



PENGEMBANGAN SENSOR KESEGERAN UDANG VANAME

(*Litopenaeus vannamei*) BERBASIS INDIKATOR ALAMI

EKSTRAK DAUN PERAHU ADAM HAWA

(*Rhoeo discolor*)

SKRIPSI

Oleh:

Dyah Rahma Septiana

NIM 112210101084

**FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS JEMBER**

2019



PENGEMBANGAN SENSOR KESEGERAN UDANG VANAME

(*Litopenaeus vannamei*) BERBASIS INDIKATOR ALAMI

EKSTRAK DAUN PERAHU ADAM HAWA

(*Rhoeo discolor*)

SKRIPSI

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

Oleh:

Dyah Rahma Septiana

NIM 112210101084

**FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS JEMBER**

2019

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT yang dengan petunjuk, rahmat, hidayah, tuntunan serta limpahan kasih-Nya senantiasa memberikan kepada saya kemudahan.
2. Rasulullah SAW, yang merupakan sumber motivasi terbesar dalam hidup saya.
3. Ibu Sunarsih dan Ayah Susanto Wibowo yang senantiasa menyemangati dan memberi inspirasi.
4. Saudari kembar saya Dyah Rahmi Septiani, kakak saya Annisa Rahmawati dan adik saya Rahmat Bagus Tri M. yang tersayang, terima kasih atas semua bantuan dan dukungannya selama ini.
5. Bapak Ibu Guru SDN Tanggul Kulon 04, SMPN 03 Tanggul, SMAN 02 Tanggul dan para Dosen Fakultas Farmasi Universitas Jember yang telah memberikan begitu banyak ilmu dan membimbing saya dengan penuh kesabaran.
6. Almamater tercinta Universitas Jember.

MOTTO

“...Jika kamu bersabar, sesungguhnya itulah yang lebih baik bagi orang yang sabar.” (An-Nahl [16]: 126)

“Istirahat yang sesungguhnya ialah pada saat engkau menginjakkan kakimu ke dalam Surga.”
(Imam Ahmad)

“Jarak antara masalah dan solusi-Nya hanyalah sejauh jarak kening ke tempat sujud.”

“The future belongs to those who believe in the beauty of their dreams”
(Eleanor Roosevelt)

“Every mountain top is within reach if you just keep climbing.”
(Barry Finlay)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dyah Rahma Septiana

NIM : 112210101084

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Pengembangan Sensor Kesegaran Udara Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) Berbasis Indikator Alami Ekstrak Daun Perahu Adam Hawa (*Rhoeo discolor*)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada instansi mana pun, dan bukan merupakan hasil 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 dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Januari 2019

Yang menyatakan,

Dyah Rahma Septiana
NIM 112210101084

SKRIPSI

PENGEMBANGAN SENSOR KESEGARAN UDANG VANAME

(*Litopenaeus vannamei*) BERBASIS INDIKATOR ALAMI

EKSTRAK DAUN PERAHU ADAM HAWA

(*Rhoeo discolor*)

Oleh:

Dyah Rahma Septiana

NIM 112210101084

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Indah Purnama S., S.Si., Apt., M.Farm

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Pengembangan Sensor Kesegaran Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) Berbasis Indikator Alami Ekstrak Daun Perahu Adam Hawa (*Rhoeo discolor*)” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Farmasi Universitas Jember pada:

Hari, tanggal :

Tempat :

Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Prof. Drs. Bambang K., M.Sc., Ph.D.

Indah Purnama S., S.Si., Apt., M.Farm

NIP 196902011994031002

NIP 198304282008122004

Tim Penguji

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

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

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

NIP 19760414002122001

198204062006042001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Farmasi
Universitas Jember

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

NIP 19760414002122001

PRAKATA

Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat, taufik dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul Pengembangan Sensor Kesegaran Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) Berbasis Indikator Alami Ekstrak Daun Perahu Adam Hawa (*Rhoeo discolor*). Skripsi ini disusun guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Pendidikan Strata Satu Farmasi di Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Lestyo Wulandari, S.Si., Apt., M.Farm., selaku Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember.
2. Prof. Drs. Bambang Kuswandi., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) dan Ibu Indah Purnama Sary., S.Si., Apt., M.Farm selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA), yang telah bersedia meluangkan waktu, yang telah memberikan bimbingan dengan baik, penuh kesabaran serta memberikan semangat dan motivasi kepada saya;
3. Tim penguji skripsi saya, Ibu Lestyo Wulandari, S.Si., Apt., M.Farm dan Ibu Nia Kristiningrum, S.Farm., M.Farm., Apt. yang telah bersedia meluangkan waktu untuk menjadi penguji serta memberikan kritik yang membangun dan saran untuk perbaikan;
4. Ibu Shinta Rachmawati, S.Farm., Apt., M.Farm dan Ibu Nia Kristiningrum, S.Farm., M.Farm., Apt. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing, memberikan saran serta masukan dalam berbagai hal selama penulis menempuh masa perkuliahan;
5. Seluruh Dosen Fakultas Farmasi Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, berbagi pengalaman dan motivasi selama masa perkuliahan.
6. Ibu Wayan dan Mbak Hani selaku teknisi Laboratorium Kimia Farmasi Universitas Jember yang telah membantu penulis menyelesaikan proses penelitian.

7. Guru-guru SDN Tanggul Kulon 04, SMPN 03 Tanggul, SMAN 02 Tanggul;
8. Orang tua saya tercinta Bapak Susanto Wibowo dan Ibu Sunarsih yang selalu menyambut saya dengan senyum, yang perjuangan dan pengorbanannya tiada henti untuk saya, terimakasih sudah bersedia menunggu lebih lama dari orang tua lainnya;
9. Seluruh keluarga besar Kakak Dyah Rahmi, Annisa, Andrcy, Cahya, Askana, terimakasih atas dukungan, do'a dan perhatian selama ini.
10. Teman-temanku Vita, Heni, Dwi, Fitri, Susi, Bunga terimakasih atas dukungan dan berbagai pengalaman yang berharga;
11. Teman-teman seperjuanganku di Farmasi Alela, Anis, Susi, Novialda, Farida, dan Rahma terimakasih atas bantuan yang diberikan, kebersamaan dan semangat yang kalian berikan hingga dapat terselesaikannya skripsi ini.
12. Para sahabat taat Susi, Fitri, Bunga, Riris, Novia, Indah, Lintang, Dini, Mbak Tika, Mia, Dyah, Rani, Dian, Ais, Yuni dan banyak lainnya yang tidak bisa penulis sebutkan terimakasih atas seluruh ilmu dan pengalaman hidup yang kalian bagikan.
13. Semua orang dikehidupan penulis serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu;

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Atas perhatian dan dukungannya, penulis mengucapkan terima kasih.

Jember, Januari 2019

Penulis

RINGKASAN

Pengembangan Sensor Kesegaran Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) Berbasis Indikator Alami Ekstrak Daun Perahu Adam Hawa (*Rhoeo discolor*); Dyah Rahma Septiana; 112210101084; 70 halaman; Fakultas Farmasi Universitas Jember.

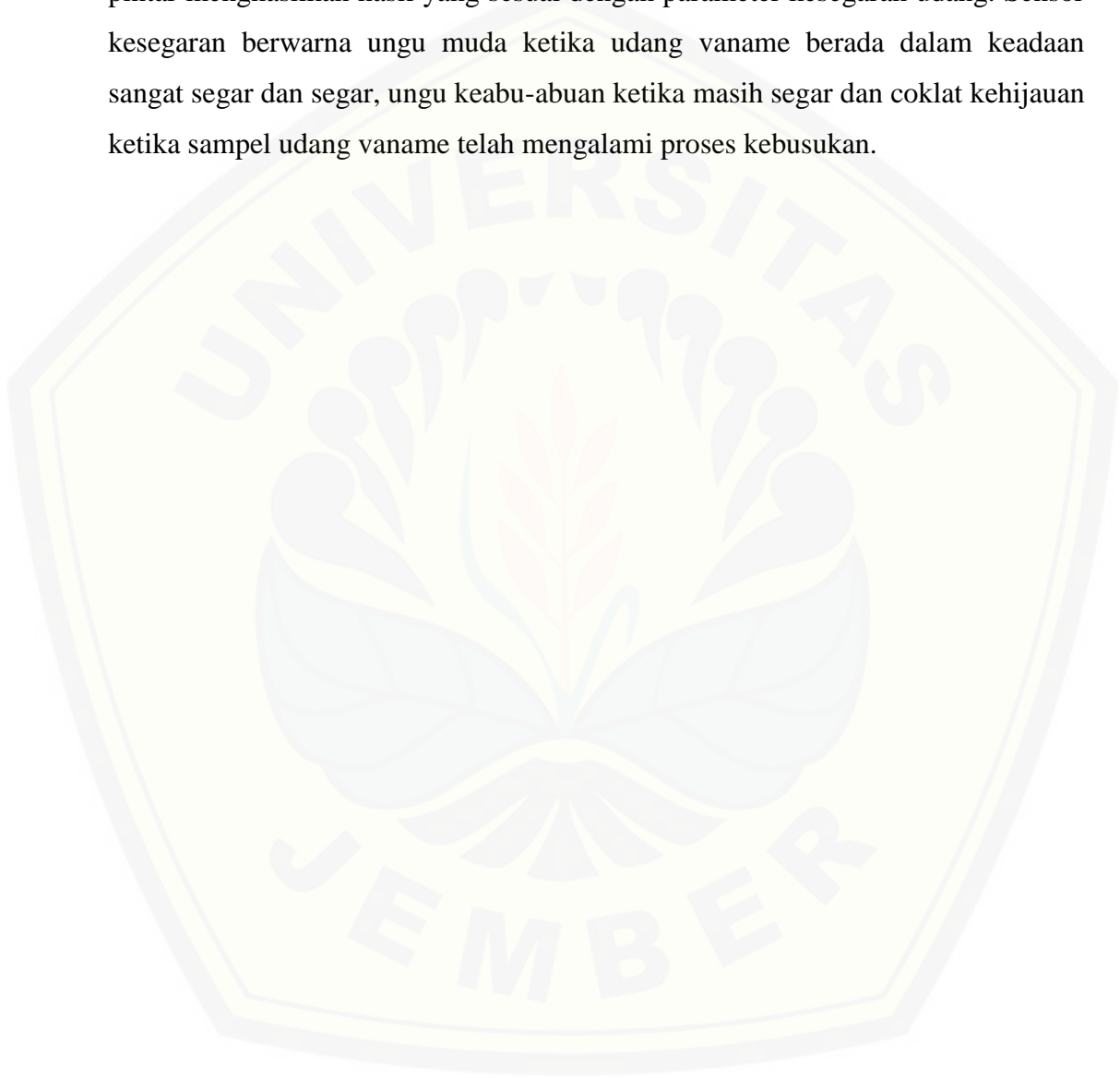
Seiring pertumbuhan ekonomi di Indonesia dan kesadaran masyarakat akan pentingnya gizi seimbang membuat berbagai usaha budidaya hasil laut semakin berkembang, salah satunya ialah udang. Hal tersebut diikuti dengan tuntutan kualitas mutu produk udang, sehingga dibutuhkan suatu alat analisa yang dapat menganalisis kesegaran udang secara praktis. Dewasa ini banyak konsep mengenai kemasan pintar (*intelligent packaging*) dengan sensor yang dapat mendeteksi tingkat kemunduran mutu suatu bahan pangan untuk mendapatkan makanan yang lebih aman dan sehat. Karakteristik mendasar dari suatu sensor dengan indikator pH ialah perubahan warna yang dapat diamati ketika sensor tersebut ditempatkan di lingkungan asam, netral, atau basa.

Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sensor kesegaran dengan indikator pH dari bahan alami yang lebih ramah lingkungan dan aman untuk digunakan, yaitu daun *Rhoeo discolor*. Antosianin yang diekstraksi dari daun *Rhoeo discolor* memiliki karakteristik perubahan warna yang bervariasi dari merah pada pH rendah, ungu pada netral dan hijau pada pH basa. Membran yang digunakan pada penelitian kali ini ialah membran selulosa mikrobial *Nata de Coco* yang bersifat aman dan ramah lingkungan.

Dalam penelitian ini dilakukan optimasi waktu imobilisasi ekstrak etanol 70% daun *Rhoeo discolor* pada membran NDC dan waktu imobilisasi yang dipilih ialah 70 menit perendaman. Sensor yang telah diimobilisasi kemudian diaplikasikan pada kemasan pintar. Pengamatan perubahan warna sensor diamati menggunakan program *ImageJ*. Analisa yang dilakukan ialah perubahan nilai

mean RGB pada membran saat membran diaplikasikan pada sampel udang vaname yang diletakkan pada kemasan pintar dan disimpan pada suhu ruang dan suhu chiller.

Aplikasi sensor kesegaran pada sampel udang vaname dalam kemasan pintar menghasilkan hasil yang sesuai dengan parameter kesegaran udang. Sensor kesegaran berwarna ungu muda ketika udang vaname berada dalam keadaan sangat segar dan segar, ungu keabu-abuan ketika masih segar dan coklat kehijauan ketika sampel udang vaname telah mengalami proses kebusukan.



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN BIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
PRAKATA	vii
RINGKASAN	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Udang Vaname.....	5
2.1.1 Komposisi Kimia Udang Vaname	7
2.1.1.1 Kadar Air	7
2.1.1.2 Kadar Abu.....	8
2.1.1.3 Kadar Protein.....	8
2.1.1.4 Kadar Lemak	8
2.1.2 Mutu Udang Vaname.....	9
2.1.3 Parameter Kemunduran Mutu	10

