

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Susut Berat

Susut berat merupakan proses penurunan berat buah akibat respirasi, transpirasi dan aktivitas bakteri. Susut bobot terjadi karena sebagian air dalam jaringan buah hilang disebabkan oleh proses respirasi dan transpirasi. Semakin tinggi laju respirasi maka semakin cepat pula perombakan-perombakan tersebut yang mengarah pada kemunduran dari produk. Respirasi pada buah merupakan proses biologis dimana oksigen diserap untuk membakar bahan-bahan organik dalam buah untuk menghasilkan energi dan diikuti oleh pengeluaran sisa pembakaran berupa CO₂ dan H₂O. Air dan gas yang dihasilkan untuk memperoleh energi akan berupa panas dan mengalami penguapan yang menyebabkan penyusutan berat. Air yang dihasilkan ditranspirasikan dan jika tidak dikendalikan produk akan cepat menjadi layu (Ryal dan Lipton, 1972).

Laju respirasi yang meningkat menyebabkan suhu internal buah juga meningkat disebabkan panas (energi) yang dihasilkan dari respirasi. Suhu internal buah yang tinggi menyebabkan selisih antara tekanan uap lingkungan dan buah menjadi besar. Semakin besar selisih yang terjadi maka kecepatan laju perpindahan uap air akan semakin tinggi, sehingga berpengaruh terhadap nilai susut berat yang besar (Ben- Yehoshua, 1987).

Produk *fresh cut* atau buah potong segar menjadikan tereksposnya jaringan buah tanpa lapisan kulit terhadap lingkungan secara langsung dengan kelembapan relative rendah, hal tersebut menjadi penyebab penurunan susut berat produk buah potong segar (Olivias *et al.*, 2007). Pengamatan susut berat dilakukan pada setiap

hari pengamatan 0, 3, 6, 9, 12, 15 dengan menggunakan timbangan analitik. Hasil rerata setiap hari pengamatan susut berat pada setiap perlakuan dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1. Rerata harian hasil uji susut berat (%)

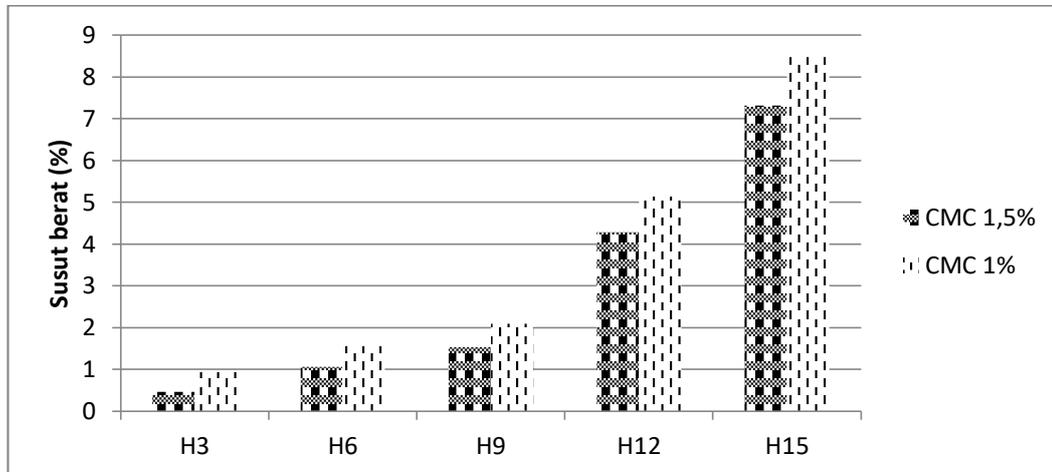
Hari	Perlakuan	M0	L2	L3	S1	S2	Rerata
H3	CMC 1,5%	0.46	0.45	0.547	0.53	0.29	0.45a
	CMC 1%	2.55	0.49	0.49	0.64	0.47	0.93a
Rerata		1.50a	0.47a	0.52a	0.58a	0.38a	(-)
H6	CMC 1,5%	1.10	0.99	1.18	1.22	0.79	1.05a
	CMC 1%	3.30	1.06	1.06	1.34	1.02	1.56a
Rerata		2.2a	1.03a	1.12a	1.28a	0.90a	(-)
H9	CMC 1,5%	1.62	1.48	1.74	1.74	1.07	1.53a
	CMC 1%	3.89	1.48	1.52	2.03	1.53	2.09a
Rerata		2.76a	1.48ab	1.63ab	1.89ab	1.30b	(-)
H12	CMC 1,5%	4.51b	3.93b	4.55b	4.35b	4.09b	4.29
	CMC 1%	8.62a	4.27b	4.62b	4.27b	3.90b	5.14
Rerata		6.57	4.10	4.59	4.31	4.00	(+)
H15	CMC 1,5%	7.89b	6.69b	7.60b	7.55b	6.84b	7.31
	CMC 1%	12.21a	7.91b	8.47b	7.21b	6.54b	8.47
Rerata		10.05	7.30	8.03	7.38	6.69	(+)

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

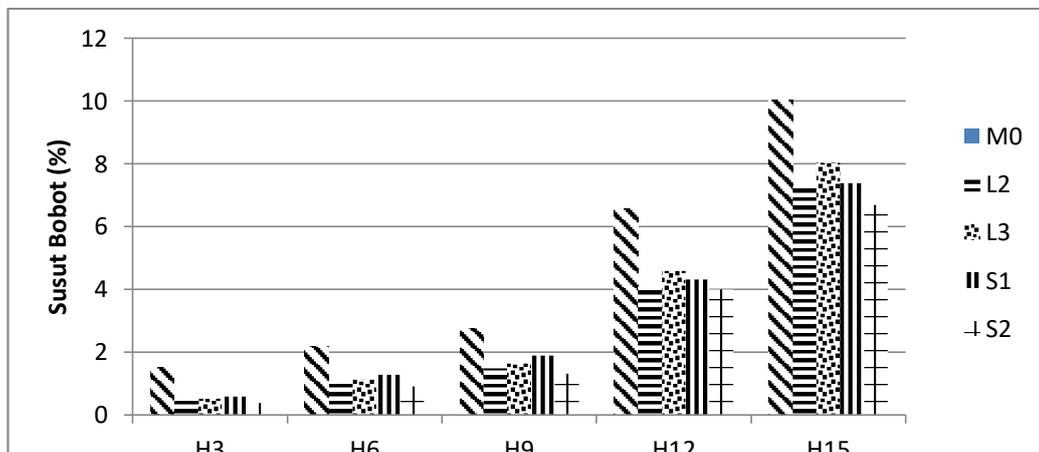
M0: Tanpa minyak atsiri; L2: Minyak atsiri lemon 2%; L3: Minyak atsiri lemon 3%; S1: Minyak atsiri sirih 0,1%; S2: Minyak atsiri sirih 0,2%.

Berdasarkan hasil sidik ragam susut berat (lampiran 3.A-E) dapat dilihat bahwa tidak ada interaksi antar perlakuan CMC berbagai konsentrasi dengan minyak atsiri lemon dan minyak atsiri daun sirih dari hari ke-0 hingga hari ke-9 pengamatan. Pada hari ke-3 dan ke-6 antar perlakuan CMC dan antar perlakuan minyak atsiri tidak memberikan pengaruh beda nyata. Pada hari ke-12 dan 15 konsentrasi CMC 1% dan tanpa minyak atsiri menghasilkan susut berat terbesar. Hal ini diduga karena pada perlakuan CMC 1% memiliki konsentrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan CMC 1,5%. Selain itu, hal ini disebabkan karena

permeabilitas *coating* semakin hari semakin kecil sehingga transpirasi yang menyebabkan penurunan berat lebih banyak terjadi. Histogram susut berat dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Histogram susut berat buah apel manalagi pada perlakuan CMC



Gambar 2. Histogram susut berat buah apel manalagi pada perlakuan minyak atsiri

Berdasarkan histogram susut berat pada gambar 1 dan 2 menunjukkan bahwa apel berlapis *edible coating* dengan semua variasi perlakuan menunjukkan peningkatan persentase susut bobot selama penyimpanan. Kenaikan susut berat terjadi karena apel merupakan buah klimakterik yang mengalami peningkatan respirasi seiring pematangan buah (Kismaryanti, 2007 dalam Lathifa, 2013).

Pelapisan dengan CMC 1,5% cenderung memiliki kemampuan untuk mempertahankan susut berat pada *fresh cut* apel. Hal tersebut dikarenakan, *edible film* atau *coating* berfungsi sebagai penghalang kehilangan air dan gas dengan cara menekan laju transpirasi dan memberikan tekanan parsial yang berbeda antara lingkungan luar dengan lingkungan dalam pembungkus (Embuscado dan Huber, 2009). Atmosfir yang sengaja dimodifikasi dalam *edible coating* ini menyebabkan proses respirasi terhambat sehingga dapat menekan laju kehilangan air dan substrat sehingga laju respirasi *fresh cut* apel yang dilapisi CMC 1,5% memiliki susut berat yang kecil.

Rohmana (2000) menjelaskan bahwa penyusutan bobot pada buah bukan hanya dipengaruhi oleh respirasi tapi juga hilangnya cadangan makanan karena proses transpirasi Difusi uap air dari atmosfer dalam pembungkus buah ke lingkungan luar terjadi dengan cukup mudah karena *edible coating* yang terbuat dari bahan dasar polisakarida memiliki permeabilitas yang rendah terhadap uap air karena sifatnya yang hidrofilik. Suatu membran hidrofilik cenderung untuk menyerap air karena sifatnya yang polar sebagaimana sifat air. Semakin hari, persentase penurunan berat semakin tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena permeabilitas *coating* semakin hari semakin kecil sehingga transpirasi yang menyebabkan penurunan berat lebih banyak terjadi. .

Pada hari ke-12 dan hari ke-15 semua perlakuan mengalami peningkatan susut bobot. Peningkatan susut bobot terjadi karena *edible coating* CMC tidak mampu menahan laju evaporasi yang terjadi pada buah potong segar. Selain itu, hal ini dapat disebabkan karena permeabilitas *coating* semakin hari semakin kecil sehingga transpirasi yang menyebabkan penurunan berat lebih banyak terjadi.

Pemotongan yang dilakukan pada potong segar menyebabkan jaringan dalam buah terpapar dengan lingkungan sehingga berdampak pada peningkatan kecepatan penguapan air (Perera, 2007). *Edible coating* berbasis CMC memiliki daya barrier yang kurang baik terhadap uap air. Baldwin (1994) menyatakan kelompok *edible coating* hidrokoloid (berbahan polisakarida) memiliki ketahanan yang bagus terhadap gas O₂ dan CO₂, namun ketahanannya terhadap uap air sangat rendah akibat sifat hidrofiliknya. Air yang terdapat pada lingkungan dapat terserap dan merusak rantai intermolekuler *edible coating* sehingga meningkatkan permeabilitas secara umum. Agar *edible coating* yang terbuat dari selulose mampu menahan susut bobot sebaiknya ditambahkan lipid yang memiliki daya tahan bagus terhadap uap air karena sifatnya yang hidrofobik.

Adapun perlakuan CMC 1,5% memiliki nilai susut berat yang lebih rendah dibanding dengan perlakuan CMC 1%. Hal tersebut diduga bahwa CMC dengan konsentrasi 1,5% memiliki kerapatan yang tinggi sehingga bisa menahan laju uap air dan CMC dengan konsentrasi 1% memiliki kerapatan yang lebih rendah sehingga mudah dilalui oleh uap air. CMC dengan konsentrasi 1,5% memiliki padatan terlarut yang lebih banyak ketika proses pembuatan *edible coating* daripada CMC dengan konsentrasi 1%.

