

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Total Fenol

Total fenol menunjukkan kandungan fenol yang terdapat dalam buah potong atau *fresh-cut* apel Manalagi yang dijadikan sampel. 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). Hasil rerata total fenol pada *fresh-cut* apel Manalagi yang diamati selama 15 hari disajikan dalam tabel 2.

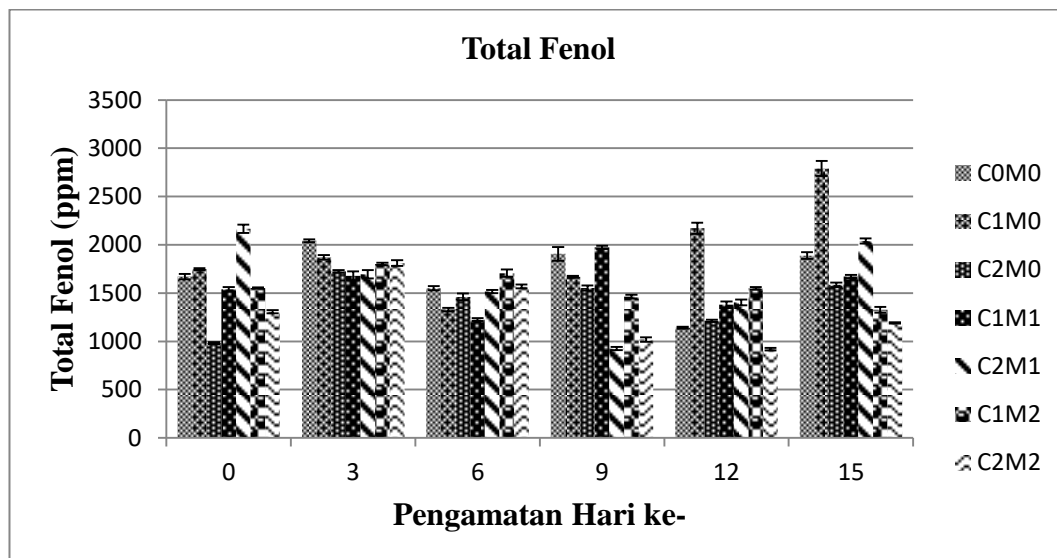
Tabel 2. Rerata Hasil Total Fenol (ppm)

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%.

Berdasarkan rerata sidik ragam pada tabel 2 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 (Lampiran 3.). Kandungan total fenol terendah terdapat pada perlakuan CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7% dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Histogram kandungan total fenol selama 15 hari pengamatan disajikan pada gambar 2.



Gambar 2. Histogram hasil total fenol (ppm) yang diberikan perlakuan berbagai konsentrasi CMC diperkaya berbagai minyak atsiri dan kontrol selama 15 hari pengamatan.

- C0M0 : tanpa *edible coating* CMC dan minyak atsiri
 C1M0 : CMC1% + tanpa minyak atsiri
 C2M0 : CMC1,5% + tanpa minyak atsiri
 C1M1 : CMC1% + minyak atsiri serai 0,4%
 C2M1 : CMC1,5% + minyak atsiri serai 0,4%
 C1M2 : CMC1% + minyak atsiri kayu manis 0,7%
 C2M2 : CMC1,5% + minyak atsiri kayu manis 0,7%

Pada gambar 2 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 sidk 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).

Perlakuan *fresh-cut* apel Manalagi dengan pemberian pelapis dapat meminimalisir reaksi oksigen dengan senyawa fenol yang ada pada buah apel sehingga aktivitas enzim polifenol oksidase selaku enzim yang berperan pada proses pencoklatan dapat dihambat dengan begitu derajat pencoklatan pada *fresh-cut* apel Manalagi dengan pemberian pelapis seperti *edible coating* dapat diminimalisir.

