

IV. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Susut Berat

Susut Berat merupakan proses penurunan berat buah akibat proses respirasi, transpirasi dan aktivitas bakteri. Menurut *Wills, et al.* (1981) dan Lathifa (2013), 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. Pengamatan Susut Berat dilakukan setiap 2 hari sekali dengan menggunakan timbangan analitik. Hasil rerata Susut Berat buah tomat dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Rerata Susut Berat buah tomat yang diberikan pelapisan dan Tanpa Pelapisan

Perlakuan	Rerata Susut Berat (%)						
	Hari Ke-						
	4	8	12	16	20	24	28
Kitosan	4.2a	7.1a	9.9a	13.3b	15.6b	19.9b	27.8c
Ekstrak Daun Belimbing Wuluh	3.6a	6.9a	9.8a	12.9b	16.7b	21.9b	35.8b
Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan	3.5a	8.2a	10.3a	13.3b	16.4b	20.2b	26.6c
Tanpa Pelapisan	3.9a	5.9a	11.9a	17a	23.5a	30.7a	42.6a

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

Berdasarkan hasil sidik ragam parameter Susut Berat (lampiran 4.A.1-14) dapat dilihat bahwa perbedaan rerata antar perlakuan terjadi pada hari ke-16 sampai dengan akhir pengamatan. Sedangkan perbedaan antara perlakuan pelapisan tomat yang diberi pelapisan Kitosan, Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan kombinasi keduanya terjadi pada akhir pengamatan. Tabel 1 menunjukkan bahwa pada akhir pengamatan nilai Susut Berat terendah terjadi pada perlakuan yang diberi pelapisan kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan, namun tidak ada beda nyata dengan pelapisan menggunakan Kitosan. sedangkan nilai Susut Berat tertinggi terjadi pada perlakuan Tanpa Pelapisan kemudian disusul oleh pelapisan menggunakan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh.

Pelapisan dengan Kitosan dan kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan dapat dikatakan memiliki kemampuan untuk mempertahankan Susut Berat pada buah tomat. Hal ini dikarenakan Kitosan memiliki sifat antimikroba, karena dapat menghambat bakteri patogen dan mikroorganisme pembusuk, termasuk jamur, bakteri gram positif, bakteri gram negative (Hafdani, 2011). Selain itu Kitosan juga memiliki kemampuan pelapis yang mampu menghambat laju respirasi dan transpirasi, sehingga laju respirasi tomat yang dilapisi dengan penambahan belimbing wuluh memiliki Susut Berat yang lebih kecil, sesuai dengan Henriette (2010) yang menyatakan bahwa Kitosan digunakan sebagai pelapis guna menghalangi oksigen masuk dengan baik dan sebagai pelapis yang dapat dimakan langsung, karena kitosan tidak berbahaya terhadap kesehatan.

Pelapisan menggunakan Kitosan juga mampu menekan laju transpirasi, proses transpirasi itu sendiri ialah merupakan kehilangan air karena evaporasi.

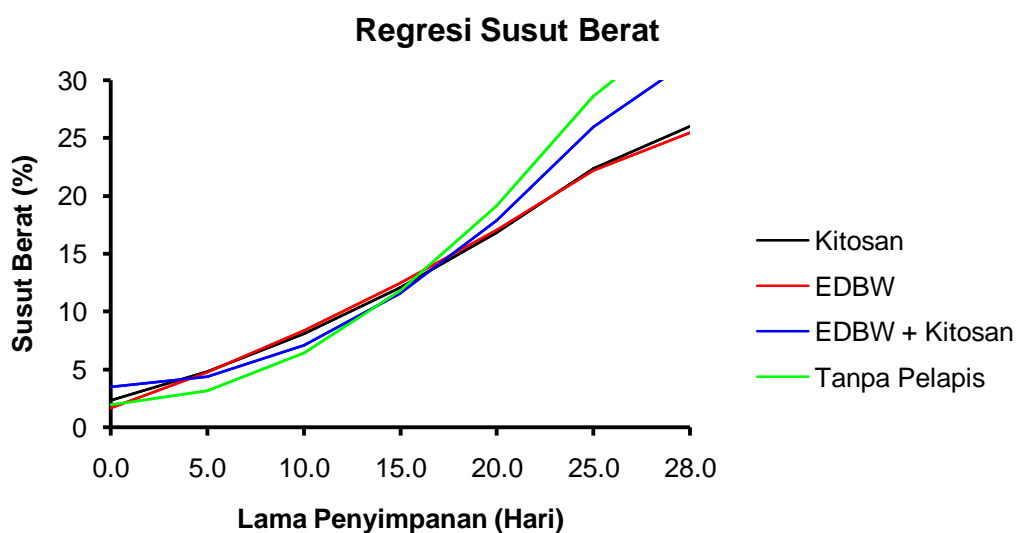
Evaporasi ini karena adanya perbedaan tekanan air di luar dan di dalam buah. Tekanan air di dalam buah lebih tinggi sehingga uap air akan keluar dari buah. Menurut Pantastico (1986) dan Lathifa (2013), tempat transpirasi utama pada tanaman adalah hidatoda, mulut kulit, dan kutikula. Pelapisan dengan *edible coating* mampu menghambat laju pengeluaran air. Penghambatan hilangnya air tersebut disebabkan karena pelapisan dapat menutup lentisel dan kutikula tomat. Selain itu, pelapisan dengan *edible coating* dapat menurunkan laju respirasi dengan mengurangi pertukaran oksigen Pantastico (1986) dan Lathifa (2013).

Adapun Perlakuan pelapisan dengan ekstrak Daun Belimbing Wuluh memiliki nilai Susut Berat yang lebih tinggi dibanding dengan perlakuan pelapisan lain. Pelapisan menggunakan ekstrak Daun Belimbing Wuluh digunakan untuk menekan pertumbuhan bakteri, sehingga pelapisan ini tidak mampu menekan laju respirasi yang menyebabkan penurunan Susut Berat. Hal tersebut dikarenakan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh tidak memiliki lapisan yang mampu menutupi lentisel dan kutikula pada buah tomat (Pantastico, 1986; Lathifa, 2013). Secara umum penurunan Susut Berat ini juga dikarenakan oleh aktivitas bakteri, adapun mekanisme kerja anti bakteri Tanin, Flavonoid dan Trritepenoid pada ekstrak daun belimbing wuluh diduga mampu merusak membran sitoplasma dengan mekanisme kerja yang berbeda (Mukhlisoh, 2010).

Susut Berat tertinggi terjadi pada perlakuan Tanpa Pelapisan yang tidak dilapisi, laju respirasi, transpirasi dan aktivitas bakteri pada perlakuan Tanpa Pelapisan lebih tinggi dibanding yang diberi pelapis. Menurut Marlina dkk, (2014) yang menyatakan perlakuan dua pelapisan menyebabkan kulit buah menjadi lebih

tebal dibandingkan perlakuan tanpa pelapisan dan perlakuan satu pelapisan (kitosan 0.5% dan lilin lebah 10%).

Berdasarkan uji ANOVA (*Analysis of Variance*) bahwa terdapat beda nyata pada penambahan ekstrak daun belimbing wuluh terhadap Susut Berat buah tomat. Data Susut Berat buah tomat yang dianalisis diperoleh *Trend* nilai Susut Berat yang meningkat pada setiap harinya. (Gambar 2).



Gambar 1. Grafik Susut Berat buah tomat setelah aplikasi selama 25 hari pengamatan

Tabel 2. Regresi Susut Berat

Perlakuan	Persamaan	R	R ²
Kitosan	$y=0.015x^2+0.425x+2.336$	0.982	0.964
Ekstrak Daun Belimbing Wuluh	$y=0.010x^2+0.570x+1.667$	0.986	0.973
Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan	$y=0.036x^2+0.002x+3.517$	0.967	0.935
Tanpa Pelapisan	$y=0.041x^2+0.041x+1.945$	0.998	0.994

Berdasarkan Grafik Susut Berat pada Gambar 2, Grafik menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyimpanan kehilangan berat buah tomat semakin

tinggi. Menurut Marlina dkk, (2014) Susut Bobot pada tomat cenderung meningkat seiring dengan lama penyimpanan dan tingkat kematangan. Peningkatan tersebut akibat proses transpirasi dimana air yang terdapat di dalam tomat berpindah ke lingkungan yang menyebabkan terjadinya penyusutan (Susut Bobot) pada tomat. Kenaikan Susut Berat terjadi karena tomat merupakan buah *klimaterik* yang mengalami peningkatan respirasi seiring pematangan buah (Kismaryanti, 2007 dalam Lathifa, 2013). Dilihat dari Diagram buah tomat tanpa pelapisan memiliki nilai Susut Berat yang lebih besar dibandingkan buah tomat yang diberi pelapis selama penyimpanan 25 hari. Berdasarkan penelitian Dewi (2013) menyatakan buah tomat yang disimpan dengan menggunakan plastik memiliki umur simpan 8-11 hari, sedangkan tomat yang disimpan pada suhu ruang memiliki umur simpan 9-10 hari. Masa simpan buah tomat paling lama terdapat pada buah tomat yang disimpan dalam suhu rendah yaitu 12 hari.

