



**PENGGUNAAN INDIKATOR FILM EDIBLE BERBASIS
ANTOSIANIN BUNGA SEPATU (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) UNTUK
MONITORING KESEGERAN TOMAT CERI (*Solanum
lycopersicum* var. *cerasiforme*)**

SKRIPSI

Oleh:

Dewi Enggar Fitriani

NIM 152210101044

BAGIAN KIMIA DAN BIOSENSOR

FAKULTAS FARMASI

UNIVERSITAS JEMBER

2019



**PENGGUNAAN INDIKATOR FILM EDIBLE BERBASIS
ANTOSIANIN BUNGA SEPATU (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) UNTUK
MONITORING KESEGERAN TOMAT CERI (*Solanum
lycopersicum* var. *cerasiforme*)**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Farmasi
dan mencapai gelar Sarjana Farmasi

Oleh:

Dewi Enggar Fitriani

NIM 152210101044

BAGIAN KIMIA DAN BIOSENSOR

FAKULTAS FARMASI

UNIVERSITAS JEMBER

2019

PERSEMBAHAN

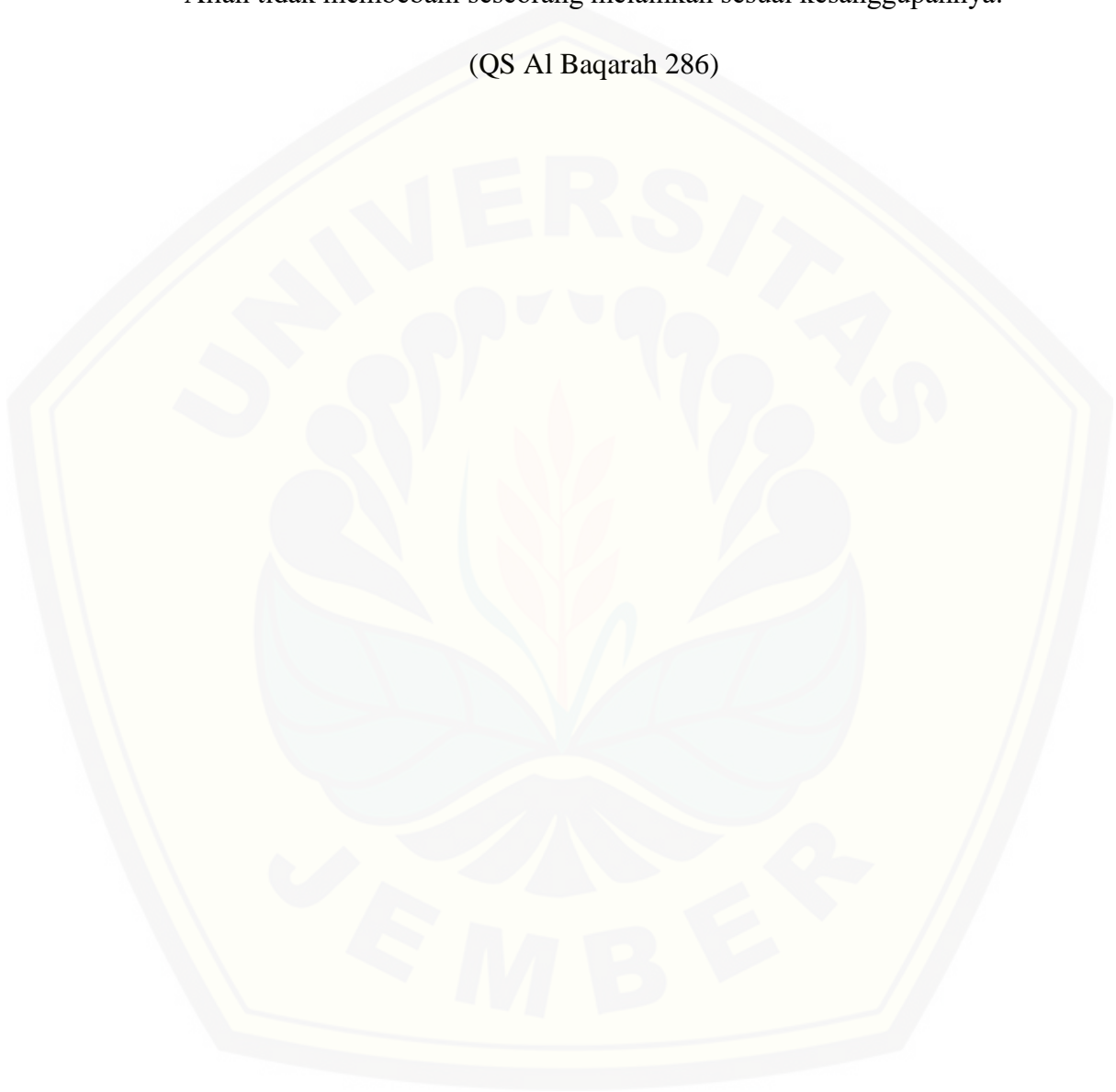
Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan rahmat dan karunia sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Almarhum ayah yang telah membimbing dan menguatkan saya dengan caranya sendiri dari alam sana.
3. Ibu tercinta yang selalu memberikan semangat, kekuatan, kasih sayang dan doa yang tak pernah putus.
4. Kakakku tersayang Eko Suhendro yang telah berperan sebagai pengganti ayah, kakak sekaligus teman yang tidak pernah lelah dan selalu tegar sehingga membuatku semangat untuk mengerjakan skripsi ini.
5. Bapak Ibu Guru SDN 3 Kedungasri, SMPN 2 Tegaldlimo, SMAN 1 Genteng dan seluruh Dosen Fakultas Farmasi Universitas Jember yang telah memberi begitu banyak ilmu dan membimbing saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Teman-teman seperjuangan yang selalu membantu dan mendoakan.
7. Almamater tercinta Fakultas Farmasi Universitas Jember.

MOTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya.”

(QS Al Baqarah 286)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dewi Enggar Fitriani

NIM : 152210101044

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Penggunaan Indikator Film *Edible* Berbasis Antosianin Bunga Sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) Untuk Monitoring Kesegaran Tomat Ceri (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 16 Juli 2019

Yang menyatakan,

Dewi Enggar Fitriani

152210101044

SKRIPSI

**PENGGUNAAN INDIKATOR FILM EDIBLE BERBASIS
ANTOSIANIN BUNGA SEPATU (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) UNTUK
MONITORING KESEGERAN TOMAT CERI (*Solanum
lycopersicum* var. *cerasiforme*)**

Oleh:

Dewi Enggar Fitriani

NIM 152210101044

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Drs. Bambang Kuswandi, M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Lesty Wulandari, S.Si., M.Farm., Apt.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Penggunaan Indikator Film *Edible* Berbasis Antosianin Bunga Sepatu (*Hibiscus rosa-Sinensis* L.) Untuk Monitoring Kesegaran Tomat Ceri (*Solanum lycopersicum* Var. *Cerasiforme*)” karya Dewi Enggar Fitriani telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Selasa, 16 Juli 2019

tempat : Fakultas Farmasi Universitas Jember

Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Prof. Drs. Bambang Kuswandi, M.Sc., Ph.D.
NIP 196902011994031002

Lestyo Wulandari, S.Si., M.Farm., Apt.
NIP 197604142002122001

Tim Penguji

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Nia Kristiningrum, S.Farm., Apt., M.Farm.
NIP 198204062006042001

Indah Purnama Sary, S.Si., M.Farm., Apt.
NIP 198304282008122004

Mengesahkan

Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember,

Lestyo Wulandari, S.Si., M.Farm., Apt.
NIP 197604142002122001

RINGKASAN

Penggunaan Indikator Film *Edible* Berbasis Antosianin Bunga Sepatu (*Hibiscus rosa-Sinensis* L.) Untuk Monitoring Kesegaran Tomat Ceri (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*); Dewi Enggar Fitriani: 152210101044 ; 2019 ; 85 halaman; Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Seiring berkembangnya waktu, kesadaran masyarakat akan kesehatan serta pentingnya nilai gizi dalam makanan yang mereka konsumsi semakin meningkat, hal tersebut diikuti tuntutan masyarakat akan tersedianya produk buah sayur berkualitas tinggi juga meningkat. Salah satu produk yang dituntut untuk memiliki kesegaran tinggi adalah tomat ceri. Sehingga perlu dikembangkan suatu alat analisa yang digunakan untuk mendeteksi kesegaran tomat ceri secara mudah dan praktis. Cara yang telah banyak dikembangkan untuk memonitoring kualitas produk salah satunya adalah dengan pangaplikasian label sensor kesegaran berbasis indikator pH dalam kemasan. Prinsip dasar dari suatu sensor pH adalah perubahan warna yang dapat diamati ketika sensor tersebut ditempatkan pada kondisi asam, netral, atau basa. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sensor kesegaran dengan indikator pH dari bahan alami yang lebih ramah lingkungan dan aman digunakan. Indikator pH yang digunakan adalah antosianin dari ekstrak bunga sepatu dengan membran film dari pati beras dan kitosan.

Dalam penelitian ini dilakukan ekstraksi bunga sepatu dengan etanol 96%, sehingga diperoleh kadar antosianin totalnya sebesar 91,564 mg/L, membran film berasal dari pati kentang dan kitosan sehingga diperoleh membran dengan tebal 0,22 mm. Kemudian dilakukan optimasi kondisi fabrikasi sensor meliputi, waktu imobilisasi, konsentrasi pengikat (PVA) dan waktu imobilisasi. Waktu imobilisasi optimum adalah 90 menit dengan konsentrasi PVA yang digunakan 1% dan perbandingan ekstrak dengan PVA 1:3. Pengamatan perubahan warna sensor dianalisa dengan program *ImageJ* dengan menggunakan nilai *mean red*.

Karakterisasi sensor yang dilakukan pada penelitian ini meliputi waktu respon, reproduibilitas, dan waktu pakai. Karakterisasi sensor dilakukan dengan mereaksikan sensor pada pH segar tomat ceri (4,89) dan pH busuk tomat ceri (4,35). Pada pH 4,89 dan 4,35 sensor menunjukkan keadaan *steady state* pada

menit ke-5 dengan nilai *mean red* berturut-turut dan 110,324 dan 127,583. Pengamatan reproduibilitas dilakukan selama 3 hari pada pH 4,89 dan 4,35 dengan 3 kali pengulangan dan menunjukkan nilai RSD <5%. Penentuan waktu pakai sensor dilakukan dengan membandingkan antara sensor yang disimpan pada suhu ruang dan suhu *chiller*, pengamatan dilakukan sampai sensor menunjukkan perubahan karakteristik dengan penurunan nilai *mean red* >15. Perubahan karakteristik sensor yang disimpan pada suhu ruang terjadi setelah hari ke-12 dan setelah hari ke-17 pada suhu *chiller*.

Aplikasi sensor kesegaran pada sampel kemasan tomat ceri menghasilkan hasil yang sesuai dengan parameter kesegaran tomat ceri. Sensor kesegaran berwarna abu-abu tua saat tomat ceri dalam keadaan segar, ungu tua saat masih segar dan aman dikonsumsi, dan warna ungu muda ketika mulai busuk dan tidak aman untuk dikonsumsi.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penggunaan Indikator Film *Edible* Berbasis Antosianin Bunga Sepatu (*Hibiscus rosa-Sinensis* L.) Untuk Monitoring Kesegaran Tomat Ceri (*Solanum lycopersicum* Var. *Cerasiforme*)”. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Fakultas Farmasi (S1) dan mencapai gelar Sarjana Farmasi.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas izin dan pertolongan-Nya, sehingga bisa menyelesaikan skripsi dan mendapatkan gelar sarjana;
2. Ibu Lestyo Wulandari, S.Si., Apt., M.Farm., selaku Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember;
3. Prof. Drs. Bambang Kuswandi., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ibu Lestyo Wulandari, S.Si., Apt., M.Farm selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah bersedia meluangkan waktu, pikiran, perhatian, dan dengan sabar membimbing penulis untuk menyelesaikan penelitian dan skripsi ini;
4. Ibu Nia Kristiningrum S.Farm, M.Sc.,Apt selaku Dosen Penguji Utama dan Ibu Indah Purnama Sary, S.Si., M.Farm., Apt.. selaku Dosen Penguji Anggota atas saran yang membangun untuk perbaikan dalam penulisan skripsi ini.
5. Ari Satia N, S.F., GDipSc., MSc-res.,PhD.,Apt selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing, memberi dukungan dan semangat penulis selama masa perkuliahan;
6. Seluruh Dosen Fakultas Farmasi Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, bimbingan pada penulis;
7. Ibu Wayan, Ibu Widi, Mbak Hani, dan Mbak Parka selaku asisten lab yang telah banyak membantu dan memudahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;

8. Almarhum Ayah dan Ibu tercinta serta Kakak Saya Eko Suhendro untuk pengorbanan, kasih sayang, kekuatan, semangat dan doa yang tidak pernah putus bagi penulis;
9. Sahabat sekaligus saudaraku Suci Kristina Wati dan Iqbal Rahmad Sidiq yang selalu menemani dan mensupportku dalam banyak hal dari kecil hingga saat ini.
10. Eka Ayu Amaliyah, sahabatku yang selalu ada dan selalu menemani kapanpun, kemanapun, dan dimanapun. Terima kasih karna tidak pernah lelah menghadapiku, selalu mensupportku dan membuat kejombloan menjadi hal yang menyenangkan. Love u to the moon and back.
11. Linggar Rhodam Krisnanda, yang menemani kehidupan masa putih abu-abu penulis dan merupakan tokoh penting yang mengajarkan banyak hal kepada penulis untuk menjadi orang yang lebih baik. Semoga Allah selalu menjagamu.
12. Retno Ayu Nitasari teman seataap yang selalu ada, yang sering jadi teman tidur, teman kekampus bareng yang selalu telat, dan menjadi mbak gofoodku dikala kemageran. Mita seftyani, adek kecil manjaku yang sangat rajin dan yang selalu memotivasiku untuk menyelesaikan skripsi ini bareng. Terima kasih selalu sabar dan telaten menghadapiku.
13. Sahabatku “CCC” yang terdiri dari Retno, Mita, Kartini, dan Yemima. Terima kasih telah menjadi teman main dan belajar semasa kuliah di Jember.
14. Sahabatku Alik, Elvira, Putri, yang menjadi panutan sifat dan tindakan. Terima kasih telah memberi semangat dan tidak bosan untuk menasehatiku.
15. Partner “BIOSENSOR ASHOY”, yang terdiri dari Mita dan Aissa serta Amongsari yang menjadi partner tugas akhirku yang selalu sabar menghadapiku yang sangat selow dan merepotkan ini. Terimakasih untuk selalu berbagi pengalaman maupun pengetahuan.
16. Saudaraku KKN 242 Desa Pesanggrahan, Situbondo yang terdiri dari Suber, Rilla, Sila, Pak Ali, Aak, Anton, Gilang dan Reza. Terimakasih untuk kebersamaannya selama 45 hari yang memberikan banyak pengalaman sekaligus pelajaran berharga.

17. Teman kosku semua yang ada di“KOS MEIKARTA”, Nanda, Retno, Ipin, Teta, Leni, Nawang, Julpa, Mbak Disty, Mbak via. Terima kasih berkat kalian aku sangat kerasan dikosan ini. love u
18. Teman-teman LIBITUM (Farmasi UNEJ 2015), kelas A 2015 yang selalu saling memberi semangat dan dukungan. Gayuh, oby, iwan, fantoni dan lainnya yang selalu ada sebagai teman dalam segala situasi.
19. Teman-temanku FASSENDEN (2015), Lina, Beryl, Juju, Mbak May, Bli Yoga, Eka, Baper, yang telah melewati jatuh bangun bersama melewati masa-masa sulit hingga masa jaya FASSENDEN. Terimakasih karena telah berproses bersama.
20. Serta untuk semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan untuk seluruh doa yang terucap tanpa sepengetahuan penulis.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan pada skripsi ini, sehingga penulis menerima saran dan kritik dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca semua.

Jember, 16 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kemasan	5
2.2 Sensor Kimia	6
2.2.1 Sensor pH	7
2.2.2 Karakterisasi Sensor	7
2.3 Sensor Kesegaran.....	8
2.4 Indikator	9
2.5 Tinjauan Antosianin	10
2.5.1 Struktur Antosianin	11
2.5.2 Karakteristik	12
2.5.3 Sumber Antosianin	13
2.6 Tinjauan Bunga Sepatu (<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.)	14
2.6.1 Klasifikasi Tanaman.....	14
2.6.2 Nama Daerah	14

2.6.3	Morfologi Tanaman.....	15
2.6.4	Kandungan Kimia.....	15
2.7	Imobilisasi Reagen	16
2.7.1	Metode Adsorpsi	17
2.7.2	Metode Enkapsulasi	17
2.7.3	Metode Entrapmen	18
2.7.4	Metode <i>Crosslinking</i>	19
2.7.5	Metode Ikatan Kovalen	19
2.8	Film <i>Edible</i>	20
2.9	Plasticizer	20
2.10	<i>ImageJ</i>	21
2.11	Tinjauan Bahan Penelitian.....	22
2.11.1	Kitosan	22
2.11.2	Pati Beras	23
2.11.3	Gliserol.....	23
2.11.4	Asam Asetat	24
2.11.5	Polivinil Alkohol (PVA).....	25
2.12	Tinjauan Sampel	25
2.12.1	Klasifikasi Tanaman	25
2.12.2	Morfologi	26
2.12.3	Kandungan Nutrisi	26
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN.....	28
3.1	Jenis Penelitian.....	28
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	28
3.3	Variabel Penelitian	28
3.3.1	Variabel Bebas	28
3.3.2	Variabel Terikat.....	28
3.3.3	Variabel Kontrol.....	28
3.4	Alat dan Bahan Penelitian	28
3.4.1	Alat	28
3.4.2	Bahan.....	29
3.5	Tahapan Penelitian	29

