

EFIKASI PROPOLIS LEBAH *Trigona* sp. SEBAGAI BAHAN *EDIBLE COATING* UNTUK PERLINDUNGAN PASCA PANEN BUAH PISANG AMBON LUMUT (*Musa acuminata* L.)

Efficacy of Bee Propolis Trigona sp.as Edible Coating Materials for Post-Harvest Protection of Ambon Lumut Banana (Musa acuminata L.)

Imam Fathurrahman^{1)*}, Ramadhani Eka Putra^{1)*}

¹⁾ Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesha No. 10 Bandung 40132 Indonesia

*E-mail: imamf25@gmail.com, ramadhani@sith.itb.ac.id

ABSTRACT

*This study aimed to determine the efficiency of the use of propolis as a biocoating for post-harvest bananas in order to extend shelf life. This study used local banana that typical in Indonesia, Moss banana (*Musa acuminata*) and the propolis bee *Trigona laeviceps*, which is also produced by local agriculture, with a concentration of application 5%, 10%, 15%, coating using 70% ethanol as a positive control, and bananas without coating as a negative control. Observation parameters that measured are weight loss, pulp to peel ratio, size, color, fruit temperature, cell death, fruit firmness, total soluble solid (TSS), sucrose content, vitamin C, and potassium content on days 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 and 21 after coating. The results showed that coating using 5% propolis significantly extend the shelf life compared to the control by slowing the increase in fruit maturity index (color), weight loss, size loss, pulp to peel ratio, fruit temperature, pulp softening, and increased levels of vitamin C. Treatment process itself does not have a significant effect on changes in the value of TSS and sucrose during the storage period.*

Keywords: *propolis, moss banana, post-harvest protection.*

PENDAHULUAN

Buah pisang merupakan salahsatu komoditas hortikultura yang melimpah di Indonesia dimana Indonesia memproduksi sebanyak 6,2% total produksi pisang dunia dan 50% produksi pisang Asia. Dibandingkan dengan komoditas buah-buahan lain pun produksi pisang di Indonesia merupakan komoditas dengan hasil tertinggi (Suyanti dan Supriyadi, 2008). Akan tetapi produk pisang Indonesia kurang dikenal secara meluas dan bersifat lokal karena buah ini mudah sekali rusak dan memiliki umur simpan relatif singkat. Salah satu dugaan mengapa buah pisang sangat mudah rusak adalah karena sifat buah pisang yang merupakan buah klimakterik (Giovannoni, 2004). Buah klimakterik merupakan buah yang mengalami pematangan akibat pengaruh dari sintesis etilen. Pada buah klimakterik, etilen

memiliki peran yang sangat penting dalam proses pematangan dimana peningkatan produksi etilen yang masif menginisiasi dimulainya periode klimakterik (Karmawan *et al.*, 2009; Liu, 1999). Perubahan fisik pada buah pisang akibat proses pematangan dapat dilihat dan dirasakan secara langsung seperti perubahan warna kulit buah hijau menjadi kuning, penurunan ukuran buah, penyusutan berat, serta penurunan kekerasan buah karena dinding sel buah mengalami perombakan oleh enzim (Ding, 2008). Selain perubahan fisik, terjadi juga perubahan kimia pada buah pisang berupa perubahan pati menjadi gula (glukosa, sukrosa, dan fruktosa), asam organik, dan aroma oleh senyawa volatile (Marriot, 1980; Moser *et al.*, 2009).

Berdasarkan sifat ini maka salah satu cara yang dapat digunakan untuk

meningkatkan umur simpan buah pisang adalah menurunkan pengaruh dari gas etilen, antara lain dengan menggunakan pelapis pada bagian kulit buah. Beberapa senyawa alami memiliki potensi untuk diaplikasikan, salah satunya adalah propolis. Propolis merupakan produk yang dihasilkan oleh lebah madu dari campuran madu, lilin, serbuk sari, dan resin dari tumbuhan. Lilin yang terdapat dalam propolis merupakan komponen lipid yang dapat dijadikan sebagai *edible coating* karena dapat mencegah penguapan air, mengurangi kerusakan permukaan, dan mengendalikan komponen gas dalam buah (Corbo *et al.*, 2015). Propolis memiliki sifat sebagai perekat dan dapat mengisi bagian sarang lebah yang mengalami keretakan (Marcucci, 1995). Hal inilah yang kemudian dapat dimanfaatkan dimana propolis dapat menutupi pori-pori permukaan buah sehingga mengurangi laju respirasi buah. Selain itu propolis merupakan antibiotik alami karena kemampuan antimikrobanya. Senyawa aktif pinocembrin, galangin, asam kafeat, dan asam ferulat dapat memberikan efek antibakteri (Marcucci, 1995).

Tujuan penelitian ini adalah menentukan efisiensi penggunaan propolis sebagai *edible coating* pada buah pisang ambon lumut (*M. acuminata*) guna memperpanjang umur simpan buah berdasarkan sekuens perubahan parameter berat susut, ukuran, warna, temperatur buah, kematian sel, kekerasan buah, *pulp to peel ratio*, *total soluble solid*, sukrosa, vitamin C, dan kalium buah pisang selama masa simpan.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kamera digital *sony* DSC-H200 untuk mendokumentasikan perubahan warna kulit pisang sebagai pengukuran indeks kematangan, timbangan digital analitik untuk

mengukur susut berat dan *peel to pulp ratio*, cutter untuk memotong sampel, jangka sorong digital *Mitulyo* untuk mengukur diameter pisang, *firmness tester* N.O.W No 510-1 FHR-1 1kg dengan tips diameter 12mm x 10 mm kerucut, untuk mengukur kekerasan buah, termometer tipe tusuk dan tipe *infrared* VinMed untuk mengukur temperatur buah, refraktometer *Milwaukee* ma871 untuk mengukur sukrosa, refraktometer *Atago* 0-95% untuk mengukur TSS, blender untuk menghaluskan sampel, perangkat titrasi iodometri (buret, statif, labu Erlenmeyer, gelas ukur, pipet), sinar UV merk UVP B100AP 365nm untuk mengukur pendaran, mesin *shaker* untuk maserasi, data logger recorder untuk merekam suhu harian ruang penyimpanan, dan mesin rotavapor *Buchi* untuk ekstraksi.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah pisang ambon lumut *M. acuminata*, crude propolis, propilen glikol, etanol 70%, kertas saring, aluminium foil, akuades, H₂SO₄ 0,1 M, kertas saring, labu ukur 100 ml, amilum 1%, iodin 0.1 N.