Tomat yang diberi pelapis memiliki laju Susut Berat yang hampir sama. Menurut Muchtadi dan Sugiyono (1992) dan Novita (2012), kehilangan Susut Berat buah selama disimpan terutama disebabkan oleh kehilangan air, Kehilangan air pada produk segar juga dapat menurunkan mutu dan menimbulkan kerusakan. Kehilangan air ini disebabkan karena sebagian air dalam jaringan bahan menguap atau terjadinya transpirasi. Kehilangan air yang tinggi akan menyebabkan terjadinya pelayuan dan keriputnya buah. Sesuai penelitian Lathifa (2013) yang menyatakan peristiwa penguapan menyebabkan presentase Susut Berat buah tomat mengalami kenaikan selama penyimpanan. Kehilangan air tidak hanya menyebabkan penurunan bobot, tetapi juga dapat menurunkan kualitas mutu,

menimbulkan kerusakan, pelayuan dan pengkriputan sehingga bentuknya kurang menarik (Winarno dan Aman, 1981 ; Lathifa, 2013). Kehilangan bobot pada buah dan sayur yang disimpan, selain diakibatkan oleh kehilangan air sebagai akibat dari proses penguapan, juga disebabkan oleh hilangnya karbon selama respirasi (Lathifa, 2013).

Pola hubungan umur simpan dengan parameter Susut Berat pada perlakuan pelapisan dengan menggunakan Kitosan, Ekstrak Daun Belimbing Wuluh, kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan, serta perlakuan Tanpa Pelapisan menunjukkan pola regresi kuadratik. Semua persamaan regresi diatas memiliki nilai $R^2 > 90\%$ sehingga dapat dikatakan Susut Berat dipengaruhi oleh umur simpan. Nilai $R > 90\%$ pada koefisien korelasi menyatakan bahwa Susut Berat meningkat seiring dengan penambahan umur simpan, hubungan keduanya dapat dikatakan berkorelasi kuat secara positif.

B. Kekerasan

Pengamatan kekerasan pada buah tomat dilakukan guna mengetahui pengaruh tingkat kekerasan buah tomat 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 pengamatan kekerasan pada buah tomat dilakukan setiap lima hari satu kali dengan menggunakan alat *Pnetometer Hand*, data kekerasan diperoleh seperti tabel 3.

Tabel 3. Hasil Rerata Kekerasan buah tomat yang diberikan perlakuan pelapisan dan perlakuan Tanpa Pelapisan

Perlakuan	Rerata Kekerasan (N/m ²)					
	Hari Ke-					
	0	5	10	15	20	25
Kitosan	0.65a	0.41a	0.31b	0.36a	0.34b	0.28b
Ekstrak Daun Belimbing Wuluh	0.65a	0.51a	0.32b	0.29b	0.26b	0.21c
Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan	0.65a	0.48a	0.42a	0.37a	0.36a	0.33a
Tanpa Pelapisan	0.65a	0.35a	0.25c	0.22c	0.18c	0.14d

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

Berdasarkan hasil sidik ragam kekerasan (lampiran 4.B.1-5) dapat dilihat bahwa perbedaan rerata antar perlakuan terjadi pada hari ke-10 sampai dengan akhir pengamatan. Sedangkan perbedaan antara perlakuan pelapisan tomat yang diberi pelapisan Kitosan, Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan kombinasi keduanya terjadi pada akhir pengamatan. Tabel 3 menunjukkan bahwa pada akhir pengamatan nilai kekerasan dari yang tertinggi berturut-turut terjadi pada perlakuan pelapisan kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan, kemudian pelapisan dengan menggunakan Kitosan dan berikutnya adalah perlakuan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh. Sedangkan nilai kekerasan terendah terjadi pada perlakuan Tanpa Pelapisan. Berdasarkan skala *pnometer fruit*, rendahnya nilai kekerasan buah menunjukkan bahwa buah sudah lunak dan matang, sedangkan nilai kekerasan buah yang masih tinggi menunjukkan bahwa buah belum matang. Sesuai menurut Pantastico (1986) dan Lathifa (2013), menyatakan pengukuran kekerasan dengan penetrometer bergantung pada tebalnya kulit luar, kandungan total zat padat, dan perbedaan banyaknya pati.

Pelapisan dengan Kitosan dan kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan memiliki nilai kekerasan yang tinggi dibanding dengan pelapisan menggunakan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh. Hal tersebut dikarenakan perlakuan jenis pelapis juga memberikan pengaruh terhadap perubahan kekerasan (Marlina dkk, 2014). Kitosan merupakan *Edible coating* yang memiliki lapisan tipis dan kontinu terbuat dari bahan yang dapat dimakan dan merupakan barrier terhadap uap air dan oksigen serta memberikan penahanan yang selektif terhadap perpindahan massa. *Edible coating* juga dapat mencegah kerusakan akibat penanganan mekanik dengan membantu mempertahankan integritas struktural, mencegah hilangnya senyawa-senyawa volatile dan sebagai carrier zat aditif seperti zat anti mikrobial dan antioksidan (Kester dan Fennema, 1988 dalam Lestari, 2008). Penambahan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh sebagai zat antibakteri menyebabkan denaturasi protein. Keadaan ini menyebabkan inaktivasi enzim, sehingga sistem metabolisme terganggu atau menjadi rusak dan akhirnya tidak ada aktivitas sel mikroba (Volk dan Wheeler, 1990). Bakteri yang inaktif memungkinkan mempertahankan kekerasan pada buah akibat pembusukan oleh bakteri.

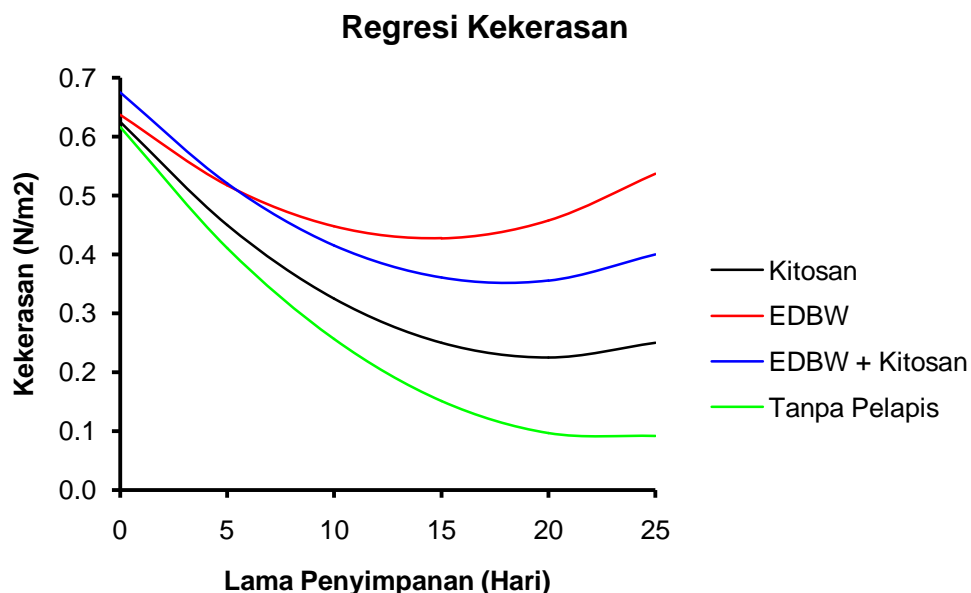
Selain itu, penambahan pelapisan pada buah tomat menjadikan buah memiliki lapisan yang kedap terhadap pengeluaran air dan gas pada saat respirasi. Hal ini yang menyebabkan kemungkinan buah menjadi lebih keras dibanding perlakuan Tanpa Pelapisan yang tidak dilapisi. Sesuai menurut Marlina dkk, (2014) yang menyatakan perlakuan jenis pelapis dan suhu penyimpanan memberikan pengaruh terhadap perubahan kekerasan pada buah salak. Kondisi

pelunakan ini juga terjadi karena adanya perombakan protopektin yang tidak larut menjadi pektin yang larut. Jumlah zat-zat pektat selama pematangan buah akan meningkat. Selama pematangan buah kandungan pektat dan pektinat yang larut akan meningkat sehingga ketegaran buah akan berkurang (Matto et al., 1989).

