

**KAJIAN ANTIBROWNING EDIBLE COATING CMC DIPERKAYA MINYAK
ATSIRI LEMON DAN DAUN SIRIH PADA *FRESH-CUT* APEL
MANALAGI (*Malus sylvestris* Mill)**

Oleh :

Adi Bowo Laksono, Nafi Ananda Utama, Indria Prabasari

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

ABSTRACT. *This study aimed to examine the ability of edible coating CMC combined with lemon and betel leaf essential oils in inhibiting browning and assessed physiological browning activity of Manalagi-apples fresh-cut. The research method used was an experimental method in factorial with two factors arranged in a Completely Randomized Design (CRD). The first factor was CMC concentration consist of 2 levels, which were 1% and 1.5%. The second factor was concentration of essential oils consist of 3 levels, which were 0%, betel leaf 0.1%, lemon 2%. The results showed that the addition of lemon essential oil 2% at CMC 1.5% was the best treatment because it was able to suppress PPO and POD enzymes. Nevertheless, the treatment of CMC 1.5% without the addition of essential oils can inhibit browning on the visual of Manalagi-apples fresh-cut.*

Keyword : *Manalagi-apples fresh-cut; Edible coating CMC; Essential oil*

INTISARI. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kemampuan *edible coating* CMC yang dikombinasikan minyak atsiri lemon dan daun sirih dalam menghambat browning serta mengkaji secara fisiologis aktivitas browning *fresh-cut* Apel Manalagi. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen secara faktorial dengan dua faktor yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL). Faktor pertama yaitu konsentrasi CMC yang terdiri dari 2 aras yaitu CMC 1 % dan CMC 1,5 %. Faktor kedua adalah konsentrasi minyak atsiri yang terdiri dari 3 aras yaitu minyak atsiri 0%, minyak atsiri daun sirih 0,1 %, minyak atsiri lemon 2 %. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan minyak atsiri lemon 2% pada CMC 1,5% merupakan perlakuan dengan kemampuan terbaik karena mampu menekan enzim PPO dan POD. Meskipun demikian, perlakuan *edible coating* CMC 1,5% tanpa penambahan minyak atsiri mampu menghambat pencoklatan pada penampakan (visual) *fresh-cut* apel Manalagi.

Kata Kunci : *Fresh-cut* apel Manalagi; *Edible coating* CMC, Minyak atsiri.

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini, telah terjadi peningkatan permintaan pasar untuk produk buah dan sayur di Indonesia. Hal tersebut sejalan dengan meningkatnya rutinitas kerja dan standar hidup, tidak dapat dipungkiri juga bahwa keberadaan pasar modern seperti minimarket, supermarket maupun hypermarket sudah menjadi tuntutan dan konsekuensi dari gaya hidup modern yang berkembang di masyarakat. Hal tersebut, secara tidak langsung membuka peluang berupa inovasi pada produk buah maupun sayur yang telah mengalami pengolahan minimal (*minimal processing*), contohnya

yaitu produk *fresh-cut* sayur dan buah-buahan. Carvalho *et al.*, (2016) mengungkap data IBIS World Industry Report yang menunjukkan prediksi selama lima tahun mendatang akan terjadi pertumbuhan industri *fresh-cut* sayuran dan buah-buahan sebesar 2,8 % tiap tahunnya. Salah satu komoditas buah yang memiliki prospek permintaan dan konsumsi yang baik yaitu buah apel varietas Manalagi. Walaupun demikian, penjualan apel di Indonesia masih didominasi oleh apel impor yang semakin merajai pasar modern maupun tradisional. Selain terjadinya penurunan produksi apel lokal karena pengaruh cuaca, penampilan apel lokal yang

kurang menarik mata konsumen dianggap sebagai faktor kurang bisa bersaingnya apel lokal (terutama manalagi) di pasaran. Apel lokal varietas Manalagi memiliki dan rasa yang manis dan renyah meskipun warnanya hijau muda serta kaya akan kandungan nutrisi (Kusumo, 1984).

Apel mengandung polifenol (komponen fenolik) yang mana merupakan sumber antioksidan yang baik dikonsumsi manusia untuk pemenuhan gizinya (Hertog *et al.*, 1992; Liu, 2003). Namun hal tersebut juga menyebabkan rentannya buah apel mengalami *browning* yang mana menjadi masalah utama pada industri *fresh-cut* (Holderbaum *et al.*, 2010). Pada proses pengupasan dan pemotongan apel akan menyebabkan rusaknya membran sel yang mengandung substrat senyawa fenolik dan enzim polifenol oksidase (PPO) dibantu dengan adanya oksigen yang masuk sehingga mengkatalisis reaksi lebih lanjut membentuk pigmen berwarna coklat gelap (*dark-coloured*) (Arias *et al.*, 2009). Intensitas warna coklat akan sebanding dengan banyaknya polifenol yang teroksidasi oleh enzim dan oksigen. Beberapa usaha telah diuji cobakan untuk menghambat *browning* salah satunya dengan penggunaan *edible coating*.