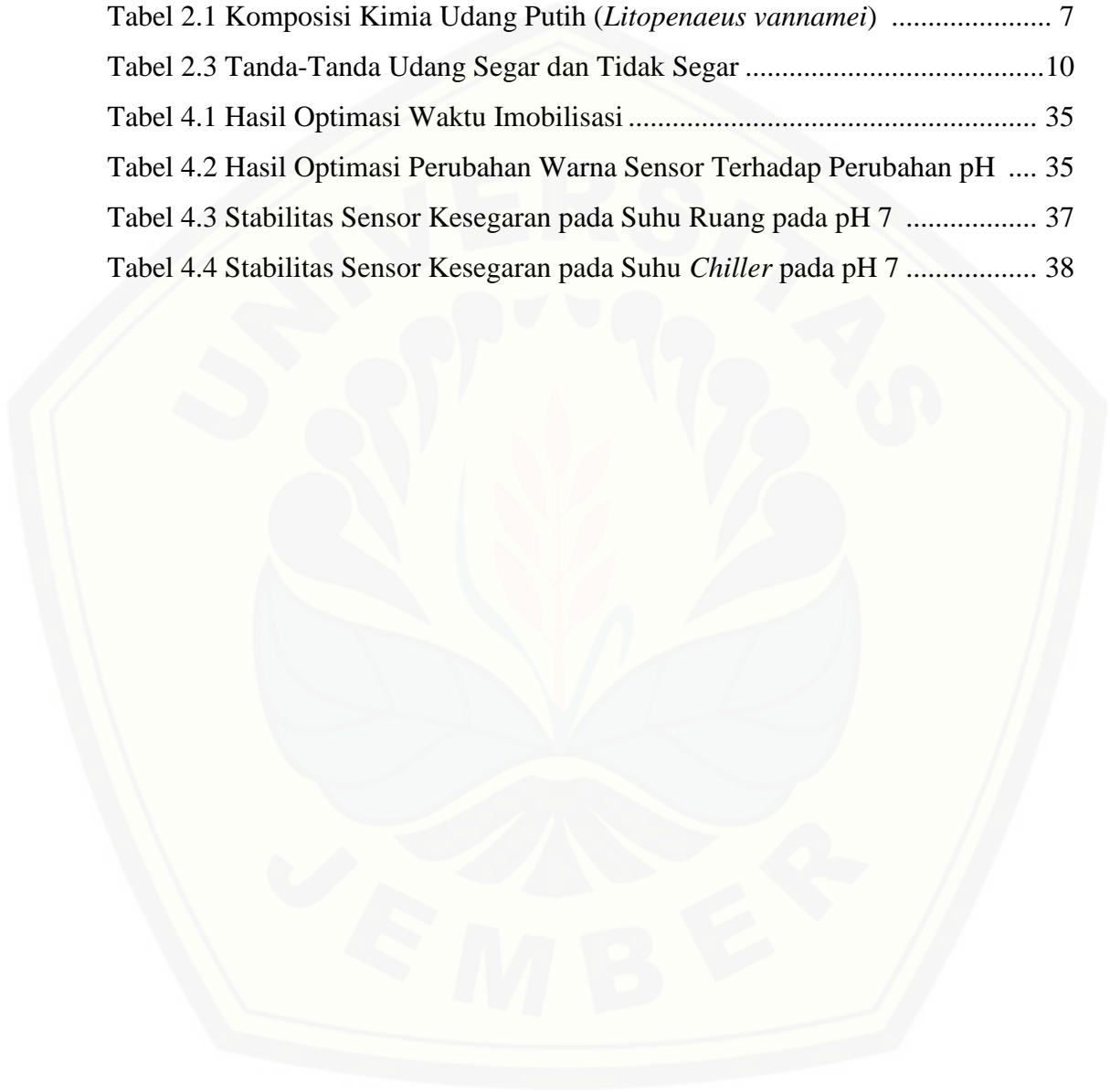
2.1.3.1	Parameter Fisikawi	10
2.1.3.2	Parameter Kimiawi	12
2.1.3.3	Parameter Mikrobiologi	15
2.1.3.4	Parameter Sensori	16
2.1.4	Kemunduran Mutu Udang	16
2.2	Kemasan Makanan.....	19
2.2.1	Modified Atmosphere Packaging	20
2.2.2	Vacuum Packaging	20
2.2.3	Traditional Packaging	21
2.3	Kemasan Pintar (<i>Intelligent Packaging</i>).....	20
2.4	Sensor	22
2.4.1	Definisi Sensor.....	22
2.4.2	Sensor Kimia	22
2.4.3	Mekanisme Sensor Kimia	23
2.5	Immobilisasi	23
2.6	Indikator pH	24
2.7	Daun Perahu Adam Hawa.....	24
2.8	Nata de Coco	26
2.9	Program <i>ImageJ</i>	26
BAB 3.	METODE PENELITIAN.....	28
3.1	Jenis Penelitian	28
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian	28
3.3	Alat dan Bahan Penelitian	28
3.3.1	Alat Penelitian	27
3.3.2	Bahan Penelitian	27
3.4	Variabel Penelitian	29
3.4.1	Variabel Bebas.....	29
3.4.2	Variabel Terkendali	29
3.4.3	Variabel Terikat	29
3.5	Diagram Alur Penelitian	30
3.6	Prosedur Penelitian	31

3.6.1	Pembuatan Ekstrak Daun <i>Rhoeo discolor</i>	31
3.6.2	Pembuatan Membran Selulosa Mikrobial <i>Nata de Coco</i>	31
3.6.3	Imobilisasi Membran Kertas NDC	31
3.6.4	Pembuatan Kemasan Pintar	31
3.6.5	Uji Stabilitas Sensor Kesegaran	32
3.6.6	Uji Perubahan Warna Sensor Kesegaran	32
3.6.7	Uji Organoleptik Udang	32
3.6.8	Uji Nilai pH Udang	33
3.6.9	Uji <i>Total Volatile Base</i> (TVB).....	33
3.6.10	Uji Total Mikroba	33
3.6.11	Uji Tekstur (Menggunakan Rheotex)	34
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1	Optimasi Sensor Kesegaran	34
4.1.1	Optimasi Waktu Imobilisasi Membran NDC	34
4.1.2	Optimasi Perubahan Warna Sensor terhadap Perubahan pH....	35
4.2	Stabilitas Sensor Kesegaran	37
4.2.1	Stabilitas Sensor Kesegaran pada Suhu Ruang	37
4.2.2	Stabilitas Sensor Kesegaran pada Suhu <i>Chiller</i>	38
4.3	Fabrikasi Sensor Kesegaran	39
4.3.1	Pembuatan Indikator Alami Ekstrak daun <i>Rhoeo discolor</i>	39
4.3.2	Pembuatan Membran Selulosa <i>Nata de Coco</i>	40
4.3.3	Imobilisasi Membran Kertas NDC	41
4.4	Aplikasi <i>Design</i> Sensor Kesegaran	41
4.5	Perubahan Warna Sensor Kesegaran Selama Proses Penyimpanan Udang pada Suhu Ruang dan Suhu <i>Chiller</i>	42
4.6	Hubungan antara Perubahan Warna Sensor Kesegaran (Respon Sensor) dengan Parameter Kesegaran Udang pada Suhu Ruang .	44
4.6.1	Uji Organoleptik	44
4.6.2	Uji pH	46
4.6.3	Uji TVB	47
4.6.4	Uji Tekstur	48

4.6.5 Uji Total Mikroba	49
4.7 Hubungan antara Perubahan Warna Sensor Kesegaran (Respon Sensor) dengan Parameter Kesegaran Udang pada Suhu Chiller .	50
4.7.1 Uji Organoleptik	51
4.7.2 Uji pH	52
4.7.3 Uji TVB	53
4.7.4 Uji Tekstur	54
4.7.5 Uji Total Mikroba	55
BAB 5. PENUTUP	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	63

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi Kimia Udang Putih (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	7
Tabel 2.3 Tanda-Tanda Udang Segar dan Tidak Segar	10
Tabel 4.1 Hasil Optimasi Waktu Imobilisasi	35
Tabel 4.2 Hasil Optimasi Perubahan Warna Sensor Terhadap Perubahan pH	35
Tabel 4.3 Stabilitas Sensor Kesegaran pada Suhu Ruang pada pH 7	37
Tabel 4.4 Stabilitas Sensor Kesegaran pada Suhu <i>Chiller</i> pada pH 7	38



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<i>Gambar 2.1 Udang Vaname</i>	5
Gambar 2.2 Struktur Trimetilamin	12
Gambar 2. 3 Metode Adsorpsi	22
Gambar 2.4 Tanaman <i>Rhoeo discolor</i>	23
Gambar 2.5 Struktur Umum Antosianin	24
Gambar 2.5 Program <i>Image J (ImageJ User Guide)</i>	26
Gambar 2.6 Desain Sensor Kesegaran	26
Gambar 4.1 Hasil Optimasi Perubahan Warna Sensor Terhadap Perubahan pH .	36
Gambar 4.2 Stabilitas Sensor Kesegaran pada Suhu Ruang	37
Gambar 4.3 Stabilitas Sensor Kesegaran pada Suhu <i>Chiller</i>	38
Gambar 4.4 Ekstrak Etanol 70% Daun <i>Rhoeo discolor</i>	40
Gambar 4.5 Membran Selusosa Mikrobial NDC.....	40
Gambar 4.6 Hasil Fabrikasi Sensor Kesegaran.....	41
Gambar 4.7 Desain Sensor Kesegaran.....	41
Gambar 4.8 Perubahan Warna Sensor Kesegaran pada Penyimpanan Suhu Ruang .	42
.....	42
Gambar 4.9 Perubahan nilai <i>mean</i> RGB Sensor Kesegaran pada Penyimpanan	43
Udang Suhu Ruang	43
Gambar 4.10 Perubahan Warna Sensor Kesegaran pada Penyimpanan Suhu	43
Chiller	43
Gambar 4.11 Perubahan nilai <i>mean</i> RGB Sensor Kesegaran pada Penyimpanan	44
Udang Suhu Chiller	44
Gambar 4.12 Hubungan Respon Sensor dan Nilai Uji Organoleptis pada	45
Penyimpanan Suhu Ruang.....	45

Gambar 4.13 Hubungan Respon Sensor dan Nilai pH pada Penyimpanan Suhu Ruang	47
Gambar 4.14 Hubungan Respon Sensor dan Nilai TVB pada Penyimpanan Suhu Ruang	48
Gambar 4.15 Hubungan Respon Sensor dan Nilai Tekstur pada Penyimpanan Suhu Ruang	49
Gambar 4.16 Hubungan Respon Sensor dan Nilai Total Mikroba pada Penyimpanan Suhu Ruang	50
Gambar 4.17 Hubungan Respon Sensor dan Nilai Uji Organoleptis pada Penyimpanan Suhu <i>Chiller</i>	52
Gambar 4.18 Hubungan Respon Sensor dan Nilai Uji pH pada Penyimpanan Suhu <i>Chiller</i>	53
Gambar 4.19 Hubungan Respon Sensor dan Nilai Uji TVB pada Penyimpanan Suhu <i>Chille</i>	54
Gambar 4.20 Hubungan Respon Sensor dan Nilai Uji Tekstur pada Penyimpanan Suhu <i>Chiller</i>	55
Gambar 4.21 Hubungan Respon Sensor dan Nilai Uji Total Mikroba pada Penyimpanan Suhu <i>Chiller</i>	56

DAFTAR SINGKATAN

TVBN = *Total Volatile Base Nitrogen*

TMA = Trimetilamin

NDC = *Nata de Coco*

RGB = *Red Green Blue*



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Optimasi	63
Lampiran 2. Stabilitas Sensor Kesegaran	64
Lampiran 3. Nilai RGB Sensor Kesegaran	66
Lampiran 4. Uji Organoleptis	66
Lampiran 5. Uji pH	67
Lampiran 6. Uji TVB	67
Lampiran 7. Uji Tekstur	68
Lampiran 8. Uji Total Mikroba	70
Lampiran 9. Foto-Foto Pengamatan	72

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki kekayaan sumber daya alam terutama yang berasal dari perairan. Salah satu sumber daya alam dari perairan laut di Indonesia adalah udang. Udang merupakan salah satu dari komoditas sektor perikanan yang memiliki nilai ekonomi tinggi dengan pangsa pasar di mancanegara yang luas dan cenderung meningkat. Menurut Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, Indonesia merupakan Negara produsen udang terbesar di ASEAN tahun 2014 dan memberikan kontribusi devisa yang cukup besar bagi Indonesia (Kompasiana, 2016).

Udang merupakan produk hasil perikanan yang memiliki kulit keras (*crustacea*) juga memiliki kandungan nutrisi yang baik seperti asam lemak (omega-3 dan omega-6), kitosan, mineral, lipid, karotenoid, vitamin, serta protein (Ngginak et al., 2013). Sumber-sumber makromolekul dan mikromolekul tersebut sangat baik bagi pertumbuhan mikroba pembusuk terutama bakteri, sehingga hasil perikanan seperti udang bersifat cepat rusak dan mudah busuk (Hadiwiyoto, 1993). Kontaminasi bakteri juga aktifitas enzimatik dapat terjadi selama proses transportasi dan penyimpanan. Kandungan nutrisi dalam tubuh udang mengalami dekomposisi menjadi amonia, hidrogen sulfida, etil merkaptan, aldehyd, alkohol, keton dan gas asam karboksilat. Sehingga penting untuk menilai tingkat kesegaran udang karena mengonsumsi udang yang telah rusak atau membusuk dapat menyebabkan bahaya kesehatan yang serius (Du et al., 2015).

Kesegaran udang sering kali ditentukan melalui analisis sensori, percobaan kimia dan uji populasi mikroba. Kerugian dari analisis sensori adalah objektivitas dan reproduktivitas yang buruk. Sedangkan metode percobaan kimia seperti *Total Volatile Basic Nitrogen* (TVBN) dan uji populasi mikroba merupakan prosedur yang rumit juga membutuhkan banyak waktu dan biaya. Oleh karena itu diperlukan sebuah metode pengujian kesegaran udang yang sederhana dan tidak membutuhkan banyak biaya (Du et al., 2015).

Kemasan merupakan salah satu tahap penting dalam menjaga kualitas produk makanan saat proses transportasi dan penyimpanan. Dewasa ini banyak konsep mengenai kemasan pintar (*intelligent packaging*) untuk mendapatkan makanan yang lebih aman dan sehat dengan menekankan pada aspek perlindungan dan komunikasi (Ghaani et al., 2016). Perkembangan kemasan pintar (*intelligent packaging*) dengan sensor yang dapat mendeteksi tingkat kemunduran mutu suatu bahan pangan merupakan inspirasi dan inovasi baru dalam memberikan arti kemudahan, kepraktisan, jaminan mutu serta keamanan pangan (Larasati, 2011).

Dalam penelitian ini akan dikembangkan sensor kesegaran udang berbahan dasar selulosa mikrobial *Nata de Coco* berbasis indikator alami ekstrak daun tanaman Perahu Adam Hawa (*Rhoeo discolor*). Sensor tersebut digunakan untuk mendeteksi kebusukan udang, analisis tingkat kebusukan udang dengan berbagai parameter uji kebusukan udang, serta hubungan antara karakteristik tingkat kesensitifan sensor tersebut dengan berbagai parameter uji kebusukan udang yang ada. Menurut Du et al., (2015) penggunaan membran sensor untuk menganalisis kesegaran produk pangan memiliki kekurangan yaitu rendahnya reproduktibilitas. Namun, prosedur yang dilakukan lebih mudah dan tidak membutuhkan banyak waktu dan biaya.

Perahu Adam Hawa dipilih sebagai sensor dalam mendeteksi kebusukan udang karena pigmen warna yang terdapat pada daun tanaman perahu adam hawa dapat memberikan perubahan warna dengan adanya perubahan pH lingkungan, yaitu ungu keruh menjadi merah muda – hijau kekuningan dalam pelarut air dan hijau keruh menjadi kuning coklat – hijau dalam pelarut alkohol 70% (Padmaningrum, 2011). Membran yang digunakan pada penelitian ini ialah membran selulosa mikrobial *Nata de Coco* (NDC). NDC merupakan selulosa mikrobial yang memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, dapat diproduksi dalam waktu relatif singkat dan mudah dihasilkan dengan biaya yang rendah serta selulosa yang dihasilkan sudah dalam bentuk lembaran (Fitriani et al., 2016).

Diharapkan dengan penggunaan sensor kesegaran tersebut dapat meningkatkan keamanan pengguna ketika membran tertinggal pada sampel udang

yang diuji. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai pengembangan sensor kesegaran udang berbasis *edible membrane* berbahan dasar selulosa mikrobial dengan indikator alami ekstrak daun *Rhoeo discolor*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana perubahan warna sensor kesegaran udang berbasis indikator alami ekstrak daun *Rhoeo discolor* dalam mendeteksi tingkat kesegaran udang?
2. Bagaimana karakteristik sensor kesegaran udang berbasis indikator alami ekstrak daun *Rhoeo discolor* meliputi stabilitas sensor kesegaran?
3. Bagaimana perubahan warna sensor kesegaran udang berbasis indikator alami ekstrak daun *Rhoeo discolor* dibandingkan dengan karakteristik udang meliputi uji sensori (organoleptik), uji pH, uji *Total Volatile Base* (TVB), uji tekstur, dan uji total mikroba pada penyimpanan suhu ruang dan suhu *chiller*?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui perubahan warna sensor kesegaran udang berbasis indikator alami ekstrak daun *Rhoeo discolor* dalam mendeteksi tingkat kesegaran udang.
2. Mengetahui karakteristik sensor kesegaran udang berbasis indikator alami ekstrak daun *Rhoeo discolor* meliputi stabilitas sensor kesegaran.
3. Mengetahui perubahan warna sensor kesegaran udang berbasis indikator alami ekstrak daun *Rhoeo discolor* dibandingkan dengan karakteristik udang meliputi uji sensori (organoleptik), uji pH, uji *Total Volatile Base* (TVB), uji tekstur, dan uji total mikroba pada penyimpanan suhu ruang dan suhu *chiller*.

