

KAJIAN EKSTRAK DAUN BELIMBING WULUH (*Averrhoa bilimbi* L) SEBAGAI ANTIBAKTERI PADA *EDIBLE COATING* UNTUK MEMPERPANJANG UMUR SIMPAN BUAH TOMAT (*Lycopersium esculentum*)

SKRIPSI



Oleh :
Ririn Ernawati
20120210122
Program Studi Agroteknologi

FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2016

Skripsi yang berjudul

KAJIAN EKSTRAK DAUN BELIMBING WULUH (*Averrhoa bilimbi* L)
SEBAGAI ANTIBAKTERI PADA *EDIBLE COATING* UNTUK
MEMPERPANJANG UMUR SIMPAN BUAH TOMAT (*Lycopersium
esculentum*)

Yang dipersiapkan dan disusun oleh


Ririn Ernawati
20120210122

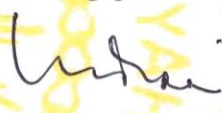
Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal 4 Mei 2016

Skripsi tersebut telah diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan
guna memperoleh derajat Sarjana Pertanian

Pembimbing/Penguji Utama

Anggota Penguji


Ir. H. Nafi Ananda Utama, M.S
NIK/NIP : 19610831198610133002


Dr. Ir. Indira Prabasari, MP Ph.D
NIK/NIP : 132014262

Pembimbing/Penguji Pendamping


Ir. Mulyono. MP
NIK/NIP : 196006081989031002

Yogyakarta, 16 Mei 2016

Dekan
Fakultas Pertanian
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Ir. Sariyah MS
NIK/NIP : 131 961 238

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan

1. Karya tulis saya, skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan tim pembimbing.
3. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya setelah mendapat arahan dan saran dari tim pembimbing. Oleh karena itu, saya menyetujui pemanfaatan karya tulis ini dalam berbagai forum ilmiah, maupun pengembangannya dalam bentuk karya ilmiah lain oleh tim pembimbing.
4. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam daftar pustaka.
5. Pernyataan ini saya buat sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah saya peroleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Yogyakarta, 16 Mei 2016

Yang Membuat Pernyataan



Ririn Ernawati

20120210122

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga tercurah kepada Muhammad SAW, keluarga dan sahabat yang senantiasa meniti jalan mereka.

Skripsi yang berjudul Kajian Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi* L) Sebagai Antibakteri pada *Edible Coating* untuk Memperpanjang Umur Simpan Buah Tomat (*Lycopersium esculentum*) merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan derajat Sarjana Pertanian.

Dalam pelaksanaan dan penyusunan skripsi tidak lepas dari bantuan semua pihak, maka penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. H. Nafi Ananda Utama, M.S. selaku Dosen Pembimbing Utama atas bimbingan, motivasi, dukungan serta ilmu dan pelajaran hidup.
2. Ir. Mulyono MP. selaku Dosen Pembimbing Pendamping atas bimbingan, ilmu dan motivasi.
3. Dr. Ir. Indira Prabasari, MP. Ph.D Selaku Dosen Penguji atas saran dan nasehat-nasehatnya, semoga bermanfaat.
4. Ir. Sarjijah MP. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan dosen pembimbing akademik atas waktu, bimbingan dan arahannya.
5. Dosen dan keluarga besar Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, khususnya Program Studi Agroteknologi atas dedikasinya selama ini.
6. Ibu, Bapak, Kakak dan seluruh keluarga besar atas dukungan serta kasih sayangnya selama ini.

7. Rekan-rekan semua, khususnya yang turut membantu kelancaran penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Atas semua bantuan, doa dan dukungan yang telah diberikan semoga mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat dan berguna bagi semua pihak. *Amin ya Robbal'alamin.*

Wassalamu'alaikum, Wr. Wb

Yogyakarta, 16 Mei 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
INTISARI	xi
<i>ABSTRACT</i>	xii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Tomat dan Kerusakannya	4
B. Edible Coating	6
C. Kitosan	9
D. Belimbing Wuluh	11
III. TATA CARA PENELITIAN	17
A. Tempat dan Waktu Penelitian	17
B. Bahan dan Alat Penelitian	17
C. Metode Penelitian	18
D. Cara Penelitian	18
E. Parameter yang Diamati	23
F. Analisis Data	24
IV. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN	26
A. Susut Berat	26
B. Kekerasan	31

C.	Warna.....	37
D.	Asam Titrasi.....	41
E.	Gula Reduksi.....	47
F.	Vitamin C.....	52
G.	Mikrobiologi	58
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	64
A.	KESIMPULAN	64
B.	SARAN.....	64
	DAFTAR PUSTAKA.....	65
	LAMPIRAN	70

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Hasil Rerata Susut Berat buah tomat yang diberikan pelapisan dan perlakuan Tanpa Pelapisan.....	26
Tabel 2. Regresi Susut Berat	29
Tabel 3. Hasil Rerata Kekerasan buah tomat yang diberikan perlakuan pelapisan dan perlakuan Tanpa Pelapisan.	32
Tabel 4. Regresi Kekerasan buah tomat.....	35
Tabel 5. Hasil Rerata Asam Tertitrasi buah tomat yang diberikan perlakuan pelapisan dan Tanpa Pelapisan.....	42
Tabel 6. Hasil Rerata Gula Reduksi buah tomat yang diberikan pelapisan dan Tanpa Pelapisan.....	47
Tabel 7. Hasil Rerata Vitamin C buah tomat yang diberikan perlakuan pelapisan dan Tanpa Pelapisan.	52
Tabel 8. Hasil Rerata uji Mikrobiologi buah tomat yang diberikan perlakuan pelapisan dan Tanpa Pelapisan.....	58

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Skema (kurva) hubungan antara pertumbuhan buah dengan jumlah CO ² yang dikeluarkan selama respirasi.	4
Gambar 2. Grafik Susut Berat Buah Tomat setelah aplikasi selama 25 hari pengamatan.	29
Gambar 3. Grafik Kekerasan Buah Tomat setelah aplikasi selama 25 hari pengamatan.	35
Gambar 4. Data Warna Buah Tomat setelah aplikasi selama 25 hari pengamatan.	38
Gambar 5. Diagram Asam Titrasi Buah Tomat setelah aplikasi ekstrak Belimbing Wuluh dan Tanpa Pelapisan selama 25 hari pengamatan.	44
Gambar 6. Diagram Gula Reduksi Buah Tomat setelah aplikasi ekstrak Belimbing Wuluh dan Tanpa Pelapisan selama 25 hari pengamatan.	49
Gambar 7. Kandungan Vitamin C Buah Tomat setelah aplikasi ekstrak Belimbing Wuluh dan Tanpa Pelapisan selama 25 hari pengamatan.	54
Gambar 8. Jumlah Mikroba pada Tomat setelah aplikasi pelapis chiroosan, ekstrak Belimbing Wuluh dan Tanpa Pelapisan selama 25 hari pengamatan. .	60

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Kerangka Kegiatan.....	70
Lampiran 2. Lay Out Penelitian	71
Lampiran 3. Indexs Warna	72
Lampiran 4. Hasil Sidik Ragam	73
Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian.....	81

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari mengenai Ekstrak Belimbing Wuluh yang digunakan sebagai campuran *Edible Coating* guna mencegah kerusakan akibat mikroorganisme pada buah tomat. Ekstrak Daun Belimbing Wuluh diperoleh dari daun belimbing wuluh yang direndam pada larutan etanol 96%. Penelitian ini disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan rancangan perlakuan faktor tunggal yang terdiri dari 3 perlakuan yaitu : 1) Kitosan. 2) Ekstrak Daun Belimbing Wuluh. 3) Kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian Kitosan dan atau Ekstrak Daun Belimbing Wuluh menghasilkan pengaruh yang berbeda secara signifikan dengan perlakuan Tanpa Pelapis pada semua parameter yang diamati. Kitosan yang ditambah Ekstrak Daun Belimbing Wuluh berpengaruh nyata pada parameter Kekerasan, Susut Berat, Warna, Asam Tertitrasi, Vitamin C, Gula Reduksi, dan Jumlah Mikroba. Perlakuan pelapisan dan penambahan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh mampu mempertahankan kualitas dan memperpanjang umur simpan menjadi 25 hari.

Kata Kunci: *Edible coating, Kitosan, Averrhoa blimbi, Umur simpan, Tomat.*

ABSTRACT

The research aimed to study Avertroa bilimbi L extract immersed in edible coating, i.e. chitosan to prevent microbial attack on tomatoes. The extract was obtained from leaves of Avertroa bilimbi L using maseration method. The experiment was designed with Completely Randomized Design using three treatments as follows: (1) Chitosan as edible coating, (2) Extract of Avertroa bilimbi L as antimicrobial smeared onto tomatoes, and (3) Chitosan mixed with extract of Avertroa bilimbi L and used as edible coating. Analysis used to test the quality of tomatoes were: hardness, weight loss, colour, titrable acid, acorbic acid, sugar and microbial attack. Result showed that chitosan mixed with extract of Avertroa bilimbi L and used as edible coating gave the best result in maintaining quality of tomatoes based on analysis on hardness, weight loss, colour, titrable acid; acorbic acid and sugar. Extract of Avertroa bilimbi L was succeed in prolong the shelf life on tomatoes into 25 days and prevented microbial attack.

Key Words: *Edible coating, Kitosan, Avertroa blimbi, Shelf Life, Tomatoes.*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Menurut data BPS (2011), tomat merupakan komoditas hortikultura yang laju produktivitasnya menempati posisi kedua setelah bawang merah, dimana diketahui laju produktivitas tomat mencapai 6.9 %. Berdasarkan data Departemen Pertanian (2012) dan Marlina (2014), diketahui tingkat produktivitas tomat di Indonesia tahun 2007 hingga 2011 secara berurutan ialah: 12,33 ton/Ha, 13,66 ton/Ha, 15,27 ton/Ha, 14,58 ton/Ha, dan 16,65 ton/Ha.

Buah tomat mengandung protein, karbohidrat, Ca, Fe, Mg, dan vitamin C (± 21 mg), serta vitamin A, Fosfat, Kalium dan *Lycopene* serta hampir semua bagiannya dapat dimakan (Siagian, 2005; Pitojo, 2005; Lathifa, 2013). Namun selama proses pematangan buah akan terus mengalami perubahan baik secara fisik maupun kimia, yaitu warna, tekstur, bobot, aroma, tekanan turgor sel, dinding sel, protein, zat pati, senyawa turunan fenol dan asam-asam organik (Mikasari, 2004).

Buah tomat (*Lycopersium esculentum*) setelah dipanen masih melakukan proses metabolisme dengan menggunakan cadangan makanan yang terdapat dalam buah. Berkurangnya cadangan makanan tersebut tidak dapat digantikan karena buah sudah terpisah dari pohonnya, sehingga mempercepat proses hilangnya nilai gizi buah dan mempercepat proses pemasakan (Kays, 1991; Wills *et.al.*, 2007; Novita, 2012). Permasalahan lain dalam pemasaran buah tomat adalah kualitas buah yang cepat menurun akibat aktivitas bakteri. Salah satu

upaya untuk memperlambat kerusakan, transpirasi dan respirasi buah tomat yaitu dengan menggunakan Kitosan sebagai *Edible Coating*.

Kitosan merupakan salah satu bahan alternatif pelapis alami yang tidak beracun dan aman bagi kesehatan (Kays, 1991; Novita, 2012). Kitosan merupakan produk turunan dari polimer kitin yang merupakan produk samping (limbah) dari pengolahan industri perikanan, khususnya udang dan rajungan. Limbah kepala udang mencapai 35-50% dari total berat udang. Kadar kitin dalam limbah kepala udang berkisar antara 60-70% dan bila diproses menjadi kitosan menghasilkan 15-20% (Linawati, 2006; Novita, 2012). Kitosan 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). Kelemahan utama penggunaan kitosan adalah kurangnya proses penghambatan pertumbuhan bakteri, sehingga perlu dicari solusi untuk menghambat pertumbuhan bakteri.