CMC (*Carboxymethyl cellulose*) diketahui merupakan bahan umum *edible coating* dengan beberapa bahan tambahan untuk memperoleh hasil yang diinginkan. Pada penelitian Koushes-saba dan Sovgar (2016) membuktikan bahwa penggunaan 1 % CMC + 0,5 % CaCl + 2 % AA mampu menghambat *browning* pada *fresh-cut* apel selama 12 hari. Selain itu campuran 1 % CMC + 1 % Kitosan + 0,2 % minyak esensial tanaman mint menghasilkan kemampuan terbaik sebagai antimikroba, menjaga sifat fisikokimia serta organoleptik/*sensory* pada stroberi segar selama 12 hari penyimpanan (Shahbazi, 2018).

CMC sebagai bahan *edible coating* dapat di formulasikan dengan bahan tambahan yang efektif untuk menghambat

resiko *browning* pada produk potong segar. Salah satunya yaitu minyak atsiri yang terdapat pada lemon dan daun sirih, di mana komponen penyusunnya mengandung senyawa antioksidan. Penggunaan bahan tambahan yang mengandung antioksidan selain aman untuk bahan makanan, dinilai juga dapat menghambat pencoklatan melalui reduksi *o-quinon* sebagai hasil kerja enzim PPO kembali menjadi substrat/senyawa fenol (Utama, 2017).

Oleh karenanya pada penelitian ini dilakukan bertujuan untuk (1) Mengkaji kemampuan *edible coating* CMC yang dikombinasikan minyak atsiri lemon dan daun sirih dalam menghambat *browning* pada *fresh-cut* Apel Manalagi, serta (2) mengkaji secara fisiologis perlakuan *edible coating* CMC dikombinasikan minyak atsiri lemon dan daun sirih pada aktivitas *browning fresh-cut* Apel Manalagi.

II. TATA CARA PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Pascapanen Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan waktu pelaksanaan Bulan Juni sampai dengan Juli 2018.

B. Alat dan Bahan Penelitian

Bahan-bahan terdiri dari buah apel varietas Manalagi, bubuk CMC, minyak atsiri daun sirih, minyak atsiri lemon, akuades, bidest, reagen Folin Ciocalteu, natrium karbonat (Na_2CO_3) 15%, pyrocatechol 0,5 M, 50 mM buffer fosfat pH 7, guaiacol 0,5 %, H_2O_2 0,3 %, 1 % H_2O_2 , dan alkohol 50 %.

Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain : lemari pendingin, *chromameter*, pengaduk, spektrofotometer, sentrifuge, *wrapping film*, mikropipet, timbangan analitik, mortar dan alu, pemanas (kompur), saringan, tabung reaksi, erlenmeyer, pisau, pipet tetes, baskom, sterofoam, dan wadah plastik.

C. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan rancangan lingkungan Rancangan Acak Lengkap (RAL) secara faktorial yang terdiri atas 2 faktor. Faktor pertama merupakan konsentrasi CMC yang terdiri dari 2 aras yaitu CMC 1 % dan CMC 1,5 %. Faktor kedua merupakan konsentrasi minyak atsiri yang terdiri dari 3 aras yaitu minyak atsiri 0% (tanpa pemberian minyak atsiri), minyak atsiri daun sirih 0,1 %, minyak atsiri lemon 2 %, sehingga terdapat 6 kombinasi perlakuan ditambah dengan 1 perlakuan kontrol sebagai pembandingan. Setiap unit percobaan terdiri dari 8 sub unit (*sterofoam*) sehingga diperoleh 126 sub unit percobaan.

Pengamatan dilakukan selama 12 hari dengan selang waktu 3 hari sekali (hari ke-0, ke-3, ke-6, ke-9, dan ke-12) pada tiap sampel ulangan dari setiap perlakuan untuk pengujian Uji Warna, Total Fenol Enzim Polifenol Oksidase (PPO), dan Enzim Peroksidase (POD).

D. Analisis Data

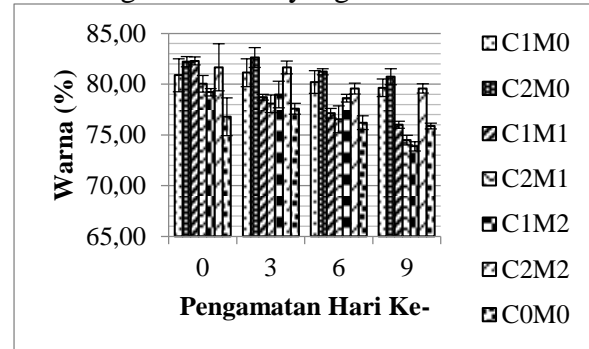
Data hasil penelitian ini diolah menggunakan analisis ragam *Analysis of Variance* (Anova). Apabila terdapat perbedaan yang nyata, maka analisis ini digunakan dengan Uji Jarak Berganda Duncan (*Duncan's Multiple Range Test*) taraf simpangan 5% atau dapat menggunakan analisis tabel maupun grafik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Warna