B. Uji Aktivitas Enzim Polifenol Oksidase

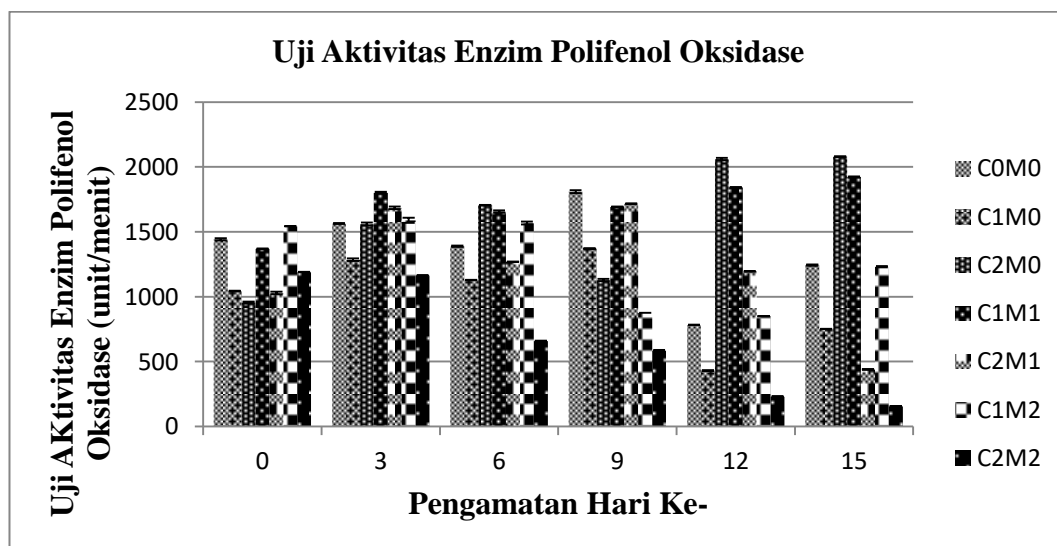
Perubahan warna pada *fresh-cut* apel Manalagi yang berubah menjadi kecoklatan menandakan adanya enzim polifenol oksidase yang bertanggung jawab atas reaksi pencoklatan. Aktivitas PPO dapat ditentukan berdasarkan berkurangnya konsentrasi fenol. Enzim polifenol oksidase merupakan kelompok enzim yang dapat mengkatalisis oksidasi senyawa fenol menjadi o-quinon yang kemudian akan membentuk kompleks polimer berwarna coklat. Pengujian enzim polifenol oksidase pada *fresh-cut* buah apel Manalagi dilakukan selama 15 hari pengamatan dengan frekuensi 3 hari sekali. Adapun hasil rerata selama pengamatan disajikan pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. 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%

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. Hasil analisis sidik ragam pada tabel 3 menunjukkan bahwa nilai yang paling rendah adalah perlakuan yang terbaik dibandingkan perlakuan lainnya yaitu perlakuan CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis.



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

- C0M0 : tanpa *edible coating* CMC dan minyak atsiri
 C1M0 : CMC1% + tanpa minyak atsiri
 C2M0 : CMC1,5% + tanpa minyak atsiri
 C1M1 : CMC1% + minyak atsiri serai 0,4%

C2M1 : CMC1,5% + minyak atsiri serai 0,4%
C1M2 : CMC1% + minyak atsiri kayu manis 0,7%
C2M2 : CMC1,5% + minyak atsiri kayu manis 0,7%

Berdasarkan hasil histogram (Gambar 3.) menunjukkan hasil yang fluktuatif selama 15 hari penyimpanan. 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 karena pada pemberian CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7% memiliki total fenol yang rendah sehingga aktivitas dari enzim polifenol oksidase pun rendah. 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.

Selain itu kombinasi CMC dengan minyak atsiri kayu manis 0,7% yang mengandung antioksidan alami seperti sinemaldehid sebanyak 84,82% dapat meningkatkan fungsi dan struktur *edible coating* sehingga dapat melindungi buah potong segar apel Manalagi terhadap oksigen maka dapat menekan aktivitas enzim polifenol oksidase yang dapat mempengaruhi kualitas buah potong segar (Lin dan Zhao 2007).