1.4 Manfaat

1. Sebagai dasar pengembangan sensor kesegaran berbasis indikator alami yang diharapkan dapat meningkatkan jaminan mutu produk dan keamanan konsumen.
2. Sebagai alternatif pengaplikasian sensor kesegaran berbasis membran dan indikator alami dalam meningkatkan potensi kemasan pintar sehingga dapat memudahkan konsumen untuk mengetahui tingkat kesegaran udang saat akan dikonsumsi.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Udang Vaname

Udang merupakan hasil perikanan yang memiliki kulit keras (Crustacea). Meskipun bagian yang enak untuk dimakan hanya sekitar 30 – 40% saja, namun udang memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Jenis – jenis udang yang banyak dibudidayakan atau ditangkap kebanyakan dari golongan *Penaeus*, *Metapenaeus*, *Parapeneopsis*, *Penulirus* dan *Macrobranchium* (Hadiwiyoto, 1993).

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dikelompokkan sebagai udang laut atau udang penaide bersama dengan beberapa jenis udang lain, seperti udang windu (*Penaeus monodon*), udang putih atau udang jrebung (*Penaeus merguensis*), udang werus atau udang dogol (*Metapenaeus sp.*), udang jari (*Penaeus indicus*), dan udang kembang (*Penaeus semisulcatus*) (Amri dan Kanna, 2008).



Gambar 2.1 Udang Vaname

Udang vaname berasal dari daerah subtropis pantai barat Amerika, mulai dari Teluk California di Mexico bagian utara hingga daerah pantai barat Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Kosta Rika di Amerika Tengah sampai ke Peru di Amerika Selatan (WWF, 2014). Secara internasional, udang vaname dalam dunia perdagangan dikenal sebagai *White leg shrimp* atau *Western white shrimp* atau *Pacific white leg shrimp*. Udang Vaname di Indonesia dikenal sebagai Vannamei atau udang kaki putih. Karena berasal dari benua Amerika, di kalangan petambak, udang vaname dikenal juga sebagai “Udang Putih Amerika” (Amri dan Kanna, 2008).

Udang vaname diizinkan masuk ke Indonesia secara resmi melalui SK Menteri Kelautan dan Perikanan RI. No. 41/2001, dimana akibat serangan penyakit dan penurunan kualitas lingkungan sejak tahun 1996 produksi udang windu menurun. Pemerintah kemudian melakukan kajian pada komoditas udang laut jenis lain yang dapat menambah produksi udang selain udang windu di Indonesia (WWF, 2014).

Udang vaname memiliki tubuh yang dibalut kulit tipis keras dari bahan *chitin* berwarna putih kekuning-kuningan dengan kaki berwarna putih. Jika dibandingkan dengan udang windu atau udang jrebung, sosok tubuh udang vaname jauh lebih kecil (Amri dan Kanna, 2008).

Tubuh udang vaname dibagi menjadi dua bagian besar, yakni bagian *cephalotorax* yang terdiri atas kepala dan dada serta bagian *abdomen* yang terdiri atas perut dan ekor. *Cephalotorax* dilindungi oleh kulit *chitin* yang tebal atau disebut juga dengan karapas (*carapace*). Bagian *cephalotorax* ini terdiri dari lima ruas kepala dan delapan ruas dada, sementara tubuhnya (*abdomen*) terdiri atas enam ruas dan satu ekor (*telson*). Bagian depan kepala yang menjorok merupakan kelopak kepala yang memanjang dengan bagian pinggir bergerigi yang disebut juga dengan cucuk (*rostrum*). Bagian *rostrum* bergerigi dengan 9 gerigi pada bagian atas dan 2 gerigi pada bagian bawah. Sementara itu, di bawah pangkal kepala terdapat sepasang mata (Amri dan Kanna, 2008).

Menurut Amri dan Kanna (2008), penggolongan udang vaname secara lengkap berdasarkan ilmu taksonomi hewan (sistem pengelompokan hewan berdasarkan bentuk tubuh dan sifat-sifatnya) dipaparkan sebagai berikut:

Filum	: Arthropoda
Kelas	: Crustacea
Ordo	: Decapoda
Family	: Penacidae
Genus/Marga	: Litopenaeus
Spesies/Jenis	: <i>Litopenaeus vannamei</i>
Nama local	: Udang vaname, udang kaki putih, udang putih Amerika

2.1.1 Komposisi Kimia Udang Vaname

Seberapa besar kuantitas dan kualitas suatu bahan makanan dalam memberikan asupan gizi sesuai kebutuhan manusia ditunjukkan oleh komposisi kimia yang terkandung di dalamnya (Winarno, 2004). Komposisi kimia dari udang vaname dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Udang Putih (*Litopenaeus vannamei*)

Komposisi Kimia Rata-Rata (% b/b)	Daging Udang Vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>)
Kadar air	81,35 ± 0,97
Kadar abu	0,64 ± 0,06
Kadar protein	17,43 ± 0,89
Kadar lemak	0,15 ± 0,03

Sumber : Santoso et al. (2006)

2.1.2 Mutu Udang Vaname

Produk perikanan merupakan komoditas yang cepat sekali mengalami kebusukan, bahkan lebih cepat dibandingkan dengan sumber protein hewani lain. Hal tersebut dikarenakan produk perikanan termasuk udang mempunyai kadar air tinggi ($\pm 80\%$) dan pH tubuh yang mendekati netral sehingga merupakan media pertumbuhan yang baik bagi bakteri pembusuk maupun mikroorganisme lainnya. Dagingnya memiliki sedikit sekali tendon pengikat (*tendon*), yang memudahkan

proses autolisis, juga mengandung banyak asam lemak tak jenuh yang sifatnya sangat mudah mengalami proses oksidasi. Proses oksidasi tersebut yang menyebabkan timbulnya bau tengik pada hasil perikanan (Afrianto dan Liviawaty, 1989).

Udang yang baik (udang yang masih segar) dapat diperoleh dari penanganan dan sanitasi yang baik, sehingga merupakan komoditas yang disukai konsumen. Berikut empat kelas mutu udang yang dibedakan berdasarkan kesegarannya (Hadiwiyoto, 1993):

- a. Udang yang bermutu prima (*prime*) atau baik sekali, yaitu udang yang benar-benar masih segar, belum ada perubahan warna, transparan dan tidak ada kotoran atau noda-nodanya.
- b. Udang yang bermutu baik (*fancy*), yaitu udang dengan kulit yang sudah tampak pecah-pecah atau retak-retak, tekstur tubuh lunak namun warnanya masih baik dan tidak terdapat kotoran atau noda-nodanya.
- c. Udang bermutu sedang (*medium*, *black*, dan *spot*) memiliki pecah-pecah pada kulit lebih banyak daripada udang yang bermutu baik. Udang sudah tidak utuh lagi, kakinya patah, ekornya hilang atau sebagian tubuhnya putus. Daging udang sudah tidak lentur lagi, pada permukaan tubuhnya sudah tampak banyak noda berwarna hitam atau merah gelap.
- d. Udang bermutu rendah (jelek dan rusak). Udang bermutu rendah memiliki banyak bagian kulit yang pecah dan mengelupas, ruas-ruas tubuh sudah banyak yang putus dan udang sudah tidak utuh lagi.

2.1.3 Parameter Kemunduran Mutu

Udang merupakan produk hasil perairan yang mudah mengalami kerusakan dan kemunduran mutu serta mempunyai umur simpan yang singkat (Gokoglu dan Yerlikaya, 2008). Udang bahkan memerlukan waktu lebih singkat untuk menjadi busuk daripada produk perikanan lainnya (Hadiwiyoto, 1993).

Kesegaran merupakan tolak ukur untuk membedakan produk perikanan berkualitas baik atau buruk. Suatu produk perikanan dikatakan masih segar jika perubahan-perubahan biokimiawi, mikrobiologi, dan fisikawi yang terjadi belum

menyebabkan kerusakan berat. Parameter kesegaran dapat terdiri atas faktor-faktor fisikawi, kimiawi, faktor mikrobiologi maupun sensorik/ organoleptik (Hadiwiyoto, 1993).

2.1.3.1 Parameter Fisikawi

Menurut Hadiwiyoto (1993), yang menjadi parameter fisikawi adalah sebagai berikut:

a. Kenampakan Luar

Produk perikanan yang masih segar mempunyai kenampakan cerah dan tidak suram. Hal ini karena belum banyak perubahan biokimiawi yang terjadi dan metabolisme masih berjalan dengan sempurna. Namun makin lama kenampakan akan menjadi berkurang dengan timbulnya lendir sebagai akibat berlangsungnya proses biokimiawi lebih lanjut dan berkembangnya mikroba.

b. Kelenturan Daging

Produk perikanan yang masih segar dagingnya cukup lentur. Apabila dibengkokkan, maka setelah dilepas akan kembali ke bentuknya semula. Hal tersebut dikarenakan belum terputusnya benang-benang daging.

c. Keadaan Daging

Keadaan daging sangat menentukan kualitasnya. Produk perikanan yang masih segar memiliki daging yang kenyal dan jika ditekan dengan jari maka bekasnya akan segera kembali. Dagingnya masih kelihatan basah karena belum kehilangan cairan. Sedangkan daging yang mengalami proses pembusukan, secara fisik akan menjadi rusak, kehilangan teksturnya dan berair. Kerusakan ini disebabkan oleh komponen-komponen penyusun jaringan pengikat dan benang-benang dagingnya telah rusak akibat perubahan biokimiawi dan kerja mikroba terutama bakteri, sehingga tidak ada kekuatan lagi untuk menopang struktur daging dengan kompak. Kerusakan komponen-komponen daging terutama protein, dapat menyebabkan terlepasnya ikatan-ikatan airnya sehingga daging akan kehilangan kemampuannya untuk menahan air. Air akan keluar dari sel sel berupa tetes-tetes air sehingga menyebabkan dagingnya menjadi berair.

d. Keadaan ruas badan atau ruas kaki.

Menurut Waluyo dan Kusuma (2017), keadaan ruas badan atau ruas kaki biasanya untuk menentukan tingkat kesegaran produk perikanan yang beruas-ruas, seperti halnya udang, lobster, kepiting, rajungan, dan lain-lain. Keadaan segar produk perikanan jenis ini ditandai dengan lengkapnya anggota gerak yang masih menempel serta kuatnya anggota tubuh tersebut melekat.

Berikut ini merupakan tabel perbedaan udang segar dan udang yang tidak segar:

Tabel 2.3 Tanda-tanda udang segar dan tidak segar

Parameter	Udang Segar	Udang Tidak Segar
Kenampakan	Cerah, cemerlang, warna asli udang menurut jenisnya belum berubah.	Banyak warna merah jambu timbul terutama pada kepala, antena dan kaki. Banyak titik hitam pada kaki.
Mata	Bulat, hitam, mengkilat dan tidak terlalu menonjol keluar.	Kelabu gelap, pudar, menonjol keluar, bola mata melekat pada tangkai mata.
Kulit	Melekat kuat pada dagingnya, tidak berlendir pada permukaannya.	Mudah dilepaskan dari daging udang, memiliki lendir tebal pada permukaannya.
Ruas	Hubungan antar ruas kuat dan kompak, hubungan kepala dan tubuh tidak mudah dipisahkan.	Hubungan antar ruas, kepala dan tubuh tidak kuat, mudah dipisahkan.
Daging	Kompak (padat), lentur, melekat kuat pada kulitnya.	Kendor, mudah dilepaskan dari kulitnya dan apabila ditekan dengan jari terasa lengket.
Bau	Segar dan tidak tercampur bau asing.	Busuk, bau asam dan bau amonia.

Sumber : Hadiwiyoto (1993)

2.1.3.2 Parameter Kimiawi

Menurut Hadiwiyoto (1993), yang menjadi parameter fisikawi antara lain adalah pH daging, dan hasil-hasil akhir peruraian komponen-komponen daging seperti kadar hipoksantin, kadar ammonia, dan kadar trimetilamin atau kadar dimetilamin.

a. Derajat Keasaman (pH)

Nilai Derajat Keasaman (pH) merupakan salah satu indikator yang dapat digunakan dalam menentukan tingkat kesegaran produk perikanan secara kimiawi. Nilai pH daging hasil perikanan yang masih hidup adalah netral (pH 7), dan pH rendah (pH 2-6,5) yang berarti produk perikanan telah memasuki fase kekakuan. Sedangkan fase kebusukan ditandai dengan pH tinggi (pH 8-10) (Waluyo dan Kusuma, 2017). Menurut Shamshad (1990), produk udang memiliki kualitas yang baik dan dapat diterima pada $\text{pH} \leq 7,5$.

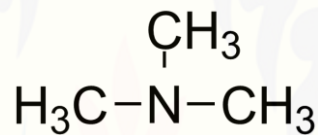
Menurut Hadiwiyoto (1993), saat udang mati, akan terjadi proses glikolisis karena enzim-enzim dalam dagingnya masih aktif. Namun karena tak ada lagi pemasokan oksigen, maka tidak lagi terjadi pembentukan (sintesis) glikogen melainkan pembongkaran glikogen sehingga menghasilkan asam laktat yang menyebabkan turunnya pH sesaat setelah udang mati. Keadaan yang asam ini menyebabkan bakteri berkembang dan disamping itu enzim-enzim akan aktif sehingga dapat menyebabkan kerusakan dan peningkatan nilai PH. Nilai pH pada udang terus mengalami peningkatan seiring dengan lama waktu penyimpanan dan selama proses kemunduran mutu yang berlangsung.

b. *Total Volatile Base* (TVB) Udang Vaname

Seperti halnya hasil perikanan lainnya, udang juga mudah sekali mengalami kerusakan (busuk). Perubahan yang mendasar pada kemunduran mutu udang yaitu karena adanya proses autolisis yang terjadi. Proses autolisis yang terjadi adalah penguraian protein dan senyawa kompleks pada daging udang yang disebabkan oleh aktivitas enzim dan bakteri pembusuk. Penguraian protein dan asam amino pada umumnya akan membentuk senyawa-senyawa *volatile* seperti dimetilamina, trimetilamina dan amonia. Oleh karena itu ketika kesegaran produk perikanan menurun, maka kandungan nitrogen yang mudah menguap akan meningkat. Sehingga dalam menentukan tingkat kesegaran produk perikanan termasuk udang dapat dilakukan dengan menentukan senyawa basa yang menguap atau TVB. Pada produk perikanan

laut termasuk udang akan dihasilkan senyawa dimetilamina dan trimetilamina (Hadiwiyoto, 1993).

Trimetilamina yang juga dikenal sebagai $N(CH_3)_3$ atau TMA, merupakan amina sederhana yang tidak berwarna, bersifat higroskopik dan mudah terbakar dengan bau amis yang khas dalam konsentrasi rendah dan berbau amonia dalam konsentrasi yang lebih tinggi. Trimetilamina memiliki titik didih $2,9^\circ C$ dan merupakan gas pada suhu kamar. Trimetilamin merupakan produk penguraian tumbuhan dan hewan, senyawa ini terutama bertanggung jawab atas bau amis yang sering dikaitkan dengan kebusukan produk perikanan, infeksi bakteri vagina, dan bau mulut (Pubchem, 2004).



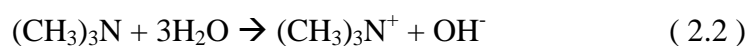
Gambar 2.2 Struktur Trimetilamin

Trimetilamina dihasilkan oleh senyawa-senyawa lipoprotein yang diuraikan terlebih dahulu menjadi kolin, kemudian diuraikan lebih lanjut menjadi trimetilaminoksida (TMNO) yang oleh enzim dehidrogenase akan direduksi menjadi trimetilamina. Penggabungan trimetilaminoksida dengan asam laktat juga akan menghasilkan trimetilamina. Trimetilamina sering digunakan sebagai indeks kerusakan produk perikanan (Hadiwiyoto, 1993).