Berdasarkan hasil rerata sidik ragam pengujian warna pada fresh-cut apel Manalagi menunjukkan adanya interaksi antar perlakuan edible coating CMC dengan berbagai variasi minyak atsiri pada hari ke-0, ke-3 dan ke-9 pengamatan. Selama 9 hari pengamatan, pelapisan dengan CMC 1,5% (tanpa minyak atsiri) merupakan perlakuan terbaik dalam memberikan presentase kecerahan (warna) yang tinggi. Pemberian

CMC 1,5% diduga mampu memberikan sifat fisik yang baik untuk membatasi oksigen sebagai katalisator reaksi pencoklatan enzimatis, sehingga menghasilkan tingkat browning yang rendah.



Gambar 1. Histogram uji warna pada *fresh-cut* apel Manalagi selama 12 hari pengamatan.

- C1M0 : CMC 1% + minyak atsiri 0%
- C2M0 : CMC 1,5% + minyak atsiri 0%
- C1M1 : CMC 1% + minyak atsiri daun sirih 0,1%
- C2M1 : CMC 1,5% + minyak atsiri daun sirih 0,1%
- C1M2 : CMC 1% + minyak atsiri lemon 2%
- C2M2 : CMC 1,5% + minyak atsiri lemon 2%
- C0M0 : Tanpa CMC & minyak atsiri (kontrol)

Perlakuan CMC 1,5% tanpa minyak atsiri menjadi perlakuan terbaik dalam memberikan presentase warna yang paling tinggi dibanding perlakuan pelapis lainnya. Selain memberikan sifat fisik yang baik, tidak adanya penambahan minyak atsiri baik daun sirih maupun lemon juga menjadikan perlakuan tersebut tidak memungkinkan terjadinya reaksi hidrolisa antara air dan kandungan ester dari fenol minyak atsiri (daun sirih dan lemon). Ester selanjutnya akan terhidrolisa secara sempurna dengan adanya air dan kondisi asam sebagai katalisator. Penambahan minyak atsiri menjadikan kondisi semakin asam sehingga mendukung terjadinya perubahan warna menjadi lebih gelap dibanding perlakuan CMC tanpa minyak atsiri.

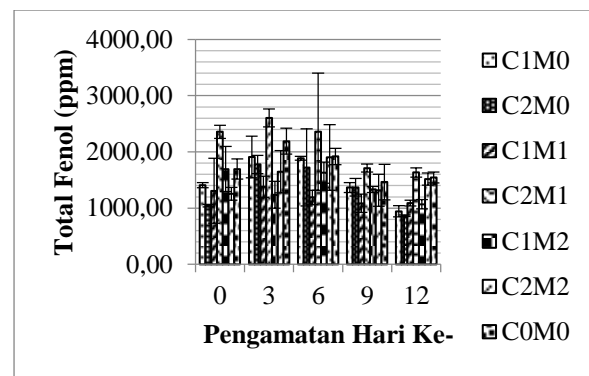
Pada hari ke-9 perlakuan (CMC 1% dan CMC 1,5%) + minyak atsiri daun sirih 0,1% menghasilkan persentase warna lebih rendah dibanding perlakuan pelapis lainnya dan tanpa pelapis. Hal tersebut diduga karena pengaruh kandungan fenol pada minyak atsiri yang menyebabkan daging buah

berubah warna menjadi merah kecoklatan. Senyawa fenol tersebut memungkinkan proses hidrolisa akibat adanya kontak langsung ester dengan air. Kataren *dalam* Nugraheni (2017) menyatakan sirih diketahui mengandung senyawa ester dari asam *benzoate*. Warna merah kecoklatan pada permukaan *fresh-cut* apel Manalagi bermula dari reaksi hidrolisa akibat terjadi kontak langsung dengan air yang ada pada dinding sel *fresh-cut* serta didukung dengan kondisi minyak atsiri daun sirih yang cenderung asam.

Faktor terpenting secara fisiologis dalam penurunan presentase warna apel Manalagi disebabkan oleh reaksi pencoklatan enzimatis yang dipengaruhi konsentrasi total fenol yang berperan sebagai substrat reaksi dan aktivitas enzim oksidoreduktase (polifenol oksidase/PPO dan peroksidase/POD) dalam mengoksidasi komponen fenolik. Adanya proses pengolahan minimal berupa pemotongan pada apel Manalagi menyebabkan pecahnya dinding sel buah sehingga terjadi kontak langsung antara enzim PPO yang berada dalam sitosol dan substrat fenol pada vakuola. Selanjutnya dengan adanya paparan oksigen pada permukaan buah berperan sebagai co-substrat untuk membantu katalisis aktivitas enzim PPO & POD dalam mengoksidasi fenol. Adanya pelukaan berupa pengupasan dan pemotongan memacu PPO untuk melangsungkan reaksi hidrosilasi monofenol dan oksidasi *o-diphenol* menjadi *o-quinon* yang diikuti dengan polimerisasi non-enzimatik quionon yang menghasilkan melanin pigmen dengan warna gelap (Queiroz, 2008). Konsentrasi fenol yang tinggi dalam buah berpotensi meningkatkan aktivitas *browning* yang selanjutnya dapat menurunkan nilai kecerahannya apabila terjadi kerusakan sel. Namun, hal tersebut juga bergantung terhadap aktivitas enzim pengoksidasi substrat fenol yang dapat dipengaruhi oleh ketersediaan oksigen, spesifisitas substrat fenolik, pH, dan temperatur (Martinez dan Whitaker, 1995).

