



**PENGEMBANGAN SENSOR KESEGARAN *EDIBLE* UNTUK
FILLET IKAN TUNA (*Thunnus albacares*) BERBASIS
ANTOSIANIN KULIT BUAH JUWET (*Syzygium cumini*)
DENGAN MEMBRAN SELULOSA BAKTERIAL**

SKRIPSI

Oleh:

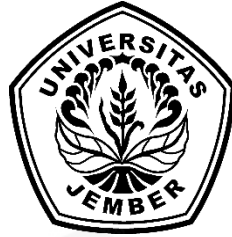
**Lilis Amongsari
NIM 152210101104**

BAGIAN KIMIA FARMASI

FAKULTAS FARMASI

UNIVERSITAS JEMBER

2019



**PENGEMBANGAN SENSOR KESEGERAN *EDIBLE* UNTUK
FILLET IKAN TUNA (*Thunnus albacares*) BERBASIS
ANTOSIANIN KULIT BUAH JUWET (*Syzygium cumini*)
DENGAN MEMBRAN SELULOSA BAKTERIAL**

SKRIPSI

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

Oleh:

Lilis Amongsari

NIM 152210101104

BAGIAN KIMIA FARMASI

FAKULTAS FARMASI

UNIVERSITAS JEMBER

2019

PERSEMBAHAN

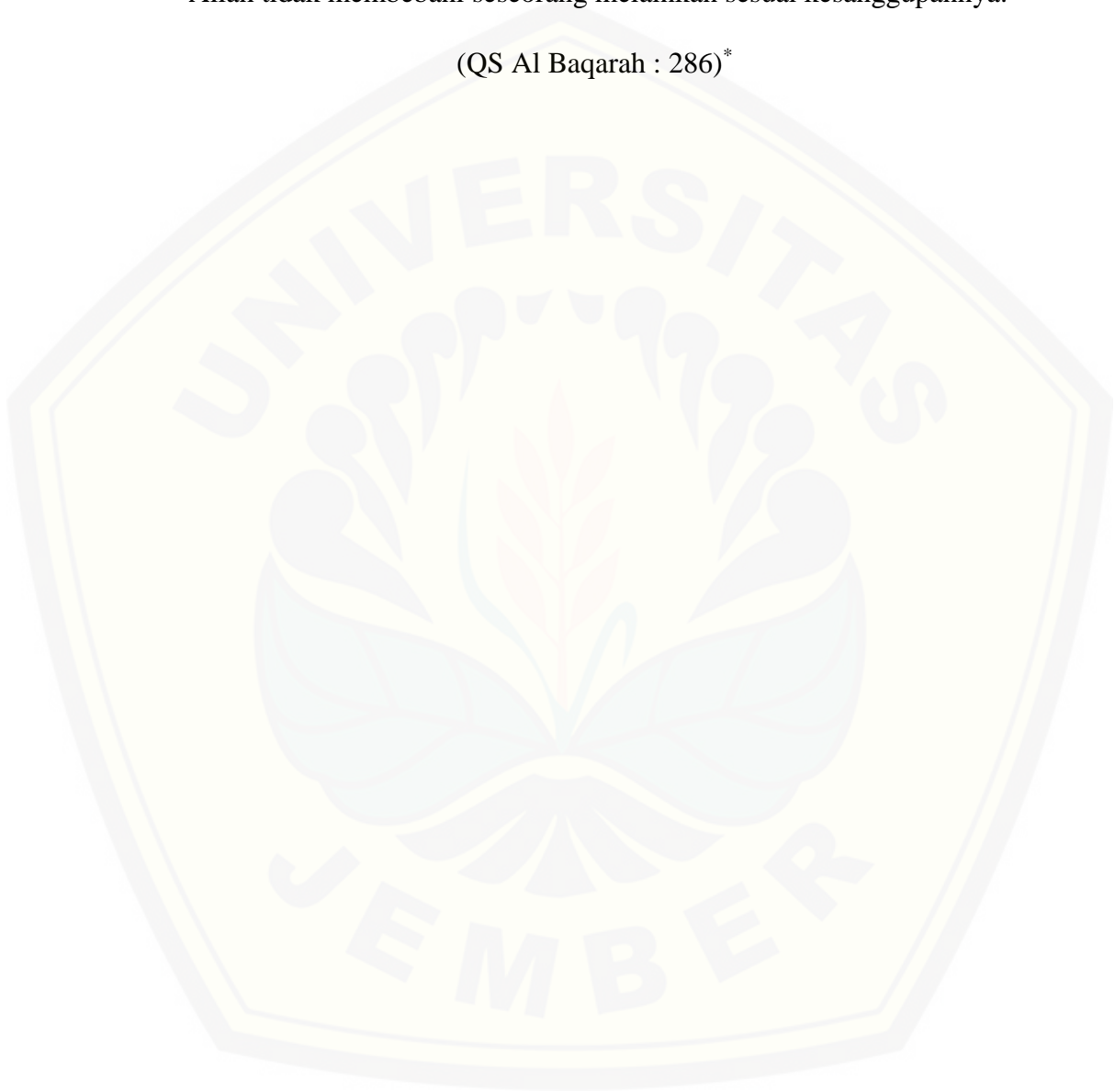
Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan rahmat dan karunia sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Papa dan Mama tercinta yang selalu memberikan semangat, kekuatan, kasih sayang dan doa yang tak pernah putus.
3. Adik-adikku tersayang Ricky Zakaria dan Dinka Berlian Ardeliska yang membuatku semangat untuk mengerjakan skripsi ini.
4. Bapak Ibu Guru MI Banjarejo, SMPN 1 Magetan, SMAN 1 Magetan dan seluruh Dosen Fakultas Farmasi Universitas Jember yang telah memberi begitu banyak ilmu dan membimbing saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Teman-teman seperjuangan yang selalu membantu dan mendoakan.
6. Almamater tercinta Fakultas Farmasi Universitas Jember.

MOTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya.”

(QS Al Baqarah : 286)*



* Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Lilis Amongsari

NIM : 152210101104

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Pengembangan Sensor Kesegaran Edible Untuk Fillet Ikan Tuna (*Thunnus albacares*) Berbasis Antosianin Kulit Buah Juwet (*Syzygium cumini*)" 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, 7 Mei 2019

Yang menyatakan,

Lilis Amongsari

152210101104

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN SENSOR KESEGERAN *EDIBLE* UNTUK
FILLET IKAN TUNA (*Thunnus albacares*) BERBASIS ANTOSIANIN
KULIT BUAH JUWET (*Syzygium cumini*) DENGAN MEMBRAN
SELULOSA BAKTERIAL**

Oleh:

Lilis Amongsari

NIM 152210101104

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Nia Kristiningrum, S.Farm., Apt., M.Farm

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengembangan Sensor Kesegaran Edible Untuk Fillet Ikan Tuna (*Thunnus albacares*) Berbasis Antosianin Kulit Buah Juwet (*Syzygium cumini*)” karya Lilis Amongsari telah diuji dan disahkan pada:

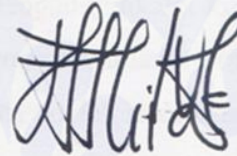
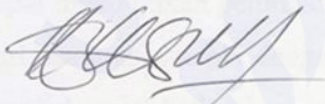
hari, tanggal : Selasa, 7 Mei 2019

tempat : Fakultas Farmasi Universitas Jember

Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,



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

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

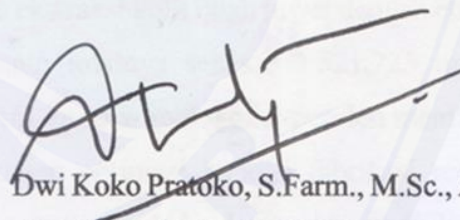
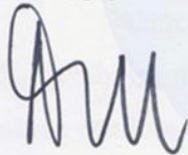
NIP 196902011994031002

NIP 198204062006042001

Tim Penguji

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II



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

Dwi Koko Pratoko, S.Farm., M.Sc., Apt

NIP 197604142002122001

NIP 198504282009121004

Mengesahkan

Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember,



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

NIP 197604142002122001

RINGKASAN

Pengembangan Sensor Kesegaran Edible Untuk Fillet Ikan Tuna (*Thunnus albacares*) Berbasis Antosianin Kulit Buah Juwet (*Syzygium cumini*) Dengan Membran Selulosa Bakterial: Lilis Amongsari: 152210101104; 2019; 67 Halaman; Fakultas Farmasi, Universitas Jember

Produk perikanan merupakan bahan pangan yang banyak digemari oleh masyarakat. Salah satu hasil pengolahan produk perikanan yang disukai masyarakat adalah *fillet* ikan tuna. Hal tersebut diikuti dengan tuntutan kualitas mutu produk *fillet* ikan tuna, sehingga dibutuhkan suatu alat analisa yang dapat menganalisis kesegaran *fillet* ikan tuna secara mudah dan praktis. Saat ini banyak penelitian deteksi kesegaran ikan menggunakan sensor pH dengan indikator kolorimetri yang dapat menunjukkan peningkatan pH akibat penurunan mutu ikan. Prinsip mendasar dari suatu sensor pH dengan indikator kolorimetri adalah perubahan warna yang dapat diamati ketika sensor tersebut ditempatkan pada kondisi asam, netral, atau basa. Berdasarkan hal itu, maka 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 kulit buah juwet dengan membran selulosa bakterial dari *nata de coco*.

Dalam penelitian ini dilakukan ekstraksi kulit buah juwet dengan etanol 696%, sehingga diperoleh kadar antosianin totalnya sebesar 2.621,725 mg/L. Membran selulosa bakterial dibuat dari *nata de coco* sehingga diperoleh membran dengan tebal 0,20 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 0,1% dan perbandingan ekstrak dengan PVA 1:3. Pengamatan perubahan warna sensor dianalisa dengan program *ImageJ* dengan menggunakan nilai *mean green*.

Karakterisasi sensor yang dilakukan pada penelitian ini meliputi waktu respon, reproduibilitas, dan waktu pakai. Karakterisasi sensor dilakukan dengan mereaksikan sensor pada pH segar ikan tuna (5,4) dan pH busuk ikan tuna (6,2). Pada pH 5,4 dan 6,2 sensor menunjukkan keadaan *steady state* pada menit ke-6

dengan nilai *mean green* berturut-turut 93,128 dan 106,053. Pengamatan reproduktibilitas dilakukan selama 3 hari pada pH 5,4 dan 6,2 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 green* >15. Perubahan karakteristik sensor yang disimpan pada suhu ruang terjadi setelah hari ke-13 dan setelah hari ke-18 pada suhu *chiller*.

Aplikasi sensor kesegaran pada sampek *fillet* ikan tuna yang disimpan pada suhu ruang dan suhu *chiller* menghasilkan hasil yang sesuai dengan parameter kesegaran ikan. Sensor kesegaran berwarna ungu tua saat *fillet* ikan tuna dalam keadaan segar, ungu muda saat masih segar dan aman dikonsumsi, dan abu-abu saat ketika sudah 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 “Pengembangan Sensor Kesegaran Edible Untuk Fillet Ikan Tuna (*Thunnus albacares*) Berbasis Antosianin Kulit Buah Juwet (*Syzygium cumini*) Dengan Membran Selulosa Bakterial”. 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 Nia Kristiningrum, S.Farm., M.Farm., Apt. selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah bersedia meluangkan waktu, pikiran, perhatian, dan dengan sabar membimbing penulis untuk menyelesaikan penelitian dan skripsi ini;
4. Ibu Lestyo Wulandari, S.Si., Apt., M.Farm. selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak Dwi Koko Pratoko S.Farm, M.Sc.,Apt. selaku Dosen Penguji Anggota atas kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan dalam penulisan skripsi ini ;
5. Ibu Diana Holiday S.F., M.Farm., 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;

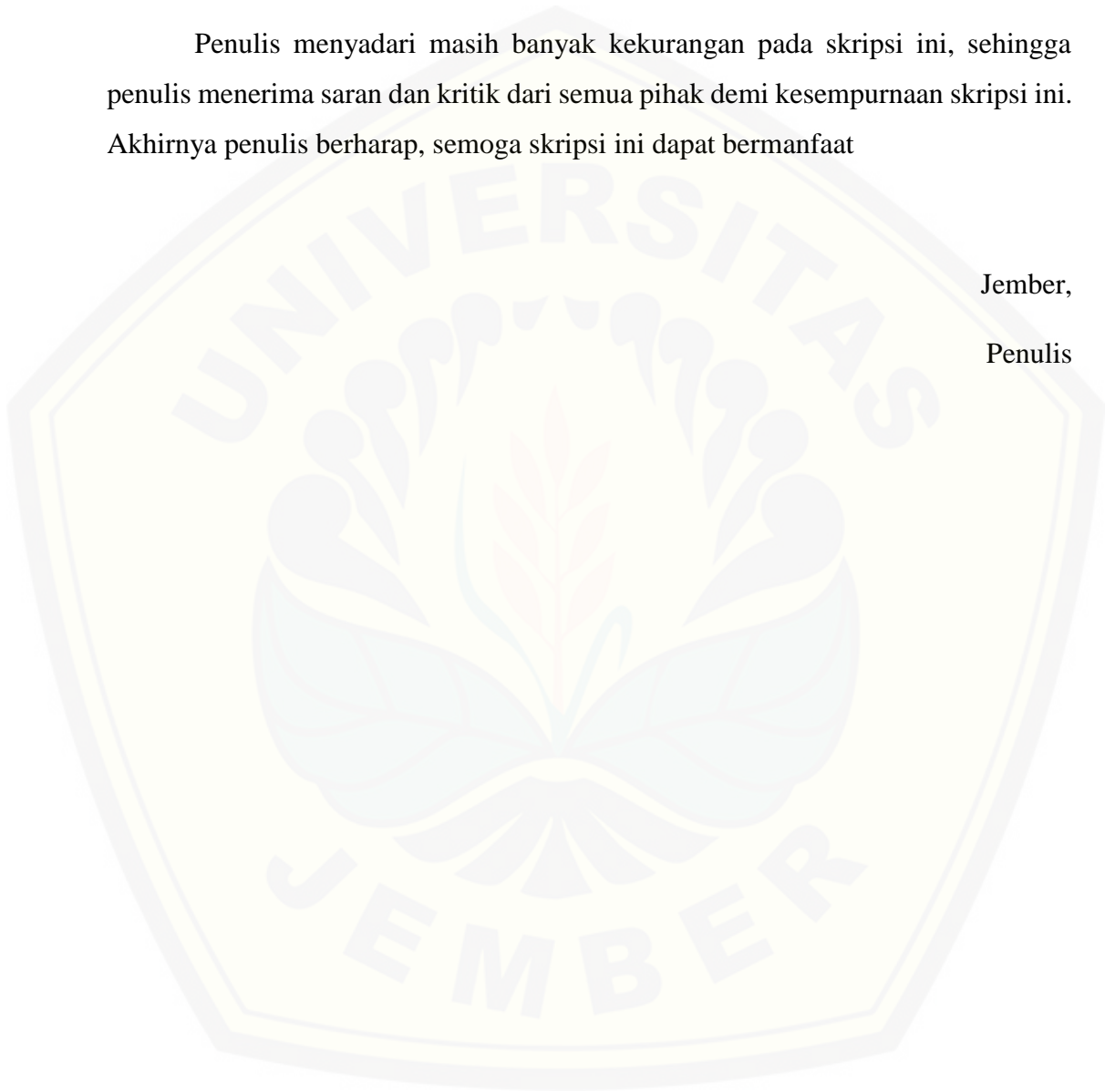
7. Papa Mama tercinta, adikku tersayang Arya dan Dinka serta seluruh keluarga besar, yang selalu memberi pengorbanan, kasih sayang, kekuatan, semangat dan doa yang tidak pernah putus bagi penulis;
8. Ibu Wayan, Ibu Widi, Mbak Hani, dan Mbak Parka selaku asisten lab yang telah banyak membantu dan memudahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;
9. Sahabatku Fernanda, Ridha dan Yuyun yang selalu meluangkan waktunya untuk mendengarkan, memberikan semangat, masukan, dan mendoakan penulis;
10. Intan Rahma Sakti yang selalu menjadi sahabat, emak dikala apapun, kemanapun, dan dimanapun. Terimakasih sudah banyak menemami, membantu, mendengarkan, mendorong, memberi semangat. Semoga tidak bosan dan lelah ya, Tan;
11. Golongan Sisaku (Nita, Arfan, Ofi, Mbak Elok, Asrin) terimakasih sudah menjadi partner kelompok praktikum, tugas, yang sabar menghadapiku;
12. S.Nadya Riskia teman makan, teman jajanku, terimakasih sudah menjadi teman tersantai dan tidak pernah gupuh.;
13. Mas Syamsu Dhuha yang selalu menjadi sasaran badmood saat stress skripsi. Terimakasih sudah selalu mengingatkan, sabar dan memberi semangat;
14. MPA PK 2015 (Gudel, Iyer, Nesting, Poker, Tuter, Neti, Pasang) yang telah menguatkan dan menyemangati untuk berproses bersama, Mbak Kecap senior termanis yang selalu ada serta seluruh keluarga Besar MPA PK yang telah menjadi wadah untuk berproses;
15. Partner biosensor (Enggar, Mita, Aissa) yang selalu sabar dengan kecerobohanku, terimakasih sudah menjadi teman diskusi;
16. Partner bakteriku (Reren, Eka) terimakasih untuk bantuan yang tidak terhitung;
17. Teman-teman LIBITUM (Farmasi UNEJ 2015), kelas ter(B)aik 2015 yang selalu saling memberi semangat dan dukungan;
18. Senior Biochemosensor yang selalu menjawab pertanyaan-pertanyaanku Mbak Putu, Mbak Osy, Mbak Dyah, Mas Rizki, Mas Rafli, terimakasih untuk bantuan yang tidak terhitung;

19. Teman-teman KKN Desa Karangrejo Kecamatan Gumukmas (Enyas, Mbak Sinta, Salwa, Meme, Choi, Dzul, Arin, Dika, Mas Windu);
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. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat

Jember,

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
PERSEMBAHAN	iii
MOTO	iv
PERNYATAAN	v
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penurunan Mutu Ikan	6
2.1.1 Pre Rigor	6
2.1.2 Rigor Mortis	6
2.2.3 PostRigor.....	6
2.2 Parameter Penurunan Mutu Ikan	7
2.2.1 Parameter Fisika	7
2.2.2 Parameter Kimiawi.....	7
2.2.3 Parameter Mikrobiologi	7
2.2.4 Parameter Sensorik.....	8
2.4 Juwet	9
2.5 Antosianin	11
2.6 Membran Selulosa Bakterial	14
2.6.1 Membran	14
2.6.2 Selulosa Bakterial.....	15

2.7 Polivinil Alkohol(PVA)	16
2.8 Sensor	16
2.8.1 Sensor Kimia	17
2.8.2 Sensor pH	17
2.8.3 Karakterisasi Sensor	18
2.9 Imobilisasi Reagen	18
2.9.1 Adsorpsi	19
2.9.2 Enkapsulasi.....	20
2.9.3 Entrapmen	21
2.9.4 Interaksi Elektrostatik	21
2.9.5 <i>Crosslinking</i>	21
2.9.6 Ikatan Kovalen	21
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Jenis Penelitian	24
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	24
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	24
3.3.1 Alat Penelitian	24
3.3.2 Bahan Penelitian.....	24
3.4 Tahapan Penelitian	25
3.4.1 Tahap Percobaan	25
3.4.2 Bagan Alur Penelitian	26
3.5 Prosedur Penelitian	27
3.5.1 Pembuatan Indikator Kulit Buah Juwet	27
3.5.3 Optimasi Sensor Kesegaran <i>Edible</i>	28
3.5.4 Fabrikasi Sensor Kesegaran <i>Edible</i>	29
3.5.5 Desain Label Pintar Sebagai Sensor Kesegaran <i>Edible</i>	29
3.5.6 Karakterisasi Sensor Kesegaran <i>Edible</i>	30
3.5.7 Analisis Penurunan Mutu <i>Fillet</i> Ikan Tuna	30
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Pembuatan Indikator Kulit Buah Juwet	34
4.2 Pembuatan dan Karakterisasi Membran Selulosa Bakterial	35
4.3 Pemilihan Nilai RGB	37