Trimetilamin disusun oleh reaksi ammonia sebagai berikut :



Kemudian akan mengalami autolisis menjadi :



OH^- bersifat basa dan mudah menguap sehingga dapat digolongkan sebagai senyawa basa volatil (*volatile base*). Senyawa inilah yang akan dimanfaatkan dalam penelitian ini untuk mendeteksi kesegaran udang.

Batasan kadar TVB untuk produk hasil perikanan menurut (Goncalves dan Junior, 2009) yaitu kriteria sangat segar apabila nilai kadar TVB kurang dari 10 mg N/100 g, segar berkisar antara 10-20 mg N/100 g, sedangkan tidak segar berkisar antara 20-30 mg N/100 g, dan tidak layak untuk dikonsumsi lebih besar dari 30 mg N/100 g. Leitao dan Rios (2000), menjelaskan bahwa batas kadar TVB untuk udang layak konsumsi yaitu tidak lebih dari 30 mgN/100g,

2.1.3.3 Parameter Mikrobiologi

Parameter kesegaran produk perikanan secara mikrobiologi berkaitan dengan jumlah total mikroba. Produk perikanan secara alami mengandung bakteri yang menempel pada tubuhnya (berasal dari habitat alaminya). Produk perikanan yang mengandung banyak bakteri mempunyai resiko cepat membusuk dan mengakibatkan sakit pada konsumen yang mengonsumsinya (Waluyo dan Kusuma, 2017).

Selama udang masih dalam keadaan hidup keadaannya steril. Namun sebagian bakteri penyebab kerusakan telah ada sejak produk perikanan belum mati. Bakteri ini hidup di dalam alat pencernaan terutama pada usus halus, kotoran dan permukaan tubuh atau kulitnya. Meskipun demikian bakteri tersebut tidak menyebabkan kerusakan karena masih memiliki kemampuan untuk mengatasi aktivitas bakteri. Namun setelah fase kematian, maka bakteri tersebut segera berkembang populasinya (Hadiwiyoto, 1993).

Kecepatan pertumbuhan mikroba yang ada, terutama bakteri pembusuk berpengaruh pada cepat atau lambatnya kerusakan hasil perikanan secara mikrobiologis. Pertumbuhan bakteri pada umumnya diartikan sebagai kenaikan jumlah konstituen dalam sel atau massanya, kemudian diikuti oleh perbanyakan sel sehingga jumlah sel menjadi bertambah banyak. Pertumbuhan bakteri dapat diikuti paling mudah dengan menumbuhkannya pada media pertumbuhan yang

sesuai (cocok), kemudian menghitung unit koloni yang tumbuh pada media tersebut (Hadiwiyoto, 1993).

Udang mengandung paling sedikitnya tiga macam bakteri, yaitu *Achromobacter*, *Alcaligenes* dan *Pseudomonas*. Seringkali pada bagian ekor udang terdapat bakteri golongan *Micrococcus* dan *Staphylococcus*. Bakteri *Pseudomonas* dan *Achromobacter* merupakan bakteri pembusuk pada udang. *Pseudomonas* dapat berkembang baik meskipun suhu lingkungan hidupnya 0°C, sementara itu *Achromobacter* masih berkembang baik pada suhu 5°C (Hadiwiyoto, 1993).

Jumlah bakteri yang ada pada produk perikanan berbeda satu sama lain tergantung pada spesies. Menurut Zeng et al. (2005), udang yang segar mempunyai nilai TPC maksimal 1×10^6 CFU/g atau 6 log CFU/g.

2.1.3.4 Parameter Sensori

Metode penentuan kesegaran ikan secara sensori/organoleptik paling sering digunakan di industri pengolahan ikan karena lebih mudah dan lebih cepat dikerjakan, tidak memerlukan banyak peralatan, serta murah. Tolak ukur yang dilihat biasanya adalah kenampakan, warna, citarasa/bau, keadaan jaringan, dan keseragaman. Pengamatan biasanya dilakukan secara visual. Metode ini menggunakan penguji (panelis) yang telah terlatih dan berpengalaman. Panelis akan memberikan nilai (skor) pada faktor-faktor tersebut. Makin tinggi skor yang diberikan, berarti kondisi ikan makin segar. Kesulitan dalam melaksanakan metode ini terletak pada pemberian skor, karena metode ini bersifat subyektif hanya mengandalkan indera panelis, oleh karena itu panelis harus benar-benar sudah berpengalaman (Waluyo dan Kusuma, 2017).

Perbedaan yang kecil sering tidak kentara. Demikian pula membedakan bau atau citarasa sering mengalami kesulitan. Misalnya bau ammonia dengan bau busuk atau bau indol sukar dibedakan (Hadiwiyoto, 1993).

2.1.4 Kemunduran Mutu Udang

Udang merupakan makanan laut yang populer di seluruh dunia, namun sangat mudah rusak karena perubahan biokimia, mikrobiologi, atau fisik selama penyimpanan karena mengandung sejumlah besar asam amino bebas yang berkontribusi terhadap pembusukan. Kualitas udang dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti metode penanganan, kondisi penyimpanan, dan waktu proses. Umur simpan udang sebagian besar ditentukan oleh pembusukan mikrobiologis dan enzimatis ketika disimpan pada suhu kulkas (Eddin dan Tahergorabi, 2017).

Penurunan mutu udang karena enzim (*autolysis*) terjadi setelah udang mati, yaitu reaksi metabolisme yang terjadi secara terus menerus yang merombak senyawa-senyawa kimia kompleks dalam daging udang menjadi senyawa kimia yang lebih sederhana sehingga dapat dengan mudah dimanfaatkan oleh bakteri sebagai substrat untuk kebutuhan tumbuh kembangnya. Enzim yang terdapat pada udang yaitu enzim *proteinase* yang menguraikan protein menjadi senyawa-senyawa *volatile* seperti trimetilamina, selain itu juga terdapat enzim lipolitik yang menguraikan lemak yang prosesnya dapat terjadi secara autolisa maupun karena mikroba. Lemak selanjutnya akan teroksidasi lebih lanjut menjadi senyawa yang menyebabkan ketengikan dan warna udang menjadi kemerahan. Selanjutnya adalah enzim histidin dekarboksilase yang memecah histidin menjadi histamin yang pada sebagian orang dapat menyebabkan keracunan (Larasati, 2011).

Penurunan mutu produk perikanan secara mikrobiologis adalah suatu proses penurunan mutu yang terjadi karena adanya aktivitas bakteri yang berasal dari selaput lendir dari permukaan tubuh, insang dan saluran pencernaan. Penurunan mutu ini mengakibatkan daging udang terurai dan menimbulkan bau busuk. Penurunan secara oksidasi biasanya terjadi pada udang yang memiliki kandungan lemak tinggi. Lemak udang akan dioksidasi oleh oksigen yang ada di udara sehingga menimbulkan rasa dan bau tengik (Afrianto dan Liviawaty, 1989).

Selama proses kemunduran mutu, bakteri menerobos ke dalam daging kemudian berkembang biak dengan cepat menguraikan komponen-komponen daging dan menghasilkan senyawa-senyawa antara lain amonia (NH_3), karbondioksida (CO_2), trimetilamina (TMA), hidrogen belerang (H_2S) dan

berbagai macam asam serta senyawa lain yang berbau busuk dan tengik (Saulina, 2009).

Beberapa senyawa yang dapat digunakan sebagai indikator kebusukan, adalah histamin, diamina, dan senyawa *volatile* (*total volatile substance*). Histamin diproduksi dari asam amino histidin oleh enzim histidin dekarboksilase. Sedangkan senyawa *volatile* yang dapat digunakan sebagai indikator kebusukan adalah TVB (*Total Volatile Base*), TVA (*Total Volatile Acids*), TVS (*Total Volatile Substance*) dan TVN (*Total Volatile Nitrogen*) (Azizah, 2015).

Hal yang perlu diperhatikan dalam menjaga mutu udang adalah rantai dingin (*cold chain*). *Cold chain* atau rantai dingin merupakan sebuah sistem rantai pasok yang dalam prosesnya mempertimbangkan tingkatan suhu untuk menjaga produk tetap dalam kondisi beku atau dingin dalam lingkungan dengan temperatur tertentu baik selama produksi, penyimpanan, distribusi, dan proses penjualan. Hal tersebut ditujukan untuk menjaga kualitas produk perikanan (Aminatuzzuhra et al., 2016).

Jika rantai dingin terputus maka besar kemungkinan produk akan mengalami kemunduran mutu. Oleh karena itu, setiap tempat yang berhubungan dengan penanganan dan pendistribusian udang harus dilengkapi dengan sarana dan prasarana agar udang tetap segar, seperti air es, wadah penanganan dan penyimpanan (Larasati, 2011).

Namun suhu dingin tidak cukup untuk menjamin kelestarian kualitas udang setelah ditangkap atau selama penanganan pasca panen. Beberapa reaksi kimia dan biokimia dapat terjadi bahkan pada suhu beku, termasuk perubahan oksidatif lipid dan protein dalam otot, yang dapat mempengaruhi kualitas organoleptik dan sensorik produk, seperti bau, warna, dan tekstur. (Perez et al., 2015).

Menurut Hadiwiyoto (1993), kemunduran mutu pada umumnya dikaitkan dengan terurainya senyawa-senyawa makromolekul menjadi senyawa-senyawa mikromolekul sederhana, berupa gas-gas yang berbau busuk. Senyawa yang paling berperan pada proses pembusukan produk hasil perikanan adalah protein, namun komponen-komponen lemak, karbohidrat, dan senyawa-senyawa lainnya

juga ikut terbongkar dan memberikan andil pada kerusakan daging ikan. Mikrobia yang berperan dominan pada kerusakan (pembusukan) adalah bakteri. Kecepatan pembusukan dipengaruhi selain oleh suhu lingkungan, juga oleh sifat daging terutama aktivitas air, pH, dan potensial oksidasi-reduksinya. Terjadinya proses pembusukan dapat digolongkan dalam tiga tahap, yaitu:

- a. Mula-mula hanya terjadi kontaminasi oleh bakteri pembusuk dan terjadi perkembangan populasi secara cepat. Pada saat tersebut belum terjadi pembongkaran senyawa-senyawa yang ada.
- b. Pembongkaran senyawa-senyawa mikromolekul, seperti misalnya asam-asam amino bebas, peptida, asam laktat, dan gula reduksi oleh bakteri menjadi metabolit-metabolit sederhana yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Pada tahap ini mulai terbentuk metabolit penyebab bau busuk, misalnya putresin, karbondioksida, hidrogen sulfida, asam-asam organik dan ammonia.
- c. Pemecahan senyawa-senyawa makromolekul terutama protein oleh enzim-enzim protease yang dihasilkan oleh bakteri pembusuk. Biasanya hal ini terjadi apabila senyawa-senyawa mikromolekul dalam daging telah habis digunakan oleh bakteri. Hasil pemecahan protein yaitu peptida-peptida dan asam-asam amino bebas selanjutnya dibongkar menjadi metabolit-metabolit penyebab bau busuk. Pada tahap akhir, pembusukan tidak berkembang lagi karena semua senyawa makromolekul telah terurai mejadi metabolit yang dapat terakumulasi dan bersifat racun yang berbahaya.

2.2 Kemasan Makanan

Kemasan bahan makanan seperti halnya kemasan lain merupakan cara eksternal untuk mengawetkan makanan selama proses penyimpanan, transportasi dan distribusi dan harus disediakan di pusat manufaktur / produksi. Konsumen saat ini, berpendapat bahwa sebuah produk mempunyai hubungan yang sangat penting dengan kemasan dengan kualitas yang baik dan higienis. Produk perikanan segar merupakan salah satu yang paling mudah rusak dari semua makanan. Produk perikanan harus didinginkan atau dibekukan segera setelah

panen dan disimpan dalam kulkas hingga proses pemasakan. Kualitasnya memburuk dengan cepat jika tidak ditangani dan disimpan dengan benar. (Gopal, 1993). Beberapa kemasan yang biasa digunakan meliputi *Modified Atmosphere Packaging* (MAP), *Vacuum Packaging* (kemasan vakum) dan kemasan tradisional.

2.2.1 *Modified Atmosphere Packaging* (MAP)

Modified Atmosphere Packaging (MAP) didasarkan pada memodifikasi atau mengubah suasana (atmosfer) di dalam kemasan untuk memperpanjang umur simpan dan menjaga kualitas produk. Modifikasi atmosfer dapat dicapai secara aktif atau pasif. Dalam MAP tipe aktif, lingkungan gas optimum diperoleh dengan mengalirkan campuran gas terkontrol (*gas flush*). Tipe pasif MAP memodifikasi lingkungan gas optimal dalam kemasan dengan kombinasi dari respirasi makanan dan metabolisme mikroorganisme yang terkait dengan makanan dan permeabilitas kemasan. Dengan atmosfer gas yang dioptimalkan, reaksi degradasi dalam makanan seperti aktivitas enzim, oksidasi, kehilangan kelembaban, dan aktivitas metabolisme serta pertumbuhan mikroorganisme tertunda. Tiga gas utama yang digunakan untuk MAP adalah nitrogen (N_2), karbon dioksida (CO_2), dan oksigen (O_2). Gas-gas tersebut dapat digunakan baik sendiri atau, dalam banyak kasus mereka dapat digunakan dalam kombinasi. Campuran karbon dioksida (CO) dan argon (Ar) juga digunakan secara komersial (Jongmin dan Susan, 2014).

Makanan laut seperti ikan dan kerang sangat mudah busuk karena aktivitas airnya yang tinggi, pH, dan adanya enzim autolitik, yang menyebabkan perkembangan mikroba dan bau yang tidak diinginkan. Atmosfir oksigen rendah dapat menunda terjadinya bau yang tidak diinginkan dan pertumbuhan mikroorganisme aerob (Jongmin dan Susan, 2014).

2.2.2 *Vacuum Packaging*

Vacuum Packaging merupakan metode pengemasan dengan cara mengosongkan udara dari kantong kemasan. Kemasan vakum dapat didefinisikan sebagai kemasan produk dimana udara dihilangkan untuk mencegah pertumbuhan

organisme aerob pembusuk, penyusutan, oksidasi dan penurunan warna. Pada udang, *vacuum packaging* dilakukan untuk menunda pembusukan produk udang, membuat udang lebih tahan lama dan mempertahankan kualitas keseluruhan dari otot udang. Beberapa penelitian mengklaim bahwa menyimpan produk perikanan dalam kemasan vakum dapat memperlambat pertumbuhan bakteri dan meningkatkan umur simpan (Rashidi et al., 2014).

2.2.3 Traditional Packaging

Kemasan tradisional berfungsi hanya untuk menyimpan dan melindungi produk, sehingga sebagian besar hanya menggunakan kemasan primer (Grundey, 2010).

2.3 Kemasan Pintar (*Intelligent Packaging*)

Menurut Abreu et al. (2012), kemasan dapat dikatakan pintar jika mempunyai kemampuan mengidentifikasi, mengukur, dan/atau melaporkan perubahan atmosfer yang ada dalam kemasan tersebut, selama transfer dan penyimpanan. Informasi tersebut nantinya akan digunakan sebagai informasi kepada produsen, pemasar dan konsumen akhir berkenaan tentang kualitas makanan yang ada di dalamnya.

Yam et al. (2005) mendefinisikan kemasan pintar sebagai sistem pengemasan yang dapat memfasilitasi pengambilan keputusan untuk memperpanjang umur simpan, meningkatkan keamanan, meningkatkan kualitas, menyediakan informasi, dan memperingatkan tentang kemungkinan masalah. Keunikan kemasan pintar diantaranya adalah kemampuan untuk berkomunikasi: karena kemasan dan makanan bergerak secara bersamaan sepanjang siklus pengemasan, distribusi hingga akan dikonsumsi, sehingga kemasan merupakan alat yang baik untuk mengkomunikasikan kondisi makanan.