3.5.1 Tahap Percobaan	29
3.5.2 Diagram Alur Penelitian.....	30
3.6 Prosedur Penelitian.....	31
3.6.1 Pembuatan Ekstrak Bunga Sepatu.....	31
3.6.2 Penentuan Konsentrasi Antosianin Total	31
3.6.4 Karakterisasi Membran Film <i>edible</i>	32
3.6.5 Optimasi Film <i>Edible</i>	32
3.6.6 Fabrikasi Sensor Film <i>Edible</i>	33
3.6.7 Karakterisasi Sensor Film <i>Edible</i>	34
3.6.8 Aplikasi Indikator Film Edible pada Tomat Ceri	34
3.6.9 Analisis Data.....	35
3.6.10 Analisis Mutu dan Evaluasi Sampel Tomat Ceri	35
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Pembuatan Sensor Membran Film <i>Edible</i>.....	37
4.1.1 Pembuatan Indikator Bunga Sepatu	37
4.1.2 Pembuatan Membran Film <i>Edible</i>	38
4.2 Karakterisasi membran Film <i>Edible</i>	39
4.2.1 Ketebalan Membran Film <i>Edible</i>	39
4.2.2 Morfologi Permukaan Membran Film <i>Edible</i>	39
4.3 Pemilihan Nilai RGB	41
4.4 Optimasi Membran Film <i>Edible</i>	41
4.4.1 Optimasi Waktu Imobilisasi.....	41
4.4.2 Optimasi Perbandingan Ekstrak Dengan Pengikat.....	43
4.4.3 Optimasi Konsentrasi Pengikat	44
4.5 Fabrikasi Sensor Kesegaran Membran Film <i>Edible</i>	45
4.6 Karakterisasi Sensor Kesegaran Membran Film <i>Edible</i>.....	45
4.6.1 Waktu Respon	45
4.6.2 Reprodusibilitas.....	47
4.6.3 Waktu Pakai	47
4.7 Perubahan Warna Sensor Membran Film <i>Edible</i> Selama Penyimpanan Tomat Ceri Pada Suhu Ruang dan Suhu <i>Chiller</i>	50

4.8 Hubungan Antara Perubahan Warna Sensor Membran Film <i>Edible</i> dengan Parameter Kesegaran Tomat Ceri pada Suhu Ruang dan Suhu <i>Chiller</i>.....	51
4.8.1 Uji pH.....	51
4.8.2 Susut Bobot	53
4.8.3 Uji Tekstur.....	55
4.8.4 Uji Organoleptis	56
4.9 Aplikasi Sensor Kesegaran Membran Film <i>Edible</i> Untuk Monitoring Kesegaran Tomat Ceri.....	59
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	60
5.1 Kesimpulan.....	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN.....	66

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Sumber Dan Kandungan Senyawa Antosianin	13
Tabel 2.2 Kandungan Gizi Dalam Tiap 100 Gram Tomat Muda	27
Tabel 4.1 Hasil Penentuan Kadar Antosianin Total.....	38
Tabel 4.2 Tebal Membran Film <i>Edible</i>	39
Tabel 4.3 Hasil Analisis Intensitas Warna Dengan <i>ImageJ</i>	41
Tabel 4.4 Hasil Optimasi Waktu Imobilisasi	42
Tabel 4.5 Hasil Optimasi Perbandingan Pengikat Dengan Ekstrak.....	43
Tabel 4.6 Tingkat Kebocoran Membran Terimobilisasi Ekstrak Dan PVA Yang Direndam Akuades.....	44
Tabel 4.7 Nilai RSD <i>Mean Red</i> pH 4,89 Dan pH 4,35	47

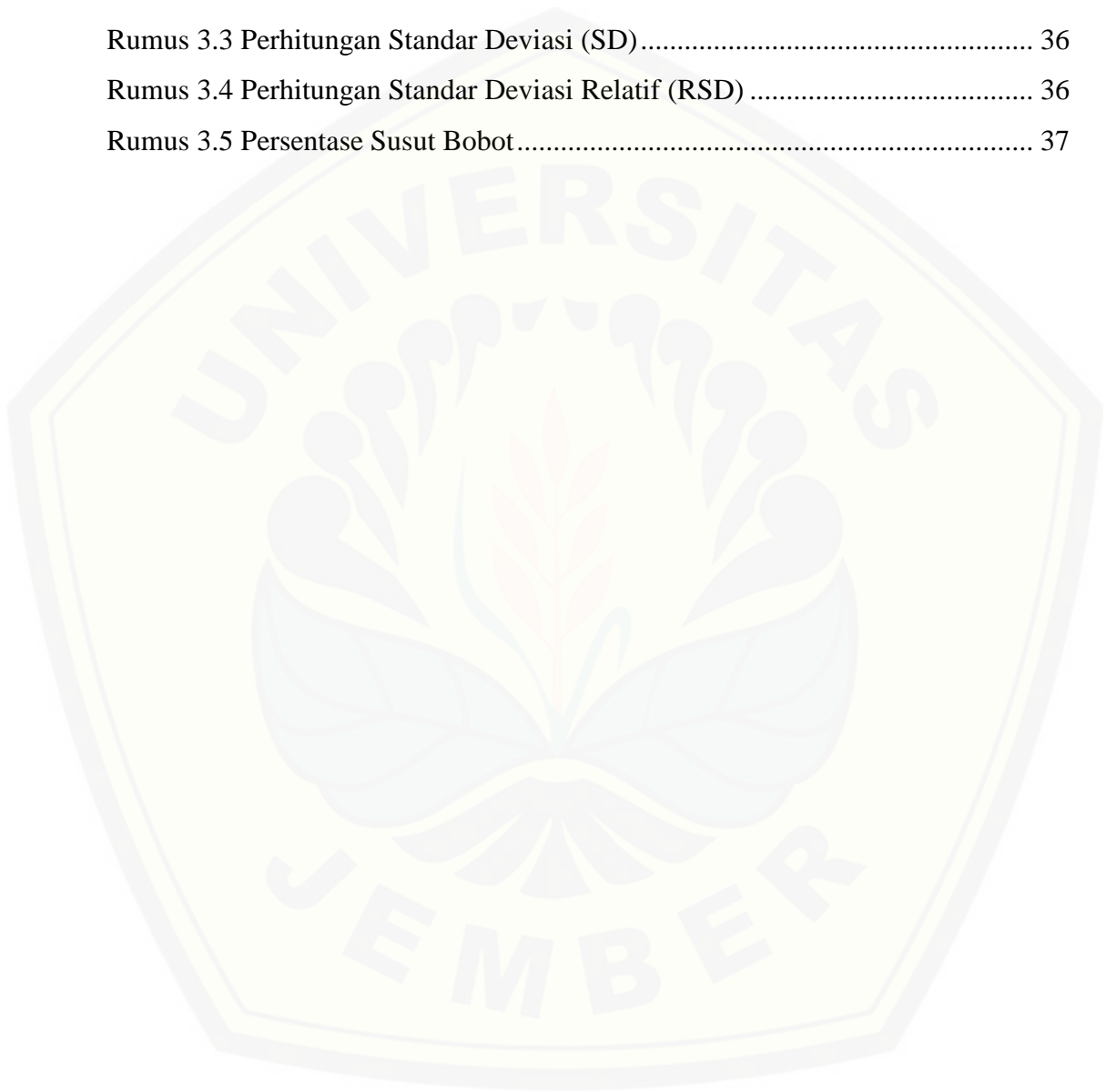
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Model Fungsi Kemasan.....	5
Gambar 2.2 Skema Sensor Kimia	6
Gambar 2.3 Kertas Lakmus (A) Dan Indikator pH Universal (B).....	7
Gambar 2.4 Struktur Kimia Senyawa Antosianin.....	11
Gambar 2.5 Struktur Umum Antosianin	12
Gambar 2.6 Reaksi Antosianin	13
Gambar 2.7 Tumbuhan Bunga Sepatu (<i>Hibiscus Rosa-Sinensis</i> L.).....	14
Gambar 2.8 Metode Adsorpsi	17
Gambar 2.9 Metode Entrapmen	18
Gambar 2.10 Metode Ikatan Kovalen.	19
Gambar 2.11 Menu-Menu Dalam Program <i>ImageJ</i>	21
Gambar 2.12 Cara Perhitungan Nilai RGB Dengan Program <i>ImageJ</i>	22
Gambar 2.13 Struktur Kitosan.	22
Gambar 2.14 Struktur Gliserol.....	23
Gambar 2.15 Struktur Asam Asetat	24
Gambar 2.16 Struktur Polivinil Alkohol (PVA)	25
Gambar 2.17 Tomat ceri (<i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>)	27
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian.....	30
Gambar 3.2 Label Indikator Film <i>Edible</i>	35
Gambar 4.1 Membran Film <i>Edible</i>	39
Gambar 4.2 Permukaan Membran Film <i>Edible</i> Perbesaran (A) Sebelum Imobilisasi (B) Setelah Imobilisasi	40
Gambar 4.3 Hubungan Antara Nilai <i>Mean Red</i> Dengan Waktu Imobilisasi	42
Gambar 4.4 Membran Terimobilisasi Dengan Ekstrak Dan PVA (A) 0,1 % (B) 1% (C) 1,5% Dan (D) 2% Yang Direndam akuades.....	44
Gambar 4.5 Grafik Waktu Respon (A) pH 4,89 Dan (B) pH 4,35	46
Gambar 4.6 Hubungan Waktu Dengan % Kenaikan Nilai <i>Mean Red</i> Pada Suhu Ruang (A) pH 4,89 Dan (B) pH 4,35	48

Gambar 4.7 Hubungan Waktu Dengan Nilai <i>Mean Red</i> Pada Suhu <i>Chiller</i> (A) pH 4,89 Dan (B) pH 4,35.....	49
Gambar 4.8 Hubungan Nilai <i>Mean Red</i> Dengan Nilai pH Tomat Ceri Pada Penyimpanan (A) Suhu Ruang Dan (B) Suhu <i>Chiller</i>	52
Gambar 4.9 Hubungan Nilai <i>Mean Red</i> Dengan % Susut Bobot Tomat Ceri Terhadap Lama Penyimpanan (A) Suhu Ruang Dan (B) Suhu <i>Chiller</i>	54
Gambar 4.10 Hubungan Nilai <i>Mean Red</i> Dengan Nilai Tekstur Tomat Ceri Pada Penyimpanan (A) Suhu Ruang Dan (B) Suhu <i>Chiller</i>	56
Gambar 4.11 Hubungan Intensitas Perubahan Warna Terhadap Nilai Panelis Pada Warna (A) Ruang Dan (B) <i>Chiller</i>	57
Gambar 4.12 Hubungan Intensitas Perubahan Warna Terhadap Nilai Panelis Pada Tekstur (A) Ruang Dan (B) <i>Chiller</i>	58
Gambar 4.13 Aplikasi Sensor Membran Film <i>Edible</i> Pada Sampel Tomat Ceri (A) Segar (B) Masih Segar Dan (C) Busuk.....	59

DAFTAR RUMUS

	Halaman
Rumus 3.1 Perhitungan Absorbansi Antosianin Metode pH <i>Differensial</i>	31
Rumus 3.2 Penentuan Konsentrasi Antosianin	31
Rumus 3.3 Perhitungan Standar Deviasi (SD)	36
Rumus 3.4 Perhitungan Standar Deviasi Relatif (RSD)	36
Rumus 3.5 Persentase Susut Bobot	37



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring berkembangnya waktu, kesadaran masyarakat akan kesehatan serta pentingnya nilai gizi dalam makanan yang mereka konsumsi semakin meningkat (Viljanen dkk., 2011). Kesadaran masyarakat akan pola hidup sehat menyebabkan kebutuhan akan buah dan sayuran pun juga meningkat. Peningkatan ini dapat dilihat dari semakin tingginya permintaan akan buah dan sayuran bermutu tinggi untuk memenuhi kebutuhan masyarakat.

Tomat ceri (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) merupakan tanaman perdu yang termasuk dalam famili solanaceae dengan ciri khas buahnya yang kecil (Tugiyono, 1999). Tomat adalah salah satu produk hortikultura yang banyak digemari masyarakat karena kandungan gizinya yang tinggi, seperti karbohidrat, vitamin A, vitamin C, dan likopen yang baik bagi kesehatan (Dinarwi, 2011). Tomat tergolong komoditas yang sangat mudah rusak (*very perishable*) karena proses metabolisme pasca panen, kontaminasi mikroba, pengaruh suhu, udara dan kadar air. Tomat yang telah matang sempurna akan cepat menjadi rusak atau busuk yakni setelah 3-4 hari penyimpanan pada suhu kamar sehingga tanpa adanya penanganan khusus umur simpan buah tomat relatif singkat atau pendek (Dinarwi, 2011), sehingga perlu dikembangkan suatu alat analisa yang digunakan untuk mendeteksi kesegaran tomat ceri secara mudah dan praktis. Cara yang telah banyak dikembangkan untuk memonitoring kualitas produk salah satunya adalah dengan pangaplikasian kemasan pintar.

Kemasan merupakan identitas atau label dari suatu produk yang dapat membedakan satu produk dengan yang lain. Beberapa dekade terakhir ini telah diciptakan inovasi pada kemasan pangan yaitu kemasan pintar (*intelligent packaging*). Kemasan pintar adalah konsep yang dikembangkan pada sistem pengemasan yang dikondisikan dapat berfungsi untuk memantau kondisi makanan dalam kemasan dan untuk memberikan informasi tentang kualitas makanan yang dikemas selama penyimpanan (Ahvenainen, 2003).

Ketika dalam kemasan produk buah maupun sayur akan tetap melakukan respirasi yang disebut dengan respirasi anaerobik, hal tersebut akan terus terjadi hingga buah mengalami kebusukan (Viljanen dkk., 2011). Selama penyimpanan perubahan kesegaran buah dapat dideteksi akibat perubahan pH pada kondisi atmosfer kemasan yang terjadi semakin asam karena hasil dari aktivitas metabolisme tomat. Perubahan pH berkaitan dengan *volatile acid* yang diproduksi oleh tomat. Perubahan pH tersebut dapat digunakan untuk mengindikasikan kesegaran produk dalam kemasan dengan cara menempatkan sensor kesegaran berbasis pH.

Sensor kesegaran adalah piranti yang digunakan untuk merasakan dan menginformasikan tentang status produk dari segi kualitasnya, seperti tingkat kesegaran, kematangan atau kekerasan. Sensor kesegaran juga menunjukkan keamanan makanan agar dapat dikonsumsi (Kuswandi, 2017). Adanya sensor kesegaran tersebut membuat konsumen maupun produsen bisa mendapatkan informasi dalam sistem kemasan mengenai perubahan yang terjadi di dalam produk atau lingkungan sekitar produk (seperti suhu dan pH) melalui perubahan visual (Widiastuti, 2016).

Indikator adalah zat yang menunjukkan ada atau tidak adanya konsentrasi zat lain atau tingkat reaksi antara dua atau lebih zat yang ditunjukkan dengan cara perubahan karakteristik, terutama perubahan pada karakteristik warna. Indikator sensitif pH yang telah banyak digunakan adalah indikator sintesis seperti *bromthymol blue* (BTB), *bromocresol green* (BCG), *bromocresol purple* (BCP), dan *methyl red* (MR) (Riyanto dkk., 2010). Penggunaan pewarna sintesis sebagai indikator dapat menimbulkan efek tidak baik bagi kesehatan jika indikator kontak dengan bahan pangan yang dikemas. Untuk menghindari efek kurang baik yang ditimbulkan dari penggunaan indikator dengan pewarna sintesis, maka perlu dilakukan pengembangan indikator menggunakan pewarna alami. Salah satu pewarna alami yang banyak dikembangkan yaitu antosianin.

Antosianin adalah pigmen alami dari golongan senyawa flavonoid. Pigmen ini bertanggung jawab atas warna oranye, merah muda, merah, ungu dan biru pada bunga dan buah-buahan dari beberapa tanaman. Antosianin hadir di

berbagai organ tanaman, seperti buah, bunga, batang, biji, daun dan akar (Sanchez-ballesta, 2008). Menurut Nugraheni (2014) antosianin merupakan salah satu zat warna yang peka terhadap pH.

Imobilisasi antosianin dengan beberapa polimer alami telah digunakan, seperti kitosan (Zhang dkk., 2014), selulosa bakterial (Pourjavaher dkk., 2017) dan pati (Choi dkk., 2017). Film *edible* merupakan lapisan tipis yang terbuat dari bahan yang dapat dimakan sebagai bahan pengemas atau pelapis produk makanan yang dapat dikonsumsi dan dapat digunakan sebagai penghalang kelembaban, oksigen dan gas (Rachmawati, 2009). Film *edible* ini dibuat dari campuran bahan berupa kitosan dan pati beras yang kemudian di imobilisasi dengan ekstrak antosianin yang diperoleh dari bunga sepatu (*Hibiscus rosasinensis* L.).

Bunga sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) adalah tanaman semak suku Malvaceae yang berasal dari Asia Timur dan banyak ditanam sebagai tanaman hias di daerah tropis dan subtropis (Kumar dan Singh, 2012). Bunga sepatu memiliki bunga besar dan berwarna merah yang kaya akan pigmen antosianin (Sangadji dkk., 2017). Bunga sepatu banyak tersedia di sekitar kita, namun pemanfaatan sebagai pewarna alami belum banyak diteliti, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian ekstrak bunga sepatu sebagai zat pewarna alami. Bunga sepatu dipilih karena ketersedian di alam yang melimpah, sehingga tidak sulit untuk memperolehnya.

Berdasarkan uraian di atas, label pintar dengan film *edible* yang di aplikasi indikator sensitif pH berupa antosianin dikembangkan guna untuk memantau dan mengindikasikan kesegaran tomat ceri dalam kemasan selama penyimpanan oleh adanya perubahan pH dalam kemasan. Sensor film dirancang sedemikian rupa agar dapat dimakan atau bersifat *edible*.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang ingin diselidiki dalam penelitian ini yaitu:

1. Berapakah nilai parameter optimum dari konsentrasi antosianin, perbandingan PVA dengan ekstrak, konsentrasi PVA sebagai pengikat, waktu

imobilisasi indikator antosianin dalam membran film *edible* sebagai sensor kesegaran pada tomat ceri (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) ?

2. Bagaimana karakteristik indikator film *edible* yang meliputi morfologi membran, waktu respon, reproduisibilitas, dan waktu pakai sebagai sensor kesegaran pada tomat ceri (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) ?
3. Apakah indikator film *edible* dapat diaplikasikan sebagai sensor kesegaran pada tomat ceri (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui nilai parameter optimum dari konsentrasi antosianin, perbandingan PVA dengan ekstrak, konsentrasi PVA sebagai pengikat, waktu imobilisasi indikator antosianin dalam membran film *edible* sebagai sensor kesegaran pada tomat ceri (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*)
2. Menentukan karakteristik indikator film *edible* yang meliputi morfologi membran, waktu respon, reproduisibilitas, dan waktu pakai sebagai sensor kesegaran pada tomat ceri (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*)
3. Menentukan apakah indikator film *edible* dapat diaplikasikan sebagai sensor kesegaran pada tomat ceri (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*)

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu:

1. Meningkatkan fungsi kemasan yang bukan hanya untuk melindungi namun juga dapat memberikan informasi mengenai kondisi kesegaran pada tomat ceri (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*).
2. Memberi kemudahan pada produsen maupun konsumen untuk mengetahui kesegaran pada tomat ceri (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*).
3. Memberikan informasi mengenai pengembangan sensor perubahan pH sebagai dasar untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kemasan

Kemasan merupakan salah satu komponen utama dalam suatu produk yang memiliki fungsi beragam. Salah satu fungsi utama kemasan yaitu sebagai identitas atau label dari suatu produk yang dapat membedakan satu produk dengan yang lain. Fungsi penting lain dari kemasan yaitu untuk melindungi dan mengawetkan produk dari paparan sinar, panas, kelembaban udara, oksigen, benturan, kontaminasi dari kotoran dan mikroba yang dapat merusak serta menurunkan mutu dari suatu produk, terutama produk makanan, sehingga dengan adanya kemasan dapat mengurangi terjadinya penurunan kualitas saat penyimpanan (Kerry, 2014).



