + asam stearat 1% pada salak pondoh memberikan pengaruh signifikan terhadap perubahan susut bobot sejak hari ke-5 penyimpanan dibandingkan kontrol.

Kekerasan mangga terolah minimal cenderung menurun selama penyimpanan (Tabel 1). Nilai rata-rata kekerasan mangga terolah minimal yaitu 0.16 hingga 0.27 (N). Hasil tersebut sesuai dengan Sothornvit dan Rodsamran (2010) yaitu kekerasan mangga terolah minimal yang diberi perlakuan *wrap film* mangga dan pengemas atmosfer termodifikasi selama 6 hari adalah 0.10 - 0.35 N. Perubahan kekerasan tertinggi dan terendah masing-masing terjadi pada kontrol dan Z₂ (tapioka + NP-ZnO 2%). Chatanawarangoon (2000) berpendapat bahwa berkurangnya kekerasan pada mangga terolah minimal pada penyimpanan 5°C disebabkan oleh pelepasan air. Kandungan air yang rendah menyebabkan penurunan tekanan turgor sehingga ketegaran dan kekerasan buah menurun. Pada proses pematangan buah, pektin yang tidak larut (protopektin) berubah menjadi pektin yang

larut air (Muchtadi et al. 2010). Selain itu, enzim protopektinase yang disekresikan bakteri dapat mempercepat perombakan protopektin sehingga jaringan menjadi lunak. Pelapisan bionanokomposit semua perlakuan dapat menghambat proses pelunakan selama penyimpanan. Analisis sidik ragam ($\alpha = 5\%$) menunjukkan bahwa perlakuan bionanokomposit tapioka 2 g + NP-ZnO (2% b/b tapioka) berbeda nyata dibandingkan kontrol hanya pada hari ke-12. Diduga pengaruh penghambatan pelunakan mangga oleh pelapisan bionanokomposit masih belum dapat mengimbangi proses pelunakan yang disebabkan oleh banyak faktor diantaranya proses pematangan, respirasi, aktivitas mikroba serta proses transpirasi mangga terolah minimal.

Browning index mangga terolah minimal cenderung meningkat selama penyimpanan (Tabel 1). Perubahan *browning index* tertinggi dan terendah masing-masing terjadi pada kontrol dan Z₂ (tapioka + NP-ZnO 2%). Analisis sidik ragam ($\alpha = 5\%$) menunjukkan bahwa perlakuan bionanokomposit tapioka 2 g + NP-ZnO (2% b/b tapioka) berbeda nyata dibandingkan kontrol pada hari ke-0 dan ke-3. Pelapis bionanokomposit dapat berfungsi sebagai *barrier* gas yang mampu menghambat terjadinya reaksi *browning* enzimatis. Li et al. (2011) menemukan hal yang serupa bahwa penyimpanan apel fuji terolah minimal dalam kemasan + NP-ZnO secara signifikan mengurangi aktivitas polifenol oksidase dan *browning index* dibandingkan kontrol. *Browning* enzimatis diakibatkan oleh oksidasi polifenol dan dikatalisa enzim polifenol oksidase sehingga terbentuk senyawa melanin yang berwarna coklat. Pengupasan dan pemotongan pada mangga dapat memperluas kontak buah dengan oksigen sehingga aktifitas enzim fenolase semakin meningkat. Oksigen dapat berinteraksi dengan polifenol bila terdapat sel atau jaringan yang terbuka.

Karakteristik Kimia

TPT menggambarkan total gula dan asam organik yang terkandung dalam bahan sehingga dapat digunakan untuk menilai kemanisan buah. Pada Tabel 2 terlihat kandungan TPT mangga terolah minimal cenderung meningkat selama penyimpanan akibat proses respirasi yang tetap berlangsung. Perlakuan bionanokomposit dapat menekan perubahan TPT selama penyimpanan. Senyawa-senyawa kompleks seperti pati dirombak menjadi gula-gula sederhana selama penyimpanan sehingga rasa buah menjadi semakin manis. Pendapat lain menyatakan bahwa kenaikan TPT selama penyimpanan disebabkan oleh kehilangan air (Hermandz-Munoz et al. 2008). TPT mangga terolah minimal semua perlakuan tidak berbeda nyata hingga akhir penyimpanan pada uji sidik ragam ($\alpha = 5\%$).