Perbedaan tingkat kekerasan ini erat juga kaitannya dengan tekstur dan turgor yang mempengaruhi penampilannya. Tomat yang memiliki kulit luar yang tebal cenderung memberikan tekstur yang kuat. Tekstur sayur-sayuran seperti halnya tekstur buah-buahan atau tanaman lainnya dipengaruhi oleh turgor dari sel-sel yang masih hidup (Muchtadi, 1992; Novita 2012). Menurut Hobson dan Grierson (1993), buah tomat akan menjadi lunak disaat terjadi reduksi galaktan, araban dan polyurodin di dinding sel. Zat-zat yang ada pada dinding sel akan terdegradasi sehingga dinding sel akan lunak. Menurut Zulkarnain (2010), selama pematangan buah akan menjadi lunak dan kadar bahan-bahan pektin meningkat. Hal ini dikarenakan pelarutan pektin memengaruhi sifat-sifat fisik dinding sel yang berdampak pada integrasi struktural buah. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan *coating* ternyata memberikan perubahan tingkat kekerasan yang relatif stabil untuk ketiga jenis bahan *coating* yang dicobakan, dari hasil uji statistik. Namun secara fisik struktur buah tomat yang diberi pelapis mengalami keriput akibat lamanya perendaman dan kepekatan pati yang digunakan sebagai perekat.

Berdasarkan uji ANOVA (*Analysis of Variance*) bahwa terdapat beda nyata pada lama penyimpanan terhadap kekerasan buah tomat. Data kekerasan

dianalisis dan diperoleh *Trend* nilai kekerasan yang menurun pada setiap perlakuan. (gambar 3).



Gambar 2. Grafik Kekerasan buah tomat setelah aplikasi selama 25 hari pengamatan

Tabel 4. Regresi Kekerasan buah tomat

Perlakuan	Persamaan	R	R ²
Kitosan	$y=0.001x^2-0.040x+0.625$	-0.943	0.889
Ekstrak Daun Belimbing Wuluh	$y= 0.001x^2-0.029x+0.637$	-0.934	0.872
Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan	$y= 0.001x^2-0.036x+0.675$	-0.867	0.750
Tanpa Pelapisan	$y=0.001x^2-0.046x+0.616$	-0.961	0.923

Berdasarkan Gambar 3, pola kekerasan pada buah tomat cenderung menurun pada setiap perlakuan. Menurut Winarno dan Wiratakartakusumah (1981) dalam Lathifa (2013) yang menyatakan penurunan kekerasan dipengaruhi oleh laju respirasi dimana laju respirasi yang tinggi akan menyebabkan metabolisme yang semakin cepat. Metabolisme yang terjadi, misalnya degradasi

pektin yang tidak larut air (protopektin) menjadi pektin yang larut air. Hal ini mengakibatkan menurunnya daya kohesi dinding sel yang mengikat dinding sel yang satu dengan dinding sel yang lain sehingga terjadi penurunan kekerasan (Winarno dan Wiratakartakusumah, 1981 ; Lathifa, 2013). Menurut *Chiesa et al.*(1998) dalam Pangaribuan (2011) penurunan kekerasan pada buah tomat terjadi akibat terjadinya depolimerisasi karbohidrat dan pektin penyusun dinding sel dan ikatan kohesi antar sel akibatnya viskositas menurun dan tekstur tomat menjadi lunak.

Hasil yang didapat menunjukkan bahwa kekerasan pada buah tomat yang telah diberi pelapisan Kitosan, Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibanding yang tidak diberi perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L*) memiliki efek antibakteri yang mampu mempertahankan kekerasan dari buah tomat. Mekanisme kerja zat antibakteri secara umum adalah dengan merusak struktur-struktur utama dari sel mikroba seperti dinding sel, sitoplasma, ribosom, dan membran sitoplasma. Kitosan juga mampu melindungi buah dari proses senesen dengan cara mencegah masuknya oksigen ke dalam buah karena adanya lapisan permiabel dari kitosan yang menutupi seluruh permukaan buah tomat (Pantastico, 1986; Lathifa, 2013).













Senyawa antibakteri mampu menghambat aktivitas bakteri (Litbangkes, 2001). Aktivitas senyawa antibakteri tersebut dapat terjadi melalui beberapa mekanisme yaitu menghambat pertumbuhan bakteri dengan cara bereaksi dengan membran sel dan menginaktivasi enzim-enzim esensial 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 dan membunuh sel bakteri (Ummah, 2010; Sa'adah, 2010).

Tabel regresi menunjukkan pola hubungan umur simpan dengan parameter kekerasan pada perlakuan pelapisan dengan menggunakan Kitosan, Ekstrak Daun Belimbing Wuluh, kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan, serta perlakuan Tanpa Pelapisan menunjukkan pola regresi kuadrat. Semua persamaan regresi di atas memiliki nilai $R^2 > 70\%$ sehingga dapat dikatakan kekerasan dipengaruhi oleh umur simpan. Nilai $R > -80\%$ pada koefisien korelasi menyatakan bahwa kekerasan menurun seiring dengan penambahan umur simpan, hubungan keduanya dapat dikatakan berkorelasi kuat secara negatif.

C. Warna

Warna kulit pada buah-buahan merupakan salah satu faktor penting yang diperhatikan oleh konsumen ketika menjatuhkan pilihan dalam membeli suatu buah (Marlina dkk, 2014). Parameter warna ini guna menentukan tingkat kematangan dan kesegaran buah tomat (Lathifa, 2013). Menurut Ahmad (2013) dan Marlina (2014), warna merupakan salah satu parameter mutu yang menentukan kualitas dari buah-buahan. Warna kulit juga digunakan untuk membedakan tingkat ketuaan produk. Sehingga pengamatan warna pada buah tomat ini dilakukan setiap 2 hari sekali dengan cara memfoto buah dan mengklasifikasinya dengan indeks warna. Adapun sajian data warna pada buah tomat seperti dibawah:

	Tanpa Pelapisan	EDBW+Kitosan	EDBW	Kitosan
H0				
H12				
H24				

Gambar 3. Data Warna buah tomat setelah aplikasi selama 25 hari pengamatan

Jika dilihat dari foto yang disajikan di hari ke-0, ke-12 dan ke-24 dapat dilihat pada gambar, perlakuan Tanpa Pelapisan dan perlakuan pelapisan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh memiliki degradasi warna tertinggi dibanding yang diberi pelapisan. Perubahan warna pada perlakuan Tanpa Pelapisan dan perlakuan pelapisan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh sudah terlihat pada pengamatan dihari ke-12. Adapun perubahan warna kulit tomat pada perlakuan pelapisan Kitosan dan kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan sampai akhir pengamatan perubahan warnanya masih sedikit. Perubahan warna ini umumnya disebabkan

oleh hilangnya warna hijau seiring pemasakan buah, Sesuai *Roiyana et al.*, (2012) dan Lathifa (2013) selama penyimpanan buah tomat akan mengalami perubahan warna dari kuning orange menjadi warna merah. Warna yang ada pada buah disebabkan oleh pigmen yang dikandungnya, pembentukan pigmen dipengaruhi oleh suhu, karbohidrat, dan sinar. Suhu yang tinggi memicu pembentukan likopen. Sinar berpengaruh terhadap pembentukan pigmen klorofil, antosianin dan karotenoid. Sedangkan karbohidrat diperlukan sebagai bahan mentah dalam sintesis pigmen (Winarno dan Aman 1981; Lathifa, 2013). Hal tersebut didukung oleh Kismaryanti (2007) dan Lathifa (2013), yang menyatakan selama pematangan, buah tomat akan lebih banyak memproduksi likopen sehingga produksi akan karoten dan xantofil menjadi berkurang dan menyebabkan warna pada tomat menjadi semakin merah. Laju respirasi yang tinggi juga akan menyebabkan degradasi klorofil dan sintesis pigmen menjadi cepat, akibatnya akan mempercepat perubahan warna (Musaddad, 2002; Lathifa, 2013). Selain itu menurut penelitian Lathifa (2013) yang melakukan pengamatan kecerahan buah tomat selama 10 hari menyatakan kecerahan buah tomat mengalami penurunan, warna buah tomat semakin gelap selama penyimpanan. Perubahan warna ini merupakan hasil degradasi klorofil akibat adanya pengaruh perubahan kimiawi dan fisiologis (Pujimulyani, 2009; Lathifa, 2013). Pigmen klorofil dan karotenoid merupakan senyawa stabil yang tetap ada dalam jaringan hingga *senescense* (Mikasari, 2004). Sintesis karotenoid ditutupi oleh klorofil selama tahap perkembangan tanaman, saat klorofil terdegradasi barulah pigmen karotenoid terlihat (Mikasari, 2004). Klorofil menurun 50-100 mg/kg kulit hijau menjadi nol

saat matang penuh, sedangkan karoten dan xantofil relative konstan yaitu 1-4 mg/kg dan 4-7 mg/kg. penurunan karotenoid ini ditandai dengan perubahan tekstur yang semakin lunak (Mikasari, 2004).