Selama dekade terakhir banyak teknologi kemasan pintar didasarkan pada aplikasi sensor. Kemasan pintar menggunakan sensor kimia atau biosensor untuk memantau kualitas dan keamanan makanan dari produsen kepada pelanggan. Teknologi ini dapat menyebabkan berbagai desain sensor, yang cocok untuk

memantau kualitas dan keamanan makanan, seperti indikasi kesegaran, patogen, kebocoran, karbon dioksida, oksigen dan deteksi pH serta fluktuasi suhu (Mohebi dan Marquez, 2015).

2.4 Sensor

2.4.1 Definisi Sensor

Secara umum sensor bisa diartikan sebagai alat atau piranti yang dapat mentransform (mengubah) suatu energi ke energi yang lain (Kuswandi, 2008). Menurut Mohebi dan Marquez (2015), sensor merupakan perangkat yang mampu mentransmisikan sinyal output yang berkelanjutan. Kebanyakan sensor terdiri dari reseptor dan transduser. Reseptor mengubah informasi fisik atau kimia menjadi bentuk energi, sedangkan transduser mengubah energi ini menjadi sinyal analitik yang berguna yaitu listrik.

2.4.2 Sensor Kimia

Sensor kimia adalah suatu alat analisa (*analytical device*) yang berisi reagen kimia (*chemical material/reagent*) yang dapat bereaksi dengan analit tertentu dalam larutan atau gas sehingga menghasilkan perubahan fisika-kimiawi yang dapat dirubah (*physicochemical transducer*) menjadi sinyal elektrik proporsional dengan konsentrasi dari analit tersebut (Kuswandi, 2008). Sebuah sensor kimia yang ideal adalah sensor yang mampu berinteraksi dengan analit secara *reversible*, sehingga sinyal sensor dapat dikontrol dengan mudah. Salah satu contoh sensor kimia yang cukup populer dan sering kita gunakan di laboratorium adalah sensor pH, baik yang berupa kertas lakmus atau kertas pH maupun pH meter (Kuswandi, 2008).

Sensor kimia merupakan alternatif sensor yang murah dan sederhana yang memungkinkan penentuan kesegaran ikan secara real-time, *non-invasif* dan *non-destruktif* yang didasarkan pada perubahan pH. Dalam kemasan makanan tertutup, produk ikan yang mulai rusak (membusuk) akan mengalami peningkatan nilai pH seiring berjalannya waktu. Perubahan pH tersebut dapat dideteksi dengan sensor penunjuk pH yang sesuai. Karakteristik mendasar sekaligus elemen kunci dari

sensor indikator pH adalah perubahan warna sensor ketika ditempatkan di lingkungan asam atau basa (Kuswandi et al., 2011).

2.4.3 Mekanisme Sensor Kimia

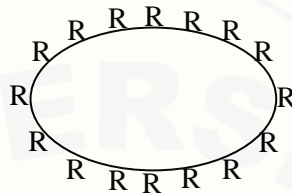
Mekanisme dari suatu sensor kimia dapat dirancang atau didesain sesuai dengan karakteristik analit yang ingin dideteksi. Mekanisme kerja sensor tersebut dideskripsikan suatu sensor kimia yang berbasis reaksi kunci-anak kunci (*key-lock*). Sensor kimia jenis ini biasanya didesain dengan suatu reaksi yang sangat spesifik, misalnya reaksi spesifik pada sisi aktif suatu polimer. Sensor ini memiliki selektivitas yang tinggi dalam suatu analit (Kuswandi, 2008).

2.5 Imobilisasi

Untuk membuat suatu sensor kimia bisa bekerja dengan baik, maka reagen kimia yang digunakan di dalamnya harus bisa terhubung dengan baik pada transduser. Proses ini biasanya dinamakan imobilisasi reagen (Kuswandi, 2008). Imobilisasi memainkan peran kunci dalam mengembangkan biokomponen yang stabil untuk integrasi dengan transduser (Kumar dan D'Souza, 2012). Imobilisasi merupakan suatu proses pengikatan molekul reagen pada bahan pendukung (*solid support material*), sehingga molekul reagen dapat tersebar didalam fasa pendukung tersebut secara merata dan homogen. Dalam proses imobilisasi, fasa pendukung merupakan salah satu elemen penting. Karenanya kesesuaian fasa pendukung dengan reagen memiliki pengaruh yang sangat besar dalam proses imobilisasi. Proses tersebut tidak mungkin berhasil apabila fasa pendukungnya tidak sesuai atau kompatibel dengan reagen (Kuswandi, 2008).

Secara umum, tidak ada satupun teknik imobilisasi yang dapat digunakan untuk semua jenis reagen. Pemilihan teknik imobilisasi biasanya didasarkan kesesuaiannya dengan sifat-sifat reagen. Metode imobilisasi secara fisik meliputi proses penyerapan (adsorpsi), pemerangkapan (*entrapment*), dan interaksi elektrostatik. Sedangkan secara kimia meliputi pembentukan ikatan kovalen dan *cross-linking*. Pada penelitian ini metode imobilisasi yang digunakan adalah metode adsorpsi. Penyerapan atau adsorpsi adalah teknik imobilisasi reagen

dengan cara menyerap reagen ke dalam material pendukung. Penyerapan atau adsorpsi adalah teknik imobilisasi yang melibatkan gaya-gaya Van der Waals atau ikatan hidrogen dalam mengikat molekul reagen pada fase pendukung. Imobilisasi dengan metode adsorpsi dilakukan dengan cara menyerap atau mengadsorpsi molekul reagen di atas permukaan fase pendukung. (Kuswandi, 2008).



Gambar 2. 3 Metode Adsorpsi

2.6 Indikator pH

Indikator pH biasanya merupakan asam lemah atau basa lemah yang berubah warna sesuai dengan pH larutan yang ditambahkan. Beberapa indikator pH standar adalah *phenolphthalein*, *methyl orange*, *methylene blue*, dll. Tidak ada indikator yang memiliki perubahan warna yang tajam pada satu pH tertentu. Perubahan warna terjadi pada rentang pH yang berbeda untuk indikator yang berbeda (Pradeep dan Dave, 2013). Menurut Larasati (2011), Indikator pH merupakan sesuatu yang dapat memberikan informasi apakah senyawa tersebut bersifat asam atau basa melalui perubahan warna.

Selain indikator-indikator kimia tersebut, juga terdapat indikator alami yaitu indikator yang berasal dari bahan alam seperti indikator kubis ungu, kunyit, *Rhoeo discolor*, daun puring, bunga kamboja, kayu secang, dan bunga mawar. Hampir semua tumbuhan berwarna dapat dipakai sebagai indikator, tetapi terkadang perubahan warnanya tidak jelas. Oleh karena itu, hanya beberapa saja yang sering dipakai (Maftuhah, 2013).

2.7 Daun Perahu Adam Hawa (*Rhoeo discolor*)

Rhoeo discolor atau perahu Adam Hawa merupakan tanaman hias dengan daun ungu dibagian bawahnya. *Rhoeo discolor* biasa ditanam orang sebagai tanaman hias, tumbuh subur di tanah yang lembab. Tumbuhan ini berupa semak setinggi 40-60 cm dengan batang yang kasar, pendek dan memiliki arah tumbuh tegak lurus (*erectus*). Tanaman ini termasuk anggota suku gawar-gawaran, berasal dari Meksiko dan Hindia Barat (Padmaningrum, 2011).

Menurut Padmaningrum (2011), penggolongan *Rhoeo discolor* dipaparkan sebagai berikut:

Klasifikasi	: Spermatophyta
Divisi	: Angiospermae
Sub divisi	: Monocotyledoneae
Kelas	: Bromeliales
Suku	: Bromeliaceae
Marga	: <i>Rhoeo</i>



Gambar 2.4 Tanaman *Rhoeo discolor*

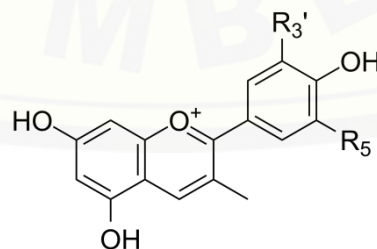
Rhoeo discolor di Meksiko biasa di gunakan untuk tujuan pengobatan dan sebagai tanaman hias dan kini tanaman ini telah menyebar ke banyak wilayah lain di seluruh dunia. *Rhoeo discolor* memiliki nama taksonomi modern yaitu *Tradescantia spathacea* dan juga dikenal sebagai "*Purple Maguey*" (Varela et al., 2015).

Padmaningrum (2011) menjelaskan bahwa ekstrak zat warna dalam daun *rhoeo discolor* hasil dari proses maserasi dengan pelarut air dan alkohol dapat digunakan sebagai indikator alami dalam titrasi asam basa. Menurut M. Mukhodam (2009) (dalam Padmaningrum, 2011), ekstraksi zat warna daun *Rhoeo discolor* kering dengan alkohol 70% (10 gram/100 mL) secara maserasi tanpa pemanasan menghasilkan ekstrak berwarna ungu kemerahan. Beberapa senyawa kimia yang terdeteksi dalam tanaman *Rhoeo discolor* ialah flavonoid, antosianin, saponin, karotenoid, lilin, terpenoid, dan senyawa kumarin dan steroid (Reyes et al., 2008).

Senyawa yang berperan dalam perubahan warna indikator alami adalah antosianin yang juga merupakan golongan flavonoid dan termasuk pigmen yang larut dalam air secara alami sehingga memiliki kemampuan untuk bereaksi baik dengan asam maupun basa. Agar dapat disimpan dalam waktu lama dan tidak rusak mudah rusak, ekstrak daun *Rhoeo discolor* dapat dipreparasi dalam bentuk membran indikator asam basa alami (Novitasari, 2017).

2.8 Antosianin

Antosianin merupakan komponen bioaktif kelompok flavonoid yang dapat memberikan warna merah, ungu, biru, pada bunga daun, umbi, buah dan sayur bergantung pada pH lingkungan tempatnya berada. Antosianin larut dalam air dan aman untuk dikonsumsi, sehingga umumnya digunakan sebagai pewarna alami untuk produk makanan dan minuman (Mahmudatussa'adah et al., 2014).



Gambar 2.5 Struktur Umum Antosianin

Sifat antosianin, termasuk perubahan warna dan aktivitas antioksidan dipengaruhi oleh pH dan struktur dari antosianin. Struktur antosianin berubah pada pH 1, pH 4.5 dan pH 7. Perubahan warna tersebut pada dasarnya terjadi karena perubahan struktur antosianin dari kation flavilium menjadi pseudobasa hemiketal karbinol, kuinonoidal dan kalkon (Mahmudatuss'adah et al., 2014).

2.9 *Nata de Coco*

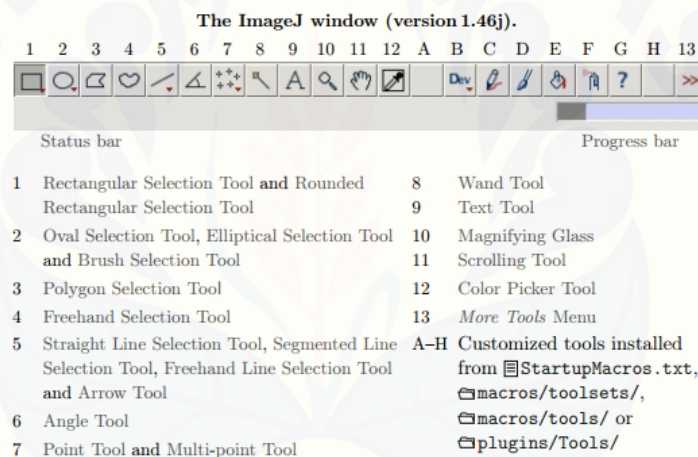
Selulosa mikrobial merupakan selulosa yang diperoleh dari proses fermentasi aerobik mikroba dari berbagai spesies *Acetobacter* (Erythrina, 2011). Menurut Syamsu dkk. (2012), selulosa mikrobial memiliki beberapa kelebihan yaitu memiliki kemurnian dari zat kimia (lignin, hemiselulosa), memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, dapat diproduksi dalam waktu relatif singkat serta selulosa yang dihasilkan sudah dalam bentuk lembaran (Fitriani et al., 2016)

Nata adalah sejenis jelly kenyal berwarna putih susu atau bening, yang berasal dari proses fermentasi air kelapa. Produk *nata de coco* ini pada awalnya diproduksi di Filipina. Secara etimologis, *nata de coco* berarti krim kelapa atau terapung. Proses fermentasi *nata de coco* dibantu oleh sejenis bakteri bernama *Acetobacter xylinum*. Enzim yang dihasilkan bakteri *Nata De Coco* mengubah gula yang terkandung dalam air kelapa menjadi lembaran-lembaran serat selulosa. Lembaran-lembaran selulosa itu kemudian menjadi padat dan berwarna putih bening yang dinamakan nata (Sihmawati et al., 2014).

2.10 Program *ImageJ*

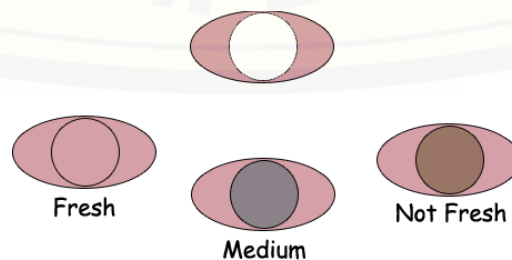
ImageJ merupakan suatu program analisis untuk gambar yang dibuat oleh *National Institutes of Health*. Program *ImageJ* berisi menu-menu bar, tool bar, dan status bar yang dapat dilihat pada gambar 2.5. Cara kerja program ini yaitu ketika kursor ditempatkan di atas gambar, maka akan ditampilkan nilai koordinat. Selanjutnya koordinat tersebut akan diukur dalam bentuk *pixel* per detik. Pada gambar digital, *pixel* merupakan suatu titik tunggal dalam pencitraan atau elemen terkecil dari gambar yang dapat dikenali (Reinking, 2007).

Image J dapat digunakan juga untuk gambar *grayscale* yang memiliki ketajaman lebih dari 1 bit (hanya menunjukkan *pixel* dalam gambar hitam putih) sampai 32 bit per *pixel*. Penentuan nilai RGB dengan menggunakan program *image J* berdasarkan pada nilai perhitungan dari tiga warna primer yaitu merah, hijau, dan biru. Dipilih warna merah, hijau, dan biru karena warna-warna ini merupakan warna yang menghasilkan spektrum sehingga dapat dilihat oleh pembaca. Selain itu, ketiga warna tersebut dapat bercampur untuk membentuk warna yang lainnya. Apabila intensitas tertinggi dari setiap warna dicampurkan maka akan diperoleh cahaya putih, sedangkan apabila intensitas sama dengan nol semua warna dicampurkan secara bersama-sama, maka akan dihasilkan cahaya hitam (Reinking, 2007).



Gambar 2.5 Program *Image J* (*ImageJ User Guide*)

2.11 Desain Sensor Kesegaran



Gambar 2.6 Desain Sensor Kesegaran

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang akan dilakukan ini merupakan penelitian eksperimental *laboratories*.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Agustus 2016 bertempat di Laboratorium Sensor Kimia dan Biosensor Fakultas Farmasi Universitas Jember, Laboratorium Biologi Fakultas Farmasi Universitas Jember, Laboratorium Kimia dan Biokimia Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, dan Laboratorium Kimia Organik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain timbangan analitik, cawan petri, pipet mikro, tabung reaksi, rak tabung reaksi, gelas ukur, *waterbath*, inkubator, beaker glass, batang pengaduk, pH meter, gunting, kertas saring, *homogenizer* dan alat destilasi kjedahl, press kaca, labu ukur, alat uji tekstur rheotex, toples, pipet tetes, plat tetes, dan *scoresheet* organoleptik berdasarkan SNI 01-23-2006.