B. Total Fenol

Berdasarkan hasil rerata tiap pengamatan menunjukkan terdapat interaksi antar perlakuan berbagai konsentrasi CMC dengan minyak atsiri daun sirih dan minyak atsiri lemon pada seluruh hari ke-0, ke-3, ke-9 dan ke-12. Selain itu hasil rerata kandungan fenol tertinggi terdapat pada perlakuan CMC 1,5% + minyak atsiri daun sirih 0,1%. Sedangkan kandungan fenol yang relatif lebih rendah terdapat pada perlakuan kedua konsentrasi CMC dengan kombinasi minyak atsiri lemon 2% dibanding perlakuan lainnya. Pada hari ke-6 *anova* menunjukkan tidak adanya interaksi antar pemberian perlakuan CMC dan minyak atsiri. Interaksi menunjukkan sinergi kedua masing-masing perlakuan baik CMC dan minyak atsiri dalam mereduksi tingkat *browning*.



Gambar 2. Histogram kandungan total fenol pada *fresh-cut* apel Manalagi selama 12 hari pengamatan.

- C1M0 : CMC 1% + minyak atsiri 0%
- C2M0 : CMC 1,5% + minyak atsiri 0%
- C1M1 : CMC 1% + minyak atsiri daun sirih 0,1%
- C2M1 : CMC 1,5% + minyak atsiri daun sirih 0,1%
- C1M2 : CMC 1% + minyak atsiri lemon 2%
- C2M2 : CMC 1,5% + minyak atsiri lemon 2%
- C0M0 : Tanpa CMC & minyak atsiri (kontrol)

Hampir keseluruhan perlakuan menunjukkan konsentrasi total fenol mencapai puncaknya pada hari ke-3 pengamatan yang kemudian diikuti penurunan pada hari pengamatan selanjutnya, kecuali pada perlakuan pelapis CMC 1% dan 1,5% dengan penambahan minyak atsiri lemon 2% (C1M2 & C2M2). Puncak peningkatan total fenol pada hari ke-3 berkaitan dengan adanya enzim

phenylalanine-ammonia lyase (PAL) yang juga meningkat akibat adanya pelukaan.

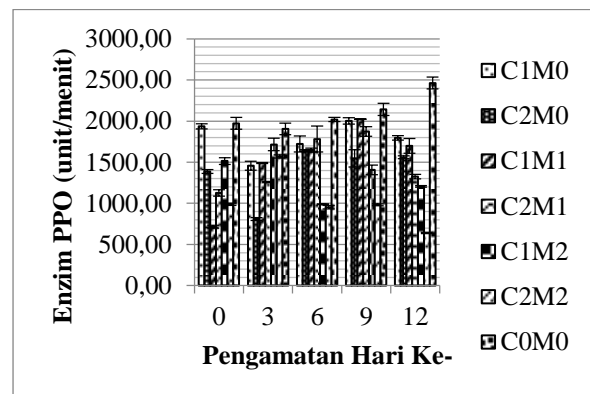
Penambahan minyak atsiri lemon 2% pada perlakuan pelapis CMC 1% dan 1,5% (C1M2 & C2M2) menunjukkan puncak konsentrasi total fenol dicapai pada hari ke-6 atau lebih lambat dibanding perlakuan yang lain pada hari ke-3 pengamatan. Hal tersebut diduga disebabkan oleh enzim PAL akibat pelukaan pada proses pemotongan *fresh-cut* apel Manalagi mampu dihambat aktivitasnya, sehingga dengan demikian jalur fenilpropanoid untuk memproduksi fenol mampu ditekan lebih lambat untuk mencapai puncaknya. Kandungan asam sitrat dalam minyak atsiri lemon juga mampu berperan sebagai antioksidan untuk meringankan stress oksidatif (pelukaan). Minyak atsiri lemon diketahui mengandung komponen fenol, flavonoid, karotenoid, asam askorbat dan gula pereduksi yang cukup tinggi. Studi pada sayur dan buah-buahan, kandungan fenol dan flavonoid tersebut berkorelasi dengan aktivitas antioksidan. Komponen fenolik tersebut sering dihubungkan dengan aktivitas antioksidan berdasarkan kemampuannya sebagai sebagai pereduksi, penangkap radikal bebas, pengkkelat logam peredam terbentuknya oksigen serta pendonor elektron (Karadeniz *et al.*, 2005 dalam Zaky, 2018).