Ekstrak daun belimbing wuluh dipercaya 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 Fenol seperti Saponin, Tanin, Alkaloid dan Flavonoid. Senyawa tersebut 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). Pada penelitian pendahuluan diketahui adanya daya hambat pada mikroba pembusuk tomat dengan zona daya hambat 0,5 cm pada konsentrasi ekstrak belimbing wuluh 20% dan mempertahankan umur simpan selama 15 hari dengan penyemprotan mikroba pembusuk tomat (Ririn dkk, 2015).

B. Perumusan Masalah

Masalah yang diteliti dan diselesaikan adalah :

1. Apakah ekstrak daun belimbing wuluh memiliki kemampuan antibakteri?
2. Apakah ekstrak daun belimbing wuluh dapat memperpanjang umur simpan buah tomat yang telah diberi *edible coating*?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan diadakan penelitian ini adalah untuk :

1. Menguji kemampuan ekstrak daun belimbing wuluh dalam menghambat pertumbuhan bakteri
2. Menentukan umur simpan buah tomat, yang diberi ekstrak daun belimbing wuluh dicampur dengan *edible coating*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A Tomat dan Kerusakannya

Tomat (*Lycopersium esculentum*) merupakan buah klimakterik. Ciri buah klimakterik adalah adanya peningkatan respirasi yang tinggi 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. Masa simpan buah klimakterik yang pendek menjadikan kerusakan pascapanen yang cepat (Widodo dkk., 2013). Pada gambar berikut tersaji kurva hubungan antara pertumbuhan buah dengan jumlah CO₂ yang dikeluarkan selama respirasi (Dwiari, 2008; Anugerah, 2012).



Gambar 1. Skema (kurva) hubungan antara pertumbuhan buah dengan jumlah CO₂ yang dikeluarkan selama respirasi (Dwiari, 2008; Anugerah, 2012)

Buah tomat (*Lycopersium esculentum*) setelah dipanen masih melakukan proses metabolisme menggunakan cadangan makanan yang terdapat dalam buah. Berkurangnya cadangan makanan tersebut tidak dapat digantikan karena buah

sudah terpisah dari pohonnya, sehingga mempercepat proses hilangnya nilai gizi buah dan mempercepat proses pemasakan (Wills *et.al.*, 2007; Novita dkk., 2012). Dalam proses ini oksigen diserap untuk digunakan pada proses pembakaran yang menghasilkan energi dan diikuti oleh pengeluaran sisa pembakaran dalam bentuk CO₂ dan air. Contoh reaksi yang terjadi pada proses respirasi sebagai berikut (Dwiari, 2008; Anugerah, 2012): $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{energi}$

Kegiatan metabolisme yang utama pada buah adalah respirasi yaitu pemecahan bahan-bahan kompleks dalam sel seperti tepung, glukosa (C₆H₁₂O₆) dan asam amino menjadi molekul sederhana seperti CO₂ dan air serta energi dan molekul lainnya yang dapat digunakan oleh sel untuk reaksi sintesis (Miranti, 2009). 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. Laju respirasi yang tinggi mempercepat batas penyimpanan buah yang ditandai oleh adanya kerusakan fisik dan kimia, perubahan fisik pada buah seperti warna kulit menguning disertai bintik hitam yang semakin meluas dipermukaan kulit, aroma buah berubah menjadi asam dan buah menjadi lunak dan rasio daging atau kulit buah. Sifat kimia yang berubah meliputi kandungan karbohidrat, gula, pH, rasa, aroma, vitamin (Santoso dan Purwoko, 1995). Kartasapoetra (1994), memperkirakan kerusakan pasca panen toman di daerah tropis berkisar 5-50%. 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.

Selain respirasi, kerusakan tomat juga dipercepat akibat aktifitas transpirasi, dimana 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.

Beberapa bakteri yang menyebabkan Busuk basah pada tomat secara garis besar dibedakan menjadi 4 spesies, diantaranya yang sering ditemukan dan yang paling agresif adalah *Pectobacterium Carotovorum*. Beberapa spesies lain seperti *Pseudomonas*, *Xanthomonas* dan *Bacillus* dapat menyebabkan kerusakan pada buah tomat (Jerry *et.al.*, 2013). Berdasarkan penelitian pendahuluan yang dilakukan Ririn dkk., 2015, didapat dua bakteri yang mampu membuat busuk buah tomat yaitu bakteri x dan bakteri y. Bakteri y mampu membuat kebusukan lebih cepat bila dibandingkan dengan bakteri x. Ekstrak belimbing wuluh 10% mampu melindungi buah tomat dari bakteri y, namun seiring peningkatan konsentrasi efektifitas perlindungan mengalami penurunan. Pemberian ekstrak belimbing wuluh tidak dapat melindungi tomat dari bakteri x, bahkan mampu meningkatkan populasi bakteri x.

B Edible Coating

Metode yang digunakan untuk menghambat proses metabolisme pada buah tomat dapat dilakukan dengan penyimpanan atmosfer terkendali (Kader,

1985), namun metode ini memerlukan biaya yang tinggi. Metode lain yang lebih praktis dan ekonomis adalah dengan meniru mekanisme atmosfer terkendali dengan penggunaan bahan pelapis (*coating*).

Edible coating merupakan suatu metode yang digunakan untuk memperpanjang umur simpan dan mempertahankan mutu dari buah-buahan pada suhu ruang (Pantastico, 1993; Sholeha dkk, 2015). *Edible coating* merupakan lapisan tipis dan kontinyu yang dibuat 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; Lestari, 2008). Bahan *coating* yang dipilih harus memenuhi beberapa kriteria, antara lain: mampu menahan permeasi oksigen dan uap air, tidak berwarna, tidak berasa, tidak menimbulkan perubahan pada sifat makanan dan aman dikonsumsi.

Edible coating dapat dibuat dari tiga jenis bahan yang berbeda yaitu hidrokoloid (protein dan polisakarida), lipida, dan komposit atau kombinasinya (Krochta et al, 1994 ; Lathifa, 2013). Hidrokoloid terdiri atas Protein, turunan Selulosa, Alginat, Pektin, tepung dan Polisakarida lainnya, sedangkan Lipid terdiri dari lilin (*waxes*), asilgliserol dan asam lemak. Bahan baku yang dapat ditambahkan dalam pembuatan *coating* adalah antimikroba, antioksidan, flavor, pewarna dan *plasticizer*. *Edible coating* berbahan dasar polisakarida yang banyak

digunakan antara lain selulosa, pati dan turunannya, ekstrak rumput laut, *excudate gums*, *seed gums* serta *microbial fermentation gums*. Protein terdapat pada gelatin, kasein, protein kedelai, susu gluten dari gandum dan *zein* (Krochta et al, 1994 ; Lathifa, 2013).

Melalui pendekatan teknologi yang tepat, potensi limbah kulit udang, kulit kerang dan krustarea lainnya dapat diolah lebih lanjut menjadi senyawa polisakarida dimana didalamnya termasuk chitin [(C₈H₁₃NO₅)_n]. Chitin ini dapat diolah lebih lanjut menjadi Kitosan [(C₆H₁₁NO₄)_n] dan glukosamin (C₆H₁₃NO₅). Proses ekstraksi kitosan terdiri dari tiga tahap, yaitu : deproteinasi, demineralisasi dan deasetilasi. Tahap deproteinasi dan demineralisasi akan menghasilkan senyawa kitin, sedangkan tahap deasetilasi akan merubah senyawa kitin menjadi kitosan. Ketiga produk ini mempunyai sifat mudah terurai dan tidak mempunyai sifat beracun sehingga sangat ramah terhadap lingkungan (Robert, 1992 dan Sedjati, 2006; Swastawati et al, 2008).

Luka kecil dan goresan pada permukaan jeruk dapat ditutupi oleh aplikasi *edible coating*. Keuntungan lain yang jelas dari *coating* adalah peningkatan kilap (*gloss*) buah serta memperbaiki penampilan jeruk sehingga lebih dapat diterima oleh konsumen (Shahid and Nadeem, 2011). *Edible coating* telah diterapkan pada buah seperti jeruk dan apel sebagai pengemas dan ditampilkan di supermarket tanpa kemasan (plastik) (Baldwin, 2005). *Edible coating* menggunakan bahan dasar polisakarida (karagenan) banyak digunakan terutama pada buah dan sayuran, karena memiliki kemampuan bertindak sebagai membrane permeabel yang selektif terhadap pertukaran gas karbondioksida dan oksigen (Budiman,

2011). Gliserol merupakan *Plasticizer* yang ditambahkan dalam pembuatan *edible coating* sehingga dapat menghasilkan *edible* yang lebih fleksibel dan halus.

C Kitosan

Kitosan adalah polisakarida alami hasil dari proses deasetilasi (penghilangan gugus-COCH₃) kitin. Kitin merupakan penyusun utama eksoskeleton dari hewan air golongan *crustacea* seperti kepiting dan udang. Kitin tersusun dari unit-unit *N-asetil-D-glukosamin (2-acetamido-2-deoxy-D-glucopyranose)* yang dihubungkan secara linier melalui ikatan β -(1→4). Kitin berwarna putih, keras, tidak elastis, merupakan polisakarida yang mengandung banyak nitrogen, namun menjadi sumber polusi utama di daerah pantai. Kitosan disusun oleh dua jenis gula amino yaitu *glukosamin (2-amino-2-deoksi-D-glukosa, 70-80 %)* dan *N-asetilglukosamin (2-asetamino-2-deoksi-D-glukosa, 20-30%)* (Goosen, 1997).

Bahan baku kitosan yang berasal dari kulit udang memiliki jumlah produksi yang melimpah, Kitosan memiliki sifat mekanisme penghambatan bakteri. Dimana kitosan akan berikatan dengan protein membran sel, yaitu glutamat yang merupakan komponen membran sel. Selain berikatan dengan protein membran, kitosan juga berikatan dengan fosfolipid membran, terutama fosfatidil kolin (PC), sehingga meningkatkan permeabilitas innermembran (IM). Naiknya permeabilitas IM akan mempermudah keluarnya cairan sel bakteri yang nantinya menyebabkan kematian sel (Simpson, 1997).

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).

Penelitian yang dilakukan Jiang dan Tsang (2005) 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. 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. Novita dkk, (2012) menunjukkan hasil terbaik diperoleh dari penelitian pendahuluan adalah perendaman tomat dalam kitosan dengan konsentrasi 1% dan lama perendaman selama 10 menit yang mampu mengurangi laju respirasi sehingga dapat mencegah penurunan total padatan terlarut selama penyimpanan 30 hari.

Kitosan dapat berfungsi sebagai anti mikrobial, pelapis (*coating*), pengikat protein dan lemak. Pelapis dari polisakarida merupakan penghalang (*barrier*) yang baik, sebab pelapis jenis ini bisa membentuk matrik yang kuat dan kompak yang bersifat permiabel terhadap CO₂ dan O₂. Sebagai pelapis kitosan mampu melindungi dan melapisi bahan makanan sehingga dapat mempertahankan rasa asli dan menjadi penghalang masuknya mikroba, Hal ini dikarenakan muatan positif yang berasal dari gugus asam amino dalam suasana pH asam (dibawah

6,5), yang menyebabkan depolarisasi membran seluler mikroba, sebagai akibat terganggunya integritas dinding sel dari hubungan molekul yang menyebabkan kematian bagi mikroba (Suseno, 2006 ; Sadjati, 2006).

