

**NASKAH PUBLIKASI**

**KAJIAN ANTRIBROWNING EDIBLE COATING CMC  
DIPERKAYA MINYAK ATSIRI SERAI DAN KAYU MANIS  
PADA *FRESH-CUT* APEL MANALAGI**



**Oleh :**

**Setyana Yulianingsih**

**20150210065**

**Program Studi Agroteknologi**

**Pembimbing :**

- 1. Ir. Nafi Ananda Utama, M. Si.**
- 2. Ir. Indira Prabasari, M.P., Ph.D.**

**Kepada**

**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA**

**2019**

**KAJIAN ANTRIBROWNING EDIBLE COATING CMC DIPERKAYA  
MINYAK ATSIRI SERAI DAN KAYU MANIS PADA *FRESH-CUT* APEL**

**MANALAGI**

Oleh :

Setyana Yulianingsih

Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

**INTISARI**

*Edible coating* CMC yang dikombinasikan dengan minyak atsiri serai dan kayu manis diketahui dapat menghambat *browning* pada buah potong segar. Penelitian ini telah dilaksanakan di laboratorium Pascapanen Universitas Muhammadiyah Yogyakarta pada bulan Juni hingga Juli 2018. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh fisiologi penggunaan *edible coating* CMC yang diperkaya dengan minyak atsiri serai dan kayu manis pada buah potong segar apel Manalagi terhadap perubahan warna coklat. Penelitian dilaksanakan dengan rancangan percobaan faktorial yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 ulangan. percobaan yang diujikan terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama yaitu CMC0%, 1% dan CMC1,5% dan faktor kedua yaitu minyak atsiri 0%, minyak atsiri serai 0,4% dan minyak atsiri kayu manis 0,7%. Hasil penelitian menunjukkan pemberian *edible coating* CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7% merupakan perlakuan dengan kemampuan terbaik dalam menghambat *browning* secara kimia dengan menghambat aktivitas enzim polifenol oksidase (PPO) dan peroksidase (POX). Pemberian *edible coating* CMC dikombinasikan minyak atsiri kayu manis dan serai secara fisiologi mampu menghambat aktivitas enzim polifenol oksidase (PPO) dan peroksidase (POX) untuk meminimalisir *browning* atau pencoklatan enzimatis

**Kata Kunci :** *Edible coating* CMC, minyak atsiri Serai, minyak atsiri Kayu Manis, *browning*.

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Buah merupakan salah satu jenis pangan yang sangat penting sebagai salah satu pemenuh beberapa vitamin yang dibutuhkan oleh tubuh. Pentingnya mengonsumsi buah untuk kebutuhan tubuh mengharuskan manusia dapat mengonsumsi buah dalam bentuk olahan apa saja agar kebutuhan tubuh tetap terpenuhi. Data Badan Pusat Statistik (2017) menyatakan bahwa 3 dari 4 atau 73,59 % penduduk Indonesia mengonsumsi buah. Namun, dengan meningkatnya kesibukan kerja yang beriringan dengan peningkatan kesejahteraan dan gaya hidup menyebabkan masyarakat tidak memiliki cukup waktu untuk kegiatan lainnya seperti memetik buah, mencari buah segar, memotong-motong dan harus menghidangkannya. Oleh karena itu, masyarakat cenderung beralih pilihan pada buah-buahan segar siap makan (Ragil, 2009).

Salah satu buah yang dapat dijadikan produk *fresh-cut* adalah apel. Buah apel sendiri mengalami peningkatan konsumsi pada tahun 2015 sebesar 0,730 kg/kapita/tahun, dan pada tahun 2016 sebesar 0,760 kg/kapita/tahun (BPS, 2017). Apel manalagi adalah buah lokal yang dalam perdagangan kalah bersaing dengan jenis apel impor lainnya yang dari segi bentuk, warna, dan ukuran lebih unggul. Inovasi untuk menjual apel dalam bentuk buah potong segar ditujukan untuk diversifikasi produk seperti buah lokal apel manalagi. Oleh karena itu, inovasi tersebut dapat membuka peluang teknologi pengolahan minimal (*fresh-cut*). *Fresh-cut* atau pengolahan minimal merupakan pengolahan buah atau sayuran yang melibatkan pencucian, pengupasan, dan pengirisan sehingga mudah dikonsumsi tanpa menghilangkan kesegaran dan nilai gizi yang dikandungnya (Perera, 2007). IBIS *World Industry Report* menunjukkan bahwa data industri buah dan sayuran *fresh-cut* diharapkan akan mengalami peningkatan 2,8% tiap tahunnya atau senilai USD \$ 6,8 Milyar pada lima tahun mendatang (Nafi dan Chandra. 2016). Namun, buah apel yang dipotong mempunyai keterbatasan karena karakteristiknya yang sangat mudah mengalami perubahan warna menjadi coklat yang disebut dengan *browning process*. *Browning* atau pencoklatan pada buah disebut dengan pencoklatan enzimatis, pencoklatan enzimatis merupakan reaksi pewarnaan yang

banyak terjadi pada buah dan sayuran, sebagai akibat interaksi oksigen, senyawa fenol, dan enzim polifenol oksidase (PPO) (Nafi A, 2017). *Browning* dapat terjadi karena adanya jaringan tanaman yang terluka, misalnya pemotongan, penyikatan, dan perlakuan lain yang dapat mengakibatkan kerusakan integritas jaringan tanaman (Rahmawati, 2008). *Browning* atau pencoklatan ini memiliki pengaruh besar terhadap nilai jual buah potong segar seperti buah potong segar apel manalagi karena berpengaruh pada tampilan produk.

Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengurangi terjadinya proses pencoklatan atau *browning* adalah dengan mengaplikasikan *edible coating*, yaitu suatu metode pemberian lapisan tipis pada permukaan buah untuk menghambat keluarnya gas, uap air, dan kontak dengan oksigen (Hwa dkk., 2009). *Edible coating* pada buah dan sayuran berprospek untuk dapat memperbaiki kualitas tampilan dan umur simpan buah atau sayuran (Baldwin dkk., 2012).

Menurut Santoso (2004) pembuatan larutan *edible coating* komposit antara bahan bersifat hidrofobik dengan hidrofilik harus ditambahkan emulsifier agar larutan lebih stabil. Emulsifier yang dapat digunakan antara lain CMC. Karboksimetil selulosa (CMC) merupakan turunan dari selulosa dan sering dipakai dalam industri pangan. CMC berperan sebagai pengemulsi dan penstabil pada larutan *edible coating*. Perlakuan CMC 1% dengan penambahan asam askorbat dapat menghambat *browning* pada apel potong (Koushes dan Banin, 2015). *Edible coating* dengan bahan CMC mampu melindungi buah terhadap oksigen, karbondioksida dan mampu menahan penguapan air (Moch Anugrah, 2014). Bahan tambahan penyusun *edible coating* selain *plasticizer* dan emulsifier adalah bahan seperti *antibrowning*, antibakteri, dan antioksidan untuk meningkatkan kualitas dan keamanan produk (Lin and Zhao, 2007). Antioksidan pada *edible coating* dapat meningkatkan fungsi dan struktur *edible coating*, pada olahan minimal buah biasanya menggunakan antioksidan alami seperti yang terkandung pada minyak atsiri (Lin dan Zhao 2007). Salah satu bahan yang mengandung antioksidan alami untuk dapat meningkatkan kualitas produk adalah minyak atsiri serai dan kayu manis. Kandungan pada minyak atsiri serai dan kayu manis mengandung beberapa senyawa antioksidan seperti flavonoid, polifenol,