Pelapisan CMC 1,5% + minyak atsiri daun sirih 0,1% menunjukkan kandungan fenol tertinggi selama penyimpanan (Gambar 2). Hal tersebut diduga karena terdapat kandungan fenolik dan turunannya yang cukup tinggi pada minyak atsiri daun sirih sehingga berdampak pada kandungan fenol yang tinggi pada *fresh-cut* apel Manalagi. Minyak atsiri daun sirih diketahui mengandung senyawa fenolik 30% (*betlephenol*) dan beberapa derivatnya di antaranya, *euganol*, *kavikol*, *karvakrol sineol*, *salinen*, *terpen*, *triterpenoid*, *steroid*, *fenilpropan*, *flavonoid*, dan *tannin* (Darwis, 1992; Sostroamidjojo, 2001). Hal tersebut didukung dengan tingginya konsentrasi CMC 1,5% yang mana dapat mengemulsi dan melarutkan minyak atsiri dengan baik.

Oleh karenanya jika dibandingkan dengan perlakuan konsentrasi CMC 1% + minyak atsiri 0,1%, pelapisan dengan konsentrasi CMC 1,5% + minyak atsiri 0,1% memiliki kandungan fenol yang lebih tinggi.

C. Enzim Polifenol Oksidase (PPO)

Hasil rerata tiap pengamatan menunjukkan adanya interaksi antar perlakuan *edible coating* CMC dengan berbagai variasi minyak atsiri pada hari ke-0, ke-3, ke-9 dan ke-12 pengamatan. Pengaruh antar perlakuan *edible coating* CMC dengan kombinasi penambahan minyak atsiri sirih maupun lemon terhadap kandungan enzim PPO berfluktuasi pada masing-masing hari pengamatan. Namun, di keseluruhan hari pengamatan kandungan enzim PPO tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol. penambahan minyak atsiri lemon pada CMC 1% dan 1,5% merupakan perlakuan terbaik dalam menekan aktivitas enzim PPO dibanding dengan perlakuan yang lain.



Gambar 3. Histogram kandungan enzim PPO pada *fresh-cut* apel Manalagi selama 12 hari.

- C1M0 : CMC 1% + minyak atsiri 0%
- C2M0 : CMC 1,5% + minyak atsiri 0%
- C1M1 : CMC 1% + minyak atsiri daun sirih 0,1%
- C2M1 : CMC 1,5% + minyak atsiri daun sirih 0,1%
- C1M2 : CMC 1% + minyak atsiri lemon 2%
- C2M2 : CMC 1,5% + minyak atsiri lemon 2%
- C0M0 : Tanpa CMC & minyak atsiri (kontrol)

Hampir keseluruhan perlakuan *edible coating* CMC dengan penambahan berbagai jenis minyak atsiri mengalami kenaikan enzim PPO tertinggi di hari ke-9 pengamatan diikuti penurunan di hari ke-12. Dinamika tersebut diduga berkaitan dengan tingkat

kematangan apel Manalagi yang digunakan. Penelitian umur simpan menunjukkan apel Manalagi mencapai puncak klimakteriknya pada hari ke-9 yang ditandai perombakan polisakarida menjadi gula sederhana sehingga zat padat terlarut menjadi meningkat (Arrum, 2017). Sama halnya dengan apel Manalagi, aktivitas enzim PPO pada pisang meningkat bersamaan dengan peningkatan laju respirasi kemudian menurun setelah fase puncak klimakteriknya (Chang & Hwang, 1990).

Khusus pada perlakuan pelapis CMC yang dikombinasikan minyak atsiri lemon (C1M2 & C2M2) secara umum menunjukkan tren penurunan selama 12 hari pengamatan. Selain itu, *edible coating* CMC 1,5% + minyak atsiri lemon 2% merupakan perlakuan terbaik karena memiliki kadar enzim PPO terendah dibanding dengan perlakuan yang lain. Tingginya konsentrasi CMC sebagai pelapis golongan polisakarida akan meningkatkan jumlah polimer yang mana akan memperkecil rongga gel yang terbentuk. Hal tersebut menjadikan kemampuannya semakin baik dalam menahan pertukaran O₂ dan CO₂ sehingga laju respirasi yang dapat memicu etilen dan enzim PPO dapat dihambat aktivitas dan pengaruhnya terhadap pencoklatan enzimatis pada *fresh-cut* apel Manalagi.

