

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret hingga Mei 2018. Buah Naga Merah yang digunakan pada penelitian ini memiliki kriteria umur panen yang sama yakni 30 hari setelah berbunga, ukuran yang besar dengan berat mencapai  $\pm$  100 gram/buah atau dalam 1 kg berisi 2-3 buah. Buah Naga Merah pada penelitian ini diperoleh dari Pandansari, Bantul. Aplikasi buah dilaksanakan pada tanggal 30 April 2018 di Lab. Pasca Panen UMY dan bahan telah disiapkan sebelumnya. Buah dicuci menggunakan klorin dengan konsentrasi  $200 \mu\text{l L}^{-1}$ , kemudian dikupas kulitnya dan dipotong. Tujuan dari pencucian tersebut adalah untuk menghilangkan kotoran dan mengurangi mikrobia yang melekat pada buah, baik pada saat pemanenan maupun saat pengangkutan (BBP dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, 2008).

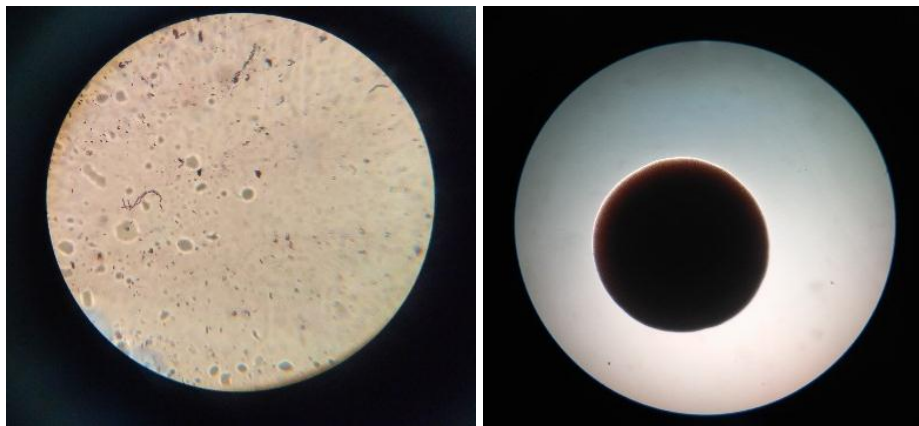
Pelapisan buah dilakukan dengan metode pencelupan sesuai masing-masing perlakuan (lampiran 4.A) melapisi buah dan sayur dengan sempurna adalah penting untuk mendapatkan hasil yang baik (Cisneros-zevallos and Krochta, 2005). Buah yang sudah dilapisi, ditiriskan dan sesegera mungkin dicelupkan dalam larutan  $\text{CaCl}_2$  2% untuk membuat lapisan alginat mengeras dan menutup seluruh permukaan buah. Buah kemudian dikeringanginkan pada suhu ruang dan disimpan pada *styrofoam*. Buah disimpan pada suhu  $10^0\text{C}$  selama 15 hari.

Sebelum dilakukan penelitian, maka dilakukan isolasi dan identifikasi bakteri pembusukan buah naga merah potong terlebih dahulu, selanjutnya penelitian inti dilakukan dengan 2 tahap yaitu tahap I : uji antibakteri *essensial oil* Vanila dan

Kayu Manis, dan tahap II: uji aplikasi *edible coating* Alginat berantibakteri *essensial oil* Vanila dan Kayu Manis

#### A. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pembusuk *Fresh-Cut* Buah Naga Merah

Tahap awal dari isolasi dan identifikasi bakteri pembusukan *fresh-cut* buah Naga Merah, yaitu membuat *fresh-cut* buah Naga Merah yang disimpan dalam *refrigator*. *Fresh-cut* buah Naga Merah diisolasi dalam pengenceran  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$ ,  $10^{-8}$ ,  $10^{-9}$ , dengan menggunakan media PCA (*Plate Count Agar*), menunjukkan tidak adanya populasi mikroba. Namun diduga populasi bakteri berada di pengenceran  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$ . Pada hari ke-5 *fresh-cut* buah Naga Merah sudah mulai tidak enak baunya dan dipenuhi dengan lendir, kemudian dilakukan isolasi dan mendapatkan bakteri pembusukan dengan identifikasi pada tabel 2 dan bentuk sel dan sifat gram serta bentuk koloni pada gambar 3.



Gambar 1 : (a) Bentuk Sel dan Cat Gram (b) Bentuk Koloni

Tabel 1 : Identifikasi bakteri pembusukan buah naga merah

No	Identifikasi	Bakteri Pembusuk Buah Naga Merah
1	Warna	White to Yellow
2	Diameter	0,1 – 0,2 cm
3	Bentuk Elevasi	Convex (cembung)
4	Bentuk Tepi	Entire
5	Struktur Dalam	Smooth (licin)
6	Bentuk Koloni	Circular (bulat)
7	Sifat Gram	Gram negatif (batang berjejer, berwarna pink)
8	Bentuk Sel	Bacil (Batang)
9	Sifat Aerobisitas	aerob fakultatif

Berdasarkan hasil identifikasi dan karakterisasi, diduga bakteri pembusukan pada *fresh-cut* buah Naga Merah berdasarkan identifikasi yang dilakukan, merupakan bakteri Asam Asetat. Bakteri Asam Asetat merupakan kelompok bakteri gram-negatif yang berbentuk batang dan bersifat aerob. Bakteri asam asetat memiliki dinding sel yang berlendir, susunan kimia dinding sel terdiri dari 3 lapisan yakni lapisan luar yang berupa lipoprotein, lapisan tengah berupa peptidoglikan, dan lapisan dalam berupa polisakarida, komponen terbesar penyusunnya adalah lipid. Dinamakan bakteri asam asetat karena bakteri ini mengoksidasi etanol menjadi asam asetat selama proses fermentasi, energi tersebut diperoleh dari alam dan ditemukan pada buah-buahan, bunga, dan makanan. Lapisan luar merupakan tempat masuknya DNA yang menempel pada bakteriofag. Lapisan tengah (periplasma) diisi oleh sitoplasma yang berisi cairan kental (gel). Dimana lapisan luar tersusun oleh lipopolisakarida (LPS) 20%, lipoprotein sekitar 60% dan fosfolipid, serta lapisan dalam yang tersusun atas peptidoglikan (hanya tersusun oleh 1 lapisan molekul polimer peptidoglikan)

sekitar 5-20% jadi lebih tipis (Tortora dkk., 2010). Peptidoglikan terikat dengan lipoprotein strukturnya seperti gel yang berada di antara membran luar dan plasma membran. Selain itu tidak mengandung asam teikoat. Karena ada dua lapisan tersebut sehingga menyebabkan dinding sel berwarna merah ketika dilakukan pewarnaan. Bakteri asam asetat mampu hidup pada pH 5 – 7, RH (kelembaban udara rendah) rendah. Merupakan bakteri mesofil, yaitu bakteri yang hidup di daerah suhu antara 15° – 55 °C, dengan suhu optimum 25° – 40 °C. Peptidoglikan merupakan sebuah polisakarida yang terdiri dari dua macam gula turunan, yaitu *N-acetylglucosamine* (NAG) dan *N-acetylmuramic acid* (NAM). Bakteri asam asetat mampu menyerap warna merah dan mempunyai lapisan peptidoglikan yang tipis. Lapisan peptidoglikan pada bakteri gram negatif terletak di ruang periplasmik antara membran plasma dengan membran luar. Bakteri ini memiliki kemampuan untuk menghasilkan asam asetat dari hasil fermentasi. Asam asetat yang dihasilkan dari hasil fermentasi kemudian dijadikan minuman *wine* dan *vinegars* (cuka). Bakteri asam asetat akan mudah beradaptasi dengan lingkungan yang memiliki karbohidrat dan etanol yang tinggi, secara alami berasosiasi dengan tanaman, bunga, dan juga buah-buahan.

Setelah dilakukan identifikasi dan karakterisasi, tahap selanjutnya adalah memperbanyak bakteri pada medium *nutrient cair* dan medium padat PCA untuk dijadikan stok. Nutrien cair digunakan untuk menjadi sumber kultur bakteri yang nantinya akan disemprotkan pada *fresh-cut* buah naga merah yang sudah diberi perlakuan.

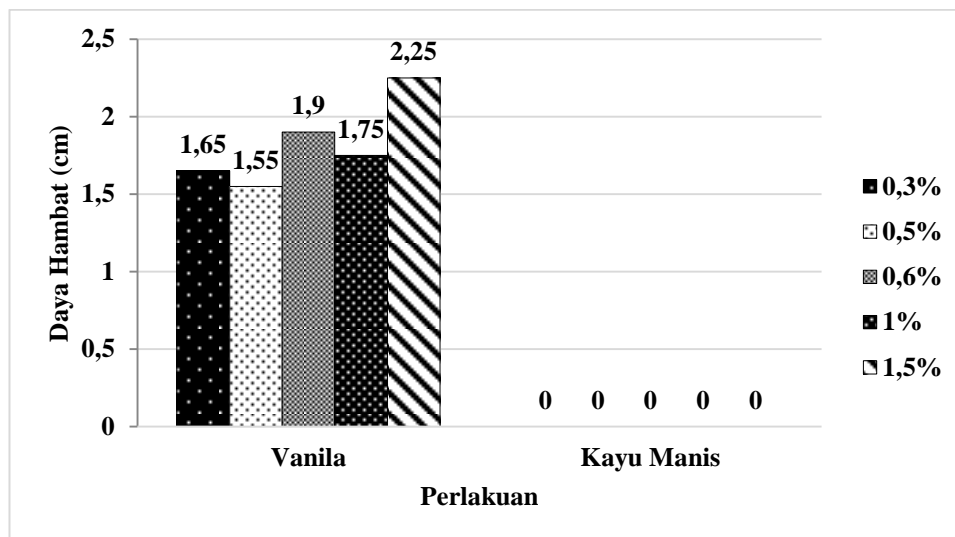
## **B. Uji Antibakteri *Essential Oil* Vanila dan Kayu Manis**

Pada penelitian ini bakteri yang digunakan merupakan bakteri yang diisolasi pada tahap sebelumnya. Bakteri ini merupakan bakteri patogen yang menyerang daging buah naga dan mengakibatkan *fresh-cut* buah naga merah menjadi busuk dan tidak layak untuk dikonsumsi. Uji antibakteri dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua macam tahapan, yaitu pada tahap I menggunakan 2 metode yaitu metode *paper disk* dan metode *pour plate*.

### **1. Daya Hambat Metode *Paper Disk***

Uji daya hambat metode *paper disk* bertujuan untuk mengetahui besarnya diameter zona hambat pertumbuhan bakteri. Uji diameter zona hambat dilakukan dengan menggunakan kertas saring berdiameter 1 cm yang direndam dengan larutan *essential oil* vanili dan kayu manis. Zona hambat yang terbentuk ditandai dengan adanya zona bening di sekitar kertas saring. Dimana zona bening menjadi indikator tidak adanya pertumbuhan bakteri. Konsentrasi yang digunakan pada masing-masing *essential oil* yakni konsentrasi 0,3; 0,5; 0,6; 1; 1,5% v/v. Kertas saring diletakan di atas media plate count agar yang sudah diisolasi dengan bakteri pembusukan *fresh-cut* buah naga merah. Kontrol yang digunakan adalah pencelupan kertas saring dalam aquadest. Setelah 48 jam masa inkubasi, dilakukan pengamatan terhadap zona bening disekitar kertas saring. Suatu senyawa yang diuji dengan metode *paper disk* dikatakan memiliki daya antibakteri jika memiliki diameter zona hambat lebih besar dibandingkan kontrol dan memiliki perbedaan yang bermakna dengan kontrol. Kontrol ini digunakan sebagai pembanding untuk melihat aktivitas yang diberikan oleh *essential oil*

Vanili dan Kayu Manis. Hasil uji daya hambat metode *paper disk* disajikan pada gambar 4.