Tahapan Penelitian

Penyiapan buah pisang

Sebanyak 140 jari buah pisang Ambon Lumut dengan indeks kematangan 1 (hijau) dipilih dari sisir ke 1 dan 2 dari setiap pangkal tandan kemudian dibagi kedalam beberapa kelompok pengujian. Kelompok pertama (A) untuk kelompok kontrol negatif, kelompok kedua (B) untuk perlakuan *coating* dengan propolis 5% w/v, kelompok ketiga (C) untuk perlakuan *coating* dengan propolis 10% w/v, kelompok keempat (D) untuk perlakuan *coating* dengan propolis 15% w/v, dan kelompok perlakuan terakhir (E) untuk perlakuan *coating* dengan etanol 70% v/v masing-masing terdiri atas 21 buah. Dipersiapkan pula 15 buah pisang untuk pengujian parameter awal, 5 buah pisang untuk pengujian kadar kalium awal, dan

15 buah pisang untuk pengujian kadar kalium akhir dengan pembagian 3 buah pisang setiap perlakuan. Setiap buah kemudian diberi label.

Ekstraksi propolis

Metode ekstraksi yang digunakan adalah ekstraksi maserasi (Margaretha *et al.*, 2012) dengan sedikit modifikasi. Propolis mentah dicuci dengan air mengalir kemudian dipotong hingga menjadi bagian-bagian kecil dalam bentuk dadu lalu dicuci kembali untuk membersihkan polen, jasad lebah, dan pengotor lainnya. Propolis yang telah dibersihkan kemudian dilarutkan bersama etanol 70% (v/v) dengan perbandingan propolis:etanol 1:10 (w/v). Larutan yang diperoleh, sebanyak 150 ml, kemudian dimasukkan kedalam labu Erlenmeyer 250 ml dan dimaserasi diatas *shaker* 200 rpm selama \pm 72 jam. Hasil maserasi kemudian disaring dengan kertas saring Whatmann no.1. Supernatan yang didapat kemudian di evaporasi dengan Rotavapor Buchi R kemudian rendemen yang dihasilkan diambil, dikumpulkan, dan disimpan dalam *freezer*. Sedangkan *pellet* yang didapat dari proses penyaringan kembali dilarutkan bersama etanol dengan proses yang sama berulang hingga menghasilkan supernatan dengan warna yang tidak pekat.

Pembuatan larutan propolis coating

Rendemen propolis ditimbang sebanyak 25g untuk larutan propolis 5% w/v, 50g untuk larutan propolis 10% w/v, dan 75g untuk larutan propolis 15% w/v. Rendemen 25 g dilarutkan bersama 475 ml propilen glikol, rendemen 50 g dilarutkan bersama 450 ml propilen glikol, dan rendemen 75 g dilarutkan bersama 425 ml propilen glikol.

Perlakuan dan Pengamatan

Buah dicelupkan satu persatu ke dalam larutan pelapis kemudian mengangkatnya setelah seluruh bagian buah terselimuti oleh larutan propolis

maupun etanol. Buah yang telah dilapis kemudian disimpan dalam kotak buah berrongga pada temperatur ruang yaitu 25-27°C. Total lama penyimpanan adalah 21 hari dimana setiap 3 hari dilakukan pengamatan dan pengukuran parameter fisika-kimia.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL). Penelitian ini menggunakan 5 perlakuan uji yaitu uji control, uji *coating* propolis 5%, 10%, 15%, dan uji kontrol positif. Ulangan yang dilakukan sebanyak 3 kali pada setiap perlakuan yang dilakukan selama 7 hari uji selama 21 hari (1 kali uji setiap 3 hari) sehingga terdapat 105 unit percobaan.

Pengolahan data dilakukan dengan *software* SPSS untuk analisis varians *One-way ANOVA* dengan tingkat signifikansi $P < 0.05$. Uji dilanjutkan *Tukey HSD* dilakukan bila terdapat perbedaan signifikan pada data yang diperoleh.

Metode Analisis

Pengukuran susut bobot

Pengukuran susut bobot dilakukan dengan melakukan penimbangan awal pada setiap pisang pada semua perlakuan dengan timbangan analitik sesaat setelah dilakukan *coating* dan diberi label. Selanjutnya setiap 3 hari sekali diambil 3 buah pisang dari setiap perlakuan untuk kemudian ditimbang kembali dengan timbangan analitik. Nilai setiap pengukuran kemudian dicatat.

Pengukuran pulp to peel ratio

Pengukuran *pulp to peel ratio* dilakukan dengan melakukan penimbangan yang dilakukan terpisah antara kulit dan daging buah pada awal perlakuan dan setiap 3 hari hingga hari ke-21.

Pengukuran lebar buah

Pengukuran lebar dilakukan dengan dilakukannya pengukuran awal pada seluruh pisang dengan jangka sorong digital sebelum *coating*. Selanjutnya setiap 3 hari sekali diambil 3 buah pisang dari setiap perlakuan untuk kemudian diukur kembali dengan jangka sorong. Nilai setiap pengukuran kemudian dicatat.

Pengukuran kekerasan (Pulp firmness)

Pengukuran kekerasan buah dilakukan dengan *hardness tester* N.O.W No.510-1 FHR-1 1 kg dengan tips kerucut diameter 12 mm x tinggi 10 mm. Pengukuran dilakukan pada awal perlakuan pada 15 buah yang secara khusus dipersiapkan untuk pengukuran awal yang bersifat destruktif dan selanjutnya diambil 3 buah pisang dari setiap perlakuan setiap 3 hari sekali untuk kemudian diukur kekerasannya. Nilai setiap kekerasan kemudian dicatat.

Pengamatan perubahan warna kulit

Pengukuran perubahan warna kulit pisang dilakukan dengan mengamati warna buah pisang secara visual kemudian disesuaikan dengan kriteria indeks kematangan yaitu tingkat kematangan (1) Hijau, (2) Hijau dengan sedikit kekuningan, (3) Lebih banyak hijau dibandingkan kuning, (4) Lebih banyak kuning dibandingkan hijau, (5) Kuning dengan sedikit bagian hijau, (6) Kuning, dan (7) Kuning dengan bintik coklat (Soltani *et al.*, 2010).

Pengamatan kematian sel

Buah pisang akan memendarkan warna biru pada sisi bintik coklat pada pisang yang matang dibawah UV 366 nm (UVP *Blacklight*) (Moser *et al.*, 2009). Setiap buah yang diamati di letakkan dibawah paparan sinar UV 365 nm kemudian dilakukan pengambilan foto sehingga didapat gambaran pendaran kematian sel.

Pengukuran temperatur buah

Temperatur buah diamati dengan alat termometer infra merah *Vin Med. Japan Tech.* Sinar infra merah ditembakkan dengan diarahkan pada bagian pangkal, tengah, dan ujung buah.

Pengukuran TSS (Total Soluble Solid)

Pengukuran TSS dilakukan dengan alat refraktometer Atago 0-95% digital. Refraktometer dikalibrasi dengan akuades kemudian palet dibersihkan (Dadzie dan Orchard, 1997). Selanjutnya sebanyak 15 g daging buah pisang diblender bersama 45 ml aquades selama 2 menit dan disaring dengan kertas saring (Dadzie dan Orchard, 1997). Filtrat kemudian diteteskan pada palet prisma kemudian nilai tss dibaca dengan menekan 'start'. Nilai yang terbaca dikalikan 3 karena sampel telah diencerkan sebanyak 3 kali beratnya dengan aquades (Dadzie dan Orchard, 1997).