Penambahan minyak atsiri lemon 2% yang dilarutkan pada CMC 1,5% juga berperan sebagai inhibitor enzim PPO pada *fresh-cut* apel Manalagi. Adanya kandungan asam sitrat yang tinggi pada minyak atsiri lemon diduga mampu berperan sebagai *acidulant* untuk menurunkan pH. Secara umum tingkat keasaman/pH lingkungan yang rendah (di bawah pH optimum) dapat menurunkan aktivitas enzim PPO. Gugus penyusun struktur enzim PPO harus berada dalam bentuk ionik yang sesuai sehingga enzim dapat aktif mengikat substrat atau mengkatalisa reaksi pencoklatan (Utama, 2017). Penghambatan aktivitas PPO oleh asam sitrat untuk menurunkan pH dapat dikaitkan dengan kemampuannya membuka konformasi struktur ionik enzim yang

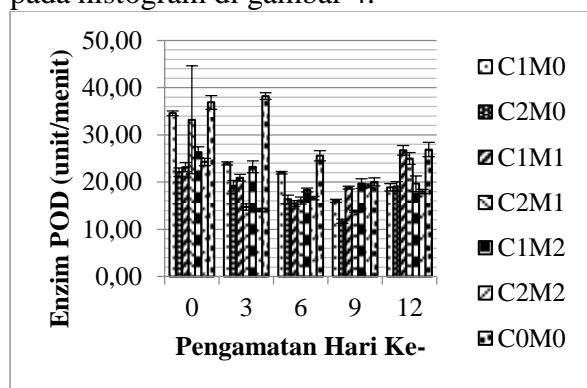
berakibat pada berkurangnya aktivitas katalitik enzim (Liu *et al.*, 2013).

Aktivitas enzim PPO berhubungan langsung dengan tingkat kecerahan warna daging buah apel Manalagi. Semakin tinggi aktivitas PPO, maka proses oksidasi senyawa fenol juga akan meningkatkan derajat reaksi pencoklatan enzimatis. Hal tersebut juga berlaku paralel hubungannya dengan kandungan fenol yang mana semakin tinggi fenol, maka *enzymatic browning* juga berpotensi semakin tinggi terjadi pada suatu produk buah maupun sayur. Berdasarkan histogram (gambar 3), aktivitas enzim PPO perlakuan CMC 1% dan 1,5% + minyak atsiri sirih 0,1% menunjukkan fase peningkatan sampai pada hari ke-9 kemudian terjadi penurunan di akhir pengamatan. Hal tersebut diduga disebabkan oleh tingginya konsentrasi fenol pada keseluruhan rentang hari pengamatan berdasarkan gambar 2 (parameter total fenol). Seiring dengan meningkatnya aktivitas enzim PPO sampai puncaknya di hari ke-9, maka kandungan total fenol juga tereduksi sampai hari ke-9. Chisari, *et al* (2010) menyatakan secara umum, penurunan kadar komponen fenolik berkorespondensi dengan meningkatnya aktivitas enzim PPO. Selain reduksi fenolik, keberadaan enzim PPO aktif pada jaringan tanaman dapat menyebabkan hilangnya antosianin, rasa, warna dan nutrisi serta mengakibatkan produksi kuinon (Kader *et al.*, 1998).

D. Enzim Peroksidase (POD)

Pengamatan enzim POD dilakukan setiap 3 hari sekali selama 12 hari pengamatan menunjukkan interaksi antar perlakuan *edible coating* CMC dengan penambahan berbagai jenis minyak atsiri pada pengamatan hari ke-0, ke-3, ke-6, dan ke-9. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa kandungan enzim POD tertinggi terjadi pada *fresh-cut* apel manalagi tanpa perlakuan pelapis CMC dan minyak atsiri (kontrol). Sementara itu, rerata enzim POD terendah terjadi pada *fresh-cut* apel Manalagi

perlakuan *edible coating* CMC dengan penambahan minyak atsiri sirih 0,1 % dan lemon 2%. Dinamika perubahan enzim POD selama 12 hari pengamatan dapat dilihat pada histogram di gambar 4.



Gambar 4. Histogram kandungan enzim POD pada *fresh-cut* apel Manalagi selama 12 hari pengamatan.

- C1M0 : CMC 1% + minyak atsiri 0%
- C2M0 : CMC 1,5% + minyak atsiri 0%
- C1M1 : CMC 1% + minyak atsiri daun sirih 0,1%
- C2M1 : CMC 1,5% + minyak atsiri daun sirih 0,1%
- C1M2 : CMC 1% + minyak atsiri lemon 2%
- C2M2 : CMC 1,5% + minyak atsiri lemon 2%
- C0M0 : Tanpa CMC & minyak atsiri (kontrol)

Pada keseluruhan hari pengamatan menunjukkan aktivitas enzim POD pada buah tanpa pelapisan lebih tinggi dibandingkan dengan buah yang diberi perlakuan CMC dengan kombinasi minyak atsiri. Menurut Ball (1997), adanya paparan gas O₂ melalui cedera jaringan akibat pelukaan (*minimal processing*) pada buah tanpa pelapisan mampu meningkatkan aktivitas katalitik enzim peroksidase sehingga memacu pencoklatan enzimatis. Selain itu, adanya pelukaan dapat mempercepat proses penuaan dan pematangan pada produk sayur dan buah-buahan. Peningkatan aktivitas enzim POD pada buah terjadinya seiring proses penuaan dan pematangan terjadi (Farkas *et al.*, 1964). Hal tersebut didukung oleh penelitian Ingham *et al.* (1998) yang menyatakan bahwa pada berbagai kondisi penyimpanan, pelarutan enzim POD mencapai puncak aktivitas pada proses menuju kematangan & pelunakan apel.