4.4 Optimasi Sensor Kesegaran Edible	38
4.3.1 Waktu Imobilisasi	38
4.3.2 Optimasi Konsentrasi Bahan Pengikat.....	39
4.3.3 Optimasi Perbandingan Ekstrak Dengan Pengikat	40
4.5 Fabrikasi Sensor Kesegaran Edible	42
4.6 Karakterisasi Sensor Kesegaran Edible	42
4.6.1 Waktu Respon	42
4.6.2 Reprodusibilitas.....	43
4.6.3 Waktu Pakai	44
4.7 Perubahan Warna Sensor Kesegaran Edible Selama Penyimpanan Fillet Ikan Tuna Pada Suhu Ruang dan Suhu Chiller	47
4.8 Hubungan Antara Perubahan Warna Sensor Kesegaran Edible dengan Parameter Kesegaran Fillet Ikan Tuna pada Suhu Ruang dan Suhu Chiller	48
4.8.1 Uji Total Mikroba.....	48
4.8.2 Uji TVB-N.....	50
4.8.3 Uji pH.....	53
4.8.4 Uji Tekstur.....	55
4.8.5 Uji Organoleptis	57
4.9 Aplikasi Sensor Kesegaran Edible	60
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	69

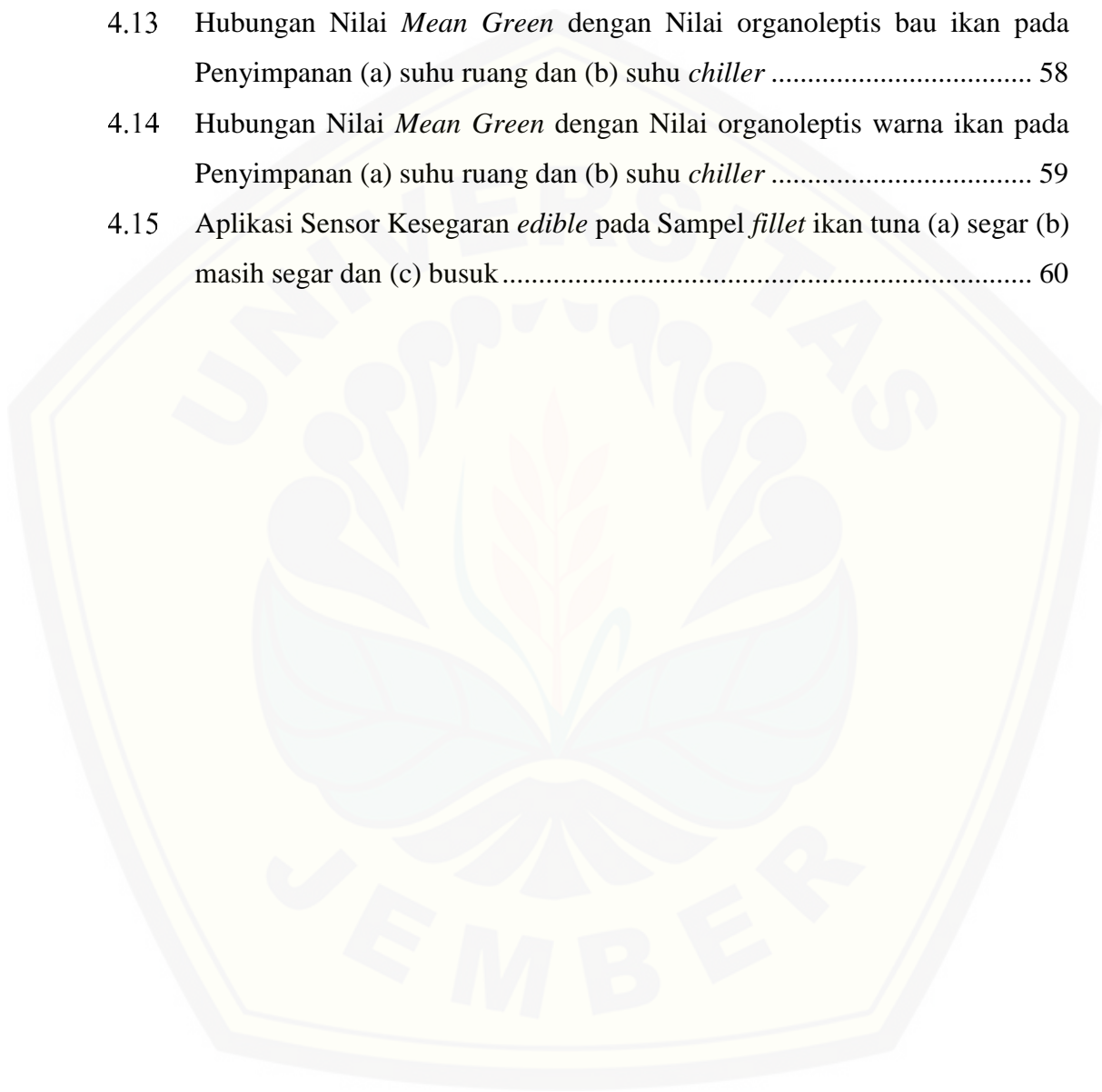
DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Pola substitusi antosianidin pada struktur kation flavylum.....	13
2.2 Karakteristik metode imobilisasi	19
4.1 Hasil Penentuan Kadar Total Antosianin.....	34
4.2 Tebal Membran Selulosa Bakterial <i>Nata De Coco</i>	36
4.3 Hasil Analisis Intensitas Warna Dengan <i>ImageJ</i>	37
4.4 Hasil Optimasi Waktu Imobilisasi	38
4.5 Tingkat Kebocoran Membran Membran terimobilisasi yang direndam aquadest.....	40
4.6 Hasil Optimasi Perbandingan Ekstrak Dengan Pengikat Sebelum Penambahan pH	41
4.7 Perubahan Warna Sensor Dengan Variasi Kombinasi Ekstrak Dan PVA Terimobilisasi Setelah Penambahan Ph	41
4.8 Nilai RSD <i>mean green</i> pada pH 5,4 dan 6,2	44
4.9 Perubahan warna sensor secara visual pada suhu ruang	47
4.10 Perubahan warna sensor secara visual pada suhu <i>chiller</i>	47

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Ikan tuna.....	8
2.2 Buah Juwet.....	10
2.3 Struktur Dasar Antosianin.....	12
2.4 Struktur Kation Flavylium	12
2.5 Reaksi perubahan warna antosianin	14
2.6 Struktur PVA.....	16
2.7 Skema kerja sensor kimia	17
2.8 Metode adsorpsi	20
2.9 Metode entrapmen.....	21
2.10 Tampilan program <i>Image J</i>	23
2.11 Langkah pengukuran nilai RGB dalam program <i>Image J</i>	23
4.1 Membran Selulosa Bakterial.....	35
4.2 Hasil SEM Permukaan Membran Selulosa Bakterial Sebelum diimobilisasi (a) permukaan dan (b) penampang melintang.....	36
4.3 Hasil SEM Permukaan Membran Selulosa Bakterial Setelah diimobilisasi (a) permukaan dan (b) penampang melintang.....	37
4.4 Grafik hubungan nilai <i>mean green</i> dengan waktu imobilisasi.....	39
4.5 Membran terimobilisasi yang direndam aquadest untuk melihat tingkat kebocoran	40
4.6 Grafik waktu respon (a) pH 5,4 dan (b) pH 6,2	43
4.7 Hubungan waktu dengan nilai <i>mean green</i> pada suhu ruang (a) pH 5,4 dan (b) pH 6,2	45
4.8 Hubungan waktu dengan nilai <i>mean green</i> pada suhu <i>chiller</i> (a) pH 5,4 dan (b) pH 6,2	46
4.9 Hubungan Nilai <i>Mean Green</i> dengan nilai log total mikroba ikan pada Penyimpanan (a) suhu ruang dan (b) suhu <i>chiller</i>	49
4.10 Hubungan Nilai <i>Mean Green</i> dengan Nilai <i>TVB-N</i> ikan pada Penyimpanan (a) suhu ruan dan (b) suhu <i>chiller</i>	51

4.11	Hubungan Nilai <i>Mean Green</i> dengan Nilai <i>ph</i> ikan pada Penyimpanan (a) suhu ruang dan (b) suhu <i>chiller</i>	54
4.12	Hubungan Nilai <i>Mean Green</i> dengan Nilai tekstur ikan pada Penyimpanan (a) suhu ruang dan (b) suhu <i>chiller</i>	56
4.13	Hubungan Nilai <i>Mean Green</i> dengan Nilai organoleptis bau ikan pada Penyimpanan (a) suhu ruang dan (b) suhu <i>chiller</i>	58
4.14	Hubungan Nilai <i>Mean Green</i> dengan Nilai organoleptis warna ikan pada Penyimpanan (a) suhu ruang dan (b) suhu <i>chiller</i>	59
4.15	Aplikasi Sensor Kesegaran <i>edible</i> pada Sampel <i>fillet</i> ikan tuna (a) segar (b) masih segar dan (c) busuk.....	60



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
4.1 Penentuan Kadar Antosianin Total	68
4.2 Tebal Membran Selulosa Bakterial	69
4.3 Pemilihan Nilai <i>RGB</i>	70
4.5 Optimasi Perbandingan Ekstrak dengan PVA	71
4.6 Waktu Respon	72
4.7 Reprodusibilitas	74
4.8 Waktu Pakai Penyimpanan Suhu Ruang.....	75
4.9 Waktu Pakai Penyimpanan Suhu <i>Chiller</i>	76
4.10 Perubahan Warna Sensor Kesegaran Ikan	78
4.11 Uji Total Mikroba	80
4.12 Uji TVB.....	82
4.13 Uji pH Ikan.....	85
4.14 Uji Tekstur Ikan	86
4.15 Form Kuisoner Uji Organoleptis.....	87
4.16 Uji Organoleptis	89
4.17 Kemasan Sensor Kesegaran <i>Edible</i>	97
4.18 Dokumentasi Foto	98

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Produk perikanan merupakan salah satu bahan pangan yang digemari oleh masyarakat karena, mengandung tinggi protein, asam lemak omega 3, vitamin A, vitamin D dan mineral (Rahajeng, 2012). Salah satu hasil pengolahan produk perikanan adalah *fillet* ikan. Produk *fillet* memiliki beberapa kelebihan, yaitu dapat diolah menjadi berbagai produk olahan lain, memudahkan dalam pendistribusian serta dapat dipasarkan dalam bentuk yang menarik. Produk *fillet* ikan yang sering dijumpai di pasaran salah satunya adalah *fillet* ikan tuna. Selain itu, *fillet* ikan tuna juga menjadi andalan ekspor dari Indonesia ke Jepang, dan mengalami peningkatan pada periode 2016-2017 sebesar 7,8 % (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2018). Seperti produk perikanan lainnya, produk *fillet* ikan tuna mempunyai sifat mudah busuk (*perishable food*) dan memiliki masa simpan yang pendek (Zhang dkk., 2016; Pacquit dkk., 2008).

Penilaian penurunan mutu ikan hingga saat ini masih menggunakan cara-cara sensori, seperti penampilan, tekstur, bau, dan warna (Pacquit dkk., 2006). Setelah ikan mati, jumlah mikroorganisme akan meningkat kemudian akan menyebar pada beberapa jaringan (Zhang dkk., 2016). Ikan yang rusak akibat mikroorganisme akan memproduksi senyawa-senyawa basa nitrogen yang mudah menguap atau disebut juga *total volatile bases nitrogen (TVB-N)* yang sebagian besar terdiri dari trimetilamin (TMA), dimetilamin (DMA), dan amonia. Senyawa tersebut dapat digunakan untuk mengetahui kesegaran ikan (Bhadra dkk., 2015). Peningkatan konsentrasi *TVB-N* mengakibatkan peningkatan pH pada ikan (Pacquit dkk., 2007).

Peningkatan pH pada ikan dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi kesegaran ikan. Beberapa penelitian deteksi kesegaran ikan memanfaatkan indikator kolorimetri yang dapat menunjukkan perubahan pH secara langsung dengan adanya perubahan warna (Zhai dkk., 2017). Berkaitan dengan evaluasi kesegaran ikan, Huang dkk. (2011) mengembangkan teknik evaluasi kesegaran ikan menggunakan

3 senyawa kimia sebagai kolorimetri yang peka terhadap *TVB-N*. Demikian pula, indikator kolorimetri berbasis *polyaniline* juga telah ditunjukkan untuk mendeteksi kebusukan pada ikan (Kuswandi dkk., 2012). Penelitian serupa dilakukan Chun dkk. (2014) dengan memanfaatkan *bromocresol green* untuk memonitoring kesegaran ikan. Selain itu, Morsy dkk. (2016) melakukan evaluasi kepekaan 16 senyawa kimia terhadap *TVB-N* sebagai indikator kolorimetri untuk monitoring kesegaran ikan. Penggunaan senyawa-senyawa kimia tersebut mulai dihindari karena memiliki potensi efek berbahaya bagi manusia yang bersifat karsinogenik atau mutagenik (Srivastava dkk., 2004; Zhang dkk., 2014). Pigmen pewarna alami dapat digunakan sebagai alternatif indikator kolorimetri.

Penggunaan pigmen alami sebagai indikator kolorimetri dinilai lebih aman, tidak toksik, mudah dipreparasi, dan ekonomis jika dibandingkan dengan pewarna kemosintesis (Zhang dkk., 2014; Choi dkk., 2017). Antosianin merupakan pigmen alami yang mudah larut dalam air dan memiliki rentang respon yang luas terhadap variasi pH (Zhai dkk., 2017). Perubahan warna pada pigmen ini dikarenakan adanya senyawa fenolat atau terkonjugasi (Shahid dkk., 2013). Beberapa jenis antosianin telah dimanfaatkan sebagai indikator kolorimetri untuk monitoring kualitas makanan, seperti antosianin yang diekstraksi dari kubis merah (Pereira dkk., 2015), kulit anggur (Ma dan Wang, 2016), dan ubi jalar ungu (Choi dkk., 2017). Tanaman lain yang mengandung antosianin adalah Juwet atau *Syzygium cumini* (Zulfajri dan Muttakin, 2017).

Juwet merupakan buah tropis yang banyak ditemukan di Indonesia. Juwet kaya akan pigmen antosianin, terutama pada kulit buahnya (Sari dkk., 2012). Total antosianin pada kulit buah Juwet matang sebesar 2.160mg/L (Veigas dkk., 2007). Warna antosianin yang diekstraksi dari kulit buah Juwet matang bervariasi, pada pH rendah berwarna merah dan berwarna hijau sampai kuning pada pH tinggi (Zulfajri dan Muttakin, 2017). Potensi penggunaan antosianin yang diekstraksi dari kulit buah Juwet matang untuk pengembangan indikator kolorimetri belum pernah diteliti.

Penggunaan indikator kolorimetri membutuhkan membran sebagai media reaksi antara reagen dan analit pada suatu pembuatan sensor. Penggunaan membran

edible dapat menjadi pilihan karena terbuat dari bahan alami dan aman jika dikonsumsi (Bourtoom, 2008). Beberapa polimer alami yang dapat digunakan untuk pembuatan membran *edible* yaitu, kitosan (Zhang dkk., 2014), pati (Choi dkk., 2017), dan selulosa bakterial (Pourjavaher dkk., 2017). Selulosa bakterial merupakan bahan pembuatan film yang mudah didapat dan ramah lingkungan. Selulosa bakterial diperoleh dari bakteri asam asetat gram negatif *Acetobacter xylinum* (Pourjavaher dkk., 2017). Studi morfologi selulosa bakterial menunjukkan bahwa nanofiber selulosa bakterial terbentuk dari struktur pori interkoneksi yang memiliki ukuran pori 120-160 nm. Jaringan berpori tersebut memungkinkan molekulnya dapat berinteraksi dengan mudah. Antosianin dapat dengan mudah dan cepat berinteraksi dengan perubahan pH karena porositas selulosa bakterial yang tinggi (Shahmohammadi Jebel dan Almasi, 2016). Sehingga selulosa bakterial dapat menjadi kandidat untuk pengembangan sensor kolorimetri yang berbasis pada perubahan pH karena *TVB-N* yang dihasilkan karena kebusukan makanan (Hu dkk., 2014).

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat dikembangkan sensor kesegaran ikan aman dikonsumsi dan ramah lingkungan. Sensor pH yang dirancang pada penelitian ini menggunakan indikator kolorimetri yang berasal dari antosianin kulit buah Juwet matang yang diimobilisasi pada membran selulosa bakterial. Membran selulosa bakterial dirancang sedemikian rupa agar dapat dimakan atau bersifat *edible*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi optimum fabrikasi sensor kesegaran *edible* berbasis antosianin kulit buah juwet (*Syzygium cumini*) dengan membran selulosa bakterial (*Nata de coco*) yang meliputi waktu imobilisasi, konsentrasi pengikat, dan perbandingan konsentrasi ekstrak dengan pengikat?

2. Bagaimana karakterisasi membran selulosa bakterial (*Nata de coco*) sebelum dan sesudah diimobilisasi ?
3. Bagaimana karakterisasi pada sensor kesegaran *edible* yang meliputi reproduibilitas, waktu respon, dan waktu pakai?
4. Bagaimana hubungan antara perubahan intensitas warna sensor kesegaran *edible* dengan penurunan mutu *fillet* ikan tuna (*Thunnus albacares*) saat penyimpanan suhu *chiller* dan suhu ruang?
5. Apakah sensor kesegaran *edible* dapat diaplikasikan untuk mendeteksi penurunan mutu *fillet* ikan tuna (*Thunnus albacares*) saat penyimpanan suhu *chiller* dan suhu ruang?

1.3 Tujuan Penelitian

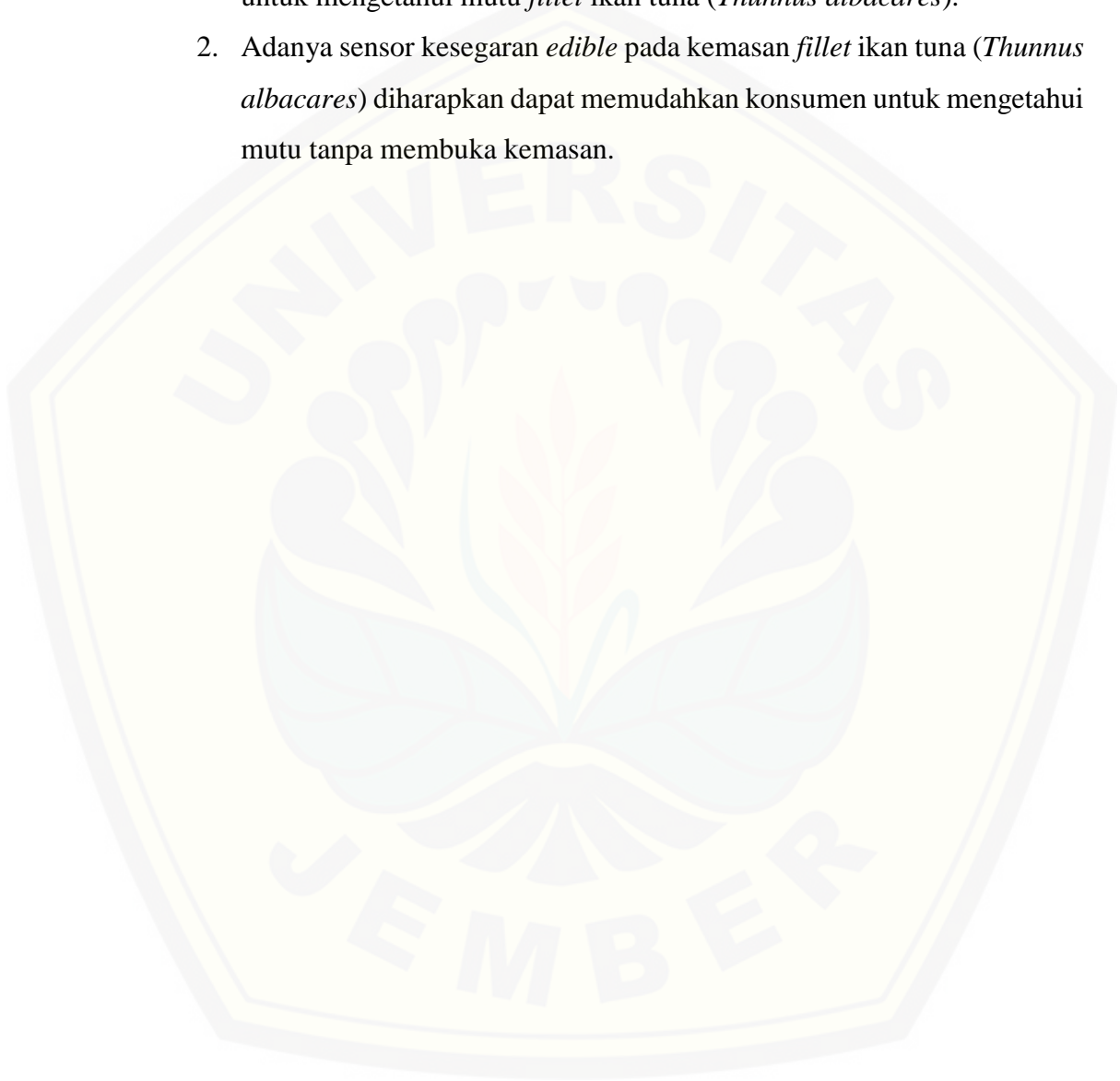
Tujuan pada penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kondisi optimum fabrikasi sensor kesegaran *edible* berbasis antosianin kulit buah juwet (*Syzygium cumini*) dengan membran selulosa bakterial (*Nata de coco*) meliputi waktu imobilisasi, konsentrasi pengikat, dan perbandingan konsentrasi ekstrak dengan pengikat.
2. Mengetahui karakterisasi membran selulosa bakterial (*Nata de coco*) sebelum dan sesudah diimobilisasi.
3. Mengetahui karakterisasi pada sensor kesegaran *edible* yang meliputi reproduibilitas, waktu respon, dan waktu pakai.
4. Mengetahui hubungan antara perubahan intensitas warna sensor kesegaran *edible* dengan penurunan mutu *fillet* ikan tuna (*Thunnus albacares*) saat penyimpan suhu *chiller* dan suhu ruang.
5. Menentukan apakah sensor kesegaran kesegaran *edible* dapat diaplikasikan untuk mendeteksi penurunan mutu *fillet* ikan tuna (*Thunnus albacares*) saat penyimpanan suhu *chiller* dan suhu ruang.