Perlakuan pelapisan Kitosan dan kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan yang memiliki degradasi kematangan yang rendah diduga karena masih memasuki fase pematangan yang belum sempurna, menurut Muchtadi (1992) dan Novita (2012) membagi tingkat kematangan tomat menjadi tiga fase, yaitu fase matang hijau (*green mature*), pecah warna (*red ripe*) dan fase matang. Fase masak hijau ditandai dengan ujung buah tomat yang sudah mulai berwarna kuning gading. Pada fase pecah warna, ujung buah tomat menjadi berwarna merah jambu atau kemerah-merahan. Pada fase matang, sebagian besar permukaan buah sudah berwarna merah jambu atau merah (Seminar et al 2006).

Pelapisan dengan Kitosan memungkinkan perombakan pada buah masih belum banyak terjadi, karena proses perubahan warna ini dapat terjadi baik oleh proses-proses perombakan maupun proses sintetik, atau keduanya (Pantastico, 1993; Rudito, 2005). Proses perombakan diantaranya misalnya perubahan warna dari hijau menjadi kuning, pembentukan gula dari pati, pembentukan aroma dan sebagainya (Muchtadi 2005). Perombakan ini awalnya dari respirasi untuk memperoleh energi, dimana energi ini akan digunakan untuk melakukan proses-proses metabolisme yang menyebabkan perubahan warna tersebut.

Perlakuan pelapisan dengan menggunakan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh memiliki degradasi warna lebih cepat dibandingkan perlakuan pelapisan lain, hal tersebut dikarenakan Perlakuan pelapisan dengan menggunakan Ekstrak

Daun Belimbing Wuluh lebih pada penghambatan pertumbuhan Bakteri. Pelapisan dengan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh tidak memiliki lapisan permiabel seperti pelapisan Kitosan ataupun pelapisan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh yang ditambah dengan Kitosan. Kitosan ini mampu melindungi buah dari proses senesen dengan cara mencegah masuknya oksigen ke dalam buah karena adanya lapisan permiabel dari kitosan yang menutupi seluruh permukaan buah tomat (Pantastico, 1986; Lathifa, 2013).

Sedangkan perlakuan Tanpa Pelapisan yang tidak diberi pelapis proses perombakannya akan dipercepat, hal tersebut dikarenakan tidak ada lapisan yang menahan proses transpirasi dan respirasi pada buah. *El Ghaouth et.al.*, (1992) melaporkan bahwa pelapisan kitosan (1% dan 2 % dalam 0.25 N HCl) mengurangi kecepatan respirasi dan produksi etilen pada tomat. Tomat yang di-*coating* dengan kitosan lebih keras, titrasi keasaman lebih tinggi, dan lebih sedikit pigmentasi merah dibandingkan kontrol setelah penyimpanannya selama 4 minggu pada suhu 20⁰C.

D. Asam Titrasi

Total Asam Titrasi (TAT) ditentukan dengan prinsip titrasi asam basa. Pengukuran nilai asam tertitrasi merupakan parameter yang penting guna menentukan mutu suatu produk (Anisa, 2012). Pengamatan Asam Titrasi dilakukan dengan menggunakan indikator PP dan mentitrasi dengan NaOH setiap 5 hari sekali. Adapun data Asam Titrasi disajikan dalam table 5.

Tabel 5. Hasil Rerata Asam Tertitrasi buah tomat yang diberikan perlakuan Pelapisan dan Tanpa Pelapisan

Perlakuan	Rerata Asam Tertitrasi(%)					
	Hari Ke-					
	0	5	10	15	20	25
Kitosan	12.6a	8.8a	6.2a	8.5b	7.9a	7.0a
Ekstrak Daun Belimbing Wuluh	12.6a	9.7a	7.8a	11.0a	7.7a	6.8a
Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan	12.6a	9.6a	7.3a	11.3a	8.7a	7.5a
Tanpa Pelapisan	12.6a	9.2a	6.4a	10.2ab	9.1a	7.0a

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

Berdasarkan hasil sidik ragam Asam Tertrasi (lampiran 4.C.1-5) dapat dilihat bahwa perbedaan rerata antar perlakuan terjadi pada hari ke-15. Tabel 5 menunjukkan bahwa tingkat asam tertinggi terjadi pada perlakuan pelapisan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan, kemudian disusul oleh perlakuan Tanpa Pelapisan dan perlakuan pelapisan dengan Kitosan. Pengamatan pada hari sebelumnya dan hari ke-20 sampai dengan akhir pengamatan total asam tertitrasi tidak ada beda nyata.

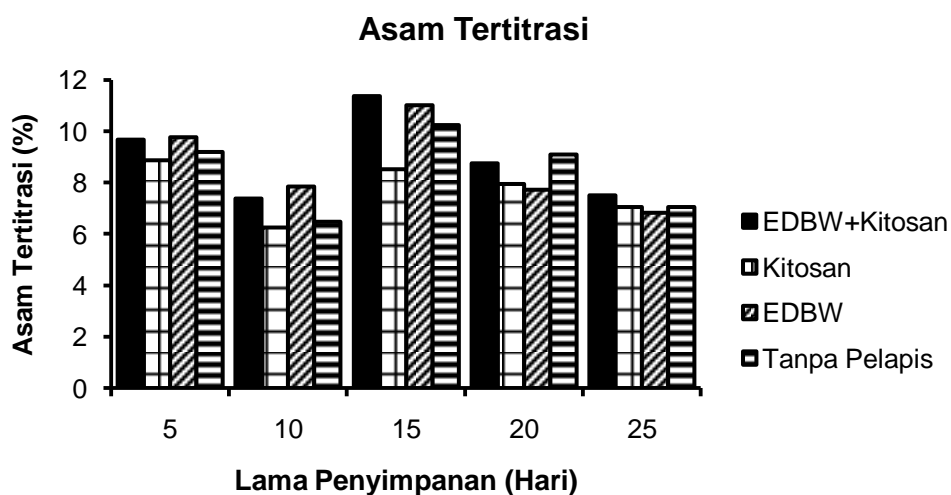
Pelapisan dengan penambahan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh baik pada perlakuan pelapisan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan memiliki nilai keasaman yang masih tinggi pada pengamatan dihari ke-15. Hal tersebut dimungkinkan karena pelapisan yang digunakan, pelapisan dengan Ekstrak Belimbing Wuluh 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, maka semakin banyak ion H^+ yang berada dalam larutan.

Total asam pada tomat yang dilapisi dengan kitosan cenderung lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan Tanpa Pelapisan, ini menunjukkan bahwa pelapisan tomat dengan kitosan mampu menahan laju respirasi sehingga penggunaan asam-asam organik dapat ditekan dan mempertahankan total asam tomat selama penyimpanan (Novita dkk, 2012). 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 dipermukaan buah. Masuknya gas O₂ yang masuk kedalam buah akan memacu kecepatan respirasi. *Edible Coating* pada permukaan buah akan menghambat proses difusi gas O₂ dan CO₂ kedalam buah, gas O₂ yang masuk kedalam buah akan lebih sedikit dan akumulasi CO₂ di dalam jaringan akan 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, 1986 ; Lathifa, 2013).

Perlakuan Tanpa Pelapisan memiliki nilai degradasi asam yang tinggi dibanding yang diberi pelapis, hal tersebut dikarenakan perlakuan Tanpa Pelapisan tidak memiliki lapisan yang mampu menekan transpirasi dan respirasi pada permukaan kulit buah. Ataupun tidak adanya penambahan asam sehingga totas asamnya lebih banyak hilang. Menurut pendapat *Hofman et al.*, (1997) dan Novita dkk, (2012) yang menyatakan 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.

Akibat dari penggunaan asam-asam organik tersebut maka jumlah asam organik akan menurun yang menyebabkan nilai total asam juga akan menurun.

Menurut Hofman et al., (1997) dan Novita dkk, (2012), secara keseluruhan pada buah klimakterik jumlah asam organik akan menurun secara cepat selama penyimpanan, terjadi peningkatan laju respirasi yang membutuhkan banyak energi sehingga terjadilah penggunaan asam-asam organik yang tersedia di dalam buah sebagai substrat sumber energi. Asam Tertitrasi buah tomat terdapat beda nyata yang diuji berdasarkan ANOVA (*Analysis of Variance*) antar perlakuan. Data asam tertitrasi yang dianalisis diperoleh trend nilai asam tertitrasi yang menurun seiring pemasakan kemudian mengalami peningkatan asam dan menurun kembali seiring dengan penuaan buah (gambar 5).