Pengukuran kadar sukrosa

Kadar glukosa diukur dengan refraktometer palet Milwaukee Instruments model ma871. Teknik pengukuran nilai kadar sukrosa dilakukan serupa dengan pengukuran TSS. Nilai kemudian dicatat.

Pengukuran kadar vitamin C

Titration vitamin C dengan metode titrasi iodometri pada 3 buah sampel. Pengukuran ini diawali dengan dibuatnya larutan sampel. Sebanyak 10 gram pisang dari masing-masing 3 buah sampel ditimbang dengan timbangan analitik sehingga didapat 3 sampel pisang dengan berat 10 gram. Sampel kemudian dihaluskan dengan blender dengan penambahan 50 ml akuades. Sampel tersebut kemudian disaring dengan kertas saring *Whatmann* no.1 kemudian dimasukan kedalam labu ukur 100 ml dan diencerkan dengan akuades hingga 100 ml. Sebanyak 25 ml larutan sampel yang telah diencerkan tersebut kemudian dimasukkan kedalam Erlenmeyer lalu

Tabel 1. Nilai indeks warna kulit pisang

X	Nilai Indeks Warna Kulit (Rata-rata ± s.e.)						
	3 HSP	6 HSP	9 HSP	12 HSP	15 HSP	18 HSP	21 HSP
A	2.00 ^a ±0.00	3.33 ^a ±0.33	5.33 ^a ±1.33	8.00 ^a ±0.00	8.00 ^a ±0.00	8.00 ^a ±0.00	8.00 ^a ±0.00
B	1.67 ^a ±0.00	2.67 ^a ±0.58	2.67 ^{ab} ±1.76	3.67 ^b ±1.67	5.00 ^{ab} ±1.67	7.67 ^a ±0.33	8.00 ^a ±0.00
C	1.67 ^a ±0.33	2.67 ^a ±0.58	2.67 ^{ab} ±1.86	3.00 ^b ±1.53	5.67 ^{ab} ±1.53	7.00 ^a ±0.33	8.00 ^a ±0.00
D	1.33 ^a ±0.33	2.00 ^a ±0.33	2.00 ^b ±0.33	3.00 ^b ±0.33	2.67 ^b ±1.53	6.67 ^a ±0.33	7.00 ^a ±0.00
E	1.33 ^a ±0.00	2.33 ^a ±0.00	3.33 ^{ab} ±0.00	6.00 ^{ab} ±0.33	7.67 ^a ±1.33	7.00 ^a ±0.00	8.00 ^a ±0.00

Ket.: X = Jenis Perlakuan

Nilai yang diikuti huruf yang sama memiliki perbedaan nilai yang tidak berbeda signifikan pada hasil *OneWay* ANOVA (Nilai signifikansi P=0,05)

ditambahkan 1 ml larutan amilum 1% dan ditambahkan H₂SO₄ 0.1 M sebanyak 5 ml. Setelah larutan sampel siap dititrasi kemudian disiapkan pula larutan iodine 0.1 N ke dalam buret. Proses titrasi kemudian dilakukan hingga terjadi perubahan warna larutan menjadi kehitaman. Volume iodine yang terpakai dicatat.

Pengukuran kadar kalium

Pengukuran kadar kalium dilakukan pada hari ke-0 dan hari ke-21. Metode pengukuran yang digunakan adalah dengan metode flamephotometer dan dilakukan di Balai Penelitian Sayuran (Balitsa) Lembang, Bandung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Indeks Warna Kulit Pisang

Pisang Ambon Lumut, memiliki karakteristik perubahan warna yang berbeda dengan *Cavendish* yang menjadi standar untuk hubungan antara perubahan warna dan tingkat kematangan. Warna pisang ini tidak berubah menjadi berwarna kuning penuh ketika matang, warna kulit pisang tetap hijau ketika matang (Karmawan *et al.*, 2009). Didasarkan pada 7 tahap indeks kematangan, nilai indeks 5, 6, dan 7 merupakan indeks yang sudah menunjukkan kematangan (Tapre dan Jain, 2012). Dengan demikian dapat

dikatakan bahwa Pisang Ambon Lumut sudah mengalami kematangan berdasarkan warna pada indeks 5. Hasil pengamatan warna kulit pisang pada hari ke-0 s.d. 21 tampak bahwa kelompok perlakuan A dan E mengalami pola peningkatan indeks warna yang lebih cepat dibandingkan kelompok perlakuan B,C, dan D (**Tabel 1**). Kelompok A dan E mencapai indeks warna 5 (kuning kehijauan) dengan waktu lebih cepat dibandingkan kelompok B,C, dan D. Kelompok A mencapai indeks 5 sekitar hari ke-9 dan kelompok E mencapai indeks 5 di antara hari ke-9 dan 12. Pada kelompok B, C, dan D kenaikan indeks warna kematangan lebih dapat diperlambat yaitu mencapai indeks 5 pada sekitar hari ke-15. Kelompok A mulai mengalami kebusukan pada hari ke-12, kelompok B, C, dan D mulai mengalami kebusukan pada hari ke-18, dan kelompok E mulai mengalami kebusukan pada hari ke-15. Adapun secara keseluruhan, kelompok D memiliki peningkatan nilai indeks warna yang lebih lambat dibandingkan kelompok lainnya. Melambatnya perubahan warna kulit pisang dari hijau menjadi kuning mengindikasikan melambatnya masa pematangan. Degradasi klorofil merupakan kontributor utama dalam perubahan warna pada kulit buah pisang selama masa pematangan (Muller dan

Krautler, 2011). Warna hijau pada kulit buah pisang berangsur berubah menjadi kuning cerah dan dilanjutkan dengan munculnya bintik coklat yang semakin meluas dan bertambah jumlahnya hingga mencapai kebusukan (Muller dan Krautler, 2011).

Berdasarkan data pada **Tabel 1**, perbedaan rata-rata yang signifikan ($p < 0.05$) terdapat pada hari ke-9 s.d. 15 pengamatan. Pada hari ke-9, perbedaan rata-rata indeks terdapat pada perlakuan kontrol (A) dan perlakuan coating dengan propolis 15% (D). Pada hari ke-12, perlakuan B, C, dan D memiliki perbedaan nilai yang signifikan dengan kontrol (A). Pada perlakuan coating dengan propolis 5%, 10%, dan 15% tidak memiliki perbedaan yang signifikan, hal

ini dapat diartikan bahwa penggunaan propolis lebih dari 5% tidak memberi pengaruh pada perubahan warna kulit pisang.