Padatan terlarut CMC yang banyak akan membentuk ikatan hidrogen yang lebih kuat, sehingga menghasilkan struktur *edible coating* yang kompak (Polnaya *et al.*, 2006; Xu *et al.*, 2005). Struktur *edible coating* yang kompak dapat menghambat difusi uap air melalui edible film (Rachel dkk., 2012). Peningkatan jumlah polimer akan memperkecil rongga dalam gel yang terbentuk, semakin tebal dan rapat matriks film yang terbentuk dapat mengurangi laju uap air karena

sulit ditembus oleh uap air. Penelitian yang dilakukan oleh Rachel dkk (2012) menggunakan CMC dengan konsentrasi antara 0%, 0,25% dan 0,5%.

Selain CMC, penggunaan minyak atsiri daun sirih juga mempengaruhi rendahnya nilai susut berat fresh-cut apel. Hal ini berkaitan dengan nilai laju transmisi uap air dari *edible coating* yang digunakan, sesuai dengan penelitian Syaiful (2017) bahwa nilai laju transmisi uap air edible film dengan penambahan minyak atsiri daun sirih lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan tanpa minyak atsiri. Hal ini diduga karena edible film CMC yang mengandung minyak atsiri daun sirih mempunyai ketahanan terhadap uap air yang lebih baik dibandingkan edible film kontrol (CMC saja). CMC yang bersifat hidrofilik dapat menghasilkan edible film dengan ketahanan uap air yang sangat rendah sehingga laju transmisi uap air tinggi. Sifat hidrofilik disebabkan struktur kimia didominasi dengan gugus hidroksil (OH) yang mempunyai kemampuan untuk berikatan dengan air (Paramawati 2001).

Kester dan Fennema (1986) menyatakan polimer dengan gugus hidrofilik yang tinggi akan menghasilkan film yang rentan terhadap uap air, sebaliknya polimer dengan gugus hidrofobik tinggi akan menghasilkan film dengan ketahanan yang baik terhadap uap air. Minyak atsiri dapat meningkatkan sifat hidrofobik film edible film CMC, sehingga ketahanan film edible terhadap uap air semakin meningkat dengan semakin banyaknya minyak atsiri dalam edible film CMC. Penelitian Miksusanti (2008) menunjukkan perlakuan penambahan minyak atsiri temu kunci berpengaruh nyata terhadap transmisi uap air edible film dimana peningkatan konsentrasi minyak atsiri menyebabkan penurunan nilai transmisi uap air yang berhubungan paralel dengan polaritas lemak. Minyak atsiri temu

kunci mempunyai ketahanan yang baik terhadap transmisi uap air karena mempunyai gugus non polar yang bersifat menolak molekul air sehingga mempersulit transmisi uap air (Fennema et al.1994).

B. Uji Kekerasan

Pengamatan kekerasan pada buah apel dilakukan guna mengetahui pengaruh tingkat kekerasan buah apel akibat respirasi, transpirasi dan aktivitas bakteri. Nilai kekerasan merupakan parameter kritis dalam hal penerimaan konsumen terhadap buah-buahan dan sayur-sayuran, dimana tingkat kekerasan buah selama proses pematangan mempengaruhi daya simpannya dan penyebaran kontaminasi (Marlina dkk, 2014). Adapun pengukuran tingkat kekerasan buah apel dilakukan setiap 3 hari sekali selama 15 hari penyimpanan. Pengukuran tingkat kekerasan buah apel dilakukan menggunakan alat *pneterometer fruit*.

Kandungan air buah apel yang semakin berkurang menyebabkan penurunan tekanan turgor dan mengakibatkan tingkat kekerasan buah akan menurun. Nilai kekerasan menunjukkan tingkat kesegaran apel, namun nilai kekerasan dikatakan baik bukan karena nilai kekerasannya terlalu tinggi atau rendah, tetapi tergantung dari kondisi fisik buah tersebut (Pantastico, 1989). Kekerasan buah yang tinggi bisa disebabkan karena tekstur buahnya yang sudah layu atau berkerut, sebaliknya nilai kekerasan yang rendah bisa disebabkan buah yang telah busuk. Hasil rerata setiap hari pengamatan uji kekerasan pada setiap perlakuan dapat dilihat pada tabel 2.

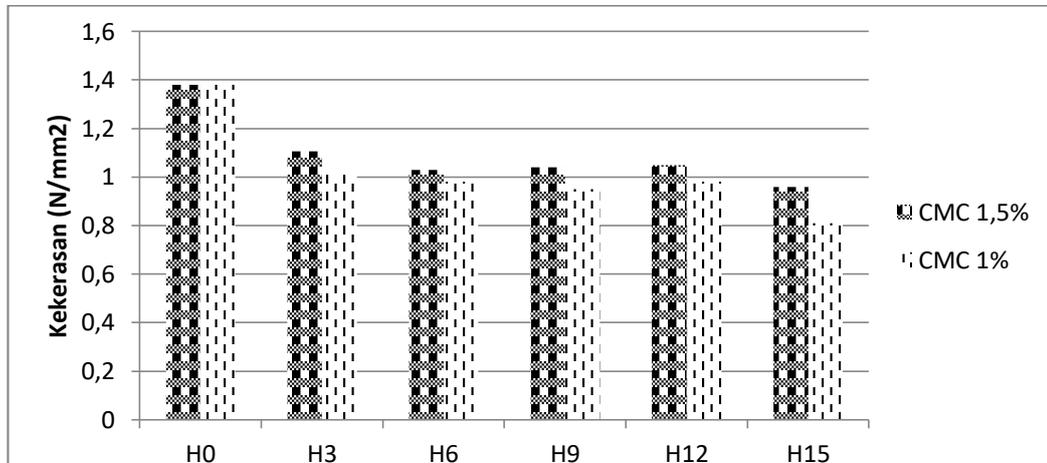
Tabel 2. Rerata harian hasil uji kekerasan (N/mm²)

Hari	Perlakuan	M0	L2	L3	S1	S2	Rerata
H0	CMC 1,5%	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38a
	CMC 1%	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38a
	Rerata	1.38a	1.38a	1.38a	1.38a	1.38a	(-)
H3	CMC 1,5%	1.07	1.10	1.10	1.13	1.13	1.106a
	CMC 1%	1.08	1.08	1.15	1.00	0.82	1.01b
	Rerata	1.07a	1.09a	1.11a	1.07ab	0.98b	(-)
H6	CMC 1,5%	1.01a	1.02a	1.06a	1.04a	1.05a	1.03
	CMC 1%	1.05a	1.05a	1.08a	0.92b	0.82c	0.98
	Rerata	1.03	1.03	1.07	0.98	0.93	(+)
H9	CMC 1,5%	1.02a	1.04a	1.04a	1.05a	1.053a	1.04
	CMC 1%	1.03a	1.09a	1.03a	0.77b	0.80b	0.95
	Rerata	1.03	1.06	1.04	0.91	0.93	(+)
H12	CMC 1,5%	1.06bc	0.95c	1.05bc	1.06bc	1.11ab	1.05
	CMC 1%	1.18a	1.05bc	1.02bc	0.82d	0.82d	0.98
	Rerata	1.12	1.00	1.04	0.94	0.96	(+)
H15	CMC 1,5%	1.06	0.93	1.03	0.87	0.91	0.96a
	CMC 1%	0.88	0.88	0.87	0.66	0.78	0.81b
	Rerata	0.97a	0.91ab	0.95a	0.76c	0.84b	(-)

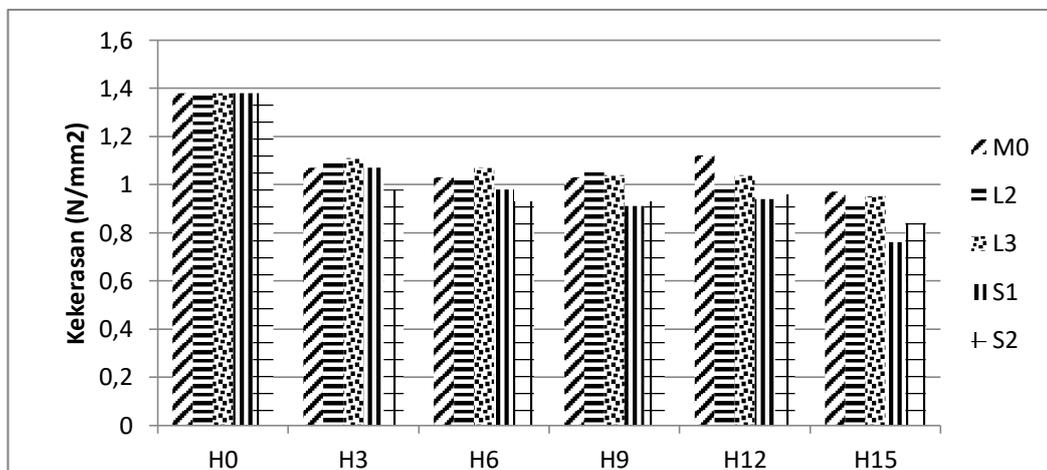
Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom menunjukkan tidak ada beda nyata berdasarkan hasil DMRT pada taraf 5% M0: Tanpa minyak atsiri; L2: Minyak atsiri lemon 2%; L3: Minyak atsiri lemon 3%; S1: Minyak atsiri sirih 0,1%; S2: Minyak atsiri sirih 0,2%.

Berdasarkan hasil sidik ragam kekerasan (lampiran 4.A-F) dapat dilihat bahwa pada hari ke-6 sampai dengan hari ke-12 terjadi interaksi antar perlakuan CMC dan minyak atsiri. Pada tabel 2 menunjukkan bahwa pada hari ke-3 hingga hari ke-15 pengamatan, perlakuan CMC yang dikombinasikan dengan minyak atsiri lemon dan daun sirih memberikan pengaruh beda nyata dan berbeda tidak nyata. Pada hari ke-3 terdapat beda nyata antar rerata perlakuan CMC dan rerata perlakuan minyak atsiri. Hal tersebut menunjukkan bahwa adanya pelapisan dapat menekan nilai kelunakan tekstur, pemberian lapisan CMC yang dikombinasikan dapat menahan kekerasan buah. Sedangkan pada hari ke-6 sampai dengan hari ke-

12 terdapat interaksi antara CMC dan minyak atsiri. Hal tersebut menunjukkan bahwa perlakuan *coating* yang diberikan dapat menahan laju respirasi. Adapun histogram uji kekerasan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Histogram uji kekerasan buah apel manalagi pada perlakuan CMC



Gambar 4. Histogram kekerasan buah apel manalagi pada perlakuan minyak atsiri

Berdasarkan histogram uji kekerasan pada gambar 3 dan 4 menunjukkan bahwa pola kekerasan buah cenderung menurun pada setiap perlakuan. Pengukuran kekerasan dengan pnetrometer bergantung pada tebalnya kulit luar, kandungan total zat terlarut (Pantastico, 1986).