Gambar 4. Diagram Asam Titrasi buah tomat setelah aplikasi ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan perlakuan Tanpa Pelapis selama 25 hari pengamatan

Laju Diagram Asam Titrasi pada Gambar 5 memiliki laju yang sama, dimana pada hari ke-10 pola Diagram mengalami penurunan, kemudian meningkat lagi di hari ke-15 dan terus turun sampai hari ke-25. Berdasarkan pola pada Diagram tersebut, dapat dikatakan dihari pengamatan pertama samapai dengan hari ke-10 tomat masih melakukan penyusunan asam-asam organik. Dihari ke-15 berdasarkan pola respirasi tomat tengah berada dipuncak klimaterik, dimana asam pada tomat akan mengalami penurunan akibat respirasi yang tinggi, dan pada pengamatan dihari ke-15 sampai dengan akhir pengamatan polanya menurun akibat senesen. Hal tersebut sesuai dengan laju respirasi tomat (*Lycopersium esculentum*) yang merupakan buah klimakterik, dimana pola respirasinya meningkat dan mendadak (*respiration burst*) yang menyertai atau mendahului pemasakan, melalui peningkatan CO₂ dan etilen. Tomat (*Lycopersium esculentum*) yang disimpan di suhu ruang akan mengalami proses pematangan (*maturation*) dan diikuti dengan proses pembusukan (Widodo dkk., 2013).

Klimaterik merupakan keadaan *auto stimulstion* dari dalam buah, sehingga buah menjadi matang yang disertai dengan adanya peningkatan proses respirasi. Selain itu, klimaterik juga suatu proses peralihan dari proses pertumbuhan menjadi layu yang dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu praklimaterik, klimaterik menaik, puncak klimaterik dan klimaterik menurun (Winarno dan Aman, 1981 ; Lathifa, 2013). Hal ini sejalan dengan pendapat *Bari et al.*, (2006) dan Novita dkk, (2012), yang menyebutkan bahwa total asam buah akan meningkat pada tingkat kematangan awal dan akan menurun lagi pada buah yang mendekati busuk. Helyes dan Lugasi (2006) dan Novita (2012) menambahkan bahwa, total

asam buah tomat paling tinggi dimiliki pada tomat tingkat kematangan awal dan tidak ada perubahan nilai total asam yang berarti pada tingkat kematangan lebih lanjut.

Kegiatan metabolisme yang utama pada buah adalah respirasi yaitu pemecahan bahan-bahan kompleks dalam sel seperti tepung, glukosa ($C_6H_{12}O_6$) dan asam amino menjadi molekul sederhana seperti CO_2 dan air serta energi dan molekul lainnya yang dapat digunakan oleh sel untuk reaksi sintesis (Miranti, 2009). Menurut Mikasari (2004), proses respirasi pada buah berguna sebagai petunjuk lama penyimpanan buah, semakin rendah laju respirasi memberikan umur simpan yang semakin panjang dan sebaliknya. Berdasarkan pola Diagram diatas, menunjukkan bahwa laju asam tertitrasi sesuai dengan respirasi buah klimaterik. Dimana pada awal laju respirasinya akan mengalami penurunan ditandai jumlah CO_2 yang dihasilkan akan terus menurun kemudian secara tiba-tiba produksi gas CO_2 akan meningkat (Winarno dan Aman, 1981 ; Lathifa, 2013).

Menurut Rudito (2005) dan Lathifa (2013) dalam proses respirasi, selain gula, asam organik juga dapat dioksidasi. Sehingga apabila laju respirasi tinggi maka laju pengurangan asam organiknya juga semakin cepat. Teknik penyimpanan untuk mempertahankan kesegaran buah tomat dalam waktu yang lama pada dasarnya adalah menekan seminimal mungkin terjadinya pernapasan (respirasi) dan penguapan (transpirasi), sehingga menghambat proses enzimatis atau biokimia yang terjadi dalam buah. Dengan demikian, kematangan buah dapat

tertunda sampai beberapa hari (Cahyono, 2008). Hal tersebut sesuai berdasarkan hasil pengamatan pada buah tomat yang memiliki umur simpan lebih dari 25 hari.

E. Gula Reduksi

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 5 hari sekali dengan metode *Nelson* disajikan dalam tabel 6.

Tabel 6. Hasil Rerata Gula Reduksi buah tomat yang diberikan Pelapisan dan Perlakuan Tanpa Pelapisan

Perlakuan	Rerata Gula Reduksi (%)				
	Hari Ke-				
	5	10	15	20	25
Kitosan	0.039a	0.055bc	0.070bc	0.102a	0.136a
Ekstrak Daun Belimbing Wuluh	0.054a	0.078ab	0.106b	0.120a	0.135a
Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan	0.028a	0.032c	0.041c	0.050b	0.060b
Tanpa Pelapisan	0.079a	0.102a	0.157a	0.128a	0.116a

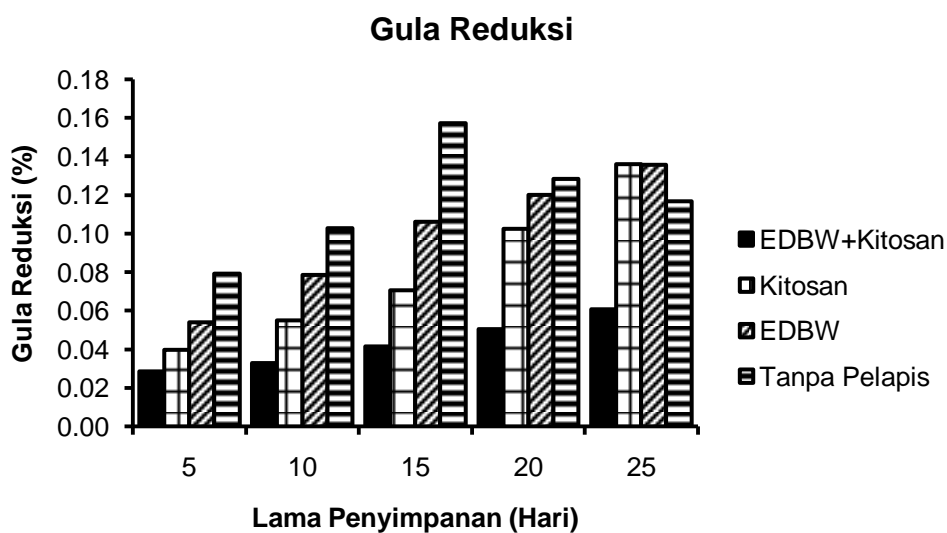
Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom menunjukkan tidak ada beda nyata berdasarkan hasil DMRT pada taraf 5 %.

Berdasarkan hasil sidik ragam Gula Reduksi (lampiran 4.D.1-5) dapat dilihat bahwa perbedaan rerata antar perlakuan terjadi pada hari ke-10 sampai dengan akhir pengamatan. Tabel 6 menunjukkan bahwa pada hari ke-10 sampai dengan hari ke-15 perlakuan dari yang terbaik berturut-turut adalah kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan, Kitosan, Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan yang terendah adalah perlakuan Tanpa Pelapisan. Adapun pada hari ke-20 sampai dengan akhir pengamatan perlakuan terbaik terjadi pada perlakuan

pelapisan kombinasi antara kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan, kemudian tidak ada beda nyata antara pelapisan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh, Kitosan dan perlakuan Tanpa Pelapisan. Dengan demikian, kadar degradasi gula reduksi yang tertinggi terjadi pada perlakuan Tanpa Pelapisan sampai dengan hari ke-15 kemudian menurun akibat senesen dan kadar gula reduksi terendah terjadi pada perlakuan pelapisan kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan. Hal tersebut dikarenakan kitosan sebagai pelapis mampu mengurangi laju respirasi sehingga dapat mencegah penurunan total padatan terlarut selama penyimpanan. Penurunan total padatan terlarut pada tomat selama penyimpanan diduga disebabkan karena terjadinya proses respirasi pada tomat sehingga gula pereduksi terurai menjadi asam piruvat dan menghasilkan CO₂ dan H₂O. *Wills et al.*, (2007) dan Novita dkk., (2012) menyebutkan bahwa, dalam proses pematangan selama penyimpanan buah, zat pati seluruhnya dihidrolisis menjadi sukrosa yang kemudian berubah menjadi gula-gula reduksi sebagai substrat dalam proses respirasi. 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. *Matto et al* (1993); Latifah (2000) dan Anugerah (2012) menyatakan bahwa selama proses pemasakan buah, TPT akan mengalami peningkatan akibat meningkatnya konsentrasi senyawa-senyawa terlarut dalam buah terutama gula.

Berdasarkan uji ANOVA (*Analysis of Variance*) bahwa terdapat beda nyata pada penambahan ekstrak daun belimbing wuluh terhadap gula reduksi buah

tomat. Data gula reduksi buah tomat yang dianalisis diperoleh *Diagram* nilai gula reduksi yang meningkat pada setiap harinya. (Gambar 6).