Pengukuran Susut Bobot

Selama masa simpan, penyusutan berat buah pisang terus terjadi seiring dengan lamanya masa simpan yang disebabkan oleh dirombaknya susunan kimia pada pisang. Pada masa ini pula terjadi proses transpirasi dan respirasi yang mendegradasi glukosa menjadi CO_2 dan H_2O yang mudah menguap sehingga buah mengalami penyusutan bobot (Broto, 2009). Peningkatan signifikan dari nilai susut bobot antara perlakuan dan kontrol mulai terlihat setelah hari ke-9 yaitu dimulai pada pengamatan hari ke-

Tabel 2. Susut bobot buah

X	Susut Bobot (g)						
	3 HSP	6 HSP	9 HSP	12 HSP	15 HSP	18 HSP	21 HSP
A	3.23 ^a ±0.28	8.27 ^a ±0.67	10.24 ^a ±1.26	26.57 ^a ±3.49	27.05 ^a ±3.56	53.29 ^a ±2.45	56.70 ^a ±4.76
B	6.17 ^a ±1.47	9.19 ^a ±0.53	12.61 ^a ±1.18	15.01 ^b ±1.39	19.16 ^{ab} ±2.09	21.22 ^a ±3.69	43.14 ^a ±9.08
C	3.85 ^a ±0.37	6.08 ^a ±1.61	10.95 ^a ±0.77	12.53 ^b ±0.32	18.18 ^{ab} ±1.34	31.22 ^a ±5.65	37.66 ^a ±9.32
D	3.01 ^a ±0.00	5.91 ^a ±0.61	9.29 ^a ±0.75	12.52 ^b ±2.18	13.28 ^b ±0.51	23.54 ^a ±3.43	34.62 ^a ±12.36
E	5.10 ^a ±0.13	7.92 ^a ±1.30	10.48 ^a ±0.14	17.48 ^a ±1.11	28.26 ^{ab} ±6.11	24.72 ^a ±3.28	34.91 ^a ±5.10

Ket.: X = Jenis Perlakuan

Nilai yang diikuti huruf yang sama memiliki perbedaan nilai yang tidak berbeda signifikan pada hasil *OneWay* ANOVA (Nilai signifikansi $P=0,05$)

Tabel 3. Susut lebar buah

X	Susut Lebar Buah (mm)						
	3 HSP	6 HSP	9 HSP	12 HSP	15 HSP	18 HSP	21 HSP
A	3.32 ^a ±1.39	1.37 ^a ±0.56	0.96 ^a ±0.19	6.32 ^a ±0.92	8.88 ^a ±1.94	12.25 ^a ±1.34	15.10 ^a ±1.14
B	0.78 ^a ±0.63	1.70 ^a ±0.49	1.55 ^a ±0.38	2.67 ^b ±0.66	3.60 ^a ±3.45	2.76 ^a ±0.87	11.19 ^{ab} ±1.76
C	0.11 ^a ±0.76	1.67 ^a ±0.56	1.34 ^a ±0.16	1.84 ^b ±0.04	2.69 ^a ±0.45	7.01 ^a ±2.24	5.63 ^{ab} ±1.88
D	0.11 ^a ±0.48	0.92 ^a ±0.11	1.32 ^a ±0.19	2.05 ^b ±0.46	2.60 ^a ±0.45	6.18 ^a ±4.24	4.67 ^b ±2.79
E	1.26 ^a ±0.10	2.11 ^a ±0.20	2.10 ^a ±0.07	3.07 ^b ±0.56	7.85 ^a ±3.59	3.26 ^a ±0.92	3.62 ^{ab} ±2.54

Ket.: X = Jenis Perlakuan

Nilai yang diikuti huruf yang sama memiliki perbedaan nilai yang tidak berbeda signifikan pada hasil *OneWay* ANOVA (Nilai signifikansi $P=0,05$)

12. Fluktuasi persentase peningkatan susut dimungkinkan oleh perbedaan individu pada setiap hari pengamatan (**Tabel 2**).

Pada hari ke-12 perlakuan B, C, dan D tidak menghasilkan perubahan susut bobot akan tetapi memiliki perbedaan yang signifikan terhadap kontrol (A) dimana kelompok kontrol memiliki kenaikan yang lebih tinggi. Pada hari ke-15 perbedaan susut bobot yang signifikan terdapat pada kelompok A dan D. Hal ini menunjukkan bahwa semua perlakuan *coating* dengan propolis memiliki pengaruh dalam menekan laju susut bobot hingga hari ke-12 untuk semua konsentrasi (B, C, dan D) dan hingga hari ke-15 untuk konsentrasi 15% (kelompok perlakuan D). Konsentrasi propolis yang semakin tinggi dapat semakin menjaga kelembaban buah dan mencegah terjadinya penguapan air (Ali dan Mustafa, 2014). Hal ini juga dikarenakan oleh pengaruh kandungan *wax* propolis yang memiliki sifat hidrofobik (Corbo *et al.*, 2015).

Susut Lebar Buah

Pengamatan pada nilai susut lebar menunjukkan ukuran lebar buah kelompok A mengalami penyusutan yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kelompok lainnya dimulai pada pengamatan di hari ke-12 setelah perlakuan. Akan tetapi tidak ada perbedaan yang signifikan pada perlakuan B, C, D, dan E (**Tabel 3**). Terjadinya

proses transpirasi menyebabkan kandungan air dalam buah berkurang sehingga mengurangi volume buah. Propolis mengandung zat lilin (*wax*) dan resin eksudat tumbuhan yang dapat menutupi permukaan kulit buah sehingga mengurangi terjadinya transpirasi (Ali dan Mustafa, 2014).

Pulp to Peel Ratio

Pulp to peel ratio pada kelompok A dan E mengalami peningkatan yang lebih cepat dimulai hari ke-9 dan mengalami puncak nilai pulp to peel ratio paling tinggi yaitu pada hari ke-12. Pada kelompok A nilai rasio berangsur turun secara drastis hingga hari ke 18-21. Sedangkan pada perlakuan lainnya pada hari yang sama belum mengalami puncak rasio yang tinggi dan secara umum rasio pada kelompok B, C, dan D relatif lebih rendah dibandingkan A dan E (**Tabel 4**). Perubahan rasio daging buah terhadap kulit buah berkaitan perubahan kandungan air dalam daging buah dan kulit buah. Hal ini juga berkaitan dengan kandungan gula dalam buah dimana selama pematangan terjadi peningkatan konsentrasi gula dalam daging buah dibandingkan pada kulit buah sehingga terdapat perbedaan tekanan osmotik diantara keduanya (Dadzie dan Orchard, 1997). Konsentrasi gula yang meningkat dalam daging buah serta proses transpirasi air ke lingkungan menyebabkan kandungan air dalam kulit buah berkurang karena berpindah menuju