saponin, sitronella, dan asam-asam organik. Menurut Made (2016), antioksidan dapat mencegah oksidasi komponen-komponen fenolat menjadi quinon berwarna gelap sehingga dapat menghambat *browning* pada produk *fresh-cut*. Berdasarkan penelitian Achmad Aristyan (2017), kombinasi antara CMC dengan minyak atsiri serai 0,4 % bertahan selama 12 hari dengan tingkat kesukaan panelis sebesar 100 % memilih suka pada pengujian warna buah potong segar apel manalagi sedangkan kombinasi CMC dengan minyak atsiri kayu manis 0,7 % hanya bertahan selama 9 hari dengan tingkat kesukaan panelis sebesar 100 % memilih suka pada pengujian warna buah potong segar apel manalagi dari penelitian ini baru diteliti mengenai sifat fisik *edible coating* CMC yang diperkaya minyak atsiri. Oleh karena itu, perlu mengetahui pengaruh fisiologis *fresh-cut* apel manalagi terhadap penggunaan anti-browning *edible coating* CMC diperkaya minyak atsiri serai dan kayu manis.

### **B. Perumusan Masalah**

1. Apakah penambahan minyak atsiri serai dan kayu manis dalam *edible coating* CMC dapat menghambat *browning* pada *fresh-cut* apel Manalagi?
2. Bagaimana pengaruh fisiologi perlakuan *edible coating* CMC diperkaya minyak atsiri serai dan kayu manis pada *fresh-cut* apel Manalagi ?

### **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengkaji penambahan minyak atsiri serai dan kayu manis dalam *edible coating* CMC untuk menghambat *browning* pada *fresh-cut* apel Manalagi.
2. Mengkaji pengaruh fisiologi perlakuan *edible coating* CMC diperkaya minyak atsiri serai dan kayu manis pada *fresh-cut* apel Manalagi terhadap *browning*.

## II. TATA CARA PENELITIAN

Penelitian ini telah dilakukan di laboratorium Pascapanen Fakultas Pertanian Program Studi Agroteknologi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta pada bulan Juni sampai Juli 2018.

Penelitian ini menggunakan rancangan lingkungan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan rancangan percobaan faktorial yang terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama adalah konsentrasi CMC yang terdiri dari 2 aras yaitu : C1: CMC1% dan C2: CMC1,5 % dan faktor kedua adalah konsentrasi minyak atsiri yang terdiri dari 3 aras yaitu : M0: tanpa minyak atsiri, M1 : minyak atsiri serai 0,4%, dan M2: minyak atsiri kayu manis 0,7 %. Sehingga dihasilkan 7 kombinasi perlakuan, setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 21 unit percobaan.

Penelitian yang dilakukan meliputi ; 1) Pemanenan dan penyortiran buah apel Manalagi, 2) Pembuatan *edible coating* CMC diperkaya minyak atsiri, 3) Aplikasi, 4) Penyimpanan, dan 5) Pengamatan. Pemanenan buah apel Manalagi dilakukan di kebun buah apel yang berada di Kota Batu, Malang, Jawa Timur. Penyortiran dilakukan langsung setelah pemanenan, buah apel yang digunakan dengan kriteria *grade* A atau memiliki ukuran yang sama dalam 1 kg berisi 4-5 buah. Selain itu buah dipilih yang tidak cacat, dan tidak terdapat luka pada penampakannya. Setelah itu buah dicuci menggunakan larutan klorin dengan konsentrasi  $200\mu\text{l/L}^{-1}$ , kemudian dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel.

Pengamatan dilakukan selama 15 hari dengan waktu pengamatan 3 hari sekali (hari ke-0, 3, 6, 9, 12, dan 15). Setiap 3 hari sekali dilakukan pengamatan pada sampel dari setiap perlakuan untuk dilakukan pengujian Total fenol, Uji aktivitas enzim Polifenol peroksidase (PPO), Uji aktivitas enzim *Peroxidase* (POX), dan Warna.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Total Fenol

Berdasarkan rerata sidik ragam pada tabel 1 menunjukkan bahwa terdapat interaksi antar perlakuan berbagai konsentrasi CMC dengan berbagai minyak atsiri selama pengamatan hari ke-0, ke-3, ke-6, ke-9, ke-12, dan ke-15. Pada hasil sidik ragam menunjukkan hasil yang signifikan pada seluruh perlakuan selama pengamatan. Kandungan total fenol terendah terdapat pada perlakuan CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7% dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

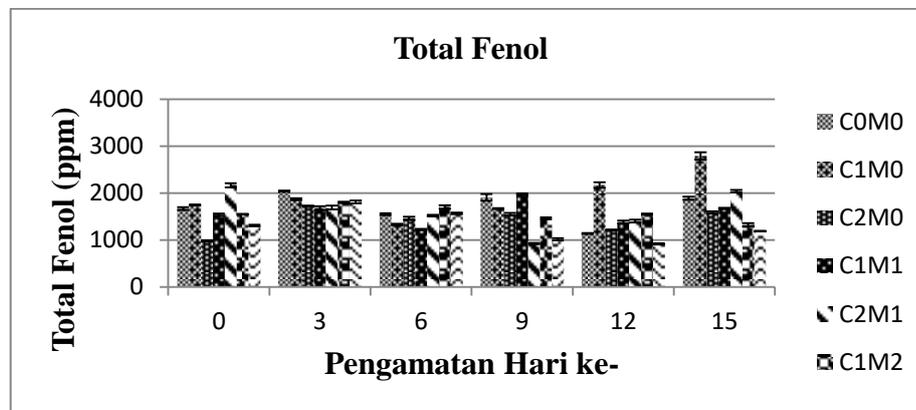
Tabel 1. Rerata Hasil Total Fenol (ppm)

Hari	Perlakuan	M0	M1	M2	Rerata
H0	CMC 1%	1747.81b	1539.47d	1552.63d	1613.3
	CMC 1,5%	982.46f	2166.67a	1307.02e	1485.4
Rerata		1853.1	1467.1	1429.8	(+)
Perlakuan		M0			
C0		1671.05c			1671.1
H3	CMC 1%	1870.61b	1677.63d	1800.44c	1782.89
	CMC 1,5%	1723.68d	1695.18d	1811.40c	1743.42
Rerata		1878.66	1686.40	1805.92	(+)
Perlakuan		M0			
C0		2041.67 a			2041.67
H6	CMC 1%	1328.95e	1225.88f	1706.14a	1515.35
	CMC 1,5%	1460.53d	1517.54c	1567.98b	1420.32
Rerata		1446.64	1371.71	1637.06	(+)
Perlakuan		M0			
C0		1550.44cb			1550.44
H9	CMC 1%	1668.86b	1973.68a	1462.72e	1701.8
	CMC 1,5%	1552.63d	925.44g	1019.74f	1165.9
Rerata		1709.1	1449.6	1241.2	(+)
Perlakuan		M0			
C0		1905.70a			1905.7
H12	CMC 1%	2171.05a	1381.58c	1548.25b	1700.3
	CMC 1,5%	1212.72d	1403.51c	918.86f	1178.4
Rerata		1508.8	1392.5	1233.6	(+)
Perlakuan		M0			
C0		1142.54e			1142.5
H15	CMC 1%	2789.47a	1673.2d	1326.75f	1929.8
	CMC 1,5%	1585.53e	2039.47b	1190.7g	1605.3
Rerata		2087.7	2856.4	1258.8	(+)
Perlakuan		M0			
C0		1888.16c			1888.2

Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata berdasarkan hasil DMRT pada taraf 5%. C0 : Tanpa *Edible*

*Coating* , M0 : Tanpa minyak atsiri; M1 : Minyak atsiri serai 0,4%; M2 : Minyak atsiri kayu manis 0,7%.