1.4 Manfaat Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Sensor kesegaran *edible* tersebut dapat dimanfaatkan secara langsung untuk mengetahui mutu *fillet* ikan tuna (*Thunnus albacares*).
2. Adanya sensor kesegaran *edible* pada kemasan *fillet* ikan tuna (*Thunnus albacares*) diharapkan dapat memudahkan konsumen untuk mengetahui mutu tanpa membuka kemasan.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penurunan Mutu Ikan

Penurunan mutu ikan dimulai setelah ikan dimatikan, karena ikan merupakan salah satu bahan makanan yang mudah mengalami pembusukan. Setelah ikan ditangkap dan dimatikan akan terjadi fase pre rigor, rigor mortis dan post rigor (Nurjanah dkk., 2004). Lamanya waktu penurunan mutu pada ikan tersebut tergantung pada jenis ikan, ukuran, kondisi ikan saat hidup, cara kematian dan suhu penyimpanan (Olsen dkk., 2008).

2.1.1 Pre Rigor

Tahap pre rigor terjadi sejak ikan dimatikan hingga 2 jam setelah ikan dimatikan. Pada tahap ini dapat dilihat jaringan daging ikan yang masih lembut dan lentur serta adanya lapisan bening di seluruh tubuh ikan yang terbentuk akibat peristiwa pelepasan lendir dan kelenjar bawah kulit. Nilai mutu kesegaran ikan pada tahap ini adalah organoleptik 9, *TVB-N* 18,67-20 mg N/100g, TPC $3,4-6,3 \times 10^4$ unit koloni/g (Nurjanah dkk., 2004).

2.1.2 Rigor Mortis

Tahap rigor mortis terjadi selama 10 jam, yaitu sejak 2 jam setelah ikan dimatikan hingga 12 jam setelah ikan dimatikan. Nilai mutu kesegaran ikan pada tahap ini, yaitu nilai organoleptik 9-5, *TVB-N* 20-24 mg N/100g, TPC $2,2 \times 10^4 - 3,7 \times 10^5$ unit koloni/g (Nurjanah dkk., 2004).

2.2.3 Post Rigor

Ikan ditolak secara organoleptik setelah 12-24 jam usai ikan dimatikan dengan nilai 5-3. Nilai 5 merupakan ambang batas kesegaran ikan. Dalam fase ini ikan kesegaran ikan tidak dapat diterima atau ikan tidak dapat dikonsumsi. Hal ini disebabkan peningkatan kadar senyawa *TVB-N* yang semakin meningkat hingga lebih dari 30 mg N/100g (Nurjanah dkk., 2004).

2.2 Parameter Penurunan Mutu Ikan

Menurut Adawyah (2007), parameter yang digunakan untuk menentukan kesegaran ikan terdiri atas faktor-faktor fisika, sensoris/organoleptik, kimiawi dan mikrobiologi.

2.2.1 Parameter Fisika

- a. Kenampakan luar ikan yang masih segar terlihat cerah dan tidak kusam. Namun, kenampakan ini semakin lama akan semakin berkurang, ikan terlihat sedikit kusam karena timbul lendir akibat telah berlangsungnya proses biokimiawi lebih lanjut dan berkembangnya mikroba.
- b. Keadaan daging ikan yang masih segar jika ditekan terasa kenyal dan bentuknya akan segera kembali. Daging ikan tersebut belum kehilangan cairan dagingnya sehingga daging ikan masih terlihat basah. Setelah beberapa jam, daging ikan akan kaku, timbul cairan dan kehilangan tekstur kenyalnya.

2.2.2 Parameter Kimiawi

- a. Nilai pH ikan yang sudah tidak segar umumnya akan lebih tinggi daripada ikan yang masih segar. Hal tersebut dikarenakan timbulnya senyawa-senyawa yang bersifat basa seperti ammonia, trimetilamin dan senyawa *volatile* lainnya. Pada umumnya pH hasil perikanan dikategorikan rusak pada kisaran pH 7-8 atau di atasnya.
- b. Dengan menentukan kandungan senyawa-senyawa *volatile* lain misalnya NH_3 , TMA, dan DMA yang merupakan komponen utama dari *TVB-N* (*Total volatile base*). Nilai *TVB-N* ikan yang sudah tidak segar lebih dari 30 mg N/100 g.

2.2.3 Parameter Mikrobiologi

Ikan secara alamiah sudah membawa mikroorganisme, tetapi pada saat ikan masih hidup, tubuh ikan masih memiliki kemampuan mengatasi aktivitas organisme tersebut. Ketika ikan mati, mikroorganisme tersebut menjadi penyebab

dominan kerusakan ikan karena kandungan proteinnya yang tinggi, kadar air tinggi dan pH daging ikan mendekati netral sehingga menjadi media yang cocok untuk pertumbuhan ikan (Adawyah, 2007). Ikan dikatakan segar apabila total bakteri tidak melebihi 5×10^5 koloni/g.

2.2.4 Parameter Sensorik

Penilaian parameter ini lebih mudah dan cepat karena hanya menggunakan alat indra yang lebih mengarah dengan pengamatan secara visual. Dalam pengujian ini dilakukan penilaian pada kenampakan warna, bau, dan tekstur. Para panelis akan menilai sampel yang diamati. Semakin segar ikan nilainya akan semakin tinggi. Sifatnya sangat subyektif karena hanya mengandalkan indra dan kepekaan masing-masing panelis.

2.3 Tuna

Ikan tuna merupakan salah satu spesies ikan yang termasuk dalam keluarga *Scrombidae*. Ikan tuna bukan spesies ikan tunggal melainkan beberapa spesies. Ikan tuna memiliki tubuh seperti cerutu dengan dua sirip punggung, sirip depan pendek yang terpisah dari sirip belakang. Selain itu, ikan tuna juga memiliki jari-jari sirip tambahan (*finlet*) yang letaknya di belakang sirip punggung serta sirip dubur. Ikan tuna merupakan jenis ikan dengan kandungan tinggi protein (22,6 – 26,2 g/100g), rendah lemak (0,2 – 2,7 g/100g), vitamin A dan B, mineral kalsium, fosfor, besi, dan sodium (Rahajeng, 2012).



Gambar 2.1 Ikan tuna (Direktorat Jendral Perikanan Tangkap, 2013)

Klasifikasi ikan tuna (Direktorat Jendral Perikanan Tangkap, 2013) sebagai berikut:

Filum	: Chordata
Subfilum	: Vertebrata
Kelas	: Teleostei
Subkelas	: Actinopterygii
Ordo	: Perciformes
Subordo	: Scombridae
Famili	: Scombridae
Genus	: Thunnus
Spesies	: <i>Thunnus albacares</i>

2.4 Juwet

Buah juwet merupakan tumbuhan yang termasuk kedalam suku jambu-jambuan (Myrtaceae). Juwet di berbagai daerah di Indonesia dikenal sebagai jambu kleng (Aceh), jambu kling (Gayo), jambu kalang (Minangkabau), jamblang (Betawi dan Sunda), juwet, duwet, duwet manting (Jawa), dhalas, d. bato, dhuwak (Madura), juwet, jujutan (Bali), klayu (Sasak), duwe (Bima), jambulan (Flores), rapporappo jawa (Makassar), coppeng (Bugis), jambula (Ternate) (Rismawati dan Yusuf, 2010). Tumbuhan ini dapat tumbuh dengan baik di daerah tropis ataupun subtropis (Ayyanar dan Subash-Babu, 2012). Tinggi pohonnya dapat mencapai 20-30 m, dengan diameter batang yang mencapai 40-90 cm. Bagian tumbuhan yang biasanya dikonsumsi oleh masyarakat adalah buahnya. Buah juwet mempunyai bentuk lonjong, daging buah berwarna putih serta kulit buah yang tipis licin, dan mengkilap. Kulit buah muda berwarna kehijauan dan akan berwarna ungu kehitaman ketika sudah tua atau masak (Chaundhary dan Mukhopadhyay, 2012).



Gambar 2.2 Buah Juwet (Zulfajri dan Muttakin, 2017)

Klasifikasi Juwet menurut Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA) adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Superdivisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Subkelas	: Rosidae
Ordo	: Myrtales
Famili	: Myrtaceae
Genus	: Syzygium
Spesies	: <i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels

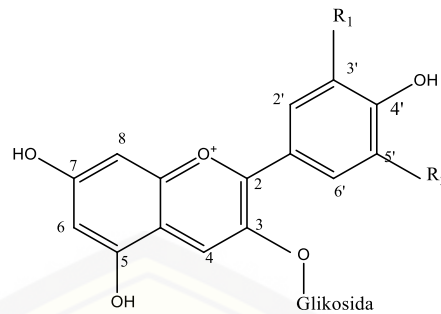
Buah juwet matang mengandung vitamin A, vitamin C, riboflavin, asam folat, kolin, asam amino gula dan mineral (natrium, kalium, kalsium, fosfat, besi, zink, dan mangan). Selain itu, pada kulit buah juwet masak mengandung tinggi antosianin. Jenis antosianin pada kulit buah juwet yaitu malvidin, petunidin, sianidin diglikosida, delphinidin-3-gentiobiosida, malvidin-3-laminaribiosida, petunidin-3-gentiobiosida. Sehingga, kulit buah juwet dapat digunakan sebagai pewarna pada makanan ataupun sediaan farmasi (Ayyanar dan Subash-Babu, 2012).

Antosianin kulit buah juwet dapat diperoleh dengan ekstraksi. Ekstrak kulit buah juwet ini dapat digunakan sebagai indikator asam basa alami karena memiliki warna yang berbeda pada pH asam dan basa. Pada pH rendah ekstrak kulit buah juwet berwarna merah dan berwarna hijau sampai kuning pada pH tinggi (Zulfajri dan Muttakin, 2017).

2.5 Antosianin

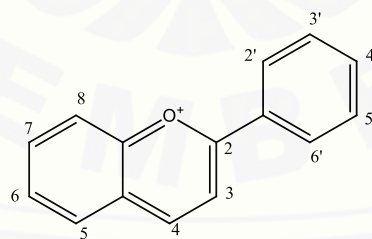
Antosianin merupakan pigmen warna larut air terbesar dari kingdom Plantae yang memiliki beragam warna mulai merah, ungu, dan biru (Santos-Buelga dan González-Paramás, 2018). Senyawa ini umumnya ditemukan pada bunga dan buah pada beberapa tanaman. Kebanyakan bunga yang berwarna merah, ungu, dan biru mengandung antosianin. Beberapa buah yang mengandung antosianin memiliki aktivitas antioksidan yang kuat (Khoo dkk., 2017). Senyawa antosianin disintesis oleh gimnosperma dan sebagian besar angiosperma kecuali *Caryophyllales* (Glover dan Martin, 2012).

Antosianin termasuk dalam golongan senyawa flavonoid yang secara struktur termasuk kelompok flavon (Santos-Buelga dan González-Paramás, 2018). Antosianin terbentuk dari glikosida sedangkan antosianidin diketahui sebagai aglikon. Antosianin memiliki struktur dasar ion flavylum yang bermuatan positif (Khoo dkk., 2017). Kebanyakan antosianin terglukosilasi pada hidroksi posisi 3, glikosilasi tambahan mungkin ada pada posisi 5, 7, 3' atau 5', tetapi jarang di 4'. Substitusi gula paling umum adalah glukosa (90%), diikuti oleh rhamnosa, galaktosa, xilosa dan arabinosa, sedangkan gula monosakarida sangat jarang ditemukan. Selain itu, gula juga dapat digantikan dengan asam alifatik dan hidroksibenzoat (Santos-Buelga dan González-Paramás, 2018).



Gambar 2.3 Struktur Dasar Antosianin (Lee dkk., 2005)

Antosianidin dikelompokkan menjadi 3-hidroksiantosianidin, 3-deoksiantosianidin, dan O-metilasi antosianidin, sedangkan antosianin dalam bentuk glikosida antosianidin dan antosianin teralkilasi. Jenis antosianidin yang paling umum adalah sianidin, delphinidin, pelargonidin, peonidin, malvidin dan petunidin. Distribusi masing-masing antosianidin tersebut dalam buah dan sayur secara berurutan yaitu 50%, 12%, 12%, 12%, 7%, dan 7%. Warna biru pada bunga dikarenakan adanya pigmen delphinidin. Pelargonidin memberikan pigmen warna merah pada beberapa buah dan warna orange pada bunga. Peonidin dan malvidin memberikan pigmen warna magenta hingga merah yang ditemukan melimpah pada buah-buahan beri, anggur dan anggur merah. Petunidin memberikan pigmen warna merah tua hingga ungu *blackcurrant* dan kelopak bunga warna ungu (Khoo dkk., 2017).

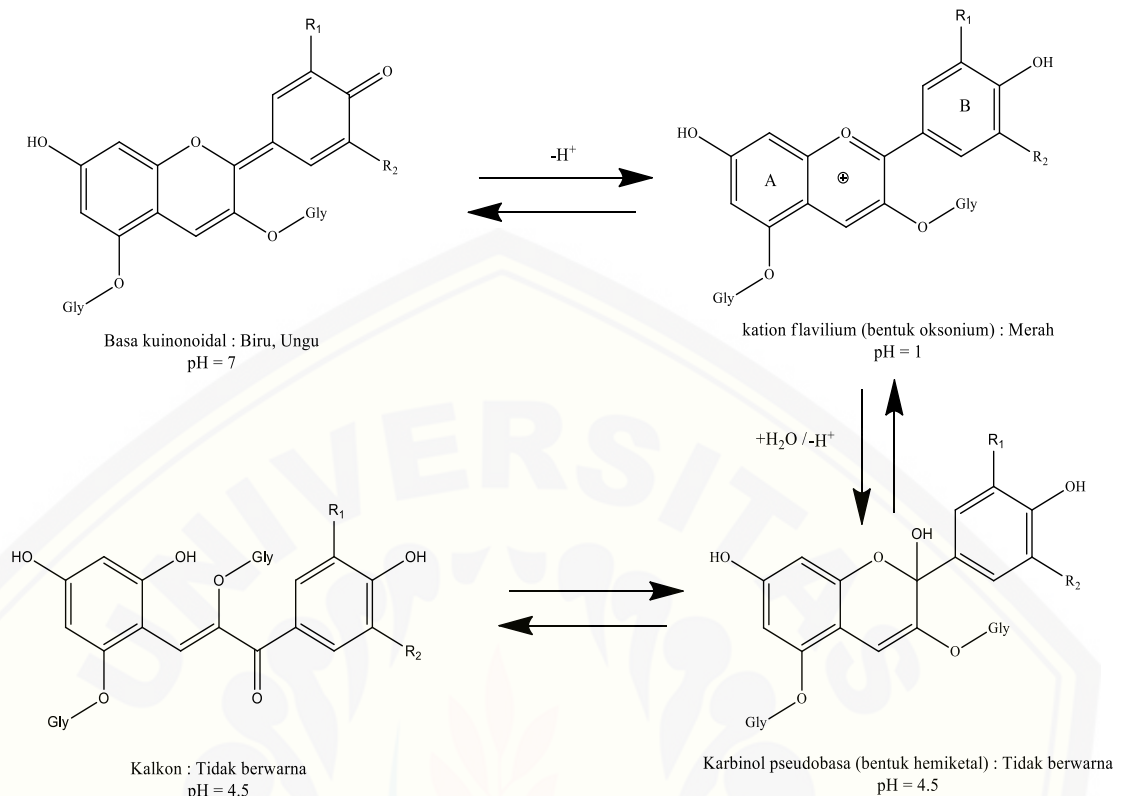


Gambar 2.4 Struktur Kation Flavylium (Santos-Buelga dan González-Paramás, 2018)

Tabel 2.1 Pola substitusi antosianidin pada struktur kation flavylum (Santos-Buelga dan González-Paramás, 2018)

Antosianidin	Pola substitusi
Sianidin	3, 5, 7, 3', 4'-OH
Delfinidin	3, 5, 7, 3', 4', 5'-OH
Pelargonidin	3, 5, 7, 4'-OH
Peonidin	3, 5, 7, 4'-OH; 3'-OCH ₃
Malvidin	3, 5, 7, 4'-OH; 3', 5'-OCH ₃
Petunidin	3, 5, 7, 4', 5'-OH; 3'-OCH ₃

Warna antosianin tergantung pada pH larutannya. Hal ini dikarenakan struktur molekul antosianin yang memiliki sifat ionik. Pada kondisi asam, antosianin berwarna merah. Antosianin berwarna ungu pada pH netral dan akan menjadi biru apabila dalam kondisi pH yang meningkat. Pigmen utama antosianin yang berwarna merah dalam bentuk kation flavylum. Antosianin lebih stabil pada larutan dengan pH rendah. Pada pH rendah terbentuk kation flavylum yang memungkinkan antosianin menjadi sangat larut dalam air. Penurunan konsentrasi air dapat meningkatkan laju deprotonasi kation flavylum, sehingga mengurangi stabilitas warnanya. Pada kondisi pH yang meningkat, terbentuk karbinol pseudobasa dan kalkon yang tidak berwarna diikuti terbentuknya quinonoidal. Basa quinonoidal memberikan warna biru dan tidak stabil pada pH rendah. Pada pH 4-5, larutan antosianin memiliki sedikit warna atau tidak berwarna karena jumlah kation flavylum yang rendah (Khoo dkk., 2017).



Gambar 2.5 Reaksi perubahan warna antosianin menurut Lee dkk. (2005)

Perubahan warna antosianin yang dikarenakan perubahan struktural pada variasi pH tersebut memungkinkan antosianin dapat digunakan sebagai indikator perubahan pH pada kebusukan ikan (Pereira dkk., 2015). pH pada ikan segar lebih rendah dibandingkan ikan yang mengalami kebusukan. Peningkatan pH tersebut diakibatkan oleh peningkatan jumlah *TVB-N* pada ikan yang dihasilkan mikroorganisme pada ikan (Bhadra dkk., 2015).

2.6 Selulosa Bakterial Sebagai Membran Sensor Kesegaran *Edible*

2.6.1 Membran

Membran merupakan suatu media reaksi antara reagen dan analit pada suatu pembuatan sensor. Membran juga didefinisikan sebagai lapisan tipis (film) yang selektif diantara diantara dua fasa dan memiliki sifat *semipermeable* dalam bentuk solid atau likuid (Dini dkk., 2016). Kinerja membran dipengaruhi oleh tingkat permeabilitas membran terhadap analit (Mulyono dan Noviandri, 2007).