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) ukuran 10-13 gram/ekor yang diperoleh dari distributor ikan daerah Puger, Jember. Udang disimpan dalam box es, styrofoam sebagai kemasan. Bahan lainnya ialah *wrap plastic* yang digunakan sebagai penutup kemasan, kertas selulosa mikrobial *Nata de Coco* sebagai membran, ekstrak daun perahu Adam Hawa (*Rhoeo discolor*) yang diambil dari daerah Tanggul-Jember,

akuades, TCA 5%, NaOH 2 M, NaOH 0.01 M, HCL 0.01 M, *red phenol* dan formaldehid 16%, PCA (*Potato Count Agar*) dan alkohol 70%.

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Variable bebas dalam penelitian ini yaitu suhu penyimpanan udang yang diletakkan pada suhu ruang ($27\pm 3^{\circ}\text{C}$) dan suhu chiller ($4\pm 2^{\circ}\text{C}$).

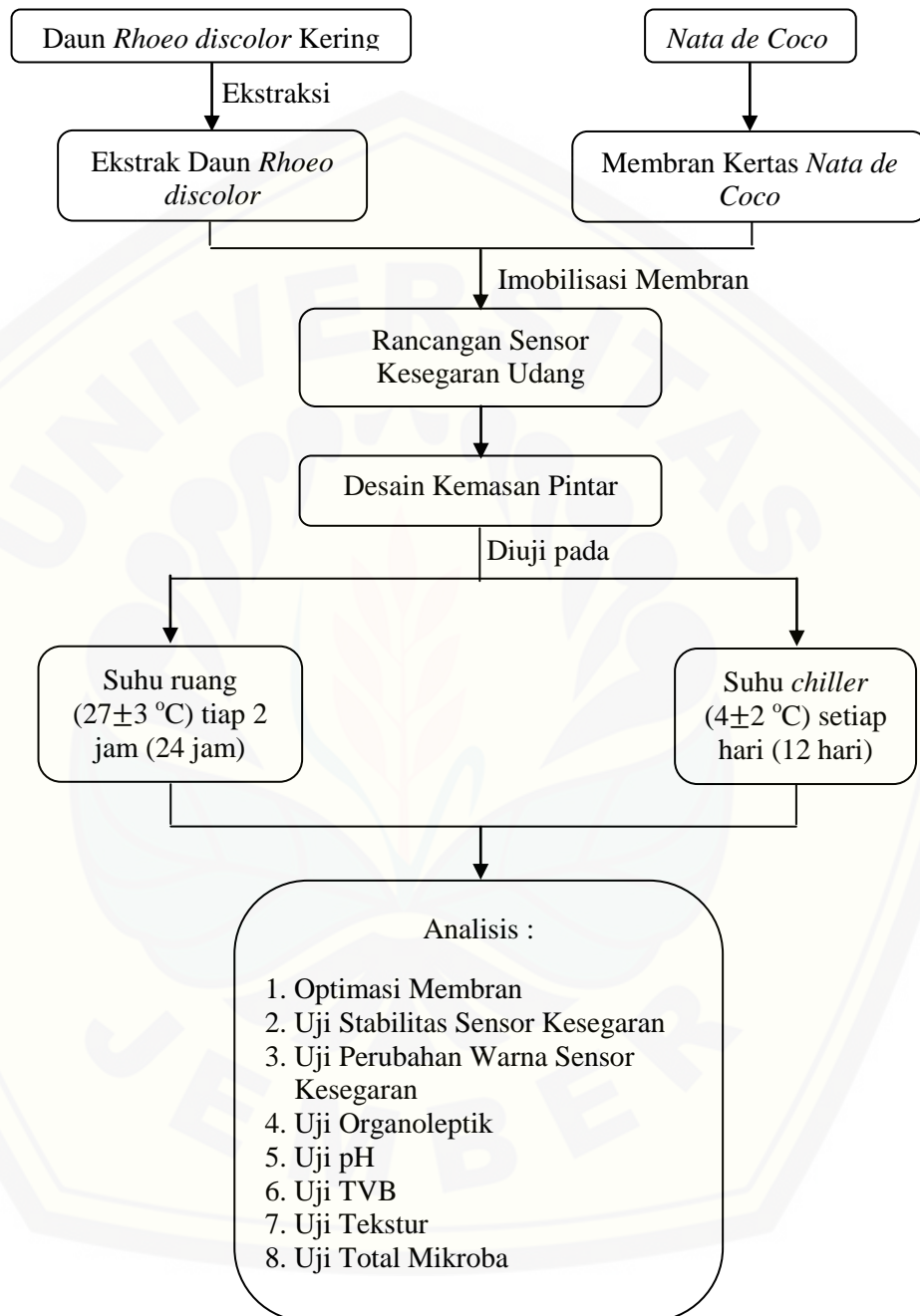
3.4.2 Variabel Terkendali

- a. Jenis Udang
- b. Volume Kemasan
- c. Berat udang per kemasan
- d. Jenis plastik
- e. Satuan intensitas warna sensor
- f. Laju perubahan warna sensor

3.4.3 Variabel Terikat

Variable terikat dalam penelitian ini adalah waktu respon, stabilitas, dan perubahan warna sensor kesegaran, perubahan organoleptik sampel udang, perubahan pH, *Total Volatile Base* (TVB), perubahan tekstur, dan total mikroba.

3.5 Diagram Alur Penelitian



3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Pembuatan Ekstrak Daun *Rhoeo discolor*

Daun *Rhoeo discolor* segar disortasi kemudian dicuci dan dikeringkan menggunakan lap bersih. Daun kemudian dipotong-potong, diangin-anginkan dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 50°C sampai kering kemudian diblender hingga menjadi serbuk simplisia kering. Kemudian dilakukan optimasi pelarut ekstrak menggunakan 2 macam pelarut, yaitu etanol 96% dan 70%. Setelah optimasi pelarut, dilakukan juga optimasi konsentrasi ekstrak dengan menimbang simplisia kering, yaitu 1g dan 5g dilarutkan dalam 100 ml pelarut dan dimaserasi selama 24 jam, dicari ekstrak dengan waktu imobilisasi terbaik. Ekstrak jadi kemudian disaring dan disimpan dalam *chiller*.

3.6.2 Pembuatan Membran Selulosa Mikrobial *Nata de Coco*

Nata de Coco mentah dicuci selama 10 menit dengan air mengalir. NDC bersih direbus selama 10 menit kemudian buang air rebusan dan rendam NDC dengan menggunakan akuades selama 30 menit. Selanjutnya NDC di blender hingga hancur kemudian disaring dan dihilangkan airnya. NDC kering selanjutnya dicetak menggunakan *press* kaca pencetak membran kemudian dioven dengan suhu 100°C hingga kering dan membentuk lembaran kertas.

3.6.3 Optimasi Waktu Imobilisasi Membran Kertas NDC

Kertas NDC dipotong berbentuk lingkaran dengan diameter 5,5 mm. Kertas NDC yang telah dipotong-potong kemudian diimobilisasi dengan ekstrak daun *Rhoeo discolor* sebanyak 0,5 ml selama 20, 30, 40, 50, 60, dan 70 menit kemudian dikeringkan dengan cara diangin-anginkan. Optimasi Pengamatan perubahan warna dari sensor kesegaran dilakukan dengan menggunakan program *imageJ* dengan menentukan nilai $\Delta mean$ RGB. Pengambilan gambar dilakukan dengan cara *scanning* menggunakan *scan* tipe epon, kemudian hasil scan tersebut diaplikasikan pada program *imageJ* dan ditentukan nilai *mean* RGB untuk mendapatkan nilai *mean* RGB tertinggi.

3.6.4 Pembuatan Kemasan Pintar

Udang yang masih segar seberat ± 100 g diletakkan pada *Styrofoam* kemudian ditutup dengan *wrap plastic* yang sebelumnya telah diberi sensor kesegaran.

3.6.5 Uji Stabilitas Sensor Kesegaran

Pengujian stabilitas sensor kesegaran dilakukan dengan mengamati secara visual kestabilan warna sensor kesegaran pada suhu ruang dan suhu *chiller* per hari dan diuji pada pH 7, kemudian di amati nilai *mean* RGB-nya menggunakan program imageJ.

3.6.6 Uji Organoleptik Udang (SNI 01-2346-2006)

Pengujian organoleptik merupakan cara pengujian yang bersifat subyektif dengan menggunakan panca indera. Pengujian organoleptik ditujukan pada mata, daging, bau, dan tekstur. Tahap pengujian organoleptik dilakukan dengan interval pengamatan yaitu setiap 2 jam selama 24 jam pada pengamatan suhu ruang (27 ± 3 °C) dan setiap 24 jam selama 12 hari pada pengamatan suhu lemari pendingin (*chiller*). Pengujian organoleptik menggunakan score sheet berdasarkan SNI 01-2346-2006 (BSN, 2006).

3.6.7 Uji Nilai pH Udang (Menggunakan pH meter – Jen Way tipe 3320)

Pengukuran pH sampel dilakukan dengan menggunakan pH meter. Alat pH meter yang digunakan untuk pengujian nilai pH dikalibrasi dahulu menggunakan *buffer* standar pH 4, 7 dan 10. Daging udang sebanyak 10 g dihancurkan dan dihomogenkan dengan 10 ml aquades, kemudian diukur pH-nya menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi.

3.6.8 Uji *Total Volatile Base* (TVB)

100 g sampel dimasukkan dalam *blender* kemudian ditambahkan 300 ml larutan TCA 5% dan jalankan *blender* sampai sampel homogen. Ekstrak TCA dipisahkan dengan cara *sentrifuse* kemudian diambil 5 ml ekstrak TCA dan

dimasukkan dalam alat destilasi kjedahl, setelah itu tambahkan 5 ml NaOH 2 M dan kemudian dilakukan destilasi dimana destilat ditangkap dengan 5 ml HCL 0.01 M. Hasilnya ditambah dengan beberapa tetes *red phenol* lalu dititrasi dengan NaOH 0.01 M sampai tercapai titik akhir titrasi, kemudian tambahkan 1 ml formaldehid 16% untuk setiap 10 ml campuran sesudah titrasi pertama, kocok dan kemudian titrasi lagi dengan NaOH 0.01 M. TVB ditentukan berdasarkan rumus:

$$\text{TMA (mg/100g)} = \frac{14 (300 + W) \times V_2 \times 0.01}{5} \times \frac{100}{M} \quad (3.1)$$

14 = Bobot atom nitrogen

V_2 = Volume NaOH 0.01 M yang dibutuhkan untuk titrasi 2

M = Berat sampel (g)

W = Jumlah Air yang ada sampel (g)

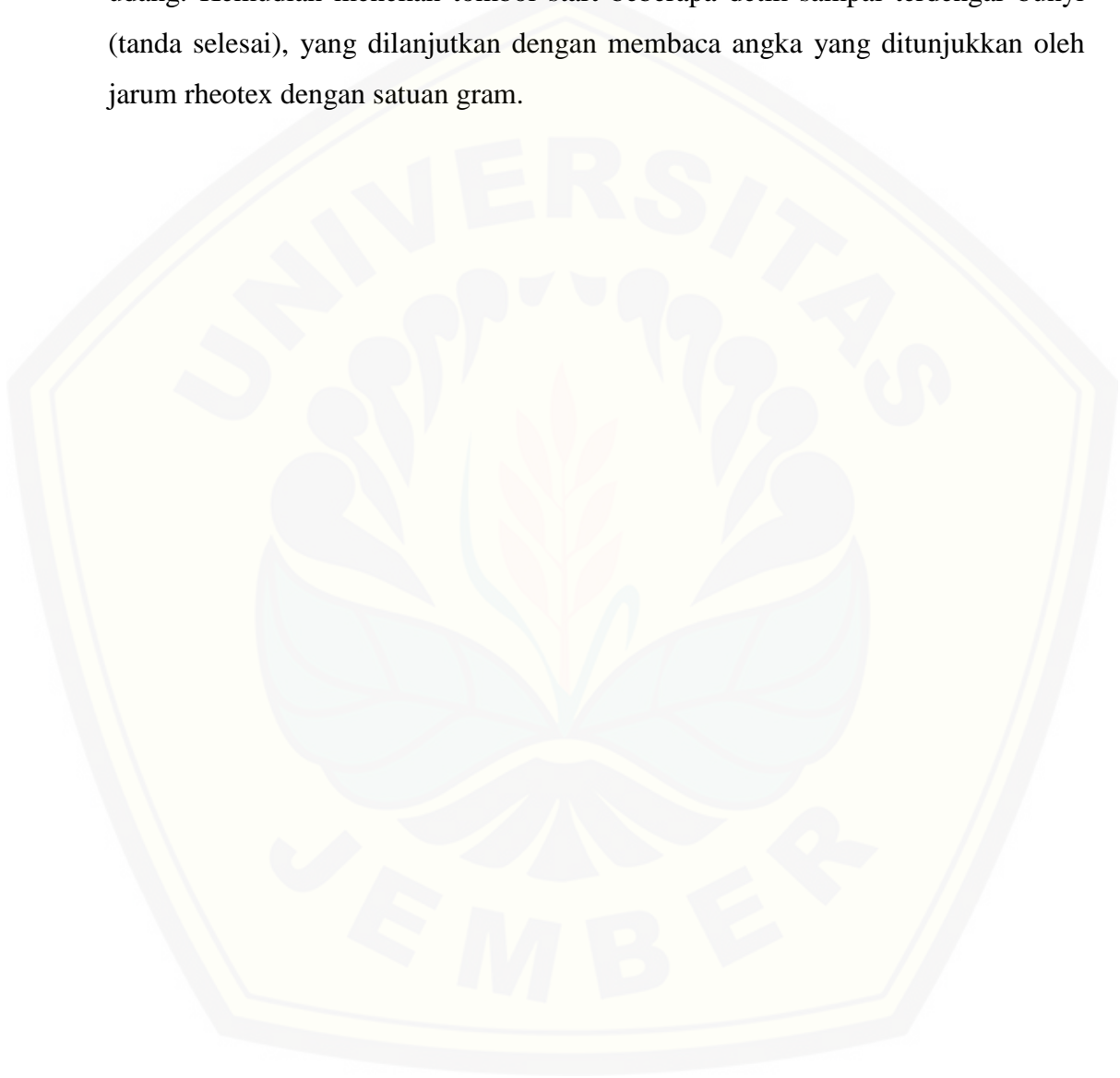
3.6.9 Uji Total Mikroba (Teknik Agar Tuang Plate Count; Fardiaz, 1993)

Alat yang digunakan dalam analisa total mikroba harus dalam kondisi steril. Sampel dihancurkan sebanyak 1,0 g dimasukkan dalam tabung reaksi yang telah berisi 9,0 ml aquadest steril kemudian dikocok hingga larutan homogen. Dari larutan tersebut diperoleh larutan induk lalu diambil sebanyak 1,0 ml dan masukkan dalam tabung reaksi yang berisi 9,0 ml aquadest steril. Dari larutan tersebut diperoleh pengenceran 10^{-1} lalu diambil 1,0 ml dan masukkan dalam tabung reaksi yang berisi 9,0 ml aquadest steril untuk mendapat pengenceran 10^{-2} , demikian seterusnya sampai diperoleh pengenceran 10^{-6} . Dari masing-masing hasil pengenceran diambil 1,0 ml kemudian masukkan dalam cawan petri dan dituangi 10 ml media agar yang telah didinginkan ($47-50^\circ\text{C}$). goyangkan sampai merata dan biarkan sampai memadat. Cawan diinkubasi selama 48 jam pada suhu 37°C . Jumlah koloni dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Koloni per ml} = \text{jumlah koloni per cawan} \times \frac{1}{\text{faktor pengenceran}} \quad (3.2)$$

3.6.10 Uji Tekstur (Menggunakan Rheotex)

Dengan menekan jarum rheotex pada bagian daging udang yang memiliki ketebalan ± 2.5 mm. Sampel yang telah ditiriskan tepat dibawah jarum rheotex, kemudian menempatkan ujung jarum sampai menyentuh permukaan daging udang. Kemudian menekan tombol start beberapa detik sampai terdengar bunyi (tanda selesai), yang dilanjutkan dengan membaca angka yang ditunjukkan oleh jarum rheotex dengan satuan gram.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan dan pembahasan data penelitian sensor kesegaran udang vaname berbasis indikator alami ekstrak daun perahu adam hawa (*Rhoeo discolor*) pada kemasan pintar dengan perbedaan perlakuan suhu penyimpanan dan lama penyimpanan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perubahan warna sensor kesegaran udang berbasis indikator alami ekstrak daun *Rhoeo discolor* yaitu ungu muda saat udang dalam keadaan sangat segar dan segar, ungu keabu-abuan saat udang masih segar dan coklat kehijauan ketika udang sudah tidak lagi segar.
2. Karakteristik sensor kesegaran udang meliputi stabilitas sensor. Sensor kesegaran stabil pada penyimpanan suhu *chiller* hingga penyimpanan hari ke-3.
3. Hubungan antara perubahan warna sensor kesegaran udang berbasis indikator alami ekstrak daun *Rhoeo discolor* adalah berbanding lurus dengan penurunan tingkat kesegaran udang. Nilai mean RGB sensor kesegaran udang yang diuji diamati menggunakan program *imageJ* menurun seiring dengan penurunan parameter kesegaran udang meliputi uji organoleptik, uji pH, uji TVB, uji tekstur dan uji total mikroba.