CMC 1,5% memberikan nilai kekerasan yang tinggi dibanding dengan perlakuan CMC 1%. Hal tersebut dikarenakan *edible coating* menggunakan

bahan dasar polisakarida memiliki kemampuan bertindak sebagai membran permeabel yang selektif terhadap pertukaran gas CO₂ dan O₂. Sifat tersebut dapat memperpanjang umur simpan karena respirasi buah dan sayuran berkurang (Krochta *et al.*, 2002). *Edible coating* juga dapat mencegah kerusakan akibat penanganan mekanik dengan membantu mempertahankan integritas struktural, mencegah hilangnya senyawa-senyawa volatil dan sebagai *carrier* zat aditif seperti zat anti mikrobal dan antioksidan (Kester dan Fannema, 1988 dalam Lestari, 2000). Padatan terlarut CMC yang banyak akan membentuk ikatan hydrogen yang lebih kuat, sehingga menghasilkan struktur *edible coating* yang kuat (Polnaya *et al.*, 2006; Xu *et al.*, 2005). Struktur *edible coating* yang kompak dapat menghambat difusi uap air melalui *edible coating* (Rachel dkk., 2012). Menurut Dyah dkk (2013) tingginya konsentrasi suatu bahan *edible coating* akan meningkat jumlah polimer dan total padatan sehingga akan terbentuk *edible coating* yang tebal. Peningkatan jumlah polimer akan memperkecil rongga dalam gel yang terbentuk, semakin tebal dan rapat *coating* yang terbentuk dapat mengurangi laju uap air karena sulit ditembus oleh uap air.

Selain itu, penambahan pelapis CMC 1,5% pada *fresh cut* apel menjadikan buah memiliki lapisan kedap terhadap pengeluaran air dan gas pada saat respirasi. Hal ini menyebabkan kemungkinan buah menjadi lebih keras dibanding dengan perlakuan yang lain. Pelapisan dengan *edible coating* mampu menghambat laju respirasi dan menekan terjadinya pelunakan (Vina *et al.*, 2007)

Penambahan minyak atsiri daun sirih mengakibatkan penurunan kekerasan pada *fresh cut* apel. Penurunan kekerasan berhubungan dengan perubahan fraksi pektin lamella tengah dan dinding sel yang secara khusus mengalami pelarutan

dan depolimerasi pektin (Huber dalam Payasi *et al*, 2003). Menurut Pantastico (1975), ada dua proses pada buah matang, kandungan pektat dan pektinat yang larut meningkat, sedangkan jumlah zat-zat pektat seluruhnya menurun. Seiring dengan perubahan pektin, kekerasan buah berkurang. Penurunan kekerasan selama proses pemasakan dipengaruhi oleh aktivitas dari berbagai enzim pektolitik, misalnya, poligalakturonase (PG), Pektat liase (PL), dan pektin metil esterase (PME).

Enzim pektat metil esterase secara eksklusif berada dalam dinding sel (Dray dan Van Castem, 2008) Mekanisme PME dalam pelunakan selama perkembangan dan pemasakan buah adalah melakukan perubahan pada pektin. Aktivitas PME meningkat pada tahap awal pematangan buah sebelum enzim PL dan PG dapat melakukan degradasi, kemudian menurun dan meningkatkan jumlah pektin.

Selama proses pemasakan, perombakan zat pektin mengakibatkan penurunan tekanan turgor terhadap dinding sel dan yang kemudian berakibat pada pelunakan buah. Pektin dan kekerasan memiliki korelasi positif, semakin tinggi kandungan pektin pada buah maka semakin tinggi tingkat kekerasan pada buah (Arifiya dkk, 2015).

Enzim poligalaturonase yang mengalami aktivitas semakin tinggi ditandai dengan menurunnya kekerasan buah selama pemasakan buah. Aktivitas PG yang berhubungan dengan tingginya depolimerasi pektin (Rosli dalam Villareal *et al.*, 2008). Poligalakturonase sangat peka terhadap pH rendah dan tingkat kenaikan kation monovalent. Penurunan kekerasan pada perlakuan minyak atsiri daun sirih diduga akibat pH rendah dari minyak atsiri daun sirih.

Selain itu PG dalam pericarp mengalami peningkatan jumlah dan peningkatan kekuatan ionic jaringan rusak dapat melepaskan ikatan PG dari dinding sel (Almeida & Hubber, 2008). Pelepasan gugus metil pada polimer asam galakturonat dan enzim pektinesterase menyebabkan pelunakan buah (Lee dan MacMillan dalam Goukh dan Bashir, 2003). Aktivitas PE tersebut memacu enzim PG untuk melakukan depolimerasi rantai poligalakturonat yang telah diesterifikasi dan mengalami pengurangan berat molekul (Benkova Dan Markovic dalam Goukh dan Bashir, 2003).

C. Total Padatan Terlarut

Pengamatan total padatan terlarut dilakukan setiap 3 hari sekali selama 15 hari penyimpanan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat *refractometer*. Besarnya nilai padatan dinyatakan dengan % brix. Total padatan terlarut menunjukkan total gula yang terdapat pada buah (Winarno dan Aman, 1979). Padatan terlarut total dapat diartikan sebagai total padatan yang terkandung dalam buah dan menentukan kadar kemanisan buah. Kandungan padatan terlarut bertambah dan kadar asam tertitrasi menurun seiring dengan dengan meningkatnya umur petik buah. Kadar pati bertambah selama perkembangan buah (Antarlina, 2009). Gula adalah komponen penting untuk mendapatkan rasa yang disukai konsumen dengan komposisi seimbang antara gula dan asam, warna yang menarik dan tekstur yang utuh. Hal-hal tersebut mengalami perubahan metabolik, baik secara kuantitatif maupun kualitatif pada pematangan buah.

Winarno dan Wirakartakusumah (1981) melaporkan buah-buahan dan sayuran menyimpan karbohidrat untuk persediaan energi. Persediaan ini

digunakan untuk melaksanakan aktivitas sisa hidupnya, oleh karena itu proses pematangan kandungan gula dan karbohidrat selalu berubah.

Pada buah apel manalagi, perubahan perubahan total padatan terlarut dapat disebabkan oleh hidrolisis dari pati menjadi glukosa, sukrosa, dan fruktos. Selain proses pematangan, polisakarida dipecah menjadi gula sederhana dan jumlah pectin yang terlarut juga mengalami peningkatan yang menyebabkan turunnya kekerasan buah. Hasil rerata setiap hari pengamatan uji total padatan terlarut pada setiap perlakuan dapat dilihat pada tabel 3.

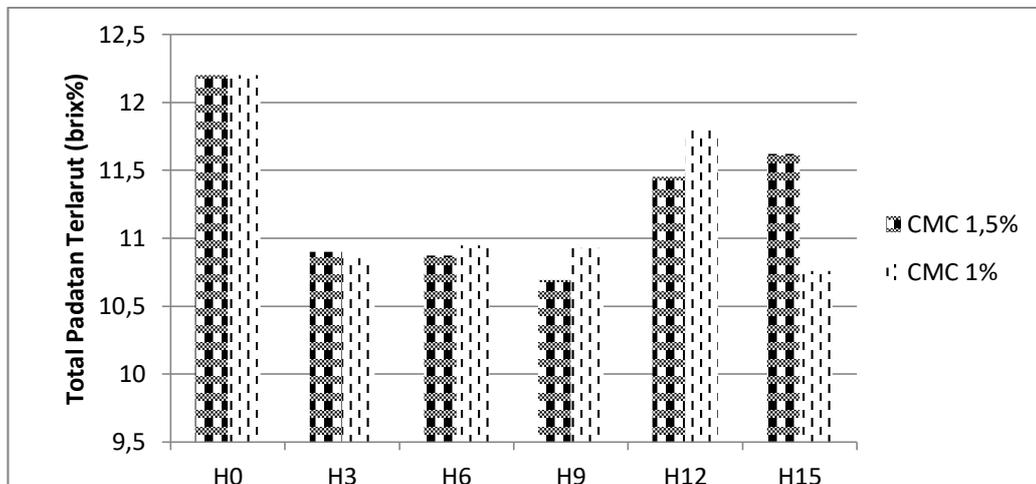
Tabel 3. Rerata harian hasil uji total padatan terlarut (brix %)

Hari	Perlakuan	M0	L2	L3	S1	S2	Rerata
H0	CMC 1,5%	12.2a	12.2a	12.2a	12.2a	12.2a	12.2
	CMC 1%	12.2a	12.2a	12.2a	12.2a	12.2a	12.2
	Rerata	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	(-)
H3	CMC 1,5%	11.10c	11.57b	10.07f	9.93f	11.83a	10.9
	CMC 1%	10.47e	10.47e	10.93cd	11.57b	10.90d	10.85
	Rerata	10.78	10.98	10.50	10.75	11.37	(+)
H6	CMC 1,5%	9.07e	11.3c	11.2c	11.5bc	11.27c	10.88
	CMC 1%	10.63d	8.37f	12.33a	11.9ab	11.47c	10.95
	Rerata	9.85	9.83	11.77	11.73	11.37	(+)
H9	CMC 1,5%	11.1ab	11.1ab	10.7dc	10.2f	10.37def	10.69
	CMC 1%	11.4a	10.97bc	10.27ef	11.37a	10.6cde	10.93
	Rerata	11.25	11.03	10.48	10.78	10.50	(+)
H12	CMC 1,5%	11.8b	11.2c	11.26c	11.5bc	11.5bc	11.45
	CMC 1%	13.47a	11.2c	11.27c	11.9b	11.13c	11.79
	Rerata	12.63	11.20	11.27	11.70	11.32	(+)
H15	CMC 1,5%	9.7f	12.2a	11.97b	11.9b	12.33a	11.62
	CMC 1%	11.07d	10.5e	11.57c	8.37g	12.3a	10.76
	Rerata	10.38	11.35	11.77	10.13	12.32	(+)

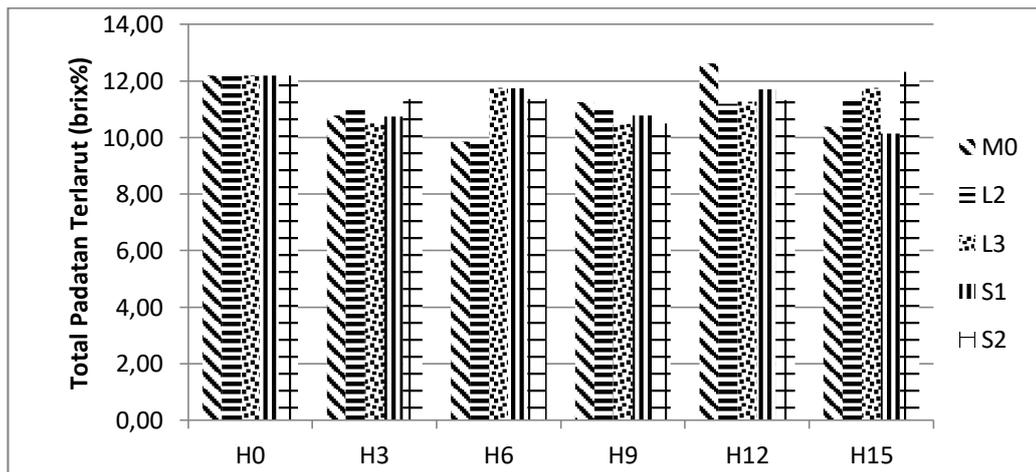
Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom menunjukkan tidak ada beda nyata berdasarkan hasil DMRT pada taraf 5% M0: Tanpa minyak atsiri; L2: Minyak atsiri lemon 2%; L3: Minyak atsiri lemon 3%; S1: Minyak atsiri sirih 0,1%; S2: Minyak atsiri sirih 0,2%.