Gambar 5. Diagram Gula Reduksi buah tomat setelah aplikasi ekstrak Belimbing Wuluh dan Perlakuan Tanpa Pelapis selama 25 hari pengamatan

Berdasarkan Diagram pada Gambar 6. menunjukkan bahwa antar perlakuan pada gula reduksi terdapat beda nyata. Pada Diagram 6, kadar Gula Reduksi cenderung meningkat selama penyimpanan 25 hari. Dimana kadar degradasi gula reduksi yang tertinggi berturut-turut adalah perlakuan Tanpa Pelapis, Ekstrak Daun Belimbing Wuluh, Kitosan dan yang terendah adalah kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan. Adapun pada perlakuan Tanpa Pelapis di hari ke-15 kadar gula reduksinya menurun sampai dengan akhir pengamatan, Hal ini dikarenakan gula reduksi pada perlakuan Tanpa Pelapis sudah memasuki fase penurunan kadar gula reduksi karena telah melewati batas kematangannya, sedangkan untuk perlakuan pelapisan masih

berada dipuncak. Dengan kata lain, pelapisan mampu menekan terhidrolisisnya pati menjadi Glukosa, Sukrosa dan Fruktosa. Wolfe dan Kipps (1993), umumnya gula reduksi mengalami peningkatan pada tahap pematangan buah tomat. 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 Kays (1991); *Wills et al.*, (2007); Novita dkk (2012), 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). Total padatan terlarut pada tomat juga dipengaruhi oleh tingkat kematangan.

Saat respirasi terjadi pemecahan oksidatif dari bahan-bahan yang kompleks seperti karbohidrat, protein, dan lemak yang menyebabkan kandungan pati turun dan gula sederhana terbentuk. Selain itu, tekstur jaringan pada buah dan sayur sangat dipengaruhi oleh kandungan pektin pada dinding sel. Dimana pada jaringan muda pektin berbentuk protopektin yang tidak larut dalam air, kemudian saat proses pematangan protopektin akan diubah menjadi pektin yang larut dalam air (Pujimulyani, 2009; Lathifa, 2013). *Wills et al.* (1998) dan Pangaribuan (2011)

menjelaskan bahwa perubahan total padatan disebabkan pada proses pematangan terjadi pemecahan pati menjadi gula sederhana dan adanya tumpukan gula sebagai substrat respirasi.

Pada penelitian ini dapat dilihat bahwa untuk mempertahankan kandungan gula reduksi pada buah tomat dapat dilakukan dengan pelapisan yang ditambahkan dengan ekstrak daun belimbing wuluh sebagai antibakteri. Berdasarkan hasil pemeriksaan kandungan kimia buah belimbing wuluh yang dilakukan Faradisa (2008) menunjukkan bahwa daun belimbing wuluh mengandung Tanin, Sulfur, Asam Format, Peroksida, Kalsium Oksalat, Kalium Sitrat. Senyawa tersebut mampu menghambat aktivitas mikroba melalui mekanisme; Tanin merusak membran sel sehingga menghambat pertumbuhan bakteri, Alkaloid akan berikatan dengan DNA sel untuk mengganggu fungsi sel bakteri, Flavonoid mendenaturasi protein sel bakteri dan membran sel tanpa dapat diperbaiki lagi, Saponin merusak membran sitoplasma dan kemudian membunuh sel bakteri. Saat terjadinya kerusakan membran sitoplasma, ion H^+ dari senyawa fenol dan turunannya (*flavonoid*) akan menyerang gugus polar (gugus fosfat) sehingga molekul fosfolipida akan terurai menjadi gliserol, asam karboksilat dan asam fosfat. Hal ini mengakibatkan membran sitoplasma akan bocor dan pertumbuhan bakteri akan terhambat bahkan sampai kematian bakteri. Kerusakan pada membran sitoplasma mencegah masuknya bahan-bahan makanan atau nutrisi yang diperlukan untuk menghasilkan energi (Muhlison, 2010).

F. Vitamin C

Tomat memiliki kandungan Vitamin C yang tinggi, seiring pematangan kandungan Vitamin C akan menurun. Oleh karena itu, kadar Vitamin C dalam buah dapat dijadikan sebagai parameter kualitas buah tomat (Lathifa, 2013). Adapun pengukuran kadar Vitamin C dilakukan dengan cara titrasi iodine setiap 5 hari sekali, data disajikan seperti pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Rerata Vitamin C buah tomat yang diberikan perlakuan Pelapisan dan Perlakuan Tanpa Pelapisan

Perlakuan	Rerata Vitamin C (%)					
	Hari Ke-					
	0	5	10	15	20	25
Kitosan	2.4a	3.5ab	3.5a	3.4b	5.4b	5.6a
Ekstrak Daun Belimbing Wuluh	2.4a	1.8b	2.8a	4.6a	5.1b	5.5a
Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan	2.4a	3.1ab	3.5a	3.7b	4.6b	4.3b
Tanpa Pelapisan	2.4a	4.8a	3.3a	3.1c	7.4a	5.9a

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

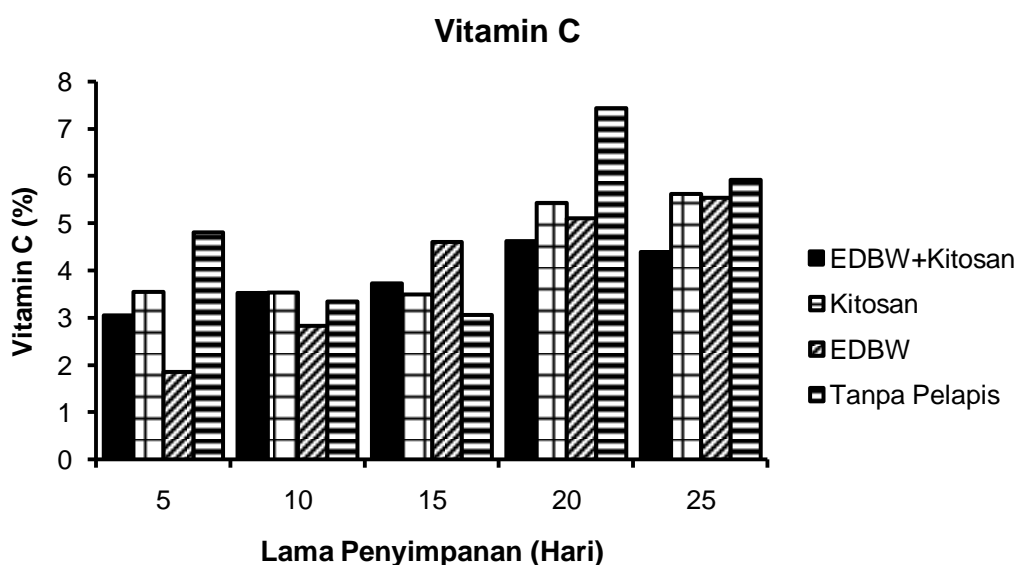
Berdasarkan hasil sidik ragam Vitamin C (lampiran 4.E.1-5) dapat dilihat bahwa perbedaan rerata antar perlakuan terjadi pada hari ke-5 sampai dengan akhir pengamatan. Tabel 7 menunjukkan bahwasannya kandungan vitamin C pada pengamatan di hari ke-5, hari ke-15 dan sampai dengan akhir pengamatan terdapat beda nyata antara semua perlakuan dan perlakuan Tanpa Pelapisan. Degradasi Vitamin C tertinggi pada hari ke-5 yaitu pada perlakuan Tanpa Pelapisan dan terendah pada perlakuan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh. Kemudian dihari ke-15 degradasi Vitamin C berlawanan dengan hari ke-5, dimana degradasi Vitamin C tertinggi terjadi pada perlakuan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan terendap

pada perlakuan Tanpa Pelapisan. Dihari ke-20 kandungan Vitamin C tertinggi pada perlakuan Tanpa Pelapisan dan terendah pada semua perlakuan pelapisan. Sedangkan pada akhir pengamatan nilai degradasi Vitamin C tertinggi terjadi pada perlakuan Tanpa Pelapisan, kemudian pelapisan dengan Kitosan dan pelapisan dengan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan terbaik terjadi pada kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan.

Vitamin C atau asam askorbat merupakan vitamin yang larut dalam air dan mudah teroksidasi (Winarno, 2002; Novita dkk, 2012), sehingga mudah sekali hilang akibat evapotranspirasi. Perlakuan pelapisan memiliki nilai degradasi vitamin C yang rendah dibanding perlakuan Tanpa Pelapisan. Hal tersebut dikarenakan pelapisan mampu menghambat proses transpirasi yang juga sesuai pada parameter Susut Berat, dimana air yang menguap ditekan sehingga Susut Berat dan degradasi vitamin C-nya lebih rendah. Selain itu menurut Rudito (2005) dan Lathifa (2013), adanya pelapisan pada buah tomat dapat menghambat laju respirasi. Menurut Anggareni (2012) tomat mengandung banyak vitamin C, namun kadar vitamin C akan terus berkurang seiring pemasakan buah. Menurut Wenny (2007) vitamin C dalam buah tomat akan menurun drastis setelah dipanaskan.