Gambar 2 : Histogram daya hambat metode *paper disk*

Berdasarkan gambar 4 menunjukkan pada *essential oil* Kayu Manis ditunjukkan dengan tidak adanya pertumbuhan koloni bakteri sehingga tidak didapatkan daya hambat yang artinya *essential oil* Kayu Manis lebih efektif dalam penghambatan bakteri dibandingkan dengan *essential oil* Vanili. *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC) pada *essential oil* Vanili luas daya hambat yang dihasilkan 1,65 cm dengan konsentrasi 0,3% dan pada Kayu Manis tidak terdapat populasi bakteri pada seluruh konsentrasi sehingga efektif dalam menghambat. Dalam hal ini *essential oil* Kayu Manis lebih unggul dalam menghambat dibandingkan *essential oil* Vanili.

Ekstrak tanaman, termasuk *essential oil* sudah lama digunakan biasanya sebagai pemberian aroma dan rasa produk parfum atau makanan, beberapa studi telah dipelajari dan diteliti bahwa minyak atsiri memiliki kemampuan sebagai antimikrobia dan antioksidan (Burt, 2004; Holley and Patel, 2005). Minyak atsiri

merupakan salah satu senyawa metabolit sekunder yang mudah menguap (volatile), terdapat di dalam kelenjar minyak khusus di dalam kantung minyak atau di dalam ruang antar sel dalam jaringan tanaman dan tersusun atas beberapa komponen golongan monoterpen, sesquiterpenm glikosida, saponin, tanin, flavonoid, alkaloid, fenol, alkohol, eter/ester, lakton, dan kumarin dan paling banyak ditemukan dari golongan terpenoid (Guenther, 2006).

Vanili dan Kayu Manis merupakan salah satu tanaman rempah yang memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder berupa minyak atsiri dengan kandungan senyawa dominannya masing-masing *Aldehid dan Cinnamaldehyde* serta *eugenol* (Perez-Silva et al. 2005), yang memiliki sifat antibakteria, antifungi dan antioksidan (Fitzgerald *et al.*, 2004a; Corte *et al.*, 2004; Moon *et al.*, 2006). Zat aktif Sinamaldehyd pada Kayu Manis lebih menonjol dalam menghambat pertumbuhan bakteri yang diikuti oleh zat aktif. Hal ini menyebabkan *essential oil* Kayu Manis lebih unggul menghambat bakteri dalam jangka waktu 48 jam pada media plate count agar dibanding *essential oil* Vanili.

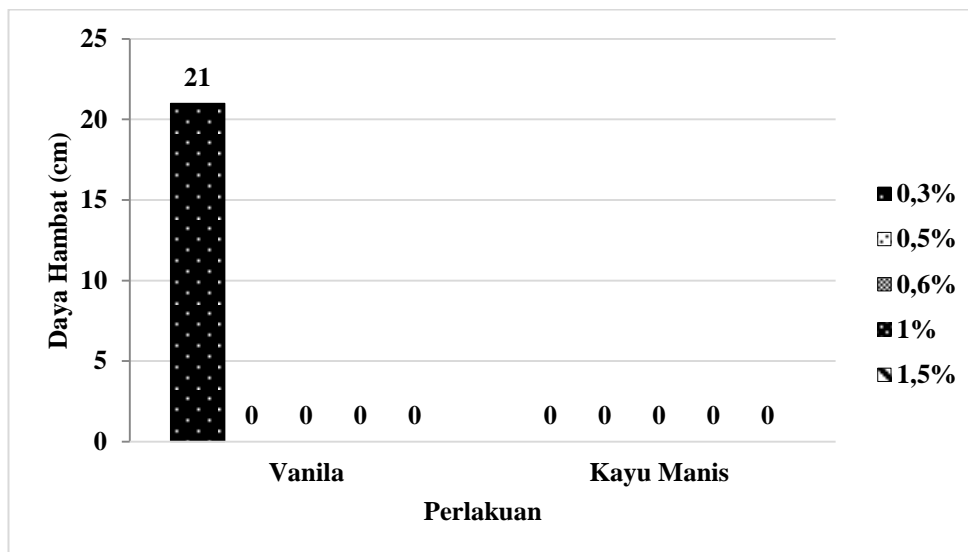
Terlihat pada gambar 4 menunjukkan *essential oil* Vanili dengan konsentrasi semakin tinggi konsentrasinya semakin tinggi daya hambat yang dihasilkan. Menurut Stefani *et al.*, (2011) *Essential oil* yang diuji menunjukkan aktivitas antioksidan yang baik tergantung pada konsentrasi. Hal tersebut berkaitan dengan jumlah zat aktif yang berada di dalamnya, semakin tinggi konsentrasi *essential oil* yang diberikan, semakin banyak kandungan zat aktif yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri, sehingga semakin tinggi daya hambat yang dihasilkan.

*Essential oil* Kayu Manis mampu menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk, yang ditunjukkan oleh zona hambat yang dihasilkan. Luas dari zona hambat yang dihasilkan terkait dengan jenis dan konsentrasi *essential oil*. Kayu Manis dengan konsentrasi 0,3 - 1,5% terbukti efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen. hal ini didukung dengan penelitian Stefani *et al.*, (2011) *essential oil* Kayu Manis dengan kandungan *cinnamaldehyde* 70-88%, 17,62% eugenol, dan 13,39% kumarin lebih unggul dari kandungan zat aktif *essential oil* Vanili.

## **2. Daya Hambat Metode *Pour Plate***

Uji daya hambat metode *pour plate* bertujuan untuk mengetahui viabilitas pertumbuhan bakteri. Uji daya hambat metode *pour plate* menggunakan media *plate count agar* yang dicampur dengan dengan menggunakan konsentrasi larutan pada masing-masing *essential oil* yakni konsentrasi 0,3; 0,5; 0,6; 1; 1,5% v/v. Kontrol yang digunakan adalah media *plate count agar* tanpa penambahan *essential oil*. Lalu diisolasikan bakteri pembusuk *fresh-cut* buah naga merah. Setelah 48 jam masa inkubasi, dilakukan pengamatan terhadap populasi bakteri tumbuh dan perhitungan dengan *colouny counter*. Hasil uji daya hambat dengan metode *puor plate* tersaji pada gambar 5.





Gambar 3 : Histogram daya hambat metode *pour plate*

Berdasarkan hasil gambar 5 *essential oil* Kayu Manis lebih tinggi menghasilkan daya hambat pada metode *pour plate* dibandingkan dengan *essential oil* Vanili, menunjukkan tidak ada pertumbuhan bakteri pada konsentrasi 0,3; 0,5; 0,6; 1; 1,5%. Minimum Bakterisidal Konsentrasi (MBC) pada *essential oil* Kayu Manis, semakin tinggi konsentrasi penghambatannya semakin besar, ditunjukkan dengan tidak adanya pertumbuhan populasi bakteri pada konsentrasi 0,3% dibanding *essential oil* Vanili terdapat populasi bakteri pada konsentrasi 0,3% ( $21 \times 10^5$  CFU/ml). Hal ini berarti dengan konsentrasi 0,3%, *essential oil* Kayu Manis adalah paling efektif menghambat populasi bakteri *fresh-cut* buah naga merah.

*Plate Count Agar* pada kasus ini menjadi sumber nutrisi bagi sel bakteri untuk tumbuh dan berkembang biak. Bakteri melakukan transport nutrisi melalui dinding sel dan membran sel. Membran sitoplasma merupakan penghalang utama pada kebanyakan bakteri. Bakteri Asam Aetat Gram Negatif memiliki struktur dinding sel yang lebih kompleks dan berlapis tiga, yaitu lapisan luar yang berupa

lipoprotein, lapisan tengah yang berupa peptidoglikan yang tebal dan lapisan dalam lipopolisakarida (Pelczar, 1988). Terdiri dari selubung sel berupa membran luar dan membran dalam dan dihubungkan oleh suatu titik daerah perlekatan (*Bayer junctions*), penyusunnya adalah protein dan polisakarida. Selubung sel juga merupakan daerah transport untuk nutrisi dan reseptor bakteriosin, dan mengandung komponen toksik untuk inangnya. Bakteri Asam Asetat merupakan bakteri Gram-Negatif, pada hasil pengamatan ditunjukkan bahwa hasil isolasi bakteri ini tidak berflagel namun memiliki mikrofibril (*fimbria*) yang melekat pada ruang antar sel, permukaan hidrofobik, dan daerah reseptor spesifik. Dimana *fimbria* yang membantu bakteri dalam bertahan hidup. Mekanisme transport pada kebanyakan bakteri melibatkan pengangkutan molekul nutrisi dari luar ke dalam sel, serta pengeluaran berbagai produk dari sel ke lingkungan (Tatang dan Wardah, 2014).

Pada saat bakteri sedang mengambil nutrisinya, *essential oil* Vanili mulai bekerja dengan cara masuk ke dalam sel bakteri dengan melalui dinding sel dan membran. Kemudian senyawa aktif *essential oil* masuk ke dalam sel bakteri dan merusak membran plasma sel bakteri yang berinteraksi melalui lemak atau protein. Lalu menonaktifkan enzim *essensial* yang menghambat sintesis protein dan kerusakan fungsi materi genetic (Christiana dkk., 2012). Senyawa aktif aldehid menyebabkan bakteri mengalami permeabilitas sel dan menyebabkan kehilangan komponen penyusun sel. Lalu menghambat aktivitas respirasi bakteri dan menyebabkan sebagian besar membran sitoplasma bakteri rusak. Hal ini mengakibatkan proses penyerapan nutrisi oleh bakteri menjadi menurun.

*Essential oil* Kayu Manis lebih berperan aktif sebagai antibakteria dibanding dengan *essential oil* Vanili. Senyawa aktif Sinamaldehyda dan Eugenol yang lebih tinggi menyebabkan tingkat hambatan bakteri menjadi lebih besar. Terbukti dari hasil tidak adanya pertumbuhan populasi bakteri pada metode *pour plate*. Mekanisme kerja senyawa ini dengan cara mengganggu proses terbentuknya membran dinding sel. Diketahui bahwa dinding sel berfungsi sebagai penentu bentuk sel, pelindung sel kemungkinan pecah ketika air di dalam sel lebih besar dibandingkan di luar sel (Pratiwi, 2008). Senyawa aktif ini masuk dengan cara merusak membran sel, membran inaktif protein secara irreversible sehingga menyebabkan kerusakan asam nukleat dan membuat perubahan pada makromolekul bakteri (Pelczar *et al.*, 2005). Hidrofobisitas dari minyak atsiri dapat memecah lipid pada membran sel bakteri, merusak struktur membran sehingga menyebabkan kebocoran membran sel dan pada akhirnya menyebabkan sel bakteri mati (Burt, 2004).