5.1 Saran

Berdasarkan penelitian di atas maka disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan mengujikan sensor kesegaran berbasis indikator alami ekstrak daun *Rhoeo discolor* untuk menguji kesegaran produk makanan lain. Disarankan juga penggunaan membran *edible* lain selain membran *edible* berbahan *Nata de Coco* seperti pati dan *chitosan* juga disarankan menggunakan tambahan pengawet untuk menghasilkan membran *edible* yang lebih stabil saat penyimpanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abreu, D.A.P., J.M. Cruz, P.P. Losadam. 2012. Active and Intelligent Packaging for the Food Industry. *Taylor and Francis*. 28(2): 146–187.
- Afrianto, E., dan E. Liviawaty. 1989. *Pengawetan dan Pengolahan Ikan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Aminatuzzuhra, R. Purwaningsih, dan N. Susanto. 2016. Simulasi Cold Chain System pada Rantai Distribusi Ikan untuk Mengukur Peningkatan Mutu Ikan di Kota Semarang. Universitas Diponegoro. 5:4.
- Amri, K., dan I. Kanna. 2008. *Budi Daya Udang Vaname: Secara Intensif, Semi Intensif dan Tradisional*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Azizah, L.H. 2015. Analisis Kemunduran Mutu Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Secara Kimiawi dan Mikrobiologis. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Du, L., C. Chai, M. Guo, dan X. Lu. 2015. A Model for Discrimination Freshness of Shrimp. *Sensing and Bio-Sensing Research*. 6: 28-32.
- Eddin, A.S. dan R. Tahergorabi. 2017. Application of a Surimi-Based Coating to Improve the Quality Attributes of Shrimp during Refrigerated Storage. *MDPI Journal*. 6(9): 76.
- Erythrina, S. 2011. Kajian Penggunaan Selulosa Mikrobial Sebagai Pensusstitusi Selulosa Kayu Dalam Pembuatan Kertas. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

- Fitriani, Mahidin, S.D. Said dan M. Busthan. 2016. Kajian Penambahan Selulosa Mikrobial Nata De Coco dan Zat Aditif Terhadap Sifat Fisik Kertas Batang Pisang Abaka. *Jurnal Hasil Penelitian Industri*. 29(2): 53–59.
- Ghaani, M., C.A. Cozzolino, G. Castelli dan S. Farris. 2016. An Overview of the Intelligent Packaging Technologies in the Food Sector. *Food Science & Technology*. 51: 1-11.
- Gokce, M.A., Tazbozan, M. Celik, and S. Tabakoglu. 2004. Seasonal Variation in Proximate and Fatty Acid of Female Common Sole (*Solea Solea*). *Food Chem*. 88: 419-423.
- Gokoglu, N. dan P. Yerlikaya. 2008. Inhibition Effect of Grape Seed Extracts on Melanosis Formation in Shrimp (*Parapenaeus longirostris*). *International Journal of Food Science and Technology*. 43: 1004-1008.
- Goncalves, A.A. dan C.S.G.G. Junior. 2009. The Effect of Glaze Uptake on Storage Quality of Frozen Shrimp. *Journal of Food Engineering*. 90: 285–290.
- Gopal, T.K.S. 1993. Packaging Materials for Shrimp, Fish and Fish Products, Their Properties, Selection and Effect of Different Packaging Materials on Their Shelf Life. *Tesis*. India: Cochin University of Science and Technology.
- Grundey, D. 2010. Functionality of Product Packaging: Surveying Consumers' Attitude Towards Selected Cosmetic Brands. *Economics & Sociology*. 3(1): 87-103.
- Hadiwiyoto, S. 1993. *Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan*. Yogyakarta: CV. Liberty.

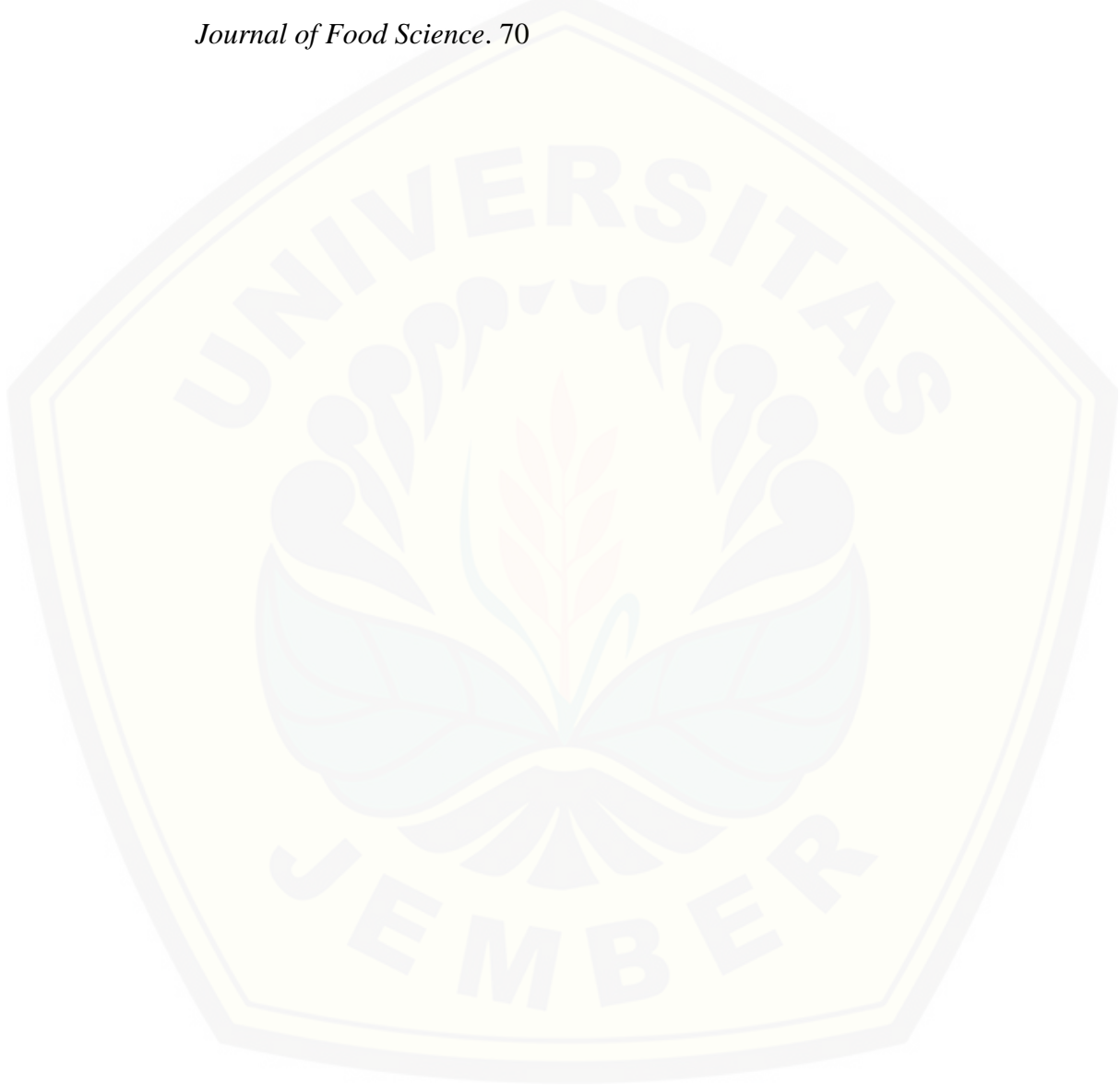
- Jamaluddin, R., Molenaar dan D. Tooy. 2014. Kajian Isotermi Sorpsi Air Dan Fraksi Air Terikat Kue Pia Kacang Hijau Asal Kota Gorontalo. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan*. 2.
- Jongmin, S. dan S. Susan. 2014. *Food Processing: Principles and Applications*. Second. USA: Wiley Blackwell.
- Kumar, J. dan S.F. D'Souza. 2012. Biosensors for Environmental and Clinical Monitoring. *Nuclear Agriculture and Biotechnology Division*. 324: 3-38.
- Kuswandi, B., Y. Wicaksono, Jayus, A. Abdullah, Y.H. Lee dan M. Ahmad. 2011. Smart Packaging: Sensors for Monitoring of Food Quality and Safety. *Sensor & Instrumen. Food Qual*. 5: 137-146.
- Kuswandi, B. 2008. *Sensor Kimia Teori, Praktek & Aplikasi*. Jember: Bagian Kimia Farmasi PS Farmasi Universitas Jember.
- Larasati, T.S. 2011. Pengembangan Sensor Kesegaran Udang (*Litopenaeus vannamei*) pada Kemasan Pintar Berbasis Indikator PH Alami Kunyit (*Curcuma domestica val*). *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Leitao, M.F.de F. dan D.de P.A. Rios. 2000. Microbiological and Chemical Changes in Freshwater Prawn (*Macrobrachium Rosebergii*) Stored under Refrigeration. *Brazilian Journal of Microbiology*. 31 (3): 178-183.
- Maftuhah, D.S. 2013. Implementasi Pemanfaatan Indikator Alami untuk Praktikum Kimia Materi Pokok Asam Basa Sebagai Upaya Peningkatan Keaktifan dan Pemahaman Konsep Peserta Didik Kelas XI IPA MA Al-Muttaqien Pancasila Sakti Kabupaten Klaten, Jawa Tengah. *Skripsi*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.

- Mohebi, E. dan L. Marquez. 2015. Intelligent Packaging in Meat Industry: An Overview of Existing Solutions. *Journal Food Science Technologist*. 52 (7): 3947–3964.
- Ngginak, J., H. Semangun, J.C. Mangimbulude, dan F.S. Rondonuwu. 2013. Komponen Senyawa Aktif pada Udang Serta Aplikasinya Dalam Pangan. *Sains Medika*. 5.
- Novitasari, S.P. 2017. Lama Ekstraksi Daun Rhoecydiscolor Dengan Berbagai Variasi Pelarut Sebagai Indikator Asam Basa Alami. *Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Padmaningrum, R.T. 2011. Karakter Ekstrak Zat Warna Daun Rhoecydiscolor Sebagai Indikator Titrasi Asam Basa. *Universitas Negeri Yogyakarta*.
- Perez, A.Z.V., H.S. Valdez, J.M.E. Brauer, E.M. Ríos dan W.T. Arreola. 2015. Quality Changes during Frozen Storage of Blue Shrimp (*Litopenaeus Stylirostris*) with Antioxidant, α -Tocopherol, under Different Conditions. *Food Science and Technology*. 35 (2): 368–374.
- Pradeep, D.J. dan K. Dave. 2013. A Novel, Inexpensive and Less Hazardous Acid-Base Indicator. *Journal of Laboratory Chemical Education*. 1(2): 34-38
- Pubchem. 2004. Trimethylamine. 2004.
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/trimethylamine#section=Top>
- Rashidi, Y., M.J. Baboli dan A.A. Sary. 2014. Effect of Vacuum Packaging on Quality Changes of Refrigerated Jingga Shrimp *Metapenaeus Affinis* Muscle. *International Journal of the Bioflux Society*. 7(4): 311-319.
- Reinking, I. 2007. ImageJ Basic. Pennsylvania: Departement of Biologi Millersvilley University.

- Reyes, M. Garza, C.A. Castro, M.R. Mendiola, S.F. Fazenda, E.A. Popoca, S.H. Garcia dan S.V. Trevino. 2008. Aqueous Crude Extract of *Rhoeo discolor*, a Mexican Medicinal Plant, Decreases the Formation of Liver Preneoplastic Foci in Rats. *Journal of Ethnopharmacology*. 115: 381-386.
- Santoso, J., Nurjanah dan A. Irawan. 2008. Kandungan Mineral Cumi-Cumi (*Loligo sp*) dan Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*) serta Pengaruh Perebusan Terhadap Kelarutan Mineral. *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*. 15 (1): 7-12.
- Sartika, R.A.D. 2008. Pengaruh Asam Lemak Jenuh, Tidak Jenuh Dan Asam Lemak Trans Terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*. 2(4).
- Saulina, H. 2009. Pengendalian Mutu Pada Proses Pembekuan Udang Menggunakan Statistical Process Control (SPC) Studi Kasus : Di PT Lola Mina Jakarta Utara. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sriket, S., P. Benjakul, W. Visessanguan dan K. Kijroongrojana. 2007. Comparative Studies on Chemical Composition and Thermal Properties of Black Tiger Shrimp (*Penaeus Monodon*) and White Shrimp (*Penaeus Vannamei*) Meats. *Food Chem*. 103: 1199–1207.
- Sundari, D., Almasyhuri, and A. Lamid. 2015. Pengaruh Proses Pemasakan Terhadap Komposisi Zat Gizi Bahan Pangan Sumber Protein. *Media Litbangkes*. 25(4): 235–242.
- Waluyo, Eko dan B. Kusuma. 2017. *Keamanan Pangan Produk Perikanan*. Malang: UB Press.
- Winarno, F.G. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia.
- WWF-Indonesia. 2014. *Budidaya Udang Vannamei*. 1st ed. Jakarta: WWF-Indonesia

Yam, K.L., P.T. Takhistov, and J. Miltz. 2005. Intelligent Packaging: Concept and Applications. *Journal of Food Science*. 70.