Tabel 4. *Pulp to peel ratio*

X	Pulp to peel						
	3 HSP	6 HSP	9 HSP	12 HSP	15 HSP	18 HSP	21 HSP
A	0.95 ^a ±0.02	1.06 ^a ±0.03	1.39 ^a ±0.01	2.36 ^a ±0.49	1.24 ^a ±0.15	0.85 ^a ±0.01	0.92 ^a ±0.13
B	1.00 ^a ±0.03	1.04 ^a ±0.00	1.22 ^a ±0.00	1.65 ^b ±0.10	1.22 ^a ±0.05	1.53 ^{ab} ±0.07	0.97 ^a ±0.19
C	0.94 ^a ±0.01	1.05 ^a ±0.01	1.20 ^a ±0.08	1.32 ^b ±0.05	1.98 ^a ±0.28	1.25 ^{ab} ±0.28	1.35 ^a ±0.07
D	0.96 ^a ±0.04	1.04 ^a ±0.02	1.28 ^a ±0.04	1.23 ^b ±0.04	1.03 ^a ±0.02	1.68 ^b ±0.12	1.10 ^a ±0.19
E	0.92 ^a ±0.02	1.04 ^a ±0.01	1.35 ^a ±0.04	1.35 ^a ±0.04	1.85 ^a ±0.36	1.70 ^b ±0.19	1.37 ^a ±0.11

Ket.: X = Jenis Perlakuan

Nilai yang diikuti huruf yang sama memiliki perbedaan nilai yang tidak berbeda signifikan pada hasil *OneWay ANOVA* (Nilai signifikansi P=0,05)

daging buah maupun keluar (lingkungan) (Dadzie dan Orchard, 1997).

Hasil uji statistik menunjukkan terdapat perbedaan nilai rasio yang signifikan pada hari ke-18 setelah perlakuan. Perlakuan coating dengan 15% propolis (D) memiliki perbedaan yang signifikan terhadap kontrol. Namun tidak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap perlakuan lainnya dan sama halnya pada perlakuan dengan etanol 70%. Hal ini dapat diartikan bahwa propolis mempengaruhi perlambatan kenaikan rasio daging buah dan kulit buah namun perbedaan konsentrasinya tidak memberikan pengaruh yang nyata.

Temperatur Buah

Temperatur buah selama masa simpan cenderung fluktuatif dan relatif meningkat. Dalam proses respirasi pada buah, sebagian energi yang dihasilkan dilepaskan dalam bentuk panas. Semakin cepat laju respirasi, semakin tinggi panas yang dihasilkan sebagai bentuk energi. Pisang mengalami respirasi dimana lama penyimpanan dan temperatur lingkungan juga mempercepat respirasi dan berujung pada meningkat pula panas yang dihasilkan dari proses respirasi hingga buah tersebut rusak dan mengalami kebusukan (Soltani *et al.*, 2010).

Hasil pengamatan pada temperatur daging buah menunjukkan pisang pada kelompok A mengalami kenaikan

Tabel 5. Temperatur daging buah

X	Temperatur Daging Buah (°C)						
	3 HSP	6 HSP	9 HSP	12 HSP	15 HSP	18 HSP	21 HSP
A	25.76 ^a ±0.15	26.47 ^a ±0.03	26.33 ^a ±0.03	25.90 ^a ±0.49	25.47 ^a ±0.34	25.51 ^a ±0.12	25.76 ^a ±0.15
B	25.58 ^a ±0.03	26.07 ^a ±0.09	25.90 ^a ±0.07	26.30 ^a ±0.06	26.30 ^a ±0.06	25.81 ^a ±0.17	25.90 ^a ±0.42
C	25.60 ^a ±0.03	25.97 ^a ±0.07	26.13 ^a ±0.07	26.53 ^a ±0.09	26.07 ^a ±0.19	25.81 ^a ±0.09	25.80 ^a ±0.07
D	25.65 ^a ±0.07	25.87 ^a ±0.12	26.37 ^a ±0.12	26.30 ^a ±0.15	26.13 ^a ±0.13	25.88 ^a ±0.09	25.80 ^a ±0.15
E	25.58 ^a ±0.12	25.83 ^a ±0.07	26.33 ^a ±0.07	26.43 ^a ±0.03	25.60 ^a ±0.26	25.60 ^a ±0.09	26.12 ^a ±0.07

Ket.: X = Jenis Perlakuan

Nilai yang diikuti huruf yang sama memiliki perbedaan nilai yang tidak berbeda signifikan pada hasil *OneWay ANOVA* (Nilai signifikansi P=0,05)

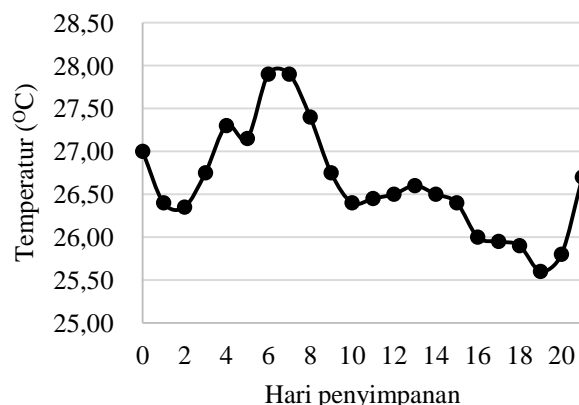
Tabel 6. Temperatur kulit buah

X	Temperatur Kulit Buah (°C)						
	3 HSP	6 HSP	9 HSP	12 HSP	15 HSP	18 HSP	21 HSP
A	25.75 ^a ±0.14	25.67 ^a ±0.06	26.00 ^a ±0.06	25.83 ^a ±0.12	24.93 ^a ±0.03	25.10 ^a ±0.09	25.57 ^a ±0.05
B	25.40 ^a ±0.09	25.40 ^a ±0.08	25.57 ^a ±0.05	26.43 ^b ±0.14	25.23 ^{ab} ±0.06	25.27 ^a ±0.15	25.77 ^a ±0.03
C	25.59 ^a ±0.11	25.47 ^a ±0.09	25.77 ^a ±0.09	26.37 ^b ±0.01	25.33 ^{ab} ±0.13	25.37 ^a ±0.13	26.20 ^a ±0.08
D	25.65 ^a ±0.07	26.12 ^a ±0.06	26.00 ^a ±0.10	25.77 ^{ab} ±0.05	25.43 ^b ±0.07	25.17 ^a ±0.08	26.07 ^a ±0.04
E	25.58 ^a ±0.08	26.17 ^a ±0.01	25.93 ^a ±0.11	26.37 ^{ab} ±0.07	25.13 ^a ±0.015	25.50 ^a ±0.07	26.00 ^a ±0.07

Ket.: X = Jenis Perlakuan

Nilai yang diikuti huruf yang sama memiliki perbedaan nilai yang tidak berbeda signifikan pada hasil *OneWay ANOVA* (Nilai signifikansi P=0,05)

temperatur yang lebih tinggi hingga 9 hari pertama dan mencapai puncaknya pada hari ke-6, kemudian secara berkala mengalami penurunan yang lebih rendah dibandingkan kelompok lain. Sedangkan pada kelompok lainnya yaitu B, C, dan D hingga hari ke-12 masih menunjukkan kecenderungan peningkatan temperatur meskipun mengalami fluktuasi (**Tabel 5**). Hal serupa terjadi pada pengukuran temperatur kulit buah (**Tabel 6**). Namun tidak terdapat perbedaan nilai yang signifikan pada semua pengukuran. Pola pada temperatur kulit buah dan daging buah memiliki kemiripan pola dengan grafik temperatur ruangan pada **Gambar 1** yang menunjukkan bahwa temperatur yang terukur pada buah tersebut dipengaruhi oleh temperatur ruang.