Dari hasil uji daya hambat menunjukkan bahwa antara metode *paper disk* dan *pour plate* hasilnya saling mendukung yaitu perlakuan *essential oil* kayu manis lebih efektif dibanding *essential oil* vanili dan daya hambat pada seluruh konsentrasi kayu manis dapat menekan semua pertumbuhan populasi bakteri, serta konsentrasi 0,6% pada *essential oil* vanili terbukti mampu menghambat pertumbuhan bakteri.

### **C. Aplikasi Pencelupan dalam $\text{CaCl}_2$ dan *Edible Coating* Alginat**

#### **Berantibakteri *Essential Oil* Vanili dan Kayu Manis**

Aplikasi pencelupan dalam  $\text{CaCl}_2$ , *edible coating* alginat berantibakteri *essential oil* Vanili dan Kayu Manis dilakukan selama 15 hari dan diamati setiap 3 hari sekali. Parameter yang diamati meliputi sifat fisik (susut bobot dan kekerasan), dan kimia (asam titrasi, padatan terlarut, gula reduksi, dan pH), dan sifat biologis (mikrobiologi).

#### **1. SUSUT BOBOT**

Buah naga merupakan buah non-klimaterik, yang dipanen ketika sudah masak fisiologis. Meskipun sudah di panen, buah masih mengalami proses metabolisme seperti respirasi dan transpirasi. Laju metabolisme dipengaruhi salah satunya dari kondisi buah itu sendiri. Buah naga merah terolah minimal, dimana sudah mengalami pelukaan mengakibatkan rusaknya lapisan pelindung pada buah sehingga jaringan kontak dengan lingkungan luar dan terjadi peningkatan laju transpirasi atau kehilangan air. Kesegaran umumnya dilihat dari kenampakan buah, hal ini berkaitan dengan kandungan air dalam buah, kehilangan kandungan air mengakibatkan buah menjadi keriput dan kehilangan daya tarik. Akibatnya buah tidak layak konsumsi. Uji susut bobot dilakukan setiap tiga hari sekali yakni pada pengamatan hari ke-0, ke-3, ke-6, ke-9, ke-12, dan ke-15 dengan menggunakan timbangan analitik. Hasil rerata pengamatan susut bobot *fresh-cut* buah naga merah pada setiap perlakuan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 2 : Rerata harian hasil uji susut bobot (%) selama 15 hari pengamatan

Perlakuan	Rerata Susut bobot (%) Hari ke-				
	3	6	9	12	15
P1	0.54b	0.98b	1.48b	1.78a	2.27a
P2	0.40c	0.81c	1.21c	1.64a	2.15a
P3	0.40c	0.88bc	1.36bc	1.86a	2.33a
P4	0.44c	0.88bc	1.32bc	1.79a	2.25a
P5	0.40c	0.80c	1.19c	1.73a	2.26a
P6	0.67a	1.31a	1.91a	1.99a	2.20a

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

P1 : CaCl<sub>2</sub> 2% (w/v)

P2 : CaCl<sub>2</sub> 2% (w/v) + Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* vanilin 0,6 % (w/w)

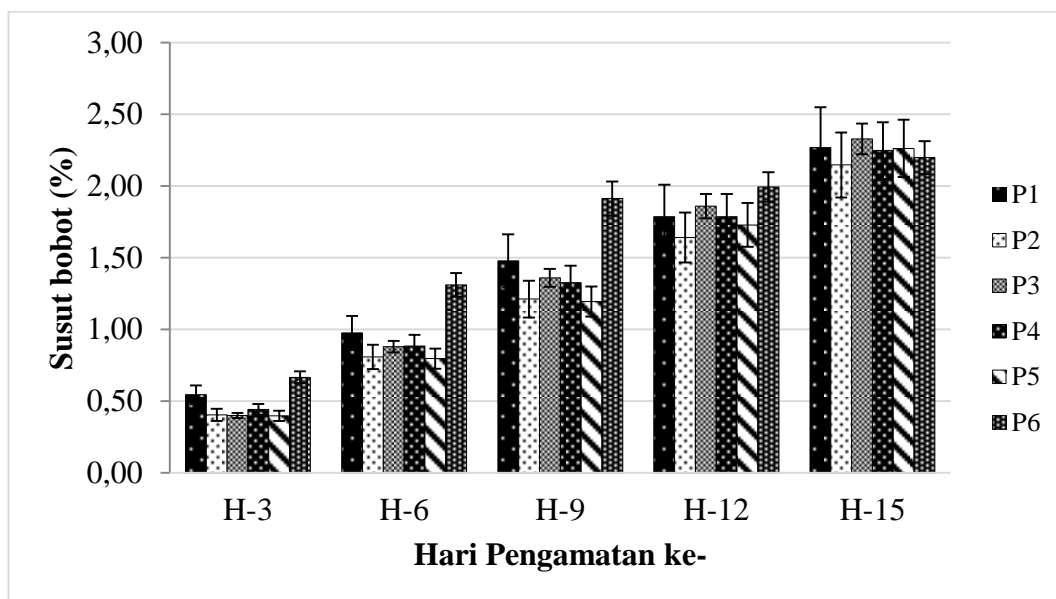
P3 : CaCl<sub>2</sub> 2% (w/v) + Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* kayu manis 0,5 % (w/w)

P4 : Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* vanilin 0,6% (w/w)

P5 : Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* kayu manis 0,5% (w/w)

P6 : Kontrol (Kontrol CaCl<sub>2</sub> 2% (w/v) + Alginat 2% (w/v) + *Essential oil*)

Berdasarkan hasil sidik ragam pada tabel 3 (Lampiran 4.A), menunjukkan ada pengaruh beda nyata ( $p < 0,05$ ) pada perlakuan pencelupan CaCl<sub>2</sub> 2% (P1), perlakuan CaCl<sub>2</sub> 2% yang digabungkan dengan pelapis alginat dengan *essential oil* vanili (P2) dan kayu manis (P3) serta perlakuan pelapis alginat dengan *essential oil* vanili (P4) dan kayu manis (P5) dengan kontrol terhadap parameter susut bobot hari ke-3 hingga ke-9 pengamatan. Sedangkan pada hari ke-12 hingga ke-15 pengamatan tidak terdapat pengaruh beda nyata ( $p > 0,05$ ).



Gambar 4 : Histogram susut bobot buah *fresh-cut* buah naga merah

Berdasarkan histogram susut bobot pada gambar 6 menunjukkan bahwa selama penyimpanan, buah masih melakukan aktivitas yang memanfaatkan cadangan makanan yang tersisa (Trenggono dan Sutardi, 1989) dan semakin lama waktu simpan persentase kehilangan berat *fresh-cut* buah naga merah semakin tinggi. Peningkatan susut bobot pada *fresh-cut* buah naga merah selama penyimpanan disebabkan oleh proses fisiologis, luka mekanis, dan adanya aktivitas bakteri patogen (Eveline, 2009). Buah masih melakukan proses katabolisme seperti respirasi dan transpirasi (Ririn, 2015). Terjadinya respirasi artinya terjadi perombakan cadangan makanan karbohidrat kompleks dalam bentuk pati atau polisakarida menjadi karbohidrat sederhana disertai dengan pembebasan energi,  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  yang akhirnya digunakan oleh buah untuk melangsungkan kehidupannya. Kemudian diikuti dengan proses transpirasi yang menyebabkan buah menjadi keriput, karena uap air pada buah keluar menuju lingkungan sehingga menyebabkan kehilangan air. Reaksi metabolisme dalam

bahan dikatalis oleh enzim-enzim yang terdapat dalam buah secara alami sehingga terjadi proses autolisis yang berakhir dengan kerusakan dan pembusukan (Trenggono dkk., 1990).

Perlakuan  $\text{CaCl}_2$  (P1) memiliki rerata susut berat yang cenderung agak tinggi bila dibandingkan perlakuan penggunaan pelapis. Karena tidak adanya lapisan yang mampu menahan terhadap  $\text{O}_2$  dan  $\text{CO}_2$ , sehingga oksigen lebih mudah masuk. Sehingga respirasi dan transpirasi berlangsung lebih cepat (Budiman, 2011). Diketahui kalsium  $\text{Ca}^{2+}$  dapat memperpanjang masa simpan buah dengan cara menunda pemasakan dan mengendalikan keadaan fisiologis buah (Poovaiah, 1986; Conway *et al.*, 1994) karena memiliki kandungan ion kalsium. Meskipun kalsium klorida memiliki kemampuan dalam memperbaiki sistem membran dan dinding sel dalam pembentukan Ca-pektat, namun garam kalsium tidak dapat menahan laju respirasi masuknya  $\text{O}_2$  dan keluarnya  $\text{CO}_2$ . Sehingga, perlakuan pencelupan  $\text{CaCl}_2$  yang diberikan kurang dapat memberikan pengaruh terhadap susut bobot *fresh-cut* buah naga merah. Hal ini diikuti dengan pola respirasi *fresh-cut* buah naga merah yang mengalami penurunan secara perlahan sampai fase senesen (pelayuan) dan proses transpirasi yang berlanjut mengakibatkan buah kehilangan air dan meningkatkan susut bobot.

Perlakuan pencelupan  $\text{CaCl}_2$  2% yang digabungkan ke dalam pelapis alginat dan *essential oil* vanili 0,6% dan kayu manis 0,5% serta perlakuan berpelapis alginat dengan *essential oil* vanili (P4) dan kayu manis (P5) memiliki susut bobot terendah dibanding perlakuan lainnya. Hal ini dikarenakan adanya pelapis alginat yang mampu sebagai barrier terhadap pertukaran gas  $\text{O}_2$  dan  $\text{CO}_2$

ditambah adanya zat aktif penghambatan terhadap mikroba serta mampu meningkatkan sifat hidrofobik alginat (Miksusanti, 2008), sehingga ketahanan *coating* alginat terhadap uap air meningkat. Hal tersebut menunjukkan perlakuan pencelupan  $\text{CaCl}_2$  2% yang digabungkan ke dalam pelapis alginat dan *essential oil* (P2, P3) serta perlakuan berpelapis alginat dengan *essential oil* (P4, P5) mampu mengendalikan laju kehilangan air atau transpirasi buah dengan memperlambat laju respirasi (Nurrachman, 2004). Dimana laju respirasi berbanding lurus dengan tingkat *stress* buah, penghambatan kehilangan air menyebabkan penurunan susut bobot juga rendah.

Sedangkan pada *fresh-cut* buah naga merah kontrol (P6) mengalami penurunan susut bobot yang cenderung tinggi atau lebih besar pada hari ke-3 hingga ke-9 pengamatan, hal ini dikarenakan perlakuan kontrol (P6) sudah tidak memiliki lapisan pelindung kulit karena luka mekanis dan tidak ada lapisan yang menghambat pertukaran  $\text{O}_2$  dan  $\text{CO}_2$ , sehingga buah lebih cepat mengalami laju respirasi, ditambah dengan adanya aktivitas bakteri pathogen yang memanfaatkan nutrisi buah.