Tomat, sebagai buah memiliki sumbangan yang penting bagi pemenuhan kebutuhan gizi berupa asam L-askorbat (vitamin) (Krocha, 1994; Lathifa, 2013). Sehingga vitamin C dijadikan sebagai parameter kualitas buah tomat (Lathifa, 2013). Buah yang memiliki kadar vitamin C tinggi menandakan buah berkualitas baik, karena buah tomat akan mengalami penurunan kadar vitamin C selama

penyimpanan (Lathifa, 2013). Vitamin C buah tomat terdapat beda nyata yang diuji berdasarkan ANOVA (*Analysis of Variance*) antar perlakuan. Data vitamin C yang dianalisis diperoleh Diagram nilai vitamin C yang meningkat seiring bertambahnya waktu penyimpanan, kemudian menurun seiring pemasakan buah. (gambar 7).



Gambar 6. Kandungan Vitamin C buah tomat setelah aplikasi ekstrak Belimbing Wuluh dan perlakuan Tanpa Pelapisan selama 25 hari pengamatan

Berdasarkan Diagram pada Gambar 7 menunjukkan bahwa perlakuan Tanpa Pelapisan memiliki tingkat fluktuasi yang cukup tinggi untuk kandungan vitamin C yang terkandung dalam tomat selama pengamatan, pada hari ke-5 sampai hari ke-15 kadar vitamin C menurun drastik kemudian mengalami pelonjakan di hari ke-20 kemudian turun kembali di akhir pengamatan. Pelapisan dengan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh vitamin C-nya mengalami peningkatan yang cukup tinggi sampai dengan hari ke-25. Sedangkan untuk perlakuan

pelapisan Kitosan, Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan mengalami peningkatan yang perlahan.

Pola degradasi vitamin C pada Diagram 7 menunjukkan perlakuan pelapisan Kitosan, Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan memiliki pola degradasi vitamin C yang rendah dibanding perlakuan Tanpa Pelapisan. Sesuai berdasarkan pola respirasi pada buah klimaterik, dimana buah tomat yang baru dipetik masih masa pembentukan vitamin C kemudian saat pematangan respirasinya akan melonjak dan menurun akibat senesen. perlakuan Tanpa Pelapisan memiliki kerusakan vitamin C lebih awal dibanding dengan perlakuan pelapisan lainnya. Penelitian yang dilakukan Jiang dan Tsang (2005) dan Novita (2012) membuktikan bahwa *coating* kitosan (2% kitosan dalam 5% asam asetat) mampu menghambat penurunan kandungan antosianin dan peningkatan aktivitas *polyphenol oxidase* pada penyimpanan buah leci. *El Ghaouth et.al.*, (1992) melaporkan bahwa pelapisan kitosan (1% dan 2 % dalam 0.25 N HCl) mengurangi kecepatan respirasi dan produksi etilen pada tomat.

Perlakuan Tanpa pelapisan, sesuai pendapat Winarno dan Wiratakartakusumah (1981) dan Lathifa (2013), penurunan kadar asam diduga kerana buah-buahan tersebut sudah dalam fase *ripping* dan penurunan. Sintesis vitamin C menunjukkan kondisi sudah maksimal, sedang gradasi vitamin C terus-menerus berlangsung dan mencapai maksimal ketika buah mengalami senesen.

Vitamin C disebut juga asam askorbat, merupakan vitamin yang paling sederhana mudah berubah akibat oksidasi. Struktur kimianya terdiri dari rantai 6

atom C ($C_6H_8O_6$) dan kedudukannya tidak stabil karena mudah bereaksi dengan O_2 diudara menjadi asam dehidroaskorbat. Banyak vitamin yang merupakan koenzim. Pada vitamin C asam L-askorbat dengan adanya enzim asam askorbat oksidasi akan teroksidasi menjadi asam L-dehidroaskorbat. Asam ini secara kimia juga sangat labil walaupun sifat vitamin C mudah berubah akibat oksidasi namun stabil jika merupakan kristal murni. (Safaryani, S. 2007)

Vitamin C disintesis secara alami oleh tanaman dan mudah dibuat secara sintesis dengan gula. Vitamin C sangat tidak setabil, mudah rusak selama pengolahan dan penyimpanan (Lathifa, 2013). Vitamin C memiliki sifat mudah rusak, mudah teroksidasi dan dipercepat oleh panas, sinar, alkali, enzim oksidator dan katalis terhadap tembaga dan besi (Winarno *et al.*, 1980; Lathifa, 2013). Sumber vitamin C sebagian besar berasal dari sayuran dan buah-buahan, terutama buah-buahan segar. Karena itu vitamin C sering disebut *Fresh Food Vitamin*. Buah yang masih mentah lebih banyak kandungan vitamin C-nya. Semakin tua buah maka semakin berkurang kandungan vitamin C-nya (Winarno,1997; Anugerah dkk, 2012). Akan tetapi, perbedaan konsentrasi belimbing wuluh yang digunakan tidak memberikan efek yang nyata terhadap berkurangnya kandungan Vitamin C. Hal ini juga dikarenakan adanya antimikroba yang mampu menghambat pertumbuhan mikroba yang mempercepat proses respirasi dan terlihat secara fisik sampai hari ke-12 kondisi buah tomat masih baik.

Edible coating akan membatasi difusi O_2 kedalam jaringan buah (Lathifa, 2013). Tannenbaum (1976) dan Lathifa (2013), menyatakan bahwa pengurangan O_2 akan menghambat degradasi askorbat menjadi asam dehidroaskorbat dan

H₂O₂. H₂O₂ yang dihasilkan akan menyebabkan autooksidasi sehingga akan memperbesar kerusakan vitamin C. selain itu vitamin C juga berkaitan dengan laju respirasi buah, dimana jika laju respirasi rendah maka jumlah vitamin C yang digunakan sebagai substrat dalam proses respirasi pun akan berkurang. Dengan demikian vitamin C yang terkandung dalam buah akan dipertahankan.

Selain pengaruh tersebut, kandungan vitamin C juga akan menurun disaat buah sudah dipanen. Dimana Infeksi mikroorganisme terhadap produk dapat terjadi semasih buah dan sayuran tersebut berada dilapangan, namun mikroorganisme tersebut tidak tumbuh dan berkembang, hanya berada di dalam jaringan bila kondisinya memungkinkan terutama setelah produk tersebut dipanen dan mengalami penanganan dan penyimpanan lebih lanjut, maka mikroorganisme tersebut segera dapat tumbuh dan berkembang dan menyebabkan pembusukan yang serius. (Utama, M. S. 2001).

Pada proses pematangan normal (tanpa perlakuan) kandungan vitamin C menurun tajam. Sandra (1998) mengungkapkan bahwa kandungan vitamin C pada buah sawo yang mendapat perlakuan CaCl₂ dan GA₃ tidak berbeda nyata dengan kontrol. Demikian juga pada penelitian yang menggunakan CaCl₂ pada buah mangga Gedong (Broto, 1986). Khader (1992) mengatakan bahwa perlakuan mangga kultivar *Mallika* dalam GA₃ 200 ppm yang dikombinasikan dengan *vapour gard* 2,5 % pada suhu 15° C akan mengurangi degradasi vitamin C selama penyimpanan.

G. Mikrobiologi

Uji yang dilakukan uji kuantitatif bakteri yaitu metode plate count (angka lempeng). Uji Angka Lempeng Total (ALT) dilakukan untuk menentukan jumlah atau angka bakteri yang mungkin mencemari suatu produk (Kusuma, 2009). Adapun data mikroba disajikan pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Rerata uji Mikrobiologi Buah Tomat yang diberikan perlakuan pelapisan dan perlakuan Tanpa Pelapisan

Perlakuan	Jumlah Mikroba (10^4 Coloni Forming Unit)				
	Hari Ke-				
	5	10	15	20	25
Kitosan	1.6b	15.7ab	74.6ab	100.0a	184.9b
Ekstrak Daun Belimbing Wuluh	0.0b	4.2b	4.6b	21.7a	104.6b
Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan	12.0b	3.1b	3.8b	18.6a	146.6b
Tanpa Pelapisan	196.7a	37.7a	119.0a	319.5a	1398.0a

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

Berdasarkan hasil sidik ragam Uji Mikrobiologi (lampiran 4.F.1-5) dapat dilihat bahwa tidak ada beda nyata antar perlakuan pelapisan, perbedaan rerata antar perlakuan dengan perlakuan Tanpa Pelapisan terjadi pada hari ke-5 sampai dengan akhir pengamatan. Tabel 8 menunjukkan ada beda nyata antar perlakuan dan perlakuan Tanpa Pelapisan, pelapisan terbaik yaitu pelapisan dengan menggunakan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan, kemudian pelapisan dengan Kitosan dan terburuk terjadi pada perlakuan Tanpa Pelapisan yang memiliki jumlah mikroba terbanyak