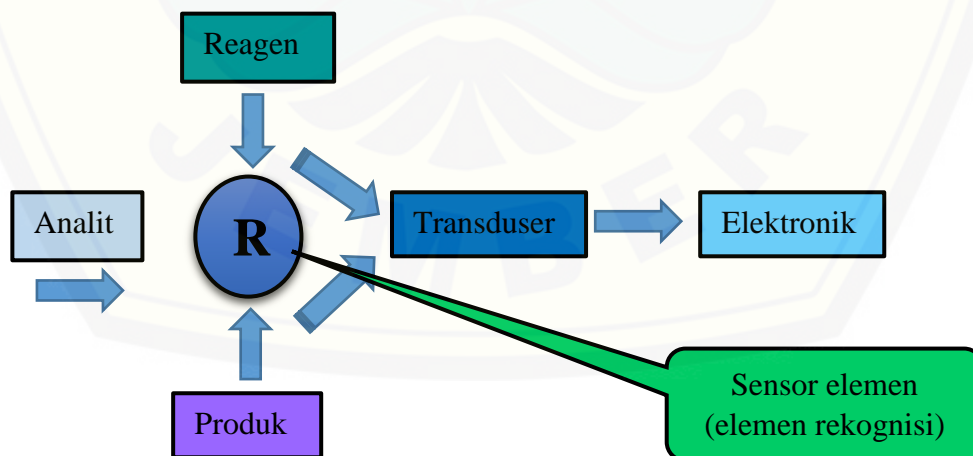
Gambar 2.1 Model fungsi kemasan (Sumber: Yam dkk., 2005)

Pada beberapa dekade terakhir, mulai dikembangkan inovasi kemasan pangan yaitu kemasan pintar (*intelligent packaging*). Kemasan pintar didefinisikan sebagai sistem pengemasan yang dikondisikan dapat berfungsi untuk memantau kondisi makanan dalam kemasan dan untuk memberikan informasi tentang kualitas makanan yang dikemas selama distribusi dan penyimpanan (Ahvenainen, 2003). Berbeda dengan konsep keamanan kemasan tradisional yang dirancang agar sedapat mungkin *inert* atau meminimalkan interaksi yang terjadi antara pangan dengan kemasan, kemasan pintar justru memanfaatkan interaksi antara pangan atau lingkungan di sekitar pangan yang bermanfaat (Kerry, 2014).

2.2 Sensor Kimia

Secara umum sensor bisa diartikan sebagai alat atau piranti yang dapat mentransform (mengubah) suatu energi ke energi yang lain (Kuswandi, 2010). Sebuah sensor digunakan untuk mendeteksi, menemukan, atau mengukur energi atau materi, dengan memberikan sinyal untuk di deteksi atau pengukuran sifat fisik atau kimia yang kemudian menjadi respon perangkat. Respon tersebut baik secara kimiawi maupun elektrik kemudian diubah menjadi suatu sinyal yang bisa diamati oleh mata kita.

Sebagian besar sensor terdiri dari empat komponen utama. Bagian yang pertama adalah reseptor, yaitu bagian penginderaan dari sensor, bagian ini merupakan area pengambilan sampel (umumnya lapisan kemoselektif) dimana terjadi proses reaksi kimia. Di sini, informasi analitis diperoleh dari adsorpsi analit target pada lapisan pengenalan. Variasi energi yang terjadi saat pendeteksian analit menginduksi perubahan sifat reseptor. Bagian yang kedua adalah elemen transduksi yaitu bagian pengukur dari sensor, seperti elektroda yang mampu mengubah variasi energi dan membawa informasi fisik atau kimia menjadi sinyal analitik yang berguna. Berikutnya adalah elektronik pemrosesan sinyal, dan bagian yang terakhir adalah unit tampilan sinyal (Ghaani dkk., 2016).



Gambar 2.2 Skema sensor kimia (Sumber: Kuswandi, 2010)

Menurut Wang (2006) sensor yang ideal harus memiliki beberapa karakteristik, seperti memiliki spesifisitas terhadap target, sensitif terhadap perubahan konsentrasi dari jenis sasaran, waktu respon yang cepat, memperpanjang umur simpan produk, dan memiliki ukuran kecil dengan kemungkinan biaya pembuatan yang rendah.

2.2.1 Sensor pH

Sensor pH merupakan salah satu contoh dari sensor. Sensor pH ini dapat memberikan respon atau mendeteksi derajat asam-basa suatu larutan. Respon tersebut baik secara kimiawi maupun elektrik kemudian diubah menjadi suatu sinyal yang bisa diamati oleh mata. salah satu contoh sensor pH yang sering kita temui adalah kertas pH atau disebut juga kertas lakmus dan indikator pH universal, yang digunakan untuk menentukan asam basa suatu larutan. Kertas lakmus dan indikator pH universal ini mampu memberikan indikasi secara kualitatif sifat asam basa suatu larutan berdasarkan perubahan warna yang terjadi pada kertas lakmus tersebut (Kuswandi, 2010).



Gambar 2.3 Kertas lakmus (a) dan Indikator pH universal (b) (Sumber: Dokumentasi pribadi)

2.2.2 Karakterisasi Sensor

Karakterisasi sensor pada kemasan pintar digunakan untuk mengetahui kemampuan membran dan reagen untuk mendeteksi analit. Beberapa nilai

karakterisasi yang harus ada antara lain waktu respon, reproduisibilitas, dan waktu pakai.

a. Waktu respon

Waktu respon merupakan seberapa cepat tanggapan sensor terhadap perubahan masukan (Anas dkk., 2014). Pengamatan waktu respon dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan sensor untuk dapat berinteraksi dengan adanya perubahan pH hingga respon sensor menghasilkan sinyal yang stabil (*steady state*) (Kuswandi, 2010).

b. Reproduisibilitas

Reproduisibilitas merupakan hasil keberulangan dari suatu pengukuran yang dilakukan satu laboratorium dengan sampel dan metode analisis yang sama (Rodiana dan Maulana, 2013). Reproduisibilitas dapat dinyatakan sebagai kesesuaian dalam pengulangan respon sensor terhadap analit yang sama, sehingga sering dinyatakan dalam bentuk standar deviasi relatif (RSD). Reproduisibilitas sensor terhadap analit dapat digolongkan baik bila kesesuaian respon tersebut antara satu respon dengan respon lainnya memenuhi $RSD < 5\%$ (Kuswandi, 2010).

c. Waktu pakai

Waktu pakai merupakan waktu dimana sensor memberikan reaksi yang stabil terhadap analit pada konsentrasi yang sama hingga waktu respon sensor mengalami perubahan drastis hingga sekitar 15% (Kuswandi, 2010). Waktu pakai diamati dengan tujuan untuk mengetahui seberapa lama sensor membran film *edible* dapat mempertahankan kestabilan warna saat direaksikan dengan larutan pH segar maupun pH busuk.

2.3 Sensor Kesegaran

Sensor adalah piranti yang digunakan untuk merasakan dan menginformasikan tentang status makanan dari segi kualitasnya, seperti tingkat kesegaran, kematangan atau kekerasan. Sensor kesegaran juga menunjukkan keamanan makanan agar dapat dikonsumsi (Kuswandi, 2017). Sensor kesegaran

memiliki kemampuan untuk merasakan kesegaran makanan terkait dengan perubahan lingkungan di dalam atau di luar kemasan dan menginformasikan tentang kualitas dan keamanan makanan.

Sensor kesegaran dikembangkan untuk memenuhi meningkatnya kebutuhan akan makanan segar, berkualitas tinggi dan aman dengan umur simpan yang lebih lama. Sensor kesegaran mampu mengkomunikasikan langsung kepada konsumen melalui film sensor atau label perangkat yang menyediakan informasi visual tentang kesegaran, kualitas, dan keamanan makanan (Kuswandi, 2017). Dengan demikian sensor kesegaran akan berfungsi sebagai perangkat aktif pelabelan umur simpan atau digunakan untuk mengoptimalkan kontrol distribusi, rotasi stok produsen, dan mengurangi limbah makanan.

2.4 Indikator

Indikator dapat didefinisikan sebagai zat yang menunjukkan ada atau tidak adanya konsentrasi zat lain atau tingkat reaksi antara dua atau lebih zat yang ditunjukkan dengan cara perubahan karakteristik, terutama perubahan pada karakteristik warna. Fitur yang berbeda dari indikator adalah jenis informasi yang terlibat yang bersifat kualitatif atau semi kuantitatif (Ghaani dkk., 2016).

Indikator dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu indikator eksternal dan indikator internal. Indikator eksternal adalah indikator yang diaplikasikan di luar kemasan produk. Indikator internal adalah indikator yang diaplikasikan di dalam kemasan produk yang dapat dilekatkan pada bagian dalam kemasan. Contoh indikator eksternal yaitu indikator suhu dan indikator waktu. Indikator oksigen, indikator karbondioksida, indikator pH, dan indikator pertumbuhan mikroba merupakan beberapa contoh dari indikator internal. Meski terdapat banyak jenis indikator, secara umum indikator dapat dikelompokkan dalam tiga kategori, yaitu indikator waktu suhu (*time temperature indicators*), indikator kesegaran (*freshness indicators*), dan indikator gas (*gas indicators*) (Hogan dan Kerry, 2008). Tiga indikator tersebut paling banyak digunakan pada kemasan makanan untuk meningkatkan kualitas produk.

Indikator kesegaran mulai banyak dikembangkan dikarenakan adanya peningkatan permintaan konsumen akan makanan sehat dan segar. Indikator kesegaran dimaksudkan sebagai perangkat pintar yang memungkinkan pemantauan kualitas produk makanan selama penyimpanan dan transportasi. Indikator kesegaran dapat memberikan informasi secara langsung tentang kualitas produk mengenai pertumbuhan mikroba atau perubahan kimia dalam kemasan dan secara langsung mendeteksi adanya perubahan indeks metabolit volatil produk dalam kemasan (Ghaani dkk., 2016).

Berbagai indikator kesegaran yang berbeda telah dikembangkan, seperti indikator kebusukan, indikator kematangan, indikator kebocoran, dan bahkan indikator mikroba. Sensor diaplikasikan dengan memasukkan indikator warna untuk memudahkan deteksi oleh mata telanjang, di mana tingkat perubahan warna dalam indikator berkorelasi baik dengan tingkat kerusakan makanan sehubungan dengan variasi suhu dan waktu selama transportasi, distribusi, dan penyimpanan (Kuswandi, 2017).

Indikator kesegaran yang telah ada biasanya menggunakan pewarna sintetis seperti *bromthymol blue* (BTB), *bromocresol green* (BCG), *bromocresol purple* (BCP), dan *methyl red* (MR) (Riyanto dkk., 2010). Penggunaan pewarna sintetis pada indikator dapat menimbulkan efek tidak baik bagi kesehatan jika indikator kontak dengan bahan pangan yang dikemas. Untuk menghindari efek kurang baik yang ditimbulkan dari penggunaan indikator dengan pewarna sintetis, maka perlu dilakukan pengembangan indikator menggunakan pewarna dari bahan alami pada indikator kesegaran.

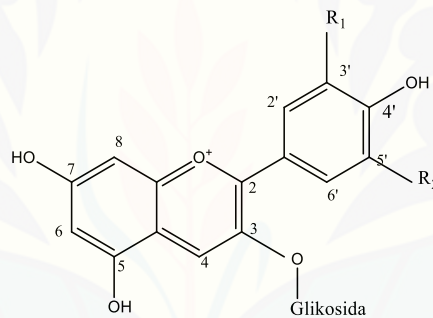
2.5 Tinjauan Antosianin

Antosianin berasal dari bahasa Yunani, yaitu *anthos* yang berarti bunga dan *kianos* yang berarti biru. Antosianin adalah pigmen alami dari golongan senyawa flavonoid. Pigmen ini bertanggung jawab atas warna oranye, merah muda, merah, ungu dan biru pada bunga dan buah-buahan dari beberapa tanaman.

Antosianin hadir di berbagai organ tanaman, seperti buah, bunga, batang, biji, daun dan akar (Sanchez-ballesta, 2008).

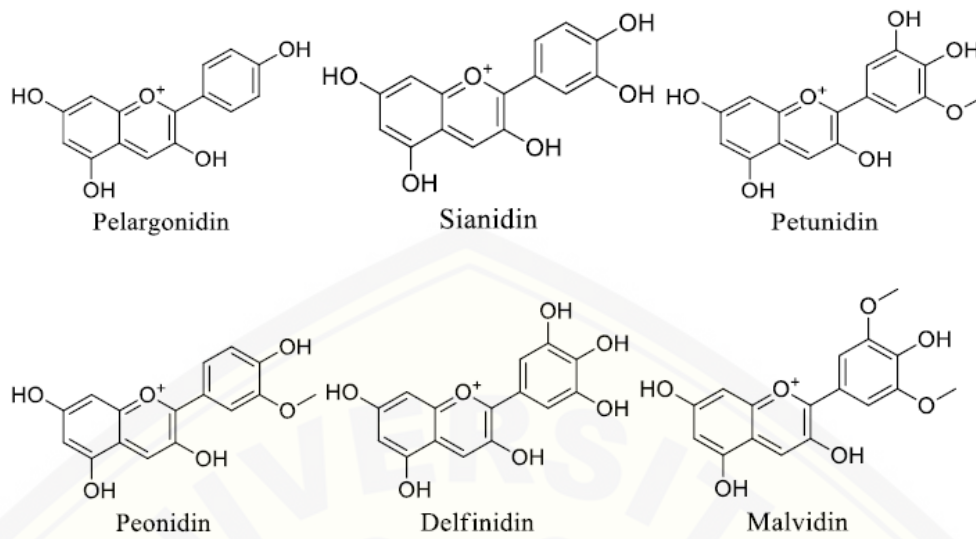
2.5.1 Struktur Antosianin

Antosianin hadir di alam terutama dalam bentuk heterosida. Bentuk aglikon antosianin juga disebut antosianidin, terdiri dari cincin aromatik yang terikat pada cincin heterosiklik yang mengandung oksigen, yang juga terikat oleh ikatan karbon-karbon ke cincin aromatik ketiga (Konczak dan Zhang, 2004). Secara struktural antosianidin didasarkan pada ion flavilium atau 2-phenylbenzopyrilium, dan adanya gugus hidroksil dan metoksil pada posisi yang berbeda.



Gambar 2.4 Struktur kimia senyawa antosianin (Sumber: Clifford, 2000)

Dewasa ini, ada lebih dari 500 jenis antosianin dan 23 jenis antosianidin berbeda (Castañeda-Ovando dkk., 2009) namun, hanya enam diantaranya yang paling umum terdapat pada tanaman yaitu pelargonidin, peonidin, sianidin, malvidin, petunidin, dan delphinidin (Clifford, 2000).

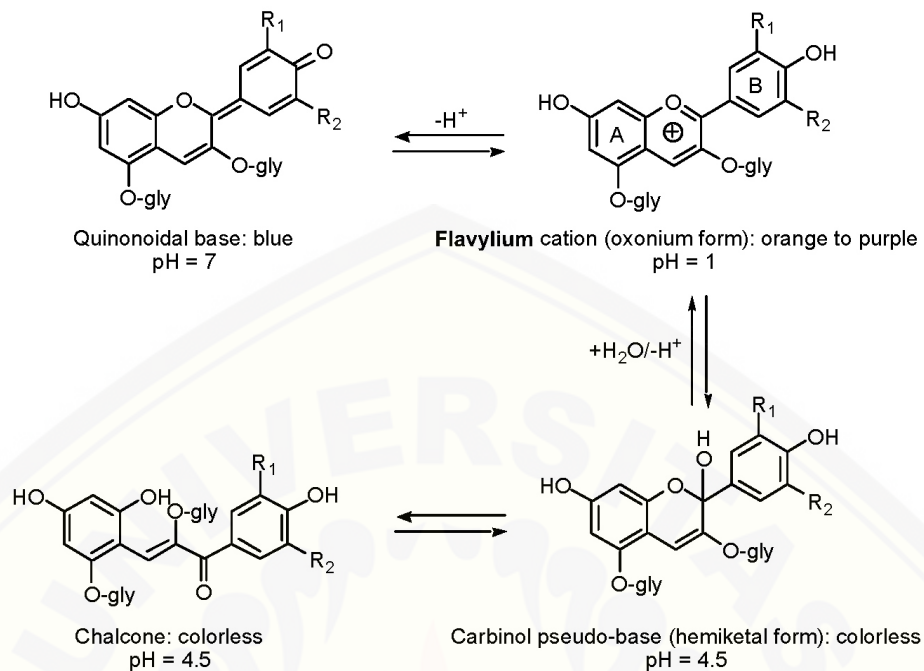


Gambar 2.5 Struktur umum antosianin (Sumber: Kannan, 2011)

2.5.2 Karakteristik

Isolat antosianin sangat tidak stabil dan sangat rentan terhadap degradasi. Stabilitasnya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pH, suhu penyimpanan, konsentrasi, cahaya, oksigen, pelarut, (Rein, 2005). Antosianin relatif tidak stabil, mudah teroksidasi, dan sensitif terhadap banyak faktor lain seperti suhu dan radiasi UV yang mempengaruhi stabilitas dan warna dari antosianin.

Antosianin sangat larut dalam air dan alkohol. Ketika didalam air mereka lebih stabil pada pH rendah, namun ketika berada dalam larutan air antosianin hadir berdampingan sebagai empat bentuk ion, yaitu kation flavilium, basa kuinoidal, karbinol atau pseudobase, dan kalkon. Pada pH 1 bentuk utama dari antosianin adalah kation flavilium yang berkontribusi pada warna ungu dan merah. Ketika nilai pH ditingkatkan menjadi 7, sebagian besar ion flavilium berubah menjadi bentuk ion kuinoidal yang berwarna biru. Bentuk pseudobase dan kalkon banyak terjadi ketika nilai pH antara 4 dan 5, bentuk ini merupakan ion tidak berwarna, sedangkan pada nilai pH lebih tinggi dari 7 antosianin akan terdegradasi tergantung pada kelompok substituenya (Dangles dkk., 1993).



Gambar 2.6 Reaksi antosianin (Sumber: Sanchez-ballesta, 2008)

2.5.3 Sumber Antosianin

Sumber alami antosianin adalah berbagai jenis buah, bunga dan sayuran berwarna. Beberapa tanaman yang mengandung antosianin yaitu beri, anggur, prem, buah persik, delima, kubis merah, ubi jalar ungu (Wu dkk., 2006). Selain itu, antosianin juga banyak terdapat pada kulit manggis, rosella, senduduk, *strawberry*, apel, bunga ros, bunga sepatu, dan tumbuhan lainnya.