Pada hari ke-12 dan ke-15 penyimpanan menunjukkan kenaikan susut bobot dengan nilai penurunan yang hampir sama pada seluruh perlakuan. Hal ini dikarenakan adanya tekanan air di dalam buah akibat transpirasi yang mendorong untuk keluar lingkungan. Pelapis alginat memiliki sifat hidrofilik sehingga memiliki ketahanan terhadap uap air sangat rendah (Tracton, 2007) ditambah dengan kandungan air alginat yang cukup tinggi, ketika tekanan air di dalam buah tinggi hal tersebut akan mendorong alginat untuk mengeluarkan air, sehingga



buah mengalami peningkatan susut bobot. Susut bobot pada *fresh-cut* buah naga merah terus mengalami peningkatan seiring dengan lamanya waktu penyimpanan. Persentase kehilangan bobot buah disebabkan oleh penguapan air (transpirasi) dimana air yang berada di dalam buah berpindah ke lingkungan. Transpirasi buah menyebabkan ikatan sel menjadi longgar dan ruang udara menjadi besar seperti mengeriput, keadaan sel yang demikian menyebabkan perubahan volume udara, tekanan turgor, dan berpengaruh pada kekerasan buah. Karena *fresh-cut* buah naga merupakan buah non-klimaterik, kehilangan air dalam buah diikuti sampai menuju fase senesen (pelayuan) hingga pembusukkan (Suhardjo, 1992).

Pelapisan dengan *edible coating* kelompok hidrokoloid yang tersusun atas karbohidrat memiliki ketahanan yang bagus terhadap gas O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>, namun ketahanannya (*barrier*) terhadap uap air sangat rendah akibat sifat hidrofiliknya sehingga kurang baik dalam menghambat laju uap air. Hal ini mungkin disebabkan oleh kemampuan ikatan kalsium untuk *cross-link* alginat sehingga membuat lapisan tidak larut, mengingat bahwa kapasitas film berbasis hidrokoloid berfungsi sebagai penghalang uap air meningkat karena kelarutannya dalam air berkurang (Olivas *et al.*, 2007). Penambahan *essential oil* ditujukan untuk menambah sifat hidrofobik alginat, diduga seiring dengan lamanya masa penyimpanan pengaruh sifat hidrofobik *essential oil* menurun karena sifatnya yang *volatile* (mudah menguap), sehingga menyebabkan peningkatan susut bobot.

Kehilangan berat buah juga terjadi oleh aktivitas bakteri patogen, dimana bakteri memiliki lapisan pembungkus sel atau selubung sel berupa membran plasma dan dinding sel yang mengandung protein dan polisakarida, selain itu

memiliki mikrofibril yang berguna untuk mengambil sumber nutrisi buah. Beberapa jenis mikroba juga dapat menghasilkan enzim aktif yang dapat menghidrolisis pati, lemak, serta selulosa, sehingga mengganggu proses fisiologis buah dan terjadi peningkatan proses transpirasi, hal ini mengakibatkan peningkatan susut bobot hingga akhirnya buah membusuk (Siagian, 2009)

## 2. KEKERASAN

Pengamatan kekerasan pada buah naga potong dilakukan guna mengetahui pengaruh tingkat kekerasan akibat respirasi, transpirasi dan aktivitas bakteri. Nilai kekerasan merupakan parameter kritis dalam hal penerimaan konsumen terhadap buah-buahan, dimana tingkat kekerasan buah selama proses pematangan mempengaruhi daya simpannya dan penyebaran kontaminasi (Marlina dkk, 2014). Pasca panen buah masih mengalami serangkaian perubahan komposisi kimia maupun fisiknya selama masa penyimpanan. Rangkaian perubahan tersebut mempunyai implikasi luas terhadap metabolisme dalam jaringan buah. Perubahan komposisi pektin akan mempengaruhi kekerasan buah dengan mengubah tekstur buah. Pengamatan kekerasan dilakukan setiap tiga hari sekali pada hari ke-0, ke-3, ke-6, ke-9, ke-12, dan ke-15 penyimpanan dengan menggunakan *pnemometer fruit*. Hasil rereta pengamatan nilai kekerasan *fresh-cut* buah naga merah pada setiap perlakuan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 3 : Rerata harian hasil uji kekerasan ( $N/mm^2$ ) selama 15 hari pengamatan

Perlakuan	Rerata Kekerasan ( $N/mm^2$ ) Hari ke-					
	0	3	6	9	12	15
P1	0.34a	0.23bc	0.22b	0.20b	0.18a	0.12a
P2	0.35a	0.24bc	0.21b	0.19b	0.19a	0.12a
P3	0.37a	0.26b	0.23b	0.20b	0.16a	0.11a
P4	0.34a	0.21c	0.20b	0.15c	0.15a	0.12a
P5	0.35a	0.23bc	0.21b	0.16c	0.14a	0.11a
P6	0.44a	0.37a	0.31a	0.24a	0.11a	0.08a

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

P1 :  $CaCl_2$  2% (w/v)

P2 :  $CaCl_2$  2% (w/v) + Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* vanilin 0,6 % (w/w)

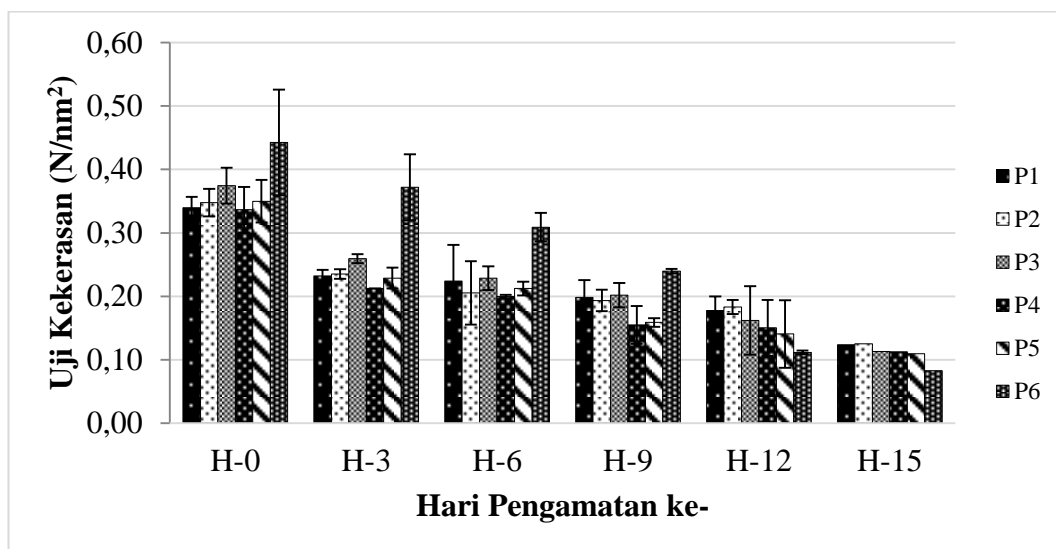
P3 :  $CaCl_2$  2% (w/v) + Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* kayu manis 0,5 % (w/w)

P4 : Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* vanilin 0,6% (w/w)

P5 : Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* kayu manis 0,5% (w/w)

P6 : Kontrol (Kontrol  $CaCl_2$  2% (w/v) + Alginat 2% (w/v) + *Essential oil*)

Berdasarkan hasil sidik ragam nilai kekerasan pada tabel 4 (Lampiran 4.B), menunjukkan ada pengaruh beda nyata ( $p < 0,05$ ) pada perlakuan kontrol dengan perlakuan lainnya terhadap parameter kekerasan hari ke-3 hingga ke-9 pengamatan. Sedangkan pada hari ke-12 hingga ke-15 seluruh perlakuan tidak terdapat pengaruh beda nyata ( $p > 0,05$ ). Histogram data kekerasan dianalisis dan diperoleh trend nilai kekerasan yang cenderung menurun selama penyimpanan (gambar 7).



Gambar 5 : Histogram uji kekerasan buah *fresh-cut* Naga Merah

Berdasarkan histogram kekerasan pada gambar 7 dapat dilihat bahwa tingkat kekerasan buah naga terolah minimal cenderung mengalami penurunan pada seluruh perlakuan selama penyimpanan. Perlakuan pencelupan dalam  $\text{CaCl}_2$  (P1) masih bisa mempertahankan kekerasan pada hari ke-3 hingga hari ke-12, sifatnya yang mudah larut dalam air ditambah karena adanya larutan ion  $\text{Ca}^{2+}$  yang masuk ke dalam jaringan buah yang konsentrasi kalsiumnya lebih rendah. Sehingga menghambat hidrolisis pektin dan pati (Apandi, 1984). Penyerapan kalsium ini akan berlangsung sehingga mencapai kesetimbangan antara jumlah ion  $\text{Ca}^{2+}$  dalam jaringan buah dan pada larutan perendam. Ion  $\text{Ca}^{2+}$  akan berikatan dengan senyawa pektin membentuk kalsium pektat yang tidak larut air, dimana ikatan Ca yang lebih besar pada polimer pektik akan mengurangi solubilisasi yakni senyawa organik yang tidak larut dalam air atau hanya sedikit yang larut. Sehingga mampu menstabilkan sistem membran, dengan membentuk ikatan silang (*cross-linking*) antara gugus karboksil dari pektin, sehingga meningkatkan kekakuan lamella tengah dinding sel, sel parenkim kortikal (Perkins, 1995). Hal

ini berdampak pada pemecahan protopektin selama pengolahan menjadi lebih kecil (Lowe, 1963). Dalam hal ini perlakuan  $\text{CaCl}_2$  (P1) mampu untuk mempertahankan kekuatan dinding sel (Abbott dan Harker, 2003).

Perlakuan  $\text{CaCl}_2$  yang digabungkan ke dalam pelapis alginat dan *essential oil* vanili (P2) dan kayu manis (P3) mengalami penurunan kekerasan pada hari ke-3, namun cenderung tidak begitu menurun hingga hari ke-6. Perlakuan tersebut dapat mempertahankan kekerasan buah hingga hari ke-6 penyimpanan karena adanya pengaruh garam kalsium dimana pektin yang mengikat selulosa sehingga memperkuat struktur dinding sel buah (Poovaiah, 1986) dan adanya pelapis alginat. Hal ini dikarenakan *coating* alginat yang bersifat barrier terhadap  $\text{O}_2$  dan  $\text{CO}_2$  sehingga menghambat laju respirasi. Mekanisme penghambatan terjadi karena oksigen yang masuk ke dalam buah lebih sedikit, dan mempengaruhi sistem kerja enzim. Perlakuan pemberian pelapis alginat dan *essential oil* vanili (P4) dan kayu manis (P5) mengalami penurunan yang stagnan pada hari ke-3 hingga ke-12, dan menurun pada hari ke-15. Diduga karena adanya pengaruh ikatan garam kalsium pada pelapis alginat, sehingga menambah kekuatan struktur pada pelapis alginat. Dimana ion Ca akan berikatan dengan gugus karboksil dari unit monomer alginat dan berfungsi sebagai jembatan antara polimer satu dengan polimer lainnya, selain itu ion kalsium menyebabkan bergabungnya molekul alginat satu dengan yang lainnya sehingga berat molekulnya bertambah, karena sifatnya yang *cross-linking* agen.