Total asam mangga terolah minimal cenderung menurun selama penyimpanan (Tabel 2). Perlakuan

Tabel 2. Karakteristik kimia mangga terolah minimal selama penyimpanan (8°C)..

Perlakuan	Total padatan terlarut (° Brix)				
	Hari ke-0	Hari ke-3	Hari ke-6	Hari ke-9	Hari ke-12
K	12.20 ± 0.35 a	12.23 ± 0.38 a	12.47 ± 0.50 a	12.80 ± 0.35 a	13.00 ± 0.50 a
Z ₀	12.17 ± 0.15 a	12.27 ± 0.31 a	12.37 ± 0.21 a	12.60 ± 0.26 a	12.80 ± 0.17a
Z ₁	12.33 ± 0.29 a	12.40 ± 0.36 a	12.50 ± 0.50 a	12.67 ± 0.29 a	12.97 ± 0.06 a
Z ₂	12.33 ± 0.29 a	12.37 ± 0.32 a	12.43 ± 0.38 a	12.60 ± 0.10 a	12.83 ± 0.29 a

Perlakuan	Total asam (%)				
	Hari ke-0	Hari ke-3	Hari ke-6	Hari ke-9	Hari ke-12
K	0.74 ± 0.02 a	0.66 ± 0.04 a	0.63 ± 0.04 a	0.62 ± 0.03 a	0.54 ± 0.06 a
Z ₀	0.76 ± 0.02 a	0.69 ± 0.03 a	0.67 ± 0.03 a	0.66 ± 0.05 a	0.55 ± 0.01 a
Z ₁	0.76 ± 0.02 a	0.69 ± 0.04 a	0.68 ± 0.03 a	0.66 ± 0.03 a	0.56 ± 0.04 a
Z ₂	0.74 ± 0.01 a	0.68 ± 0.03 a	0.66 ± 0.03 a	0.65 ± 0.03 a	0.55 ± 0.02 a

Keterangan: Perbedaan huruf menunjukkan berbeda nyata pada hari pengamatan yang sama. (K) kontrol, (Z₀) tapioka + NP-ZnO 0% (b/b tapioka), (Z₁) tapioka + NP-ZnO 1% (b/b tapioka), (Z₂) tapioka + NP-ZnO 2% (b/b tapioka).

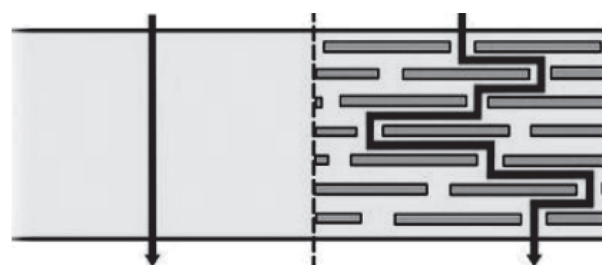
bionanokomposit dapat menekan perubahan total asam selama penyimpanan. Penurunan total asam disebabkan oleh penggunaan asam-asam organik sebagai substrat respirasi. Fenomena penurunan ini sesuai dengan Setiasih (1999) menyatakan bahwa selama penyimpanan asam-asam organik pada salak pondoh berpelapis pektin bermetoksil rendah (LMP) digunakan dalam siklus kreb. Asam-asam organik merupakan cadangan energi bagi buah dan dapat menurun selama peningkatan aktivitas metabolisme saat proses pematangan. Perubahan total asam juga dipengaruhi oleh aktivitas mikroba yang merombak komponen buah buah menjadi produk hasil fermentasi seperti asam laktat, etanol, CO₂ dan asam - asam organik. Namun peristiwa tersebut pada penelitian ini tidak terlihat, diduga konsentrasi asam yang dihasilkan oleh mikroba secara anaerob tidak lebih besar dibandingkan total asam yang digunakan sebagai substrat respirasi. Adanya NP-ZnO juga dapat menghambat pertumbuhan mikroba. Pada hasil penelitian menunjukkan bahwa total asam mangga terolah minimal semua perlakuan tidak berbeda nyata hingga akhir penyimpanan pada uji sidik ragam ($\alpha = 5\%$).