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 atisir 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 *lipooxygenase* pada tanaman yang terinfeksi oleh mikroba.

C. Uji Aktivitas Enzim Peroksidase

Pengujian aktivitas enzim peroksidase atau POX ini menggunakan metode Galeazzi *et al.*, (1981) yang digunakan pula pada penelitian Supavanich *et al.*, (2012) yang telah dimodifikasi. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui aktivitas enzim peroksidase pada *fresh-cut* apel Manalagi yang diberi berbagai konsentrasi CMC yang dikombinasikan dengan berbagai minyak atsiri. 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). Enzim peroksidase menggunakan hidrogen peroksida atau oksigen bebas untuk mengoksidasi suatu variasi yang lebih luas dari penerima hidrogen. Menurut deMan (1997), jenis reaksi yang dikatalisis oleh peroksidase melibatkan hidrogen peroksida sebagai penerima dan senyawa AH₂ sebagai donor atom hidrogen serta hasil dari reaksi ini tidak ada oksigen yang terbentuk. Hasil rerata uji aktivitas enzim peroksidase pada *fresh-cut* apel Manalagi yang diamati selama 15 hari disajikan dalam Tabel 4.

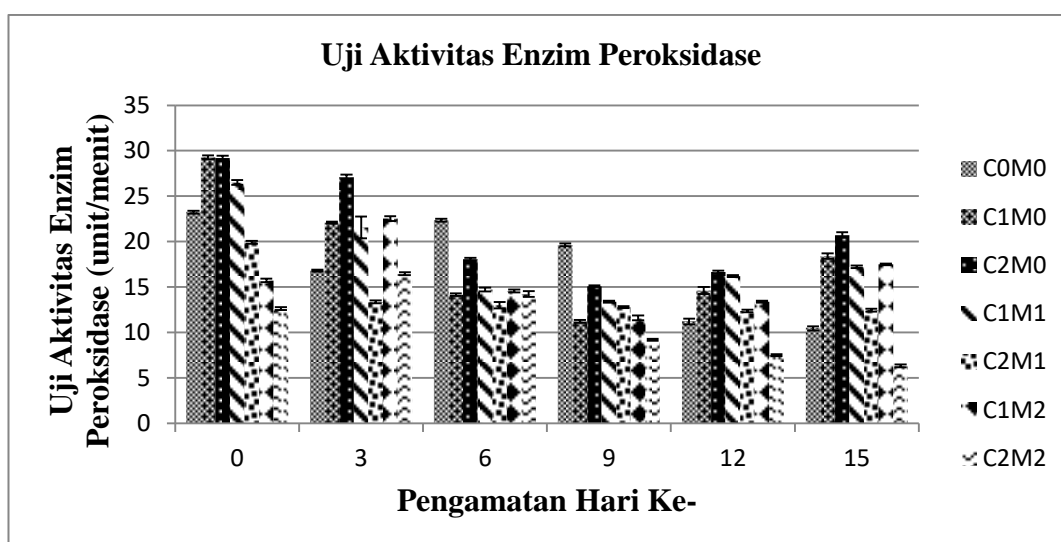
Tabel 4. Rerata Hasil Uji Aktivitas Enzim Peroksidase

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%.

Berdasarkan analisis sidik ragam uji aktivitas enzim peroksidase menunjukkan bahwa ada interaksi pada konsentrasi CMC dengan berbagai minyak atsiri. Pada tabel 4 menunjukkan bahwa seluruh perlakuan menunjukkan

hasil yang signifikan pada pengamatan hari ke-0 sampai hari ke-15 (Lampiran 3). Berdasarkan histogram pada gambar 7, buah potong segar apel Manalagi dengan aktivitas enzim peroksidase paling rendah ditunjukkan pada perlakuan CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7% dibandingkan perlakuan lainnya sejak hari ke-3 sampai hari ke-15. Adapun aktivitas enzim peroksidase disajikan dengan histogram pada gambar 4.