Menurut Robert (1992) dan Sedjati (2006) kitin merupakan senyawa terbesar kedua di dunia setelah selulosa. Kitin banyak ditemukan pada kulit dan kepala hewan kelompok avertebrata berkulit keras (krustacea), serangga dan beberapa mikroorganisme. Knorr (1984) menyatakan bahwa dari sekian banyak sumber kitin dan kitosan, hanya kulit udang dan kepiting yang sudah dimanfaatkan secara komersial.

D Belimbing Wuluh

Kadar senyawa aktif tertinggi terdapat pada bagian daun (Leinmuler dkk. 1991 *cit.* ;Abdurohman, 1998 ; Ni Putu, 2014). Zat-zat aktif yang terkandung dalam daun belimbing wuluh adalah tanin, sulfur, asam format, dan flavonoid (Wijayakusuma, 2006 dalam Ni Putu, 2014). Berdasarkan hasil pemeriksaan kandungan kimia belimbing wuluh yang dilakukan Faradisa (2008) menunjukkan bahwa buah belimbing wuluh mengandung golongan senyawa oksalat, minyak atsiri, Fenol, Flavonoid dan Pektin. Batang belimbing wuluh mengandung Saponin, Tanin, Glukosida, Kalsium Oksalat, Sulfur, Asam Format, Peroksida, sedangkan Daunnya mengandung Tanin, Sulfur, Saponin, Flavonoid, Asam Format, Peroksida, Kalsium Oksalat, Kalium Sitrat. Senyawa metabolit sekunder pada tumbuhan misalkan flavonoid, tanin, dan saponin berdasarkan beberapa hasil penelitian mempunyai kemampuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri, di dalam daun belimbing wuluh mengandung senyawa metabolit sekunder yaitu

flavonoid dan tanin sehingga senyawa aktif tersebut dapat digunakan sebagai antibakteri (Wijayakusuma, 2006 dalam Ni Putu, 2014).

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. Mekanisme kerja antibakteri Tanin, Flavonoid dan Triterpenoid pada ekstrak belimbing wuluh diduga mampu merusak membran sitoplasma dengan mekanisme kerja yang berbeda (Mukhlisoh, 2010). Sehingga daun belimbing wuluh dijadikan obat tradisional karena di dalam daun belimbing wuluh terdapat zat-zat aktif yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri yang sering disebut zat antiseptik (Wijayakusuma, 2006 dalam Ni Putu, 2014).

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).

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; Gusti, 2014).

Saponin merupakan glukosida yang larut dalam air dan etanol, tetapi tidak larut dalam eter. Saponin bekerja sebagai antibakteri dengan mengganggu stabilitas membran sel bakteri sehingga menyebabkan sel bakteri lisis, jadi mekanisme kerja saponin termasuk dalam kelompok antibakteri yang mengganggu permeabilitas membran sel bakteri, yang mengakibatkan kerusakan membran sel dan menyebabkan keluarnya berbagai komponen penting dari dalam sel bakteri yaitu protein, asam nukleat dan nukleotida (Ganiswarna, 1995 dalam Gusti, 2014).

Dari uji kualitatif dengan uji busa yang memberikan tinggi busa 1 cm menunjukkan bahwa daun belimbing wuluh mengandung senyawa saponin (Ni Putu, 2014). Pengujian tannin dilakukan sebanyak 2 ml Larutan uji ditambahkan 2 tetes larutan Pb asetat 10%. Terbentuk endapan berwarna putih menunjukkan adanya tannin (Ni Putu, 2014). Pengujian Flavonoid sebanyak 1 mL larutan

ekstrak uji diuapkan, dibasahkan sisanya dengan aseton P, ditambahkan sedikit serbuk halus asam borat P dan serbuk halus asam oksalat P, dipanaskan hati-hati di atas tangas air dan dihindari pemanasan berlebihan. Sisa yang diperoleh dicampur dengan 10 mL eter P. Diamati dengan sinar UV366; larutan berfluoresensi kuning intensif, menunjukkan adanya flavonoid (Ni Putu, 2014).

Menurut penelitian Winarti (2005) dalam Ni Putu (2014), konsentrasi daun belimbing wuluh yang diuji mulai dari konsentrasi 0%, 1%, 1,5%, 3,5%, 6%, 7,5%, 9%, dan 10,5%. Penetapan rentang konsentrasi ditetapkan berdasarkan penelitian sebelumnya dimana telah diketahui nilai MFC (*Minimal Fungicidal Contentration*) dari daun belimbing wuluh terhadap *Staphylococcus aureus* adalah 10,5%. Diketahui dari penelitian pendahuluan pada uji daya hambat ekstrak belimbing wuluh mampu menghambat mikroba (bakteri dan yeast) yang dominan pada tomat busuk dengan diameter hambat 0,5 cm pada konsentrasi ekstrak belimbing wuluh 20% (Ririn dkk, 2015).

Ekstraksi merupakan peristiwa pemindahan massa zat aktif yang semula berada dalam sel ditarik oleh pelarut sehingga terjadi larutan zat aktif dalam pelarut tersebut (Ahmad, 2006). Pada umumnya ekstraksi akan bertambah baik bila permukaan serbuk simplisia yang bersentuhan dengan pelarut makin luas. Tetapi dalam pelaksanaannya tidak selalu demikian karena ekstraksi masih tergantung juga pada sifat fisik dan kimia simplisia yang bersangkutan (Ahmad, 2006). Dalam metode ekstraksi bahan alam, dikenal suatu metode maserasi. Maserasi merupakan suatu metode ekstraksi menggunakan lemak panas. Akan tetapi penggunaan lemak panas ini telah digantikan oleh pelarut-pelarut organik

yang volatil. Penekanan utama pada maserasi adalah tersedianya waktu kontak yang cukup antara pelarut dan jaringan yang diekstraksi (Guether, 1987; Sa'adah 2010).

Maserasi merupakan cara ekstraksi yang sederhana. Maserasi dilakukan dengan cara merendam serbuk simplisia dalam pelarut. Pelarut akan menembus dinding sel dan masuk ke dalam rongga sel yang mengandung zat aktif sehingga zat aktif akan larut. Karena adanya perbedaan konsentrasi antara larutan zat aktif di dalam sel, maka larutan yang terpekat di desak keluar. Keuntungan cara ekstraksi ini, adalah cara pengerjaan dan peralatan yang digunakan sederhana dan mudah diusahakan, murah dan selain itu dikhawatirkan senyawa yang terkandung pada buah belimbing wuluh merupakan senyawa yang tidak tahan terhadap panas, sehingga metode maserasi dinilai lebih sesuai untuk digunakan. Sedangkan kerugiannya adalah waktu pengerjaannya lama dan ekstraksi kurang sempurna (Ahmad, 2006 ; Lathifah, 2008).

Pelarut yang digunakan dapat berupa air, etanol, air-etanol, atau pelarut lain. Gusti (2014) menggunakan metanol untuk mengekstrak senyawa aktif antimikroba dari daun mengkudu dan Zakaria *et al.* (2007) menggunakan akuades dan kloroform untuk mengekstrak senyawa aktif antibakteri dari daun dan buah belimbing wuluh. Metode ekstraksi yang digunakan pada kedua penelitian tersebut adalah maserasi. Pemilihan pelarut untuk ekstraksi harus mempertimbangkan banyak faktor. Pelarut harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut: murah dan mudah diperoleh, stabil fisika dan kimia, bereaksi netral, tidak

mudah menguap dan tidak mudah terbakar, selektif dan tidak mempengaruhi zat berkhasiat (Ahmad, 2006).

Dalam penelitian Lathifah (2008) menggunakan akuades, metanol, etanol, kloroform dan petroleum eter untuk mengekstrak senyawa aktif antimikroba dari daun belimbing wuluh menunjukkan bahwa etanol merupakan pelarut terbaik. Dimana konsentrasi ekstrak 300, 350, 400 dan 450 mg/mL dengan pelarut etanol berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) di antara konsentrasi lain. Ni Putu (2014), sebanyak 900 gram serbuk daun belimbing wuluh dimaserasi menggunakan 2,5 liter etanol 96% pada suhu kamar selama 1 hari disertai dengan pengadukan setiap 10 jam sekali menunjukkan bahwa belimbing wuluh dengan konsentrasi 10,5%, 11%, 12% efektif dapat membunuh bakteri mix saluran akar. Proses pengeringan ekstrak daun mengkudu yang dilakukan oleh Gusti (2014) dengan cara menimbang daun sebanyak 230 gram, kemudian dimaserasi menggunakan 2,5 liter etanol 80% pada suhu kamar selama 1 hari dan disertai dengan pengadukan setiap 10 jam sekali. Kemudian disaring dan didiamkan selama 1 hari, dilanjutkan ketahap pengentalan ekstrak menggunakan rotary evaporator (80 rpm, 450C, 0,62bar) (Gusti, 2014). Pengeringan dilakukan terkait dengan sifat fisik dari buah dan daun belimbing wuluh yang mudah busuk, dengan pengeringan daun dan buah belimbing wuluh akan lebih awet dan tahan terhadap mikroba (Lathifah, 2008).

III. TATA CARA PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Farmatologi, Progran Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Laboratorium Pascapanen dan Laboratorium Bioteknologi, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta selama 2 bulan yaitu Oktober-November 2015.

B. Bahan dan Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : timbangan analitik, *hand pnetrometer*, lemari pendingin, *hot plate*, pengaduk, statif, gelas piala, gelas ukur, erlenmeyer, pisau, pipet tetes, botol suntik, tabung reaksi, mikropipet, cawan petri, vortex, mortar dan alu, kertas payung, pemanas (kompor), penjepit tabung reaksi, saringan, pisau, kertas saring, *indexs warna*, beaker glass, *sprayer*, *spectrophotometer*, *coloni counter*.

Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah buah tomat yang seragam, gliserol, larutan iod 0,01N (uji vitamin C), media tumbuh mikroba NA (pepton, beef extract, agar), larutan NaOH 1 N (uji asam titrasi), alkohol, aquadest, ekstrak daun belimbing wuluh, pati/tepung kanji, kitosan, asam asetat (CO_3COOH) 100%, indicator PP, Amilum, *Nelson C*, *Arseno*.

C. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal yaitu kombinasi pelapisan yang terdiri dari 4 perlakuan, yaitu:

- A. Kitosan
- B. Ekstrak Daun Belimbing Wuluh
- C. Ekstrak Daun Belimbing Wuluh + Kitosan
- D. Tanpa Pelapisan (Kontrol)

Setiap perlakuan terdiri dari 3 ulangan, sehingga diperoleh 12 unit percobaan. Setiap unit percobaan terdapat 21 buah sampel sehingga diperoleh 252 buah sampel. Tomat yang dipilih memiliki ukuran, warna, dan umur yang sama. Peletakkan unit percobaan dapat dilihat pada lampiran 2.

D. Cara Penelitian

Penelitian dilakukan melalui 5 tahap yaitu: Isolasi Bakteri Penyebab Tomat Busuk, Pembuatan Ekstrak Daun Blimbing Wuluh, Pembuatan Kitosan, Tahap Aplikasi *Coating* pada Buah Tomat dan Tahap Pengamatan.

1. Isolasi Bakteri Penyebab Tomat Busuk
 - a. Pembuatan media: dilakukan dengan menimbang bahan yang diperlukan (NA 100ml: dibutuhkan aquades 100ml, pepton 0,5 gram, ekstrak daging 0,5 gram, agar 1,5 gram dan pH 6,8)
 - b. Isolasi dengan metode surface: mengambil 1 ml isolat tomat busuk, hingga seri pengenceran menjadi 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} . Petri dibungkus

dengan menggunakan kertas payung dan diberi label. Diamkan selama 48 jam, kemudian diamati bakteri apa saja yang tumbuh.