Tabel 2.1 Sumber dan Kandungan Senyawa Antosianin (Nugraheni, 2014)

Sumber	Kandungan pigmen (mg/100 g berat basah)
Buah plum	2-25
Kol merah	25
Blueberry	25-495
Ubi jalar ungu	84-600
Anggur	229
Kulit manggis	59,3
Duwet	230

Antosianin tersebar luas disemua tanaman tingkat tinggi, kecuali pada 9 famili *caryophyllales* yaitu, *Chenopodiaceae*, *Amarathaceae*, *Phytolaccaceae*, *Basellaceae*, *Didiereaceae*, *Aizoaceae*, *Nyctaginaceae*, *Cactaceae*, dan *Portulacaceae* kecuali *Caryophyllaceae* dan *Molluginaceae*. (Kannan, 2011).

2.6 Tinjauan Bunga Sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis* L.)

2.6.1 Klasifikasi Tanaman

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Tracheophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Malvales
Famili	: <i>Malvaceae</i>
Genus	: <i>Hibiscus</i>
Spesies	: <i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.

(Sumber: Kumar dan Singh, 2012)



Gambar 2.7 Tumbuhan bunga sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) (Sumber: Kumar dan Singh, 2012)

2.6.2 Nama Daerah

Bunga sepatu memiliki berbagai nama yang berbeda-beda di tiap daerah, di Indonesia bunga sepatu dikenal dengan nama bungong raja, bunga-bunga, soma-soma, wora-wari, bunga raja, bekeju (Sumatera), pucuk, kembang sepatu, uribang, kembang wera, bunga rebhang, mandhaleka (Jawa), waribang (Nusa

Tenggara), amburanga, embuhanga, kuyanga, ulango, bunga bisu, bunga cepatu (Sulawesi), ubo-ubo, hua-hualo, bala bunga (Maluku), gerasa, dioh, kando (Irian). Di luar negeri bunga sepatu disebut dengan nama *Fu sang*, hibiscus, *rose of China*, *shoeflower*, gumamela. Simplisianya dikenal dengan nama *Hibisci rosa-sinensis* Folium (daun bunga sepatu), dan *Hibisci rosa-sinensis* Flos (bunga bunga sepatu) (Dalimartha, 2006)

2.6.3 Morfologi Tanaman

Bunga sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) termasuk famili Malvaceae. Tanaman berbentuk perdu berkayu ini dapat mencapai tinggi 3 meter, daun tunggal, bertangkai dengan panjang 1-3,7 cm, dan letaknya berseling. Helaian daun berbentuk bulat telur, ujung meruncing, pangkal runcing, tepi bergerigi kasar, tulang daun menjari, panjang 3,5-9,5 cm, lebar 2-6 cm, dan berwarna hijau. Daun penumpu berbentuk garis, bunga tunggal, keluar dari ketiak daun, tegak atau sedikit menggantung dengan tangkai bunga beruas, ada yang berwarna merah orange, kuning, putih dan sebagainya. Akar berbentuk silindris berukuran 5-15 cm, memiliki diameter 2 cm dan memiliki rasa manis. Buah sangat jarang terbentuk apabila terbentuk memiliki panjang 3 cm dengan bentuk kapsul (Dalimartha, 2006).

2.6.4 Kandungan Kimia

Studi fitokimia mengungkapkan tanaman bunga sepatu memiliki kandungan kimia diantaranya flavonoid, flavonoid glikosida, hibiscetine, asam sitrat, asam tartrat, siklopropenoid, dan pigmen antosianin jenis pelargonidin. Bagian bunga mengandung sianidin diglukosida, hibisetin, zat pahit, dan lendir. Bagian daun mengandung *teraxeryl acetate*, kalsium oksalat, peroksidase, lemak, dan protein (Dalimartha, 2006).

2.7 Imobilisasi Reagen

Imobilisasi reagen adalah proses pengikatan molekul reagen pada fasa padat atau material pendukung secara merata dan homogen, yang memungkinkan terjadinya pertukaran dengan larutan sampel dimana didalamnya terdapat analit untuk dideteksi. Proses imobilisasi reagen kimia yang digunakan harus bisa terhubung baik dengan transduser, hal ini bertujuan agar suatu sensor kimia bisa bekerja dengan baik (Kuswandi, 2010).

Secara umum metode imobilisasi reagen digolongkan menjadi dua, yaitu metode fisika dan metode kimia. Metode imobilisasi secara kimiawi didasarkan pada pembentukan ikatan kovalen antara molekul reagen dengan gugus aktif dari material pendukung. Umumnya metode ini melalui beberapa langkah sintesis, sehingga metode ini biasanya mampu menghasilkan reagen yang stabil serta tahan terhadap *leaching*. Metode imobilisasi secara fisika terdiri dari proses penyerapan (adsorpsi), pemerangkapan (entrapmen), pengkapsulan (enkapsulasi), dan interaksi elektrostatis. Metode imobilisasi secara kimia yaitu proses *crosslinking* dan pembentukan ikatan kovalen (Kuswandi, 2010).

Berikut adalah faktor-faktor yang harus diperhatikan agar imobilisasi dapat berhasil:

- a. Material pendukung (*solid support material*) harus hanya berinteraksi dengan gugus tertentu dari reagen tersebut, yang bukan gugus aktif yang diperlukan untuk mengikat analit.
- b. Material tersebut cukup berpori untuk memfasilitasi terjadinya difusi analit ke dalam fasa reagen.
- c. Reagen tersebut cukup stabil dalam kondisi (biasanya temperatur dan pH) yang dibutuhkan selama proses imobilisasi berlangsung.
- d. Proses pencucian yang digunakan untuk menghilangkan reagen yang tidak terikat dengan baik harus tidak berpengaruh pada reagen yang telah diimobilisasi.
- e. Material pendukung tersebut harus tidak larut dalam air, stabil, dan dapat mengikat reagen dengan cukup kuat pada permukaannya.

- f. Karakter mekanis dari material pendukung tersebut harus pula diperhatikan, khususnya bila imobilisasi reagen dibuat dalam bentuk membran atau film. Seperti, menggelembungnya film atau membran (*swelling*).

2.7.1 Metode Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses penyerapan molekul reagen diatas permukaan material pendukung. Metode ini merupakan metode paling mudah dalam proses imobilisasi dan membutuhkan persiapan yang cukup singkat. Selain itu teknik ini juga sangat luas digunakan, karena bisa digunakan untuk mengikat berbagai macam reagen dari material reagen organik hingga anorganik (Eggins, 1996).

Metode adsorpsi secara umum bisa dibagi menjadi dua golongan, yaitu adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia. Pada adsorpsi fisik (fisorpsi) biasanya ikatan yang terbentuk adalah ikatan *Van der Waals* atau ikatan hidrogen sehingga ikatan ini biasanya cukup lemah. Adsorpsi kimia (kemisorpsi) biasanya terbentuk ikatan yang lebih kuat, karena pada proses ini melibatkan ikatan kovalen. Dari banyaknya metode adsorpsi yang digunakan dalam sensor kimia, untuk mengimobilisasi reagen biasanya yang terjadi adalah fisorpsi yang hanya melibatkan ikatan *Van der Waals* atau ikatan hidrogen antara reagen dengan material pendukungnya, sehingga adesi dari reagen pada fasa padat lebih lemah (Kuswandi, 2010). Berikut Gambar 2.8 menggambarkan metode adsorpsi



Gambar 2.8 Metode adsorpsi (Sumber: Kuswandi, 2010)

2.7.2 Metode Enkapsulasi

Metode enkapsulasi merupakan salah satu teknik immobilisasi reagen yang terjadi secara fisika pada permukaan sensor. Teknik ini sering disebut

mikroencapsulasi. Teknik ini biasanya menggunakan sebuah membran semipermeabel untuk memerangkap atau menjerat reagen kimia di dalam permukaan sensor. Material membran yang sering digunakan misalnya PVC (*polyvinylchloride*), *cellulose acetate*, *polycarbonate*, dan *polytetrafluoroethylene* (Teflon). Teknik imobilisasi enkapsulasi cukup stabil terhadap perubahan suhu, pH, kekuatan ion dan komposisi kimia, serta membran yang di imobilisasi dapat ditembus oleh beberapa bahan misalnya molekul kecil, molekul gas, dan elektron. Kerugian dari teknik ini adalah terjadi proses difusi akut yang mengakibatkan hancurnya membran jika produk dari reaksi terakumulasi dengan cepat (Eggins, 1996).

2.7.3 Metode Entrapmen

Entrapmen adalah metode imobilisasi secara fisika yang cukup populer. Dalam teknik ini, reagen dicampur dengan larutan monomer yang kemudian dipolimerisasi menjadi gel maupun lapisan tipis film, sehingga reagen dapat terperangkap dalam polimer tersebut. Gel yang paling umum digunakan adalah poliakrilamida, gel pati, nilon dan silastik (Eggins, 1996). Proses pencampuran larutan reagen dalam larutan polimer, biasanya ditambahkan bahan-bahan lain seperti *plasticizer*. Penambahan *plasticizer* ini akan menghasilkan ikatan silang pada polimer yang digunakan, sehingga terbentuk ruang kosong dalam rantai polimer yang membatasi bagian rantai hingga terfasilitasi dan memenuhi kelenturan polimer. Kekurangan dari teknik ini yaitu dapat menyebabkan hambatan pada difusi substrat, sehingga memperlambat reaksi. Gambar 2.9 berikut menggambarkan metode entrapmen.



Gambar 2.9 Metode entrapmen (Sumber: Kuswandi, 2010)

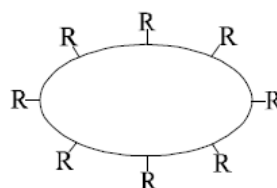
2.7.4 Metode *Crosslinking*

Dalam metode *crosslinking* reagen terikat secara kimiawi pada material pendukung seperti gel. Ikatan kimia ini menyebabkan reagen yang diserap lebih stabil. Teknik ini biasanya menggunakan sebuah agen pereaksi penghubung (*a bifunctional agent*) seperti glutaraldehida yang digunakan untuk membentuk ikatan kimia antara biomolekul tersebut dengan permukaan sensor atau transduser. Cara ini sering digunakan bersama dengan cara lainnya seperti adsorpsi atau mikroenkapsulasi (Kuswandi, 2010).

2.7.5 Metode Ikatan Kovalen

Teknik imobilisasi secara kimiawi umumnya didasarkan pembentukan ikatan kovalen antara molekul reagen dengan gugus aktif atau gugus fungsi dari fasa pendukung, seperti polimer. Ikatan kovalen dirancang untuk memberikan gugus fungsi terhadap membran atau bahan pendukung, sehingga memungkinkan terjadinya ikatan antara molekul aktif dengan gugus yang ditambahkan (Eggins, 1996). Material pendukung yang biasa digunakan yaitu membran *biodyne* dan gel diamino propylamine.

Keuntungan dari metode ikatan kovalen yaitu aktivitas reagen pada membran yang relatif konstan, sehingga tidak terjadi pelepasan material reagen pada matriknya. Metode ini stabil terhadap pengaruh perubahan pH, suhu dan pelarut karena ikatan yang terjadi kuat dan stabil. Metode ini semakin stabil jika dikombinasikan dengan metode lain yaitu metode *crosslinking*. Kelemahan dari metode ini yaitu terletak pada prosesnya yang sangat rumit dan membutuhkan biaya yang relatif mahal (Kuswandi, 2010). Berikut imobilisasi reagen metode ikatan kovalen ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Metode ikatan kovalen (Sumber: Kuswandi, 2010).

2.8 Film *Edible*

Film *edible* merupakan lapisan tipis yang terbuat dari bahan yang dapat dimakan sebagai bahan pengemas atau pelapis produk makanan. Film *edible* berfungsi sebagai penghalang (*barrier*) produk makanan terhadap (kelembaban, oksigen, cahaya, gas volatil) dan berfungsi melindungi makanan dari kerusakan fisik, kimia, dan mikrobiologi (Dangaran dkk., 2006). Pada penelitian yang dilakukan, film *edible* ini digunakan sebagai media pembawa indikator antosianin sebagai sensor kesegaran. Pemilihan bahan untuk membuat Film *edible* harus memperhatikan beberapa hal seperti pemilihan bahan yang relatif murah, mudah didegradasi secara biologis (*biodegradable*), dan menggunakan teknologi pembuatan yang sederhana.

Film *edible* dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok berdasarkan komponennya, yaitu hidrokoloid (mengandung protein, polisakarida atau alginat), lemak (asam lemak, acylgliserol atau lilin) dan kombinasi (dibuat dengan menyatukan kedua substansi dari dua kategori) (Skurtys dkk., 2010). Film *edible* yang terbuat dari hidrokoloid merupakan penghalang yang baik terhadap transfer oksigen, karbohidrat dan lipid serta memiliki sifat mekanis yang baik, sehingga bahan hidrokoloid sangat potensial untuk dijadikan pengemas (Koswara, 2002). Pada umumnya film yang terbuat dari hidrokoloid tidak efisien sebagai penahan uap air. karena bersifat hidrofilik. Untuk mengatasi hal tersebut maka pada pembuatan Film *edible* perlu ditambahkan *plasticizer* untuk meningkatkan fleksibilitasnya. Selama waktu penyimpanan maupun penggunaannya, Film *edible* dapat mengalami perubahan sifat, dan tidak diharapkan berlangsung cepat. Sifat mekanik ini dipengaruhi oleh lama penyimpanan plastik *edible*.

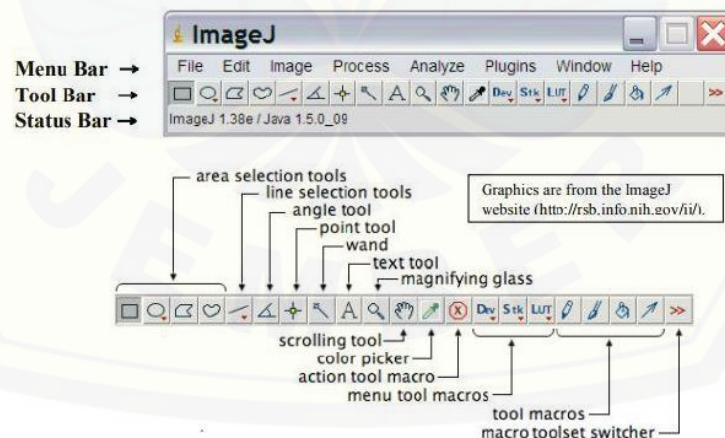
2.9 Plasticizer

Plasticizer adalah bahan organik yang memiliki berat molekul rendah yang ditambahkan dalam proses pembuatan edible film dengan tujuan untuk memperlemah kekakuan dari polimer, meningkatkan fleksibilitas, dan juga menurunkan gaya intermolekuler sepanjang rantai polimernya sehingga film akan

lentur ketika dibengkokkan (Rodríguez dkk., 2006). Karakteristik fisik suatu Film *edible* dipengaruhi oleh jenis bahan serta jenis dan konsentrasi *plasticizer*. *Plasticizer* yang umum dan telah banyak digunakan adalah polyol (propilena glikol, gliserol, sorbitol, polietilen glikol), oligosakarida (sukrosa), dan air. Penambahan yang diberikan berkisar 10–60% dari berat hidrokoloid tersebut. *Plasticizer* gliserol dipilih karena memiliki kemampuan untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intra molekular (Butler dkk., 1996).

2.10 ImageJ

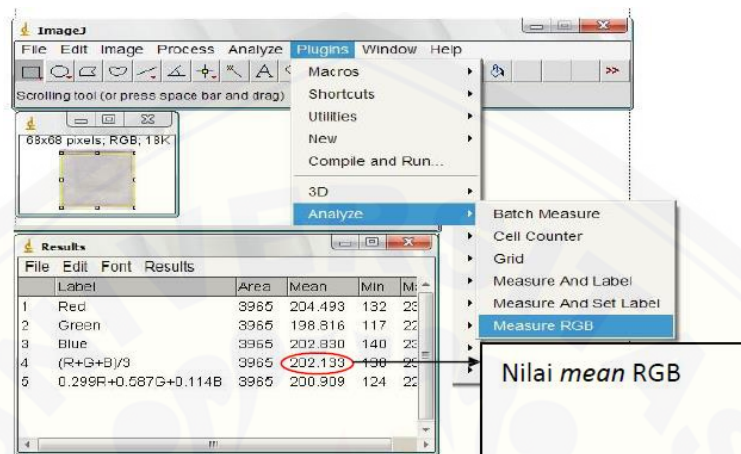
ImageJ merupakan suatu program yang digunakan untuk menganalisis gambar yang dibuat oleh *National Institutes of Health*. Program ini berisi beberapa menu seperti menu bar, tool bar, dan status bar yang dapat dilihat pada Gambar 2.11. sedangkan histogram, gambar, profil garis dan lainnya ditampilkan dalam menu bar tambahan. Ketika kursor berada diatas gambar, maka akan ditampilkan koordinat pixel dan nilai-nilai koordinat tersebut diukur dalam pixel/detik (Reinking, 2007). Pixel adalah titik tunggal dalam pencitraan atau elemen terkecil dari gambar yang dapat dikendalikan dalam gambar digital.



Gambar 2.11 Menu-menu dalam program *ImageJ* (Sumber: Reinking, 2007)

Penentuan nilai RGB dengan menggunakan program *ImageJ* didasarkan pada nilai perhitungan dari tiga warna primer yaitu merah, hijau, dan biru. Dipilih warna-warna tersebut karena merupakan warna cahaya yang dapat menghasilkan

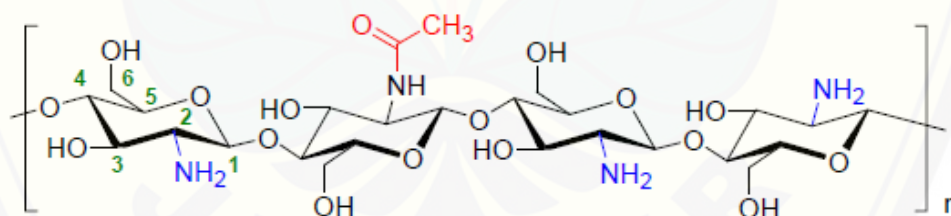
spektrum sehingga dapat terlihat oleh pembaca. Ketiga warna tersebut juga dapat bercampur untuk membentuk warna apapun (Reinking, 2007). Cara perhitungan nilai *mean* RGB dengan menggunakan program *imageJ* dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Cara perhitungan nilai RGB dengan program *ImageJ* (Sumber: Reinking, 2007)

2.11 Tinjauan Bahan Penelitian

2.11.1 Kitosan



Gambar 2.13 Struktur kitosan (Sumber: Shahidi, 1999).