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

- C0M0 : tanpa *edible coating* CMC dan minyak atsiri
- C1M0 : CMC1% + tanpa minyak atsiri
- C2M0 : CMC1,5% + tanpa minyak atsiri
- C1M1 : CMC1% + minyak atsiri serai 0,4%
- C2M1 : CMC1,5% + minyak atsiri serai 0,4%
- C1M2 : CMC1% + minyak atsiri kayu manis 0,7%
- C2M2 : CMC1,5% + minyak atsiri kayu manis 0,7%

Berdasarkan hasil histogram (Gambar 4.) menunjukkan bahwa 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_2O_2 juga rendah sehingga aktivitas enzim peroksidase yang mana memerlukan H_2O_2 untuk mengkatalisis reaksi oksidasi dari berbagai substrat pun juga mengalami penurunan. Namun, apabila konsentrasi H_2O_2 yang terlalu tinggi juga dapat mempengaruhi aktivitas dari enzim peroksidase. Menurut Kennedy *et al.* (2002) semakin tinggi H_2O_2 pada sampel maka akan menyebabkan deaktivitas enzim (Kennedy *et al.*, 2002).

Penurunan aktivitas enzim peroksidase pada perlakuan CMC1,5% diperkaya minyak atsiri kayu manis 0,7% juga dapat disebabkan oleh komponen struktur penyusun dari *edible coating* yang kompak dapat menekan adanya oksigen dari udara atau lingkungan luar buah sehingga dapat menekan enzim mengkatalis salah satu senyawa fenol dan membentuk pigmen berwarna coklat.

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.

Minyak atsiri kayu manis mengandung sinemaldehid, tannin, saponin, dan flavonoid (Balchin, 2006). Flavonoid dan tannin memiliki salah satu fungsi sebagai antimikroba. Tannin mempunyai aktivitas antibakteri yang berhubungan dengan kemampuannya untuk menginaktifkan adhesin sel mikroba yang juga menginaktifkan enzim. Sedangkan komponen terbesar yang terkandung dalam minyak atsiri kayu manis adalah sinemaldehid dan eugenol (Balchin, 2006). Menurut Yusufi (2014) sinemaldehid termasuk dalam flavonoid yang mekanisme kerjanya mengganggu proses difusi makanan ke dalam sel sehingga pertumbuhan bakteri terhenti atau mati, merusak permukaan sel bakteri, menghambat aktivitas enzim, mengikat protein seluler sehingga tidak bekerja dengan baik. 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.

Selain itu, penambahan minyak atsiri pada *edible coating* dapat mengurangi aktivitas enzim peroksidase. Menurut Ponce *et al.* (2004) mengevaluasi efektivitas minyak esensial alami dapat mengurangi aktivitas peroksidase pada sayuran berdaun. Sehingga dengan mengurangi aktivitas enzim peroksidase maka proses pencoklatan dapat terhambat.

Kenaikan aktivitas enzim peroksidase pada hari ke-15 diduga disebabkan peran lain dari enzim peroksidase yaitu yang mengatur dalam pematangan buah sehingga diduga pada hari ke-15 buah apel mengalami perkembangan dan senesens jaringan yang memicu peningkatan dari aktivitas enzim peroksidase (Nagle dan Haard,1975).