Kandungan fenol pada setiap buah bervariasi, senyawa fenolik yang paling banyak ditemukan pada buah apel adalah katekin dan asam klorogenat. Senyawa fenolik katekin dan asam klorogenat ini yang menjadi salah satu substrat pada aktivitas enzim polifenol oksidase yang mana akan menghasilkan warna coklat pada buah (Amiot *et al.* 1992). Pengamatan total fenol selama pengamatan 15 hari dalam gambar 1 dibawah ini :



Gambar 1. Histogram hasil total fenol (ppm) yang diberikan perlakuan berbagai konsentrasi CMC diperkaya berbagai minyak atsiri dan kontrol selama 15 hari pengamatan.

Pada gambar 1 menunjukkan bahwa kandungan total fenol pada *fresh-cut* buah apel Manalagi mengalami fluktuasi pada berbagai perlakuan selama 15 hari penyimpanan. Dari histogram diatas (Gambar 2) menunjukkan bahwa perlakuan CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7% merupakan perlakuan dengan nilai total fenol yang mengalami penurunan dari hari ke-3 hingga hari ke-12. Kandungan fenol yang terdapat pada seluruh perlakuan menunjukkan kadar yang berbeda-beda selama pengamatan. Hal tersebut diduga karena pengaruh dari tingkat kematangan buah yang berbeda - beda dari buah apel Manalagi yang digunakan. Menurut hasil sidik ragam (Tabel 2.) menunjukkan rerata kandungan fenol pada perlakuan CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7% yang lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya. Kemungkinan yang terjadi pada

perlakuan CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7% adalah tingkat kematangan dari buah apel Manalagi yang digunakan sebagai sampel lebih rendah dari pada perlakuan lainnya. Menurut Yang *et al.*, (2011), kematangan meningkatkan total fenol, kandungan antioksidan, dan kandungan asam askorbat. Selain itu, kandungan total fenol pada buah apel juga berhubungan dengan konsentrasi dari NO atau *Nitrit Oxide*. Dimana NO atau *Nitrit Oxide* ini mempengaruhi produksi total fenol pada buah, semakin tinggi NO (*Nitrit Oxide*) maka akan menekan peningkatan dari total fenol dalam buah. Berdasarkan Hyang *et al.*, (2008) menyatakan bahwa tingkat konsentrasi NO pada buah berbeda-beda tergantung pada kematangan buah, buah yang masih mentah mengandung sekitar 10 sampai 40 kali lipat lebih tinggi NO dari buah matang.

Kandungan total fenol pada *fresh-cut* apel Manalagi tanpa perlakuan (tanpa *edible coating* CMC dan minyak atsiri) memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7%. Hal tersebut berhubungan dengan adanya pembentukan senyawa fenolik yang berlangsung cepat akibat bentuk respon pertahanan dari *fresh-cut* apel Manalagi tanpa pemberian pelapis. Kandungan fenol ini akan mempengaruhi derajat pencoklatan yang terjadi pada *fresh-cut* apel Manalagi. Tidak adanya pelapis pada *fresh-cut* apel Manalagi tanpa perlakuan (tanpa *edible coating* CMC dan minyak atsiri) mengakibatkan tidak adanya penghalang yang membatasi kontak oksigen di udara dengan buah apel sehingga kontak oksigen dengan senyawa fenol yang ada pada *fresh-cut* apel Manalagi tidak dapat dihindari. Hal tersebut berkaitan dengan aktivitas enzim polifenol oksidase selaku enzim yang berperan pada pencoklatan. Aktivitas enzim polifenol oksidase ini sangat bergantung dengan konsentrasi oksigen yang mana akan mengubah senyawa fenol menjadi melanin berwarna coklat (Oktariani,2017).

## **B. Uji Aktivitas Enzim Polifenol Oksidase**

Berdasarkan tabel 3 diatas menunjukkan bahwa ada interaksi antar berbagai konsentrasi CMC dengan berbagai minyak atsiri selama 15 hari

pengamatan. Hasil sidik ragam dari aktivitas enzim polifenol oksidase menunjukkan hasil yang signifikan pada pengamatan hari ke-0 sampai hari ke-15 (Lampiran 3.). Aktivitas enzim polifenol oksidase pada perlakuan CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7% selama 15 hari pengamatan menunjukkan penurunan aktivitas enzim selama pengamatan.

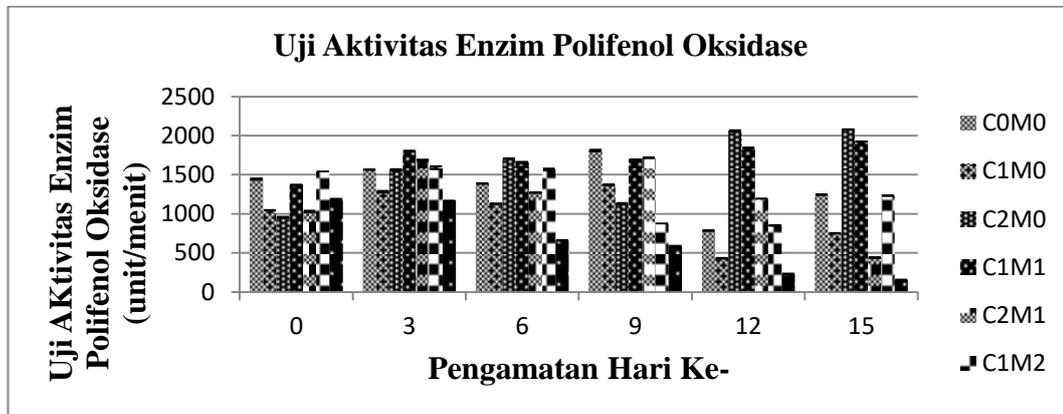
Tabel 2. Rerata Hasil Uji Aktivitas Enzim Polifenol Oksidase