Kitosan merupakan polimer alam kedua yang paling berlimpah di alam setelah selulosa, terutama yang terbuat dari cangkang krustasea (Shahidi, 1999). Kitosan memiliki beberapa sifat yaitu tidak beracun, antibakteri, antioksidan, pembentuk film, biokompatibilitas dan biodegradabilitas. Kitin dan kitosan merupakan senyawa golongan karbohidrat yang dapat dihasilkan dari limbah hasil laut, khususnya golongan udang, kepiting, dan kerang. Kitosan adalah polisakarida yang diperoleh dari deasetilasi kitin, yang merupakan komponen

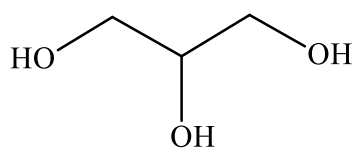
utama dari exoskeleton dari krustasea. Limbah udang yang dimanfaatkan umumnya adalah kulit dan kepalanya, sedangkan kitin dari rajungan diperoleh dari karapasnya. Kandungan kitin kulit udang mencapai 40-60% dari berat kering tubuhnya tergantung dari jenis dan spesiesnya (Raafat dan Sahl, 2009).

2.11.2 Pati Beras

Pati atau amilum adalah karbohidrat kompleks yang tidak larut dalam air, berwujud bubuk putih, tawar dan tidak berbau. Pati merupakan bahan utama yang dihasilkan oleh tumbuhan untuk menyimpan kelebihan glukosa (sebagai produk fotosintesis) dalam jangka panjang. Pati tersusun dari dua macam karbohidrat yaitu amilosa dan amilopektin, dalam komposisi yang berbeda-beda. Amilosa memberikan sifat keras sedangkan amilopektin menyebabkan sifat lengket. Rumus molekul pati yaitu $C_6H_{10}O_5$ (Rowe dkk., 2009). Adanya pati yang ditambahkan dalam film *edible* bertujuan untuk menghasilkan larutan pembentuk film *edible* dengan kekentalan yang sesuai untuk pembentukan film. Beberapa sumber pati yang banyak kita temui yaitu pati jagung, pati beras, pati kentang, pati gandum, dan pati sagu.

Beras berasal dari tanaman padi (*Oryza sativa* L.) merupakan sumber utama karbohidrat di dunia. Pati beras merupakan salah satu biopolimer yang dapat dijadikan sebagai bahan baku dalam pembuatan Film *edible*. Pati beras dipilih sebagai bahan pembuatan Film *edible* karena dapat menghasilkan film yang dapat terbiodegradasi dengan biaya yang murah dan terbarukan serta memiliki sifat mekanik yang baik (Bourtoom dan Chinnan, 2008).

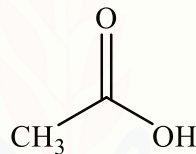
2.11.3 Gliserol



Gambar 2.14 Struktur gliserol (Sumber: Rowe dkk., 2009)

Gliserol adalah alkohol trihidrat yang didalam USP disebut dengan gliserin. Gliserol memiliki berat molekul 92 g/mol dan densitas sebesar 1,26 g/cm³. Karakteristik gliserol yaitu tidak berwarna, tidak berbau, rasanya manis, bentuknya liquid sirup, meleleh pada suhu 17,8 °C, mendidih pada suhu 290 °C, selain itu gliserol sangat mudah larut dalam air dan alkohol, namun sedikit larut dalam dietil eter, etil asetat, dan hidrokarbon (Rowe dkk., 2009). Gliserol termasuk jenis plasticizer yang bersifat hidrofilik dan mudah larut dalam air. Gliserol sering digunakan sebagai *plasticizer* untuk memodifikasi sifat fungsional dan fisik dari suatu film. *Plasticizer* dapat meningkatkan waktu respon dengan menghasilkan ikatan silang pada polimer, sehingga meningkatkan kelenturan dari polimer.

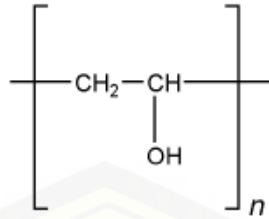
2.11.4 Asam Asetat



Gambar 2.15 Struktur asam asetat (Sumber: Rowe dkk., 2009)

Asam asetat atau yang biasa disebut dengan asam cuka adalah senyawa kimia asam organik yang dikenal sebagai pemberi rasa asam dan aroma dalam makanan. Asam cuka memiliki rumus empiris C₂H₄O₂ dengan berat molekul 60 g/mol dan memiliki ciri-ciri berbentuk kristal atau jernih dalam bentuk larutan, bersifat mudah menguap (volatil), tidak berwarna dan berbau menyengat. Titik didih asam asetat adalah 118 °C dan titik leburnya adalah pada suhu 17 °C (Rowe dkk., 2009). Asam asetat stabil bila disimpan dalam wadah tertutup, pada tempat yang dingin dan kering Asam asetat dalam formulasi farmasi biasanya digunakan sebagai agen pengasam dan pengolahan makanan. Asam asetat 1% digunakan dalam pembuatan *edible film* sebagai pelarut untuk melarutkan kitosan.

2.11.5 Polivinil Alkohol (PVA)



Gambar 2.16 Struktur polivinil alkohol (PVA) (Sumber: Rowe dkk., 2009)

Polivinil Alkohol (PVA) merupakan salah satu hidrogel pembentuk polimer yang netral, sintetis, dan mudah larut dalam air. PVA dapat dinyatakan dengan rumus $(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n$. Karakteristik PVA yaitu tidak berasa, tidak berbau, berbentuk serbuk berwarna putih atau krem. PVA mudah karut dalam air pada suhu 80°C , kurang laut dalam etanol dan tidak larut pada pelarut organik lainnya (Rowe dkk., 2009). PVA adalah polimer sintetis yang mudah diuraikan secara biologi (*biodegradable*) dan bersifat tidak beracun. PVA telah banyak digunakan sebagai bahan pengikat pada industri kimia, biomedik, dan industri farmasi.

2.12 Tinjauan Sampel

2.12.1 Klasifikasi Tanaman

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Solanales
Family	: Solaneceae
Genus	: Solanum
Spesies	: <i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>

(USDA, 2019)



Gambar 2.17 Tomat ceri (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) (Sumber: Koleksi Pribadi)

2.12.2 Morfologi

Tomat ceri (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) merupakan tanaman semusim berbentuk perdu yang termasuk dalam famili solanaceae dengan ciri khas buahnya yang kecil (Tugiyono, 1999). Tomat ceri memiliki bentuk yang berbeda dengan tomat biasa yaitu bulat hingga bulat memanjang. Tanaman ini dapat ditanam secara luas di dataran rendah sampai dataran tinggi, pada lahan bekas sawah dan lahan kering.

2.12.3 Kandungan Nutrisi

Tanaman tomat ceri (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) adalah salah satu produk hortikultura yang sangat potensial untuk dikembangkan. Buahnya merupakan sumber karbohidrat, vitamin A, vitamin C, mineral, dan likopen yang baik bagi kesehatan (Dinarwi, 2011). Kandungan gizi sayuran tomat secara lengkap menurut USDA (2012) dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Kandungan Gizi Dalam Tiap 100 Gram Tomat Muda

Kandungan gizi	Tomat muda
Protein (g)	1,20 g
Karbohidrat (g)	5,10 g
Total gula (g)	4 g
Serat	1,1 g
Vitamin K	10,1 µg
Vitamin A (S.I)	642 IU
Vitamin E (mg)	0,38 mg
Vitamin C (mg)	23,40 mg
Air (g)	93,00 g

Tomat ceri adalah salah satu buah klimaterik, yang akan tetap melanjutkan proses metabolismenya (respirasi dan transpirasi) setelah proses pematangan. Respirasi merupakan pemecahan oksidatif terhadap bahan kompleks yang biasa ada dalam sel, seperti karbohidrat. Proses metabolisme yang terus berlanjut tersebut menyebabkan penurunan mutu secara alami pada tomat ceri. Selain proses metabolisme, faktor alami lain yang dapat menurunkan mutu adalah keberadaan serta aktivitas mikroorganisme pembusuk dan patogen, sehingga tomat digolongkan komoditas yang sangat mudah rusak (*very perishable*). Tomat yang telah matang sempurna akan cepat menjadi rusak atau busuk yakni setelah 3-4 hari penyimpanan pada suhu kamar sehingga tanpa adanya penanganan khusus umur simpan buah tomat relatif singkat atau pendek (Dinarwi, 2011).

Salah satu cara dalam menjaga mutu kesegaran dan umur simpan produk makanan adalah dengan pengemasan dan penyimpanan dalam suhu dingin. Ketika dalam kemasan produk buah maupun sayur akan tetap melakukan respirasi yang disebut dengan respirasi anaerobik, hal tersebut akan terus terjadi hingga buah mengalami kebusukan (Viljanen dkk., 2011). Selama penyimpanan perubahan kesegaran buah dapat dideteksi akibat perubahan pH pada kondisi atmosfer dalam kemasan yang terjadi semakin asam karena hasil dari aktivitas metabolisme tomat. Perubahan pH berkaitan dengan *volatile acid* yang diproduksi oleh tomat. Perubahan pH tersebut dapat digunakan untuk mengindikasikan kesegaran produk dalam kemasan dengan cara menempatkan sensor kesegaran berbasis pH.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian *experimental laboratories*.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Sensor Kimia dan Biosensor Fakultas Farmasi Universitas Jember mulai bulan Januari 2019 hingga selesai.

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah perubahan pH sampel tomat ceri.

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah perubahan *mean red* sensor film *edible*.

3.3.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol pada penelitian ini adalah suhu penyimpanan tomat ceri yang diletakkan pada suhu *chiller* (4 ± 1 °C) dan suhu ruang (25 ± 1 °C).

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan analitik (OHAUS PA214), gelas kimia, vial, *beaker glass*, pipet volume, *ball pipet*, gelas ukur, pinset, pipet tetes, plat tetes, batang pengaduk, tabung reaksi, kuvet, toples kaca, spektrofotometri UV-Vis, pH meter (EUTECH), indikator pH universal

(MERCK), *Rheotex*, mikropipet *socorex*, *bluetip*, blender, *press kaca*, oven, kamera, *scanner*, *imageJ*.

3.4.2 Bahan

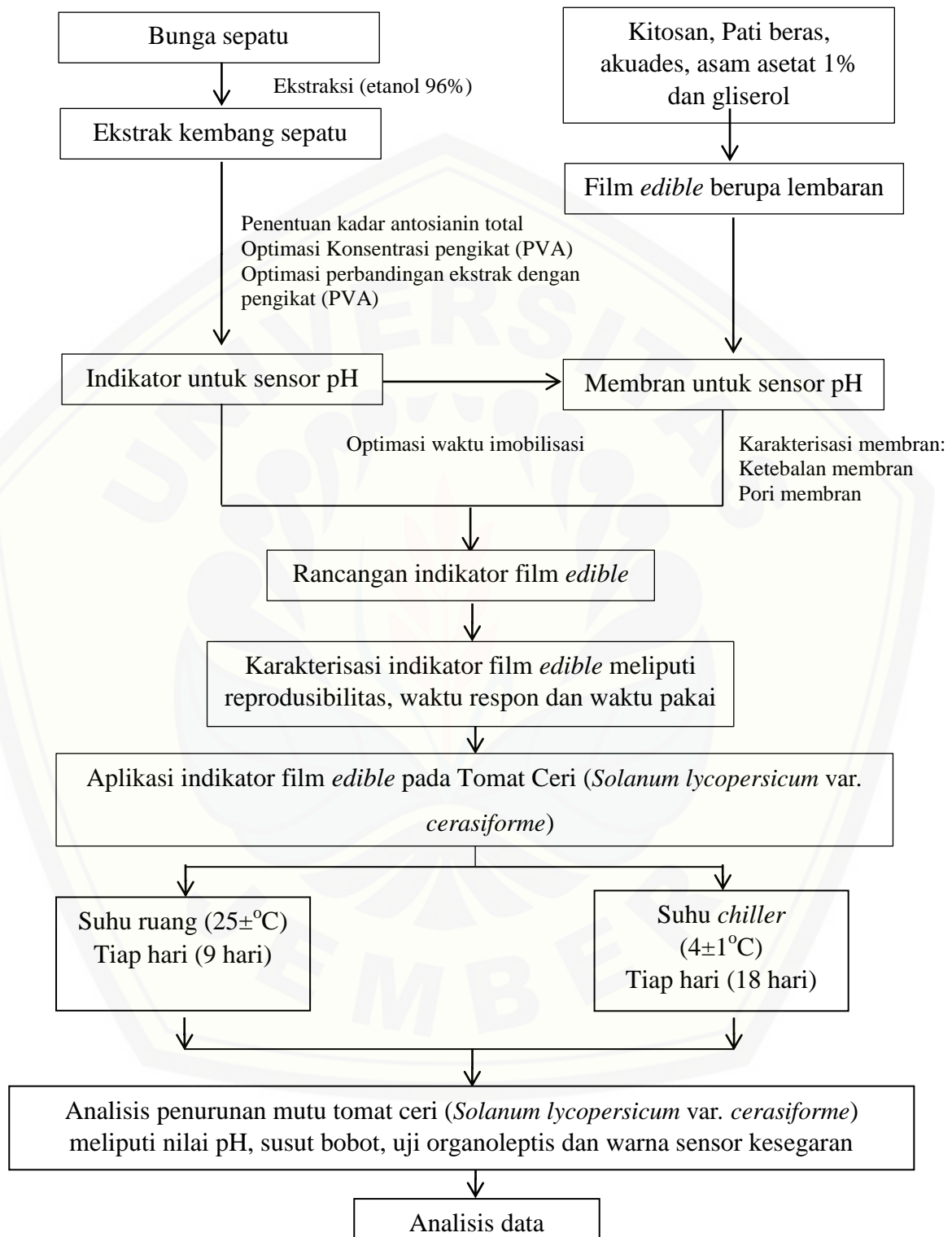
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bunga sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) yang diambil dari desa Kedungasri, kecamatan Tegaldlimo, Banyuwangi, Tomat ceri (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) yang dibeli di Hypermart Jember, kitosan, pati beras, etanol 96%, aquadestilata, asam asetat 1%, gliserol dan Polivinil Alkohol (PVA).

3.5 Tahapan Penelitian

3.5.1 Tahap Percobaan

1. Pembuatan ekstrak bunga sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis* L.).
2. Penentuan konsentrasi antosianin total ekstrak bunga sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis* L.).
3. Pembuatan membran film *edible* campuran kitosan dan pati beras
4. Karakterisasi membran film *edible* meliputi ketebalan membran dan pori membran.
5. Optimasi sensor film *edible* meliputi waktu imobilisasi, perbandingan ekstrak dengan pengikat (PVA), dan konsentrasi bahan pengikat (PVA).
6. Fabrikasi sensor film *edible* dari kitosan dan pati beras yang akan diimobilisasi dengan indikator ekstrak bunga sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis* L.).
7. Karakterisasi sensor film *edible* meliputi waktu respon, reproduibilitas dan waktu pakai.
8. Aplikasi sensor film *edible* pada sampel tomat ceri (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*).

3.5.2 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Pembuatan Ekstrak Bunga Sepatu

Bunga sepatu dipotong kecil-kecil kemudian dioven suhu 40 °C sampai kering. Setelah kering, simplisia bunga sepatu diblender hingga membentuk serbuk halus, kemudian 1 gram serbuk simplisia dimaserasi dengan 20 mL etanol 96% selama 120 menit. Hasil maserasi kemudian disaring menggunakan corong *buchner*.

3.6.2 Penentuan Konsentrasi Antosianin Total

Pengukuran konsentrasi antosianin total dari pewarna alami dalam bentuk cair dilakukan dengan menggunakan metode pH *differential* yang dikembangkan oleh (Dian dan Siregar, 2011). Sebanyak dua buah tabung reaksi disiapkan, tabung reaksi pertama dimasukkan larutan dapar kalium klorida pH 1 sebanyak 4 mL kemudian tabung reaksi kedua dimasukkan larutan dapar natrium asetat pH 4,5 sebanyak 4 mL. Masing-masing tabung reaksi ditambahkan sampel yang akan ditentukan kadar antosianin sebanyak 1 mL dan didiamkan selama \pm 20 menit. Pengukuran absorbansi dari kedua perlakuan pH tersebut diukur dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 510 nm dan 700 nm. Nilai absorbansi dihitung dengan persamaan:

$$A = [(A_{510} - A_{700})_{\text{pH 1}} - (A_{510} - A_{700})_{\text{pH 4.5}}] \dots\dots\dots(3.1)$$

$$\text{Konsentrasi antosianin (mg/L)} = \frac{(A \times \text{BM} \times \text{FP} \times 1000)}{\epsilon \times l} \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

- A = absorbansi
- A_{510} = absorbansi pada panjang gelombang 510 nm
- A_{700} = absorbansi pada panjang gelombang 700 nm
- BM = berat molekul (449,2 g/mol)
- FP = faktor pengenceran
- ϵ = Absorbtivitas molar Sianidin-3-Glukosida (26900 L/cm)
- l = tebal kuvet (cm)

3.6.3 Pembuatan Membran Film *Edible* Campuran Kitosan dan Pati beras

Kitosan sebanyak 2 gram dicampur dengan 100 mL asam asetat 1% dalam beaker gelas sambil diaduk dengan batang pengaduk sampai homogen. Pati beras sebanyak 2 gram dicampur dengan 50 mL aquadestilata dalam gelas beaker sambil diaduk dengan pengaduk magnetik pada suhu 85 °C selama 20 menit sampai homogen. Tuang pati yang telah homogen kedalam kitosan, kemudian campuran tersebut diaduk sambil didinginkan pada lingkungan terbuka. Pada suhu sekitar 60°C ditambahkan gliserol. Hasil yang diperoleh kemudian dituangkan pada permukaan plat kaca yang telah dibersihkan dan di keringkan dengan oven pada suhu 80°C selama 3 jam. Setelah kering lapisan film didinginkan sampai mencapai suhu kamar.

3.6.4 Karakterisasi Membran Film *edible*

a. Karakterisasi Ketebalan Membran

Optimasi ketebalan membran dilakukan untuk mendapatkan membran dengan konsistensi yang baik ditandai dengan kemampuan mengikat indikator dengan baik, agar warna yang didapatkan merata serta tidak mudah sobek ketika ditempatkan dalam kemasan. Ketebalan membran yang baik yaitu berada pada rentang 0,10-0,50 (Murni, 2012).

b. Karakterisasi Pori Membran

Pori membran dilihat menggunakan SEM (*Scanning electron microscope*). Diambil gambar permukaan membran untuk melihat pori membran pada beberapa perbesaran. Pori membran yang baik akan memberikan intensitas warna dan homogenitas warna yang tersebar merata pada membran.