D. Uji Warna

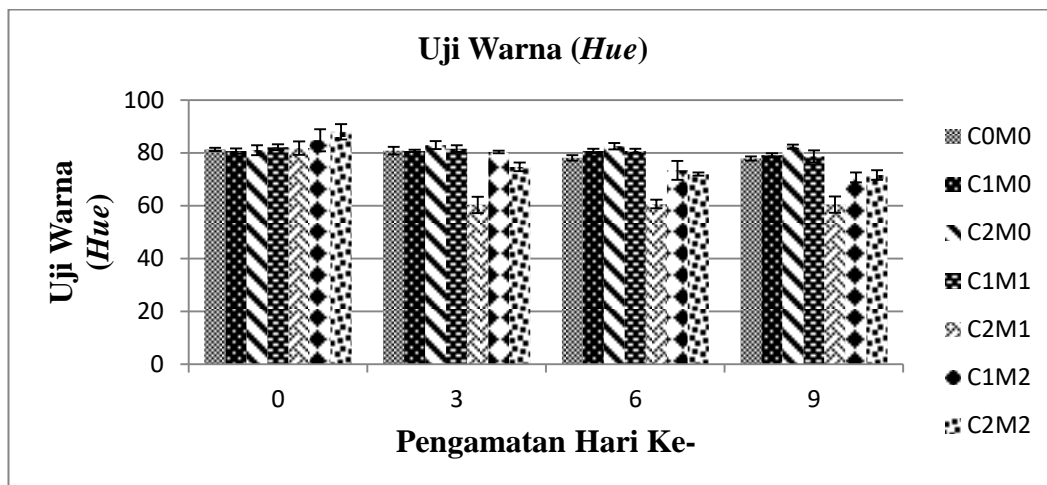
Pengujian warna merupakan salah satu aspek yang biasa digunakan untuk pengujian tingkat kesukaan yang diamati oleh konsumen pada suatu kenampakan produk atau sampel. Oleh karena itu warna merupakan salah satu unsur kualitas sensori yang paling penting. Pengujian warna dilakukan dengan menggunakan alat *chromameter*. Hue merupakan istilah yang sering dipakai dalam dunia warna untuk klasifikasi warna merah, kuning, biru, dan sebagainya. Nilai Hue dihitung berdasarkan perhitungan L^*a^*b dengan skala penguruan L(kecerahan), a (warna kromatik a negatif untuk hijau dan a positif untuk warna merah), dan b (warna kromatik b negatif untuk warna biru dan b positif untuk warna kuning) (Hutchings, 1999). Hasil rerata uji warna pada *fresh-cut* apel Manalagi yang diamati selama 15 hari disajikan dalam Tabel 5.

Tabel.5. 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%.

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.



Gambar 5. Histogram hasil uji warna yang diberikan perlakuan berbagai konsentrasi CMC diperkaya berbagai minyak atsiri dan kontrol selama 15 hari pengamatan.

- C0M0 : tanpa *edible coating* CMC dan minyak atsiri
 C1M0 : CMC1% + tanpa minyak atsiri
 C2M0 : CMC1,5% + tanpa minyak atsiri
 C1M1 : CMC1% + minyak atsiri serai 0,4%
 C2M1 : CMC1,5% + minyak atsiri serai 0,4%
 C1M2 : CMC1% + minyak atsiri kayu manis 0,7%
 C2M2 : CMC1,5% + minyak atsiri kayu manis 0,7%

Berdasarkan histogram (Gambar 5.) 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.

Menurut Made (2016), apel Manalagi yang dipotong-potong biasanya akan mengalami pencoklatan atau *browning* yang sangat parah dalam waktu sekitar 24 jam. Proses pencoklatan yang dialami apel Manalagi adalah proses

pencoklatan yang dipengaruhi oleh kerja enzim fenolase. Enzim yang terbebas ketika proses pengupasan atau pemotongan apel akan mengalami kontak dengan oksigen di udara sehingga enzim mengkatalisis senyawa fenolik yang ada pada apel dan mengubah menjadi pigmen coklat. *Fresh-cut* apel Manalagi yang diberi *edible coating* CMC memiliki proses pencoklatan yang rendah dibandingkan tanpa perlakuan, hal tersebut dikarenakan CMC yang dapat memberikan pelapisan pada *fresh-cut* apel Manalagi. Pelapisan tersebut dapat menghambat oksigen kontak dengan bagian apel yang telah dipotong, sehingga enzim fenolase tidak bereaksi dengan oksigen dan dapat mencegah proses pencoklatan.