Berdasarkan hasil sidik ragam total padatan terlarut (lampiran 4.A-F) dapat dilihat bahwa ada interaksi antar perlakuan CMC berbagai konsentrasi dengan minyak atsiri. Pada tabel 3 menunjukkan bahwa dari setiap perlakuan

terdapat nilai yang berbeda tidak nyata dan berbeda nyata terhadap uji total padatan terlarut. Pada hari ke-3 hingga hari ke-15 pengamatan, perlakuan CMC yang dikombinasikan dengan minyak atsiri memberikan pengaruh beda nyata. Adapun histogram hasil uji total padatan terlarut disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Histogram total padatan terlarut buah apel manalagi perlakuan CMC



Gambar 6. Histogram total padatan terlarut buah apel manalagi perlakuan minyak atsiri

Berdasarkan histogram gula total pada gambar 5 dan 6 menunjukkan data perubahan kadar total padatan terlarut yang mengalami fluktuasi pada setiap perlakuan. Penurunan kadar gula total terjadi pada hari ke-3 penyimpanan. Penurunan total padatan terlarut terendah terjadi pada hari ke- ke-9 penyimpanan,

yaitu perlakuan CMC 1% (C1M0) dibandingkan hari lainnya. Hal ini diduga bahwa pada penyimpanan hari ke-9 buah memasuki puncak klimakterik yang selama penyimpanan terjadi peningkatan laju respirasi pada fase pematangan yang mengakibatkan perombakan polisakarida menjadi gula sederhana sehingga zat padat terlarut menjadi meningkat. Selama 15 hari penyimpanan, perlakuan yang memiliki total padatan terlarut dengan fluktuasi terendah adalah perlakuan CMC 1,5%. Hal ini dikarenakan bahwa CMC 1,5% mampu menghambat laju respirasi karena sifat CMC yang dapat menghambat pertukaran gas CO₂ dan O₂. *Edible coating* menggunakan bahan dasar polisakarida memiliki kemampuan bertindak sebagai membran permeabel yang selektif terhadap pertukaran gas CO₂ dan O₂. Sifat tersebut dapat memperpanjang umur simpan karena respirasi buah dan sayuran berkurang (Krochta *et al*, 2002).

Total padatan terlarut secara umum akan meningkat seiring pertambahan waktu penyimpanan, proses tersebut terjadi karena hidrolisis pati menjadi glukosa, fruktosa dan sukrosa. Setelah mengalami peningkatan, total padatan terlarut akan mengalami penurunan yang disebabkan karena sudah melewati tingkat kematangan. Peningkatan TPT disebabkan oleh degradasi pati menjadi gula sederhana. Menurut Wolfe dalam Hasanah (2009) penurunan ini disebabkan karena gula yang terbentuk dari hasil perombakan pati akan digunakan sebagai substrat respirasi untuk menghasilkan energi. Menurut Muchtadi (1992) ketika proses pemecahan polisakarida menjadi gula-gula sederhana telah selesai, proses respirasi untuk menyediakan energi yang akan digunakan pada metabolisme buah terus berlangsung hingga menyebabkan gula terus teroksidasi. Semakin lama penyimpanan maka semakin banyak karbohidrat yang didegradasi karena

kesempatan mikroba untuk mendegradasi karbohidrat menjadi senyawa organik semakin besar (Fardiaz, 1992).

CMC 1,5% memberikan fluktuasi nilai total padatan terlarut yang lebih rendah dibanding dengan perlakuan CMC 1%. Hal tersebut dikarenakan *edible coating* menggunakan bahan dasar polisakarida memiliki kemampuan bertindak sebagai membran permeabel yang selektif terhadap pertukaran gas CO₂ dan O₂. Sifat tersebut dapat memperpanjang umur simpan karena respirasi buah dan sayuran berkurang (Krochta *et al.*, 2002). *Edible coating* juga dapat mencegah kerusakan akibat penanganan mekanik dengan membantu mempertahankan integritas struktural, mencegah hilangnya senyawa-senyawa volatil dan sebagai *carrier* zat aditif seperti zat anti mikrobial dan antioksidan (Kester dan Fannema, 1988 dalam Lestari, 2000). Padatan terlarut CMC yang banyak akan membentuk ikatan hydrogen yang lebih kuat, sehingga menghasilkan struktur *edible coating* yang kuat (Polnaya *et al.*, 2006; Xu *et al.*, 2005). Struktur *edible coating* yang kompak dapat menghambat difusi uap air melalui *edible coating* (Rachel dkk., 2012). Menurut Dyah dkk (2013) tingginya konsentrasi suatu bahan *edible coating* akan meningkat jumlah polimer dan total padatan sehingga akan terbentuk *edible coating* yang tebal. Peningkatan jumlah polimer akan memperkecil rongga dalam gel yang terbentuk, semakin tebal dan rapat *coating* yang terbentuk dapat mengurangi laju uap air karena sulit ditembus oleh uap air.

Selain itu, penambahan pelapis CMC 1,5% pada *fresh cut* apel menjadikan buah memiliki lapisan kedap terhadap pengeluaran air dan gas pada saat respirasi. Hal ini menyebabkan kemungkinan buah menjadi lebih keras dibanding dengan perlakuan yang lain. Pelapisan dengan *edible coating* mampu menghambat laju

respirasi dan menekan terjadinya pelunakan (Vina *et al.*, 2007). Laju respirasi yang dihambat mampu menghambat proses perombakan pati menjadi gula-gula sederhana sehingga menghambat peningkatan jumlah total padatan terlarut.

Selain CMC, penggunaan minyak atsiri daun sirih juga mempengaruhi rendahnya nilai padatan terlarut *fresh-cut* apel. Hal ini berkaitan dengan nilai laju transmisi uap air dari *edible coating* yang digunakan, sesuai dengan penelitian Syaiful (2017) bahwa nilai laju transmisi uap air *edible film* dengan penambahan minyak atsiri daun sirih lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan tanpa minyak atsiri. Hal ini diduga karena edible film CMC yang mengandung minyak atsiri daun sirih mempunyai ketahanan terhadap uap air yang lebih baik dibandingkan edible film kontrol (CMC saja). CMC yang bersifat hidrofilik dapat menghasilkan edible film dengan ketahanan uap air yang sangat rendah sehingga laju transmisi uap air tinggi. Sifat hidrofilik disebabkan struktur kimia didominasi dengan gugus hidroksil (OH) yang mempunyai kemampuan untuk berikatan dengan air (Paramawati 2001).

Kester dan Fennema (1986) menyatakan polimer dengan gugus hidrofilik yang tinggi akan menghasilkan film yang rentan terhadap uap air, sebaliknya polimer dengan gugus hidrofobik tinggi akan menghasilkan film dengan ketahanan yang baik terhadap uap air. Minyak atsiri dapat meningkatkan sifat hidrofobik film edible film CMC, sehingga ketahanan film edible terhadap uap air semakin meningkat dengan semakin banyaknya minyak atsiri dalam edible film CMC. Penelitian Miksusanti (2008) menunjukkan perlakuan penambahan minyak atsiri temu kunci berpengaruh nyata terhadap transmisi uap air *edible film* dimana peningkatan konsentrasi minyak atsiri menyebabkan penurunan nilai transmisi

uap air yang berhubungan paralel dengan polaritas lemak. Minyak atsiri temu kunci mempunyai ketahanan yang baik terhadap transmisi uap air karena mempunyai gugus non polar yang bersifat menolak molekul air sehingga mempersulit transmisi uap air (Fennema et al.1994).

D. Gula Reduksi

Uji gula reduksi dilakukan setiap 3 hari sekali selama 15 hari penyimpanan. Setiap pengamatan uji gula reduksi dilakukan dengan menggunakan alat *specto*. *Willes* (2000) menjelaskan bahwa dalam proses pematangan selama penyimpanan buah, zat pati seluruhnya dihidrolisa menjadi sukrosa yang kemudian berubah menjadi gula-gula reduksi sebagai substrat dalam respirasi. Data hasil Rerata Gula Reduksi yang dilakukan setiap 3 hari sekali disajikan dalam tabel 4.

Tabel 4. Rerata harian hasil uji gula reduksi (%)

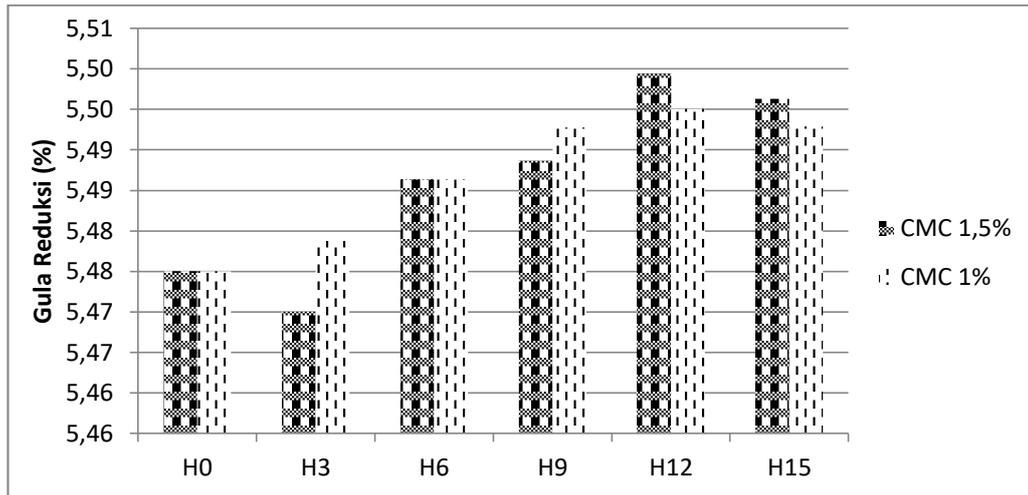
Hari	Perlakuan	M0	L2	L3	S1	S2	Rerata
H0	CMC 1,5%	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47a
	CMC 1%	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47	5.47a
Rerata		5.47a	5.47a	5.47a	5.47a	5.47a	(-)
H3	CMC 1,5%	5.47b	5.48ab	5.48cd	5.48bc	5.47f	5.47
	CMC 1%	5.48a	5.48d	5.48bc	5.48ab	5.48d	5.48
Rerata		5.48	5.48	5.48	5.48	5.47	(+)
H6	CMC 1,5%	5.48f	5.50a	5.49bc	5.48ed	5.48ef	5.49
	CMC 1%	5.49ab	5.48ef	5.49b	5.49cd	5.48f	5.49
Rerata		5.49	5.49	5.49	5.48	5.48	(+)
H9	CMC 1,5%	5.49c	5.49c	5.48d	5.49c	5.49c	5.49
	CMC 1%	5.50a	5.48d	5.50b	5.49c	5.49c	5.49
Rerata		5.50	5.487	5.489	5.489	5.49	(+)
H12	CMC 1,5%	5.48e	5.51b	5.49d	5.51a	5.50c	5.50
	CMC 1%	5.49e	5.48f	5.48c	5.51b	5.50c	5.49
Rerata		5.49	5.49	5.49	5.51	5.50	(+)
H15	CMC 1,5%	5.48e	5.50b	5.49d	5.51a	5.50c	5.50
	CMC 1%	5.48e	5.51a	5.49cd	5.50c	5.48e	5.49
Rerata		5.48	5.51	5.49	5.50	5.49	(+)

Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom menunjukkan tidak ada beda nyata berdasarkan hasil DMRT pada taraf 5% M0: Tanpa minyak atsiri; L2: Minyak atsiri lemon 2%; L3: Minyak atsiri lemon 3%; S1: Minyak atsiri sirih 0,1%; S2: Minyak atsiri sirih 0,2%.