3.6.5 Optimasi Film *Edible*

a. Optimasi Konsentrasi PVA

Optimasi konsentrasi PVA dilakukan untuk pengikatan warna indikator ekstrak bunga sepatu yang baik pada film *edible* supaya tidak mengalami *leaching*

(keluarnya indikator dari membran film *edible*) selama penyimpanan dan pengaplikasian ke sampel tomat ceri. Konsentrasi PVA yang digunakan adalah 0,1 %, 1 %, 1,5 %, dan 2 %.

b. Optimasi Perbandingan Ekstrak dengan Pengikat

Bahan pengikat ditambahkan pada sensor edible untuk mengikat indikator warna antosianin bunga sepatu pada film edible. Optimasi perbandingan ekstrak dengan pengikat dilakukan untuk mengetahui perbandingan ekstrak dengan pengikat yang memberikan perubahan warna paling intensif dan tidak mengalami kebocoran jika kontak dengan sampel. Perbandingan ekstrak dengan pengikat yang digunakan adalah 1:1, 1:2, dan 1:3.

c. Optimasi Waktu Imobilisasi

Tujuan dilakukannya optimasi waktu imobilisasi adalah untuk mendapatkan indikator film *edible* yang optimum dan untuk mendapatkan warna yang stabil yang dipengaruhi jumlah indikator yang terikat pada membran film *edible*. Waktu imobilisasi yang digunakan adalah 15, 30, 45, 60, 90, dan 120 menit.

3.6.6 Fabrikasi Sensor Film *Edible*

a. Penambahan Bahan Pengikat Pada Ekstrak Bunga Sepatu

Bahan pengikat berupa polivinil alkohol (PVA) ditambahkan ke dalam ekstrak bunga sepatu yang larut di dalam ekstrak.

b. Pengimobilisasian Indikator Pada Membran Film *Edible*

Membran dipotong berbentuk lingkaran dengan diameter 5 mm direndam sesuai dengan waktu pengoptimasian yang paling baik dalam indikator bunga sepatu yang telah ditambahkan PVA, kemudian dikeringkan dengan cara diangin-anginkan.

3.6.7 Karakterisasi Sensor Film *Edible*

a. Waktu Respon

Penentuan waktu respon dilakukan untuk mengetahui kecepatan perubahan warna sensor yang dilakukan pada pH segar 4,89 dan pH busuk 4,35. Penelitian dilakukan dengan mengamati secara visual mulai saat terjadinya perubahan warna sampai warna menjadi homogen. Secara kuantitatif waktu respon ditentukan dengan melihat nilai *mean red*.

b. Reprodusibilitas Sensor

Reprodusibilitas sensor ditentukan dengan menghitung standar deviasi relatif (RSD) dari beberapa kali replikasi terhadap sensor yang berbeda pada 3 hari yang berbeda. Reprodusibilitas sensor terhadap analit dapat digolongkan baik bila kesesuaian respon tersebut antara respon yang satu dengan yang lainnya yang dinyatakan dengan $RSD < 5\%$.

c. Waktu Pakai

Pengujian waktu pakai ini dilakukan dengan pengamatan secara visual kestabilan warna sensor film *edible* setelah kontak dengan pH 4,35 dan 4,89 terhadap waktu pada hari ke 1 hingga hari ke 30 dan seterusnya sampai warna sensor mengalami penurunan lebih dari 15%. Pengamatan waktu pakai dilakukan dengan pengamatan secara visual dan melihat nilai *mean red*.

3.6.8 Aplikasi Indikator Film Edible pada Tomat Ceri

Indikator film *edible* ditempatkan didalam kemasan tomat ceri. Perubahan warna diamati secara visual untuk memantau pH dan kualitas dari tomat ceri. Label perubahan warna film *edible* dalam memantau kualitas tomat ceri dapat dilihat pada Gambar 3.2.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, serta mengacu pada perumusan masalah, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Fabrikasi sensor kesegaran *edible* dimulai dengan pembuatan ekstrak bunga sepatu dan membran film *edible* yang ditambahkan PVA sebagai bahan pengikat. Waktu imobilisasi optimum pada fabrikasi sensor kesegaran *edible* yaitu 90 menit dengan konsentrasi PVA 1% dan perbandingan ekstrak 1:3.
2. Karakterisasi membran film *edible* dengan tebal 0,22 mm. Struktur permukaan membran film ketika sebelum diimobilisasi tampak homogen, halus dan terlihat adanya komponen kitosan, sedangkan struktur setelah di imobilisasi permukaan menjadi kasar dan berpori. Karakterisasi waktu respon sensor kesegaran *edible* telah menunjukkan keadaan *steady state* pada menit ke-5. Reprodusibilitas berdasarkan intensitas warna atau nilai *mean red* menunjukkan bahwa perubahan warna dengan 3 kali pengulangan selama 3 hari memiliki RSD <5%. Sensor kesegaran *edible* dapat bertahan 12 hari pada penyimpanan suhu ruang dan 17 hari dalam penyimpanan suhu *chiller* dengan kenaikan *mean red* <15%.
3. Indikator pH dapat diaplikasikan sebagai label pintar untuk kesegaran tomat ceri dipasaran dengan cara meletakkan sensor pada bagian dalam kemasan tomat ceri, kemudian dapat dilihat perubahan warna yang terjadi dengan membandingkan warna yang terdapat pada label.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan mengujikan sensor kesegaran *edible* berbasis indikator alami ekstrak antosianin bunga sepatu untuk menguji kesegaran produk makanan lain.

Disarankan juga menggunakan membran *edible* lain selain membran *edible* berbahan kitosan, pati dan nata decoco dengan tambahan pengawet untuk menghasilkan membran *edible* yang lebih stabil dalam penyimpanan.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahvenainen, R. 2003. *Novel Food Packaging Techniques*. Cambridge England: Woodhead Publishing Limited.
- Alexandra, Y. dan Nurlina. 2014. Aplikasi *edible coating* dari pektin jeruk songhi pontianak (*Citrus nobilis* var *Microcarpa*) pada penyimpanan buah tomat. *JKK* 3(4):11–20.
- Anas, Y., Nugroho, A. E. dan S. Riyanto. 2014. Kajian reversibilitas interaksi marmin terhadap reseptor histamin H1, asetilkolin muskarinik Ach-M3 dan β 2-adrenergik. *Jurnal Ilmu Farmasi Dan Farmasi Klinik*. 1-8
- Bourtoom, T. dan M. S. Chinnan. 2008. Preparation and properties of rice starch-chitosan blend biodegradable film. *LWT - Food Science and Technology*. 41(9):1633–1641.
- Butler, B. L., P. J. Vergano, R. F. Testin, J. M. Bunn, dan J. L. Wiles. 1996. Mechanical and barrier properties of edible chitosan films as affected by composition and storage. *Journal of Food Science*. 63:1049-1052
- Castañeda-Ovando, A., M. de L. Pacheco-Hernández, M. E. Páez-Hernández, J. A. Rodríguez, dan C. A. Galán-Vidal. 2009. Chemical studies of anthocyanins: a review. *Food Chemistry*. 113(4):859–871.
- Choi, I., J. Y. Lee, M. Lacroix, dan J. Han. 2017. Intelligent ph indicator film composed of agar/potato starch and anthocyanin extracts from purple sweet potato. *Food Chemistry*. 218:122–128.
- Clifford, M. N. 2000. Anthocyanins-nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 80: 1063-1072.
- Dalimartha, S. 2006. *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia Jilid 4*. Jakarta: Puspa Swara.
- Dangaran, K. L., J. Renner-Nantz, dan J. M. Krochta. 2006. Whey protein-sucrose coating gloss and integrity stabilization by crystallization inhibitors. *Journal of Food Science*. 71(3):152–157.
- Dangles, O., N. Saito, dan R. Brouillard. 1993. Anthocyanin intramolecular copigment effect. *Phytochemistry*. 34(1):119–124.
- Dian, Y. dan I. Siregar. 2011. Ekstraksi dan uji stabilitas zat warna alami dari bunga kembang sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) dan bunga rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.). 2(3):459-467.

- Dinarwi. 2011. Pengaruh lama penyimpanan dan jenis pengemas terhadap kadar gula dan keasaman buah tomat (*Lycopersicon esculentum mill*). *Berita Litbang Industri*. 66(1):21–29.
- Eggins, B. R. 1996. *Biosensors: An Introduction*. Vieweg Teubner Verlag: Wiesbaden.
- Ghaani, M., C. A. Cozzolino, G. Castelli, dan S. Farris. 2016. An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector. *Trends in Food Science and Technology*. 51:1–11.
- Hogan, S. A. dan J. P. Kerry. 2008. *Smart Packaging Technologies for Fast Moving Consumer Goods*. England: John Wiley & Sons Ltd
- Kannan, V. 2011. Extraction of bioactive compounds from whole red cabbage and beetroot using pulsed electric fields and evaluation of their functionality. *Food Science and Technology*. 1–160.
- Kerry, J. P. 2014. *New Packaging Technologies, Materials and Formats for Fast-Moving Consumer Products*. Dalam *Innovations in Food Packaging*. Elsevier.
- Konczak, I. dan W. Zhang. 2004. Anthocyanins - more than nature's colours. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. 239–240.
- Kumar, A. dan A. Singh. 2012. Review on hibiscus rosa sinensis. *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences*. 3(2):534–538.
- Kuswandi, B. 2010. *Sensor Kimia : Teori, Praktek, Dan Aplikasi*. Jember: Jember University Press.
- Kuswandi, B. 2017. *Freshness Sensors for Food Packaging*. Elsevier. *Reference Module in Food Science*.
- Lestari, S. 2010. Penentuan total antosianin dari kelopak bunga rosela (*Hibiscus sabdariffa L.*) dengan metode maserasi dan sokshletasi. *Jurnal Sains & Matematika (JSM)*. 18(1):1–6.
- Nugraheni, M. 2014. *Pewarna Alami: Sumber Dan Aplikasinya Pada Makanan Dan Kesehatan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Pourjavaher, S., H. Almasi, S. Meshkini, S. Pirs, dan E. Parandi. 2017. Development of a colorimetric ph indicator based on bacterial cellulose nanofibers and red cabbage (*Brassica oleraceae*) extract. *Carbohydrate Polymers*. 156:193–201.

- Raafat, D. dan H. Sahl. 2009. Minireview chitosan and its antimicrobial potential. *A Critical Literature Survey*. 2:186–201.
- Rachmawati, A. K. 2009. Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin Cincau Hijau (*Premna oblongifolia*. Merr) untuk Pembuatan Edible Film. Skripsi. Surakarta: Fakultas Pertanian UNS. 1–76.
- Rein, M. J. 2005. *Copigmentation Reactions and Color Stability of Berry Anthocyanins*. Helsinki: Universitas of Helsinki.
- Reinking, L. 2007. ImageJ user guide. *Word Journal of The International Linguistic Association*. 9(7):1–22.
- Riyanto, B., A. Maddu, dan Yogi Waldingga Hasnedi. 2010. Kemasan Cerdas Pendeteksi Kebusukan Filet Ikan Nila. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 8(2):118-128
- Rodiana, Y. dan H. Maulana. 2013. Pengkajian metode untuk analisis total logam berat dalam sedimen menggunakan microwave digestion method assessment for heavy metal analysis in sediment. *Journal of Biota*. 7(2):71–80.
- Rodríguez, M., J. Osés, K. Ziani, dan J. I. Maté. 2006. Combined effect of plasticizers and surfactants on the physical properties of starch based edible films. *Food Research International*. 39:840-846
- Rowe, R. C. R., P. J. S. Sheskey, dan W. Cook. 2009. Handbook pharmaceutical excipients, sixth edition. London: Pharmaceutical Press and American Pharmacists Assosiation.
- Sanchez-ballesta, S. D. P. Æ. M. T. 2008. Anthocyanins : from plant to health. :281–299.
- Sangadji, I., M. Rijal, dan Y. Astri K. 2017. Analisis kandungan ekstrak antosianin di dalam mahkota bunga beberapa tanaman hias sebagai sumber pewarna alami. *Jurnal Biology Science & Education*. 6(2):118–128.
- Shahidi, F. 1999. Food applications of chitin and chitosan food applications of chitin and chitosans. 2244
- Skurtys, O., C. Acevedo, F. Pedreschi, J. Enrione, F. Osorio, dan J. Aguilera. 2010. *Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings*. Dalam Food Hydrocolloids; Characteristics, Properties and Structures
- Tugiyono, H. 1999. *Bertanam Tomat*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- USDA. 2019. Plants Profile for *Solanum Lycopersicum Cerasiforme* (Garden Tomato). <https://www.plants.usda.gov/core/profile?symbol=SOLYC> [Diakses pada February 17, 2019].

- Vankar, P. S. dan D. Shukla. 2011. Natural dyeing with anthocyanins from hibiscus rosa sinensis flowers.
- Viljanen, K., M. Lille, R. Heiniö, dan J. Buchert. 2011. Effect of high-pressure processing on volatile composition and odour of cherry tomato purée. *Food Chemistry*. 129(4):1759–1765.
- Wang, J. 2006. *Analytical Electrochemistry, Third Edition*.
- Widiastuti, D. R. 2016. Kajian kemasan pangan aktif dan cerdas. 30.
- Wu, L. C., H. W. Hsu, Y. C. Chen, C. C. Chiu, Y. I. Lin, dan J. A. A. Ho. 2006. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. *Food Chemistry*. 95(2):319–327.
- Yam, K. L., P. T. Takhistov, dan J. Miltz. 2005. Intelligent Packaging: Concepts and Applications. *Journal of Food Science*.
- Zhang, X., S. Lu, dan X. Chen. 2014. A visual ph sensing film using natural dyes from bauhinia blakeana dunn. *Sensors and Actuators, B: Chemical*. 198:268–273.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Penentuan Kadar Antosianin Total

Absorbansi	pH 1		pH 4,5		A	mg/L	%b/b
	λ 520	λ 700	λ 520	λ 700			
Replikasi 1	2,620	0,844	1,818	1,166	1,124	93,848	0,188
Replikasi 2	2,797	1,019	1,830	1,112	1,060	88,504	0,177
Replikasi 3	2,568	0,739	1,860	1,138	1,107	92,434	0,185
Replikasi 4	2,666	0,913	1,841	1,186	1,098	91,683	0,183
Replikasi 5	2,729	0,917	1,897	1,179	1,094	91,349	0,183

Cara menghitung :

Replikasi 1

$$A = A_{520} - A_{700} \text{ pH } 1,0 - (A_{520} - A_{700} \text{ pH } 4,5)$$

$$A = (2,620 - 0,844) - (1,818 - 1,166)$$

$$A = 1,124$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi antosianin } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) &= \frac{A \times \text{BM} \times \text{FP} \times 1000}{\epsilon \times l} \\ &= \frac{1,124 \times 449,2 \times 5 \times 1000}{26900 \times 1} \\ &= 93,848 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Kadar % b/b:

$$93,848 \text{ mg} \sim 1000 \text{ mL}$$

$$X \text{ mg} \quad \sim 500 \text{ mL}$$

$$X = (93,848 \times 500) / 1000$$

$$= 46,924 \text{ mg}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ b/b} &= (46,924 \times 10^3 \text{ g} / 25 \text{ g}) \times 100 \% \\ &= 0,188 \% \end{aligned}$$

Lampiran 2. Tebal Membran Film *Edible*

Tebal Membran	Titik					Mean	SD	%RSD
	1	2	3	4	5			
Membran 1	0,23	0,21	0,22	0,21	0,23	0,220	0,010	4,545
Membran 2	0,22	0,22	0,23	0,21	0,21	0,218	0,008	3,838
Membran 3	0,2	0,21	0,2	0,2	0,22	0,206	0,009	4,342

Cara menghitung :

Membran 1

$$\text{Mean} : \frac{0,23+0,21+0,22+0,21+0,23}{5} = 0,22$$

$$\begin{aligned} \text{SD} &: \sqrt{\frac{\sum |xd - \bar{x}d|^2}{n-1}} \\ &: \sqrt{\frac{(0,22-0,23)^2 - (0,22-0,21)^2 - (0,22-0,22)^2 + (0,22-0,21)^2 + (0,22-0,23)^2}{5-1}} = 0,01 \end{aligned}$$

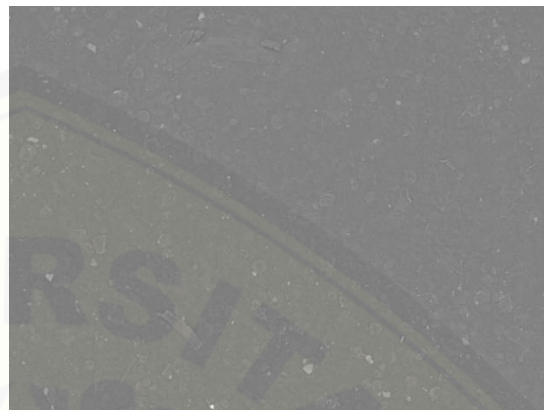
$$\begin{aligned} \text{RSD} &: \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\% \\ &: \frac{0,013}{0,216} \times 100\% = 6,018 \end{aligned}$$

Lampiran 3. Morfologi (SEM) membran Film *Edible***3.1 Membran Sebelum Imobilisasi Ekstrak Bunga Sepatu**