Hari	Perlakuan	M0	M1	M2	Rerata
H0	CMC 1%	1044.000e	1369.000c	1542.667a	1318.556
	CMC 1,5%	954.000g	1029.333f	1190.000d	1057.778
Rerata		1146.778	119.167	1366.333	(+)
Perlakuan		M0			
C0		1442.333b			1442.333
H3	CMC 1%	1284.667e	1800.667a	1589.667c	1558.333
	CMC 1,5%	1560.000d	1684.000b	1163.667f	1469.222
Rerata		1469.444	1742.333	1376.667	(+)
Perlakuan		M0			
C0		1563.667d			1563.667
H6	CMC 1%	1128.667f	1655.667b	1567.000c	1450.444
	CMC 1,5%	1705.333a	1270.000e	658.667g	1211.333
Rerata		1407.333	1462.833	1112.833	(+)
Perlakuan		M0			
C0		1388.000d			1388.000
H9	CMC 1%	1370.667d	1692.000c	876.000f	1312.889
	CMC 1,5%	1128.667e	1716.667b	584.333g	1143.222
Rerata		1436.444	1704.333	730.167	(+)
Perlakuan		M0			
C0		1810.000a			1810.000
H12	CMC 1%	431.000f	1841.667b	850.333d	1041.000
	CMC 1,5%	2060.667a	1196.000c	231.000g	1162.556
Rerata		1091.667	1518.833	540.667	(+)
Perlakuan		M0			
C0		783.333e			783.333
H15	CMC 1%	751.333e	1923.333b	1232.000d	1302.222
	CMC 1,5%	2079.000a	439.333f	157.000g	891.778
Rerata		1358.000	1181.333	694.500	(+)
Perlakuan		M0			
C0		1243.667c			1243.667

Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata berdasarkan hasil DMRT pada taraf 5%

. Enzim polifenol oksidase merupakan kelompok enzim yang dapat mengkatalisis oksidasi senyawa fenol menjadi o-quinon yang kemudian akan

membentuk kompleks polimer berwarna coklat. Pengamatan aktivitas enzim polifenol oksidase selama 15 hari pengamatan disajikan pada gambar 2 dibawah :



Gambar 2. Histogram hasil uji aktivitas enzim polifenol oksidase yang diberikan perlakuan berbagai konsentrasi CMC diperkaya berbagai minyak atsiri dan kontrol selama 15 hari pengamatan.

Pada perlakuan CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7% mengalami penurunan dan memiliki nilai aktivitas enzim polifenol oksidase yang paling rendah dibandingkan perlakuan lainnya sampai hari ke-15. Hal ini berbanding lurus dengan nilai total fenol pada *fresh-cut* apel Manalagi yang pada perlakuan CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7% juga mengalami penurunan. Hal tersebut diduga dikarenakan enzim polifenol oksidase tidak dapat mengkatalisis oksidasi senyawa fenol selaku substrat menjadi pigmen berwarna coklat. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Anceu M, dkk (2014), aktivitas PPO bergantung dengan perubahan konsentrasi substrat fenol pada suatu sampel. Apabila kandungan fenol rendah maka aktivitas enzim polifenol oksidase juga rendah yang kemudian derajat pencoklatan (*browning*) juga rendah dan sebaliknya jika kandungan fenol pada buah tinggi maka aktivitas enzim polifenol oksidase juga semakin tinggi sehingga derajat pencoklatan yang dihasilkan tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan aktivitas PPO berhubungan dengan komposisi senyawa fenolat dan aktivitas peroksidase (PO) (Bashan *et al.*, 1987; CzechKozlowska and Krzywanski, 1984; Srivastava and van Huystee, 1977b). Menurut Maranggoni (2003), pengukuran aktivitas PPO bergantung pada

konsentrasi substrat, jenis enzim, pH, suhu, media, dan ada tidaknya kofaktor serta ion logam.

Reaksi pencoklatan enzimatik pada buah dan sayuran dapat diatasi dengan menghambat enzim PPO. Cara-cara yang dapat dilakukan untuk menghambat reaksi enzim PPO salah satunya adalah mengurangi kontak dengan oksigen. Dikarenakan aktivitas enzim polifenol oksidase sangat bergantung dengan konsentrasi oksigen, sebab oksigen yang akan mengubah senyawa fenol menjadi melanin berwarna coklat (Oktariani,2017). Pada penelitian ini pemberian *edible coating* CMC pada *fresh-cut* apel Manalagi diharapkan dapat menekan reaksi pencoklatan pada *fresh-cut* buah dengan menekan adanya kontak atau reaksi antar oksigen untuk meminimalisir aktivitas enzim PPO. Menurut Polnaya *et.al.* (2006), padatan terlarut CMC yang banyak akan membentuk ikatan hidrogen yang lebih kuat dan memperkecil rongga-rongga kecil terbentuk, sehingga menghasilkan struktur *edible coating*/film yang kompak yang dapat meminimalisir kontak oksigen dengan senyawa fenol yang terdapat pada *fresh-cut* apel Manalagi.. Menurut hasil penelitian Achmad Aristyan (2017), CMC dengan konsentrasi 1,5% memiliki padatan terlarut yang lebih banyak ketika proses pembuatan daripada CMC dengan konsentrasi 1%. Sehingga penggunaan *edible coating* CMC1,5% yang memiliki struktur *edible coating* yang lebih kompak daripada CMC1% dengan begitu dapat mengurangi reaksi antara oksigen dan senyawa fenolat sehingga aktivitas enzim polifenol oksidase dapat diminimalisir pada perlakuan CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7% dengan begitu dapat menghambat proses pencoklatan atau *browning* pada buah potong apel Manalagi. Menurut Winarno (1983), enzim *Polyphenol Oxidase* (PPO) yang terkandung dalam buah akan keluar dan berkontak dengan oksigen dari udara sehingga reaksi pencoklatan terjadi. Enzim *Polyphenol Oxidase* dengan bantuan oksigen akan mengubah gugus *monophenol* menjadi *O-hidroksi phenol*, yang selanjutnya diubah lagi menjadi *O-kuinon*. Gugus *O-kuinon* inilah yang membentuk warna coklat. Sehingga, apabila kontak dengan oksigen bebas dapat diminimalisir maka pencoklatan yang muncul akibat dari reaksi enzim polifenol oksidase juga dapat dicegah.

Pada perlakuan CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7% menunjukkan aktivitas enzim polifenol oksidase yang lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya. Penggunaan pelapis CMC pada perlakuan yang dikombinasikan dengan minyak atsiri dapat menekan terjadinya respirasi pada *fresh-cut* buah apel Manalagi yang kemudian akan mempengaruhi aktivitas enzim PPO. Penggunaan *edible coating* secara umum dapat menunda pematangan pada buah dengan menciptakan atmosfer yang termodifikasi dan permeabilitas yang baik terhadap oksigen ( $O_2$ ), karbondioksida ( $CO_2$ ), dan produksi etilen (Romanazzi *et al.*, 2015). Menurut Pesis *et al.*, (2002), produksi etilen yang semakin tinggi akan mempengaruhi aktivitas enzim PPO yang juga semakin tinggi. Sedangkan produksi etilen dipengaruhi oleh ketersediaan oksigen dan karbondioksida sebagai penghambat produksinya. maka, pelapis yang berbahan polisakarida dapat berperan sebagai membran yang selektif terhadap pertukaran gas ( $O_2$  dan  $CO_2$ ), sehingga dengan sifat tersebut mampu memperpanjang umur simpan karena respirasi pada buah maupun sayur berkurang (Krochta *et al.*, 2002). Menurut Rojas-Grau *et al.* (2007), penambahan minyak atsiri pada buah apel akan berdampak pada reduksi laju respirasinya. Penggunaan *edible coating* atau pelapis yang dikombinasikan dengan minyak atsiri mampu mereduksi perpindahan oksigen ( $O_2$ ) melalui pelapis serta produksi  $CO_2$  yang meningkat di dalam pelapis pada buah, sehingga laju respirasi dapat direduksi. Hal tersebut disebabkan oleh sifat dari minyak atsiri yang bersifat lipofilik, yaitu gugus yang dapat meningkatkan kelarutan molekul dalam lemak.