Laju Produksi CO₂

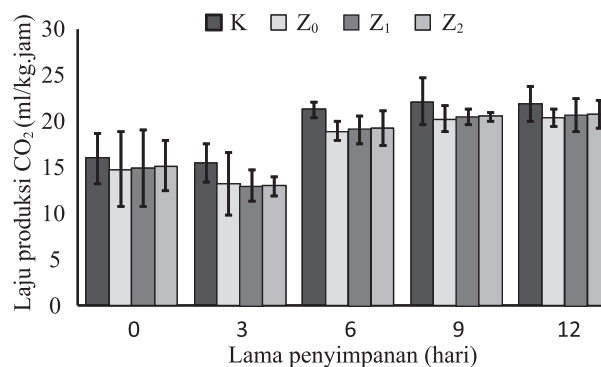
Pada penelitian ini respirasi diamati melalui laju produksi CO₂. Laju produksi CO₂ mangga terolah minimal cenderung meningkat selama penyimpanan (Gambar 1). Jumlah gas yang kontak dengan buah merupakan hal yang sangat penting dalam dalam rangka mempertahankan mutu dan umur simpan buah. Perlakuan bionanokomposit dapat menekan perubahan laju produksi CO₂ selama penyimpanan. Tapioka memiliki *barrier* yang baik terhadap gas O₂ dan CO₂ (Garnida 2006). Selain itu, adanya pengisi NP-ZnO menyebabkan transmisi gas menjadi semakin sulit akibat adanya mekanisme

jalur yang berliku dan semakin panjang (Duncan 2011). Mekanisme jalur yang berliku diakibatkan oleh keberadaan oleh partikel berukuran nano yang terjat di dalam matriks polimer sehingga meningkatkan sifat *barrier* terhadap gas (Gambar 1).

Penambahan NP-ZnO juga memiliki kemampuan antimikroba sehingga mampu menekan pertumbuhan mikroba khususnya cendawan. Adanya mikroba dapat berpengaruh terhadap



Gambar 1. Ilustrasi perbaikan *barrier* bionanokomposit (Duncan 2011).



Gambar 2. Laju produksi CO₂ mangga terolah minimal selama penyimpanan (8°C). Keterangan: (K) kontrol, (Z₀) tapioka + NP-ZnO 0% (b/b tapioka), (Z₁) tapioka + NP-ZnO 1% (b/b tapioka), (Z₂) tapioka + NP-ZnO 2% (b/b tapioka).

Tabel 3. Total mikroba mangga terolah minimal selama penyimpanan (8°C).

Perlakuan	Total mikroba (log cfu/g)				
	Hari ke-0	Hari ke-3	Hari ke-6	Hari ke-9	Hari ke-12
K	3.03 ± 0.16 a	4.20 ± 0.06 a	5.38 ± 0.04 a	8.37 ± 0.13 a	11.03 ± 0.04 a
Z ₀	3.02 ± 0.15 a	4.12 ± 0.06 a	5.41 ± 0.04 a	8.38 ± 0.11 a	11.06 ± 0.05 a
Z ₁	3.01 ± 0.16 a	3.87 ± 0.03 b	4.94 ± 0.02 b	7.92 ± 0.10 b	10.72 ± 0.11 b
Z ₂	3.02 ± 0.16 a	3.73 ± 0.11 b	4.84 ± 0.02 c	7.77 ± 0.17 b	10.56 ± 0.02 b

Keterangan: Perbedaan huruf menunjukkan berbeda nyata pada hari pengamatan yang sama. (K) kontrol, (Z₀) tapioka + NP-ZnO 0% (b/b tapioka), (Z₁) tapioka + NP-ZnO 1% (b/b tapioka), (Z₂) tapioka + NP-ZnO 2% (b/b tapioka).