- c. Pemurnian : murnikan masing-masing bakteri yang tumbuh di petri dan memindahkan ke media miring.
 - d. Perbanyak: bakteri yang murni diperbanyak dengan cara dipindah ke media cair. Diamkan selama 48 jam, kemudian masing-masing bakteri di shaker dalam NC selama 2 hari, setelah selesai aplikasi pada buah tomat yang steril dengan cara penyemprotan dan pengamatan, tujuannya untuk mengetahui bakteri mana yang paling membusukkan buah tomat.
2. Pembuatan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh
- a. Daun belimbing wuluh yang digunakan adalah daun yang dipetik dipohon yang sama dengan ukuran yang sama dan warna yang sama.
 - b. Daun belimbing wuluh yang telah dipetik kemudian dicuci bersih menggunakan sabun pencuci buah.
 - c. Setelah dicuci daun dipotong dengan pisau yang steril (disemprot alkohol), kemudian potongan daun dijemur dan dimasukkan kedalam oven hingga beratnya konstan barulah kemudian dimasukkan dalam blender yang steril.
 - d. Ekstrak daun belimbing wuluh yang halus dilarutkan dengan etanol 96% (2gr EDBW : 5ml etanol).
 - e. Ekstrak yang diperoleh kemudian disaring dengan saringan biasa (penyaringan dilakukan sebanyak 3 kali).
 - f. Lalu disaring lagi dengan menggunakan kertas saring (penyaringan dilakukan sebanyak 3 kali).

g. Semua kegiatan dilakukan di dalam ruang steril dan didekat bunsen.

3. Pembuatan Kitosan

- a. Percobaan dilakukan dengan cara CH_3COOH 100% (asam asetat 1 ml) dimasukkan kedalam *beaker glass*, *beaker glass* diletakkan diatas kompor dan diaduk dengan kecepatan sedang sambil ditambahkan aquades dan kitosan sedikit demi sedikit sampai terbentuk larutan tersuspensi.
- b. Setelah larutan kitosan sudah larut, tambahkan gliserol 0,2 ml kemudian aduk kembali sambil ditambahkan larutan kanji hingga homogen.
- c. Setelah terbentuk larutan kitosan, tambahkan ekstrak daun belimbing wuluh (5ml) sehingga terbentuk larutan yang homogen dan kitosan siap diaplikasikan.

4. Tahap Aplikasi

- a. Sebelum kitosan diaplikasikan, terlebih dahulu dilakukan pemetikan buah tomat, pemetikan dilakukan di Keteb, Jawa Tengah dengan kriteria buah berumur, berukuran dan berwarna sama.
- b. Buah yang dipetik dibawa ke lab untuk disortir dan dicuci dengan pencuci buah, setelah dicuci buah tomat dipasang tali pada tangkainya dan buah disemprot alkohol.
- c. Kemudian buah direndam kedalam larutan sesuai perlakuan dan setelah itu buah digantung pada tali raffia untuk dikering anginkan.
- d. Saat tomat sudah kering letakan sesuai pengacakan barulah dilakukan pengamatan di hari (ke-0, ke-5, ke-10, ke-15, ke-20, ke-25) sesuai parameter pengamatan.

5. Tahap Pengamatan

- a. Pengamatan meliputi Susut Berat dengan cara menimbang sampel buah menggunakan timbangan analitik dan pengamatan warna dengan menggunakan *index warna*. (lampiran 3).
- b. Kekerasan : dengan alat *Pnetrometer Hand* dalam satuan N/m^2 . Pengukuran dilakukan dengan memasukkan pucuk alat berdiameter 8 pada 3 bagian buah secara acak dan hasilnya dirata-rata, buah yang sudah dilakukan uji kekerasan kemudian digunakan untuk pengamatan lain (Asam Tertitrasi, Vitamin C, Uji Mikrobiologi dan Gula Reduksi)
- c. Total Asam Tertitrasi dilakukan dengan cara:
 - i. Buah ditumbuk dan ditimbang 5 gram, kemudian dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml dan ditambahkan aquadest sampai tanda, kemudian digojog dan disaring.
 - ii. Mengambil filtrate sebanyak 10 ml dengan pipet dimasukkan pada erlenmeyer dan ditambahkan indikator *phenol phthalein* (PP) 1% sebanyak 2 – 3 tetes. Setelah itu, melakukan titrasi dengan NaOH 0,1 N sampai berwarna merah muda yang tidak hilang selama 30 detik.
 - iii. Melakukan perhitungan total asam dengan berat molekul asam malat 116.
- d. Kadar Vitamin C
 - i. Mengambil 10 gram sampel buah yang telah dihaluskan dan ditambahkan aquadest hingga 250 ml.

- ii. Setelah itu, mengambil 25 ml filtrat dan ditambahkan 2 ml larutan amilum.
 - iii. Melakukan titrasi dengan menggunakan larutan Iod hingga berwarna kebiruan.
- e. Gula Reduksi

Uji gula reduksi dilakukan dengan membuat larutan Glukosa Standar untuk mengetahui persamaan gula reduksi yang digunakan dalam perhitungan gula reduksi.

- i. Glukosa Standar ditimbang sebanyak 0,01 garm, setelah itu dimasukkan kedalam 100 ml aquadest kemudian menambahkan *Nelson C* 1ml, kemudian dipanaskan selama 20 menit, didinginkan, kemudian ditambahkan 1 ml *arseno molib* dan 7 ml aquadest, lalu dilakukan pengecekan dengan alat *spectrophotometer*.
- ii. Mengambil sampel yang telah ditumbuk halus sebanyak 1 gram
- iii. Setelah itu, dimasukkan dalam botol suntik dan ditambahkan 100ml aquades
- iv. Mengambil filtrat sebanyak 0,1 ml ditambah 0,9 aquades.
- v. Menambahkan *Nelson regensia C* sebanyak 1 ml kemudian dipanaskan selama 20 menit
- vi. Setelah dingin, menambahkan 1 ml *anseno molib* dan 7 ml aquadest pada filtrat kemudian digojog dan didiamkan selama 30 menit lalu dilakukan pengecekan dengan alat *spectrophotometer*.

f. Uji Mikrobiologi

Tomat ditumbuk dan ditimbang sebanyak 1 g, kemudian dimasukkan kedalam botol suntik dengan seri pengenceran hingga 10^{-5} . Media tumbuh bakteri yang digunakan dalam uji ini yaitu media NA (Nutrien Agar). Mikroba yang diisolasi dengan *metode surface* kemudian dibungkus dengan kertas payung dan didiamkan selama 48 jam setelah itu hitung jumlah mikroba dengan *plate count*.

E. Parameter yang Diamati

Parameter yang diamati yaitu meliputi Uji Fisik, Uji Kimia dan Uji Mikrobiologi:

1. Uji Fisik (dilakukan setiap 2 hari sekali untuk Susut Berat dan Warna, 5 hari sekali untuk Kekerasan)

- a. Susut Berat (%) (AOAC, 2000)

Dilakukan dengan alat timbangan analitik. Rumus yang digunakan adalah :

$$\text{Susut Berat(\%)} = \frac{\text{bobot awal sebelum disimpan} - \text{bobot akhir setelah disimpan}}{\text{bobot awal sebelum disimpan}} \times 100\%$$

- b. Warna (Indeks Warna)
- c. Kekerasan (N/m^2)

$$F = \text{Gaya} / \pi r^2$$

Keterangan:

r = jari-jari

$\pi = 22/7$ (3,14)

2. Uji Kimia (dilakukan setiap 5 hari sekali)

a. Total Asam Titrasi (%) (AOAC, 2000)

$$\text{Total asam (\%)} = \frac{\text{mlNaOH} \times \text{NNaOH} \times \text{BMAsamMalat} \times \text{FP}}{\text{mgsampel}} \times 100\%$$

Keterangan:

FP = Faktor Pengenceran

BM= Berat Molekul

N = Normalitas

b. Kadar Vitamin C (%) (iodimetri)

$$\text{Vitamin C (\%)} = \frac{\text{Vtotaliod} \times \text{N} \times \text{FP} \times 0,88 \text{ mg}}{\text{gramsampel}} \times 100\%$$

Keterangan:

FP = Faktor Pengenceran

N = Normalitas

c. Kadar Gula Reduksi (%)

Uji gula reduksi dilakukan setiap 5 hari sekali pada masing-masing perlakuan. Pengujian dilakukan di Fakultas Farmasi, Kedokteran, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

$$\% \text{Gula Reduksi} = \frac{\text{Konsentrasi} \times \text{Faktor Pengenceran}}{\text{Mg Bahan}} \times 100\%$$

3. Uji Mikrobiologis (cfu)

Dilakukan setiap 5 hari sekali dengan menggunakan *metode surface* seri pengenceran hingga 10^{-5} . Penghitungan mikroba dengan *plate count*.

F. Analisis Data

Data yang telah diperoleh dan analisis dengan menggunakan sidik ragam (Analysis of variance) dengan tingkat α 5%, bila ada beda nyata antar perlakuan maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji DMRT (Duncan's Multiple

Range Test) dengan α 5%. Hasil pengamatan periodik disajikan menggunakan Tabel dan Diagram.

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.

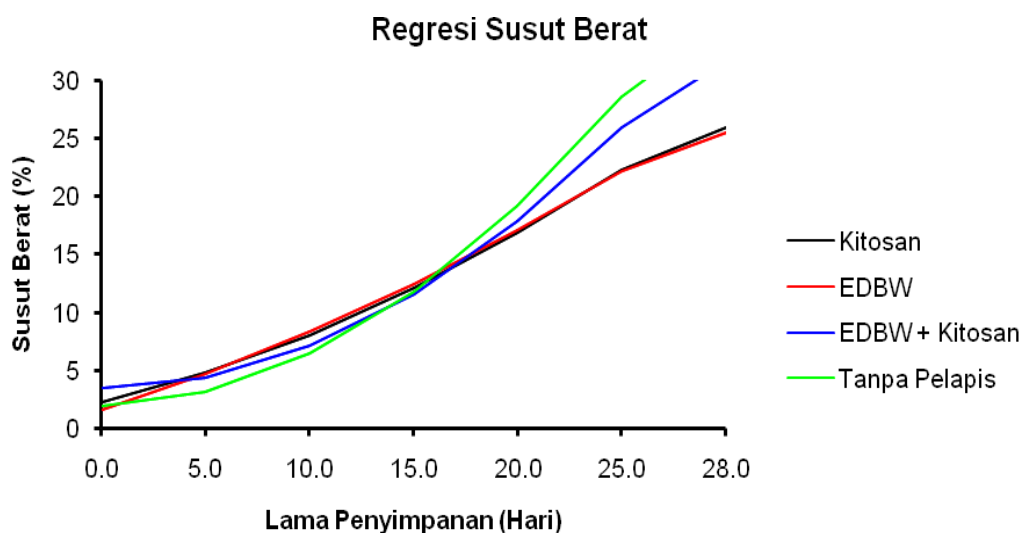
Evaporasi ini karena adanya perbedaan tekanan air di luar dan di dalam buah. Tekanan air di dalam buah lebih tinggi sehingga uap air akan keluar dari buah. Menurut Pantastico (1986) dan Lathifa (2013), tempat transpirasi utama pada tanaman adalah hidatoda, mulut kulit, dan kutikula. Pelapisan dengan *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 2. 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.