Terknologi perkembangan membran meningkat pesat dalam satu dekade terakhir baik skala laboratorium ataupun skala komersial. Hal ini dikarenakan membran memiliki banyak kelebihan yaitu, energi yang digunakan rendah, sederhana, dan ramah lingkungan. Beberapa parameter penentu kualitas suatu membran yaitu, permeabilitas, selektivitas, dan stabilitas (Widyaningsih dan Diastuti, 2008).

2.6.2 Selulosa Bakterial

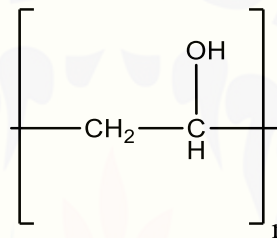
Selulosa bakterial adalah *biopolymer* yang dihasilkan oleh beberapa spesies bakteri dari genus *Gluconacetobacter* (*Acetobacter*), *Agrobacterium*, *Aerobacter*, *Achromobacter*, *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Sarcina*, dan *Salmonella*. Struktur molekul selulosa bakterial sama dengan selulosa tanaman $(C_6H_{10}O_5)_n$, tetapi memiliki sifat fisika kimia yang berbeda. Selulosa bakterial secara kimiawi lebih murni karena bebas dari lignin, pektin, dan hemiselulosa. Selulosa bakterial dapat diaplikasikan pada industri kertas, tekstil, pangan, kosmetik, obat, dan biosensor. Produsen selulosa bakterial yang paling efektif adalah dari genus *Gluconacetobacter* (*Acetobacter*). Bakteri *Gluconacetobacter xylinus*/ *Acetobacter xylinum* merupakan bakteri asam asetat yang aman bila dikonsumsi dan tidak menyebabkan penyakit. *Nata de coco* adalah contoh selulosa bakterial yang dihasilkan oleh bakteri *Gluconacetobacter xylinus*/ *Acetobacter xylinum* (Suharjono dkk., 2009).

2.6.3 Nata De Coco

Nata de coco adalah hasil fermentasi air kelapa dengan bakteri *Acetobacter xylinum*. Bakteri tersebut mampu menyusun glukosa pada air kelapa menjadi suatu lapisan menyerupai gel yang dapat mengapung dipermukaan medium. Kandungan utama pada *nata de coco* adalah selulosa. Selulosa tersebut bebas lignin dan mempunyai derajat kristalinitas serta derajat polimerisasi yang tinggi. Selulosa yang dihasilkan dari fermentasi tersebut dapat digunakan sebagai membran. Membran yang dihasilkan mempunyai beberapa keunggulan yaitu, memiliki kemurnian dan derajat kristalinitas yang tinggi, kerapatan antara 300 – 900 kg/m³, elastis, dan terbiodegradasi (Widyaningsih dan Diastuti, 2008).

2.7 Polivinil Alkohol (PVA)

Polivinil alkohol merupakan polimer sintetis yang larut dalam air pada suhu 90° dengan rumus molekul $(C_2H_4O)_n$. Polivinil alkohol sukar larut dalam etanol, dan praktis tidak larut dalam pelarut organik. Pembentukan polivinil alkohol diperoleh melalui proses hidrolisis dari polivinil asetat. Unit vinil alkohol berulang tidak dapat digunakan sebagai bahan awal karena tidak dapat digunakan pada polimerisasi (Rowe dkk., 2009). Polivinil alkohol mudah diuraikan secara biologis (*biodegradable*), tidak berbahaya, tidak karsinogenik dan memiliki sifat biokompatibel yang baik (Tripathi dkk., 2009).



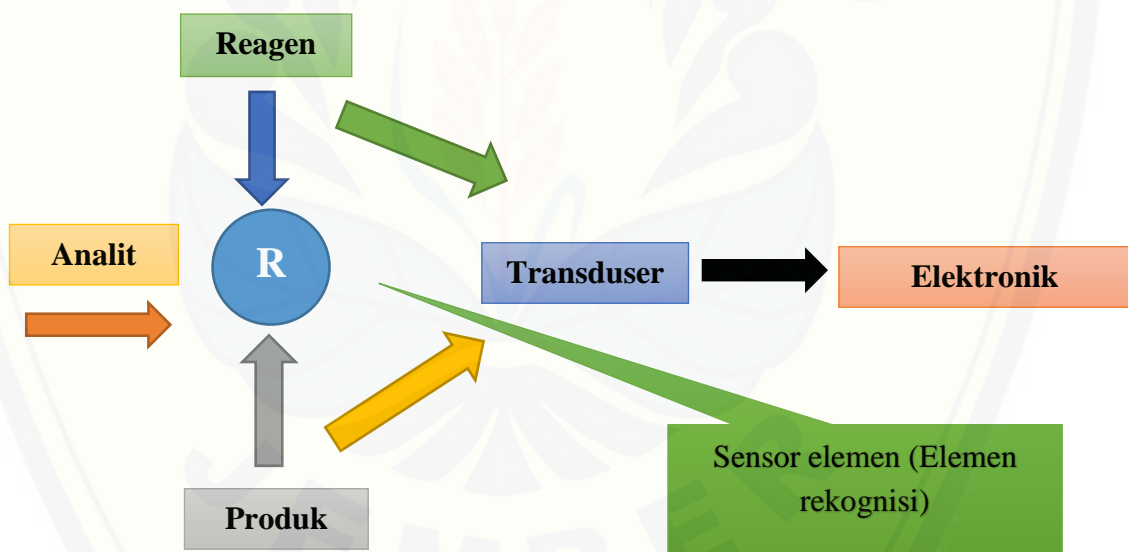
Gambar 2.6 Struktur PVA

2.8 Sensor

Sensor merupakan alat yang mampu mengubah energi ke energi lain (Kuswandi, 2010). Sensor digunakan untuk mendeteksi atau mengukur energi atau zat dengan memberikan sinyal yang direspon oleh perangkat. Sebagian besar sensor memiliki empat komponen penting yaitu, reseptor, elemen transduksi, perangkat pemrosesan sinyal, dan perangkat display sinyal. Reseptor merupakan bagian yang mendeteksi analit dimana reaksi kimia pertama terjadi. Yang kedua adalah elemen transduksi, sebagai pengukur sensor yang mampu mengubah variasi energi menjadi sinyal analitik. Selanjutnya adalah perangkat pemrosesan sinyal dan perangkat display sinyal, memberikan sinyal yang dapat dibaca (Ghaani dkk., 2016). Syarat sebagai sensor adalah perangkat harus memberikan output sinyal secara terus menerus. Selain itu, sensor idealnya memiliki beberapa karakteristik yaitu, spesifisitas target (selektivitas), sensitivitas terhadap perubahan konsentrasi analit, waktu respon yang cepat, waktu pakai yang cukup Panjang, dan ukuran yang kecil dengan biaya yang relatif murah (Ghaani dkk., 2016).

2.8.1 Sensor Kimia

Sensor kimia merupakan sebuah alat analisis (*analytical device*) yang mengandung reagen kimia (*chemical material/ reagent*) yang mampu bereaksi dengan analit tertentu dalam larutan atau gas sehingga dapat menghasilkan perubahan fisika kimia yang dapat diubah (*physicochemical transducer*) menjadi sinyal elektrik dengan proporsional dengan konsentrasi analit. Secara umum skema kerja suatu sensor kimia dapat digambarkan seperti gambar 2.5. Suatu sensor kimia dikatakan ideal apabila sensor tersebut mampu berinteraksi dengan analit secara *reversible*, sehingga sinyal sensor dapat dengan mudah dikontrol. Sensor kimia banyak diaplikasikan untuk kepentingan mendeteksi senyawa kimiawi dengan menggunakan reaksi kimia dari reagen kimia yang sesuai, senyawa kimiawi yang dideteksi disebut dengan analit (Kuswandi, 2010).



Gambar 2.7 Skema kerja sensor kimia (Kuswandi, 2010)

2.8.2 Sensor pH

Sensor pH merupakan salah satu jenis sensor kimia. Sensor pH merupakan suatu elemen atau alat yang mampu mengubah suatu energi menjadi energi lain, sehingga dapat memberikan respon atau mendeteksi derajat asam-basa dari suatu larutan. Respon tersebut dapat diamati baik secara kimiawi maupun elektrik,

kemudian diubah menjadi sinyal yang dapat diamati dan dibaca. Salah satu contoh sensor pH yang umum digunakan adalah kertas lakmus yang respon perubahan warnanya dapat diamati dengan mudah. Contoh lain adalah pH meter yang menghasilkan respon elektrik berupa tegangan atau voltase yang diubah menjadi sinyal dalam display digital yang dapat dengan mudah diamati (Kuswandi, 2010).

2.8.3 Karakterisasi Sensor

Karakterisasi sensor digunakan untuk mengetahui kemampuan membran dan reagen yang digunakan untuk mendeteksi analit. Beberapa contoh karakterisasi sensor yaitu, reproduibilitas, waktu respon dan waktu pakai. Reproduibilitas dapat dinyatakan sebagai kesesuaian pengulangan respon sensor terhadap analit yang sama pada kondisi yang relatif sama dan waktu yang berbeda. Penentuan waktu respon dilakukan guna mengetahui kecepatan perubahan warna pada sensor serta waktu pertama kali respon sensor memberikan sinyal yang stabil. Pengujian waktu pakai ini dilakukan untuk mengetahui seberapa lama sensor tersebut dapat memberikan respon terhadap analit yang stabil hingga mengalami penurunan lebih dari 15% dari respon awal (Kuswandi, 2010).

2.9 Imobilisasi Reagen

Imobilisasi reagen merupakan proses pengikatan molekul reagen pada fasa padat atau bahan pendukung secara merata, yang memungkinkan terjadinya pertukaran dengan larutan sampel dimana terdapat analit untuk dideteksi. Secara garis besar, metode imobilisasi reagen ini dapat digolongkan menjadi dua, yaitu metode fisika dan kimia. Metode imobilisasi secara fisika meliputi, proses adsorpsi (penyerapan), entrapmen (pemerangkapan), enkapsulasi (pengkapsulan), dan interaksi elektrostatis. Sedangkan secara kimia terdiri dari *crosslinking* dan pembentukan ikatan kovalen (Kuswandi, 2010). Metode imobilisasi pada umumnya tidak dapat digunakan untuk semua jenis reagen. Pemilihan metode imobilisasi didasarkan kesesuaiannya dengan sifat-sifat reagen. Proses imobilisasi tidak dapat

berhasil jika fase pendukung yang digunakan tidak sesuai atau kompatibel dengan reagen (Kuswandi, 2010).

Beberapa faktor yang harus diperhatikan agar imobilisasi dapat berhasil adalah sebagai berikut:

- a) Material pendukung hanya berinteraksi dengan gugus tertentu dari reagen tersebut, yang bukan gugus aktif yang diperlukan untuk mengikat analit.
- b) Material tersebut cukup berpori untuk dapat memfasilitasi terjadinya difusi analit dalam fase reagen.
- c) Material pendukung tidak boleh larut dalam air, stabil dan dapat mengikat reagen cukup kuat pada permukaannya.
- d) Karakter mekanis dari material pendukung harus diperhatikan, khususnya bila imobilisasi reagen dibuat dalam bentuk membran atau film. Misalnya, menggelembungkan (*swelling*) membran atau film.
- e) Reagen yang digunakan cukup stabil dalam kondisi yang dibutuhkan (suhu dan pH) yang dibutuhkan selama proses imobilisasi berlangsung.
- f) Proses pencucian yang dilakukan untuk menghilangkan reagen yang tidak terikat dengan baik tidak boleh berpengaruh pada reagen yang telah diimobilisasi

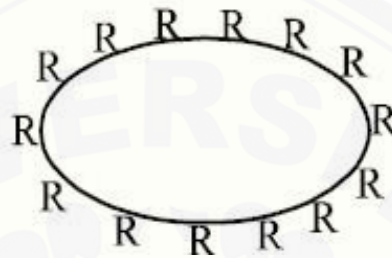
Tabel 2.2 Karakteristik metode imobilisasi (Kuswandi, 2010)

Metode Imobilisasi	Adsorpsi	Entrapmen	Ikatan Kovalen	Enkapsulasi
Kemudahan Prosedur	Mudah	Mudah/sedang	Sedang/sulit	Mudah/sedang
Sifat Reagen	Tetap	Tetap	Bisa berubah	Tetap
Mobilitas Partikel	Tinggi	Sedang	Rendah	Tinggi
Kapasitas Pengikatan	Tinggi	Tinggi	Rendah	Tinggi
Lepasnya Reagen	Tinggi	Sedang	Rendah	Tinggi
Stabilitas	Rendah	Sedang	Tinggi	Rendah
Waktu Pakai	Pendek	Lama	Lama	Pendek
Biaya Imobilisasi	Murah	Sedang	Mahal	Sedang

2.9.1 Adsorpsi

Adsorpsi atau penyerapan merupakan suatu metode imobilisasi yang melibatkan ikatan hidrogen dalam mengikat molekul reagen pada fasa pendukung.

Imobilisasi metode ini dilakukan dengan cara menyerap molekul reagen diatas permukaan fasa pendukung. Beberapa jenis fasa pendukung yang digunakan dalam imobilisasi reagen secara adsorpsi yaitu, polimer berpori, material karbon, dan material anorganik. Polimer berpori sering digunakan karena luas permukaannya lebar dan kapasitas ikat yang tinggi (Kuswandi, 2010). Metode adsorpsi dapat digambarkan seperti pada gambar 2.6



Gambar 2.8 Metode adsorpsi (Kuswandi, 2010)

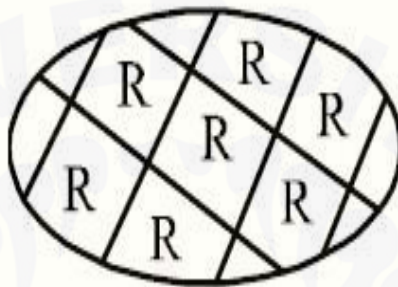
Secara umum adsorpsi dibagi menjadi dua, yaitu adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia. Pada adsorpsi fisik (fisisorpsi) biasanya terbentuk ikatan van der Waals atau ikatan hidrogen, sehingga ikatannya cukup lemah. Sedangkan pada adsorpsi kimia melibatkan ikatan kovalen yang ikatannya cukup kuat. Metode adsorpsi yang biasanya digunakan adalah adsorpsi fisik yang hanya melibatkan ikatan van der Waals atau ikatan hidrogen antara reagen dan fasa pendukungnya (Kuswandi, 2010).

2.9.2 Enkapsulasi

Enkapsulasi adalah suatu metode pengikatan reagen pada membran *semipermeable* dengan memerangkap atau menjerat reagen kimia pada permukaan sensor. Membran yang biasa digunakan adalah *PVC* (polivinil klorida), selulosa asetat, polikarbonat, dan politetrafluoroetilen. Metode imobilisasi dengan enkapsulasi ini biasanya cukup stabil terhadap perubahan temperature, pH, kekuatan ion, dan komposisi kimia. Oleh karena itu, banyak pengembangan sensor yang menggunakan metode enkapsulasi (Kuswandi, 2010)

2.9.3 Entrapmen

Entrapmen merupakan metode imobilisasi dengan mencampurkan reagen dengan sebuah larutan monomer, yang kemudian mengalami polimerisasi guna membentuk membran, baik dalam bentuk gel ataupun lapisan tipis film, sehingga reagen dapat terperangkap didalamnya. Metode imobilisasi ini cukup banyak digunakan dan populer akhir-akhir ini (Kuswandi, 2010). Metode dengan entrapmen ini dapat digambarkan seperti pada gambar 2.7.



Gambar 2.9 Metode entrapmen (Kuswandi, 2010)

2.9.4 Interaksi Elektrostatik

Interaksi elektrostatik atau ionik digunakan untuk imobilisasi reagen yang memiliki muatan negatif dengan fase pendukung yang memiliki muatan positif atau sebaliknya. Fasa pendukung yang digunakan pada metode imobilisasi ini biasanya adalah resin penukar ion (Kuswandi, 2010).

2.9.5 *Crosslinking*

Pada metode *crosslinking* biasanya menggunakan sebuah agen penghubung yang digunakan untuk membentuk ikatan kimia antara reagen dan fasa pendukung. Sehingga reagen dapat terikat pada fasa pendukung. Metode ini biasanya digunakan bersama dengan metode lain seperti adsorpsi ataupun enkapsulasi (Kuswandi, 2010).

2.9.6 Ikatan Kovalen

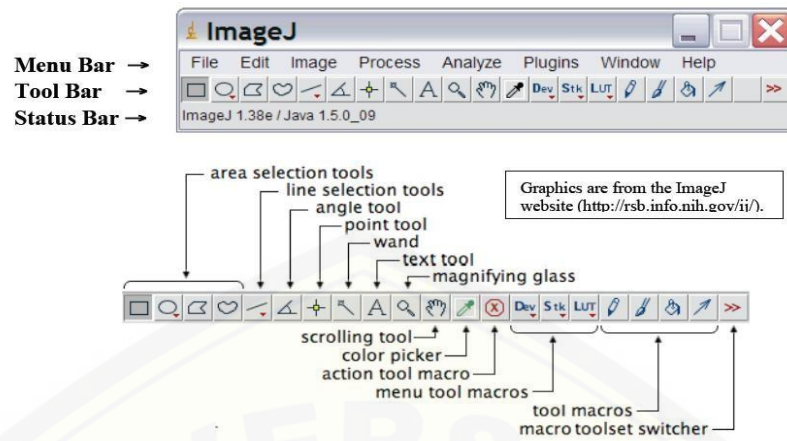
Metode imobilisasi ini melibatkan pembentukan ikatan kovalen antara reagen dengan fasa pendukungnya. Metode ini dilakukan dengan beberapa langkah sintesis, sehingga reagen yang dihasilkan stabil dan tahan terhadap *leaching*. Pada

metode ikatan kovalen, setelah permukaan dari fasa pendukung tercover dengan molekul reagen, maka molekul reagen berikutnya hanya akan teradsorpsi pada permukaan saja. Sehingga hanya akan menghasilkan adsorpsi yang lemah dan terbentuk lapisan *unimolecular* (Kuswandi, 2010)

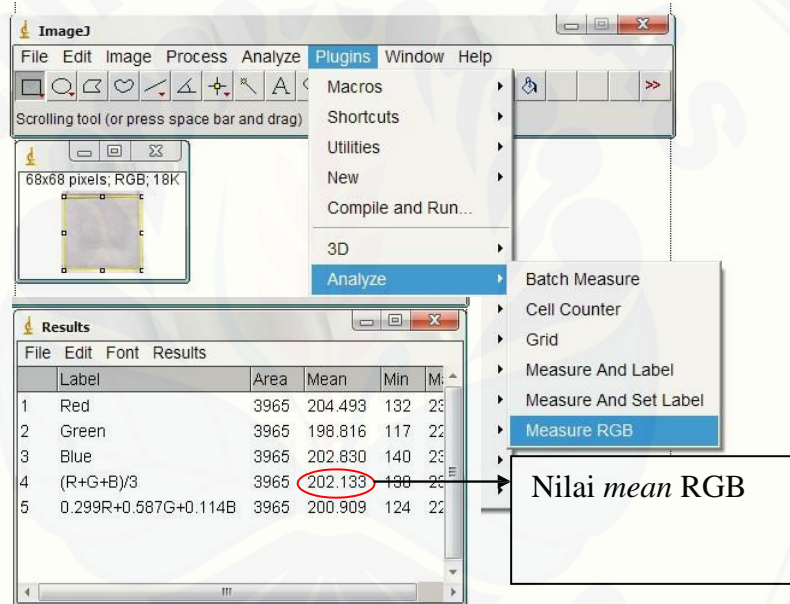
2.10 *Image J*

Analisis kuantitatif pada penelitian ini dilakukan menggunakan program *image J*. *Image J* merupakan sebuah program yang dibuat oleh *National Institutes of Health* yang digunakan untuk analisis gambar. Program ini berisikan menu bar, tool bar, dan status bar yang ditampilkan seperti gambar 2.8. Cara analisis gambar pada program ini dilakukan dengan memasukkan gambar pada *software*, kemudian kursor diarahkan sesuai dengan luas dan bentuk pada gambar sehingga diperoleh luas dalam satuan pixel/detik. Pixel merupakan satuan pada gambar digital dalam bentuk titik terkecil (Reinking, 2007).