Aktivitas enzim polifenol oksidase pada perlakuan CMC1% dan 1,5% diperkaya minyak atsiri serai 0,4% menunjukkan aktivitas enzim polifenol oksidase yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa perlakuan atau kontrol dan juga lebih tinggi daripada perlakuan CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7% (Gambar 3). Hal tersebut diduga karena adanya pelukaan pada buah potong apel Manalagi yang dapat memicu peningkatan aktivitas enzim polifenol oksidase untuk melindungi tanaman dari kemungkinan serangan patogen. Hal tersebut didukung oleh penelitian Edreva (1989) yang menyatakan bahwa

peningkatan aktivitas POX, PPO dan *lipoxygenase* pada tanaman yang terinfeksi oleh mikroba.

### C. Uji Aktivitas Enzim Peroksidase

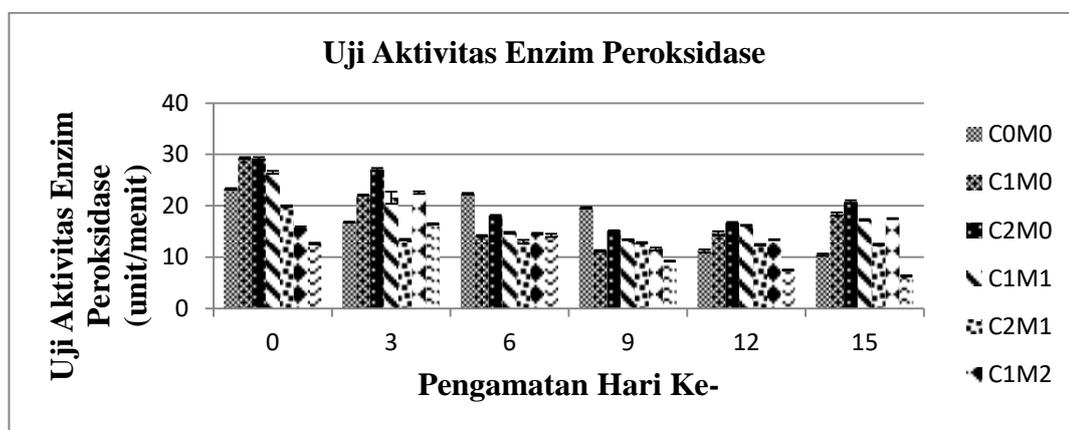
Berdasarkan analisis sidik ragam uji aktivitas enzim peroksidase menunjukkan bahwa ada interaksi pada konsentrasi CMC dengan berbagai minyak atsiri. Pada tabel 3 menunjukkan bahwa seluruh perlakuan menunjukkan hasil yang signifikan pada pengamatan hari ke-0 sampai hari ke-15.

Tabel 3. Rerata Hasil Uji Aktivitas Enzim Peroksidase

Hari	Perlakuan	M0	M1	M2	Rerata
H0	CMC 1%	29.2667a	26.500b	15.7333e	23.8333
	CMC 1,5%	29.2000a	19.9333d	12.6333f	20.5889
Rerata		27.2556	23.2167	14.1833	(+)
Perlakuan		M0			
C0		23.3000c			23.3000
H3	CMC 1%	22.1000cb	21.5667c	22.5333b	22.067
	CMC 1,5%	27.1000a	13.3667e	16.4667d	18.978
Rerata		22.000	17.467	19.500	(+)
Perlakuan		M0			
C0		16.800d			16.800
H6	CMC 1%	14.1167d	14.7333c	14.5667cd	14.4889
	CMC 1,5%	18.0667b	13.000e	14.2333d	15.1000
Rerata		18.2000	13.8667	14.4000	(+)
Perlakuan		M0			
C0		22.3667a			22.3667
H9	CMC 1%	11.2333f	13.4000c	11.6000e	12.0778
	CMC 1,5%	15.1000b	12.8000d	9.2000g	12.3667
Rerata		15.3222	13.1000	10.4000	(+)
Perlakuan		M0			
C0		19.6333a			19.6333
H12	CMC 1%	14.6333c	16.2000b	13.4000d	14.744
	CMC 1,5%	16.6667a	12.3667e	7.5000g	12.178
Rerata		14.1889	14.2833	10.4500	(+)
Perlakuan		M0			
C0		11.2667f			11.267
H15	CMC 1%	18.4000b	17.2333c	17.500c	17.711
	CMC 1,5%	20.7333a	12.4667d	6.3333f	13.178
Rerata		16.556	14.850	11.917	(+)
Perlakuan		M0			
C0		10.5333e			10.533

Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata berdasarkan hasil DMRT pada taraf 5%. C0 : Tanpa *edible coating*, M0 : Tanpa minyak atsiri; M1 : Minyak atsiri serai 0,4%; M2 : Minyak atsiri kayu manis 0,7%.

Enzim peroksidase merupakan enzim oksidatif disamping enzim polifenol oksidase. Enzim peroksidase ini mengkatalisa senyawa fenol dengan kehadiran hidrogen peroksida. Dengan adanya pembentukan hidrogen peroksida sebagai hasil dari oksidasi senyawa fenol yang dikatalisa oleh enzim polifenol oksidase, akan menginduksi terjadinya sinergi antara polifenol oksidase dan peroksidase serta menunjukkan keterlibatan peroksidase dalam proses pencoklatan enzimatis (Subramanian *et.al*, 1999).



Gambar 3. Histogram hasil uji aktivitas enzim peroksidase yang diberikan perlakuan berbagai konsentrasi CMC diperkaya berbagai minyak atsiri dan kontrol selama 15 hari pengamatan.

Aktivitas enzim peroksidase pada hari ke-0 cenderung memiliki nilai tertinggi dibandingkan pengamatan pada hari ke-3 hingga hari ke-15. Hal tersebut diduga, karena aktivitas enzim peroksidase meningkat seiring dengan adanya atau terjadinya pelukaan pada *fresh-cut* buah apel Manalagi. Menurut Hiraga *et al.* (2001) menyatakan bahwa organ tanaman menanggapi adanya pelukaan dengan menstimulus sistem pertahanan untuk memulihkan jaringan yang rusak dan mempertahankan diri dari serangan patogen. Bentuk sistem pertahanan yaitu salah satunya dengan menstimulus sintesis enzim peroksidase. Menurut Murdijati G, dkk (2006), pelukaan pada irisan mesokarp labu kuning mempengaruhi aktivitas enzim peroksidase (POX), polifenol oksidase (PPO), dan fenilalanin ammonia liase (PAL).

Aktivitas katabolisme enzim peroksidase berhubungan dengan aktivitas enzim polifenol oksidase. Berdasarkan hasil penelitian, perlakuan CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7% mengalami penurunan pula pada aktivitas enzim polifenol oksidase sehingga hal tersebut selaras dengan aktivitas enzim peroksidase yang juga mengalami penurunan. Menurut Richard-Forget dan Gaulliard (1997) enzim peroksidase dapat meningkatkan reaksi pencoklatan disamping dengan berlangsungnya reaksi pencoklatan yang dimediasi oleh enzim PPO. Apabila aktivitas enzim PPO rendah maka produksi kuinon yang menyebabkan akumulasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> juga rendah sehingga aktivitas enzim peroksidase yang mana memerlukan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> untuk mengkatalisis reaksi oksidasi dari berbagai substrat pun juga mengalami penurunan. Namun, apabila konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yang terlalu tinggi juga dapat mempengaruhi aktivitas dari enzim peroksidase. Menurut Kennedy *et al.* (2002) semakin tinggi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pada sampel maka akan menyebabkan deaktivitas enzim (Kennedy *et al.*, 2002).