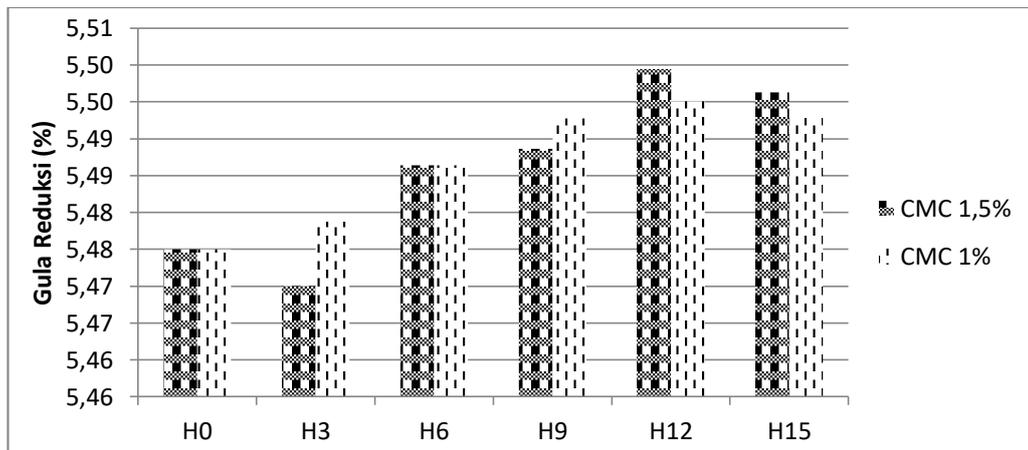
Berdasarkan hasil sidik ragam Gula Reduksi (Lampiran 6 (A-F) dapat dilihat bahwa ada interaksi antar perlakuan CMC berbagai konsentrasi dengan minyak atsiri, kecuali pada hari ke-0 pengamatan.

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai rata-rata dari setiap perlakuan terdapat nilai yang berbeda tidak nyata dan berbeda nyata terhadap uji gula reduksi. Dapat dilihat bahwa perbedaan rerata antar perlakuan terjadi pada hari ke-3 sampai dengan akhir pengamatan. Pada hari ke-3 sampai dengan hari ke-15 terjadi interaksi antar perlakuan CMC dan minyak atsiri.

Kadar gula reduksi tertinggi terjadi pada perlakuan CMC 1% dan kadar gula reduksi terendah terjadi pada perlakuan yang mengalami fluktuatif terendah adalah CMC 1,5%. Hal tersebut dikarenakan CMC sebagai pelapis mampu mengurangi laju respirasi sehingga dapat mencegah penurunan total padatan terlarut selama penyimpanan. Penurunan total padatan terlarut selama penyimpanan diduga disebabkan karena terjadinya proses respirasi pada fresh cut apel sehingga gula pereduksi terurai menjadi asam piruvat dan menghasilkan CO₂ dan H₂O. Menurut Muchtadi *et al.*(2010) dan Marlina (2014) buah yang memiliki kandungan pati yang sangat sedikit tidak dapat diharapkan selama penyimpanan kadar gulanya akan meningkat. Lathifa (2000) menyatakan bahwa selama proses pemasakan buah, TPT akan mengalami peningkatan akibat meningkatnya konsentrasi senyawa-senyawa terlarut dalam buah terutama gula. Adapun histogram hasil pengamatan gula reduksi disajikan dalam gambar 7.



Gambar 7. Histogram uji gula reduksi buah apel manalagi perlakuan CMC



Gambar 8. Histogram uji gula reduksi perlakuan minyak atsiri

Berdasarkan histogram pada gambar 7 dan 8. kadar Gula Reduksi cenderung meningkat selama penyimpanan selama 15 hari. Pada rata-rata perlakuan kadar gula reduksi meningkat di hari ke-12. Pada perlakuan CMC 1% kadar gula reduksi meningkat pada hari ke-9 kemudian di hari ke-12 kadar gula reduksinya menurun sampai dengan akhir pengamatan. Hal ini dikarenakan gula reduksi pada perlakuan CMC 1% sudah memasuki fase penurunan kadar gula reduksi karena telah melewati batas kematangannya, sedangkan untuk perlakuan CMC 1,5 dan minyak atsiri lemon 3% masih berada di puncak. Dengan kata lain, pelapisan

CMC 1,5% mampu menekan terhidrolisisnya pati menjadi Glukosa, Sukrosa, dan Fruktosa.

Menurut Wolfe dan Kips (1993), umumnya gula reduksi mengalami peningkatan pada tahap pematangan buah apel (klimakterik). Hal ini disebabkan karena terhidrolisisnya pati menjadi glukosa, fruktosa, dan sukrosa, setelah itu akan terjadi fase penurunan kadar gula reduksi karena telah melewati batas kematangannya. Nilai kadar gula reduksi yang tinggi menunjukkan bahwa buah lebih cepat mengalami proses perombakan pati yang menandai proses pematangan juga berlangsung cepat. Menurut Wills *et al.*, (2007) kecenderungan yang umum terjadi pada buah selama penyimpanan adalah terjadi kenaikan kandungan gula yang kemudian disusul dengan penurunan. Perubahan kadar gula reduksi tersebut mengikuti pola respirasi buah. Buah yang tergolong klimakterik, respirasinya meningkat pada awal penyimpanan dan setelah itu menunjukkan kecenderungan yang semakin menurun seiring dengan lamanya penyimpanan (Baldwin, 1994 ; Lathifa, 2013).

CMC 1,5% memberikan nilai fluktuasi gula reduksi yang lebih rendah dibanding dengan perlakuan CMC 1%. Hal tersebut dikarenakan *edible coating* menggunakan bahan dasar polisakarida memiliki kemampuan bertindak sebagai membran permeabel yang selektif terhadap pertukaran gas CO₂ dan O₂. Sifat tersebut dapat memperpanjang umur simpan karena respirasi buah dan sayuran berkurang (Krochta *et al*, 2002). *Edible coating* juga dapat mencegah kerusakan akibat penanganan mekanik dengan membantu mempertahankan integritas struktural, mencegah hilangnya senyawa-senyawa volatil dan sebagai *carrier* zat aditif seperti zat anti mikrobial dan antioksidan (Kester dan Fannema, 1988 dalam

Lestari, 2000). Padatan terlarut CMC yang banyak akan membentuk ikatan hydrogen yang lebih kuat, sehingga menghasilkan struktur *edible coating* yang kuat (Polnaya *et al.*, 2006; Xu *et al.*, 2005). Struktur *edible coating* yang kompak dapat menghambat difusi uap air melalui *edible coating* (Rachel dkk., 2012). Menurut Dyah dkk (2013) tingginya konsentrasi suatu bahan *edible coating* akan meningkat jumlah polimer dan total padatan sehingga akan terbentuk *edible coating* yang tebal. Peningkatan jumlah polimer akan memperkecil rongga dalam gel yang terbentuk, semakin tebal dan rapat *coating* yang terbentuk dapat mengurangi laju uap air karena sulit ditembus oleh uap air.

Selain itu, penambahan pelapis CMC 1,5% pada *fresh cut* apel menjadikan buah memiliki lapisan kedap terhadap pengeluaran air dan gas pada saat respirasi. Pelapisan dengan *edible coating* mampu menghambat laju respirasi dan menekan terjadinya pelunakan (Vina *et al.*, 2007).

Pada hari ke-12 sampai hari ke-15 kandungan gula reduksi buah lebih tinggi dibandingkan dengan hari pengamatan sebelumnya. Kenaikan gula reduksi diduga karena buah kekurangan pasokan gula sederhana akibat adanya bakteri, sehingga buah meningkat produksi gula sederhana untuk mencukupi kekurangan tersebut. Pada penelitian ini dapat dilihat bahwa untuk mempertahankan kandungan gula reduksi pada *fresh cut* apel dapat dilakukan dengan *edible coating* minyak atsiri lemon 3% sebagai antibakteri. Selama 15 hari pengamatan, *edible coating* dengan penambahan minyak atsiri lemon memiliki kenaikan gula reduksi yang rendah. Kenaikan gula reduksi akibat bakteri yang terjadi pada buah dapat dihambat dengan minyak atsiri lemon. Pada parameter mikrobiologi, dapat dilihat bahwa pada *fresh-cut* apel yang diberi perlakuan minyak atsiri lemon memiliki jumlah

populasi bakteri yang rendah tiap harinya. Berdasarkan hasil pemeriksaan kandungan kimia minyak atsiri jeruk lemon mengandung 59,7 % limonen (Sokovic *et al.*, 2010). Limonen merupakan senyawa yang berfungsi sebagai antibakteri. Kandungan nerol di dalam jeruk lemon juga mempunyai efek sinergis yang dapat menguatkan aktivitas antibakteri dari jeruk lemon (Borgou *et al.*, 2012).

E. Kandungan Asam Titrasi

Total Asam Titrasi (TAT) ditentukan dengan prinsip titrasi asam basa. Pengukuran nilai asam titrasi merupakan parameter yang penting guna menentukan mutu suatu produk (Anisa, 2012). Buah apel mengandung asam malat, asam glikolat, asam galakturonat, dan asam glukuronat. Keasaman buah kadang-kadang dinyatakan sebagai jumlah dari satu macam asam yang paling banyak dikandung. Kandungan asam yang paling banyak dalam buah apel adalah 80-90%. Pengamatan Asam Titrasi dilakukan dengan menggunakan indikator PP dan mentitrasi dengan NaOH setiap 3 hari sekali. Adapun data Asam Titrasi disajikan dalam tabel 5.

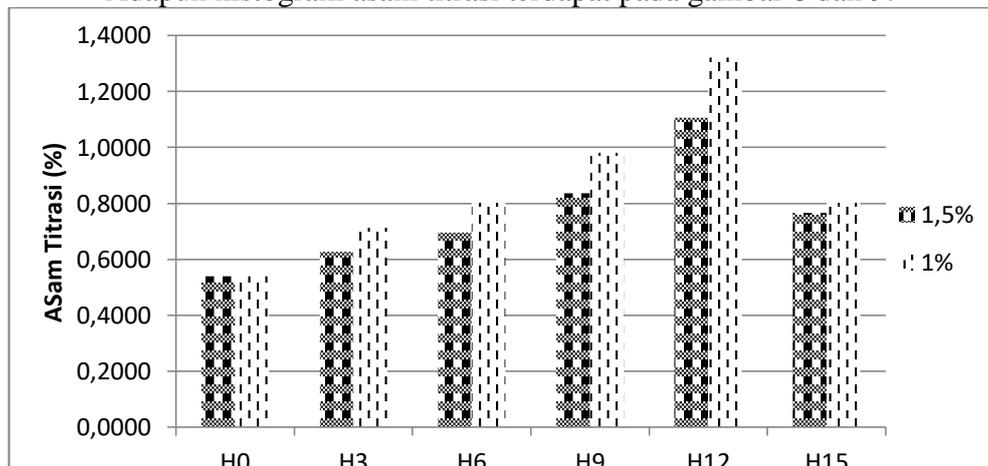
Berdasarkan hasil sidik ragam kandungan asam titrasi (lampiran 6.A-F) dapat dilihat bahwa tidak ada interaksi antar perlakuan CMC berbagai konsentrasi dengan minyak atsiri, kecuali pada hari ke-12 terdapat interaksi. Pada tabel 5 menunjukkan bahwa tingkat asam tertinggi terjadi pada hari ke-9 dan ke-12 yaitu perlakuan CMC 1,5% dengan penambahan minyak atsiri sirih 0,2%. dibanding dengan perlakuan lain di setiap hari pengamatan. Pada hari ke-3 dan ke-9 nilai rata2 perlakuan CMC dan minyak atsiri memberikan pengaruh beda nyata kecuali pada hari ke 6 tidak berbeda nyata. Sedangkan pada hari ke-12 dan ke-15 perlakuan CMC dan minyak atsiri memberikan pengaruh beda nyata.