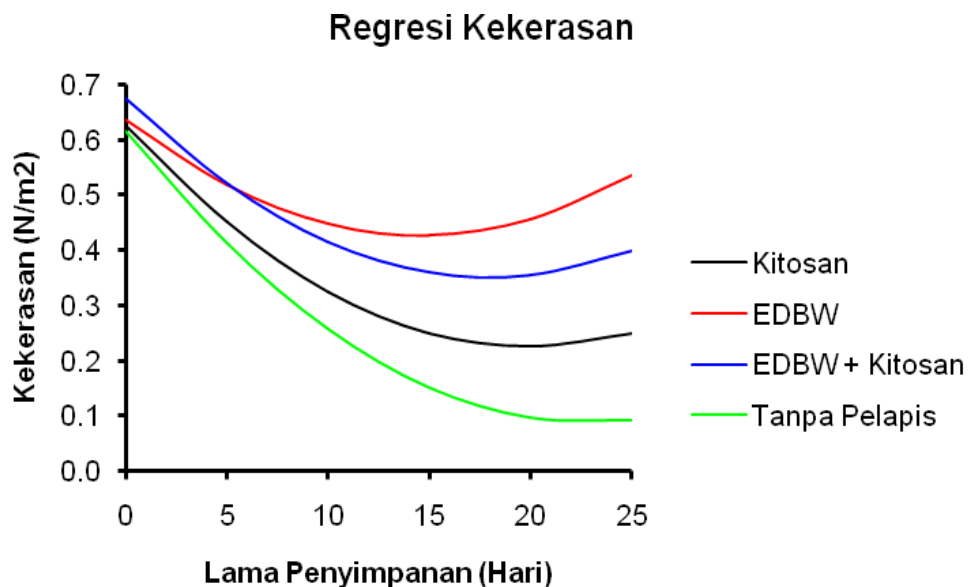
Selain itu, penambahan pelapisan pada buah tomat menjadikan buah memiliki lapisan yang kedap terhadap pengeluaran air dan gas pada saat respirasi. Hal ini yang menyebabkan kemungkinan buah menjadi lebih keras dibanding perlakuan Tanpa Pelapisan yang tidak dilapisi. Sesuai menurut Marlina dkk, (2014) 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 3. 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 4. 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.

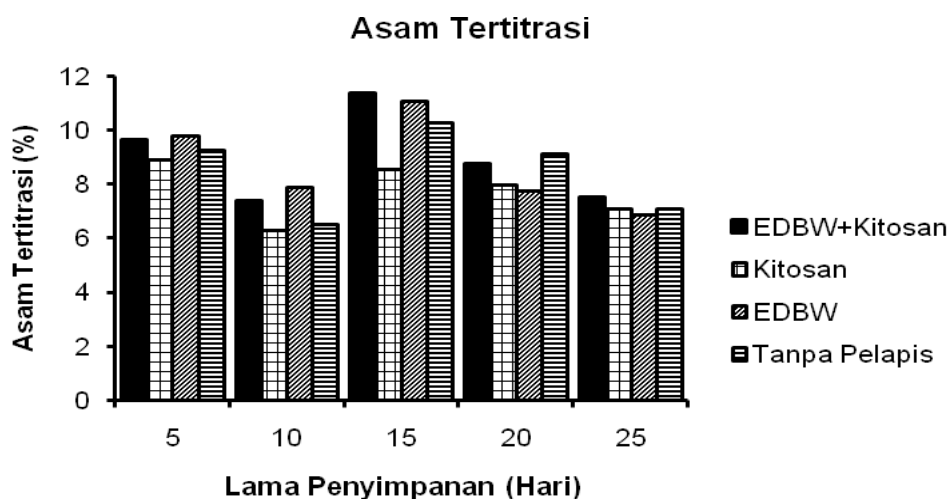
Pelapisan dengan penambahan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh baik pada perlakuan pelapisan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan kombinasi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan memiliki nilai keasaman yang masih tinggi pada pengamatan dihari ke-15. Hal tersebut dimungkinkan karena pelapisan yang digunakan, 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 5. 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

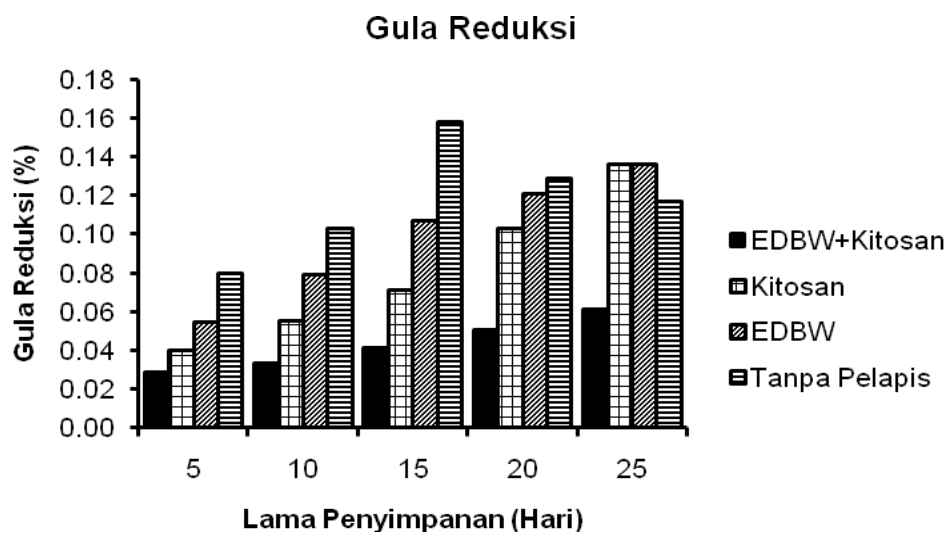
Keterangan : angka rerata yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom menunjukkan tidak ada beda nyata berdasarkan hasil DMRT pada taraf 5 %.

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 6. 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 %.

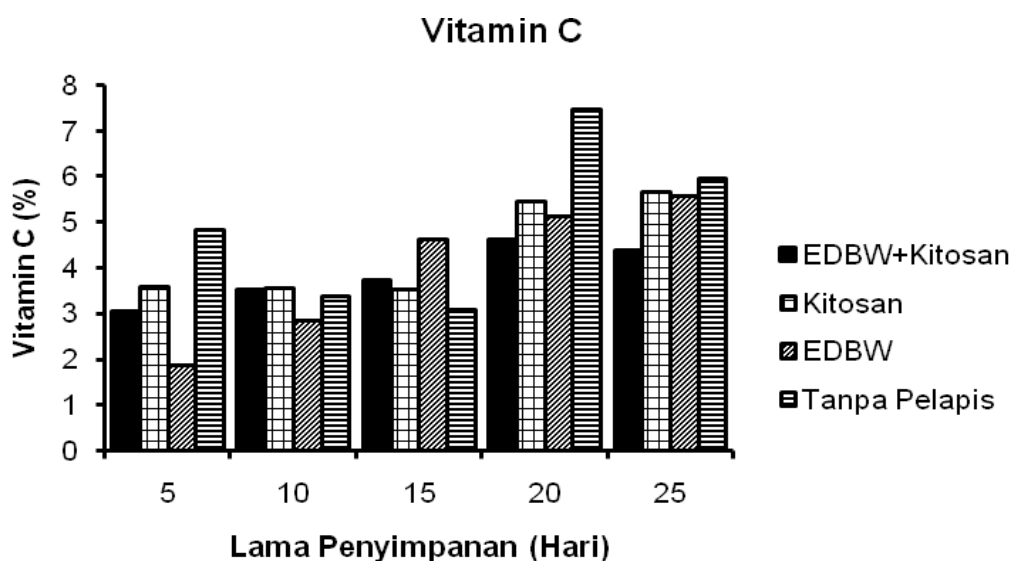
Berdasarkan hasil sidik ragam Vitamin C (lampiran 4.E.1-5) dapat dilihat bahwa perbedaan rerata antar perlakuan terjadi pada hari ke-5 sampai dengan akhir pengamatan. Tabel 7 menunjukkan bahwasannya kandungan vitamin C pada pengamatan di hari ke-5, hari ke-15 dan sampai dengan akhir pengamatan terdapat 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 7. Kandungan Vitamin C buah tomat setelah aplikasi ekstrak Belimbing Wuluh dan perlakuan Tanpa Pelapis 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 *ripening* 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

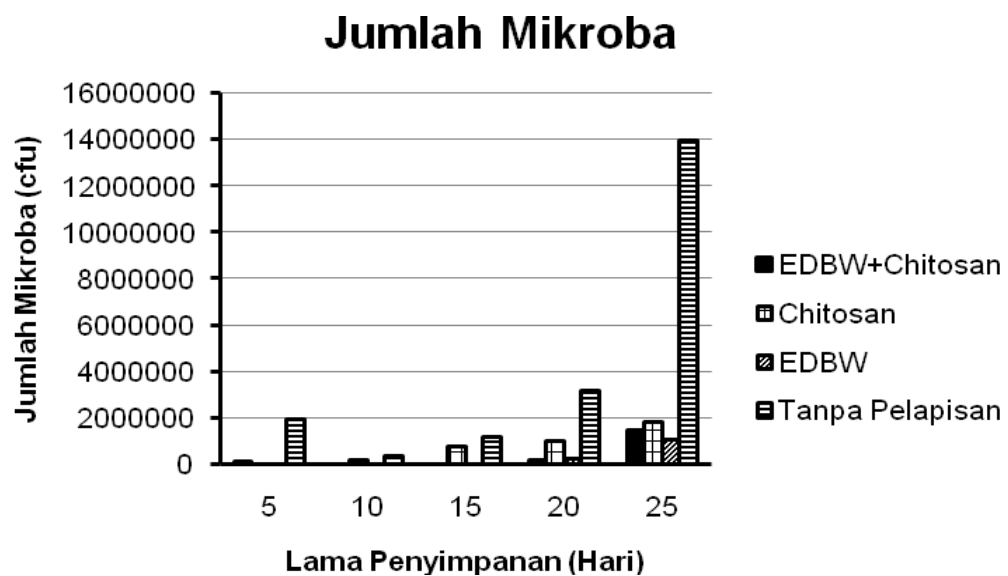
menghambat pertumbuhan bakteri. Kemampuan dalam menekan pertumbuhan bakteri disebabkan Kitosan memiliki polikation bermuatan positif yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri dan kapang (Wardaniati, 2009). Namun, penambahan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh sebagai antibakteri memiliki pengaruh yang nyata 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 8. 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).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Pemberian Kitosan dan atau Ekstrak Daun Belimbing Wuluh menghasilkan pengaruh yang berbeda secara signifikan dengan perlakuan Tanpa Pelapis pada semua parameter yang diamati. Kitosan yang ditambah Ekstrak Daun Belimbing Wuluh berpengaruh nyata pada parameter Kekerasan, Susut Berat, Warna, Asam Tertitrasi, Vitamin C, Gula Reduksi, dan Jumlah Mikroba.
2. Perlakuan pelapisan dan penambahan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh mampu mempertahankan kualitas dan memperpanjang umur simpan menjadi 25 hari.