Perlakuan pelapis CMC 1,5% + minyak atsiri lemon 2% pada buah potong apel Manalagi merupakan perlakuan terbaik karena memiliki kandungan enzim POD terendah dibandingkan dengan kombinasi CMC dan minyak atsiri lainnya. Penggunaan pelapis tersebut selain mampu menahan pertukaran gas dan laju respirasi pada buah juga diduga mampu meminimalkan stres oksidatif akibat pelukaan. Gangguan jaringan tersebut selanjutnya menyebabkan pencampuran enzim dan substrat yang mendasari peningkatan kegiatan pencoklatan enzimatis. Hal tersebut sejalan pada peningkatan aktivitas enzim POD akibat adanya stres oksidatif buah melon terolah minimal (Laminkra dan Watson, 2001). Peroksidase juga meningkat aktivitasnya akibat adanya infeksi dengan jamur, bakteri, dan virus. Hal tersebut didukung dengan isoenzim peroksidase yang terinduksi dengan cepat pada kadar yang tinggi pada padi yang terinfeksi *Xanthomonas oryzae* (Reimers *et al.*, 1992). Oleh karenanya, enzim peroksidase diduga mampu dihambat aktivitasnya akibat adanya penambahan minyak atsiri lemon 2% dengan menekan serangan mikroorganisme. Adanya kandungan limonen pada minyak atsiri lemon yang dienkapsulasi dengan CMC 1,5% diduga memiliki sifat antijamur yang baik pada *fresh-cut* apel manalagi. Studi lain juga menyatakan minyak atsiri jeruk lemon (*Citrus limon* (L) Burm. f) mempunyai aktivitas antibakteri yang tinggi terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* (Chao *et al.*, 2008).

Meskipun demikian, dinamika aktivitas enzim POD selama, berbeda dibanding dengan aktivitas enzim PPO. Enzim PPO meningkat seiring dengan fase puncak klimakterik, sedangkan peningkatan pada enzim POD terjadi stabilitas dengan kecenderungan meningkat sampai akhir pengamatan. Stabilitas tersebut erat kaitannya dengan pengaruh enzim PPO dalam mengakumulasi H₂O₂ sebagai hasil reaksi oksidasi fenolik yang menghasilkan kuinon. Hidrogen peroksida selanjutnya juga

dimanfaatkan oleh POD dalam proses pencoklatan enzimatik (Subramanian *et al.*, 1999).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Perlakuan pelapis CMC 1,5% dikombinasikan minyak atsiri lemon 2% merupakan perlakuan dengan kemampuan terbaik untuk menghambat *browning* secara kimiawi dengan menekan enzim PPO dan POD.
2. Perlakuan *edible coating* CMC 1,5% tanpa penambahan minyak atsiri mampu menghambat pencoklatan pada penampakan (visual) *fresh-cut* apel Manalagi.

B. Saran

Perlu dilakukan pengujian secara fisiologis lebih lanjut mengenai enzim pendukung lain penyebab terjadinya pencoklatan enzimatik serta dapat digunakan varietas apel lainnya sebagai pembanding.

DAFTAR PUSTAKA

- Arias E., López-Buesa P., Oria R. 2009. Extension of fresh-cut “Blanquilla” pear (*Pyrus communis* L.) shelflife by 1-MCP treatment after harvest. *Postharvest Biology and Technology*, 54 : p.53–58.
- Arrum, Nugraheni. 2017. Pengaruh Pemberian Edible Coating CMC Diperkaya Minyak Atsiri Daun Sirih dan Lemon sebagai Anti Mikroba untuk Memperpanjang Umur Simpan *Fresh-Cut* Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill). <http://repository.umy.ac.id/handle/123456789/17355>. Diakses pada 23 Februari 2019.
- Carvalho, R.L., Cabral M.F., Germano T.A., Brasil I.M., Gallao M.I., Moura C.F.H., Lopes, M.M.A., and Maria R.A.M. 2016. Chitosan Coating with Trans-Cinnamaldehyde Improves Structural Integrity and Antioxidant Metabolism of Fresh-Cut Melon. *Postharvest Biology and Technology*, 113, pp.29–39.
- Chang, W.H. & Hwang, Y.J. (1990). Effect of ethylene treatment on the ripening, polyphenol oxidase activity and water-soluble tannin content of Taiwan northern banana at different maturity stages and the stability of banana polyphenol oxidase. *Acta Horticulturae*, 275, 603–610
- Chao S., G. Young, C. Oberg, K. Nakaoka. 2008. Inhibition of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) by essential oils. <https://scihub.tw/https://doi.org/10.1002/ffj.1904>. Diakses pada 8 Januari 2019.
- Chisari, M., A. Todaro, R.N. Barbagallo and G. Spagna, 2010. Salinity effects on enzymatic browning and antioxidant capacity of fresh-cut baby Romaine lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Duende). *Food Chem.*, 119: 1502-1506.
- Darwis S.N. 1992. Potensi Sirih (*Piper betle* L.) sebagai Tanaman Obat. *Balai Penelitian Tanaman Obat*. Bogor. 1(1). Hal. 9-11.
- Farkas, G.L., . Dezsi, M. Horvath, K. Kisban and J. Unvardy. 1964. Common Pattern of Enzymatic Changes in Detached Leaves and Tissues Attacked by Parasites. *Phytopathol. Zeit.* 49:343 – 354.
- Hertog, M.G., P.C.H. Hollman, and M.B. Katan. 1992. Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the etherlands. *Journal. Agr.Food Chem.* 40: p2379–2383.
- Holderbaum D.F. Tomoyoki, K. Tsuyoshi K., Guerra M.P. 2010. Enzymatic