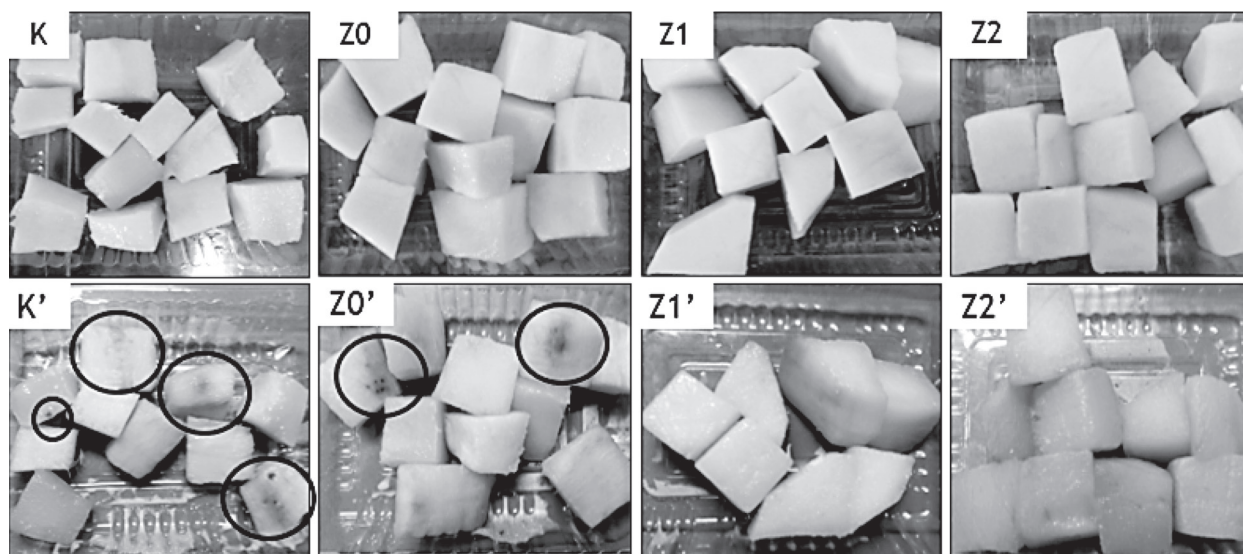
pengukuran peningkatan laju produksi CO₂ akibat dari hasil respirasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju produksi CO₂ mangga terolah minimal yang dilapisi bionanokomposit cenderung lebih rendah namun tidak signifikan hingga akhir penyimpanan pada uji sidik ragam ($\alpha = 5\%$).

Total Mikroba

Batas cemaran mikroba pada buah-buahan yaitu sebesar 5.00 log cfu/g (BPOM 2009). Total mikroba pada semua perlakuan meningkat selama penyimpanan (Tabel 3). Analisis sidik ragam ($\alpha = 5\%$) menunjukkan bahwa perlakuan Z₁ dan Z₂ (tapioka + NP-ZnO 1 dan 2%) berbeda nyata dibandingkan kontrol dan Z₀ (tapioka + NP-ZnO 0%) pada hari ke-3 hingga ke-12. Pada pengamatan hari ke-6 perlakuan Z₁ dan Z₂ memiliki cemaran mikroba yang masih di bawah ambang batas aman dikonsumsi. Sedangkan pada perlakuan kontrol dan Z₀ telah mencapai ambang batas cemaran mikroba. Jumlah total mikroba tertinggi dan terendah selama penyimpanan masing - masing terjadi pada kontrol dan Z₂ (tapioka + NP-ZnO 2%).