Dinding sel tersusun atas selulosa, hemiselulosa, pektin, dan lignin. Selulosa tersusun atas karbohidrat memiliki gugus gula hanya glukosa saja, dan

terdapat dalam bentuk kristal. Kristal-kristal tersebut saling bergandengan membentuk rantai panjang yang disebut *micelle*. Zat ini mempunyai kekuatan mekanis terhadap dinding sel. Sedangkan hemiselulosa memiliki gugus gula yang heterogen, dan terdapat dalam bentuk amorf. Pektin tersusun atas polimer galakturonat dan glukosa, sedangkan protopektin merupakan bagian dari pektin yang tidak larut dalam air (Muchtadi, 1992). Enzim yang berperan dalam perombakan protopektin yakni enzim pektolitik PME (pektin metil esterase) dan PGA (poligalakturonase), yang mampu mengkatalisasi reaksi esterifikasi gugus karbonil pada fraksi pektat yang bisa mematahkan jembatan kalsium antar dinding sel (Pressey *et al.*, 1978). Apabila kekurangan pasokan oksigen, sistem kerja enzim menjadi kurang aktif dalam merombak sehingga proses degradasi pektin menjadi terhambat bahkan pektin masih utuh. Sedangkan pada perlakuan kontrol menunjukkan grafik yang semakin menurun. Menurut Winarno dan Wiratakartakusumah (1981) dalam Lathifa (2013) menyatakan penurunan kekerasan dipengaruhi oleh laju respirasi dan transpirasi. Hal ini diduga karena tidak ada penambahan ion kalsium pada buah yang memperkuat struktur dinding sel buah, sehingga *fresh-cut* buah naga merah hanya mengandalkan kandungan pektin dalam buah.

Penurunan kekerasan turun pada hari ke-15 pada seluruh perlakuan diduga pektin telah habis karena degradasi dan aktivitas bakteri yang terlalu kuat memacu pengeluaran air oleh gel alginat, sehingga menurunkan mutu gel yang terbentuk pada *fresh-cut* buah naga merah. Selain itu pada transpirasi *fresh-cut* buah naga merah juga dihasilkan air, kemampuan alginat alami dalam menyerap air juga

terbatas sehingga apabila transpirasi dari dalam buah terlalu kuat maka akan tertahan oleh pelapis alginat yang hidrofilik dan mendorong air keluar dari alginat. Hal ini menyebabkan daging buah menjadi lunak. Alginat juga mengandung substrat yang bisa dimanfaatkan oleh mikroba untuk menghasilkan asam lemak rantai pendek sehingga meningkatkan populasi bakteri (Wang *et al.*, 2006)

Kekerasan sangat berkaitan dengan komposisi dinding sel buah, dan sifat turgor suatu jaringan sel. Dimana perubahan turgor disebabkan karena komposisi dinding sel berubah, yakni adanya degradasi pada hemiselulosa dan protopektin, yang mengakibatkan penurunan kekerasan buah (Watada *et al.*, 1979). Kandungan air buah naga potong yang semakin berkurang selama penyimpanan juga menyebabkan penurunan tekanan turgor dan mengakibatkan tingkat kekerasan buah juga menurun (Muchtadi, 1992). Merujuk dari data susut bobot yang menunjukkan terjadinya peningkatan seiring dengan lama penyimpanan akibat kehilangan air pada buah. Kenaikan keluanakan tekstur buah juga dipengaruhi oleh laju transpirasi. Tingginya laju transpirasi menyebabkan kadar air dalam buah dan jaringan sel terus melemah.

### **3. TOTAL PADATAN TERLARUT**

Total padatan terlarut menunjukkan total gula yang terdapat dalam buah – buahan sehingga padatan terlarut dapat digunakan sebagai penafsiran tingkat kemanisan. Kadar gula total buah berasal dari sukrosa (gula non-reduksi) yang berperan sebagai agen osmosis dan juga kandungan gula reduksi yang terdapat pada cairan buah. Karbohidrat golongan monosakarida seperti glukosa, fruktosa, galaktosa, dan disakarida berupa maltosa, laktosa serta sukrosa yang merupakan

gula reduksi dihitung sebagai gula total. Buah setelah dipanen dan selama masa penyimpanan masih melakukan proses fisiologis, buah dengan umur panen yang masih terlalu muda mempunyai kandungan gula yang kurang dan hanya sedikit asam, semakin masakny buah kandungan gula juga meningkat (Pantastico, 1989). Pengamatan gula total dilakukan setiap tiga hari sekali pada hari ke-0, ke-3, ke-6, ke-9, ke-12, dan ke-15 penyimpanan dengan menggunakan *refractometer*. Hasil rerata total padatan terlarut tersaji pada tabel 5.

Tabel 4 : Rerata harian hasil uji gula total (brix %) selama 15 hari pengamatan

Perlakuan	Rerata Gula Total (Brix%) Hari ke-					
	0	3	6	9	12	15
P1	15.20a	12.57b	9.83a	13.20bc	13.13a	9.93a
P2	11.47a	11.13cd	11.00a	11.37d	10.37b	10.00a
P3	11.57a	11.73c	11.50a	11.73cd	11.77ab	10.53a
P4	11.90a	11.80c	10.00a	13.87b	11.37b	11.50a
P5	11.13a	10.97d	10.67a	13.23bc	12.07ab	11.50a
P6	14.00a	13.73a	10.50a	15.50a	13.17a	12.73a

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

P1 : CaCl<sub>2</sub> 2% (w/v)

P2 : CaCl<sub>2</sub> 2% (w/v) + Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* vanilin 0,6 % (w/w)

P3 : CaCl<sub>2</sub> 2% (w/v) + Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* kayu manis 0,5 % (w/w)

P4 : Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* vanilin 0,6% (w/w)

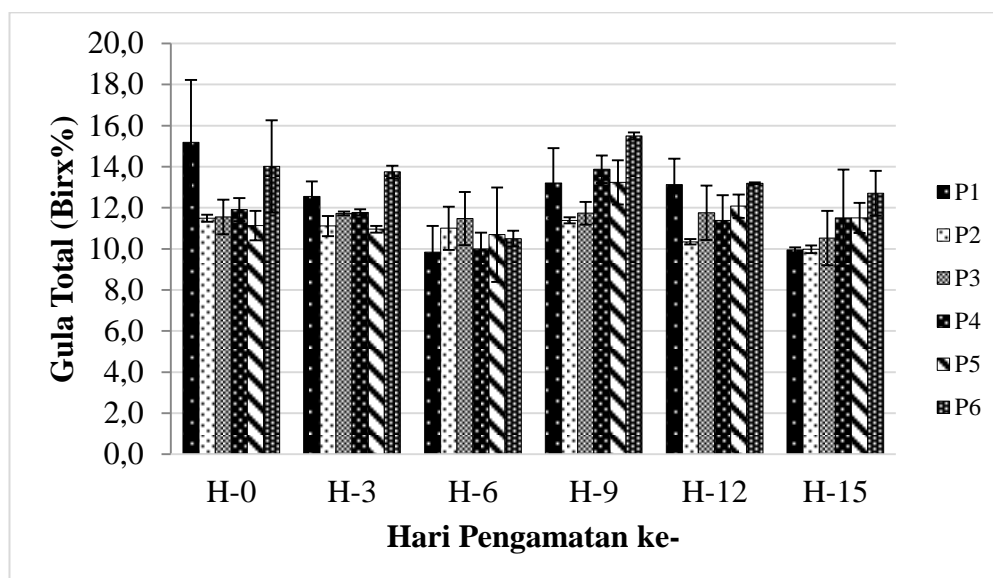
P5 : Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* kayu manis 0,5% (w/w)

P6 : Kontrol (Kontrol CaCl<sub>2</sub> 2% (w/v) + Alginat 2% (w/v) + *Essential oil*)

Berdasarkan hasil sidik ragam gula total pada tabel 5 (Lampiran 4.C) menunjukkan ada pengaruh beda nyata ( $p < 0,05$ ) pada perlakuan pencelupan CaCl<sub>2</sub> 2% (P1), perlakuan CaCl<sub>2</sub> 2% yang digabungkan dengan pelapis alginat dengan *essential oil* vanili (P2) dan kayu manis (P3) serta perlakuan pelapis alginat dengan *essential oil* (P4, P5) dengan kontrol, dan perlakuan CaCl<sub>2</sub> (P1) dengan kontrol terhadap nilai total padatan terlarut pada penyimpanan hari ke-3,



ke-9, dan ke-12. Sedangkan pada hari ke-9 dan ke-15 pengamatan tidak terdapat pengaruh beda nyata ( $p > 0,05$ ). Berikut histogram uji gula total dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 6 : Histogram gula total buah *fresh-cut* Naga Merah

Nilai total padatan terlarut ini menunjukkan kandungan gula yang ada pada buah naga. Berdasarkan histogram kandungan padatan terlarut total pada gambar 8 menunjukkan data gula total yang fluktuatif. Selama 15 hari penyimpanan penurunan nilai padatan terlarut pada perlakuan  $\text{CaCl}_2$  yang digabungkan dengan pelapis alginat dan *essential oil* cenderung lebih rendah meskipun nilai total padatannya rendah yakni 11% brix bila dibandingkan kontrol 14% brix. Sehingga dapat dikatakan, perlakuan tersebut dapat menahan laju respirasi sehingga gula total pada buah belum terurai menjadi asam-asam organik. Menurut Nurrachman (2004) menyatakan bahwa berkurangnya oksigen yang masuk ke dalam buah menyebabkan terhambatnya proses respirasi, akibatnya penggunaan substrat pati menjadi lebih sedikit.

Pada buah naga merah non-klimaterik selama penyimpanan adalah terjadi kenaikan kandungan gula yang kemudian disusul dengan penurunan. Perubahan kadar gula buah seiring dengan pola respirasi buah, yang terus menurun sampai fase senesen. Menurut Hariyadi dan Nur (2015) mitokondria merupakan tempat terjadi respirasi, apabila terjadi kerusakan mengakibatkan laju respirasi mengalami penurunan. Penurunan kecepatan respirasi buah mempengaruhi produksi glukosa selama senesen. Jika laju respirasi semakin kecil, maka penurunan kandungan gula total lebih rendah (Muchtadi, 1992). Pada *fresh-cut* buah naga merah memiliki pola yang tidak teratur atau stagnan. Perubahan tersebut bersifat relatif karena adanya indikator biokimia antara kadar gula dan kadar asam dalam proses metabolisme.

Penurunan padatan terlarut berbanding terbalik dengan nilai total asam yang mengalami kenaikan, karena substrat pati terurai menjadi asam organik. Kandungan gula meningkat seiring dengan penurunan total asam titrasi. Penurunan kandungan gula mulai terlihat pada hari ke-6 penyimpanan, karena aktivitas respirasi buah. Perlakuan  $\text{CaCl}_2$  yang digabungkan dengan pelapis alginat dan essential oil mampu mempertahankan laju respirasi, terlihat dari grafik penurunan yang cenderung stagnan dan selisih nilai penurunan yang lebih sedikit bila dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Sedangkan perlakuan  $\text{CaCl}_2$  dengan selisih nilai penurunan yang sama besar dengan perlakuan kontrol pada hari ke-6 pengamatan. Hal ini menunjukkan perlakuan penggabungan  $\text{CaCl}_2$  dalam pelapis alginat dan *essential oil* mampu menahan laju respirasi. Ditunjukkan grafik penurunan gula total yang cenderung stagnan atau lebih sedikit. Adanya coating

yang mampu menahan masuknya  $O_2$  ke dalam buah (Tanada *et al.*, 2005), sehingga gula yang digunakan dalam substrat respirasi lebih sedikit. Adanya penambahan zat aktif dari *essential oil* yang mampu menekan masuknya bakteri patogen, dengan cara merusak dan menembus dinding sel bakteri dan mengakibatkan inaktivasi enzim esensial dari sel bakteri dan denaturasi protein sel bakteri, sehingga menambah kekuatan dari gel alginat.