Gambar 1. Grafik temperatur ruang simpan

Kekerasan Daging Buah (*Pulp Firmness*)

Kekerasan daging buah (*pulp firmness*) mengalami penurunan seiring dengan lamanya masa simpan (**Tabel 7**). Buah pada kelompok perlakuan B, C, dan D mengalami penurunan kekerasan yang relatif lebih lambat dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Kelompok A dan E mengalami penurunan kekerasan yang relatif lebih cepat.

Tabel 7. Kekerasan daging buah

X	Kekerasan daging buah (kg)						
	3 HSP	6 HSP	9 HSP	12 HSP	15 HSP	18 HSP	21 HSP
A	0.93 ^a ±0.01	0.93 ^a ±0.00	0.77 ^a ±0.07	0.23 ^a ±0.18	0.06 ^a ±0.02	0.03 ^a ±0.00	0.03 ^a ±0.03
B	0.92 ^a ±0.01	0.91 ^a ±0.01	0.90 ^a ±0.01	0.86 ^b ±0.00	0.63 ^{ab} ±0.26	0.37 ^a ±0.02	0.06 ^a ±0.06
C	0.94 ^a ±0.01	0.94 ^a ±0.01	0.90 ^a ±0.01	0.88 ^b ±0.03	0.32 ^{ab} ±0.04	0.28 ^a ±0.11	0.27 ^a ±0.10
D	0.93 ^a ±0.01	0.93 ^a ±0.01	0.81 ^a ±0.15	0.79 ^{ab} ±0.20	0.79 ^b ±0.09	0.31 ^a ±0.14	0.25 ^a ±0.11
E	0.94 ^a ±0.01	0.91 ^a ±0.01	0.88 ^a ±0.02	0.54 ^{ab} ±0.08	0.15 ^a ±0.10	0.33 ^a ±0.09	0.28 ^a ±0.04

Tabel 8. Kandungan sukrosa

X	Kandungan Sukrosa (°Brix)						
	3 HSP	6 HSP	9 HSP	12 HSP	15 HSP	18 HSP	21 HSP
A	10.68 ^a ±0.58	18.34 ^a ±3.49	18.94 ^a ±0.54	17.89 ^a ±0.99	20.31 ^a ±0.67	14.51 ^a ±0.11	12.77 ^a ±0.24
B	12.47 ^a ±2.36	17.32 ^a ±0.91	18.12 ^a ±0.22	17.33 ^a ±0.39	20.88 ^a ±2.86	17.81 ^a ±1.01	15.68 ^b ±0.67
C	12.12 ^a ±1.16	15.18 ^a ±0.99	18.18 ^a ±1.96	16.67 ^a ±1.16	19.50 ^a ±1.31	22.13 ^a ±2.23	19.59 ^{ac} ±2.24
D	11.44 ^a ±0.84	14.77 ^a ±0.51	15.58 ^a ±1.51	17.24 ^a ±0.21	16.04 ^a ±0.58	19.02 ^a ±0.70	18.23 ^{bc} ±0.43
E	10.98 ^a ±0.38	14.57 ^a ±1.82	16.47 ^a ±1.01	16.54 ^a ±0.98	15.82 ^a ±0.70	18.58 ^a ±1.68	18.89 ^{bc} ±1.59

Ket.: X = Jenis Perlakuan

Nilai yang diikuti huruf yang sama memiliki perbedaan nilai yang tidak berbeda signifikan pada hasil *OneWay ANOVA* (Nilai signifikansi P=0,05)

Berkurangnya tingkat kekerasan buah dapat disebabkan oleh 3 faktor yakni pemecahan pati menjadi gula, degradasi dinding sel atau penurunan kohesi pada lamella tengah dikarenakan pelarutan substansi pektin, dan perpindahan air dari kulit buah menuju daging buah dikarenakan perbedaan tekanan osmotik (Dadzie dan Orchard, 1997). Pada saat proses pematangan komposisi dinding sel mengalami perubahan yang menurunkan tekanan turgor sel sehingga terjadi penurunan kekerasan buah. Adapun degradasi pektin yang tidak larut menjadi larut dipengaruhi oleh enzim poligalakturonase (Ding, 2008). Hasil uji statistik dengan One way ANOVA menunjukkan terdapat perbedaan nilai kekerasan yang signifikan pada hari ke-12 setelah perlakuan yaitu kelompok perlakuan B dan C memiliki perbedaan nilai kekerasan yang signifikan terhadap perlakuan A. Pada pengukuran

ini kelompok perlakuan dengan tingkat penurunan kekerasan daging buah terlambat adalah kelompok B.

Sukrosa dan TSS (*Total Soluble Solid*)

Buah pisang mengandung berbagai senyawa yang dapat larut dalam air seperti gula, senyawa asam, vitamin C, pektin dll. Padatan terlarut dalam buah pisang sebagian besar merupakan komponen gula. Adapaun sukrosa merupakan jenis gula dengan jumlah yang paling banyak dibandingkan dengan glukosa maupun fuktosa (Wills *et al.*, 1984). Sukrosa yang dihasilkan merupakan hasil perombakan pati seiring dengan berlangsungnya proses pematangan buah (Ding, 2008). Namun demikian berkurangnya pati tidak dapat berkorelasi secara kuantitatif terhadap kenaikan sukrosa dan zat gula lainnya dikarenakan terjadinya perombakan (katabolisme) ketika respirasi (Wills *et al.*,

Tabel 9. Total soluble solid

X	Total Soluble Solid (^o Brix)						
	3 HSP	6 HSP	9 HSP	12 HSP	15 HSP	18 HSP	21 HSP
A	9.72 ^a ±0.86	14.12 ^a ±2.62	19.32 ^a ±1.18	14.39 ^a ±0.8	15.94 ^a ±1.26	14.93 ^a ±0.03	13.58 ^a ±0.15
B	10.57 ^a ±1.9	15.36 ^a ±1.21	17.63 ^a ±0.53	14.52 ^a ±0.9	15.84 ^a ±0.67	22.27 ^a ±1.02	19.98 ^a ±0.50
C	11.46 ^a ±1.13	15.27 ^a ±1.89	18.41 ^a ±2.06	15.04 ^a ±1.35	16.24 ^a ±1.53	20.01 ^a ±2.18	18.00 ^a ±2.24
D	11.98 ^a ±1.02	15.42 ^a ±2.01	16.91 ^a ±0.26	14.77 ^a ±0.74	15.70 ^a ±0.94	22.71 ^a ±0.25	20.40 ^a ±0.41
E	11.02 ^a ±0.03	12.37 ^a ±1.16	15.46 ^a ±0.23	13.07 ^a ±0.46	13.75 ^a ±0.61	19.65 ^a ±2.01	18.76 ^a ±1.60