Selain itu, penurunan enzim peroksidase juga berhubungan dengan konsentrasi substrat, jumlah enzim, pH, waktu kontak, dan suhu. Pada perlakuan CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7% diduga enzim peroksidase yang berikatan dengan substrat hanya sebagian karena pada konsentrasi substrat kecil maka kecepatan reaksi enzim peroksidase rendah (Santi N. dkk, 2008). Dimana pada hari ke-3 sampai hari ke-12 substrat enzim peroksidase yaitu total fenol memiliki kadar yang sedikit (Gambar 2).

Kombinasi antara *edible coating* CMC dengan minyak atsiri kayu manis 0,7% mempengaruhi aktivitas enzim peroksidase pada *fresh-cut* apel Manalagi. Aktivitas enzim peroksidase mengalami peningkatan apabila adanya stress oksidatif yang disebabkan oleh adanya infeksi oleh bakteri, jamur, maupun virus. Menurut hasil penelitian Zurai R dkk (2016) menunjukkan terjadinya peningkatan aktivitas enzim peroksidase pada tanaman bawang merah yang terserang bakteri endofit. Kemudian, aktivitas enzim peroksidase secara nyata meningkat pada tanaman mentimun yang diperlakukan dengan *Bacillus subtilis* (Chen *et al.*, 2010). Oleh karena itu, penambahan minyak atsiri kayu manis 0,7% diduga dapat menghambat aktivitas enzim peroksidase dengan menekan terjadinya serangan

bakteri dan jamur pada *fresh-cut* buah apel Manalagi. Menurut hasil penelitian Achmad Aristyan (2017) perlakuan CMC dengan kombinasi minyak atsiri kayu manis 0,7% memiliki daya hambat mikroba yang paling baik sampai hari ke-12 perkembangan mikrobial mampu dihambat. Oleh karena itu, penambahan minyak atsiri kayu manis yang memiliki sifat antibakteri diduga dapat menghambat aktivitas enzim peroksidase melalui penekanan terhadap serangan mikrobial pada *fresh-cut* buah apel Manalagi.

#### D. Uji Warna

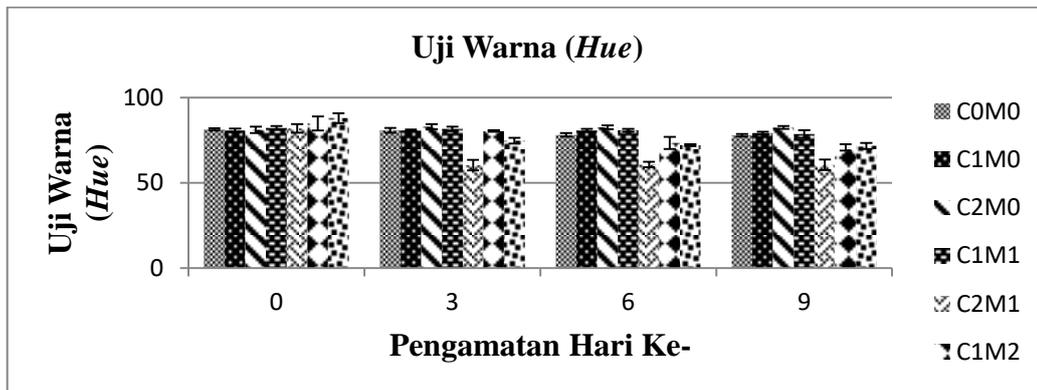
Berdasarkan analisis sidik ragam pada tabel 5 menunjukkan bahwa ada interaksi antara konsentrasi CMC dengan berbagai minyak atsiri. Hasil sidik ragam pada uji warna *fresh-cut* apel Manalagi (Lampiran 4.) menunjukkan hasil yang signifikan pada hari ke-0 sampai hari ke-9. Pada hari ke-0 pemberian CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7% menghasilkan uji warna dengan nilai yang lebih tinggi atau cerah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Pada hari ke-3 sampai hari ke-9 pemberian CMC1,5% tanpa minyak atsiri menghasilkan uji warna nilai yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Tabel.4. Rerata Hasil Uji Warna

Hari	Perlakuan	M0	M1	M2	Rerata
H0	CMC 1%	80.686b	82.117b	84.751ab	82.625
	CMC 1,5%	81.006b	81.763b	87.916a	83.455
Rerata		80.986	81.940	86.334	(+)
Perlakuan		M0			
C0		81.265b			81.265
H3	CMC 1%	80.683a	81.577a	80.301a	81.596
	CMC 1,5%	82.911a	60.263c	74.676b	71.874
Rerata		81.458	70.920	77.489	(+)
Perlakuan		M0			
C0		80.781a			80.781
H6	CMC 1%	80.707ab	80.728ab	73.367c	78.870
	CMC 1,5%	82.516a	60.621d	71.989c	70.844
Rerata		80.437	70.675	72.286	(+)
Perlakuan		M0			
C0		78.088b			78.088
H9	CMC 1%	79.086b	78.590b	70.648c	77.194
	CMC 1,5%	82.343a	60.776d	71.595c	70.018
Rerata		79.755	69.683	70.419	(+)
Perlakuan		M0			
C0		77.837b			77.837

Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata berdasarkan hasil DMRT pada taraf 5%. C0 : Tanpa *edible coating*, M0 : Tanpa minyak atsiri; M1 : Minyak atsiri serai 0,4%; M2 : Minyak atsiri kayu manis 0,7%.

Pengujian warna merupakan salah satu aspek yang biasa digunakan untuk pengujian tingkat kesukaan yang diamati oleh konsumen pada suatu kenampakan produk atau sampel. Oleh karena itu warna merupakan salah satu unsur kualitas sensori yang paling penting. Pengujian warna *fresh-cut* apel Manalagi menggunakan alat *chromameter* yang dilakukan selama 9 hari pengamatan dengan frekuensi 3 hari sekali. Pengamatan perubahan warna selama 9 hari pengamatan disajikan pada gambar 4 dibawah ini :



Gambar 4. Histogram hasil uji warna yang diberikan perlakuan berbagai konsentrasi CMC diperkaya berbagai minyak atsiri dan kontrol selama 15 hari pengamatan.