- Browning, Polyphenol Oxydase Activity, and Polyphenols in Four Apple Cultivars: Dynamics during Fruit Development. *HortScience* 48(8) : p.1150.
- Ingham L.M., M.L. Parker and K.W. Waldron. 1998. Peroxidase : Change in Soluble and Bound Forms During Maturation and Ripening of Apple.
- Kader, F., Haluk, J.P., Nicolas, J.P., and Metche, M. 1998. Degradation of cyanidin-3-glucoside by Blueberry polyphenol oxidase-kinetic studies and mechanisms. *J Agric. Food Chem.*, 46: 3060–3065.
- Koushesh Saba, M. & Sogvar, O.B., 2016. Combination of Carboxymethyl Cellulose-Based Coatings with Calcium and Ascorbic Acid Impacts in Browning and Quality of Fresh-Cut Apples. *LWT - Food Science and Technology*, 66, pp.165–171. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.022>.
- Kusumo, Surachmat. 1984. APEL. CV. Yasaguna. Bogor. 15 hal.
- Laminkra, O., & Watson, M. A. 2001. Effects of ascorbic acid on peroxidase and polyphenoloxidase activities in fresh-cut cantaloupe melon. *Journal of Food Science*, 66, 1283–1286.
- Liu R.H. 2003. Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *American Journal Clinical Nutrition*. 78 : p. 517–520.
- Liu W., Z. Li-qiang, L. Jun-Ping, L. Chengmei, Rui-hong L. 2013. The effect of citric acid on the activity, thermodynamics and conformation of mushroom polyphenoloxidase. <https://dacemirror.sci-hub.tw/journal-article/09978777c0ade714c2dc3bb698051dc3/liu2013.pdf>. Diakses 6 Januari 2019.
- Martinez, M.V. and Whitaker, J.R. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. *Trends Food Sci.Technol.*, 6: 195–200.
- Nugraheni, A.R. 2017. Pengaruh Pemberian Edible Coating CMC Diperkaya Minyak Atsiri Daun Sirih dan Lemon Sebagai Anti Mikroba untuk Memperpanjang Umur Simpan Fresh-Cut Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill). <http://repository.umy.ac.id/handle/123456789/17355>. Diakses pada 21 Februari 2018.
- Queiroz, C., Mendes Lopes, M. L., Fialho, E., & Valente–Mesquita, V. L. 2008. Polyphenol oxidase: Characteristics and mechanisms of browning control. *Food Reviews International*, 24, 361–375.
- Reimers PJ, Guo A, Leach JE .1992. Increased activity of a cationic peroxidase associated with an incompatible interaction between *Xanthomonas oryzae* pv *oryzae* and rice (*Oryza sativa*). *Plant Physiol*99: 1044-1050.
- Shahbazi, Y. 2018. Application of Carboxymethyl Cellulose and Chitosan Coatings Containing *Mentha spicata* Essential Oil in Fresh Strawberries. *Internal Journal of Biological Macromolecules*. 112, pp. 264-272. Available at :
- Sostroamodjojo, S.A. 2001. Obat Asli Indonesia. Dian Rakyat. Jakarta. Hal 102.
- Subramanian N., P. Venkatesh, S. Ganguli, V.P. Sinkar. 1999. Role of Polyphenol Oxidase and Peroxidase in the Generation of Black Tea Theaflavins. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/j>

f981042y. Diakses pada 11 Januari 2019.

Utama, Nafi A. 2017. Pencoklatan Enzimatis dan Pencegahannya pada Produk Potong Segar. <http://repository.umy.ac.id/bitstream/handle/123456789/11678/Pencoklatan%20Enzimatis%20dan%20pencegahannya%20pada%20produk%20potong%20segar.pdf?sequence=1>. Diakses pada 20 Februari 2018.

Zaky, Fadhila F.E. 2018. Pengaruh Konsentrasi Natrium Metabisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) terhadap Reaksi Pencoklatan dan Aktivitas Enzim Polifenol Oksidase (PPO) pada *Fresh-Cut* Buah Apel (*Malus sylvestris* Mill.) Varietas Rome Beauty. Skripsi. Agroteknologi. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. 56-58 hal.