Tabel 5. Rerata harian hasil uji asam tertitrasi (%).

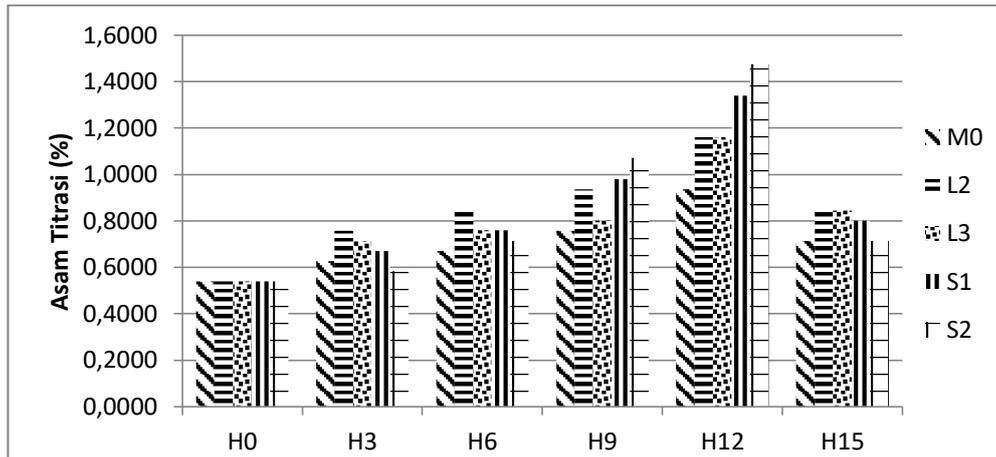
Hari	Perlakuan	M0	M1	M2	M3	M4	Rerata
H0	CMC 1,5%	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54a
	CMC 1%	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54a
Rerata		0.54a	0.54a	0.54a	0.54a	0.54a	(-)
H3	CMC 1,5%	0.63	0.80	0.63	0.54	0.54	0.63b
	CMC 1%	0.63	0.71	0.80	0.80	0.63	0.71a
Rerata		0.63ab	0.76a	0.71ab	0.67ab	0.58b	(-)
H6	CMC 1,5%	0.71	0.80	0.63	0.63	0.71	0.70a
	CMC 1%	0.63	0.89	0.89	0.89	0.71	0.81a
Rerata		0.67a	0.85a	0.76a	0.76a	0.71a	(-)
H9	CMC 1,5%	0.80	0.89	0.71	0.89	0.89	0.84b
	CMC 1%	0.71	0.98	0.89	1.07	1.25	0.98a
Rerata		0.76c	0.935ac	0.80bc	0.98a	1.07a	(-)
H12	CMC 1,5%	0.8e	1.34b	1.07cd	1.25cb	1.07cd	1.106
	CMC 1%	1.07cd	0.98ed	1.25cb	1.43b	1.88a	1.32
Rerata		0.935	1.16	1.16	1.34	1.475	(+)
H15	CMC 1,5%	0.63	0.8	0.8	0.8	0.8	0.765
	CMC 1%	0.8	0.89	0.89	0.8	0.63	0.801
Rerata		0.71b	0.845a	0.845a	0.8ab	0.71b	(-)

Keterangan : C1; CMC 1%; C2; CMC 1,5%; M0: Tanpa minyak atsiri; L2: Minyak atsiri lemon 2%; L3: Minyak atsiri lemon 3%; S1: Minyak atsiri sirih 0,1%; S2: Minyak atsiri sirih 0,2%.

Adapun histogram asam titrasi terdapat pada gambar 8 dan 9.



Gambar 9. Histogram uji asam tertitrasi buah apel manalagi perlakuan CMC



Gambar 10. Histogram asam tertitrasi buah apel manalagi perlakuan minyak atsiri

Berdasarkan histogram uji asam tertitrasi diatas pada Gambar 9 dan 10 Laju histogram uji asam tertitrasi mengalami peningkatan pada hari ke-3 sampai dengan hari ke-12 kemudian menurun pada hari ke 15. Berdasarkan pola histogram tersebut, dapat dikatakan dihari pengamatan pertama sampai dengan hari ke 6 dan 9 apel masih melakukan penyusunan asam-asam organik. Dihari ke 12 berdasarkan pola respirasi apel tengah berada di puncak klimakterik, dimana asam pada apel akan mengalami penurunan akibat respirasi yang tinggi, dan pada pengamatan dihari ke 15 pola menurun akibat senesen. Hal tersebut sesuai dengan laju respirasi, laju respirasi buah apel yang merupakan buah klimakterik, dimana pola respirasinya meningkat dan mendadak yang menyertai atau mendahului pemasakan, melalui peningkatan CO₂ dan etilen (Widodo, 2013).

Klimakterik merupakan keadaan auto stimulstion dari dalam buah, sehingga buah menjadi matang yang disertai dengan danya peningkatan proses respirasi. Selain itu, klimakterik juga suatu proses peralihan dari proses pertumbuhan menjadi layu yang dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu klimakterik, klimakterik menaik, puncak klimakterik dan klimakterik menurun (Winarno dan Aman, 1981 ; Lathifa, 2013)

Penurunan jumlah total asam pada buah disebabkan karena asam yang terkandung dalam buah digunakan sebagai sumber energi untuk aktifitas respirasi buah. (Silaban *et al.*, 2013). Penurunan kadar asam disebabkan oleh adanya penggunaan asam organik didalam buah apel oleh proses respirasi dan juga oleh mikroorganisme. Dalam melakukan aktivitasnya, yaitu pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme membutuhkan energi. Energi ini diperoleh dengan merombak zat gizi yang terdapat dalam bahan pangan, termasuk asam organiknya.

Menurut Yongki (2014), semakin tinggi kandungan asam pada buah maka semakin tinggi pula ketahanan simpan buah tersebut, selain itu jumlah asam akan berkurang dengan meningkatnya aktivitas metabolisme buah. Hal tersebut selaras dengan Novita (2012), yang menyebutkan bahwa penurunan total asam selama penyimpanan diduga karena adanya penggunaan asam-asam organik yang terdapat di dalam buah sebagai substrat sumber energi dalam proses respirasi.

Total asam pada *fresh cut* apel dengan perlakuan CMC 1,5% mampu menunda puncak respirasi buah. CMC 1,5% mampu menahan laju respirasi sehingga penggunaan asam-asam organik dapat ditekan dan mempertahankan total asam *fresh cut* apel selama penyimpanan (Novita dkk, 2012). CMC 1,5% memberikan nilai fluktuasi gula reduksi yang lebih rendah dibanding dengan perlakuan CMC 1%. Hal tersebut dikarenakan *edible coating* menggunakan bahan dasar polisakarida memiliki kemampuan bertindak sebagai membran permeabel yang selektif terhadap pertukaran gas CO₂ dan O₂. Sifat tersebut dapat memperpanjang umur simpan karena respirasi buah dan sayuran berkurang (Krochta *et al.*, 2002).

Menurut Baldwin (1994) dan Lathifa (2013), tingkat kerusakan buah dipengaruhi oleh difusi gas O₂ dan CO₂ ke dalam dan ke luar buah yang terjadi melalui lentisel yang tersebar di permukaan buah. Masuknya gas O₂ yang masuk ke dalam buah akan memacu kecepatan respirasi. *Edible coating* pada permukaan buah akan menghambat proses difusi gas O₂ dan CO₂ ke dalam buah, gas O₂ yang masuk ke dalam buah akan lebih sedikit dan akumulasi CO₂ di dalam jaringan akan meningkat menjadi lebih banyak (Lathifa, 2013). Kandungan O₂ yang rendah dan atau peningkatan CO₂ dapat menunda sintesis enzim-enzim yang berperan dalam respirasi sehingga respirasinya dapat dihambat (Pantastico, 1998; Lathifa, 2013).

Selain itu, dapat dikarenakan bahwa lemon memiliki nilai pH yang masam, sehingga diduga penggunaan asam-asam organik dapat dipertahankan karena adanya penambahan pH yang asam dari pelapis. Menurut Saputera (2004) dan Arga (2012) yang menyatakan jika nilai pH semakin tinggi, ion H⁺ yang berada dalam larutan semakin banyak.

Kegiatan metabolisme yang utama pada buah adalah respirasi yaitu pemecahan bahan-bahan kompleks dalam sel seperti tepung, glukosa (C₆H₁₂O₆) dan asam amino menjadi molekul sederhana seperti CO₂ dan air serta energi dan molekul lainnya yang dapat digunakan oleh sel untuk reaksi sintesis (Miranti, 2009). Proses respirasi pada buah berguna sebagai petunjuk lama penyimpanan buah, semakin rendah laju respirasi memberikan umur simpan yang semakin panjang dan sebaliknya. Hal tersebut sesuai berdasarkan hasil pengamatan pada fresh cut apel yang memiliki umur simpan 15 hari.

F. Uji Organoleptik

Uji organoleptik adalah uji yang berfungsi untuk mengetahui pengaruh suatu perlakuan terhadap tingkat penerimaan hasil perlakuan kepada seseorang. Pengujian organoleptik didasarkan pada pengindraaan. Jenis Uji Organoleptik yang digunakan peneliti adalah uji penerimaan jenis hedonik (kesukaan), jenis uji rasting dengan metode skoring. Uji rasting digunakan untuk menilai seberapa besar kesukaan konsumen terhadap produk, produk dapat dinilai secara keseluruhan (*overall*) atau hanya sifat-sifat tertentu. produk yang diuji tidak dibandingkan dengan produk lainnya, hanya dinilai secara tunggal (Meilgard *et al.*, 1999).

a. Rasa

Salah satu syarat *edible coating* adalah tidak berasa sehingga tidak mengganggu rasa produk terlapisi itu sendiri. Berdasarkan hasil uji organoleptik dapat disimpulkan bahwa *edible coating* yang digunakan untuk melapisi apel potong segar tidak berpengaruh terhadap penilaian panelis sehingga syarat tersebut terpenuhi. Sifat-sifat yang akan diamati meliputi rasa, aroma dan kesukaan buah. Uji Organoleptik, peneliti menggunakan skor satu sampai enam yang meliputi: 1 (sangat tidak suka), 2 (tidak suka), 3 (agak tidak suka), 4 (suka) dan 5 (sangat suka).

Berdasarkan pada tabel 6 dapat dilihat bahwa persentase uji organoleptik rasa dari hari ke-3 sampai dengan hari ke-15 terus berkurang tingkat kesukaannya. Dari semua perlakuan persentase terendah terdapat pada perlakuan CMC 1% dan minyak atsiri daun sirih 0,2% dan perlakuan CMC 1,5% dan minyak atsiri daun sirih 0,2%. Hal ini diduga karena, Minyak atsiri daun sirih mempunyai sifat yang

baik, yaitu rasanya yang menyerupai rempah, sedikit pedas dan tajam, pahit, tidak begitu menyenangkan di mulut dan getir (Balasubrahmanyam, 1992).