Berdasarkan histogram (Gambar 4.) menunjukkan *fresh-cut* apel Manalagi mengalami perubahan warna dari cerah menjadi gelap atau coklat. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam tabel 5. Menunjukkan bahwa perlakuan terbaik dibandingkan dengan perlakuan lainnya adalah perlakuan CMC1,5% tanpa minyak atsiri. Perlakuan CMC1,5% tanpa minyak atsiri memiliki proses pencoklatan yang paling lambat dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Berdasarkan hasil penelitian dari Achmad Aristiyan (2017), diketahui bahwa perlakuan dengan CMC1,5% tanpa minyak atsiri 0% memiliki jumlah uap air yang paling rendah yang dapat melewati lapisan kemasan. Hal tersebut membuktikan bahwa konsentrasi CMC pada perlakuan tersebut yaitu 1,5% bisa

menahan laju uap air untuk keluar maupun udara dari luar untuk masuk, sehingga dapat menghambat oksigen untuk bereaksi dengan enzim fenolase. Maka dengan itu, proses pencoklatan pada perlakuan CMC1,5% tanpa minyak atsiri 0% adalah yang paling rendah. Selain itu, perlakuan CMC1,5% tanpa minyak atsiri memiliki tingkat *browning* yang paling rendah dibandingkan dengan tanpa perlakuan dikarenakan kandungan total fenol yang ada di buah potong juga lebih sedikit dibandingkan dengan tanpa perlakuan sampai hari ke-9. Sehingga oksidasi senyawa fenol dengan oksigen juga rendah yang mengakibatkan warna dari *fresh-cut* dengan perlakuan CMC1,5% tanpa minyak atsiri lebih cerah dibandingkan dengan tanpa perlakuan. Selain itu didukung juga dengan nilai total fenol dari perlakuan CMC1,5% tanpa minyak atsiri yang cukup rendah sehingga proses pencoklatan oleh enzim polifenol oksidase dan enzim peroksidase dapat diminimalisir karena substrat yang berupa senyawa fenol yang tersedia tidak begitu banyak. Sehingga secara penampakan *fresh-cut* apel Manalagi dengan pemberian CMC1,5% (tanpa minyak atsiri) lebih baik dibandingkan tanpa perlakuan, fisiologi *fresh-cut* apel Manalagi terhadap proses pencoklatan enzimatik akibat oksidasi senyawa fenol oleh enzim polifenol oksidase dan peroksidase juga dapat diminimalisir.

Perlakuan CMC1,5% diperkaya minyak atsiri serai 0,4% merupakan perlakuan dengan warna yang paling gelap yang disebabkan oleh adanya reaksi pencoklatan enzimatik yang terjadi pada *fresh-cut* buah apel Manalagi. Selain itu diduga disebabkan juga oleh adanya kandungan fenol pada minyak atsiri serai yang dapat berpotensi meningkatkan total fenol pada *fresh-cut* buah apel Manalagi. Menurut Ewansiha dkk (2012) kandungan yang terdapat pada minyak atsiri serai adalah fenol dan flavonoid. Dimana senyawa fenol berperan dalam aktivitas enzim polifenol oksidase dan peroksidase yang berperan dalam reaksi pencoklatan.

Perlakuan CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7% yang mana pada uji aktivitas enzim polifenol oksidase, peroksidase, dan juga total fenol mengalami penurunan dan dapat meminimalisir pencoklatan secara enzimatik

namun secara visual pada perlakuan CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7% tidak dapat menekan munculnya warna coklat atau pencoklatan pada daging buah *fresh-cut* apel Manalagi. Hal tersebut diduga akibat dari pemberian minyak atsiri kayu manis yang dapat mempengaruhi penampakan pada *fresh-cut* apel Manalagi dengan munculnya warna coklat pada *fresh-cut* apel Manalagi. Dimana karakteristik dari kayu manis sendiri yang berwarna coklat terang sehingga diduga bahwa dengan pemberian minyak atsiri kayu manis ini mempengaruhi penampakan visual dari *fresh-cut* apel Manalagi yang berubah warna menjadi coklat. Hal tersebut tercermin dari penelitian Eka (2017), berdasarkan uji organoleptik oleh panelis, *edible coating* CMC dikombinasikan minyak atsiri kayu manis pada *fresh-cut* apel Manalagi menghasilkan skor kesukaan yang menurun akibat telah mengalami *browning* yang cukup banyak disekitar bekas potongan buah apel Manalagi.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

1. Pemberian *edible coating* CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7% pada buah potong segar atau *fresh-cut* apel Manalagi merupakan perlakuan terbaik dalam menghambat *browning* secara kimia dengan menghambat aktivitas enzim polifenol oksidase (PPO) dan peroksidase (POX).
2. Pemberian *edible coating* CMC1,5% tanpa minyak atsiri secara visual mampu menghambat pencoklatan pada penampakan *fresh-cut* apel Manalagi.

##### DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Aristyan. 2017. Kajian Sifat Fisik *Edible Coating* CMC diperkaya Minyak Atsiri Daun Serai (*Cymbopogon citratus*) dan Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii*) untuk Menghambat *Browning* dan Mikrobia Pada *Fresh-Cut* Apel Manalagi (*Malus domestica*). Yogyakarta
- Amiot, M.J., Tacchini, M., Aubert, S., and Nicolas, J. 1992. Phenolic composition and browning susceptibility of various apple cultivars at maturity. *J. Food Sci.*, 57: 958–962.

- Anceu M., Buchari, Panji F. Hussein, 2014. Kinetika Enzimatis Polifenol Oksidase yang Terkanudng dalam Buah Apel (*Malus domestica*). Jurnal Universitas Jendral Achmad Yani. Vol.22 No. 1 Edisi Mei 29014 : 51-55.
- Anonim. 2006. Pelapis yang Dapat Dimakan. [www.halalguide.info](http://www.halalguide.info) [23 Maret 2008].
- Baldwin, Elizabeth A., Robert Hagenmaier dan Jinhe Bai. 2012. *Edible coating and Film to Improve Food Quality*. CRC Press : United State.
- Bashan, Y., Y. Okon, and Y. Henis. 1987. Peroxidase, polyphenol oxidase and phenols in relation to resistance against *Pseudomonas syringae* pv. tomato in tomato plant. *Can. J. Bot.* 65: 366-372
- BPS. 2017. Statistik Tanaman Buah-buahan dan Sayuran Tahunan Indonesia 2016. <https://www.bps.go.id/publication/2017/10/02/b14ce70bee6d59581e8640fe/statistik-tanaman-buah-buahan-dan-sayuran-tahunan-indonesia-2016.html>. Diakses pada 09 Februari 2018.
- Chen F, Wang M, Zheng Y, Luo J, Yang X, & Wang X. 2010. Quantitative changes of plant defense enzymes and phytohormone in biocontrol of cucumber Fusarium wilt by *Bacillus subtilis* B579. *World. J. Microbiol Biotechnol.* 26: 675– 684.
- Czech-Kozłowska, M., and Z. Krywanski. 1984. Phenolic compounds and the polyphenoloxidase and peroxidase activity in callus tissue culture-pathogen combination of red raspberry and *Didymella appianata* (Niessl.) Sacc. *Phytopath. Z.* 109:176-182
- Departemen Kesehatan RI. 2017. Konsumsi Buah dan Sayur Susenas Maret 2016 dalam Rangka Hari Gizi Nasional. <http://gizi.depkes.go.id/wp-content/uploads/2017/01/Paparan-BPS-Konsumsi-Buah-Dan-Sayur.pdf>. Diakses pada 09 Februari 2018.
- Edreva A.M., Georgieva I.O., Cholakova N.L. 1989. Pathogenic and Non-Pathogenic Stress Effects on Peroxidases in Leaves of Tobacco. <https://backup.sci->
- Eka, P. Hikmatyar. 2017. Kajian Berbagai Minyak Atsiri dalam *Edible Coating* Berbasis CMC sebagai Antibakteri *Fresh-Cut* Apel Manalagi (*Malus sylvestris Mill*). Fakultas Pertanian. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Ewansiha, J. U., Garbaa, SS. A., Mawak, J. DD., dan Oyewole, O. A. 2012. Antimicrobiaall AActivity of *Cymbopogon citratus* (Lemon Grass) and It's