B. Saran

1. Perlu diadakannya pengkajian ulang mengenai komposisi bahan pelapis yang digunakan, ketebalan pelapisan diduga memberikan pengaruh tersendiri pada buah tomat.
2. Perlu adanya penelitian mengenai lama perendaman pada larutan bahan pelapis.
3. Perlu adanya penelitian mengenai bahan pelapis alternatif yang dapat menggantikan tepung kanji.
4. Perlu dilakukan ekstraksi belimbing wuluh yang lebih baik, sehingga diperoleh ekstrak yang lebih murni.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, U. 2013. Teknologi Penanganan Pascapanen Buah dan Sayuran. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Anggareni, Andi. 2012. *Uji Kualitatif Kandungan Pektin Pada Buah*. <http://http://andianggarenianggi.blogspot.com/2012/09/uji-kualitatif-kandungan-pektin-pada-buah> (diakses 28 Februari 2014).
- Anonim. 2012. permintaan sayuran. <http://balitsa.com>. Akses 27 Juni 2015.
- Anonim. 2014. Batang belimbing wuluh. <http://belimbing.com>. Akses 10 September 2014.
- Anugerah Huse M. 2012. Aplikasi *Edible Coating* dari Karagenan dan Gliserol untuk Mengurangi Penurunan Kerusakan Apel Romebeauty. Teknologi Industri Pertanian, FTP. Universitas Brawijaya. 2012.
- AOAC International. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International, Gaithersburg, USA.
- Arga Safitri A. 2012. Studi Pembuatan *Fruit Leather* Mangga-Rosella. [Skripsi]. Makasar (Indonesia). Universitas Hasanuddin Makasar; 2012.
- Bari, L., P. Hasan, N. Absar, M.E. Haque, M.I.I.E. Khuda, M.M. Pervin, S. Khatun, dan M.I. Hossain. 2006. Nutritional Analysis of Local Varieties of Papaya (*Carica papaya* L.) at Different Maturation Stages. Pakistan J. Biol. Sci. 9:137- 140.
- Dewi. 2013. PEGARUH TINGKAT KEMATANGAN SAAT PANEN DAN SUHU PENYIMPANAN (Pasca Panen). <http://deedeewii.blogspot.com/2013/09/pegaruh-tingkat-kematangan-saat-panen.html>. diakses pada 10 Juni 2015.
- Direktorat Jendral Hortikultura. 2012. www.hortikultura.deptan.go.id. Upaya Pengembangan Kawasan Buah Unggulan Tropika untuk Ekspor. [terhubung berkala] <http://www.deptan.go.id>. [2 Mei 2015].
- El Ghaouth. 1992. Konsentrasi Kitosan untuk Memperpanjang Umur Simpan Buah Tomat. Gramedia. Jakarta.

- Ririn Ernawati, Ir. H. Nafi Ananda Utama, Riska Sukmawati, Fatia Mahdi Ibnu, Faqih Nur Hidayat, M.S.2015. EKSTRAK BELIMBING WULUH: ANTIMIKROBA PADA *EDIBLE COATING* MURAH DAN SEHAT. PKM (tidak dipublikasikan).
- Faradisa, M. 2008. Uji Efektifitas Antimikroba Senyawa Saponin Dari BatangTanaman Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi Linn*). Skripsi Jurusan Kimia UIN Malang. Malang.
- Ganiswarna, S. 1995, *Farmakologi dan Terapi*, Ed. Ke-4. Penerbit UI, Jakarta.
- Goosen, M.F.A. 1997. *Application of Chitin andKitosan*. TechnomicPub.Co.,Inc., Lancaster.
- Guether, E. 1987. *Minyak Atsiri*. Jilid I. Terjemahan Ketaren S. Jakarta: Universitas Jakarta
- Gusti I Ayu Istri Praminingrat Aryadi. 2014. PENGARUH EKSTRAK DAUN MENGGUDU (*Morinda citrifolia L.*) TERHADAP PERTUMBUHAN *Staphylococcus aureus* SEBAGAI PENYEBAB ABSES PERIODONTAL SECARA *IN VITRO*. Skripsi Jurusan Kedokteran Gigi. Universitas Mahasaraswati Denpasar. Denpasar.
- Helyes, L. Z dan A. Lugasi. 2006. Tomato Fruit Quality and Content Depend on Stage of Maturity. *Hort Science*. 41:1400-1401.
- Hobson, G.E. and Grierson, D. 1993. Tomato. In Burg, S.P. (Ed.). *Postharvest Physiology and Hypobaric Storage of Fresh Produce*. CABI Publishing. USA.
- Hofman PJ, Smith LG, Joyce DC, dan Johnson GI.1997. Bagging of Mango (*Mangifera indica cv Keitt*) Fruit Influence Fruit Quality and Mineral Composition. *Postharvest Biol. And Technol*. 12 :285-292.
- Jerry A. Bartz, Steven A. Sargent, and Michael Mahovic. 2013. Guide to Identifying and Controlling Postharvest Tomato Diseases in Florida. <http://edus.ifas.ufl.edu>. Diakses pada 14 Mei 2016.
- Jiang, dan Tsang, G. 2005.*Lycopene in Tomatoes and Prostate Cancer*.<http://www.healthcastle.com>. Akses 15 Mei 2014.
- Kader A A. 1985. *Modified atmospheres and Low-pressure Syestems during Transport and Storage p 58-64*. In : A. A. Kader (ed.). *postharvesttechnology of horticultural crops*. Univ. Calif., Oakland, Calif.

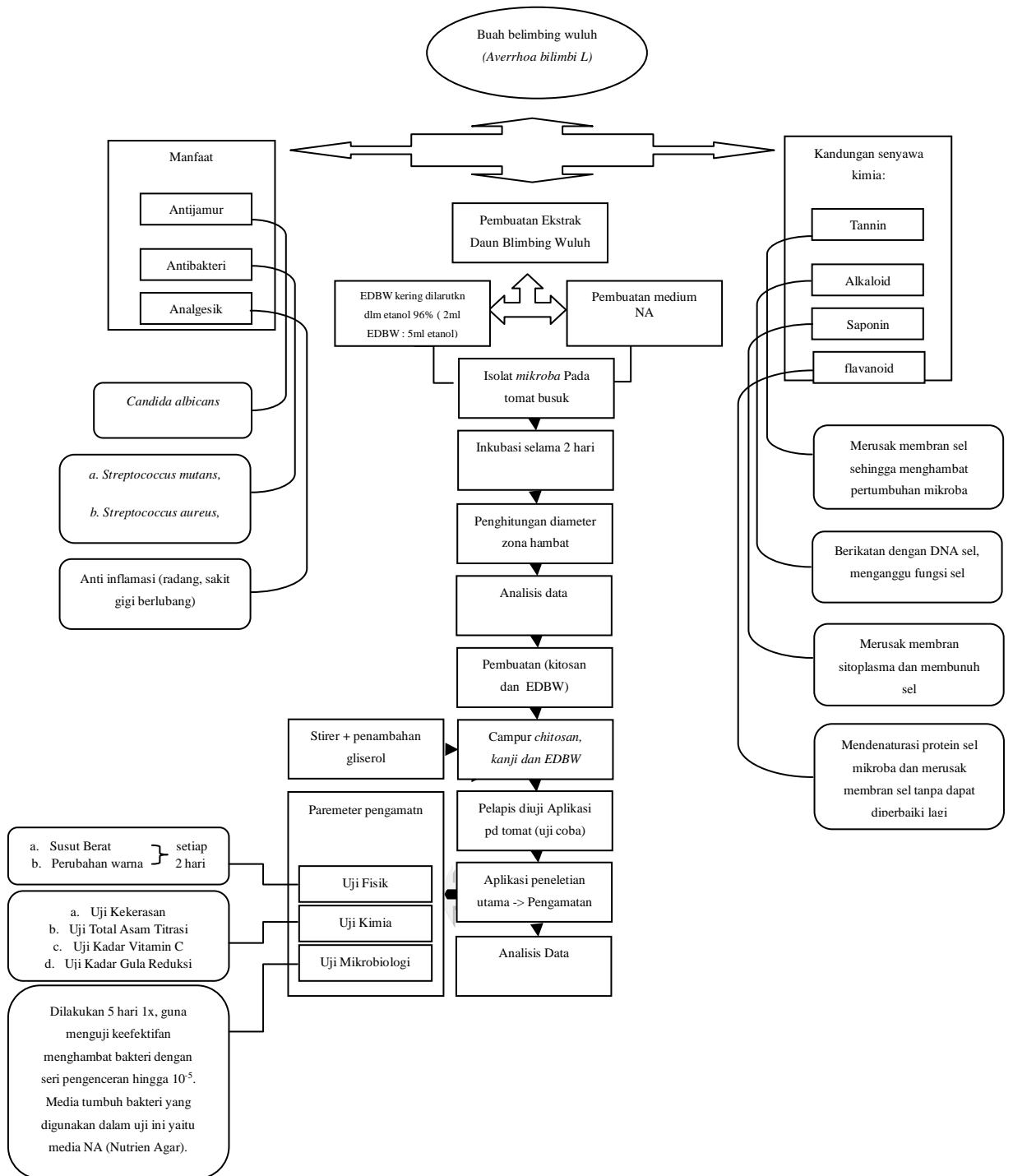
- Kays, S. 1991. *Postharvest physiology of perishable plant product*. New York. AVI Book.
- Kartosapoetro, AG. 1994. *Tehnologi Penanganan Pasca Panen*. Rineka Cipta, Jakarta
- Knorr, D., 1984, *Dye Binding Properties of Chitin and Kitosan*, *J. Food Sci.*, New York.
- Kismaryanti, A. 2007. *Aplikasi Gel Lidah Buaya (Aloe vera) Sebagai Edible Coating Pada Pengawetan Tomat (Lycopersicon esculentum)*. Fakultas Teknologi Pertanian. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Krochta. *Edible Coating and Film to Improve Food Quality.*; CRC Press; New York. 1994.
- Lathifa H. Pengaruh Jenis Pati Sebagai Bahan *Edible Coating* dan Suhu Penyimpanan Terhadap Kualitas Buah Tomat. (Skripsi). Malang (Indonesia): Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim; 2013.
- Latifah, Tita S. 2000. Skripsi : Pengaruh Umur Panen dan Periode Simpan Terhadap Kualitas Buah Jeruk Besar (*Citrus grandis* L. Osbeck). Jurusan Budi Daya Pertanian. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Lestari. 2008. *Edible Coating*. Kanisius. Yogyakarta.
- Litbangkes, 2001, *Inventaris Tanaman Obat Indonesia Edisi ke1 Jilid 1*. Depkes RI. Jakarta.
- Marlina L., Y. Aris Purwanto, Usman Ahmad. 2014. Aplikasi Pelapisan Kitosan dan Lilin Lebah untuk Meningkatkan Umur Simpan Salak Pondoh. *Jurnal Keteknikan Pertanian* Vol. 28 (1).
- Matto, A. K., T. Murata, Er. B. Pantastico, K. Chachin, K. Ogata dan C. T Phan. 1989. Perubahan-perubahan kimiawi selama pematangan dan penuaan, p. 160-197. Dalam Er. B. Pantastico (Ed.). *Fisiologi Pasca Panen Penanganan dan Pemanfaatan Buah-buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika*. Terjemahan dari *Postharvest Physiology, Handling and Utilization Tropical and Sub-tropical Fruits and Vegetables*. Diterjemahkan oleh Kamariyani. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Mikasari, Wilda. 2004. *Kajian Penyimpanan dan Pematangan Buah Pisang Raja (Musa paradisiacavar Sapientum L.) dengan Metode Pentahapan Suhu*. Tesis. Pasca Sarjana. Bogor.