Image J juga dapat digunakan untuk penentuan nilai RGB yang didasarkan pada nilai perhitungan dari tiga warna primer yaitu merah, hijau, dan biru. Warna-warna tersebut merupakan warna yang menghasilkan spektrum sehingga dapat dilihat oleh pembaca. Selain itu, ketiga warna tersebut mampu bercampur untuk membentuk warna-warna lainnya. Jika intensitas tertinggi dari setiap warna dicampurkan maka akan diperoleh cahaya putih. Sedangkan, jika intensitas semua warna sama dengan nol dicampurkan bersama-sama maka akan dihasilkan cahaya hitam (Reinking, 2007). Langkah pengoperasian program ini adalah dengan mengarahkan kursor sesuai dengan satuan luas pada gambar, lalu klik *measure* RGB sehingga didapatkan luas dalam satuan pixel/detik (Reinking, 2007). Penghitungan nilai RGB pada program *image J* dilakukan dengan cara menghitung rata-rata dari hasil penjumlahan *Red*, *Green*, dan *Blue* yang dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.10 Tampilan program *Image J* (Reinking, 2007)



Gambar 2.11 Langkah pengukuran nilai RGB dalam program *Image J* (Reinking, 2007)

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian *experimental laboratories*.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Sensor Kimia dan Biosensor Fakultas Farmasi Universitas Jember, Laboratorium Biologi Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Jember, Laboratorium Biokimia Teknologi Hasil pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, Laboratorium Mikrobiologi Teknologi Hasil pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, dan Laboratorium Kimia Organik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember mulai bulan Desember 2018 hingga selesai.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi pisau, blender, timbangan analitik, gelas ukur, vial, pipet tetes, pipet volume, ball pipet, plat tetes, pinset, batang pengaduk, tabung reaksi, pH meter, kuvet, spektrofotometri UV-vis, *incubator*, penetrometer *rheotex*, *petry disk*, oven, *thermometer*, *autoclave*, *refrigerator*, *Laminar air flow*, *bluetip*, *yellowtip*, *press kaca*, kamera, *scanner*.

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fillet* ikan tuna (*Thunnus albacares*) yang dibeli di Hypermart Jember, kulit buah juwet (*Syzygium cumini*) yang diambil dari desa Parang, kecamatan Parang, Magetan, *nata de coco* tanpa pemanis yang dibeli di pasar tradisional “Tanjung” Jember, aquadest, etanol 96%,

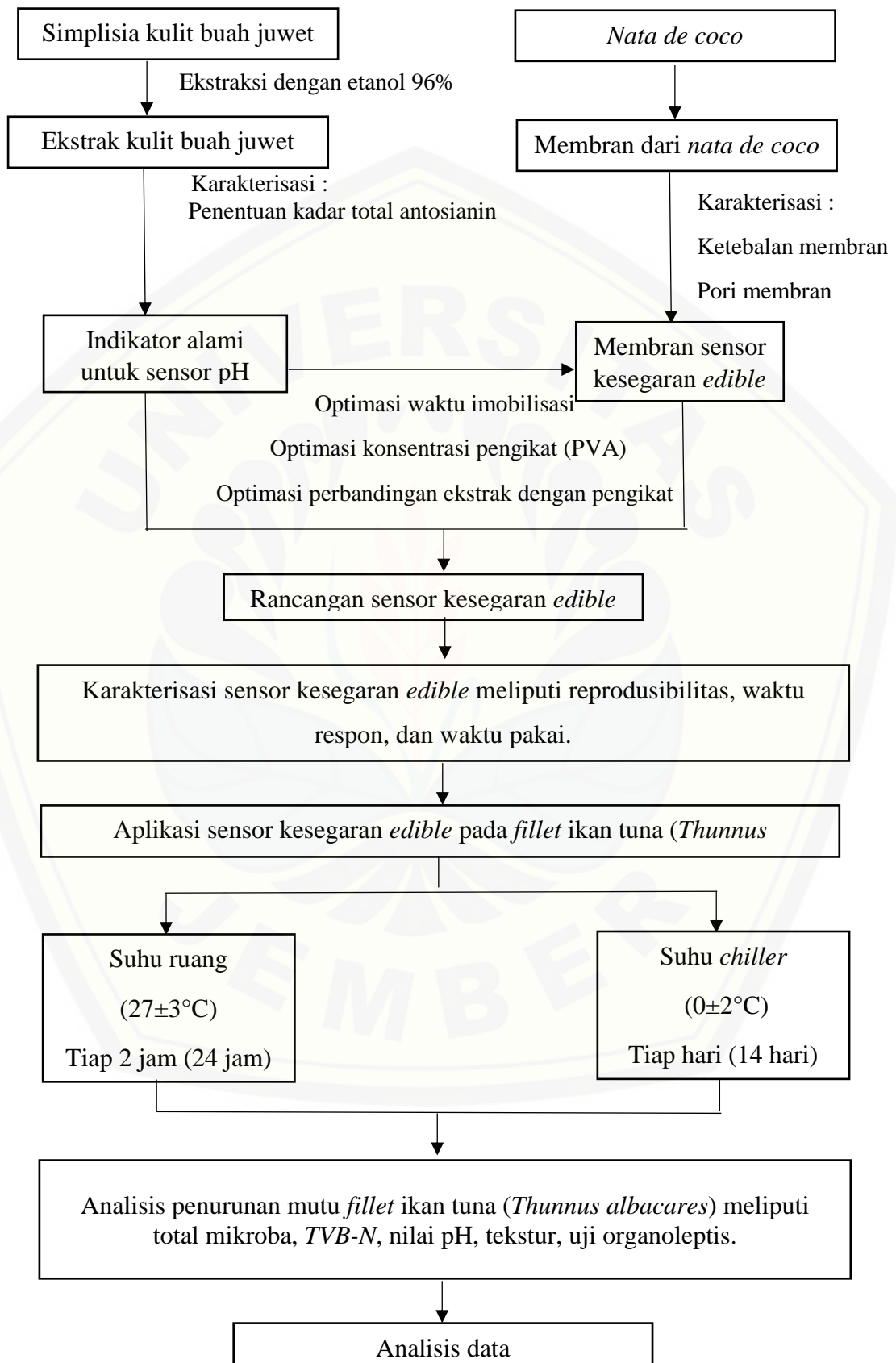
Polivinil Alkohol (PVA), media *plate count agar* (PCA), kalium klorida (KCl), natrium asetat ($\text{CH}_3\text{CO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Tahap Percobaan

1. Optimasi sensor kesegaran *edible* meliputi perbandingan ekstrak dengan pengikat, konsentrasi pengikat (PVA), dan waktu imobilisasi.
2. Karakterisasi membran selulosa bakterial sebelum dan sesudah imobilisasi.
3. Fabrikasi sensor kesegaran *edible* dari membran selulosa bakterial yang diimobilisasi dengan indikator antosianin kulit buah juwet (*Syzygium cumini*).
4. Desain label pintar sebagai sensor kesegaran.
5. Karakterisasi sensor kesegaran *edible* meliputi reproduibilitas, waktu respon, dan waktu pakai.
6. Aplikasi sensor kesegaran *edible* pada *fillet* ikan tuna (*Thunnus albacares*).
7. Analisis penurunan mutu *fillet* ikan tuna (*Thunnus albacares*) meliputi nilai pH, tekstur, total mikroba, *TVB-N*, uji sensoris, dan warna sensor kesegaran.

3.4.2 Bagan Alur Penelitian



3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Pembuatan Indikator Kulit Buah Juwet

1. Pembuatan Simplisia Kulit Buah Juwet

Buah juwet diambil langsung dari pohon, dipilih yang sudah tua (berwarna kehitaman) dan masih segar. Buah yang sudah dipilih kemudian dicuci dan dipisahkan kulitnya dari buah dan bijinya. Kulit buah yang diperoleh kemudian dikeringkan pada suhu kamar selama 7 hari untuk mengurangi kadar air.

2. Pembuatan Ekstrak Kulit Buah Juwet

Sebanyak 2 gram simplisia dimaserasi dengan 10 mL etanol 96% selama 60 menit, kemudian disaring dan ampas yang diperoleh diremaserasi dengan cara yang sama. Filtrat hasil maserasi dan remaserasi dijadikan satu sehingga didapatkan ekstrak kulit buah juwet dengan konsentrasi 10 % b/v.

3. Penentuan Kadar Total Antosianin

Penentuan kadar antosianin total dilakukan dengan metode *pH differential*, berdasarkan perubahan struktur kromofor antosianin antara pH 1,0 dan 4,5. Disiapkan 2 labu ukur 5mL, masukan 0,05 mL sampel pada kedua labu ukur kemudian tambahkan larutan dapar kalium klorida pH 1 dan larutan dapar natrium asetat pH 4,5 hingga tanda batas. Kemudian absorbansi pada kedua perlakuan pH diukur dengan spektrofotometri pada Panjang gelombang 520 nm dan 700 nm. Nilai absorbansi dihitung dengan persamaan 3.1 :

$$A = [(A_{520}-A_{700})_{pH\ 1} - (A_{520}-A_{700})_{pH\ 4,5}] \dots \dots \dots (3.1)$$

Penentuan kadar total antosianin dinyatakan setara dengan sianidin-3-glukosida dengan berat molekul (BM) sebesar 449,2 g/mol dan koefisien ekstingsi molar sebesar $26900\ L \times mol^{-1} \times cm^{-1}$ (Lee dkk., 2005).

$$\text{Konsentrasi antosianin (mg/L)} = (A \times BM \times FP \times 1000) / (\epsilon \times 1) \dots \dots (3.2)$$

Dimana :

A = absorbansi

BM = berat molekul (449,2 g/mol)

FP = faktor pengenceran

ϵ = ekstingsi molar ($26900 \text{ L} \times \text{mol}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$)

3.5.2 Pembuatan Membran Selulosa Bakterial

Sebanyak 114 gram *nata de coco* tanpa manis direndam selama 30 menit menggunakan aquadest. Aquadest bekas rendaman dibuang, kemudian ditambahkan 60 mL aquadest pada *nata de coco* dan diblender sampai membentuk bubur. Bubur kertas encer selanjutnya disaring menggunakan *buchner* untuk menghilangkan sisa airnya dan dicetak dengan *press* kaca dengan tebal 3 mm. Dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 100°C selama 18 jam.

1. Karakterisasi Ketebalan Membran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Nurdika (2018) tebal optimum membran selulosa bakterial *nata de coco* adalah 0,20 mm. Membran dengan ketebalan 0,20 mm dapat mengikat indikator dengan baik, sehingga menghasilkan warna yang lebih intens.

2. Karakterisasi Pori Membran

Karakterisasi pori membran dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Diambil gambar struktur permukaan membran dari berbagai sisi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi membran.

3.5.3 Optimasi sensor kesegaran *edible*

1. Optimasi Waktu Imobilisasi

Optimasi waktu imobilisasi dilakukan untuk mendapatkan sensor kesegaran *edible* yang kinerjanya optimum serta mendapatkan perubahan warna yang stabil karena pengaruh jumlah antosianin kulit buah juwet yang terikat pada membran selulosa bakterial yang digunakan. Waktu imobilisasi yang digunakan pada penelitian ini adalah 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, dan 240 menit.

2. Optimasi Konsentrasi Pengikat (PVA)

Optimasi konsentrasi pengikat (PVA) dilakukan untuk mendapatkan sensor kesegaran *edible* yang tidak mengalami kebocoran jika kontak dengan air dan sampel *fillet* ikan tuna. Konsentrasi PVA yang digunakan adalah 0,1, 1, dan 1,5 %.

3. Optimasi Perbandingan Ekstrak dengan Pengikat

Bahan pengikat ditambahkan pada sensor kesegaran *edible* untuk mengikat indikator warna antosianin kulit buah juwet pada membran selulosa bakterial. Optimasi perbandingan ekstrak dengan pengikat dilakukan untuk mengetahui perbandingan ekstrak dengan pengikat yang memberikan perubahan warna paling intensif dan memiliki perbedaan warna pada kondisi pH segar dan pH busuk *fillet* ikan tuna. Perbandingan ekstrak dengan pengikat yang digunakan adalah 1:1, 1:2, 1:3, dan 1:4.

3.5.4 Fabrikasi Sensor Kesegaran *Edible*

1. Penambahan Pengikat Pada Ekstrak Kulit Buah Juwet

Ekstrak kulit buah juwet ditambahkan ke dalam PVA konsentrasi 0,1 % dengan perbandingan 1:3 kemudian dihomogenkan.

2. Pengimobilisasian Indikator Pada Membran Sensor Kesegaran *Edible*

Membran dipotong dengan bentuk lingkaran berdiameter 7 mm direndam dalam ekstrak yang telah dihomogenkan dengan PVA 0,1 % selama 90 menit. Membran kemudian di angin-anginkan hingga kering.

3.5.5 Desain Label Pintar Sebagai Sensor Kesegaran *Edible*

Gambar 3.1 menunjukkan desain label pintar dengan indikator antosianin sebagai sensor kesegaran *edible fillet* ikan tuna yang bekerja berdasarkan pH.



Gambar 3.1 Desain label pintar sebagai sensor kesegaran

3.5.6 Karakterisasi Sensor Kesegaran *Edible*

1. Waktu Respon

Penentuan waktu respon dilakukan guna mengetahui kecepatan perubahan warna pada sensor serta waktu pertama kali respon sensor memberikan sinyal yang stabil. Pengamatan dilakukan secara visual saat terjadinya perubahan warna hingga warna stabil. Selain itu, waktu respon ditentukan dengan melihat nilai *mean green* dari analisis menggunakan *Software ImageJ*. Pengujian waktu respon pada penelitian ini dilakukan dengan melihat perubahan sensor pada larutan pH 5,4 dan 6,2.

2. Reprodusibilitas

Reprodusibilitas pada penelitian ini ditentukan dengan menghitung nilai standar deviasi relatif (RSD) dari beberapa replikasi terhadap sensor dengan hari yang berbeda. Reprodusibilitas sensor digolongkan baik apabila nilai RSD <5%.

3. Waktu Pakai

Pengujian waktu pakai pada penelitian ini dilakukan pada hari ke 1 hingga intensitas warna sensor mengalami penurunan lebih dari 15%. Pengamatannya dilakukan secara visual serta melihat dari nilai *mean green*.

3.5.7 Analisis Penurunan Mutu *Fillet* Ikan Tuna

1. Total Mikroba

Alat yang digunakan untuk analisis total mikroba harus dalam kondisi steril. 1 g sampel dihancurkan dan dimasukkan dalam tabung reaksi yang berisi 9 mL

aquades steril, kemudian dihomogenkan menggunakan *vortex* sehingga diperoleh pengenceran 10^{-1} . Dari larutan induk tersebut diambil 1 mL kemudian dimasukkan dalam tabung reaksi yang berisi 9 mL aquades steril kemudian dihomogenkan menggunakan *vortex* sehingga diperoleh pengenceran 10^{-2} , demikian seterusnya sampai diperoleh pengenceran 10^{-4} . 1 mL suspensi dari setiap pengenceran diinokulasikan ke dalam cawan petri dan dituangi 10 mL *plate count agar* (PCA) yang masih cair namun telah didinginkan. Goyangkan sampai merata dan biarkan memadat. Cawan diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam. Hasil pertumbuhan koloni pada media agar dihitung dengan menggunakan *Coloni Counter* (Yunita dkk., 2015). Jumlah koloni dapat dihitung dengan persamaan 3.3 sebagai berikut :

$$\text{Koloni per mL} = \text{Jumlah koloni percawan} \times \frac{1}{\text{Faktor Pengenceran}} \dots\dots(3.3)$$

2. Total Volatile Base

Total Volatile Base pada *fillet* ikan tuna dihitung dengan menggunakan destilasi Kjeldahl. Sebanyak 10 g sampel dihaluskan, dan dimasukkan dalam beaker glass yang berisi 100 mL aquades. Sampel didiamkan selama 30 menit dengan pengadukan setiap 10 menit, kemudian larutan disaring dengan kertas saring. 5 mL filtrat dibasakan dengan menambahkan 5 ml MgO 10 g/L. Larutan kemudian didestilasi menggunakan destilasi Kjeldahl selama 5 menit. Destilat diabsorpsi dengan 10 mL asam borat 20 g/L yang telah ditambahkan 5-6 tetes indikator metil merah metil biru (MMMB) dan dititrasi dengan HCL 0,01 N hingga terjadi perubahan warna biru keunguan (Huang dkk., 2014). *TVB-N* dapat ditentukan dengan persamaan 3.4 sebagai berikut :

$$\text{TVB-N (mg/100 g)} = \frac{(\text{mL sampel} - \text{mL blanko}) \times \text{N HCl} \times 14}{\text{g sampel} \times 5/100} \times 100 \dots\dots\dots(3.4)$$

3. Nilai pH

Sebanyak 1 gram sampel dihancurkan dan dilarutkan dalam 20 mL aquadest dan dihomogenkan. Kemudian diukur dengan pH meter yang sebelumnya telah dikalibrasi dengan buffer standar 4, 7, dan 10 (Widyastuti dan Putro, 2010).

4. Tekstur

Tekstur *fillet* ikan tuna diukur dengan menggunakan Rheotex. Pengukuran dilakukan dengan menusukkan jarum rheotex sedalam 10 mm pada *fillet* ikan tuna dengan ketebalan ± 3 cm. Kemudian menekan tombol start sampai terdengar bunyi yang merupakan tanda selesai. Angka yang ditunjukkan jarum rheotex (g) merupakan nilai tekstur dari ikan. Pengukuran dilakukan di 10 titik pada setiap sampel (Subagio dkk., 2003).

5. Uji Organoleptis

Pada uji ini dilakukan penilaian pada kenampakan warna dan bau. 10 orang panelis akan memberikan nilai pada sampel yang diamati. Semakin segar ikan nilainya akan semakin tinggi. Nilai yang diberikan berkisar 9-1.

3.5.8 Analisis Data

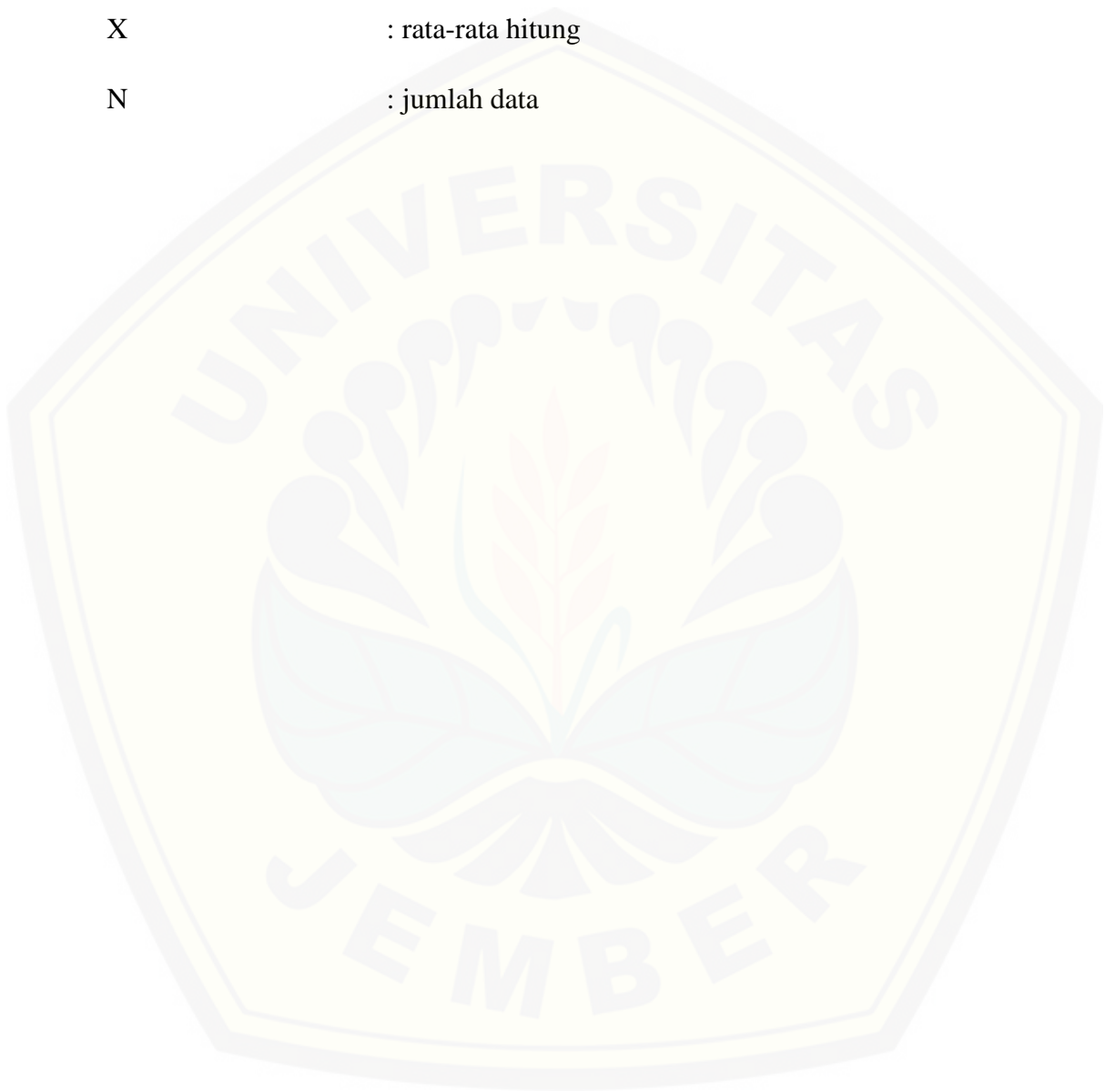
Analisis data kesesuaian perubahan warna sensor dengan parameter kesegaran ikan dilakukan dengan membuat tabel data hasil pengamatan. Kemudian, untuk mempermudah interpretasi data maka data dibuat dalam bentuk grafik hubungan antara nilai *mean green* sensor dan nilai parameter kesegaran ikan.