- Hiraga S., Sasaki K., Ito H., Osashi Y., H. Matsui. 2001. A Large Family of Class III Plant Peroxidases. <https://moscow.sci-hub.tw/2289/9df6bbbf41326610081da6729ff9994/hiraga2001.pdf>. Diakses pada 25 Desember 2018.
- Hwa, L., Natalia, S., Happy, C. dan Isaini, N. 2009. Pengaruh *Edible Coating* terhadap Kecepatan Penyusutan Berat Apel Potongan. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia*. ISBN, Bandung.
- Kennedy, K., K. Elemany, and M. Warith. 2002. Optimisation of Soybean Peroxidase Treatment of 2,4-dichlorophenol. <http://www.wrc.org.za>. Diakses tanggal 20 Januari 2019.
- Koushesh, Mahmoud Saba and Banin, Ommol Sogvar. 2015. *Combination of carboxymethyl cellulose-based coatings with calcium and ascorbic acid impacts in browning and quality of fresh-cut apples*. Food Science and Technology 66.
- Krochta, J. M. 1994. *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. Departement of Food Science and Technology. Departement of Biological and Agricultural Engineering University of California. Davis, California, U.S.A
- Krochta, J.M. 1994. *Control Of Mass Transfer In Food With Edible Coatings And Film*. Technomic Publishing Co. Inc. Lancaster. USA 26
- Krochta, John M., et al. 2002. *Edible Coatings and Film to Improve Food Quality*. Boca Raton. CRC Press LLC.
- Latifah. 2009. Pengaruh *Edible Coating* Ubi Jalar Putih (*Ipomea batatas* L.) Terhadap Perubahan Warna Apel Potong Segar (*Fresh-cut Apple*).
- Lin, D. and Y. Zhao. 2007. *Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables*. Comprehensive Food Sci. Food Safety 6(3):60-75.
- Made Arsa. 2016. Proses Pencoklatan (*Browning Process*) pada Bahan Makanan. Universitas Udayana, Denpasar.
- Mäder, M., and V. Amberg-Fisher. 1982. *Role of Peroxidase In Lignification on Tobacco Cells. I. Oxidation of Nicotinamide Adenine Dinucleotide and Formation of Hydrogen Peroxide by Cell Wall Peroxidases*. Plant Physiol. 70: 1128-1131
- Mäder, M., and R. Füssl. 1982. *Role of Peroxidase in Lignification on Tobacco Cells. II. Regulation by Phenolic Compounds*. Plant Physiol. 70: 1132-1134
- Marangoni, A.G (2003 ): *Enzyme Kinetics: A Modern Approach*, John Willey and sons Inc, ISBN: 0-471-15985-9.

- Moch Anugrah. 2014. Aplikasi *Edible Coating* dari Karagenan dan Gliserol untuk Mengurangi Penurunan Kerusakan Apel Romebeauty. Jurusan Teknologi Industri Pertanian, FTP- Universitas Brawijaya.
- Murdijati G., Mochamad A., dan Tranggono. 2006. Etilen Luka, Aktivitas Enzim Peroksidase, Polifenol Oksidase, dan Fenil Alanin Liase pada Irisan Mesokarp Labu Kuning. *Agritech* Vol.26.
- Nafi .A. Utama. 2017. Pencoklatan Enzimatis dan Pencegahannya <http://repository.umy.ac.id/handle/123456789/11678>.
- Nafi .A. Utama dan Chandra Kurnia Setiawan. 2016. Kajian Penambahan Minyak Atsiri Sebagai Antimikrobia pada *Edible Coating* Berbasis *Caroxymethyl Celulose* pada *Fresh-Cut* Buah Apel Manalagi. <http://repository.umy.ac.id/handle/123456789/11667>
- Oktarina Husain. 2017. Anti-Browning Material Characterization Of The Water Extract Of Guava Fruit (*Psidium guajava* L.) In Malang Apples (*Malus Sylvestris* L. Mill.). Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
- Perera, C.O. 2007. *Minimal Processing of Fruits and Vegetables* dalam Latifah. 2009. Pengaruh *Edible Coating* Pati Ubi Jalar Putih (*Ipomoea batatas* L.) Terhadap Perubahan Warna Apel Potong Segar (*Fresh-Cut Apple*). Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB, Bogor.
- Pesis, E., Ackerman, M., Ben-Arie, R., Feygenberg, O., Feng, X., Apelbaum, A., Goren, R., Prusky, D., 2002. Ethylene involvement in chilling injury symptoms of avocado during cold storage. *Postharvest Biol. Tec.* 24, 171e181.
- Polnaya, F.J., Haryadi, and D.W. Marseno. 2006. Karakterisasi Edible Film Pati Sagu Alami Dan Termodifikasi. *Agritech* 26: 179–185.
- Ragil Khoirul. 2009. Aplikasi *Edible Coating* Berbasis Kappa-Karagenan dengan Penambahan CMC untuk Memperpanjang Umur Simpan Buah Salak Pondoh (*Sallacca edulis* Reinw.). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rahmawati F. 2008. Pengaruh Vitamin C Terhadap Aktivitas Polifenol Oksidase Buah Apel Merah (*Pyrus malus*) secara In Vitro. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Solo.
- Rojas-Grau, M.A., Raybaudi-Massilia, R.M., Soliva-Fortuny, R.C., AvenaBustillos, R.J., McHugh, T.H., Martin-Belloso, O. 2007. Apple PureeAlginate Edible Coating as Carrier of Antimicrobial Agents to ProlongShelf-life of Fresh-Cut Apples. *Postharvest Biol. Technol.* 45, 254–264.doi:10.1016/j.postharvbio.2007.01.017.
- Romanazzi G., E. Feliziani, S. Bautista dan Sivakumar D. 2015. Shelf life extension of fresh fruit and vegetables by chitosan treatment.

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2014.900474?scroll=top&needAccess=true&journalCode=bfsn20>. Diakses pada 21 Januari 2019.

- Santi Nur H., Zufahair dan Rofika D. Rizaeni. 2008. Penggunaan Enzim Peroksidase dari Daun Mangkokan untuk Penurunan Kadar Fenol. Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi. Program Studi Kimia Jurusan MIPA FST UNSOED Purwokerto.
- Santoso, B., D. Saputra dan R. Pambayun. 2004. Kajian Teknologi *Edible Coating* dari Pati dan Aplikasinya untuk Pengemas Primer Lempok Durian. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan Vol. XV No. 3, November 2004 : 239-243.
- Srivastava, oO.P., and R.B van huystee. 1977. An Interrealationship among peroxidase, IAA, polyphenol oxidase from peanut cells. Can. J. Bot. 55:2630-2635.
- Subramanian N, Venkatesh P, Ganguli S and Sinkar VP (1999). Role of polyphenol oxidase and peroxidase in the generation of black tea theaflavins. Journal of Agricultural and Food Chemistry 47(7): 2571–2578.