- Muchtadi, D. 1992. Fisiologi Pascapanen Sayuran dan Buah-buahan [Petunjuk Praktikum]. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, IPB. Bogor.
- Muchtadi, T. R., Sugiono, dan F. Ayustaningwarno. 2010. Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan. Alfabeta. Bandung.
- Mukhlisoh W. Pengaruh Ekstrak Tunggal dan Gabungan Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi Linn*) terhadap Efektivitas Antibakteri secara In Vitro. [Skripsi]. Malang (Indonesia): Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim; 2010.
- Ni Putu Iga Savitri. 2014. EFEKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK DAUN BELIMBING WULUH (*Averrhoa bilimbi L*) TERHADAP BAKTERI MIX SALURAN AKAR GIGI. Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Mahasaraswati Denpasar. [Skripsi]. Denpasar.
- Novita, M.; Satriana, M.; Syarifah R.; Etria, H. Pengaruh Pelapisan Kitosan Terhadap
- Pantastico, E. B., A.K. Mattoo dan C.T.Phan. 1986. Fisiologi Pasca Panen, Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Pantastico R. B. 1993. Fisiologi Pascapanen : Penanganan dan Pemanfaatan Buah-buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika. Terjemahan Kamariyani. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Rudito. 2005. Perlakuan Komposisi Gelatin dan Asam Sitrat dalam Edible Coating yang Mengandung Gliserol pada Penyimpanan Tomat. *Jurnal Teknologi Pertanian*, Vol. 6 No. 1 (April 2015) 1-6
- Robert, G.A.F. 1992. *Chitin Chemistry*. The Macmillan Press Ltd., London.
- Sa'adah L. 2010. Isolasi Dan Identifikasi Senyawa Tanin Dari Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi L.*) . [Skripsi]. Makasar (Indonesia). Universitas Islam Negeri (Uin) Maulana Malik Ibrahim Malang; 2010.
- Santoso B.B dan B.S. Purwoko. 1995. Fisiologi dan Teknologi Pasca Panen Tanaman Hortikultura. Indonesia Australia University Project, Universitas Mataram. Mataram.
- Seminar et al 2006. Uji Dan Aplikasi Komputasi Paralel Pada Jaringan Syaraf Probabilistik (PNN) Untuk Proses Klasifikasi Mutu Tomat. *Jurnal Teknologi*. Edisi No. 1. Tahun XX, Maret 2006, 34-45.
- Simpson, B.K. 1997. *Utilization of Kitosan for Preservation of Raw Shrimph*. *Food Biotechnology II*. 25-44.

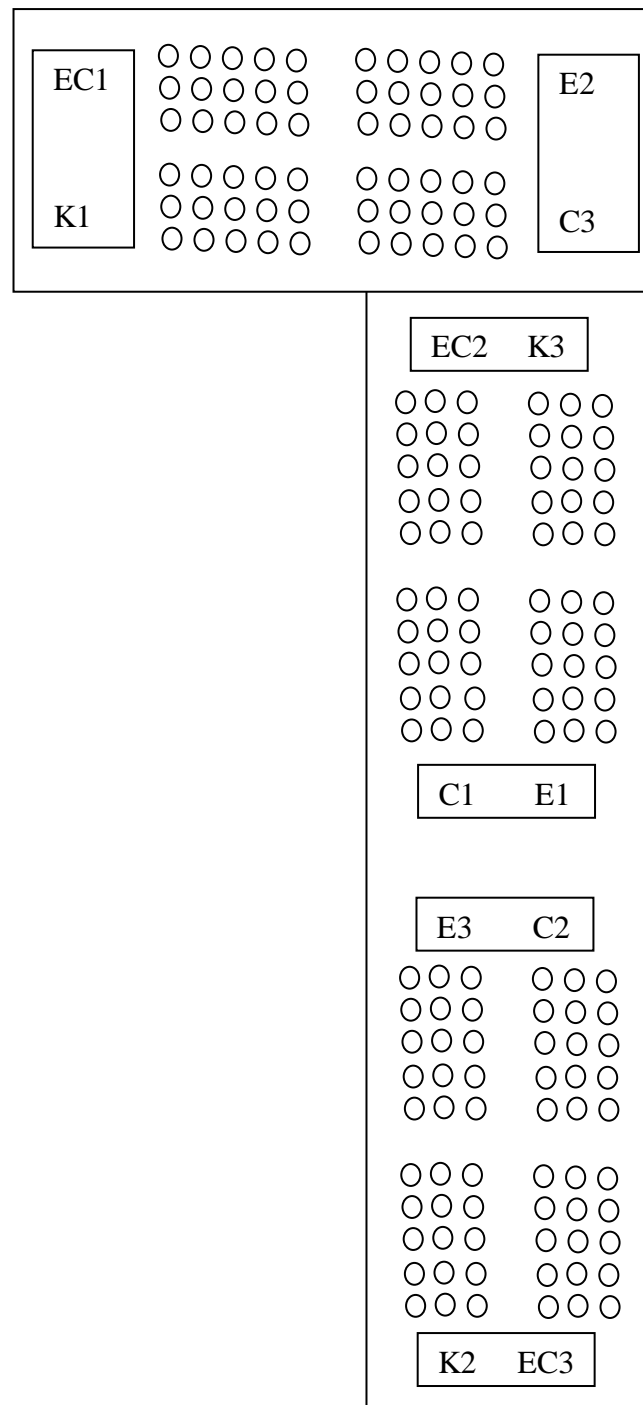
- Suseno, S.H. 2006. *Kitosan Pengawet Alami Alternatif Pengganti Formalin* dalam Semiloka & Temu Bisnis : Teknologi untuk Peningkatan Daya Saing Wilayah Menuju Kehidupan yang Lebih Baik. Jeparatech Expo 11 – 15 April 2006, Jepara.
- Sholeha S.F., Dedy Wirawan Soedibyo., Sutarsi. 2015. Kajian Sifat Fisik Dan Kimia Buah Tomat (*Lycopersium esculentum* Mill) Menggunakan Pengolahan Citra. *Berkala Ilmiah PERTANIAN. Volume 1, Nomor 1, November 2015, hal 1-6.*
- Swastawati, et al. (2008). Pemanfaatan Limbah Kulit Udang menjadi Edible Coating Untuk Mengurangi Pencemaran Lingkungan. Jurusan Perikanan Universitas Diponegoro. 04 (04), 101-106
- Ummah MK. 2010. Ekstraksi dan Pengujian Aktivitas Antibakteri Senyawa Tanin pada Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi Linn*). [Skripsi]. Malang (Indonesia): Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim; 2010.
- Wardaniati, R.A dan Setyaningsih, S, 2009. Pembuatan Kitosan dari Kulit Udang dan Aplikasinya untuk Pengawetan Bakso. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Undip. Semarang. Diakses dari http://eprints.undip.ac.id/1718/1/mkalah_penelitian_fix.pdf pada tanggal 10 Juli 2015.
- Widodo, S.E., Zulferiyenni dan D.W. Kusuma. 2013. Pengaruh Penambahan Benzilalena pada Pelapis Kitosan Terhadap Mutu dan Masa Simpan Buah Jambu Biji “Crystal”. *Jurnal Agrotek Tropika* Vol. 1: 55-60.
- Wijayakusuma, H., Dalimarta, S., 2006, *Ramuan Tradisional Untuk Pengobatan Darah Tinggi*, 45-46, Jakarta, Penebar Swadaya.
- Winarno, F. G. 1997. Kimia Pangan dan Gizi. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Winarno FG. 2002. Fisiologi Lepas Panen Produk Hortikultura. Penerbit M-Brio Press. Bogor.
- Wills R, McGlasson B, Graham D, dan Joyce D. 2007. *Postharvest, an introduction to the physiology and handling of fruits, vegetables and ornamentals*. 4th ed. UNSW Press.
- Willes, J. V. (2000). *Water Vapor Transmission Rates of Kitosan Film*. *Journal of Food Science*. vol 60, no 7.
- Zulkarnain, H. 2010. Dasar-dasar Hortikultura. Bumi Aksara. Jakarta. 336 hal.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kerangka Kegiatan



Lampiran 2. Lay Out Penelitian



Keterangan

Perlakuan C = Pelapisan dengan Kitosan

Perlakuan E = Pelapisan dengan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh

Perlakuan EC = Pelapisan dengan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh dan Kitosan

K = Tanpa Perlakuan


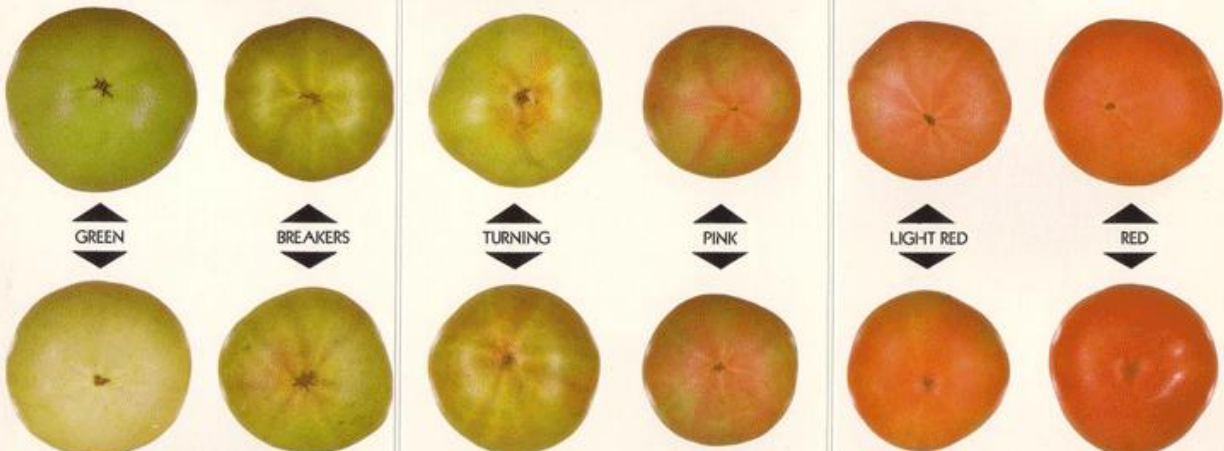
1,2,3 = Ulangan

Lampiran 3. Index Warna

COLOR CLASSIFICATION REQUIREMENTS IN
 UNITED STATES STANDARDS FOR GRADES OF FRESH

TOMATOES

United Fresh Fruit and Vegetable Association
 in cooperation with
 U. S. Department of Agriculture
 Agricultural Marketing Service
 Fruit and Vegetable Division
 U.S.D.A. Visual Aid TM-L-1; February '75
 The John Henry Company
 P.O. Box 1410, Lansing, Mich. 48904

(1) "Green" means that the surface of the tomato is completely green in color. The shade of green color may vary from light to dark;

(2) "Breakers" means that there is a definite break in color from green to tannish-yellow, pink or red on not more than 10 percent of the surface;

(3) "Turning" means that more than 10 percent but not more than 30 percent of the surface, in the aggregate, shows a definite change in color from green to tannish-yellow, pink, red, or a combination thereof;

(4) "Pink" means that more than 30 percent but not more than 60 percent of the surface, in the aggregate, shows pink or red color;

(5) "Light red" means that more than 60 percent of the surface, in the aggregate, shows pinkish-red or red. Provided, That not more than 90 percent of the surface is red color; and,

(6) "Red" means that more than 90 percent of the surface, in the aggregate, shows red color.

The above photographs are only guides illustrating the shade and percentage of surface color specified for each of the color terms. These photographs do not necessarily depict absolute limits of minimum or maximum shades and/or percentage of color required for each term.