Kitosan sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan antibakteri, karena mengandung enzim *lysosim* dan gugus *aminopolysacharida* yang dapat

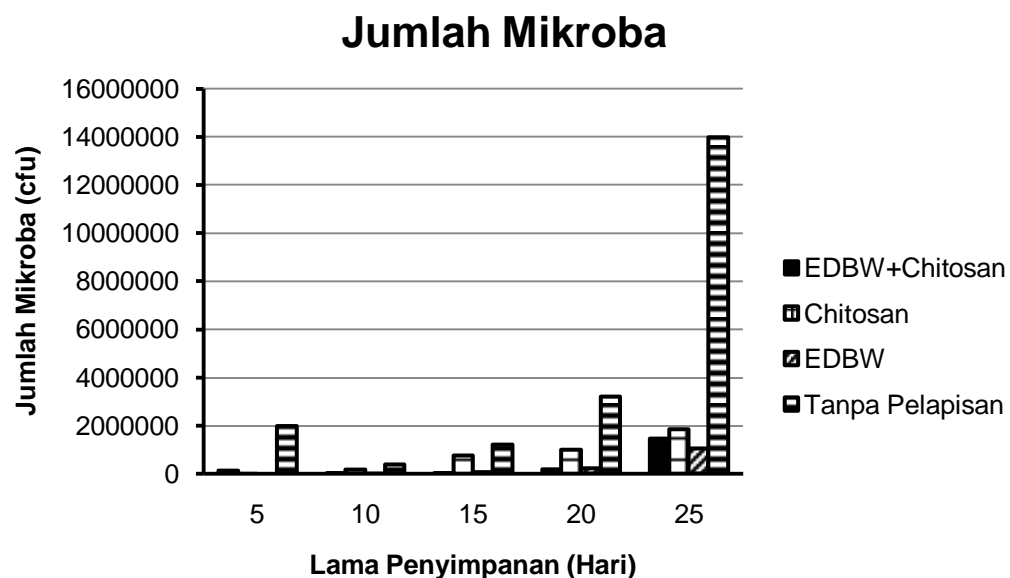
menghambat pertumbuhan bakteri. Kemampuan dalam menekan pertumbuhan bakteri disebabkan Kitosan memiliki polikation bermuatan positif yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri dan kapang (Wardaniati, 2009). Namun, penambahan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh sebagai antibakteri memiliki pengaruh yang nyata pada pelapisan buah tomat. Hal tersebut dikarenakan Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi linn*) merupakan tumbuhan obat yang mengandung senyawa saponin, Tanin, Alkaloid dan *Flavonoid* (Litbangkes, 2001).

Berdasarkan hasil pemeriksaan kandungan kimia belimbing wuluh yang dilakukan Faradisa (2008) menunjukkan bahwa daun belimbing wuluh mengandung Tanin, Sulfur, Saponin, Asam Format, Peroksida, Kalsium Oksalat, Kalium Sitrat. Senyawa tersebut mampu menghambat aktivitas mikroba melalui mekanisme; Tanin merusak membran sel sehingga menghambat pertumbuhan bakteri, Alkaloid akan berikatan dengan DNA sel untuk mengganggu fungsi sel bakteri, Flavonoid mendenaturasi protein sel bakteri dan membran sel tanpa dapat diperbaiki lagi, Saponin merusak membran sitoplasma dan kemudian membunuh sel bakteri.

Adapun perlakuan Tanpa Pelapisan tidak diberi pelapis yang menutupi lentisel dan kutikula guna menahan laju respirasi dan transpirasi serta penahan bakteri, sehingga jumlah angka pertumbuhan bakteri tinggi saat pembusukan. Perlakuan kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan tidak ada beda nyata antar semua perlakuan, namun memiliki angka jumlah bakteri yang lebih sedikit. Dimungkinkan adanya pengaruh antagonis antar perlakuan, dimana

kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan saling mempengaruhi sehingga mengurangi daya hambatnya terhadap bakteri.

Pengamatan uji mikrobiologi pada buah tomat terdapat beda nyata yang diuji berdasarkan ANOVA (*Analysis of Variance*) antar perlakuan. Data bakteri yang dianalisis diperoleh Diagram nilai bakteri yang meningkat seiring bertambahnya waktu penyimpanan (gambar 8).



Gambar 7. Jumlah Mikroba pada tomat setelah aplikasi pelapis chirosan, ekstrak Belimbing Wuluh dan Tanpa Pelapisan selama 25 hari pengamatan

Berdasarkan Gambar 8 menunjukkan jumlah mikroba setiap harinya berfluktuasi. Namun, fluktuasi jumlah mikroba tertinggi terjadi pada kontrol dan tingkat pertumbuhan mikroba yang relative sama terjadi pada perlakuan pelapisan Kitosan, Ekstrak Belimbing Wuluh dan kombinasi Ekstrak Belimbing Wuluh dan Kitosan.

Jumlah mikroba tertinggi pada semua perlakuan pelapisan terjadi pada pengamatan hari ke-25 pada perlakuan Kitosan dengan jumlah mikroba 184.9×10^4 , adapun pada saat pemetikan tomat jumlah mikroba 614×10^6 dan setelah melalui pretreatment pada penyimpanan selama 5 hari pada perlakuan Tanpa Pelapisan jumlah mikroba menjadi 196.7×10^4 . Hal ini menunjukkan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh mampu meningkatkan umur simpan melalui mekanisme penghambatan pertumbuhan bakteri pada buah tomat yang telah diaplikasikan pada kitosan, karena tumbuhan belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L) merupakan tumbuhan obat yang mengandung senyawa tanin, sulfur, asam format, dan flavonoid (Wijayakusuma, 2006 dalam Ni Putu, 2014). Aktivitas senyawa antibakteri tersebut dapat terjadi melalui beberapa mekanisme yaitu menghambat pertumbuhan bakteri dengan cara bereaksi dengan membran sel dan menginaktivasi enzim-enzim esensial 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 dan membunuh sel bakteri (Ummah, 2010; Sa'adah, 2010).

Senyawa tanin merupakan senyawa turunan fenol yang secara umum mekanisme antimikrobanya dari senyawa fenol. Tanin merupakan *growth inhibitor*, sehingga banyak mikroorganisme yang dapat dihambat pertumbuhannya oleh tanin. Tanin mempunyai target pada polipeptida dinding sel. Senyawa ini merupakan zat kimia yang terdapat dalam tanaman yang memiliki kemampuan menghambat sintesis dinding sel bakteri dan sintesis protein sel kuman gram positif maupun gram negatif. Aktivitas tanin sebagai antimikroba dapat terjadi

melalui beberapa mekanisme yaitu menghambat enzim antimikroba dan menghambat pertumbuhan bakteri dengan cara bereaksi dengan membran sel dan menginaktivasi enzim-enzim esensial atau materi genetik. Selanjutnya, senyawa tannin dapat membentuk kompleks dengan protein melalui interaksi hidrofobik sehingga dengan adanya ikatan hidrofobik akan terjadi denaturasi dan akhirnya metabolisme sel terganggu (Ummah, 2010; Sa'adah, 2010). Sesuai menurut penelitian Gusti (2014) yang menyatakan zat aktif yang terkandung dalam ekstrak daun mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) berdasarkan hasil uji skrining fitokimia yaitu minyak atsiri, saponin, triterpenoid, fenol, tannin, dan glikosida berfungsi sebagai antibakteri. Masing-masing zat aktif tersebut menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dengan mekanisme yang berbeda-beda.

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

Dalam penelitian Handayani (2012), tentang Efektifitas Daya Antibakteri Serbuk Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi Linn*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Streptococcus mutans* menggunakan berat serbuk daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi Linn*) 0,05 gram, 0,1 gram, 0,15 gram dan 0,2 gram. Hasil pengukuran zona hambat disekitar sumuran yang diperoleh, dibandingkan antara

sumuran yang diberi serbuk daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi Linn*) 0,05 gram, 0,1 gram, 0,15 gram dan 0,2 gram dengan sumuran yang diberi aquades steril sebagai perlakuan Tanpa Pelapisan. Didapatkan hasil yaitu serbuk daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi Linn*) dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans*. Hal ini terlihat dari adanya zona hambat pada daerah disekitar lubang sumuran dan semakin berat serbuk daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi Linn*) semakin kuat daya hambatnya. Pada uji analisis diperoleh $p < 0,05$ (0,000) hal ini menunjukkan adanya pengaruh daya antibakteri serbuk daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi Linn*) terhadap pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans*. Jumlah populasi mikroba perlakuan ekstrak belimbing wuluh lebih sedikit dibanding dengan perlakuan Tanpa Pelapisan, dikarenakan ekstrak belimbing wuluh mampu melindungi buah tomat dari kerusakan akibat bakteri dan yeast (Ririn dkk, 2015).