Sedangkan perlakuan  $CaCl_2$ , kurang dapat mempertahankan masuknya  $O_2$  karena tidak memiliki sifat barrier sehingga respirasi yang terjadi juga berlangsung lebih cepat (Shin *et al.*, 2008). Efek kalsium hanya menunda fraksi-fraksi yang larut dalam air seperti cyclohexane-1,2 diamine tetra-acetate (CDTA) and  $Na_2CO_3$  (Amal *et al.*, 2010), sehingga perlakuan ini kurang dapat mempertahankan kandungan gula total. Berkurangnya kadar pati juga terjadi akibat aktivitas bakteri, untuk melangsungkan kehidupannya dan mendapatkan energi. Hal ini berkaitan dengan populasi bakteri dalam buah yang seiring meningkat. Sehingga buah menjadi *stress* dan perombakan gula berlangsung lebih cepat. Rata - rata kenaikan mulai terjadi pada hari ke-9 secara signifikan kemudian menurun hingga hari ke-15 penyimpanan. Peningkatan total padatan terlarut disebabkan terjadinya akumulasi gula sederhana sebagai hasil degradasi (Pantastico, 1993). Pada hari ke-12 hingga ke-15 *fresh-cut* buah naga merah, masih melakukan aktivitas respirasi meskipun kecil dan terjadi peningkatan laju senesen (pelayuan) buah. Jumlah pati dalam buah sudah mulai berkurang dan melemahnya enzim invertase sehingga mengakibatkan kadar gula juga menurun.

#### 4. GULA REDUKSI

Dalam proses pematangan selama penyimpanan buah, zat pati seluruhnya dihidrolisa menjadi sukrosa yang kemudian berubah menjadi gula-gula reduksi sebagai substrat dalam respirasi (Willes, 2000). Pengamatan gula reduksi dilakukan setiap tiga hari sekali pada hari ke-0, ke-3, ke-6, ke-9, ke-12, dan ke-15 penyimpanan dengan menggunakan metode Nelson. Hasil rerata setiap hari pengamatan uji gula reduksi pada setiap perlakuan dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 5 : Rerata harian hasil uji gula reduksi (%) selama 15 hari pengamatan

Perlakuan	Rerata Gula Reduksi (%) Hari ke-					
	0	3	6	9	12	15
P1	14.18a	14.98ab	15.07bc	17.08b	17.52b	12.14c
P2	13.44a	13.49c	14.08c	14.71c	15.65b	11.80c
P3	13.67a	14.18bc	14.59bc	14.77c	15.19b	11.76c
P4	12.94a	14.23bc	15.85b	16.12b	16.74b	14.71a
P5	13.54a	14.30bc	14.73bc	15.93bc	15.14b	14.70a
P6	14.13a	15.74a	17.50a	19.09a	22.05a	13.87b

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

P1 : CaCl<sub>2</sub> 2% (w/v)

P2 : CaCl<sub>2</sub> 2% (w/v) + Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* vanilin 0,6 % (w/w)

P3 : CaCl<sub>2</sub> 2% (w/v) + Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* kayu manis 0,5 % (w/w)

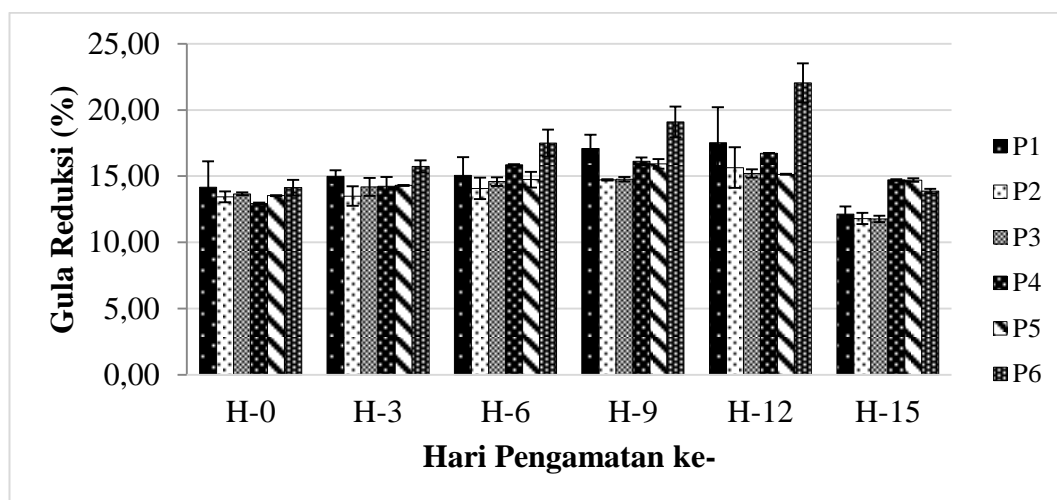
P4 : Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* vanilin 0,6% (w/w)

P5 : Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* kayu manis 0,5% (w/w)

P6 : Kontrol (Kontrol CaCl<sub>2</sub> 2% (w/v) + Alginat 2% (w/v) + *Essential oil*)

Berdasarkan hasil sidik ragam gula reduksi pada tabel 6 (Lampiran 4.D), menunjukkan ada pengaruh beda nyata ( $p < 0,05$ ) pada semua perlakuan dengan perlakuan kontrol (P6) pada hari ke-3 hingga ke-15 pengamatan, namun perlakuan CaCl<sub>2</sub> (P1) dan perlakuan kontrol (P6) tidak berbeda nyata pada hari ke-3 pengamatan dibanding perlakuan lainnya. Sedangkan pada hari ke-0 seluruh

perlakuan tidak terdapat pengaruh beda nyata ( $p > 0,05$ ). Berikut histogram data uji gula reduksi dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 : Histogram gula reduksi *fresh-cut* buah Naga Merah

Berdasarkan histogram gula reduksi pada gambar 9 menunjukkan trend gula reduksi yang cenderung naik pada hari ke-3 hingga ke-12 pengamatan dan kemudian menurun pada hari ke-15. Gula reduksi mengalami puncak kenaikan pada hari ke-12 pengamatan, kenaikan terjadi karena laju respirasi yang berlangsung cepat sebagai akibat dari adanya pelukaan mekanis *fresh-cut* buah naga merah. Gula reduksi merupakan gula yang diproses secara glikolisis dari pati menjadi glukosa (gugus aldehyd) dan fruktosa (keton).

Perlakuan pencelupan dalam  $\text{CaCl}_2$  2% yang digabungkan ke dalam pelapis alginat dan *essential oil* vanili (P2) serta kayu manis (P3) dan perlakuan pelapis alginat dan *essential oil* vanili (P5) dan kayu manis (P6) menunjukkan perlakuan terbaik. Perlakuan tersebut menunjukkan mampu menghambat proses respirasi karena pori-pori buah sebagian besar tertutup *coating* alginat, selain itu perubahan akan kandungan gula reduksi tidak terlalu tinggi. Pada perlakuan kontrol (P6) menunjukkan grafik kenaikan gula reduksi tertinggi. Hal ini

menunjukkan perlakuan kontrol tidak dapat menghambat laju respirasi. Pengaruh yang berbeda juga terlihat dari perlakuan  $\text{CaCl}_2$  2% terhadap gula reduksi *fresh-cut* buah naga merah, terjadi kenaikan gula reduksi yang cenderung tinggi dibandingkan perlakuan pelapis. Sehingga perlakuan tersebut kurang efektif mengurangi hilangnya gula reduksi selama penyimpanan.

Pada hari ke-12 perlakuan kontrol mengalami kenaikan gula reduksi tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Nilai kadar gula reduksi yang tinggi menunjukkan bahwa buah lebih cepat mengalami proses perombakan pati atau polisakarida. Menurut Wolfe dan Kipps (1993), umumnya gula reduksi mengalami peningkatan menjelang senesen (pelayuan). Hal ini disebabkan karena terhidrolisisnya pati menjadi glukosa dan fruktosa, setelah itu terjadi penurunan kadar gula reduksi karena telah buah telah membusuk sehingga gizi di dalam buah menjadi berkurang. Perlakuan  $\text{CaCl}_2$  yang digabungkan ke dalam pelapis alginat dan *essential oil* serta perlakuan pelapis alginat dan *essential oil* mampu menekan terhidrolisisnya pati.

Penurunan kadar gula reduksi terjadi karena perombakan menjadi asam-asam piruvat pada tahap oksidasi piruvat, selanjutnya menghasilkan  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  pada fase siklus krebs. Dengan demikian, semakin lama penyimpanan maka kadar gula reduksi buah akan menurun (Harianingsih, 2010) seiring dengan meningkatnya laju respirasi katabolisme karbohidrat. Selama buah masih melakukan respirasi akan melalui dua fase yaitu pemecahan polisakarida menjadi gula sederhana sehingga kadar gula mengalami peningkatan, dan dilanjutkan

dengan oksidasi gula sederhana menjadi asam piruvat serta asam organik lainnya, konsekuensinya kadar gula reduksi mengalami penurunan (Budi dan Gatut, 2010).

## 5. TOTAL ASAM TERTITRASI

Perubahan total asam merupakan indikasi dari terjadinya perubahan fisiologis pada buah setelah dipanen. Kandungan asam titrasi dihubungkan dengan proses respirasi, dimana laju respirasi menandakan laju konsumsi cadangan makanan berupa substrat atau bahan kimia pada jaringan komoditas menjadi bentuk energi (Purwiyanto dan Nur, 2015). Pengamatan asam titrasi dilakukan setiap tiga hari sekali pada hari ke-0, ke-3, ke-6, ke-9, ke-12, dan ke-15 penyimpanan dengan menggunakan indikator *phenolphthalein* dan mentitrasinya dengan NaOH 1 N. Hasil rerata pengamatan total asam tersaji pada tabel 7.