Lampiran 4. Hasil Sidik Ragam

A. Susut Berat

1. Hari ke-2

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	0.54	0.18	0.77	0.5437ns
Galat	8	1.88	0.23		
Total	11	2.42			

Keterangan : ns (*non significant*)

2. Hari ke-4

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	0.72	0.24	0.40	0.7599ns
Galat	8	4.87	0.61		
Total	11	5.59			

Keterangan : ns (*non significant*)

3. Hari ke-6

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	2.77	0.92	0.83	0.5207ns
Galat	8	0.06	1.13		
Total	11	11.833			

Keterangan : ns (*non significant*)

4. Hari ke-8

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	7.49	2.50	1.45	0.2988ns
Galat	8	13.76	1.72		
Total	11	21.25			

Keterangan : ns (*non significant*)

5. Hari ke-10

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	2.54	0.85	0.45	0.7217ns
Galat	8	14.92	1.87		
Total	11	17.47			

Keterangan : ns (*non significant*)

6. Hari ke-12

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	9.05	3.02	1.90	0.2084ns
Galat	8	12.71	1.59		
Total	11	21.76			

Keterangan : ns (*non significant*)

7. Hari ke-14

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	18.69	6.23	4.88	0.0325s
Galat	8	10.22	1.28		
Total	11	28.92			

Keterangan : s (*significant*)

8. Hari ke-16

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	33.10	11.03	4.95	0.0313s
Galat	8	17.82	2.23		
Total	11	50.92			

Keterangan : s (*significant*)

9. Hari ke-18

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	53.93	17.98	8.02	0.0085s
Galat	8	17.93	2.24		
Total	11	71.86			

Keterangan : s (*significant*)

10. Hari ke-20

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	122.43	40.81	9.42	0.0053s
Galat	8	34.64	4.33		
Total	11	157.08			

Keterangan : s (*significant*)

11. Hari ke-22

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	176.26	58.75	14.66	0.0013s
Galat	8	32.06	4.01		
Total	11	208.32			

Keterangan : s (*significant*)

12. Hari ke-24

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	231.48	77.16	17.23	0.0008s
Galat	8	35.83	4.48		
Total	11	267.31			

Keterangan : s (*significant*)

13. Hari ke-26

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	398.29	132.76	23.68	0.0002s
Galat	8	44.84	5.61		
Total	11	443.14			

Keterangan : s (*significant*)

14. Hari ke-28

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	505.03	168.34	23.65	0.0002s
Galat	8	56.95	7.12		
Total	11	561.98			

Keterangan : s (*significant*)

B. Kekerasan

1. Hari ke-5

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	0.08	0.03	1.62	0.2604ns
Galat	8	0.13	0.02		
Total	11	0.21			

Keterangan : ns (*non significant*)

2. Hari ke-10

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	0.04	0.014	14.08	0.0015s
Galat	8	0.01	0.001		
Total	11	0.05			

Keterangan : s (*significant*)

3. Hari ke-15

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	0.04	0.01	9.72	0.0048s
Galat	8	0.01	0.001		
Total	11	0.05			

Keterangan : s (*significant*)

4. Hari ke-20

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	0.05	0.02	23.73	0.0002s
Galat	8	0.01	0.001		
Total	11	0.05			

Keterangan : s (*significant*)

5. Hari ke-25

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	0.06	0.02	22.50	0.0003s
Galat	8	0.01	0.001		
Total	11	0.07			

Keterangan : s (*significant*)

C. Asam Tertitrasi

1. Hari ke-5

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	1.60	0.53	0.48	0.7028ns
Galat	8	8.78	1.10		
Total	11	10.37			

Keterangan : ns (*non significant*)

2. Hari ke-10

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	5.09	1.70	1.47	0.2947ns
Galat	8	9.24	1.15		
Total	11	14.33			

Keterangan : ns (*non significant*)

3. Hari ke-15

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	14.48	4.83	3.27	0.0800ns
Galat	8	11.81	1.48		
Total	11	26.30			

Keterangan: ns (*non significant*)

4. Hari ke-20

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	3.76	1.25	1.93	0.2040ns
Galat	8	5.20	0.65		
Total	11	8.96			

Keterangan: ns (*non significant*)

5. Hari ke-25

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	0.74	0.25	0.67	0.5957ns
Galat	8	2.95	0.37		
Total	11	3.68			

Keterangan : ns (*non significant*)

D. Gula Reduksi

1. Hari ke-5

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	0.004	0.001	2.02	0.1894ns
Galat	8	0.005	0.001		
Total	11	0.009			

Keterangan : s (*significant*)

2. Hari ke-10

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	0.008	0.002	6.20	0.0176s
Galat	8	0.003	0.0004		
Total	11	0.011			

Keterangan : s (*significant*)

3. Hari ke-15

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	0.022	0.007	14.55	0.0013s
Galat	8	0.004	0.001		
Total	11	0.026			

Keterangan : s (*significant*)

4. Hari ke-20

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	0.011	0.003	11.57	0.0028s
Galat	8	0.002	0.0003		
Total	11	0.013			

Keterangan : s (*significant*)

5. Hari ke-25

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	0.011	0.004	10.50	0.0038s
Galat	8	0.003	0.0004		
Total	11	0.014			

Keterangan : s (*significant*)

E. Vitamin C

1. Hari ke-5

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	13.51	4.50	2.58	0.1266ns
Galat	8	13.99	1.75		
Total	11	27.50			

Keterangan : ns (*non significant*)

2. Hari ke-10

Sumber	Db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	0.98	0.33	1.19	0.3739ns
Galat	8	2.29	0.27		
Total	11	3.27			

Keterangan : ns (*non significant*)

3. Hari ke-15

Sumber	Db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	3.83	1.28	17.12	0.0008s
Galat	8	0.59	0.07		
Total	11	4.43			

Keterangan : s (*significant*)

4. Hari ke-20

Sumber	Db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	13.85	4.62	4.88	0.0325s
Galat	8	7.57	0.95		
Total	11	21.42			

Keterangan : s (*significant*)

5. Hari ke-25

Sumber	Db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	4.08	1.36	6.23	0.0173s
Galat	8	1.75	0.22		
Total	11	5.83			

Keterangan : s (*significant*)

F. Mikrobiologi

1. Hari ke-5

Sumber	Db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	8.33×10^{12}	2.78×10^{12}	5.20	0.0277s
Galat	8	4.27×10^{12}	5.34×10^{11}		
Total	11	1.26×10^{13}			

Keterangan : s (*significant*)

2. Hari ke-10

Sumber	Db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	2.32×10^{11}	7.75×10^{10}	4.53	0.0388s
Galat	8	1.37×10^{11}	1.71×10^{10}		
Total	11	3.69×10^{11}			

Keterangan : s (*significant*)

3. Hari ke-15

Sumber	Db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	2.87×10^{12}	9.56×10^{11}	4.28	0.0445s
Galat	8	1.79×10^{12}	2.23×10^{11}		
Total	11	4.66×10^{12}			

Keterangan : s (*significant*)

4. Hari ke-20

Sumber	Db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	1.80×10^{13}	6.01×10^{12}	1.96	0.1981ns
Galat	8	2.44×10^{13}	3.06×10^{12}		
Total	11	4.25×10^{13}			

Keterangan : ns (*non significant*)

5. Hari ke-25

Sumber	db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung	Prob.
Model	3	3.54×10^{14}	1.18×10^{14}	33.57	<0.0001s
Galat	8	2.81×10^{13}	3.51×10^{12}		
Total	11	3.82×10^{14}			

Keterangan : s (*significant*)

Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian

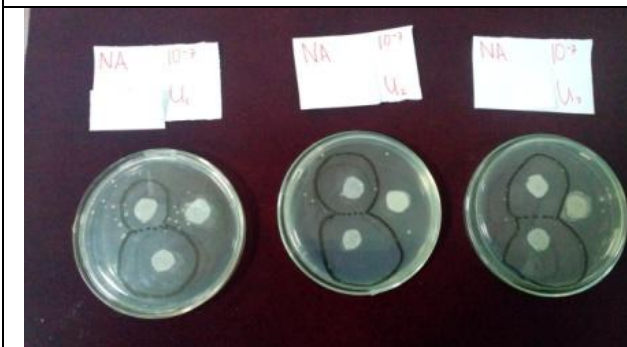
Kegiatan Penelitian	
 <p>A photograph showing the preparation of research materials. In the foreground, there are three bottles of disinfectant: one blue bottle labeled 'SPIRTUS' and two white bottles labeled 'Alkohol 96%'. All bottles have labels from 'CV GENERAL LABORA'. In the background, there is a brown cardboard box with a white label that reads 'BUAH TOMAT' and '1.4.1810'. Other items include a green and white patterned bag, a purple plastic bag, and a pink object.</p>	 <p>A photograph of a tomato field. The plants are tall and green, with many small green tomatoes hanging from the vines. The ground is covered with white plastic mulch. The background shows more rows of similar plants under a bright sky.</p>
<p>a. Persiapan alat dan bahan</p>	<p>b. Keadaan lahan buah tomat</p>
 <p>A photograph of a cardboard box filled with tomatoes. The tomatoes are arranged in rows and are in various stages of ripeness, ranging from green to yellow-orange. They are packed on a bed of newspaper or similar protective material.</p>	 <p>A photograph showing a long line of tomatoes on a white table. The tomatoes are being sorted, with some showing signs of ripening. In the background, several people are visible, some wearing white lab coats, engaged in the sorting process.</p>
<p>c. Pengangkutan</p>	<p>d. Sortasi</p>



e. Pencucian dan Perebusan Alat



f. Sterilisasi Alat dan Bahan



g. Uji Daya Hambat



h. Penuangan media



i. Uji Mikrobiologi



j. Uji Gula Reduksi



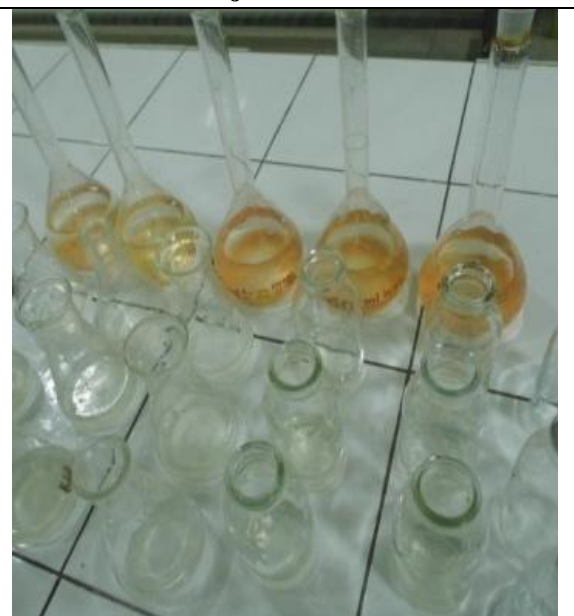
k. Peneraan dengan Spectrofotometer



l. Uji Kekerasan



m. Uji Asam Tertitrasi



n. Uji Vitamin C



o. Penumbukan Sampel



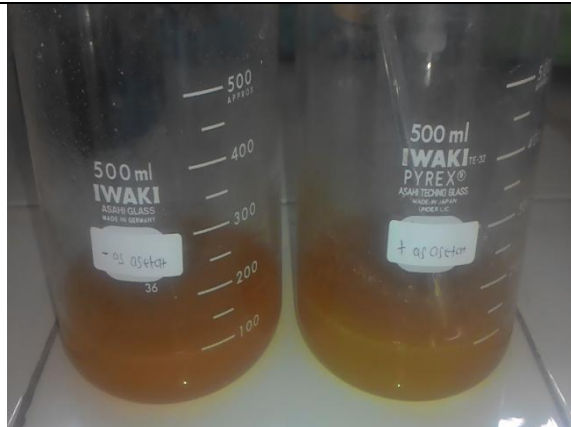
p. Penimbangan Sampel



q. Bahan Pembuat Pelapis



r. Bahan Media NA



s. Uji pembuat pelapisan 1



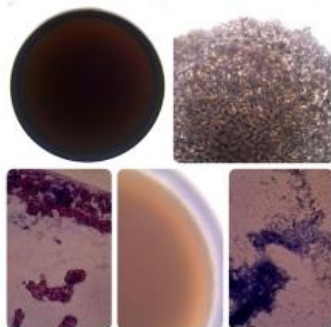
t. Uji pembuat pelapis 2



u. Uji Pembuat Pelapis 3



v. Uji Pendahuluan



w. Hasil Karakterisasi























x. Sertifikat Kitosan Murni



y. Pembuatan ekstrak



z. Aplikasi

Pengamatan Warna Buah Tomat				
	Tanpa Pelapisan	RDBW+Citosan	EDBW	Kitosan
H0				
H4				
H8				
H12				
H16				

H20



H24