Tabel 10. Kandungan Vitamin C

X	Kandungan Vit.C (mg/100g)						
	3 HSP	6 HSP	9 HSP	12 HSP	15 HSP	18 HSP	21 HSP
A	6.16 ^a ±0.51	9.09 ^a ±0.29	9.68 ^a ±0.51	7.33 ^a ±0.29	6.45 ^a ±0.29	6.45 ^a ±0.59	5.87 ^a ±0.59
B	6.45 ^a ±0.29	7.04 ^b ±0.51	8.80 ^a ±0.51	9.68 ^{bc} ±0.51	8.80 ^a ±0.51	7.04 ^a ±0.51	6.16 ^a ±0.00
C	6.16 ^a ±0.51	7.33 ^b ±0.29	9.09 ^a ±1.06	9.68 ^{bc} ±0.51	8.51 ^a ±0.29	7.33 ^a ±0.29	6.45 ^a ±0.29
D	6.16 ^a ±0.51	7.04 ^b ±0.51	9.09 ^a ±1.47	9.97 ^c ±0.59	8.80 ^a ±0.51	7.33 ^a ±0.29	6.45 ^a ±0.29
E	6.16 ^a ±0.51	7.92 ^{ab} ±0.00	9.39 ^a ±0.29	7.63 ^{ab} ±0.29	6.75 ^a ±0.59	6.75 ^a ±0.29	6.16 ^a ±0.51

Ket.: X = Jenis Perlakuan

Nilai yang diikuti huruf yang sama memiliki perbedaan nilai yang tidak berbeda signifikan pada hasil *OneWay ANOVA* (Nilai signifikansi P=0,05)

1984). Kandungan sukrosa dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Pola nilai pengukuran nilai TSS (**Tabel 9**) memiliki pola relatif sama dengan hasil pengukuran sukrosa (Tabel 9), yaitu relatif meningkat hingga hari ke-9 dan mengalami penurunan pada hari ke-12 dan kemudian kembali meningkat. Adapun hasil uji statistik menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan kecuali pada pengukuran sukrosa pada hari ke-21 namun pada hari pengamatan ini hampir keseluruhan buah telah mengalami kebusukan.

Kadar Vitamin C

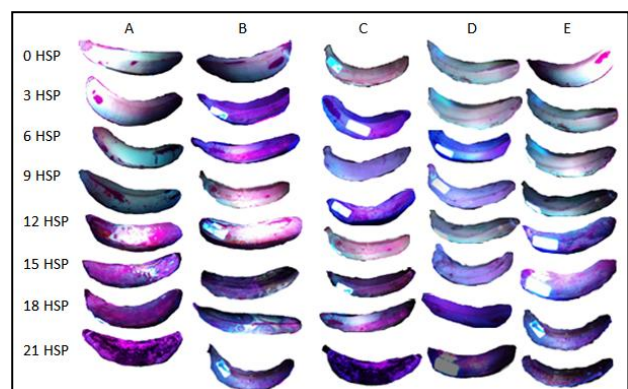
Kadar vitamin C selama umur simpan disajikan dalam **Tabel 10**. Grafik menunjukkan perbedaan kadar vitamin C pada kelompok A dan E mengalami peningkatan lebih tinggi yaitu pada pengukuran hari ke-6 dimana kelompok B, C, dan D mengalami peningkatan yang lebih rendah dibandingkan kelompok A dan E. Pada kelompok A dan E puncak kadar vitamin C adalah pada hari ke-9 dan kemudian mengalami penurunan hingga akhir pengamatan. Sedangkan pada kelompok perlakuan B, C, dan D mengalami puncak kadar vitamin C dan perbedaan yang signifikan pada hari ke-12 yang artinya kenaikan kadar vitamin C perlakuan ini lebih lambat dibandingkan kelompok A dan E.

Perbedaan yang signifikan hanya terjadi pada hari ke-6 yaitu pada perlakuan B, C, dan D terhadap kelompok A. Selama masa pematangan pada temperatur ruang, kandungan vitamin C umumnya akan mengalami kenaikan hingga mencapai kematangan penuh (indeks 6) yaitu pada sekitar hari ke-8 (Fernando *et al.*, 2014). Keadaan ini kemudian dilanjutkan dengan penurunan kadar vitamin C ketika buah mengalami penuaan (Fernando *et al.*, 2014). Kenaikan kadar vitamin C pada saat pematangan berkorelasi terhadap peningkatan peroksidasi lipid mengingat proses pematangan buah tersebut

merupakan fenomena oksidatif yang membutuhkan pergantian oksigen aktif (Fernando *et al.*, 2014; Jimenez *et al.*, 2002). Dalam kondisi ini, senyawa antioksidan termasuk vitamin C turut mengalami peningkatan (Fernando *et al.*, 2014).

Pengamatan Kematian Sel

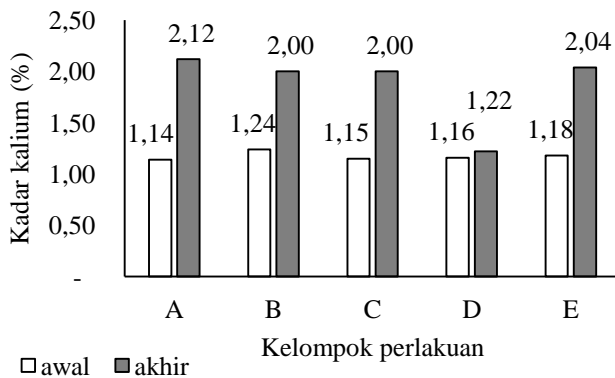
Hasil pemaparan buah pisang ambon lumut dibawah sinar UV dengan panjang gelombang 365 nm yang ditunjukkan pada **Gambar 2** tidak menunjukkan adanya pendaran sebagaimana dijelaskan (Fernando *et al.*, 2014) bahwa pisang (*cavendish*) dapat menghasilkan pendaran biru pada kulitnya yang telah matang dan pada sisi bintik coklat dibawah paparan UV 366 nm. Hal ini dimungkinkan oleh karena perbedaan panjang gelombang UV yang dipaparkan maupun dikarenakan pisang ambon lumut merupakan pisang yang berwarna kehijauan meskipun ketika matang (Karmawanet *et al.*, 2009) sehingga memiliki perbedaan dibandingkan dengan pisang *Cavendish* dalam dihasilkannya FCC (*Fluorescence Chlorophyll Catabolite*) yang merupakan katabolit hasil degradasi klorofil yang dapat memberikan pendaran dibawah paparan UV 366 nm (Moser *et al.*, 2009).