Tabel 6. Rerata Harian Hasil Uji Organoleptik Rasa

Perlakuan	Hari ke-				
	3	6	9	12	15
C1M0	3.8	3.6	3.5	3.5	3
C2M0	3.8	3.6	3.5	3.5	2.8
C1L2	4	3.8	3.6	3.5	3
C1L3	4	3.8	3.6	3.3	2.8
C1S1	3	3	3	3	2.6
C1S2	3	3	3	3	2.5
C2L2	4	3.8	3.6	3.3	3
C2L3	4	3.8	3.6	3.3	2.8
C2S1	3	3	3	3	2.6
C2S2	3	3	3	3	2.5

Keterangan : C1; CMC 1%; C2; CMC 1,5%; M0: Tanpa minyak atsiri; L2: Minyak atsiri lemon 2%; L3: Minyak atsiri lemon 3%; S1: Minyak atsiri sirih 0,1%; S2: Minyak atsiri sirih 0,2%. 1 (sangat tidak suka), 2 (tidak suka), 3 (agak tidak suka), 4 (suka) dan 5 (sangat suka).

Selama proses pematangan buah mengalami proses metabolisme yang sebagian besar adalah katabolisme. Handajani (1994) dalam Silaban *et al.* (2013) menyatakan bahwa proses katabolisme terbesar terjadi pada komponen pati. Semakin banyak pati yang diubah menjadi gula sederhana, maka buah akan menjadi semakin manis. Pati dibongkar menjadi gula-gula sederhana seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa. Perubahan tersebut terjadi secara enzimatik dengan bantuan enzim seperti amilase, glucoamilase, dan fosfolirase. (Santoso, 2008). Semakin lama waktu penyimpanan maka semakin besar kadar gula yang terkandung di dalam buah, hal tersebut disebabkan karena terjadinya penurunan kadar senyawa-senyawa fenolik yang menyebabkan berkurangnya rasa sepat dan

penurunan asam organik serta kenaikan zat-zat yang memberi rasa dan aroma yang khas pada buah (Apanadi, 1984 dalam Silaban *et al.*, 2013).

Buah klimakterik adalah buah yang memiliki pola respirasi dan produksi gas etilen yang tinggi. Respirasi yang dilakukan oleh buah membutuhkan substrat. Substrat yang digunakan adalah cadangan makanan berupa pati. Bila respirasi suatu buah tinggi, maka substrat yang dibutuhkan juga banyak, dan akan menyebabkan pemecahan pati menjadi monosakarida juga semakin tinggi. Menurut (Pantastico, 1986), Selain membutuhkan substrat respirasi juga membutuhkan O₂. Ketersediaan O₂ dan CO₂ dalam lingkungan menyebabkan proses respirasi berjalan lebih cepat, sehingga proses perombakan berlajam lebih cepat. Selain respirasi buah juga memproduksi hormon etilen yang memiliki peran penting dalam pematangan, pelunakan, peningkatan padatan terlarut, dan perubahan karakteristik rasa pada buah-buah klimakterik (Abeles *et al.*, 1992; Giovannoni, 2004; Lelievre *et al.*, 1997; Mir *et al.*, 1999; Theologis, 1992 dalam Defilippi, 2009).

Buah dengan produksi etilen tinggi akan menyebabkan pemecahan pati menjadi monosakarida juga tinggi pula sehingga menghasilkan rasa lebih manis. Produksi etilen ditentukan oleh kandungan O₂ dalam lingkungannya. Produksi etilen dipengaruhi oleh ketersediaan O₂ dan dihambat oleh CO₂. Kualitas rasa buah tidak hanya ditentukan oleh kadar gulanya, namun juga kadar asamnya. Kombinasi yang baik akan menciptakan cita rasa yang tinggi. Respirasi tidak hanya mempengaruhi kadar gula dalam buah, tapi juga mempengaruhi kadar asamnya. Penurunan jumlah total asam pada buah disebabkan karena asam yang terkandung dalam buah digunakan sebagai sumber energi untuk aktifitas respirasi

buah. (Silaban *et al.*, 2013).Perlakuan CMC dengan minyak atsiri lemon memberikan skor rasa tertinggi. Hal ini di duga bahwa lemon memiliki rasa yang segar dan tidak pahit.

b. Aroma

Aroma merupakan bau yang dihasilkan oleh rangsangan kimiawi, tercium oleh syaraf-syaraf olifaktori yang berada pada rongga hidung saat makanan masuk kedalam mulut (Winarno, 2004). Aroma menentukan kelezatan bahan makanan. Produksi aroma yang lebih tinggi ini dikaitkan dengan kelimpahan substrat asam lemak (Guadagni *et al.*, 1971) atau aktivitas metabolisme yang lebih tinggi dibandingkan jaringan dibawahnya (Defilippi *et al.*, 2005; Rudell *et al.*, 2000).

Seperti pada rasa, aktivitas hormon etilen juga mempengaruhi aroma buah. Pada buah klimakterik, etilen memegang peran penting sebagai pengatur kematangan. Seluruh metabolisme yang berhubungan dengan kualitas buah diatur langsung oleh etilen (*ethylene dependent processes*) atau oleh sinyal lain (*ethylene-independent processes*) (Defilippi *et al.*, 2009). Saltveit (1999) juga menyatakan bahwa penghambatan biosintesis atau aktivitas C₂H₄ tidak hanya akan menghambat kematangan tetapi juga produksi aroma pada buah.

Pada Tabel 7 dapat dilihat bahwa persentase uji organoleptik aroma dari hari ke-3 sampai dengan hari ke-15 terus berkurang tingkat kesukaannya. Dari semua perlakuan persentase terendah terdapat pada perlakuan CMC 1% dan minyak atsiri daun sirih 0,2% dan perlakuan CMC 1,5% dan minyak atsiri daun sirih 0,2%. Hal ini diduga karena minyak atsiri memiliki aroma yang tajam. Daun sirih memiliki aroma yang khas yaitu rasa pedas, sengak, dan tajam. Rasa dan aroma yang khas tersebut disebabkan oleh kavikol dan bethelphenol yang

terkandung dalam minyak atsiri. Di samping itu, faktor lain yang menentukan aroma dan rasa daun sirih adalah jenis sirih itu sendiri, umur sirih, jumlah sinar matahari yang sampai ke bagian daun, dan kondisi dedaunan bagian atas tumbuhan (Balasubrahmanyam, 1992)

Tabel 7. Rerata Harian Hasil Uji Organoleptik Aroma

Perlakuan	Hari ke-				
	3	6	9	12	15
C1M0	3.8	3.6	3.5	3.5	3
C2M0	3.8	3.6	3.5	3.5	2.8
C1L2	4	3.8	3.6	3.5	3
C1L3	4	3.8	3.6	3.3	2.8
C1S1	3	3	3	3	2.6
C1S2	3	3	3	3	2.5
C2L2	4	3.8	3.6	3.3	3
C2L3	4	3.8	3.6	3.3	2.8
C2S1	3	3	3	3	2.6
C2S2	3	3	3	3	2.5

M0: Tanpa minyak atsiri; L2: Minyak atsiri lemon 2%; L3: Minyak atsiri lemon 3%; S1: Minyak atsiri sirih 0,1%; S2: Minyak atsiri sirih 0,2%. 1 (sangat tidak suka), 2 (tidak suka), 3 (agak tidak suka), 4 (suka) dan 5 (sangat suka).

Beberapa sifat umum dari minyak atsiri antara lain tersusun oleh bermacam-macam komponen senyawa, memiliki bau khas, mempunyai rasa getir, menggigit tergantung dari jenis komponen penyusunnya, dalam keadaan segar dan murni minyak atsiri umumnya tidak berwarna, tidak stabil terhadap pengaruh lingkungan baik pengaruh udara, sinar matahari dan panas, tidak dapat bercampur dengan air dan larut dalam pelarut organik.

Aroma khas dari minyak atsiri daun siri itu karena kandungan chavycol acid yang merupakan salah satu senyawa dengan kadar yang besar pada penelitian (16,62%) Senyawa ini memiliki daya antiseptik yang kuat. Senyawa lain yang

terkandung pada minyak atsiri daun sirih adalah kelompok terpenoid khususnya golongan monoterpe dan sesquiterpen (Heldt 2005).

Perlakuan CMC dengan minyak atsiri lemon memberikan skor aroma tertinggi. Hal ini diduga bahwa minyak atsiri lemon memberikan aroma yang segar, wangi seperti aroma lemon pada umumnya.

c. Warna

Salah satu parameter yang bisa dengan mudah diamati untuk melihat kualitas buah adalah kulit luar, yang paling sederhana adalah melalui warnanya. Skor warna fresh cut apel menunjukkan perubahan warnanya. Perubahan skor warna ini dapat menunjukkan kecepatan respirasi dan perubahan-perubahan fisik yang terjadi pada fresh cut apel.

Selama tahapan kehidupannya, produk hortikultura akan mengalami perubahan visual seiring dengan prosesnya. Perubahan visual menjadi salah satu indikator untuk menentukan tahapan apa yang telah terjadi dan dilalui oleh produk hortikultura. Perubahan visual yang terjadi dapat berupa perubahan warna, munculnya bercak hitam, sampai struktur dan kelunakannya.

Perubahan yang paling mudah dan sering diamati adalah warna. Pada buah klimakterik, perubahan warna lebih cepat terjadi, hal ini berhubungan dengan pola respirasi dan produksi etilen yang tinggi. Ketersediaan gas O₂ mempengaruhi kecepatan perubahan warnanya. Perubahan warna fresh cut apel juga disebabkan oleh perubahan pH buah akibat kebocoran asam organik dari vakuola. Kebocoran asam organik artinya membran vakuola tidak lagi kuat dan permeabel sehingga pertukaran zat mudah terjadi. Salah satu yang menyebabkan berkurangnya permeabilitas membran sel adalah produksi hormone etilen. Etilen mempengaruhi

permeabilitas membran, sehingga permeabilitas sel menjadi besar, hal tersebut mengakibatkan proses pelunakan dinding sel yang merupakan komponen struktural yang mengelilingi setiap sel tanaman sehingga metabolisme respirasi lebih cepat (Herkovitz *et al.*, 2010; Zaharah *et al.*, 2013 dalam Arif *et al.*, 2014). Produksi etilen dipengaruhi oleh ketersediaan O₂ dan dihambat oleh CO₂. Adapun rerata hasil uji organoleptik warna disajikan dalam Tabel 8.

Berdasarkan Tabel 8 menunjukkan bahwa pada hari ke-3 sampai dengan hari ke-12 panelis memberikan skor dengan persentase yang sama dengan uji warna. Namun pada hari ke-12 tingkat kesukaan warna menurun dari masing-masing perlakuan. Perlakuan yang memiliki score terendah yaitu perlakuan CMC 1,5% dan minyak atsiri sirih 0,1% dengan memilih skor 2 (agak suka). Diduga karena , minyak atsiri memiliki senyawa fenol yang memberikan efek warna merah kecoklatan pada fresh cut apel manalagi.