Perlakuan Z₁ dan Z₂ dapat menekan pertumbuhan mikroba selama penyimpanan. Hal ini disebabkan filler NP-ZnO bionanokomposit yang memiliki kemampuan antimikroba. Gambar

2 memperlihatkan perbandingan mangga terolah minimal pada awal (hari ke-0) dan akhir penyimpanan (hari ke-12). Pada akhir penyimpanan beberapa koloni mikroba terlihat dengan jelas pada permukaan buah kontrol dan Z₀ yang ditandai dengan bercak gelap. Corbo *et al.* (2010) menyatakan bahwa mikroflora yang berpotensi terdapat pada buah potong diantaranya bakteri (seperti *Pseudomonas*, *Erwinia*, *Enterobacter*, *Lactobacillus spp.*), fungi (*Rhizopus*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Eurotium*, *Wallemia*), yeast (*Saccharomyces*, *Zygosaccharomyces*, *Hanseniaspora*, *Candida*, *Debaryomyces*, *Pichia*), virus dan parasit. Beberapa mekanisme aktivitas antimikroba NP-ZnO yang telah dilaporkan diantaranya dengan akumulasi NP-ZnO dalam intraseluler, merusak membran sel bakteri, produksi H₂O₂ dan dengan merilis ion Zn²⁺. NP-ZnO melakukan penetrasi ke dalam sel bakteri melalui lubang atau tonjolan pada membran sel yang menyebabkan dinding sel terganggu dan rusak sehingga sel menjadi lisis serta menghasilkan produk sekunder (misalnya *reactive oxygen species* (ROS) atau ion-ion logam berat terlarut yang menyebabkan kerusakan (Yusef dan Danial 2012). Pendapat lain menyebutkan bahwa mekanisme antimikroba dapat dilihat dari interaksi ZnO nano dengan gugus fosfor dalam DNA, mengakibatkan



Gambar 3. Perbandingan mangga terolah minimal pada hari ke-0 (K, Z₀, Z₁, Z₂) dan hari ke-12 (K', Z₀', Z₁', Z₂').

inaktivasi DNA replikasi, bereaksi dengan sulfur yang mengandung protein, sehingga menyebabkan penghambatan fungsi enzim pada bakteri (Arabi *et al.* 2012).

Simpulan

Pelapis bionanokomposit dibuat dengan memanfaatkan tapioka dan ZnO nanopartikel. Pelapisan bionanokomposit mampu menekan perubahan susut bobot, kekerasan, indeks pencoklatan, total asam, total padatan terlarut dan respirasi. Selain itu, pada pengamatan hari ke-6 perlakuan pelapis bionanokomposit dari tapioka + nanopartikel ZnO 1 dan 2% memiliki cemaran mikroba yang masih di bawah ambang batas aman dikonsumsi ($5.70 \log \text{ cfu/g}$) yaitu masing - masing 4.94 ± 0.02 dan $4.84 \pm 0.02 \log \text{ cfu/g}$. Sedangkan pada perlakuan kontrol dan pelapisan tapioka + nanopartikel ZnO 0% hampir mencapai ambang batas cemaran mikroba yaitu masing - masing 5.38 ± 0.04 dan 5.41 ± 0.04 . Penghambatan penurunan mutu terbaik dimiliki oleh mangga terolah minimal dengan pelapisan Z₂ (tapioka + nanopartikel ZnO 2%).

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada Balai Besar Litbang Pascapanen yang telah memfasilitasi serta membiayai penelitian ini melalui program Konsorsium Agro-Nanoteknologi Indonesia 2014/2015.