Gambar 2. Hasil pengamatan buah pisang ambon dibawah paparan UV 365 nm pada 0-21 HSP tidak menunjukkan adanya pendaran biru bintik coklat (*brown spot*)

Kadar Kalium

Hasil pengukuran kadar kalium disajikan dalam **Gambar 3**. Pada kelompok A dan E kandungan kalium akhir paling tinggi dan berturut-turut semakin rendah pada kelompok B, C, dan D. Hal ini mengindikasikan kemungkinan terjadinya perlambatan kematangan pada buah yang di-coating. Sebagaimana pada penelitian sebelumnya (Baiyeri *et al.*, 2011), seiring dengan kematangan, buah pisang mengalami kenaikan kandungan kalium dan beberapa kandungan mineral lainnya.



Gambar 3. Hasil pengukuran kadar kalium awal dan akhir

KESIMPULAN

Perlakuan coating buah pisang *Musa acuminata* cv. Pisang Ambon Lumut dengan propolis 5%, 10%, dan 15% w/v dapat memperpanjang umur simpan secara signifikan dibandingkan kontrol yang ditunjukkan dengan diperlambatnya kenaikan indeks kematangan buah, penyusutan bobot, penyusutan ukuran lebar buah, peningkatan *pulp to peel ratio*, kenaikan temperatur buah, pelunakan daging buah, dan kenaikan kadar vitamin C. Namun kelompok uji coating dengan propolis tidak menunjukkan perbedaan nilai signifikan pada hasil uji TSS dan sukrosa. Tidak terdapat perbedaan signifikan antara pengaruh coating dengan propolis 5%, 10%, dan 15% w/v sehingga dapat

dikatakan propolis 5% w/v sudah efektif memperpanjang umur simpan buah pisang ambon 3 hari lebih lama dibandingkan control

UCAPAN TERIMA KASIH

Instrumentasi dan propolis yang digunakan pada penelitian disponsori oleh Riset Inovasi ITB yang diterima oleh penulis pertama. Sebagian dana penelitian berkaitan dengan pembelian sampel dan beberapa analisa kimia disponsori oleh PT. Indofood Sukses Makmur Tbk. melalui program Indofood Riset Nugraha 2015 yang diterima oleh penulis kedua. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Rini yang membantu dalam proses pembuatan ekstrak propolis.

Daftar Pustaka

- Ali, A., Wei, Y.Z., dan Mustafa, M.A. 2014. Exploiting propolis as an antimicrobial edible coating to control post-harvest anthracnose of bell pepper. *Packaging Technology and Science*, 28: 173-179.
- Baiyeri, K.P., Aba, S.C., Otituju, G.T., dan Mbah, O.B. 2011. The effects of ripening and cooking method on mineral and proximate composition of plantain (*Musa sp.* AAB cv. 'Agbagba') fruit pulp. *African Journal of Biotechnology*, 10 (36): 6979-6984.
- Broto, W. 2009. Teknologi Penanganan Pascapanen Buah untuk Pasar. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Corbo, M.R., Campaniello, D., Speranza, B., Bevilacqua, A., dan Sinigaglia, M. 2015. Non-conventional tools to preserve and prolong the quality of minimally-processed fruits and vegetables. *Coating Journal*, 5: 931-961.
- Dadzie, B.K. dan Orchard, J.E. 1997. Routine Post-Harvest Screening of Banana/Plantain Hybrid: Criteria and Methods. Rome: INIBAP Technical

- Guidelines 2, International Plant Genetic Resources Institute.
- Ding, P. 2008. Cellular structure and related physico-chemical changes during ripening of *Musa* AAA 'Berangan'. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 31 (2): 217-222.
- Fernando, H.R.P., Sraong, V., Pongprasert, N., Boonyariththongchai, P., and Jitareerat, P. 2014. Changes in antioxidant properties and chemical composition during ripening in banana variety 'Hom Thong' (AAA Group) And 'Khai' (AA Group)". *International Food Research Journal*, 21(2): 749-759.
- Giovannoni, J. J. 2004. Genetic regulation of fruit development and ripening. *The Plant Cell*, 16: 170-180.
- Jimenez, A., Cressen, G., Kular, B., Firmin, J., Robinson, S., Verhoeyen, M. 2002. Changes in oxidative process and components of the antioxidant system during tomato fruit ripening. *Journal of Plant*, 214: 751-758.
- Karmawan, L.U., Suhandono, S., and Dwivany, F.M. 2009. Isolation of MA-ACS gene family and expression study of MA-ACS1 gene in *Musa acuminata* Cultivar Pisang Ambon Lumut. *Hayati Journal of Biosciences*, p35-39.
- Liu, X., Shiomi, S., Nakatsuka, A., Kubo., Y., Nakamura, R., and Inaba A. 1999. Characterization of ethylene biosynthesis associated with ripening in banana fruit. *Plant Physiology*, 121: 1257-1265.
- Marcucci, M.C. 1995. Propolis: Chemical composition, biological properties and therapeutic activity. *Apidologie*, 26: 83-99.
- Margaretha, I., Suniarti, D.F., Herda, E., and Mas'ud, Z.A. 2012. Optimization and comparative study of different extraction methods of biologically active components of Indonesian propolis *Trigona* spp. *Journal of Natural Products*, 5: 233-242.
- Marriot, J. 1980. Banana-physiology and biochemistry of storage and ripening for optimum quality. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 13: 41-88.
- Moser, S., Muller, T., Holzinger, A., Lutz, Cs., Jockush, S., Turro, N.J., and Krautler, B. 2009. Fluorescent chlorophyll catabolites in banana light up blue halos of cell death. *Proceeding of The National Academy of Sciences of The United States of America (PNAS)*. 106 (37): 15538-15543.
- Muller, T. and Krautler, B. 2011. Chlorophyll breakdown as seen in bananas: Sign of aging and ripening - A mini-Review". *Gerontology*, 57 (6): 521-7.
- Suyanti dan Supriyadi, Ahmad. 2008. *Pisang, Budi Daya, Pengolahan, dan Prospek Pasar* (Edisi Revisi). Penebar Swadaya, Jakarta.
- Soltani, M., Alimardani, R., and Omid, M. 2010. Prediction of banana quality during ripening stage using capacitance sensing system. *Australian Journal of Crop Science*, 4 (6): 443-447.
- Tapre A.R. and Jain R. K. 2012. Study of advanced maturity stages of banana. *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies (IJAERS)*, 1: 272-274.
- Wills, R.B.H., Lim, J.S.K., and Greenfield, H. 1983. Changes in chemical composition of cavendish banana (*Musa acuminata*) during ripening. *Journal of Food Biochemistry*, 8 (1984): 69-77.