Kemudian dilakukan perhitungan standar deviasi (SD) dan relative standar deviasi (RSD) terhadap hasil pengamatan. Standar deviasi berfungsi mengukur seberapa luas penyimpangan data dari nilai rata-ratanya. Koefisien variasi atau RSD merupakan nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Semakin besar nilai RSD, berarti datanya kurang merata (heterogen). Sebaliknya jika nilai RSD semakin kecil maka data yang dihitung semakin merata (homogen).

$$SD = \sqrt{\frac{\sum |xd - \bar{x}d|^2}{n-1}} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$RSD = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.6)$$

- Keterangan :
- SD : standar deviasi
- RSD : relatif standar deviasi
- X : rata-rata hitung
- N : jumlah data



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

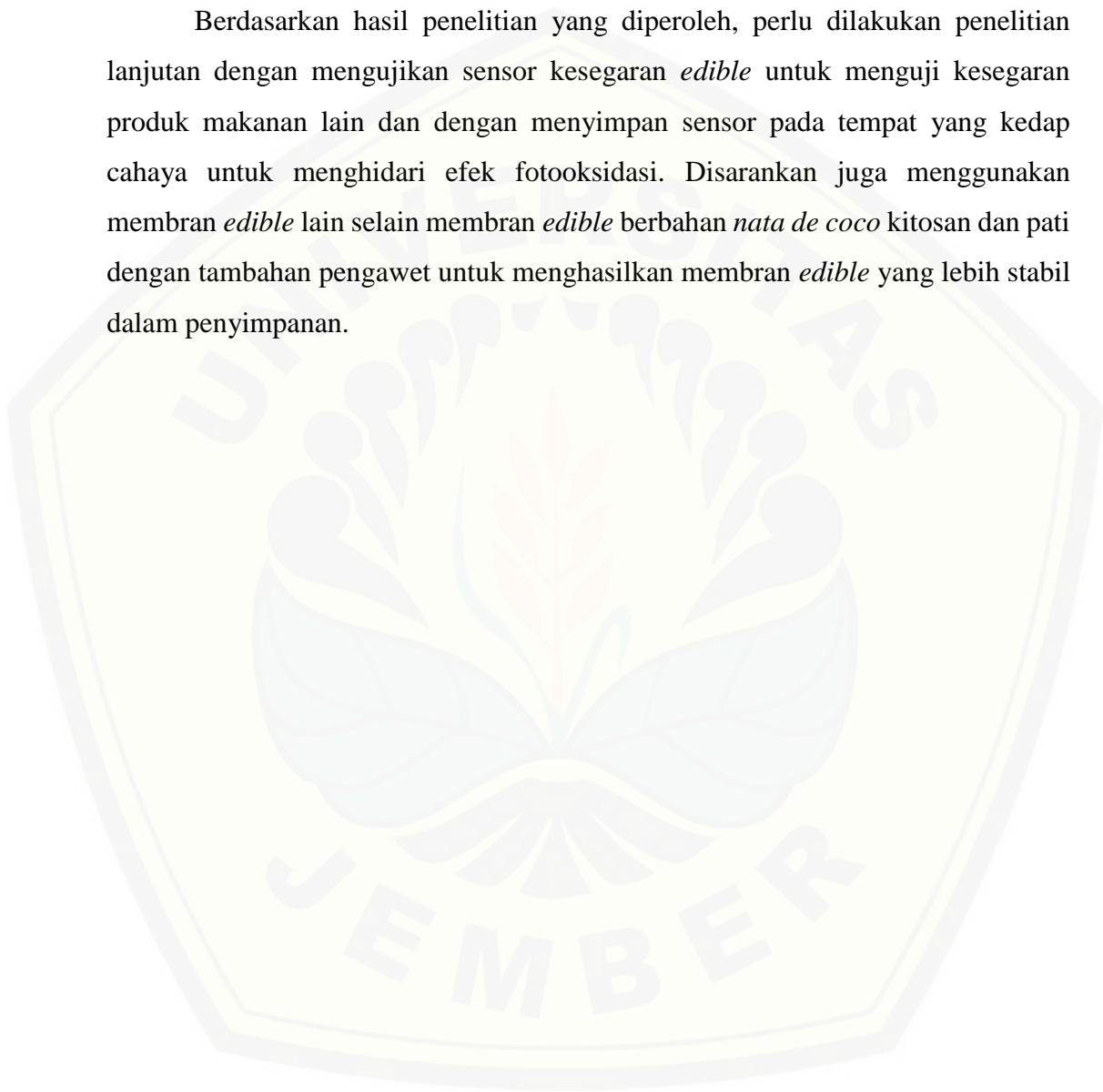
Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, serta mengacu pada perumusan masalah, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Fabrikasi sensor kesegaran *edible* dimulai dengan pembuatan ekstrak kulit buah juwet yang ditambahkan PVA sebagai bahan pengikat dan membran selulosa bakterial. Waktu imobilisasi optimum pada fabrikasi sensor kesegaran *edible* yaitu 90 menit dengan konsentrasi PVA 0,1% dan perbandingan ekstrak 1:3.
2. Karakterisasi membran selulosa bakterial dengan tebal 0,20 mm. Struktur permukaan membran selulosa bakterial sebelum diimobilisasi menunjukkan adanya serat-serat halus yang homogen, sedangkan struktur melintang menunjukkan adanya tumpukan lembaran-lembaran. Struktur permukaan membran selulosa bakterial setelah diimobilisasi menunjukkan serat-serat yang lebih kasar, sedangkan penampang melintang menunjukkan bentuk yang tidak beraturan.
3. Karakterisasi waktu respon sensor kesegaran *edible* telah menunjukkan keadaan steady state pada menit ke-6. Reprodusibilitas berdasarkan intensitas warna atau nilai *mean green* menunjukkan bahwa perubahan warna dengan 4 kali pengulangan selama 3 hari memiliki RSD <5%. Sensor kesegaran *edible* dapat bertahan 13 hari pada penyimpanan suhu ruang dan 18 hari dalam penyimpanan suhu *chiller* dengan kenaikan *mean green* <15%.
4. Hubungan antara perubahan warna sensor kesegaran *edible* dan nilai *mean green* dengan penurunan mutu *fillet* ikan tuna adalah berbanding terbalik. Nilai *mean green* sensor kesegaran *edible* yang diamati menggunakan program *ImageJ* meningkat seiring penurunan mutu *fillet* ikan tuna.
5. Indikator pH dapat diaplikasikan sebagai label pintar untuk kesegaran *fillet* ikan tuna dipasaran dengan cara meletakkan sensor pada bagian dalam

kemasan *fillet* ikan tuna, 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* untuk menguji kesegaran produk makanan lain dan dengan menyimpan sensor pada tempat yang kedap cahaya untuk menghindari efek fotooksidasi. Disarankan juga menggunakan membran *edible* lain selain membran *edible* berbahan *nata de coco* kitosan dan pati dengan tambahan pengawet untuk menghasilkan membran *edible* yang lebih stabil dalam penyimpanan.



DAFTAR PUSTAKA

- Adawyah, R. 2007. *Pengolahan Dan Pengawetan Ikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Augusto, A., C. Santiago, dan G. Gindri. 2009. The effect of glaze uptake on storage quality of frozen shrimp. *Journal of Food Engineering Journal*. 90:285–290.
- Ayyanar, M. dan P. Subash-Babu. 2012. *Syzygium cumini* (L.) skeels: a review of its phytochemical constituents and traditional uses. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 2(3):240–246.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *SNI 2696:2013 Fillet Ikan Beku*
- Badan Standardisasi Nasional. 2006. *SNI 01-279.1-2006 Ikan Segar - Bagian 1: Spesifikasi*
- Bhadra, S., C. Narvaez, D. J. Thomson, dan G. E. Bridges. 2015. Non-destructive detection of fish spoilage using a wireless basic volatile sensor. *Talanta*. 134:718–723.
- Bourtoom. 2008. Review article edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*. 15(3):237–248.
- Chandhary, B. dan K. Mukhopadhyay. 2012. *Syzygium cumini* (L.) skeels: a potential source of nutraceuticals. *Biological Sciences*. 2(1):46–53.
- 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.
- Chun, H. N., B. Kim, dan H. S. Shin. 2014. Evaluation of a freshness indicator for quality of fish products during storage. *Food Science and Biotechnology*. 23(5):1719–1725.
- Delgado, V., P. Lopez, dan A. R. Jiménez. 2012. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains — characteristics, biosynthesis, processing, and stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 40(3):37–41.
- Dini, B. Y. A., Asnawati, dan I. N. A. Winata. 2016. Pembuatan test strip boraks berbasis membran selulosa bakterial (nata de coco) yang diimmobilisasi reagen kurkumin dan aplikasinya terhadap sampel makanan. *Berkala Sainstek*. IV(1):10–14.
- Direktorat Jendral Perikanan Tangkap. 2013. *Identifikasi Spesies Tuna Dan Sejenisnya*. Jakarta

- 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.
- Glover, B. J. dan C. Martin. 2012. Anthocyanins. *Current Biology*. 22(5):147–150.
- Guo, J., W. Han, dan M. Wang. 2008. Ultraviolet and environmental stresses involved in the induction and regulation of anthocyanin biosynthesis: a review. *African Journal of Biotechnology*. 7(25):4966–4972.
- Hu, W., S. Chen, J. Yang, Z. Li, dan H. Wang. 2014. Functionalized bacterial cellulose derivatives and nanocomposites. *Carbohydrate Polymers*. 101(1):1043–1060.
- Huang, L., J. Zhao, Q. Chen, dan Y. Zhang. 2014. Nondestructive measurement of total volatile basic nitrogen (tvb-n) in pork meat by integrating near infrared spectroscopy, computer vision and electronic nose techniques. *Food Chemistry*. 145:228–236.
- Huang, X., J. Xin, dan J. Zhao. 2011. A novel technique for rapid evaluation of fish freshness using colorimetric sensor array. *Journal of Food Engineering*. 105(4):632–637.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2018. *Produktivitas Perikanan Indonesia*. Jakarta
- Khalafalla, F. A., F. H. M. Ali, dan A. H. A. Hassan. 2015. Quality improvement and shelf-life extension of refrigerated Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets using natural herbs. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*. 1–8.
- Khoo, H. E., A. Azlan, S. T. Tang, dan S. M. Lim. 2017. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & Nutrition Research*. 61(1):1361779.
- Kuswandi, B. 2010. *Sensor Kimia Teori, Praktek Dan Aplikasi*. Jember: Jember University Press.
- Kuswandi, B., Jayus, A. Restyana, A. Abdullah, L. Y. Heng, dan M. Ahmad. 2012. A novel colorimetric food package label for fish spoilage based on polyaniline film. *Food Control*. 25(1):18–189.
- Lee, J., R. W. Durst, dan R. E. Wrolstad. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *Journal of AOAC International*. 88(5):1269–1278.

- Ma, Q. dan L. Wang. 2016. Preparation of a visual pH-sensing film based on tara gum incorporating cellulose and extracts from grape skins. *Sensors and Actuators, B: Chemical*. 235:401–407.
- Mahdi, S., M. Rezaei, S. Hadi, S. Mohamad, dan H. Hosseini. 2010. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*. 120(1):193–198.
- Morsy, M. K., K. Zór, N. Kostesha, T. S. Alstrøm, A. Heiskanen, H. El-Tanahi, A. Sharoba, D. Papkovsky, J. Larsen, H. Khalaf, M. H. Jakobsen, dan J. Emnéus. 2016. Development and validation of a colorimetric sensor array for fish spoilage monitoring. *Food Control*. 60:346–352.
- Mulyono, T. dan I. Noviandri. 2007. Potensi membran nata de coco sebagai material biosensor (the use of nata de coco membrane as biosensor material). *Jurnal Ilmu Dasar*. 8(2):128–134.
- Nurdika, P. 2018. Karakterisasi Sensor Edible Berbasis Indikator Alami Kubis Merah (*Brassica oleracea* Var. Capitata L.) Dengan Membran Selulosa Bakterial Untuk Penentuan pH Pada Minuman. Skripsi. Jember: Fakultas Farmasi Universitas Jember.
- Nurjanah, I. Setyaningsih, Sukarno, dan M. Muldani. 2004. Kemunduran mutu ikan nila merah (*Oreochromis* sp.) selama penyimpanan pada suhu ruang. VII(1):37–43.
- Olsen, S. H., N. K. Sørensen, R. Larsen, E. O. Elvevoll, dan H. Nilsen. 2008. Impact of pre-slaughter stress on residual blood in fillet portions of farmed atlantic cod (*Gadus morhua*) - measured chemically and by visible and near-infrared spectroscopy. *Aquaculture*. 284(1–4):90–97.
- Pacquit, A., K. Crowley, dan D. Diamond. 2008. Smart packaging technologies for fish and seafood products. *Smart Packaging Technologies for Fast Moving Consumer Goods*. 75–98.
- Pacquit, A., J. Frisby, Danny Diamond, K. T. Lau, A. Farrell, B. Quilty, dan Dermot Diamond. 2007. Development of a smart packaging for the monitoring of fish spoilage. *Food Chemistry*. 102(2):466–470.
- Pacquit, A., K. T. Lau, H. McLaughlin, J. Frisby, B. Quilty, dan D. Diamond. 2006. Development of a volatile amine sensor for the monitoring of fish spoilage. *Talanta*. 69(2 SPEC. ISS.):515–520.
- Pereira, V. A., I. N. Q. de Arruda, dan R. Stefani. 2015. Active chitosan/pva films with anthocyanins from *Brassica oleraceae* (red cabbage) as time-temperature indicators for application in intelligent food packaging. *Food Hydrocolloids*. 43:180–188.

- Pourjavaher, S., H. Almasi, S. Meshkini, S. Pirsá, dan E. Parandi. 2017. Development of a colorimetric pH indicator based on bacterial cellulose nanofibers and red cabbage (*Brassica oleracea*) extract. *Carbohydrate Polymers*. 156:193–201.
- Rahajeng, M. 2012. Ikan Tuna Indonesia. Jakarta: Direktur Jenderal Pengembangan Ekspor Nasional Kementerian Perdagangan Republik Indonesia. Juni. Halaman 1–20.
- Reinking, I. 2007. *Image J Basics*. Pennsylvania: Departement of Biology Millersvilly University.
- Rismawati dan H. Yusuf. 2010. *Informasi Singkat Benih*. Makasar
- Rowe, R., P. Sheskey, dan M. Quinn. 2009. *Handbook of Pharmaceutical Excipients*. Edisi Sixth edit. London. *Handbook of Pharmaceutical Excipients, Sixth Edition*.
- Santos-Buelga, C. dan A. M. González-Paramás. 2018. Anthocyanins. *Elsevier*. 1–12.
- Sari, P., C. H. Wijaya, D. Sajuthi, dan U. Supratman. 2012. Colour properties, stability, and free radical scavenging activity of jambolan (*Syzygium cumini*) fruit anthocyanins in a beverage model system: natural and copigmented anthocyanins. *Food Chemistry*. 132(4):1908–1914.
- Shahid, M., Shahid-Ul-Islam, dan F. Mohammad. 2013. Recent advancements in natural dye applications: a review. *Journal of Cleaner Production*. 53:310–331.
- Shahmohammadi Jebel, F. dan H. Almasi. 2016. Morphological, physical, antimicrobial and release properties of zno nanoparticles-loaded bacterial cellulose films. *Carbohydrate Polymers*. 149:8–19.
- Subagio, A., W. S. Windrati, dan Y. Witono. 2003. Pengaruh penambahan isolat protein koro pedang (*Canavalia ensiformis*) terhadap karakteristik cake. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*. XIV(2):136–143.
- Suharjo, T. Ardyati, E. Zubaidah, dan C. Pradani. 2009. Produksi Selulosa Bakterial Dari Air Buah Kelapa Dalam Berbagai Konsentrasi Sukrosa Dan Urea. *Seminar Nasional VIII Pendidikan Biologi*. 2009. 796.
- Susanto, E., T. Agustini, F. Swastawati, T. Surti, A. Fahmi, M. Albar, dan M. Nafis. 2011a. Pemanfaatan bahan alami untuk memperpanjang umur simpan ikan kembung (*Rastrelliger neglectus*) 60 utilization. *Jurnal Perikanan*. XIII(2):60–69.

- Susanto, E., T. W. Agustini, E. P. Ritanto, E. N. Dewi, dan F. Swastawati. 2011b. Changes in oxidation and reduction potential (eh) and ph of tropical fish during storage. *Journal of Coastal Development*. 14(3):223–234.
- Tripathi, S., G. K. Mehrotra, dan P. K. Dutta. 2009. Physicochemical and bioactivity of cross-linked chitosan-pva film for food packaging applications. *International Journal of Biological Macromolecules*. 45(4):372–376.
- Veigas, J. M., M. S. Narayan, dan P. M. Laxman. 2007. Food chemistry chemical nature , stability and bioefficacies of anthocyanins from fruit peel of *Syzygium cumini* skeels. *Food & Nutrition Research*. 105:619–627.
- Wibowo, I., Y. Darmanto, dan A. Dwi. 2014. Pengaruh cara kematian dan tahapan penurunan kesegaran ikan terhadap kualitas pasta ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Pengolahan Dan Bioteknologi Hasil Perikanan*. 3(3):95–103.
- Widyaningsih, S. dan H. Diastuti. 2008. Pengaruh medium perendam terhadap sifat mekanik, morfologi, dan kinerja nata de coco. *Molekul*. 3(1):28–33.
- Widyastuti, I. dan S. Putro. 2010. Analisis mutu ikan tuna selama lepas tangkap. *Maspari Journal*. 01:22–29.
- Yunita, M., Y. Hendrawan, R. Yulianingsih, J. Keteknikan, P. – Fakultas, dan K. Kunci. 2015. Analisis kuantitatif mikrobiologi pada makanan penerbangan (aerofood acs) garuda indonesia berdasarkan tpc (total plate count) dengan metode pour plate. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*. 3(3):237–248.
- Zhai, X., J. Shi, X. Zou, S. Wang, C. Jiang, J. Zhang, X. Huang, W. Zhang, dan M. Holmes. 2017. Novel colorimetric films based on starch/polyvinyl alcohol incorporated with roselle anthocyanins for fish freshness monitoring. *Food Hydrocolloids*. 69:308–317.
- 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.
- Zhang, X., G. Sun, X. Xiao, Y. Liu, dan X. Zheng. 2016. Application of microbial ttis as smart label for food quality: response mechanism, application and research trends. *Trends in Food Science and Technology*. 51:12–23.
- Zulfajri, M. dan Muttakin. 2017. Metode Ekstraksi Antosianin Dari Kulit Buah *Syzygium cumini* (L.) Skeels Sebagai Indikator Alami Asam Basa. *Seminar Nasional II USM*. 1. 2017. 547–553.