Zeng, Q.Z., K.A. Thorarinsdottir, and Olafsdottir. 2005. Quality Changes of Shrimp (*Pandalus Borealis*) Stored under Different Cooling Conditions. *Journal of Food Science*. 70



LAMPIRAN

Lampiran 1. Optimasi

1. Optimasi Immobilisasi

RGB	Waktu Immobilisasi (menit)						
	30	40	50	60	70	80	90
RGB 1	145,589	149,733	151,667	157,641	160,513	155,289	142,738
RGB 2	146,063	146,732	153,153	161,088	159,932	151,110	143,483
RGB 3	147,171	149,295	153,697	159,953	159,021	152,175	146,955
Rata-Rata	146,274	148,587	152,839	159,561	159,822	152,858	144,392
SD	0,812	1,621	1,051	1,757	0,752	2,172	2,251
CV	0,56%	1,09%	0,69%	1,10%	0,47%	1,42%	1,56%

2. Optimasi Perubahan Warna Sensor

a. Membran terimobilisasi 60 menit

Mean RGB	pH				
	Blanko	pH 6	pH 7	pH 8	pH 9
Replikasi 1	157,641	147,433	143,875	132,271	114,815
Replikasi 2	161,088	149,758	143,368	132,863	115,689
Replikasi 3	159,953	148,367	142,251	132,726	114,386
Rata-rata	159,561	148,519	143,165	132,620	114,963
SD	1,757	1,170	0,831	0,310	0,664
CV	1,10%	0,79%	0,58%	0,23%	0,58%
Δ Mean RGB	0	11,04	16,40	26,94	44,60

b. Membran terimobilisasi 70 menit

Mean RGB	pH				
	Blanko	pH 6	pH 7	pH 8	pH 9
Replikasi 1	160,513	150,694	141,759	131,125	110,180
Replikasi 2	159,932	150,281	138,086	122,064	115,091
Replikasi 3	159,021	151,531	141,469	127,101	113,538
Mean RGB	159,822	150,835	140,438	126,763	112,936
SD	0,752	0,637	2,042	4,540	2,510
CV	0,47%	0,42%	1,45%	3,58%	2,22%
Δ Mean RGB	0	8,99	19,38	33,06	46,89

lampiran 2. Stabilitas Sensor Kesegaran

1. Penyimpanan Suhu Ruang

a. Penyimpanan 3 Hari

Mean RGB	pH				
	Blanko	pH 6	pH 7	pH 8	pH 9
Replikasi 1	146,878	157,557	145,94	127,782	113,128
Replikasi 2	146,498	160,719	145,841	122,893	120,906
Replikasi 3	147,415	156,904	144,839	130,064	112,217
Mean RGB	146,930	158,3933	145,54	126,913	115,417
SD	0,46	2,04	0,61	3,66	4,78
CV	0,31%	1,29%	0,42%	2,89%	4,14%
Δ Mean RGB	12,892	12,89167	14,282	32,909	44,405

b. Penyimpanan 6 Hari

Mean RGB	pH				
	Blanko	pH 6	pH 7	pH 8	pH 9
Replikasi 1	141,319	165,92	149,421	141,763	127,468
Replikasi 2	144,940	162,86	152,870	144,748	129,629
Replikasi 3	139,363	157,85	158,686	142,958	135,694
Mean RGB	141,874	162,210	153,659	143,156	130,930
SD	2,82962	4,074	4,683	1,502	4,265
CV	1,99%	2,51%	3,05%	1,05%	3,26%
Δ Mean RGB	17,948	2,388	6,163	16,666	28,892

c. Penyimpanan 9 Hari

Mean RGB	pH				
	Blanko	pH 6	pH 7	pH 8	pH 9
Mean RGB 1	139,579	182,029	173,803	152,496	146,546
Mean RGB 2	136,407	181,218	174,502	161,393	149,353
Mean RGB 3	137,630	185,428	178,558	158,299	152,789
Mean RGB	137,872	182,892	175,621	157,396	149,563
SD	1,600	2,234	2,567	4,517	3,127
CV	1,16%	1,22%	1,46%	2,87%	2,09%
Δ Mean RGB	21,950	23,070	-15,799	2,426	10,259

2. Penyimpanan Suhu Chiller

a. Penyimpanan 3 Hari

Mean RGB	pH				
	Blanko	pH 6	pH 7	pH 8	pH 9
Replikasi 1	154,701	147,051	141,541	129,852	122,713
Replikasi 2	158,61	145,500	140,769	131,826	116,669
Replikasi 3	155,892	149,691	141,549	135,215	120,572
Mean RGB	156,401	147,414	141,286	132,298	119,985
SD	2,004	2,11895	0,448042	2,712433	3,064507
CV	1,28%	0,014374	0,003171	0,020503	0,025541
Δ Mean RGB	3,421	12,408	18,536	27,524	39,837

b. Penyimpanan 6 Hari

Mean RGB	pH				
	Blanko	pH 6	pH 7	pH 8	pH 9
Replikasi 1	162,928	167,602	156,799	143,379	126,896
Replikasi 2	168,260	164,333	156,126	141,206	127,411
Replikasi 3	166,365	158,692	155,888	144,449	122,957
Mean RGB	165,851	163,542	156,271	143,011	125,755
SD	2,703	4,507	0,472	1,652	2,436
CV	1,63%	2,76%	0,30%	1,16%	1,94%
Δ Mean RGB	6,029	3,720	3,551	16,811	34,067

c. Penyimpanan 9 Hari

Mean RGB	pH				
	Blanko	pH 6	pH 7	pH 8	pH 9
Replikasi 1	172,916	173,679	162,887	134,142	127,281
Replikasi 2	174,499	169,481	162,103	137,325	133,318
Replikasi 3	171,167	177,727	168,647	137,417	131,897
Mean RGB	172,861	173,629	164,546	136,295	130,832
SD	1,667	4,123	3,573	1,865	3,156
CV	0,96%	2,37%	2,17%	1,37%	2,41%
Δ Mean RGB	13,039	13,807	-4,724	23,527	28,990

Lampiran 3. Nilai RGB Sensor Kesegaran**a. Suhu Ruang**

Jam	Mean RGB
2	167,374
4	162,14
6	161,84
8	152,277
10	151,017
12	149,946
14	137,256
16	134,745
18	134,258
20	130,014
22	129,821
24	119,776

b. Suhu Chiller

Hari	Mean RGB
1	171,061
2	168,300
3	166,988
4	163,049
5	161,603
6	157,209
7	143,967
8	141,749
9	140,424
10	137,430
11	130,070
12	128,066

Lampiran 4. Uji organoleptis**a. Suhu Ruang**

Ruang (Jam)	Nilai
2	9
4	9
6	8
8	7
10	7
12	7
14	5
16	3
18	1
20	1
22	1
24	1

b. Suhu Chiller

Chiller (Hari)	Nilai
1	9
2	9
3	8
4	8
5	7
6	7
7	6
8	3
9	2
10	1
11	1
12	1

Lampiran 5. Uji pH**a. Suhu Ruang**

Jam ke-	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
pH	6,82	6,9	7,12	7,26	7,33	7,45	7,81	8,22	8,89	9,61	9,79	9,9
	6,74	6,88	7,12	7,24	7,33	7,4	7,95	8,34	8,88	9,6	9,79	9,84
	6,74	6,91	7,09	7,27	7,33	7,41	7,95	8,31	9,12	9,44	9,86	10,01
<i>Mean</i>	6,77	6,90	7,11	7,26	7,33	7,42	7,90	8,29	8,96	9,55	9,81	9,92
<i>SD</i>	0,046	0,015	0,017	0,015	0,000	0,026	0,081	0,062	0,136	0,095	0,040	0,086
<i>CV</i>	0,007	0,002	0,002	0,002	0,000	0,004	0,010	0,008	0,015	0,010	0,004	0,009

b. Suhu Chiller

Hari	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
pH	6,89	6,96	6,99	7,12	7,28	7,38	7,48	7,63	7,81	8,06	8,36	8,56
	6,86	6,97	7,01	7,14	7,27	7,41	7,49	7,6	7,82	8,12	8,33	8,54
	6,9	6,95	7,03	7,14	7,31	7,42	7,51	7,61	7,84	8,04	8,4	8,56
<i>Mean</i>	6,88	6,96	7,01	7,13	7,29	7,40	7,49	7,61	7,82	8,07	8,36	8,55
<i>Sd</i>	0,021	0,010	0,020	0,012	0,021	0,021	0,015	0,015	0,015	0,042	0,035	0,012
<i>Cv</i>	0,003	0,001	0,003	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,005	0,004	0,001

Lampiran 6. Uji TVB**a. Suhu Ruang**

Jam Ke-	M (Berat Sampel)	W	V2	TMA
2	10	7,3	0,6	6,2664
4	10	7,3	1,1	11,4884
6	10	7,3	1,9	19,8436
8	10	7,4	2	20,944
10	10	7,4	2,2	23,0384
12	10	7,4	2,6	27,2272
14	10	7,4	3,2	33,5104
16	10	7,4	5,1	53,4072
18	10	7,4	6,8	71,2096
20	10	7,4	8	83,776
22	10	7,4	8,7	91,1064
24	10	7,4	9,7	101,5784

b. Suhu Chiller

Hari Ke-	M (Berat Sampel)	W	V2	TMA
1	10	7,3	0,1	1,04
2	10	7,3	0,6	6,27
3	10	7,3	0,9	9,40
4	10	7,3	1,3	13,58
5	10	7,3	1,8	18,80
6	10	7,3	2,4	25,07
7	10	7,3	2,9	30,29
8	10	7,3	3,2	33,42
9	10	7,3	3,4	35,51
10	10	7,3	4,4	45,95
11	10	7,3	4,9	51,18
12	10	7,3	5,9	61,62

Lampiran 7. Uji Tekstur

a. Suhu Ruang

Waktu (Jam)	Tekstur						SD	CV
	R1	R2	R3	R4	R5	RATA2		
2	75	73	81	85	78	78,4	4,77	6%
4	68	77	73	75	68	72,2	4,09	6%
6	62	60	65	66	58	62,2	3,35	5%
8	57	51	54	51	49	52,4	3,13	6%
10	45	47	40	50	52	46,8	4,66	10%
12	42	39	48	44	38	42,2	4,02	10%
14	31	37	35	33	42	35,6	4,22	12%
16	36	35	39	31	28	33,8	4,32	13%
18	32	33	26	27	35	30,6	3,91	13%
20	28	22	28	33	21	26,4	4,93	19%
22	16	20	23	15	18	18,4	3,21	17%
24	13	14	16	11	12	13,2	1,92	15%

b. Suhu Chiller

Waktu (Hari)	Tekstur					RATA2	SD	CV
	R1	R2	R3	R4	R5			
1	88	94	84	89	84	87,8	4,15	5%
2	73	69	74	77	78	74,2	3,56	5%
3	65	64	64	70	64	65,4	2,61	4%
4	59	56	59	53	61	57,6	3,13	5%
5	57	50	52	47	44	50	4,95	10%
6	45	42	51	46	49	46,6	3,51	8%
7	42	41	41	38	38	40	1,87	5%
8	42	31	39	31	37	36	4,90	14%
9	32	36	33	38	28	33,4	3,85	12%
10	30	35	33	31	29	31,6	2,41	8%
11	27	29	25	30	21	26,4	3,58	14%
12	22	23	19	19	18	20,2	2,17	11%

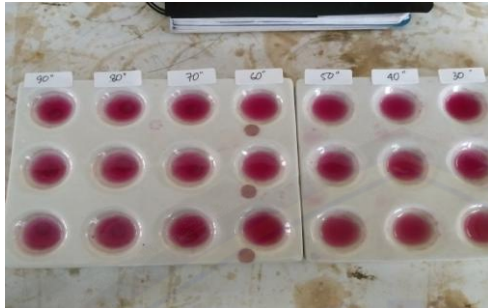
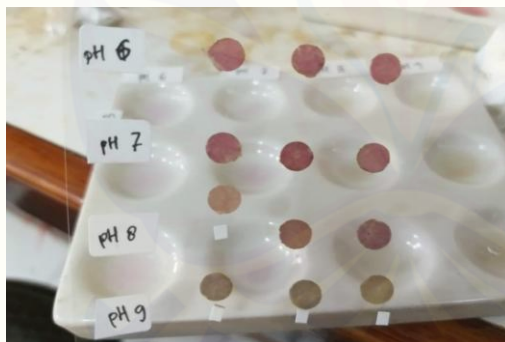
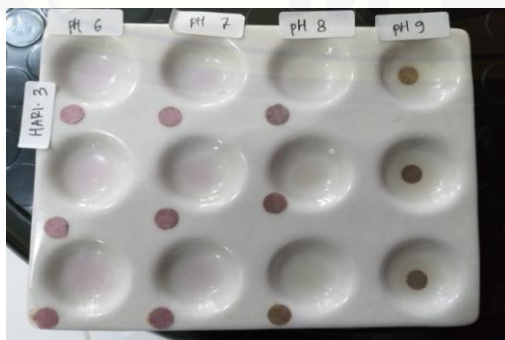
LAMPIRAN 8, UJI TOTAL MIKROBA

a. Suhu Ruang

Jam ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TPC
2	TBUD	62	54								3,823 4,690 4,257
	TBUD	71	44								
4	TBUD	92	88								4,011 4,949 4,480
	TBUD	113	90								
6			78	19							4,851 5,398 5,125
			64	31							
8			120	37							5,076 5,607 5,342
			118	44							
10				64	3						5,789 5,699 5,744
				59	7						
12				81	12						5,884 6,097 5,990
				72	13						
14						44	12				7,699 8,130 7,915
						56	15				
16						153	107				8,204 9,004 8,604
						167	95				
18								97	73		10,095 11,029 10,562
								152	141		
20								145	17		10,180 10,845 10,513
								158	123		
22										84 31	11,884 12,290 12,087
										69 8	
24										64 44	11,778 12,538 12,158
										56 25	

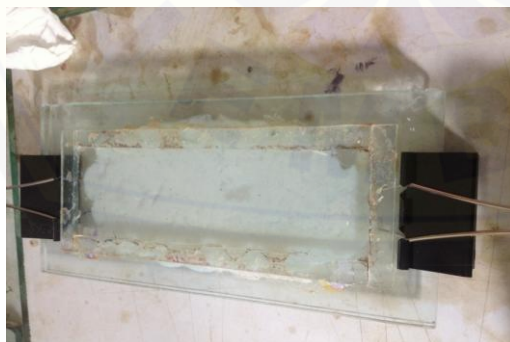
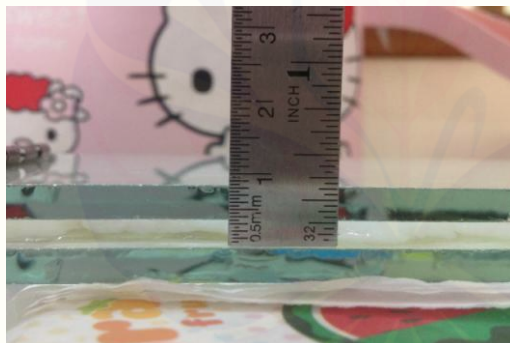
b. Suhu Chiller

Hari ke-	1	2	3	4	5	6			TPC
1	TBUD	45	18				3,352	3,954	3,65
	TBUD	32	15						
2	TBUD	56	34				3,447	4,230	3,84
	TBUD	73	28						
3	TBUD	89	51				3,648	4,407	4,03
	TBUD	103	47						
4	TBUD	124	83				3,792	4,618	4,21
	TBUD	161	66						
5		TBUD	102	27			4,708	5,130	4,92
		TBUD	98	29					
6		TBUD	149	68			4,872	5,531	5,20
		TBUD	137	76					
7			TBUD	TBUD	11	4	5,740	6,301	6,02
			TBUD	TBUD	6	2			
8			TBUD	TBUD	33	8	6,217	6,602	6,41
			TBUD	TBUD	31	19			
9			TBUD	TBUD	68	35	6,531	7,243	6,89
			TBUD	TBUD	62	22			
10			TBUD	TBUD	94	52	6,672	7,415	7,04
			TBUD	TBUD	89	61			
11				TBUD	144	76	6,857	7,580	7,22
				TBUD	133	89			
12				TBUD	285	156	7,154	7,892	7,52
				TBUD	267	173			

Lampiran 9. Foto-Foto Pengamatan**1. Optimasi Waktu Imobilisasi****2. Uji Perubahan Warna sensor****3. Stabilitas**



4. Fabrikasi



5. Uji Organoleptis



6. Uji TVB



7. Uji Total Mikroba