Tabel 8. Rerata Harian Hasil Uji Organoleptik Warna

Perlakuan	Hari				
	3	6	9	12	15
C1M0	3.8	3.6	3.5	3.5	3
C2M0	3.8	3.6	3.5	3.5	2.8
C1L2	4	3.8	3.6	3.5	3
C1L3	4	3.8	3.6	3.3	2.8
C1S1	3	3	3	3	2.3
C1S2	3	3	3	3	2.3
C2L2	4	3.8	3.6	3.3	3
C2L3	4	3.8	3.6	3.1	2.8
C2S1	3	3	3	3	2
C2S2	3	3	3	3	2.6

M0: Tanpa minyak atsiri; L2: Minyak atsiri lemon 2%; L3: Minyak atsiri lemon 3%; S1: Minyak atsiri sirih 0,1%; S2: Minyak atsiri sirih 0,2%. 1 (sangat tidak suka), 2 (tidak suka), 3 (agak tidak suka), 4 (suka) dan 5 (sangat suka).

Pada hari ke-12 tingkat kesukaan panelis terhadap warna fresh cut apel manalagi berkurang karena perubahan warna menjadi lebih gelap. Perlakuan dengan tingkat kesukaan yang rendah adalah C1S1, C1S2, C2S1, C2S2. Perlakuan tersebut adalah perlakuan CMC dengan penambahan minyak atsiri daun sirih. Menurut Eikman dalam (Heyne) 1987 sirih mengandung minyak atsiri sepertiganya adalah fenol senyawa fenol ini dapat mengalami pencoklatan enzimetik (Winarno, 1984). Kemungkinan lain terjadi warna coklat karena adanya kontak langsung dengan air. Menurut Kirk dan Othmer (1951) minyak atsiri mengandung ester (R-COOR) seperti asam asetat, butirrat, siglat, salisilat, dan benzoate. Ester dari asam benzoate terdapat dalam ekstrak daun sirih, Thorpe (1951) dalam Kataren (1985) menyatakan bahwa proses hidrolisa terjadi dalam minyak atsiri yang mengandung ester. Proses hidrolisa ester merupakan pemisahan gugur OR dan gugus acyl dalam molekul ester, sehingga terbentuk asam bebas dan alcohol. Ester akan terhidrolisa secara sempurna dengan adanya air, dan asam sebagai katalisator. Terjadinya warna merah kecoklatan pada permukaan fresh cut karena minyak atsiri yang ada pada daun sirih mengalami hidrolisa akibat terjadi kontak langsung dengan air yang ada pada dinding sel fresh cut dan kondisi minyak atsiri daun sirih yang cenderung asam.

Proses pengupasan dan pengirisan terhadap buah potong segar apel menjadi sinyal yang akan menginduksi sintesis enzim fenilalanin ammonia liase dalam metabolisme fenolik sehingga komponen fenolik yang tadinya sudah ada menjadi bertambah banyak. Dikarenakan fresh cut apel tidak mempunyai lapisan kulit buah dan sel buah menjadi rusak akibat pengirisan atau penotongan, substrat

dan enzim akan bertemu pada keadaan aerob sehingga terjadi reaksi pencoklatan enzimatis (Ernawati, 2012)

Perlakuan pelapisan CMC 1,5% dan minyak atsiri lemon 2% memiliki skor warna yang tinggi. Hal ini dikarenakan, CMC mampu melindungi buah dari proses senes dengan cara mencegah masuknya oksigen ke dalam buah karena adanya lapisan permiabel dari CMC yang menutupi seluruh permukaan buah fresh cut apel (Pantastico, 1986; Lathifa, 2013).

G. Uji Mikrobiologi

Parameter Uji Mikrobiologi dilakukan setiap 3 hari sekali. Media yang digunakan untuk pertumbuhan mikrobia adalah NA (Nutrient Agar) dengan seri pengenceran 10^{-5} , 10^{-6} , dan 10^{-7} dan alat yang digunakan untuk menghitung populasi bakteri (CFU/ml) yaitu *colony counter*.

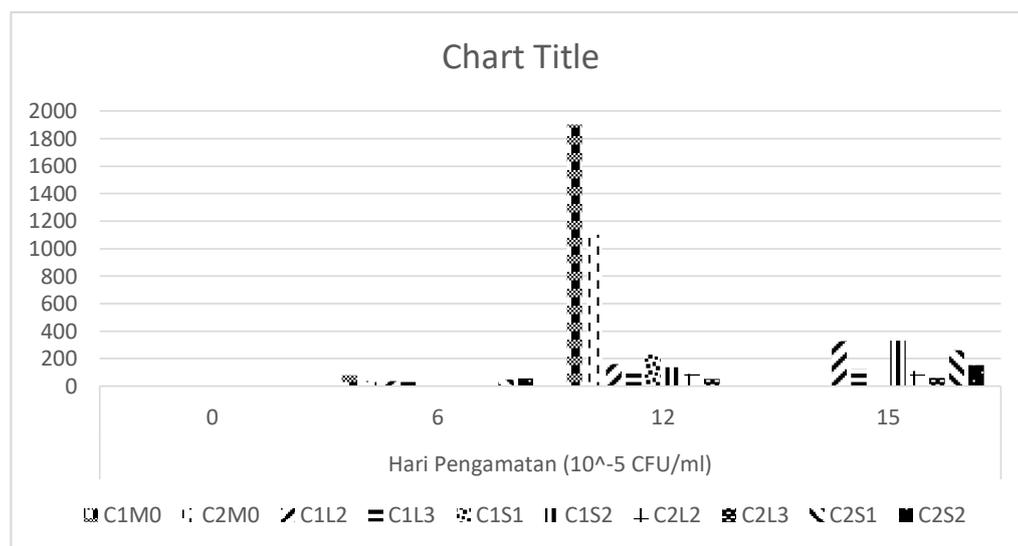
Tabel 9. Uji Mikrobiologi (CFU/ml) apel manalagi

Perlakuan	Hari Pengamatan (10^{-5} CFU/ml)			
	0	6	12	15
C1M0	0	78	1900	Spreader
C2M0	0	36.5	1100	Spreader
C1L2	0	37	159	326
C1L3	0	41	95	121.5
C1S1	0	0	224	Spreader
C1S2	0	0	139.5	330
C2L2	0	0	87	109
C2L3	0	0	51	62
C2S1	0	49	Spreader	259.5
C2S2	0	57	Spreader	153

Berdasarkan histogram populasi bakteri pada gambar 8 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan total bakteri setiap hari pengamatan hingga hari ke-15 penyimpanan. Kenaikan populasi bakteri tertinggi terjadi pada hari ke-3

penyimpanan yaitu perlakuan CMC 1% dengan penambahan minyak atsiri daun sirih 0,2% dibandingkan hari lainnya. Pada umumnya, semua perlakuan menunjukkan jumlah populasi bakteri yang cenderung meningkat pada hari ke-3. Hal tersebut diduga bahwa minyak atsiri yang ditambahkan pada *coating* CMC belum mulai berasosiasi pada permukaan buah sehingga belum mampu menekan pertumbuhan bakteri penyimpanan.

Berikut histogram populasi bakteri dalam 10^{-5} selama 15 hari pengamatan.



Gambar 11. Histogram uji mikrobiologi (CFU/ml) buah apel manalagi

Hasil keseluruhan dari populasi bakteri mengalami fluktuasi setiap harinya. Namun fluktuasi populasi bakteri tertinggi terjadi pada perlakuan kontrol yaitu CMC 1% dan CMC 1,5% tanpa minyak atsiri. Tingkat pertumbuhan bakteri yang relatif sama terjadi pada perlakuan pelapisan CMC 1% dan 1,5% pada minyak atsiri daun sirih. Pada perlakuan CMC 1,5% tanpa minyak atsiri, ditemukan spreader pada hari ke-9 dan ke-15. Pada perlakuan CMC 1% tanpa minyak atsiri ditemukan spreader pada hari ke-15. Pada perlakuan CMC 1% dan minyak atsiri daun sirih 0,2% ditemukan spreader pada hari ke-9 dan ke-15. Sedangkan pada perlakuan CMC 1,5% dan minyak atsiri 0,1% dan 0,2%

ditemukan spreader pada hari ke-12. Spreader adalah koloni bakteri yang jumlahnya melebihi 300 koloni atau menutupi lebih dari setengah cawan petri.

Pada perlakuan penambahan minyak atsiri lemon di berbagai konsentrasi CMC tidak ditemukan adanya spreader. Hal ini menandakan bahwa populasi dan pertumbuhan bakteri pada perlakuan tersebut dapat dihambat. Selain mampu menghambat populasi bakteri, pada perlakuan tersebut juga mampu menghambat pertumbuhan populasi *bakteri* hingga hari ke-15 penyimpanan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rojas *et al.*, (2009) bahwa sifat hidrofobik pada *essential oil* mampu melewati membran sel mikrobial dan masuk ke mitokondria, mengganggu struktur internal dan rendering membran lebih *permeable*.

Aktivitas senyawa anti-bakteri dapat terjadi melalui beberapa mekanisme, yaitu menghambat pertumbuhan bakteri melalui reaksi dengan membran sel dan menginaktivasi enzim-enzim *essential* atau materi genetik. Selanjutnya, senyawa *tannin* dapat membentuk kompleks dengan protein melalui interaksi hidrofobik kemudian dari ikatan tersebut akan terjadi denaturasi dan akhirnya metabolisme sel terganggu sehingga membunuh sel bakteri (Ummah dan Sa'adah, 2010).

Saat terjadinya kerusakan membran sitoplasma, ion H^+ dari senyawa fenol dan turunannya (flavonoid) akan menyerang gugus polar (gugus fosfat) sehingga molekul fosfolipida terurai menjadi gliserol, asam karboksilat dan asam fosfat. Hal ini mengakibatkan membran sitoplasma akan bocor dan pertumbuhan bakteri terhambat bahkan sampai kematian. Kerusakan pada membran sitoplasma mencegah masuknya bahan-bahan makanan atau nutrisi yang diperlukan untuk menghasilkan energi (Muhlison, 2010).

Minyak atsiri daun sirih mengandung senyawa fenol dan beberapa turunannya dapat menghambat dan mencegah tumbuhnya mikrobia. Daun sirih hijau mengandung 4,2% minyak atsiri yang komponen utamanya terdiri dari *bethelphenol* dan beberapa derivatnya yaitu *eugenol allpyrocatechine* 26,8-43,5%, *cineol* 2,4-4,8%, *methil eugenol* 4,2-15,8%, *caryophylen* (siskuitergen) 3-9,8%, *hidroksi kavikol* 7,2-16,7%, *kavibetol* 2,7-6,2%, *estragol ilypyrokatekol* 0-9,6%, *karvakrol* 2,2-5,6%, *alkaloid, flavonoid, triterpenoid* atau *steroid, saponin, terpen, fenilpropan, terpinen, diastase* 0,8-1,8% dan *tannin* 1-1,3% (Darwis, S. N., 1992).

Penelitian Chao *et al.*, (2008), minyak atsiri jeruk lemon (*Citrus limon* (L) Burm. f) mempunyai aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*. Kadar hambat minimum minyak atsiri jeruk lemon sebesar 2 $\mu\text{L}/\text{mL}$, kadar bunuh minimumnya sebesar 4 $\mu\text{L}/\text{mL}$, sedangkan zona hambat pertumbuhan pada paper disk dengan metode agar disk difusi sebesar $23,0 \pm 0,25$ mm pada konsentrasi 32 $\mu\text{L}/\text{disk}$ (Upadhyay *et al.*, 2010).

Menurut A. Perdonesa, L. Sánchez-González, A. Chiralta, M. Vargas (2012), *edible coating* kitosan yang dikombinasikan dengan minyak atsiri lemon dengan konsentrasi 3% dapat menjadi metode alternatif yang dapat digunakan untuk memperpanjang umur simpan strawberi.