Tabel 6 : Rerata harian hasil uji total asam tertitrasi (%) selama 15 hari pengamatan

Perlakuan	Rerata Asam Titrasi (%) Hari ke-					
	0	3	6	9	12	15
P1	31.27a	31.27ab	33.50b	27.53ab	29.77ab	23.80a
P2	26.07a	24.57b	30.53b	22.33b	21.60c	22.33a
P3	26.07a	26.07b	29.03b	21.60b	21.60c	22.33a
P4	24.57a	27.53b	30.50b	23.07b	25.30bc	21.60a
P5	24.57a	26.80b	31.27b	24.57b	26.80bc	20.10a
P6	29.03a	35.73a	43.93a	35.73a	35.00a	17.87a

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

P1 : CaCl<sub>2</sub> 2% (w/v)

P2 : CaCl<sub>2</sub> 2% (w/v) + Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* vanilin 0,6 % (w/w)

P3 : CaCl<sub>2</sub> 2% (w/v) + Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* kayu manis 0,5 % (w/w)

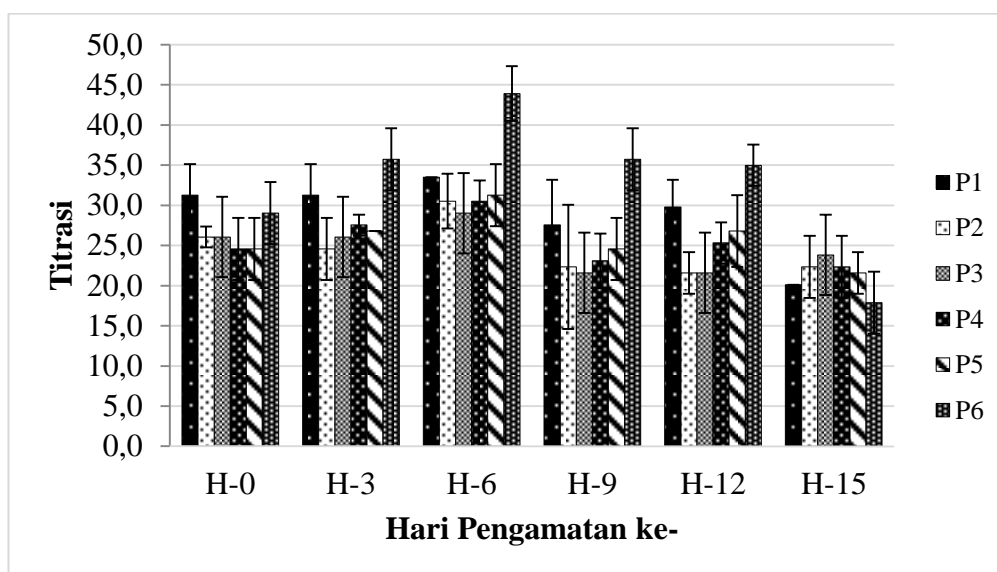
P4 : Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* vanilin 0,6% (w/w)

P5 : Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* kayu manis 0,5% (w/w)

P6 : Kontrol (Kontrol CaCl<sub>2</sub> 2% (w/v) + Alginat 2% (w/v) + *Essential oil*)

Menurut hasil sidik ragam pada tabel 7 (Lampiran 4.E), menunjukkan adanya pengaruh beda nyata ( $p < 0,05$ ) pada pengamatan hari ke-3, ke-6, ke-9,

dan ke-12 dan tidak memberikan pengaruh beda nyata pada hari ke-0 dan ke-15 pengamatan terhadap parameter asam tertitrasi. *Fresh-cut* buah naga merah perlakuan kontrol (P6) tidak berbeda nyata dengan perlakuan  $\text{CaCl}_2$  (P1) pada hari ke-3, ke-9, dan ke-12 pengamatan, namun berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Histogram data total asam titrasi selama penyimpanan (gambar 10).



Gambar 8 : Histogram kandungan asam tertitrasi *fresh-cut* buah Naga Merah

Berdasarkan histogram kandungan asam tertitrasi pada gambar 10 menunjukkan data nilai total asam titrasi yang tinggi pada awal penyimpanan dan kemudian turun karena senesen (Bari *et al.*, 2006). Nilai total asam pada hari ke-0 hingga hari ke-3 cenderung meningkat, puncak kenaikan total asam terjadi pada hari ke-6, kemudian mengalami penurunan pada hari ke-9 hingga hari ke-15. Perubahan total asam buah naga potong segar sama halnya dengan produk non-klimaterik lainnya yaitu memiliki pola yang tidak teratur atau stagnan. Perubahan tersebut bersifat relatif karena adanya indikator biokimia antara kadar gula dan kadar asam dalam proses metabolisme. Beberapa substrat gula mampu merubah



kimiawi menjadi asam-asam organik melalui jalur pentose fosfat (fosfoglukonat) pada glikolisis, dan menaikkan jumlah asam-asam organik. Namun, jumlah asam organik juga akan berkurang seiring dengan meningkatnya aktivitas respirasi *fresh-cut* buah naga merah yang membutuhkan banyak oksigen dan energi (Rahayu dan Nurwitri, 2012). Hal ini sesuai dengan pernyataan Hofman *et al.*, (1997), yang menyatakan bahwa secara keseluruhan jumlah asam organik pada buah akan menurun secara cepat selama penyimpanan, karena penggunaan asam organik seperti karbohidrat kompleks maupun sederhana sebagai sumber energi.

Perlakuan kontrol mengalami puncak kenaikan tertinggi pada hari ke-6, sedangkan semua perlakuan menunjukkan total asam terendah. Hal ini diduga karena *fresh-cut* buah naga merah kontrol (P6) tidak dapat menahan laju respirasi dengan baik karena tidak ada lapisan pelindung. Kenaikan asam organik diduga karena pengaruh luka jaringan buah. Perluasan pelukaan menyebabkan respirasi dan peningkatan produksi asam-asam organik termasuk asam malat. Dimana asam malat ini merupakan asam dominan pada buah naga merah. Ditambah adanya serangan bakteri patogen, yang memanfaatkan nutrisi buah seperti pati dan glukosa serta asam-asam organik untuk melangsungkan kehidupannya. Ion kalsium dalam  $\text{CaCl}_2$ , meskipun dapat menguatkan struktur dinding sel, namun kurang mampu menahan bakteri patogen. Sehingga penggunaan asam-asam organik untuk proses respirasi juga berlangsung cepat, seiring dengan bertambahnya jumlah populasi mikroba.

Dibanding dengan perlakuan kontrol, perlakuan  $\text{CaCl}_2$  yang digabungkan dengan pelapis alginat dan *essential oil vanili* (P2) dan kayu manis (P3) serta

perlakuan pelapis alginat dan *essential oil vanili* (P4) dan kayu manis (P5), menunjukkan kenaikan total asam organik yang tidak begitu drastis dibanding kontrol. Diduga karena adanya pengaruh *coating* yang mampu menahan laju respirasi dengan baik dengan mengendalikan difusi gas O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> ke dalam buah. Konsentrasi O<sub>2</sub> yang rendah menyebabkan laju respirasi berlangsung rendah dan penimbunan asam organik. Adanya zat aktif *essential oil vanili* dan kayu manis terhadap penghambatan metabolisme bakteri, sehingga asam organik tidak terurai dengan cepat. Perlakuan tersebut menunjukkan *coating* mampu menahan laju respirasi dimana gas O<sub>2</sub> yang masuk akan lebih sedikit dan akumulasi CO<sub>2</sub> menjadi lebih banyak (Lathifa, 2013) sehingga menekan penggunaan asam-asam organik selama penyimpanan (Novita dkk., 2012).

Buah naga memiliki kandungan asam malat yang tinggi, asam malat merupakan asam organik dominan dalam buah naga. Kenaikan asam organik ini berkaitan dengan kadar gula total, jika asam organik meningkat maka total gula dalam padatan terlarut menurun. Proses perombakan cadangan gula menjadi asam piruvat akan masuk ke dalam lingkaran jalur akhir oksidasi karbohidrat yakni siklus krebs di matriks mitokondria, hasil akhirnya berupa CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Proses respirasi membutuhkan banyak energi. Substrat respirasi berasal dari penggunaan asam-asam organik yang tersedia di dalam buah. Apabila laju respirasi tinggi maka laju pengurangan asam-asam organiknya juga semakin cepat. Asam organik menjadi berkurang bahkan habis, karena telah terurai. Jumlah asam organik juga akan mempengaruhi pH buah. Jika asam organik tinggi, penurunan pH buah juga tinggi, dan berdampak pada peningkatan jumlah mikroba.

## 6. pH (Derajat Keasaman)

Nilai pH merupakan indikasi konsentrasi ion hidrogen dalam suatu sistem (Tatang dan Wardah, 2014). Parameter pH dilakukan dengan menggunakan alat pH meter dan larutan buffer yang dilakukan pada setiap dilakukan setiap tiga hari sekali pengamatan ke-0, ke-3, ke-6, ke-9, ke-12, dan ke-15. pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan, pH didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen ( $H^+$ ) yang terlarut (Wikipedia, 2016). Hasil rerata harian tingkat keasaman *fresh-cut* buah naga merah dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 7 : Rerata harian nilai pH selama 15 hari pengamatan

Perlakuan	Rerata Tingkat Keasaman Hari ke-					
	0	3	6	9	12	15
P1	7.16a	7.07a	7.05a	7.02a	6.96bc	6.98a
P2	7.16a	7.09a	7.01c	7.00a	6.97b	6.94bc
P3	7.15a	7.09a	7.03ab	7.02a	6.99a	6.96ab
P4	7.15a	7.08a	7.01bc	7.01a	6.99a	6.95abc
P5	7.15a	7.08a	7.02bc	7.00a	6.99a	6.95abc
P6	7.15a	7.07a	6.99d	6.96b	6.95c	6.93c

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

P1 :  $CaCl_2$  2% (w/v)

P2 :  $CaCl_2$  2% (w/v) + Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* vanilin 0,6 % (w/w)

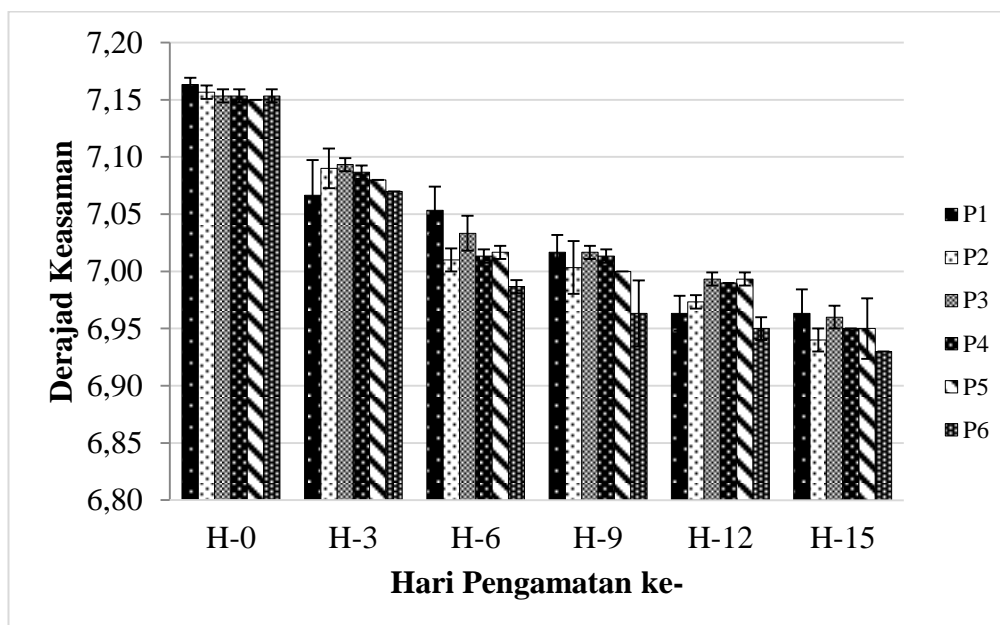
P3 :  $CaCl_2$  2% (w/v) + Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* kayu manis 0,5 % (w/w)

P4 : Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* vanilin 0,6% (w/w)

P5 : Alginat 2% (w/v) + *Essential oil* kayu manis 0,5% (w/w)

P6 : Kontrol (Tanpa  $CaCl_2$  2% (w/v) + Alginat 2% (w/v) + *Essential oil*)

Berdasarkan hasil sidik ragam pada tabel 8 nilai pH (Lampiran 4.F), menunjukkan ada pengaruh beda nyata pada hari ke-6 hingga ke-15, dan tidak berbeda nyata pada hari ke-0 dan ke-3. Berikut histogram tingkat keasaman dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 9 : Histogram perubahan pH *fresh-cut* buah Naga Merah

Berdasarkan gambar histogram perubahan pH. Perlakuan kontrol menunjukkan pH paling rendah diantara perlakuan lainnya. Namun, nilai penurunan pH memiliki kecenderungan yang tidak berbeda jauh dengan perlakuan lainnya. Hal tersebut diduga karena bakteri asam asetat memanfaatkan nutrisi pada *coating*. Kandungan air dalam *coating* yang tinggi dan adanya tekanan uap air yang lebih besar dari dalam buah, mengakibatkan penumpukan air dalam pelapis dan akhirnya keluar menuju lingkungan.