Perbesaran 100x



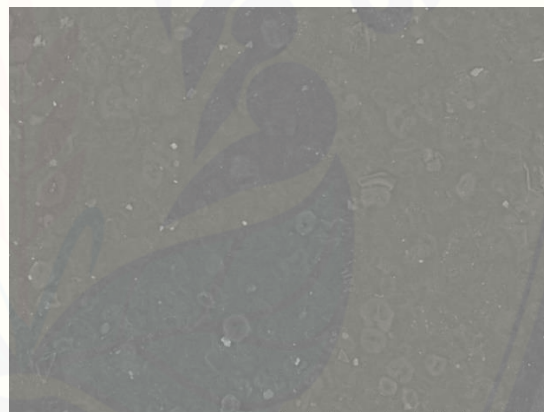
Perbesaran 200x



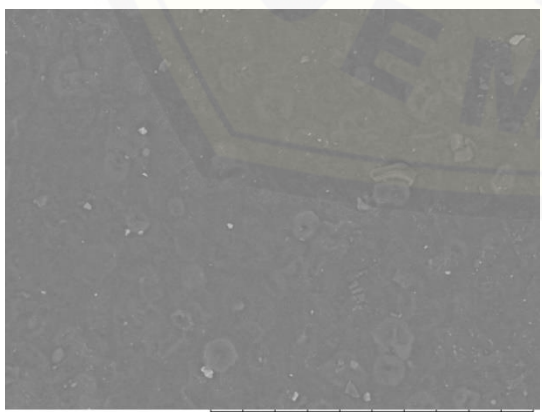
Perbesaran 300x



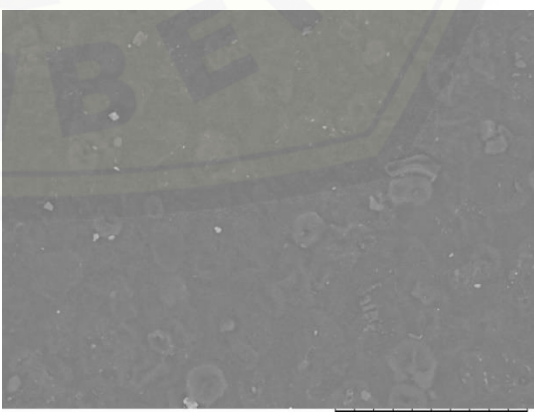
Perbesaran 400x



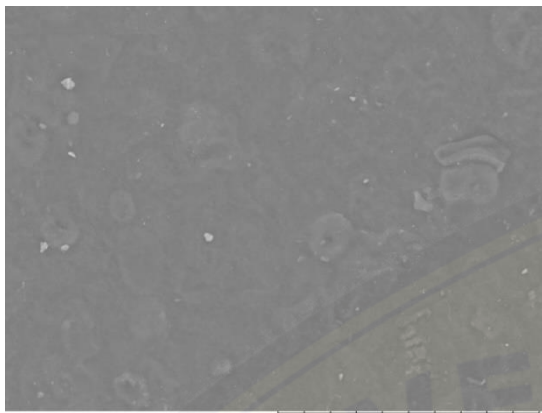
Perbesaran 500x



Perbesaran 600x

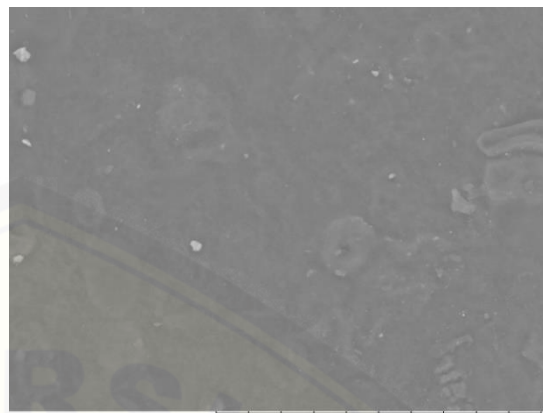


Perbesaran 800x



TM3000_0445 2019/04/22 15:59 H 100 um

Perbesaran 1000x



TM3000_0446 2019/04/22 16:00 H 100 um

3.2 Membran Sesudah Imobilisasi Ekstrak Bunga Sepatu

Perbesaran 100x



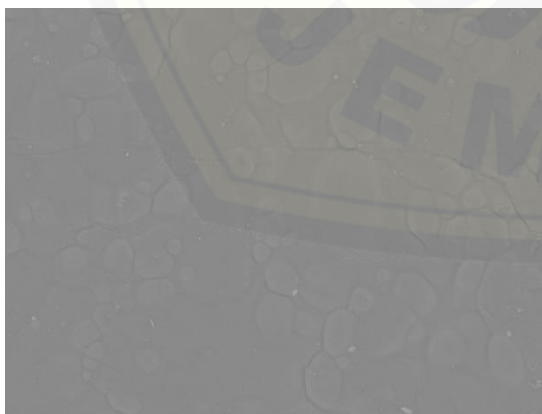
TM3000_0466 2019/04/30 10:46 H 1 mm

Perbesaran 200x



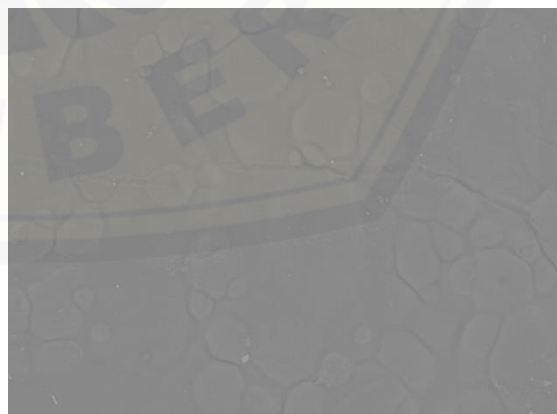
TM3000_0467 2019/04/30 10:48 H 500 um

Perbesaran 300x

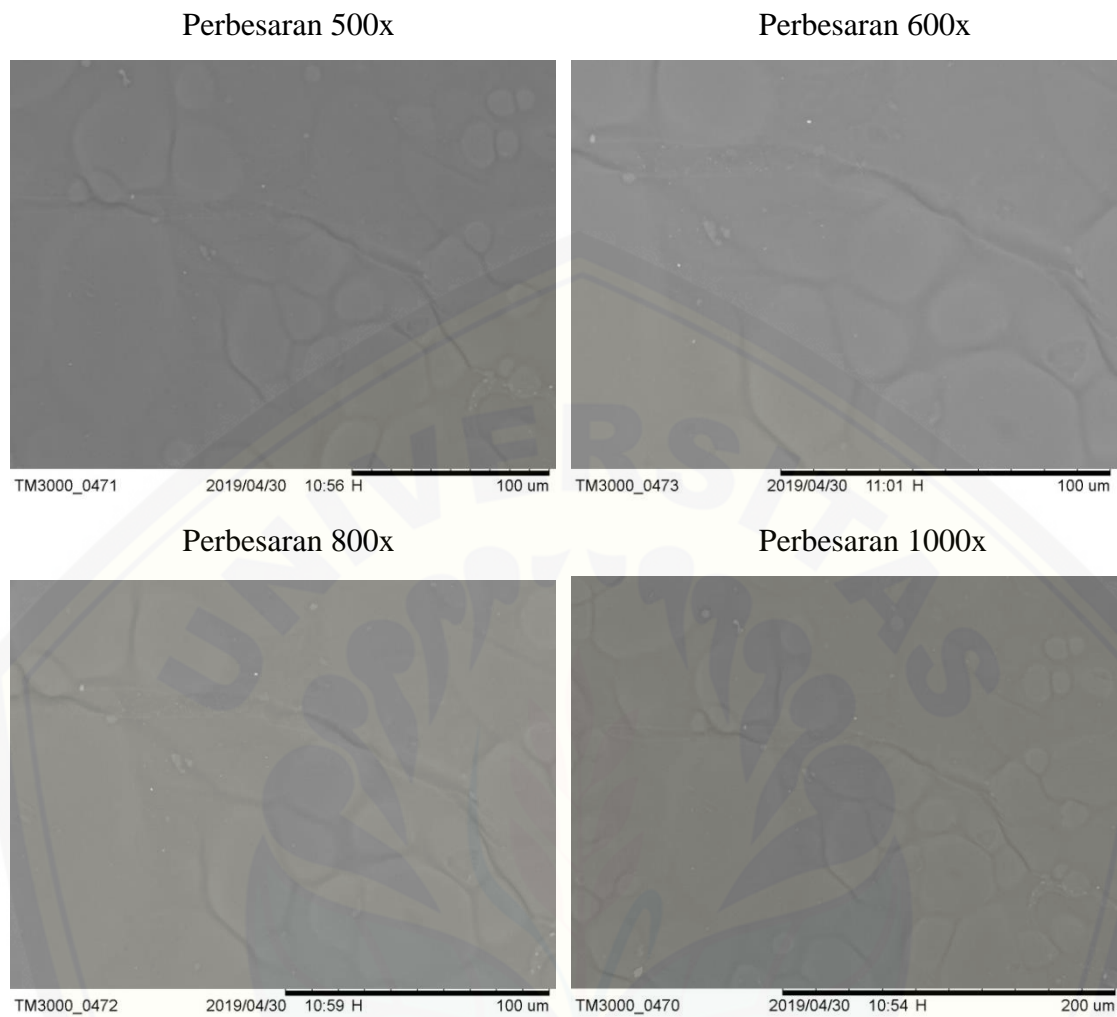


TM3000_0468 2019/04/30 10:50 H 300 um

Perbesaran 400x



TM3000_0469 2019/04/30 10:52 H 200 um



Lampiran 4. Pemilihan Nilai RGB

4.1 Membran Sebelum Diimobilisasi

<i>Mean</i>	Rep 1	Rep 2	Rep 3	<i>Mean</i>	SD	%RSD
<i>Red</i>	223,028	224,196	221,474	222,899	1,366	0,613
<i>Green</i>	197,439	198,564	192,96	196,321	2,965	1,510
<i>Blue</i>	170,096	171,606	163,981	168,561	4,038	2,395
<i>RGB</i>	196,838	198,115	192,84	195,931	2,752	1,405

4.2 Membran Setelah Diimobilisasi

<i>Mean</i>	Rep 1	Rep 2	Rep 3	<i>Mean</i>	SD	%RSD
<i>Red</i>	75,065	74,848	72,414	74,109	1,472	2,296
<i>Green</i>	73,174	74,579	70,348	72,700	2,155	3,437
<i>Blue</i>	76,8	79,087	73,653	76,513	2,728	4,102
<i>RGB</i>	75,017	76,147	72,157	74,440	2,057	3,191

Lampiran 5. Optimasi Sensor Kesegaran Tomat Ceri

5.1 Optimasi Waktu Imobilisasi

Menit	Nilai <i>Red</i>			<i>Mean red</i>	SD	% RSD
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3			
15	144,727	141,576	143,563	143,289	1,593	1,112
30	116,062	119,188	121,243	118,831	2,609	2,195
45	103,281	100,839	100,609	101,576	1,481	1,458
60	88,815	91,468	85,608	88,630	2,934	3,311
90	86,318	86,746	85,271	86,112	0,759	0,881
120	83,587	93,489	84,581	87,219	5,453	6,252

5.2 Optimasi Perbandingan Bahan Pengikat (PVA) dengan Ekstrak

PVA 0,1% : Ekstrak (10 ml)	Nilai <i>Red</i>			<i>Mean Red</i>	SD	% RSD
	Rep 1	Rep 2	Rep 3			
1:1	96,436	100,354	97,052	97,947	2,107	2,151
1:2	87,154	86,912	85,09	86,385	1,128	1,306
1:3	64,751	62,872	64,751	64,125	1,085	1,692

Lampiran 6. Waktu Respon

6.1 Waktu Respon Pada pH Segar

Menit	Nilai <i>red</i>			<i>Mean red</i>	SD	% RSD
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3			
1	55,63	59,995	56,59	57,405	2,294	3,996
2	92,837	94,139	98,283	95,086	2,844	2,991
3	99,077	108,378	104,256	103,904	4,660	4,485
4	101,456	106,104	111,276	106,279	4,912	4,622
5	107,321	111,888	113,652	110,954	3,267	2,945

6	102,975	109,479	118,517	110,324	7,805	7,075
7	116,876	114,892	107,741	113,170	4,805	4,246
8	116,846	115,406	123,124	118,459	4,104	3,464
9	121	116,433	113,887	117,192	3,743	3,194
10	115,729	119,758	120,683	118,723	2,634	2,219

6.2 Waktu Respon Pada pH Busuk

Menit	Nilai <i>red</i>			<i>Mean red</i>	SD	% RSD
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3			
1	63,735	66,42	59,04	63,065	3,735	5,923
2	124,508	112,478	116,206	117,731	6,158	5,231
3	119,544	126,595	121,156	122,432	3,695	3,018
4	126,872	123,71	124,554	125,045	1,637	1,309
5	128,848	129,626	124,276	127,583	2,891	2,266
6	125,268	126,694	129,642	127,201	2,231	1,754
7	130,341	128,677	125,11	128,043	2,673	2,087
8	132,187	127,408	126,69	128,762	2,988	2,321
9	140,04	131,684	139,717	137,147	4,734	3,452
10	144,717	140,675	133,741	139,711	5,551	3,973

Lampiran 7. Reprodusibilitas

7.1 Reprodusibilitas Pada pH Segar

Hari	Nilai <i>red</i>			<i>Mean red</i>	SD	% RSD
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3			
1	108,441	109,148	114,067	110,552	3,065	2,772
2	114,743	112,051	109,148	111,981	2,798	2,499
3	107,974	101,289	103,511	104,258	3,405	3,265

7.2 Reprodusibilitas Pada pH busuk

Hari	Nilai <i>red</i>			<i>Mean red</i>	SD	% RSD
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3			
1	124,935	130,544	127,78	127,753	2,805	2,195
2	131,006	135,507	135,507	134,007	2,599	1,939
3	131,918	125,411	132,728	130,019	4,011	3,085

Cara menghitung SD dan % RSD :

$$SD = [=STDEV(\text{nilai } red \text{ rep1,rep2,rep3})]$$

$$RSD = [=SD/mean \text{ red}]$$

Lampiran 8. Waktu Pakai Sensor Kesegaran Tomat Ceri

8.1 Waktu Pakai Pada pH Segar dalam Suhu Ruang

Hari	Nilai <i>red</i>			<i>Mean red</i>	SD	% RSD	% Kenaikan <i>mean red</i>
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3				
1	106,647	108,936	110,345	108,643	1,866	1,718	0,000
2	109,868	112,950	111,373	111,397	1,541	1,383	2,535
3	114,391	110,479	112,399	112,423	1,956	1,740	3,480
4	119,799	114,359	116,375	116,844	2,750	2,354	7,549
5	118,029	116,852	115,532	116,804	1,249	1,069	7,512
6	123,364	114,139	118,368	118,624	4,618	3,893	9,187
7	115,468	123,295	119,036	119,266	3,919	3,286	9,779
8	119,428	118,086	121,754	119,756	1,859	1,579	10,229
9	117,358	124,345	120,385	120,696	3,504	2,903	11,094
10	123,482	121,384	119,490	121,452	1,997	1,644	11,790
11	119,747	128,036	122,345	123,376	4,240	3,436	13,561
12	127,862	122,956	123,373	124,730	2,720	2,181	14,808
13	121,301	126,479	128,369	125,383	3,659	2,918	15,409

8.2 Waktu Pakai Pada pH Busuk dalam Suhu Ruang

Hari	Nilai <i>red</i>			<i>Mean red</i>	SD	% RSD	% Kenaikan <i>mean red</i>
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3				
1	120,979	121,632	119,624	120,745	1,024	0,848	0,000
2	124,408	124,632	128,374	125,805	2,228	1,771	2,190
3	129,460	125,995	126,236	127,230	1,935	1,521	4,371
4	129,428	126,086	129,754	128,423	2,030	1,581	6,359
5	132,659	127,854	128,385	129,633	2,634	2,032	7,361
6	134,097	125,528	130,749	130,125	4,318	3,319	7,768
7	135,567	125,052	131,105	130,575	5,278	4,042	8,141
8	135,181	126,743	131,234	131,053	4,222	3,222	8,537
9	129,680	135,936	133,845	133,154	3,185	2,392	10,277
10	131,868	134,950	136,373	134,397	2,303	1,713	11,306

11	134,851	137,496	136,385	136,244	1,328	0,975	12,836
12	139,799	134,359	136,375	136,844	2,750	2,010	13,333
13	138,008	139,292	142,072	139,791	2,077	1,486	15,773

8.3 Waktu Pakai Pada pH Segar dalam Suhu *Chiller*

Hari	Nilai <i>red</i>			<i>Mean red</i>	SD	% RSD	% Kenaikan <i>mean red</i>
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3				
1	111,647	112,986	114,328	112,987	1,341	1,186	0,000
2	117,858	113,950	111,863	114,557	3,043	2,657	1,390
3	112,339	118,397	114,301	115,012	3,091	2,688	1,793
4	119,367	114,790	116,375	116,844	2,324	1,989	3,414
5	118,058	116,982	115,322	116,787	1,378	1,180	3,364
6	118,009	114,089	123,586	118,561	4,773	4,025	4,934
7	123,105	115,375	119,146	119,209	3,865	3,243	5,507
8	119,268	120,004	118,375	119,549	2,249	1,913	6,038
9	124,456	117,208	120,980	120,881	3,625	2,999	6,987
10	119,146	121,009	123,439	121,198	2,153	1,776	7,267
11	119,725	122,045	128,000	123,257	4,268	3,463	9,089
12	122,911	127,402	123,007	124,440	2,566	2,062	10,137
13	128,109	126,558	121,347	125,338	3,542	2,826	10,931
14	124,129	126,330	129,094	126,518	2,488	1,966	11,975
15	125,680	126,080	131,072	127,611	3,004	2,354	12,943
16	129,480	127,175	127,128	127,928	1,345	1,051	13,223
17	127,441	133,354	128,096	129,630	3,241	2,500	14,730
18	129,118	128,330	133,711	130,386	2,906	2,229	15,399

8.4 Waktu Pakai Pada pH Busuk dalam Suhu *Chiller*

Hari	Nilai <i>red</i>			<i>Mean red</i>	SD	% RSD	% Kenaikan <i>mean red</i>
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3				
1	120,986	123,632	119,624	121,414	2,038	1,679	0,000
2	124,128	124,698	128,374	125,733	2,305	1,833	1,558
3	129,098	125,995	126,208	127,100	1,733	1,364	2,683
4	129,118	126,096	129,754	128,323	1,954	1,523	3,690
5	132,238	127,129	128,355	129,241	2,667	2,064	5,446
6	134,009	125,980	130,709	130,233	4,036	3,099	6,263
7	135,129	125,960	131,156	130,748	4,598	3,517	7,688
8	136,390	126,347	131,230	131,322	5,022	3,824	8,161
9	129,003	135,006	133,945	132,651	3,204	2,415	9,255

10	131,373	134,245	136,313	133,977	2,481	1,852	10,347
11	134,549	137,238	136,085	135,957	1,349	0,992	11,978
12	139,236	134,809	136,775	136,940	2,218	1,620	12,788
13	135,587	138,597	139,009	137,731	1,868	1,356	13,439
14	139,364	135,378	140,438	138,393	2,666	1,926	13,985
15	141,867	136,498	138,096	138,820	2,757	1,986	14,336
16	138,188	142,129	137,114	139,144	2,641	1,898	14,603
17	139,097	138,598	140,795	139,497	1,152	0,826	14,893
18	142,086	138,130	139,909	140,042	1,981	1,415	15,342

Cara menghitung SD dan % RSD :

$$SD = [=STDEV(\text{nilai red rep1,rep2,rep3})]$$





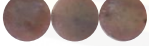




$$RSD = [=SD/\text{mean red}]$$

% Kenaikan *mean red* =


















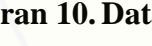
$$\frac{(\text{nilai mean red akhir} - \text{nilai mean red awal})}{\text{nilai mean red awal}} \times 100\%$$

Lampiran 9. Data Hasil Pengamatan Perubahan Warna Sensor Kesegaran Tomat Ceri Berdasarkan *ImageJ*

9.1 Perubahan Warna Sensor Kesegaran Tomat Ceri Pada Suhu Ruang

Hari	Membran	Nilai red			<i>Mean red</i>	SD	% RSD
		Rep 1	Rep 2	Rep 3			
1		79,396	77,489	78,058	78,314	0,979	1,250
2		82,397	85,200	87,309	84,969	2,464	2,900
3		95,393	91,003	93,878	93,425	2,230	2,387
4		97,089	98,138	98,524	97,917	0,743	0,758
5		105,654	103,490	102,346	103,830	1,680	1,618
6		114,862	112,395	115,758	114,338	1,742	1,523
7		128,978	129,469	126,814	128,420	1,413	1,100
8		137,654	135,891	139,392	137,646	1,751	1,272
9		144,035	140,331	143,311	142,559	1,963	1,377