Daftar Pustaka

- Arabi, F., M. Imandar, M. Negahdary, M. Imandar, M.T. Noughabi, H. Akbari-dastjerdi, M. Fazilati. 2012. Investigation anti-bacterial effect of zinc oxide nanoparticles upon life of *Listeria monocytogenes*. *Annals of Biological Research* 7: 3679 - 3685.
- Avella, M., A. Buzarovska, M.E. Errico, G. Gentile, A. Grozdanov. 2009. Eco-challenges of bio-based polymer composites. *Materials*. 2: 911 - 925.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan. 2009. Penetapan batas maksimum cemaran mikroba dan kimia dalam makanan. Jakarta (ID): Kementerian Kesehatan.
- Chantanawaragoon, S. 2000. Quality maintenance of fresh-cut mango cubes. (Thesis). Department of Food Science, University of California. Davis.
- Corbo, M.R., B. Speranza, D. Campaniello, D.D. Amato, M. Sinigaglia. 2010. Fresh-cut fruits preservation: current status and emerging technologies. *Formatex*: 1143 - 1154.
- Duncan, T.V. 2011. Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: barrier materials, antimicrobials and sensors. *Journal of Colloid and Interface Science*. 363: 1 - 24.
- Garnida, Y. 2006. Pembuatan bahan edibel coating dari sumber karbohidrat, protein dan lipid untuk aplikasi pada buah terolah minimal. *Infomatek*. 8 (4): 207 - 222.
- Hernandez-Munoz, P., E. Almenar, V.D. Valle, D. Velez and R. Gavara. 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragar ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*. 110 (2): 428 - 435.
- Laurila, E. dan R. Ahvenainen. 2002. Minimal processing in practice fresh fruits and vegetables. (GB): Woodhead Publishing Limited.
- Lee, J.Y., H.J. Park, C.Y. Lee, W.Y. Choi. 2003. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*. 36: 323 - 329.
- 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 Technology*. 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.
- Marpaung, M., U. Ahmad, N.E. Suyatma. 2015. Pelapis Nanokomposit untuk Pengawetan Salak Pondoh Terolah Minimal. *Jurnal Keteknik Pertanian*. 3: 73 - 80.
- Muchtadi, T.R., Sugiyono, F. Ayustaningwarno. 2010. Ilmu pengetahuan bahan pangan. Bogor (ID): Alfabeta.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2013. Buletin bulanan indikator makro sektor pertanian. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian.
- Rojas, M.A., R. Soliva-Fortuny, O. Mart. 2009. Edible coatings to incorporate active ingredients to freshcut. *Trends in Food Science & Technology*. 20: 1 - 10.
- Sabarisman, I., N.E. Suyatma, U. Ahmad, F.M. Taqi. 2015. Aplikasi Nanocoating Berbasis Pektin dan Nanopartikel ZnO untuk Mempertahankan Kesegaran Salak Pondoh. *Jurnal Mutu Pangan*. 2 (1): 50 - 56.
- Setiasih, I.S. 1999. Kajian perubahan mutu salak pondoh dan mangga arumanis terolah minimal berlapis film edibel selama penyimpanan. (Disertasi). Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Bogor.
- Shi, L., S. Gunasekaran. 2008. Preparation of pectin-ZnO nanocomposite. *Nanoscale Research Letters*. 3: 491- 495.

- Sothornvit, R. dan P. Rodsamran. 2008. Effect of a mango film on quality of whole and minimally processed mangoes. *Postharvest Biology and Technology*. 47: 407 - 415.
- Souza, B.S.D., T.J. O'Hare, J.F. Durigan, P.S. Souza. 2006. Impact of atmosphere, organic acids, and calcium on quality of fresh-cut *Kensington* mango. *Postharvest Biology and Technology*. 42 (2): 161 - 167.
- Yousef, J.M. dan E.N. Dania. 2012. In vitro antibacterial activity and minimum inhibitory concentration of zinc oxide and nano-particle zinc oxide against pathogenic strains. *Journal of Health Sciences*. 2 (4): 38 - 42.