Pada penelitian Hernandez *et al.*, (2005) dan Tapia *et al.*, (2007) penurunan pH selama penyimpanan karena pertumbuhan bakteri yang disebabkan oleh eksposisi nutrisi karena pelukaan mekanis seperti pemotongan atau pengirisan. Penghilangan kulit buah dan pemotongan, terjadi pelepasan nutrisi, ion, dan komponen seluler lainnya yang disebabkan karena dinding selnya telah rusak akibat luka dan mempercepat pertumbuhan mikrobia akibatnya mengganggu proses fisiologi buah selama disimpan. Aktivitas metabolit bakteri,

dimana selnya akan memproduksi asam dan menurunkan pH, pada setiap ADP yang diubah menjadi ATP bakteri akan menghasilkan  $2H^+$  dan  $2e^-$  (Tatang dan Wardah, 2014). Menurut Saputra (2004) dan Arga (2012) yang menyatakan jika nilai pH semakin rendah, ion  $H^+$  yang berada dalam larutan semakin sedikit.

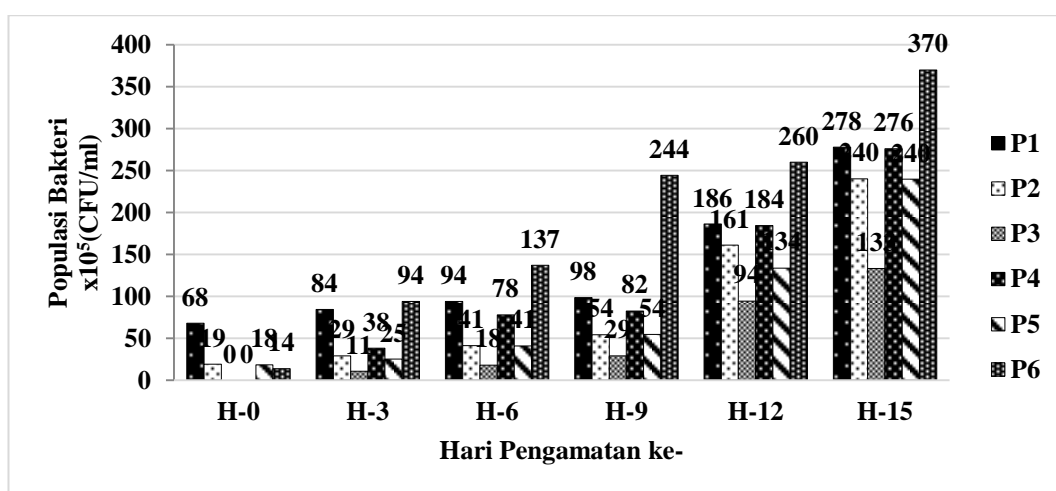
Air yang keluar dari *fresh-cut* buah naga merah selama 15 hari penyimpanan mengalami fermentasi. Hal ini disebabkan karena gas tidak bisa keluar menuju lingkungan. Bakteri asam asetat memproduksi asam asetat, apabila asam asetat yang dihasilkan semakin besar maka akan terjadi penurunan pH. Penurunan pH menunjukkan adanya produksi asam asetat yang dihasilkan karena oksidasi etanol menjadi asam asetat oleh enzim yang dihasilkan oleh bakteri asam asetat tersebut (Soedarini, 1998). Hal ini menunjukkan bahwa bakteri asam asetat mampu memanfaatkan nutrisi dari hasil fermentasi. Hal ini didukung oleh Cruger, A dan Crueger, W (1989) bahwa bakteri asam asetat tidak mampu hidup tanpa adanya etanol sebagai sumber karbon, sumber nutrisi, dan energi yang digunakan untuk pertumbuhan sel dan perkembang biakan sel bakteri.

Seluruh perlakuan menunjukkan bahwa nilai pH pada *fresh-cut* buah naga merah semua perlakuan masih merupakan pH optimum bagi aktivitas bakteri asam asetat yakni berkisar 5 -7. Sehingga dapat dikatakan bahwa penambahan minyak atsiri vanili dan kayu manis belum bisa menghambat pertumbuhan bakteri dari segi pH.

## **7. UJI MIKROBIOLOGI (CFU/ml)**

Konsumen menilai kualitas dari fresh-cut buah naga merah tergantung dari penampakan produk seperti warna, kekerasan, tekstur, dan keamanan dikonsumsi (Jennylynd and Tipvanna, 2010). Parameter Uji mikrobiologi dilakukan setiap 3

hari pengamatan selama 15 hari. Media yang digunakan yaitu PCA (*Plate Count Agar*) dan NA (*Nutrient Agar*) dengan seri pengenceran  $10^5$ ,  $10^6$ , dan  $10^7$ . Pengukuran populasi mikrobia dilakukan dengan alat yakni *Colony Counter* dengan satuan CFU/ml. Berikut grafik populasi bakteri pembusukan *fresh-cut* buah naga merah dalam  $10^5$  CFU/ml selama 15 hari pengamatan, tersaji pada gambar 12.



Gambar 10 : Grafik populasi bakteri pembusuk buah naga merah  $10^5$  (CFU/ml)

Berdasarkan histogram populasi bakteri pada gambar 12 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan bakteri pada hari ke-0 hingga hari ke-15 penyimpanan. Grafik menunjukkan bahwa populasi terbanyak terdapat pada perlakuan kontrol (P6) pada hari ke-3 hingga ke-15 dibanding perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa pada perlakuan kontrol tidak terdapat senyawa yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri sehingga pertumbuhan lebih banyak. Pada pengamatan hari ke-0 didapati jumlah populasi bakteri pada masing-masing perlakuan berada dalam jumlah populasi yang hampir sama tren pertumbuhannya hal ini diduga *essential oil* masih beradaptasi dengan lingkungannya sehingga belum memberikan pengaruh. Pada penyimpanan hari ke-3 menunjukkan

perlakuan kontrol yang memasuki fase logaritma (eksponensial) dimana sel bakteri membelah lebih cepat pada *fresh-cut* buah naga merah karena tidak adanya zat yang menghambat. Sedangkan pada perlakuan *essential oil* hari ke-3 hingga ke-15 penyimpanan terlihat populasi pertumbuhan bakteri lebih rendah meskipun tren pertumbuhan tidak sama hal ini menunjukkan bahwa *essential oil* dapat menekan populasi bakteri sehingga tidak bisa tumbuh baik. Terlihat *essential oil* kayu manis lebih efektif dalam menekan populasi bakteri dibanding *essential oil* vanili.

Pada perlakuan *essential oil* vanili 0,6% dan kayu manis 0,5% menunjukkan hambatan pertumbuhan yang nyata, hal ini terlihat pada penyimpanan sampai dengan hari ke-9 pertumbuhan bakteri masih berada pada fase lamban (lag) hingga log (eksponensial) dimana laju pertumbuhan stabil atau konstan. Faktor – faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri menurut Gamman dan Sherrington (1994) berasal dari makanan. Karena mikroorganisme memerlukan nutrisi, nitrogen, dan vitamin sebagai energi dalam pertumbuhannya. Pertumbuhan bakteri yang berada pada fase lag disebabkan bahwa bakteri belum mampu memanfaatkan nutrisi pada *fresh-cut* buah naga merah karena adanya hambatan oleh *essential oil*.

*Essential oil* kayu manis lebih unggul dalam menekan populasi pertumbuhan bakteri dibanding *essential oil* vanilla. Kayu manis memiliki zat aktif metabolit sekunder yakni trans-sinamaldehyd (60,72%), eugenol (17,62%) dan kumarin (13,39%) (Wang dkk., 2009). Sinamaldehyd termasuk dalam golongan senyawa fenol yaitu mudah larut dalam air. Ada beberapa zat aktif yang

larut dalam air seperti saponin, tanin, triterpenoid, dan flavonoid (Azima, 2004). Senyawa antibakteri umumnya lebih mudah masuk ke dalam bakteri dengan gram positif dibanding gram negatif karena struktur dinding selnya yang lebih sederhana. Setelah dilakukan penelitian, terbukti bahwa zat aktif dari *essential oil* kayu manis bisa menekan pertumbuhan bakteri gram negatif jenis bakteri asam asetat. Diketahui bahwa beberapa senyawa bioaktif dari jenis alkohol sulit untuk menembus membran sel bakteri gram negatif, namun pada minyak atsiri kayu manis senyawa sinamaldehyd dan eugenol mampu bekerja untuk menekan populasi bakteri. Mekanisme penghambatan dengan cara mengganggu proses terbentuknya membran dinding sel. Senyawa fenol dikenal sebagai zat antiseptik yang dapat membunuh sejumlah bakteri (bakterisidal), pada penelitian Wiyatno (2010) menyatakan bahwa *essential oil* kayu manis yang memiliki MIC (*Minimum Inhibitory Concentration*) 0,25% v/v mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* atau penyebab karies pada gigi dan *Pseudomonas aeruginosa*.

*Essential oil* Vanili memiliki senyawa aktif fenol, eugenol, alkohol alifatik, ester, lignin, asam, guaiacol, lakton dan dominannya yakni aldehida (Perez-Silva *et al.*, 2005; Ramachandra and Ravishankar, 2000; Sinha *et al.*, 2008). Senyawa aldehida pada vanili lebih berperan dalam efek penghambatan, memiliki sifat hidrofobik mekanismenya menghancurkan membran plasma sel mikroba melalui interaksi dengan lipid atau protein dan penghambatan aktivitas respirasi. Senyawa aktif vanili menyebabkan peningkatan penyerapan asam



nukleat propidium iodida hanya pada sebagian kecil dari populasi mikroba yang terhambat sehingga tingkat kerusakan membran sitoplasma bakteri juga kecil.

Keefektifan zat aktif dalam bekerja bervariasi tergantung pada lokasi infeksi dan kemampuan zat aktif mencapai lokasi tersebut. Mekanisme senyawa aktif dalam menghambat bakteri adalah dengan cara mempengaruhi sintesa dinding sel, mengganggu sintesa protein bakteri, menghambat sintesa fosfat, dan mengganggu sintesa DNA dan RNA bakteri, serta mengganggu fungsi dari membran sel bakteri. Dengan adanya aktivitas dari senyawa aktif tersebut, maka sel bakteri tidak akan mampu melanjutkan pertumbuhannya karena komponen yang dibutuhkan tidak dapat dibentuk lagi dan terganggu proses susunannya (Fardiaz, 1992). Dalam hal ini kandungan zat aktif yang ada pada *essential oil* kayu manis lebih efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri gram-negatif dibandingkan *essential oil* vanilla.