9.2 Perubahan Warna Sensor Kesegaran Tomat Ceri Pada Suhu *Chiller*

Hari	Membran	Nilai <i>red</i>			<i>Mean red</i>	SD	% RSD
		Rep 1	Rep 2	Rep 3			
1		76,548	78,230	77,098	77,292	0,858	1,110
2		83,341	82,067	84,360	83,256	1,149	1,380
3		90,766	91,011	93,104	91,627	1,285	1,402
4		97,836	98,047	100,522	98,802	1,494	1,512
5		107,093	106,597	106,096	106,595	0,499	0,468
6		108,736	110,307	109,196	109,413	0,808	0,738
7		112,038	114,347	115,238	113,874	1,652	1,450
8		117,586	114,407	115,930	115,974	1,590	1,371
9		121,348	119,438	118,314	119,700	1,534	1,281
10		124,349	125,891	126,008	125,416	0,926	0,738
11		127,038	129,047	125,308	127,131	1,871	1,472
12		132,307	131,396	136,297	133,333	2,607	1,955
13		135,036	133,386	137,046	135,156	1,833	1,356
14		140,396	138,768	139,696	139,620	0,817	0,585
15		142,569	143,956	143,678	143,401	0,734	0,512
16		147,078	148,586	144,985	146,883	1,808	1,231
17		148,307	147,496	149,397	148,400	0,954	0,643
18		149,960	150,046	148,486	149,497	0,877	0,587

Lampiran 10. Data Hasil Pengamatan pH Tomat Ceri Segar dan Busuk

10.1 Nilai pH Suhu Ruang

Hari	pH			Rata-rata	SD	% RSD
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3			
Hari 1	4,880	4,890	4,890	4,887	0,006	0,118
Hari 2	4,860	4,890	4,860	4,870	0,017	0,356
Hari 3	4,760	4,720	4,710	4,730	0,026	0,559
Hari 4	4,650	4,670	4,700	4,673	0,025	0,539
Hari 5	4,530	4,520	4,570	4,540	0,026	0,583
Hari 6	4,460	4,440	4,450	4,450	0,010	0,225
Hari 7	4,410	4,400	4,430	4,413	0,015	0,346

Hari 8	4,380	4,370	4,380	4,377	0,006	0,132
Hari 9	4,370	4,350	4,350	4,357	0,012	0,265

10.2 Nilai pH Suhu *Chiller*

Hari	Nilai pH			Rat-rata	SD	% RSD
	Rep.1	Rep. 2	Rep. 3			
Hari 1	4,870	4,890	4,880	4,880	0,010	0,205
Hari 2	4,860	4,870	4,890	4,873	0,015	0,313
Hari 3	4,85	4,83	4,84	4,840	0,010	0,207
Hari 4	4,770	4,790	4,790	4,783	0,012	0,241
Hari 5	4,760	4,770	4,750	4,760	0,010	0,210
Hari 6	4,730	4,760	4,740	4,743	0,015	0,322
Hari 7	4,720	4,750	4,700	4,723	0,025	0,533
Hari 8	4,700	4,680	4,670	4,683	0,015	0,326
Hari 9	4,660	4,650	4,670	4,660	0,010	0,215
Hari 10	4,630	4,640	4,620	4,630	0,010	0,216
Hari 11	4,610	4,640	4,600	4,617	0,021	0,451
Hari 12	4,560	4,570	4,590	4,573	0,015	0,334
Hari 13	4,500	4,420	4,470	4,463	0,040	0,905
Hari 14	4,440	4,450	4,470	4,453	0,015	0,343
Hari 15	4,420	4,410	4,420	4,417	0,006	0,131
Hari 16	4,400	4,410	4,400	4,403	0,006	0,131
Hari 17	4,37	4,39	4,38	4,38	0,010	0,228
Hari 18	4,350	4,370	4,340	4,353	0,015	0,351

Cara menghitung SD dan % RSD :

$$SD = [STDEV(\text{nilai pH rep1,rep2,rep3})]$$

$$RSD = [SD/\text{rata-rata}]$$

Lampiran 11. Susut Bobot

Lampiran 11.1. Susut Bobot pada Suhu Ruang

Hari	Bobot Tomat (gram)			Rata-rata	Susut Bobot (%)
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3		
1	91,0405	89,2302	91,9201	90,7303	0,0000
2	89,5436	87,6734	90,1506	89,1225	1,7720
3	88,4751	86,4432	89,6300	88,1828	2,8078

4	87,1958	85,8658	88,9218	87,3278	3,7501
5	85,8152	84,6186	88,4282	86,2873	4,8969
6	84,8682	83,3265	87,6452	85,2800	6,0071
7	83,7368	82,4568	86,8349	84,3428	7,0400
8	82,1560	81,3743	85,3465	82,9589	8,5653
9	81,2578	80,0981	84,3241	81,8933	9,7398

Lampiran 11.2. Susut Bobot pada Suhu *Chiller*

Hari	Bobot Tomat (gram)			Rata-rata	Susut Bobot (%)
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3		
1	83,7091	84,9102	83,5228	84,0474	0,0000
2	83,076	84,2652	82,7344	83,3585	0,8196
3	82,2531	83,1719	81,9290	82,4513	1,8990
4	81,8920	82,9508	80,8226	81,8885	2,5687
5	80,4475	81,3208	80,2276	80,6653	4,0240
6	79,2352	80,0553	79,9830	79,7578	5,1037
7	78,6811	79,6158	79,4798	79,2589	5,6973
8	77,5436	78,3754	78,9346	78,2845	6,8566
9	76,4353	77,8652	77,3267	77,2091	8,1362
10	75,2427	76,2815	76,2460	75,9234	9,6659
11	73,9853	75,0964	75,8963	74,9927	10,7733
12	72,7653	74,6432	74,8246	74,0777	11,8620
13	70,8643	73,0864	73,2317	72,3941	13,8651
14	69,3562	71,6385	71,6863	70,8937	15,6503
15	68,7632	69,4628	70,6326	69,6195	17,1663
16	67,9753	68,2975	69,0031	68,4253	18,5872
17	66,4286	67,3947	68,3976	67,4070	19,7988
18	65,1937	66,1296	67,0486	66,1240	21,3254

Lampiran 12. Uji Tekstur Tomat Ceri

12.1. Penyimpanan Suhu Ruang

Hari	Tekstur Tomat (g/3mm)					Mean	SD	%RSD
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Rep 5			
1	355	347	349	344	346	348	4,207	1,208
2	340	333	332	335	332	334	3,362	1,005
3	323	328	324	326	325	325	1,924	0,591
4	307	309	311	312	310	310	1,924	0,621
5	294	291	288	298	295	293	3,834	1,308

6	274	279	270	273	277	275	3,507	1,277
7	256	251	253	252	250	252	2,302	0,912
8	224	223	229	221	220	223	3,507	1,570
9	202	206	211	201	204	205	3,962	1,935

12.2. Penyimpanan Suhu *Chiller*

Hari	Tekstur Tomat (g/3mm)					Mean	SD	%RSD
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Rep 5			
1	355	362	357	356	360	358,0	2,915	0,814
2	351	350	346	347	345	347,8	2,588	0,744
3	347	349	343	338	342	343,8	4,324	1,258
4	338	340	344	341	339	340,4	2,302	0,676
5	327	335	329	331	334	331,2	3,347	1,010
6	330	327	326	332	326	328,3	2,683	0,818
7	324	322	322	320	318	321,2	2,280	0,710
8	316	311	312	309	313	312,2	2,588	0,829
9	297	298	304	300	304	300,6	3,286	1,093
10	289	295	295	287	290	291,2	3,633	1,248
11	281	279	289	288	282	283,8	4,438	1,564
12	269	268	263	258	263	264,2	4,438	1,680
13	246	242	247	246	253	246,8	3,962	1,605
14	234	236	235	236	231	234,4	2,074	0,885
15	227	223	227	226	225	225,6	1,673	0,742
16	211	215	217	220	214	215,4	3,362	1,561
17	206	209	207	214	205	208,2	3,564	1,712
18	201	206	201	197	202	201,4	3,209	1,59353

Lampiran 13. Kuesioner Evaluasi Sensor

Nama panelis :

Instruksi : Terdapat 2 sampel tomat ceri dengan tempat penyimpanan yang berbeda yaitu suhu ruang dan suhu *chiller*, beri penilaian anda terhadap kesegaran tomat ceri tersebut dengan memberi skor 1-3 pada tabel pernyataan dibawah ini dalam hal warna dan bau tomat ceri

Penyimpanan suhu ruang :

Penilaian	Hari								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Warna									
Bau									

Penyimpanan suhu *chiller* :

Penilaian	Hari															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Warna																
Bau																

Keterangan :

- 1 = Busuk (tomat ceri berwarna merah tua dan berbau menyengat/busuk)
- 2 = Masih segar (tomat ceri berwarna merah dan bau khas tomat semakin tajam)
- 3 = Segar (tomat ceri berwarna merah oranye dan berbau segar khas tomat)

13.1 Nilai Panelis Warna Pada Suhu Ruang

Waktu (hari)	Panelis										Mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	2,8
5	2	3	3	2	2	3	2	3	3	3	2,6

6	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2,3
7	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1,8
8	1	2	2	2	2	1	2	1	1	2	1,6
9	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1,3

13.2 Nilai Panelis Bau Pada Suhu Ruang

Waktu (hari)	Panelis										Mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2,9
3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	2,8
4	3	2	2	3	2	3	2	2	2	3	2,4
5	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2,2
6	2	2	2	3	2	2	1	2	2	2	2
7	2	1	1	2	2	2	1	2	1	2	1,6
8	2	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1,4
9	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1,2

13.3 Nilai Panelis Warna Pada Chiller

Waktu (hari)	Panelis										Mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2,9
8	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2,8
9	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	2,7
10	3	3	3	2	3	3	2	2	3	2	2,6
11	2	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2,4
12	2	2	3	2	3	3	2	2	2	2	2,3
13	3	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2,3
14	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1,8
16	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1,6

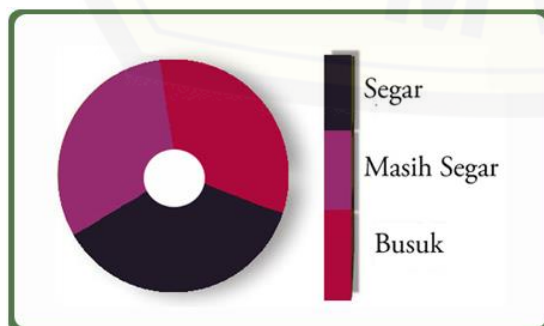
17	1	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1,5
18	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1,3

13.4 Nilai Panelis Bau Pada Suhu *Chiller*

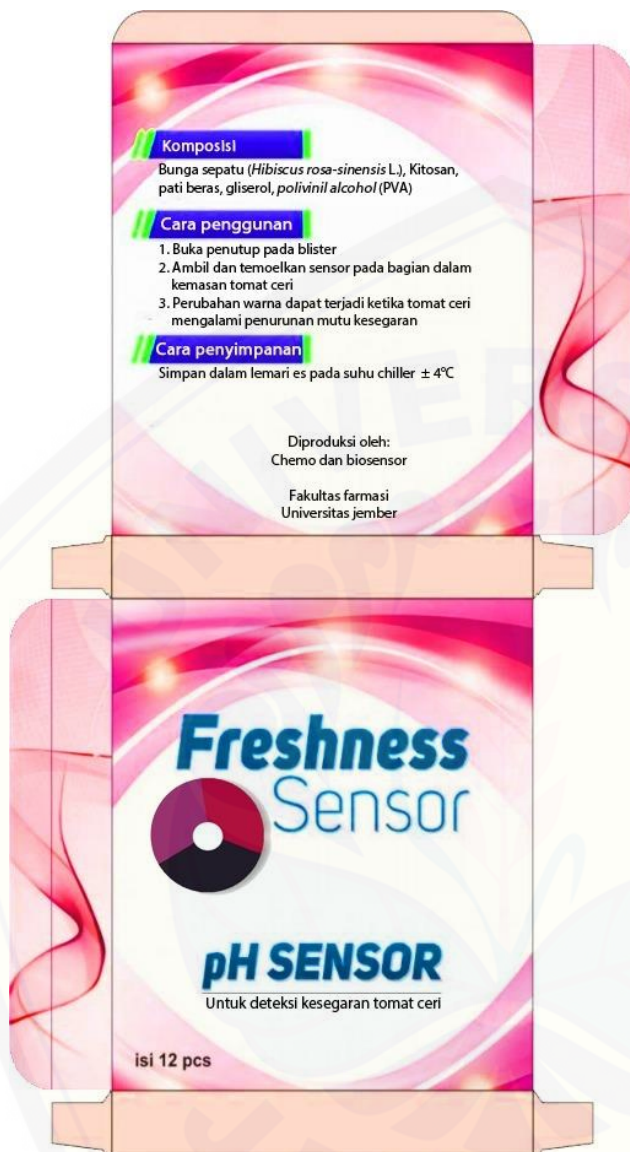
Waktu (hari)	Panelis										Mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2,9
8	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2,9
9	3	2	2	3	2	3	3	3	3	3	2,7
10	2	2	3	3	3	3	3	2	3	3	2,7
11	2	3	2	3	2	3	3	2	3	2	2,5
12	2	3	3	3	2	2	3	2	2	2	2,4
13	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2,2
14	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	2
15	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1,6
16	1	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1,5
17	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1,3
18	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1,2

Lampiran 14. Desain Kemasan Sensor

14.1 Label

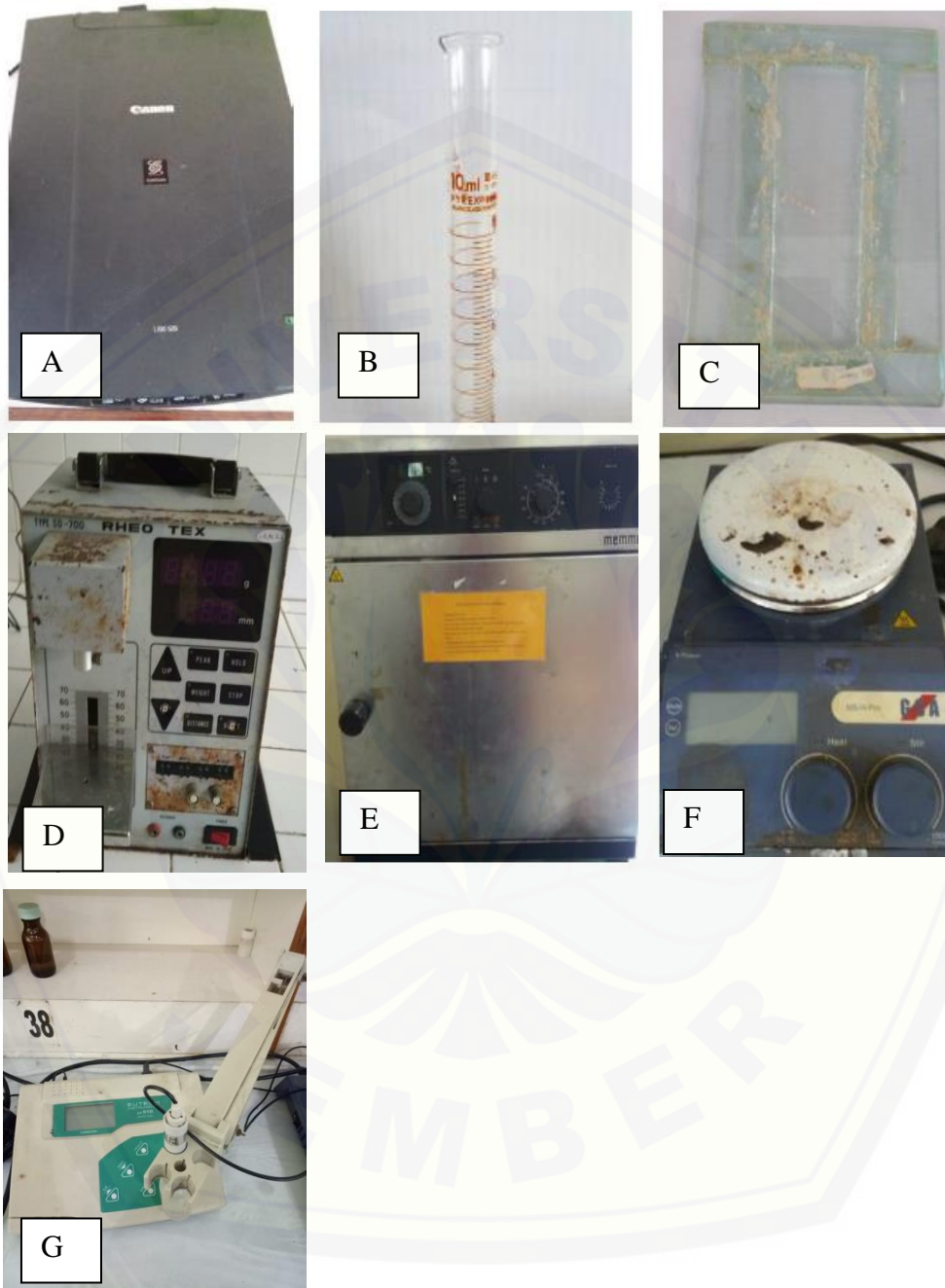


14.2 Kemasan



Lampiran 15. Dokumentasi

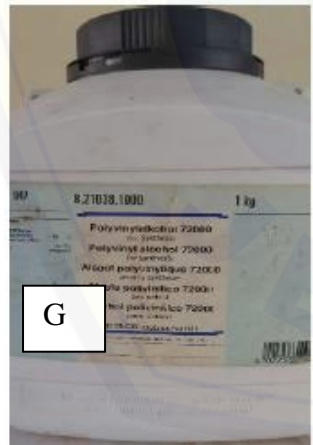
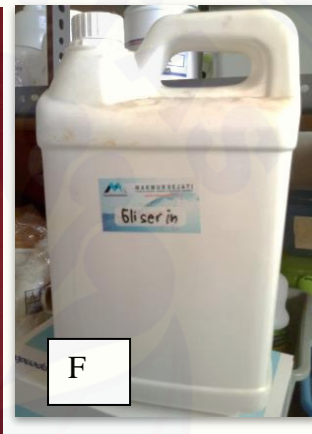
15.1 Alat Penelitian



Keterangan :

- A = Scanner D = Rheotex
B = Gelas ukur E = Press Kaca
C = Oven F = Hotplate (Stirrer)
G = pH Meter

15.2 Bahan Penelitian



Keterangan :

A = Bunga sepatu

E = Kitosan

B = Simplisia bunga sepatu

F = Gliserol

C = Ekstrak bunga sepatu

G = Polivinil Alkohol (PVA)

D = Pati beras Gliserol