LAMPIRAN

Lampiran 4.1 Penentuan Kadar Antosianin Total

Absorbansi	pH 1		pH 4.5		A	mg/L	mg/20mL	%b/b
	λ 520	λ 700	λ 520	λ 700				
Replikasi 1	1,947	0,102	0,383	0,122	1,584	2.645,103	52,902	2,645
Replikasi 2	1,953	0,102	0,396	0,114	1,569	2.620,055	52,401	2,620
Replikasi 3	1,968	0,111	0,404	0,112	1,565	2.613,375	52,268	2,613
Replikasi 4	1,943	0,101	0,379	0,104	1,567	2.616,715	52,334	2,617
Replikasi 5	1,963	0,113	0,383	0,101	1,568	2.618,385	52,367	2,618
Replikasi 6	1,955	0,105	0,419	0,136	1,567	2.616,715	52,334	2,617

Cara menghitung :

Replikasi 1

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

$$A = [(1,947-0,102) - (0,383-0,122)]$$

$$A = 1,584$$

$$\begin{aligned} \text{Antosianin (mg/L)} &= (A \times \text{BM} \times \text{FP} \times 1000) / (\epsilon \times 1) \\ &= (1,584 \times 449,2 \times 100 \times 1.000) / (26.900 \times 1) \\ &= 2.645,103 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Kadar % b/b:

$$2.645,103 \text{ mg} \sim 1000 \text{ mL}$$

$$X \text{ mg} \sim 20 \text{ mL}$$

$$X = (2.645,103 \times 20) / 1000$$

$$= 52,902 \text{ mg}$$

$$\% \text{ b/b} = (52,902 \text{ mg} / 2.000 \text{ mg}) \times 100 \%$$

$$= 2,645 \%$$

Lampiran 4.2 Tebal Membran Selulosa Bakterial

Tebal Membran	Titik					Mean	SD	%RSD
	1	2	3	4	5			
Membran 1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,19	0,198	0,004	2,259
Membran 2	0,21	0,2	0,2	0,19	0,2	0,200	0,007	3,536
Membran 3	0,2	0,2	0,2	0,19	0,2	0,198	0,004	2,259

Cara menghitung :

Membran 1

$$\text{Mean} : \frac{0,2+0,2+0,2+0,2+0,19}{5} = 0,198$$

$$\text{SD} : \sqrt{\frac{\sum |Xd - \bar{X}d|^2}{n-1}}$$

$$: \sqrt{\frac{(0,198-0,2)^2 - (0,198-0,2)^2 - (0,198-0,2)^2 - (0,198-0,2)^2 - (0,198-0,19)^2}{5-1}} = 0,004$$

$$\text{RSD} : \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\%$$

$$: \frac{0,004}{0,198} \times 100\% = 2,259$$

Lampiran 4.3 Pemilihan Nilai RGB

4.3.1 Membran Sebelum Diimobilisasi

Mean	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Mean	SD	%RSD
<i>Red</i>	217,837	211,41	210,288	213,178	4,073	1,911
<i>Green</i>	209,956	203,326	200,356	204,546	4,915	2,403
<i>Blue</i>	204,196	197,818	193,784	198,599	5,250	2,644
<i>RGB</i>	210,614	204,174	201,468	205,418	4,698	2,287

4.3.2 Membran Setelah Diimobilisasi

Mean	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Mean	SD	%RSD
<i>Red</i>	95,508	89,785	94,320	93,204	3,020	3,240
<i>Green</i>	73,355	65,913	68,220	69,163	3,810	5,508
<i>Blue</i>	98,816	94,849	98,691	97,452	2,255	2,313
<i>RGB</i>	89,205	83,444	87,002	86,550	2,907	3,358

Lampiran 4.4 Optimasi waktu imobilisasi

Waktu (menit)	Nilai green			Mean green	SD	% RSD
	Rep 1	Rep 2	Rep 3			
30	113,417	113,482	121,78	116,226	4,810	4,138
60	109,382	102,521	92,463	101,455	8,510	8,388
90	86,031	91,13	80,595	85,919	5,268	6,132
120	86,495	85,977	85,296	85,923	0,601	0,700
150	93,006	91,808	97,437	94,084	2,965	3,152
180	100,717	101,882	88,175	96,925	7,600	7,841
210	98,448	115,153	101,548	105,050	8,886	8,459
240	108,654	113,076	100,47	107,400	6,396	5,955

Cara menghitung : Waktu imobilisasi menit 30

$$\text{Mean} : \frac{113,417+113,482+121,78}{3} = 116,226$$

$$\text{SD} : \sqrt{\frac{\sum |Xd - \bar{X}d|^2}{n-1}}$$

$$: \sqrt{\frac{(116,226-113,417)^2 - (116,226-113,482)^2 - (116,226-121,78)^2}{3-1}} = 4,810$$

$$\text{RSD} : \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\%$$

$$: \frac{4,810}{116,226} \times 100\% = 4,138$$

Lampiran 4.5 Optimasi Perbandingan Ekstrak dengan PVA

4.5.1 Membran Yang Telah Terimobilisasi

Ekstrak : PVA	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Mean	SD	%RSD
1 : 1	56,913	52,254	53,857	54,341	2,367	4,356
1 : 2	63,295	59,01	60,064	60,790	2,233	3,673
1 : 3	68,89	65,913	68,22	67,674	1,562	2,308
1 : 4	81,863	79,842	80,191	80,632	1,080	1,340

4.5.2 Membran Yang Telah Terimobilisasi Pada Penambahan pH 5,4

Ekstrak : PVA	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Mean	SD	%RSD
1 : 1	40,830	45,883	47,574	44,762	3,509	7,839
1 : 2	65,66	72,201	65,096	67,652	3,949	5,838
1 : 3	67,321	73,194	72,871	71,129	3,301	4,642
1 : 4	87,515	81,998	79,6	83,038	4,059	4,888

4.5.3 Membran Yang Telah Terimobilisasi Pada Penambahan pH 6,2

Ekstrak : PVA	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Mean	SD	%RSD
1 : 1	46,544	48,509	55,715	50,256	4,829	9,608
1 : 2	70,079	68,144	70,586	69,603	1,289	1,852
1 : 3	92,3	94,215	84,891	92,838	4,924	5,304
1 : 4	99,745	104,942	99,849	101,512	2,971	2,927

Cara menghitung : Membran Terimobilisasi 1:1 Pada penambahan pH 6,2

$$\text{Mean} : \frac{46,544+48,509+55,715}{3} = 50,256$$

$$\text{SD} : \sqrt{\frac{\sum |Xd - \bar{X}d|^2}{n-1}}$$

$$: \sqrt{\frac{(50,256-46,544)^2 + (50,256-48,509)^2 + (50,256-55,715)^2}{3-1}} = 4,829$$

$$\text{RSD} : \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\%$$

$$: \frac{4,829}{50,256} \times 100\% = 9,608$$

Lampiran 4.6 Waktu Respon

4.6.1 pH Segar (5,4)

Waktu (menit)	Nilai <i>green</i>			<i>Mean green</i>	SD	%RSD
	Rep 1	Rep 2	Rep 3			
2	92,842	85,002	88,994	88,946	3,920	4,407
4	92,944	88,33	89,534	90,269	2,393	2,651
6	94,448	92,919	92,017	93,128	1,229	1,320
8	93,484	92,972	94,334	93,597	0,688	0,735
10	94,109	92,199	95,364	93,891	1,594	1,697
12	94,957	94,22	93,178	94,118	0,894	0,950
14	96,306	95,697	93,735	95,246	1,344	1,411
16	95,336	95,17	96,214	95,573	0,561	0,587
18	95,213	97,272	95,959	96,148	1,042	1,084
20	99,376	96,163	95,758	97,099	1,982	2,042

4.6.2 pH Busuk (6,2)

Waktu (menit)	Nilai <i>green</i>			<i>Mean green</i>	SD	%RSD
	Rep 1	Rep 2	Rep 3			
2	103,643	100,234	107,81	103,896	3,794	3,652
4	102,543	103,324	108,255	104,707	3,097	2,958
6	101,028	108,555	108,577	106,053	4,352	4,104
8	104,229	102,427	111,775	106,144	4,959	4,672
10	109,788	104,663	104,663	106,371	2,959	2,782
12	106,397	103,896	109,632	106,642	2,876	2,697
14	112,462	103,364	108,206	108,011	4,552	4,215
16	110,753	105,287	112,073	109,371	3,598	3,290
18	112,02	107,496	111,74	110,419	2,535	2,296
20	112,537	117,434	112,875	114,282	2,735	2,393

Cara menghitung : Waktu respon menit ke 2 pada penambahan pH 6,2

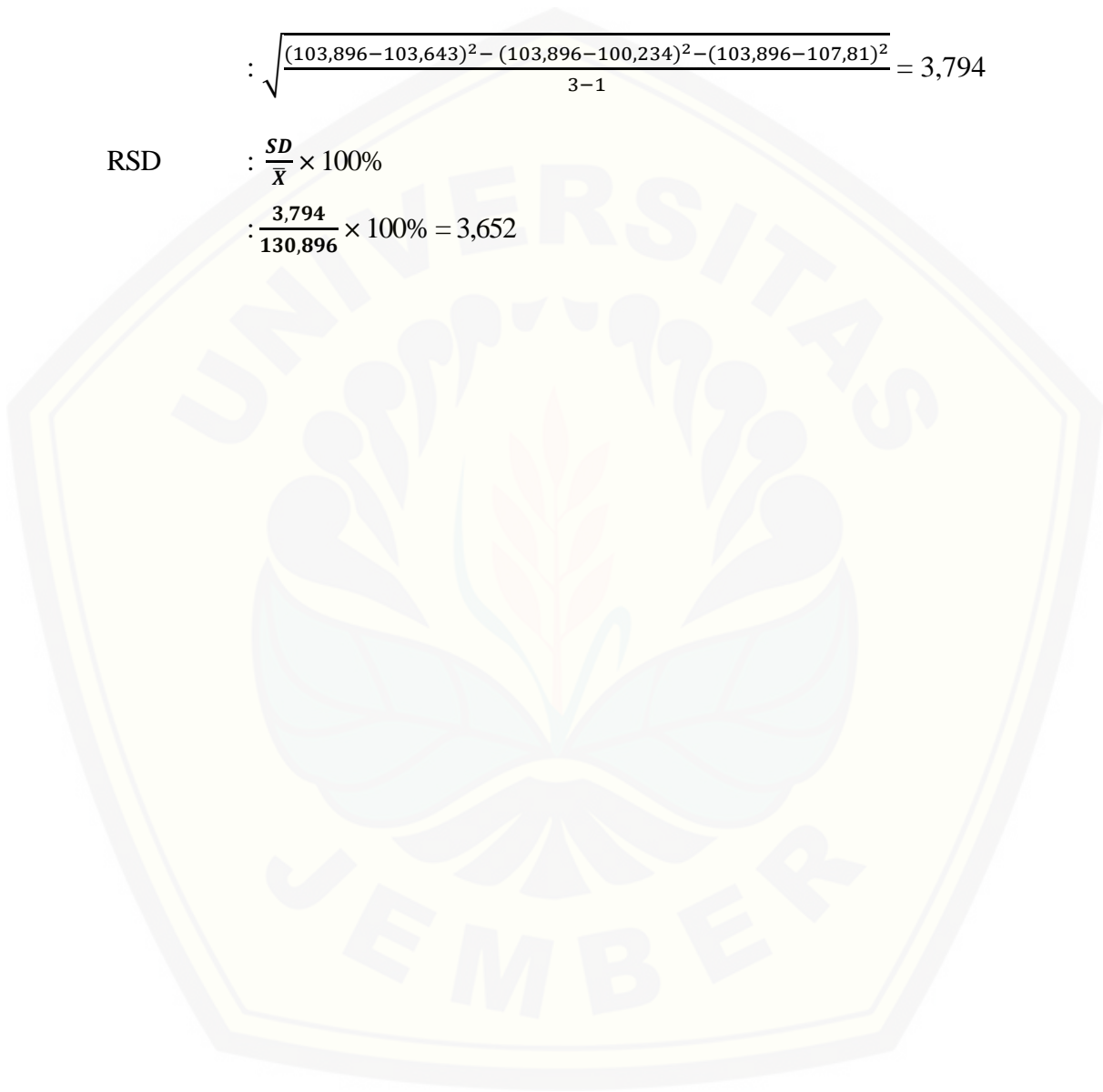
$$\text{Mean} : \frac{103,643+100,234+107,81}{3} = 103,896$$

$$\text{SD} : \sqrt{\frac{\sum |Xd - \bar{X}d|^2}{n-1}}$$

$$: \sqrt{\frac{(103,896-103,643)^2 - (103,896-100,234)^2 - (103,896-107,81)^2}{3-1}} = 3,794$$

$$\text{RSD} : \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\%$$

$$: \frac{3,794}{130,896} \times 100\% = 3,652$$



Lampiran 4.7 Reprodusibilitas

4.7.1 pH segar (5,4)

Waktu (hari)	Nilai <i>green</i>				<i>Mean green</i>	SD	%RSD
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4			
1	82,649	82,365	84,796	83,929	83,435	1,329	1,593
2	84,729	84,463	84,378	87,339	85,227	0,183	0,215
3	83,837	85,556	82,788	91,593	85,444	1,397	1,626

4.7.2 pH Busuk (6,2)

Waktu (hari)	Nilai <i>green</i>				<i>Mean green</i>	SD	%RSD
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4			
1	116,124	111,987	115,412	110,835	113,590	2,212	1,947
2	113,217	116,599	114,824	111,593	114,058	1,692	1,483
3	114,542	114,257	113,482	112,081	113,591	0,549	0,483

Cara menghitung : Reprodusibilitas hari ke-1 pada penambahan pH 6,2

$$\text{Mean} : \frac{116,124+111,987+115,412+110,835}{4} = 113,590$$

$$\text{SD} : \sqrt{\frac{\sum |Xd - \bar{X}d|^2}{n-1}}$$

$$: \sqrt{\frac{(113,590-116,124)^2 - (113,590-111,987)^2 - (113,590-115,412)^2 - (113,590-110,835)^2}{4-1}} = 2,212$$

$$\text{RSD} : \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\%$$

$$: \frac{2,212}{113,590} \times 100\% = 1,947$$

Lampiran 4.8 Waktu Pakai Penyimpanan Suhu Ruang

4.8.1 pH segar (5,4)

Waktu (hari)	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Mean	SD	%RSD	% Kenaikan Mean green
1	82,932	83,007	82,3	82,746	0,388	0,469	0
2	81,679	83,544	83,886	83,036	1,188	1,431	0,351
3	78,41	84,732	88,318	83,820	5,017	5,985	1,298
4	87,326	81,856	83,113	84,098	2,865	3,407	1,634
5	84,086	92,033	80,185	85,435	6,038	7,067	3,249
6	85,907	89,786	85,825	87,173	2,264	2,597	5,350
7	88,41	86,732	88,318	87,820	0,943	1,074	6,132
8	89,004	83,043	96,133	89,393	6,554	7,331	8,033
9	87,431	91,031	93,538	90,667	3,070	3,386	9,572
10	88,601	91,348	94,247	91,399	2,823	3,089	10,457
11	92,832	92,209	94,300	93,114	1,074	1,153	12,530
12	93,431	94,931	92,838	93,733	1,079	1,151	13,278
13	97,226	95,156	93,013	95,132	2,107	2,214	14,968
14	90,419	100,928	95,345	95,564	5,258	5,502	15,491

4.8.2 pH busuk (6,2)

Waktu (hari)	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Mean	SD	%RSD	% Kenaikan mean green
1	111,020	104,663	107,033	107,572	3,213	2,986	0,000
2	110,228	105,960	107,662	107,950	2,149	1,990	0,351
3	107,643	108,234	109,611	108,496	1,010	0,931	0,859
4	107,093	111,324	110,277	109,565	2,204	2,011	1,852
5	111,020	108,964	111,753	110,579	1,446	1,308	2,795
6	112,537	110,434	112,875	111,949	1,323	1,181	4,069
7	114,985	111,057	114,284	113,442	2,095	1,847	5,457
8	115,065	112,446	117,868	115,126	2,712	2,355	7,023
9	114,229	119,427	119,775	117,810	3,106	2,637	9,518
10	120,753	115,287	122,073	119,371	3,598	3,014	10,968
11	127,865	113,806	120,055	120,575	7,044	5,842	12,088
12	117,172	126,485	123,065	122,241	4,711	3,854	13,636
13	122,043	121,324	126,255	123,207	2,664	2,162	14,535
14	122,537	127,434	122,875	124,282	2,735	2,201	15,534

Lampiran 4.9 Waktu Pakai Penyimpanan Suhu Chiller

4.9.1 pH segar (5,2)

Waktu (hari)	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Mean	SD	%RSD	% Kenaikan mean green
1	86,111	84,749	79,115	83,325	3,709	4,451	0,000
2	88,609	82,653	79,12	83,461	4,796	5,746	0,163
3	87,135	83,198	81,971	84,101	2,698	3,208	0,932
4	89,111	84,749	79,115	84,325	5,011	5,943	1,200
5	82,234	83,765	88,507	84,835	3,271	3,855	1,813
6	84,086	91,033	80,185	85,101	5,495	6,457	2,132
7	85,453	83,658	87,924	85,678	2,142	2,500	2,824
8	88,948	86,599	83,876	86,474	2,538	2,935	3,780
9	85,907	89,786	85,825	87,173	2,264	2,597	4,618
10	86,898	85,072	91,557	87,842	3,344	3,807	5,421
11	88,234	89,265	88,107	88,535	0,635	0,717	6,253
12	85,198	93,072	89,557	89,276	3,945	4,418	7,142
13	94,337	93,189	82,562	90,029	6,492	7,211	8,046
14	97,772	87,139	87,973	90,961	5,913	6,500	9,165
15	91,412	95,882	89,539	92,278	3,259	3,532	10,744
16	90,004	93,943	96,633	93,527	3,334	3,565	12,243
17	98,948	93,599	91,876	94,808	3,688	3,890	13,781
18	93,993	95,266	98,159	95,806	2,135	2,228	14,979
19	99,454	92,683	97,516	96,551	3,487	3,612	15,873

4.9.2 pH Busuk (6,2)

Waktu (hari)	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Mean	SD	%RSD	% Kenaikan mean green
1	115,092	105,962	104,977	108,677	5,577	5,132	0
2	109,293	105,324	112,277	108,965	3,488	3,201	0,265
3	110,753	105,287	112,073	109,371	3,598	3,290	0,639
4	109,513	107,272	112,959	109,915	2,865	2,606	1,139
5	112,323	106,645	111,917	110,295	3,168	2,872	1,489
6	105,91	115,246	111,939	111,032	4,734	4,263	2,167
7	103,133	124,779	108,552	112,155	11,264	10,043	3,200
8	117,965	108,799	112,752	113,172	4,597	4,062	4,136
9	114,957	114,22	113,178	114,118	0,894	0,783	5,007
10	117,865	103,206	124,055	115,042	10,707	9,307	5,857
11	114,059	117,895	117,348	116,434	2,075	1,782	7,138
12	121,02	114,663	117,033	117,572	3,213	2,732	8,185
13	117,093	121,324	116,277	118,231	2,709	2,291	8,791
14	121,02	119,63	117,933	119,528	1,546	1,293	9,984

15	122,323	116,34	121,917	120,193	3,343	2,782	10,597
16	118,738	121,041	125,339	121,706	3,350	2,753	11,989
17	128,698	117,608	121,641	122,649	5,613	4,577	12,856
18	128,484	124,972	119,334	124,263	4,616	3,715	14,342
19	124,059	127,895	127,348	126,434	2,075	1,641	16,339

Cara menghitung : Waktu pakai penyimpanan suhu *chiller* hari ke-2 dengan penambahan pH 6,2

$$\% \text{ Kenaikan } \textit{mean green} : \frac{\textit{mean green hari 2} - \textit{mean green hari 1}}{\textit{mean green awal (hari ke-1)}} \times 100\%$$

$$: \frac{108,965 - 108,677}{108,677} \times 100\% = 0,265$$

Lampiran 4.10 Perubahan Warna Sensor Kesegaran Ikan

4.10.1 Penyimpanan Suhu Ruang

Waktu (jam)	Nilai <i>green</i>			<i>Mean green</i>	SD	% RSD
	Rep 1	Rep 2	Rep 3			
2	77,482	79,717	77,422	78,207	1,308	1,673
4	84,307	87,898	86,331	86,179	1,800	2,089
6	100,38	104,428	96,197	100,335	4,116	4,102
8	103,855	105,889	109,476	106,407	2,846	2,675
10	103,817	111,596	112,303	109,239	4,709	4,310
12	116,587	118,038	115,197	116,607	1,421	1,218
14	123,827	116,231	120,976	120,345	3,837	3,188
16	124,87	121,428	126,995	124,431	2,809	2,258
18	125,423	125,976	127,712	126,370	1,194	0,945
20	124,361	132,264	128,135	128,253	3,953	3,082
22	133,644	128,312	133,38	131,779	3,005	2,280
24	135,423	132,976	133,712	134,037	1,255	0,937

4. 10.2 Penyimpanan Suhu *Chiller*

Waktu (hari)	Nilai <i>green</i>			<i>Mean green</i>	SD	%RSD
	Rep 1	Rep 2	Rep 3			
1	78,255	81,394	81,524	80,391	1,851	2,302
2	95,553	92,399	90,567	92,840	2,522	2,717
3	102,836	96,667	95,473	98,325	3,952	4,019
4	112,51	100,308	111,413	108,077	6,750	6,246
5	113,115	112,308	116,043	113,822	1,965	1,727
6	131,221	111,851	115,678	119,583	10,259	8,579
7	123,522	120,551	122,556	122,210	1,515	1,240
8	126,715	121,111	129,874	125,900	4,438	3,525
9	129,754	130,25	129,413	129,806	0,421	0,324
10	134,324	128,797	130,415	131,179	2,842	2,166
11	135,966	129,657	130,792	132,138	3,363	2,545
12	133,169	133,758	133,386	133,438	0,298	0,223
13	133,089	139,886	127,668	133,548	6,122	4,584
14	133,063	135,478	133,889	134,143	1,227	0,915

Cara menghitung : Perubahan warna sensor kesegaran pada penyimpanan suhu *chiller* hari ke-1

$$\text{Mean} : \frac{78,255+81,394+81,254}{3} = 80,391$$

$$\text{SD} : \sqrt{\frac{\sum |Xd - \bar{X}d|^2}{n-1}}$$
$$: \sqrt{\frac{(80,391-78,255)^2 - (80,391-81,394)^2 - (80,391-81,254)^2}{3-1}} = 1,851$$

$$\text{RSD} : \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\%$$
$$: \frac{1,851}{80,391} \times 100\% = 2,302$$

Lampiran 4.11 Uji Total Mikroba

4.11.1 Penyimpanan Suhu Ruang

Waktu (jam)	1	2	3	4	5	6	7	cfu/g	log cfu/g
2	135	54						4,3 x 10 ³	3,633
	88	96							
4	TBUD	78	26					1,8 x 10 ⁴	4,255
	TBUD	80	30						
6	TBUD	80	36					2,5 x 10 ⁴	4,398
	TBUD	108	45						
8	TBUD	246	82					4,7 x 10 ⁴	4,672
	TBUD	178	63						
10		TBUD	90	43				3,1 x 10 ⁵	5,491
		TBUD	141	59					
12		TBUD	224	67				3,7 x 10 ⁵	5,568
		TBUD	125	40					
14			TBUD	80	43			2,7 x 10 ⁶	6,431
			TBUD	86	50				
16			TBUD	101	83			4,6 x 10 ⁶	6,663
			TBUD	124	79				
18				TBUD	89	37		2,8 x 10 ⁷	7,447
				TBUD	86	56			
20				TBUD	141	74		4,2 x 10 ⁷	7,623
				TBUD	119	66			
22					TBUD	98	41	2,4 x 10 ⁸	8,380
					TBUD	88	35		
24						TBUD	114	3,5 x 10 ⁸	8,544
						TBUD	122		

4.11.2 Penyimpanan Suhu *Chiller*

Waktu (hari)	1	2	3	4	5	6	cfu/g	log cfu/g
1	104	42					2,3 x 10 ³	3,362
	128	25						
2	183	70					5,4 x 10 ³	3,732
	196	108						
3	TBUD	134	34				2,9 x 10 ⁴	4,462
	TBUD	112	56					
4	TBUD	153	68				4,8 x 10 ⁴	4,681
	TBUD	188	90					

5	TBUD	120	45	$3,3 \times 10^5$	5,519
	TBUD	150	59		
6	TBUD	170	90	$5,2 \times 10^5$	5,716
	TBUD	166	84		
7	TBUD	142	43	$3,3 \times 10^6$	6,519
	TBUD	167	59		
8	TBUD	180	80	$4,5 \times 10^6$	6,653
	TBUD	206	60		
9	TBUD	246	114	$6,5 \times 10^6$	6,813
	TBUD	239	98		
10	TBUD	146	35	$3,0 \times 10^7$	7,477
	TBUD	138	56		
11	TBUD	182	47	$4,3 \times 10^7$	7,633
	TBUD	180	68		
12	TBUD	204	82	$4,8 \times 10^7$	7,681
	TBUD	212	68		
13	TBUD	240	102	$7,1 \times 10^7$	7,851
	TBUD	258	132		
14	TBUD	TBUD	169	$1,8 \times 10^8$	8,255
	TBUD	TBUD	180		

TBUD : Terlalu Banyak Untuk Dihitung

Cara menghitung :

Suhu ruang jam ke-2 :

$$\text{Cfu/g} : (135 + 88)/2 = 111,5$$

$$: (54 + 96)/2 = 75$$

$$: \{ (111,5 \times 10) + (75 \times 10^2) \} / 2 = 4,3 \times 10^3$$

$$\text{Log cfu/g} : \log 4,3 \times 10^3 = 3,633$$

Lampiran 4.12 Uji TVB

4.12.1 Penyimpanan Suhu Ruang

Volume Titration Blanko = 0,4 mL

Waktu (jam)	Vol, Titration sampel (mL)	TVB mg/100g	Mean TVB	SD	%RSD
2	0,64	6,72	6,907	0,323	4,681
	0,66	7,28			
4	0,64	6,72	10,640	0,000	0,000
	0,78	10,64			
	0,78	10,64			
6	1	16,8	16,987	0,323	1,903
	1,02	17,36			
8	1	16,8	20,907	0,428	2,046
	1,13	20,44			
	1,16	21,28			
10	1,15	21	24,453	0,323	1,322
	1,28	24,64			
	1,28	24,64			
12	1,26	24,08	28,747	0,647	2,249
	1,44	29,12			
	1,4	28			
14	1,44	29,12	34,160	0,970	2,839
	1,66	35,28			
	1,6	33,6			
16	1,6	33,6	36,220	0,312	0,861
	1,68	35,84			
	1,7	36,4			
18	1,7	36,4	41,067	0,323	0,787
	1,88	41,44			
	1,86	40,88			
20	1,86	40,88	45,733	0,323	0,707
	2,04	45,92			
	2,04	45,92			
22	2,02	45,36	55,627	0,647	1,162
	2,4	56			
	2,4	56			
24	2,36	54,88	59,920	0,970	1,619
	2,5	58,8			
	2,56	60,48			
	2,56	60,48			

4.12.2 Penyimpanan Suhu *Chiller*

Volume Titration Blanko = 0,4 mL

Waktu (hari)	Vol, Titration Sampel (mL)	TVB (mg/100g)	Mean TVB	SD	%RSD
1	0,62	6,16	6,907	1,293	18,725
	0,62	6,16			
	0,7	8,4			
2	0,58	10,64	10,080	1,482	14,699
	0,58	11,2			
	0,58	8,4			
3	0,88	13,44	14,187	0,647	4,558
	0,92	14,56			
	0,92	14,56			
4	1,18	21,84	21,467	0,647	1,506
	1,16	21,28			
	1,16	21,28			
5	1,26	24,04	31,733	0,647	2,644
	1,3	25,2			
	1,26	24,04			
6	1,52	31,36	31,733	0,647	2,083
	1,52	31,36			
	1,56	32,48			
7	1,6	33,6	34,720	0,970	2,794
	1,66	35,28			
	1,66	35,28			
8	2,2	50,4	48,533	1,617	3,331
	2,1	47,6			
	2,1	47,6			
9	2,24	51,52	51,333	0,323	0,630
	2,24	51,52			
	2,22	50,96			
10	2,4	56	56,000	0,000	0,000
	2,4	56			
	2,4	56			
11	2,56	60,48	59,920	0,970	1,619
	2,56	60,48			
	2,5	58,8			

12	2,8	67,2	67,573	0,323	0,478
	2,82	67,76			
	2,82	67,76			
13	3,02	73,36	73,574	0,323	0,440
	3,04	73,92			
	3,02	73,36			
14	3,1	75,6	76,160	0,560	0,735
	3,14	76,72			
	3,12	76,16			

Cara Menghitung

$$\begin{aligned}
 \text{TVB-N (mg/100 g)} &= \frac{(\text{mL sampel} - \text{mL blanko}) \times \text{N Hcl} \times 14}{\text{g sampel} \times 5/100} \times 100 \\
 &= \frac{(0,64 - 0,04) \times 0,01 \times 14}{10 \times 5/100} \times 100 = 6,72 \text{ mg/100g}
 \end{aligned}$$

Lampiran 4.13 Uji pH Ikan

4.13.1 Penyimpanan Suhu Ruang

Jam ke	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
pH	5,58	5,55	5,63	5,74	5,86	6,14	6,19	6,32	6,45	6,53	6,6	6,76
	5,6	5,55	5,65	5,75	5,88	6,14	6,2	6,33	6,45	6,52	6,66	6,72
	5,61	5,56	5,63	5,75	5,86	6,16	6,2	6,33	6,44	6,52	6,63	6,77
Mean	5,60	5,55	5,64	5,75	5,87	6,15	6,20	6,33	6,45	6,52	6,63	6,75
SD	0,015	0,006	0,012	0,006	0,012	0,012	0,006	0,006	0,006	0,006	0,030	0,026
%RSD	0,273	0,104	0,205	0,100	0,197	0,188	0,093	0,091	0,090	0,089	0,452	0,392

4.13.2 Penyimpanan Suhu *Chiller*

Hari ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
pH	5,64	5,79	5,82	5,9	6,08	6,16	6,24	6,38	6,43	6,57	6,77	6,98	7,21	7,4
	5,67	5,78	5,83	5,91	6,06	6,18	6,25	6,34	6,44	6,52	6,75	6,99	7,23	7,38
	5,65	5,79	5,83	5,89	6,07	6,16	6,26	6,35	6,46	6,56	6,73	6,99	7,21	7,41
Mean	5,65	5,79	5,83	5,90	6,07	6,17	6,25	6,36	6,44	6,55	6,75	6,99	7,22	7,40
SD	0,015	0,006	0,006	0,010	0,010	0,012	0,010	0,021	0,015	0,026	0,020	0,006	0,012	0,015
CV	0,270	0,100	0,099	0,169	0,165	0,187	0,160	0,327	0,237	0,404	0,296	0,083	0,160	0,207

Lampiran 4.14 Uji Tekstur Ikan

4.14.1 Penyimpanan Suhu Ruang

Waktu (jam)	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Mean	SD	%RSD
2	251	261	255	269	263	290	280	335	324	246	277,4	30,526	11,004
4	246	263	257	248	235	239	285	249	242	231	249,5	15,750	6,313
6	224	208	195	220	201	235	217	230	251	231	221,2	16,825	7,606
8	206	203	216	229	217	207	245	163	168	157	201,1	29,316	14,578
10	168	159	190	163	154	173	145	186	187	196	172,1	17,130	9,953
12	186	148	156	185	137	141	135	139	149	151	152,7	18,518	12,127
14	146	112	132	123	124	155	122	149	164	148	137,5	17,116	12,448
16	128	124	129	118	122	123	145	134	126	143	129,2	8,929	6,911
18	112	121	129	111	127	120	127	109	103	108	116,7	9,250	7,926
20	88	97	98	108	117	110	111	133	106	121	108,9	12,931	11,874
22	75	92	88	97	94	82	93	85	96	70	87,2	9,151	10,494
24	68	66	70	56	51	59	67	70	108	78	69,3	15,671	22,613

4.14.2 Penyimpanan Suhu *Chiller*

Waktu (hari)	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Mean	SD	%RSD
1	264	255	271	266	273	251	280	243	259	286	264,8	13,265	5,009
2	236	241	219	284	223	217	231	209	218	214	229,2	21,725	9,478
3	204	213	228	239	206	198	194	256	206	215	215,9	19,536	9,049
4	206	186	194	214	169	216	216	218	194	208	202,1	16,045	7,939
5	192	184	186	195	229	182	168	164	179	158	183,7	19,928	10,848
6	160	182	192	195	152	158	187	162	153	150	169,1	17,810	10,532
7	151	159	167	152	145	162	163	149	158	158	156,4	6,931	4,432
8	142	148	132	154	148	100	176	122	134	105	136,1	22,903	16,828
9	109	126	165	120	128	88	102	141	104	120	120,3	21,833	18,149
10	120	101	70	124	98	94	104	110	111	109	104,1	15,154	14,558
11	98	100	85	101	89	90	95	88	75	103	92,4	8,669	9,382
12	76	103	67	65	108	101	75	97	80	71	84,3	16,242	19,266
13	73	69	104	135	72	60	80	79	66	60	79,8	23,170	29,035
14	71	60	69	60	72	56	60	84	79	73	68,4	9,204	13,456

Lampiran 4.15 Form Kuisioner Uji Organoleptis

Nama panelis :

Penyimpanan suhu ruang

Waktu (jam)	Bau			Warna		
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
2						
4						
6						
8						
10						
12						
14						
16						
18						
20						
22						
24						

Penyimpanan suhu *chiller*

Waktu (hari)	Bau			Warna		
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						

Kriteria penilaian Bau :

Segar, spesifik jenis	: 9
Netral	: 7
Apek, sedikit tengik	: 5
Asam, sedikit bau amoniak, tengik	: 3
Amoniak dan busuk jelas sekali	: 1

Kriteria penilaian Warna :

Warna spesifik jenis, cemerlang	: 9
Warna spesifik jenis, kurang cemerlang	: 7
Mulai berubah warna	: 5
Bagian pinggir agak kehijauan, kusam	: 3
Warna kehijauan merata	: 1

4.16.5 Nilai Rata-rata Parameter Bau Panelis pada Penyimpanan Suhu Ruang

Waktu (jam)	Bau			Mean	SD	%RSD
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3			
2	9	9	9	9,000	0,000	0,000
4	9	9	9	9,000	0,000	0,000
6	8,2	8,6	8	8,267	0,306	3,696
8	7,6	7,6	7,4	7,533	0,115	1,533
10	7,2	7,2	7,2	7,200	0,000	0,000
12	7	7	7	7,000	0,000	0,000
14	5,2	5,2	5	5,133	0,115	2,249
16	4	4	4	4,000	0,000	0,000
18	3	3	3	3,000	0,000	0,000
20	2	2,2	2	2,067	0,115	5,587
22	1,6	1,2	1,6	1,467	0,231	15,746
24	1	1	1	1,000	0,000	0,000

16.6 Nilai Rata-rata Parameter Warna Panelis pada Penyimpanan Suhu Ruang

Waktu (jam)	Warna			Mean	SD	%RSD
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3			
2	9	9	9	9,000	0,000	0,000
4	9	9	9	9,000	0,000	0,000
6	7,6	7,6	7,6	7,600	0,000	0,000
8	7,2	7	7	7,067	0,115	1,634
10	7	7	7	7,000	0,000	0,000
12	7	7	7	7,000	0,000	0,000
14	5,2	5,2	4,8	5,067	0,231	4,558
16	4,6	4,6	4,4	4,533	0,115	2,547
18	3	3,2	3,2	3,133	0,115	3,685
20	3	3	3	3,000	0,000	0,000
22	3	3	3	3,000	0,000	0,000
24	3	3	3	3,000	0,000	0,000

4.16.7 Nilai Rata-rata Parameter Bau Panelis pada Penyimpanan Suhu *Chiller*

Waktu (hari)	Bau			Mean	SD	%RSD
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3			
1	9	9	9	9,000	0,000	0,000
2	8,6	8,8	8,8	8,733	0,115	1,322
3	7,8	7,4	7,4	7,533	0,231	3,066
4	7,2	7	7	7,067	0,115	1,634
5	7	7	7	7,000	0,000	0,000
6	6,2	5,5	5,5	5,733	0,404	7,049
7	5	5	5	5,000	0,000	0,000
8	4,4	4,4	4,4	4,400	0,000	0,000
9	3,4	3,4	3,4	3,400	0,000	0,000
10	2,8	2,8	2,8	2,800	0,000	0,000
11	1,4	1,4	1,4	1,400	0,000	0,000
12	1	1	1	1,000	0,000	0,000
13	1	1	1	1,000	0,000	0,000
14	1	1	1	1,000	0,000	0,000

4.16.8 Nilai Rata-rata Parameter Warna Panelis pada Penyimpanan Suhu *Chiller*

Waktu (hari)	Warna			Mean	SD	%RSD
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3			
1	9	9	9	9,000	0,000	0,000
2	8,4	8,6	8,6	8,533	0,115	1,353
3	7,6	7,6	8	7,733	0,231	2,986
4	7,2	7,2	7,2	7,200	0,000	0,000
5	7	7	7	7,000	0,000	0,000
6	5,4	5,6	5,4	5,467	0,115	2,112
7	5	5	5	5,000	0,000	0,000
8	4,4	4,4	4,8	4,533	0,231	5,094
9	3,2	3,8	3,6	3,533	0,306	8,646
10	3	3	3	3,000	0,000	0,000
11	3	3	3	3,000	0,000	0,000
12	3	3	3	3,000	0,000	0,000
13	3	3	3	3,000	0,000	0,000
14	3	3	3	3,000	0,000	0,000

Lampiran 4.17 Kemasan Sensor Kesegaran *Edible*

Lampiran 4.18 Dokumentasi Foto**4.18.1 Pembuatan Ekstrak Kulit Buah Juwet****(a)****(b)****(c)****(d)**

Keterangan :

- A : Buah Juwet
- B : Kulit buah juwet kering
- C : Etanol 96%
- D : Ekstrak kulit buah juwet

4.18.2 Pembuatan Membran Selulosa Bakterial



(a)



(b)



(c)

Keterangan :

A : *Nata de coco*

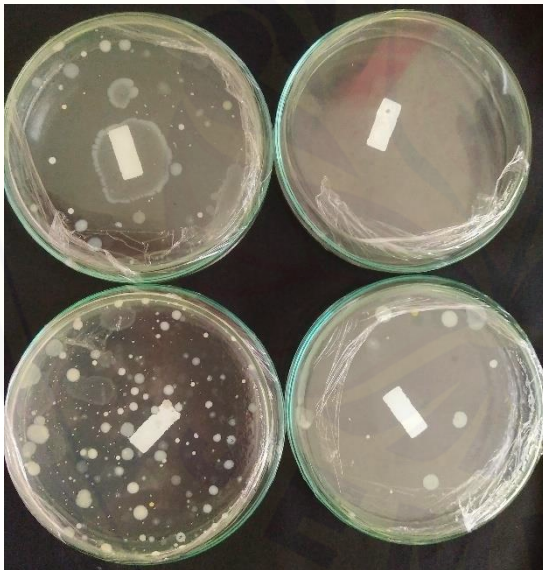
B : *Press kaca*

C : Membran selulosa bakterial *nata de coco*

4.18.3 Uji Total Mikroba



(a)



(b)



(c)

Keterangan :

A : Alat dan bahan uji total mikroba

B : Hasil inkubasi

C : Koloni meter

4.18.4 Uji TVB-N



(a)



(b)



(c)

Keterangan :

- A : Destilasi Kjeldahl
- B : Sebelum titrasi
- C : Setelah titrasi

4.18.5 Uji pH



pH meter

4.18.6 Uji Tekstur



Rheotex