



**PENGEMBANGAN LABEL PINTAR BERBAGAI CAMPURAN  
INDIKATOR KIMIA SEBAGAI SENSOR KESEGERAN FILLET IKAN  
TENGGERI (*SCOMBEROMORUS COMMERSON*)**

**SKRIPSI**

Oleh :

**HELMY AFRIZAL  
NIM 122210101102**

**FAKULTAS FARMASI  
UNIVERSITAS JEMBER  
JEMBER  
2020**



**PENGEMBANGAN LABEL PINTAR BERBAGAI CAMPURAN  
INDIKATOR KIMIA SEBAGAI SENSOR KESEGERAN FILLET IKAN  
TENGGIRI (*SCOMBEROMORUS COMMERSON*)**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Studi Farmasi (S1) dan mencapai gelar sarjana

Oleh :

**HELMY AFRIZAL  
NIM 122210101102**

**FAKULTAS FARMASI  
UNIVERSITAS JEMBER  
JEMBER  
2020**

## PERSEMBAHAN

Skripsi saya ini saya persembahkan untuk :

1. Bapak dan ibu tercinta, Barmawi Alwi dan Lilik sakdiah yang telah membesarkan saya dengan penuh kasih sayang, kesabaran, mendukung, kerja keras, pengorbanan dan doa yang senantiasa mengiringi setiap langkahku;
2. Kakak-kakakku yang telah mendukung dan memberi doa, skripsi ini dapat terselesaikan
3. Guru, dosen, dan pendidik yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan sejak bangku taman kanak – kanak sampai dengan perguruan tinggi;
4. Almamater Fakultas Farmasi Universitas Jember.

**MOTTO**

“Jangan pernah takut gagal akan semua cita-cita yang dulu telah di impikan”

“doa dan kerja keras tak akan mengkhianati hasil”



**PERNYATAAN**

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Helmy Afrizal

Nim : 122210101102

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengembangan label pintar berbagai campuran indikator kimia sebagai sensor kesegaran fillet ikan tenggiri (*Scomberomorus Commerson*)” adlah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik serta sanksi lainnya.

Jember,  
Yang menyatakan,

Helmy Afrizal  
NIM. 122210101102

**SKRIPSI**

**PENGEMBANGAN LABEL PINTAR BERBAGAI CAMPURAN  
INDIKATOR KIMIA SEBAGAI SENSOR KESEGARAN FILLET IKAN  
TENGGIRI (*SCOMBEROMORUS COMMERSON*)**

Oleh :

HELMY AFRIZAL

122210101102

Pembimbing :

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

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

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Pengembangan label pintar berbagai campuran indikator kimia sebagai sensor kesegaran fillet ikan tenggiri (*Scomberomorus Commerson*)” telah diuji dan disahkan:

Hari, Tanggal :

Tempat : Fakultas Farmasi Universitas Jember

**Tim Pembimbing**

Dosen pembimbing utama

Dosen pembimbing anggota

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

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

**Tim Penguji**

Dosen penguji 1

Dosen penguji 2

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

Eka Dedy Irawan, S.Si., M.Sc., Apt  
NIP 197503092001121001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember,

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

## RINGKASAN

**Pengembangan label pintar berbagai campuran indikator kimia sebagai sensor kesegaran fillet ikan tenggiri (*Scomberomorus Commerson*); Helmy Afrizal; 122210101102; 2020; halaman; Fakultas Farmasi Universitas Jember.**

Ikan tenggiri (*Scomberomorus commerson*) adalah jenis ikan air laut yang merupakan kelompok ikan laut yang memiliki cita rasa khas. Ikan tenggiri memiliki rasa yang khas sehingga digemari hampir semua kalangan masyarakat. Ikan tenggiri banyak ditemukan di perairan Indonesia seperti di pantai utara Jawa, panta selatan Jawa Tengah, pantai utara dan selatan Bali, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku dan Irian Jaya. Ikan memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi. Ikan tenggiri mengandung protein yang cukup tinggi, yaitu 21,4 gram protein per 100 gram.

Fillet ikan tenggiri segar memiliki pH rendah (6,0-7,0) dengan warna cerah dan memiliki stabilitas yang lebih baik terhadap kerusakan mikroorganismenya sedangkan fillet ikan tenggiri yang tidak segar memiliki pH tinggi (7,0 – 8,06) dengan warna yang pucat dan menimbulkan bau busuk menyengat dan memungkinkan untuk perkembangan mikroorganismenya. Proses pembusukan fillet ikan tenggiri dipengaruhi dengan adanya peningkatan pH. Basa kuat yang terbentuk dapat ditentukan dengan pengukuran *Total Volatile Base* (TVB). Fillet ikan tenggiri dinyatakan membusuk apabila menunjukkan angka 30mg/100g Nilai total mikroba dari fillet ikan tenggiri yang segar tidak boleh lebih dari  $5 \times 10^5$  cfu/g atau 5,000 cfu/g

Parameter – parameter tingkat kesegaran fillet ikan tenggiri meliputi pH, tekstur, mikroba, TVB. Dari parameter tersebut dikaitkan dengan perubahan warna dari label pintar sehingga dapat ditentukan perubahan kualitas fillet ikan tenggiri dalam kemasan yang disimpan dalam suhu ruang dan *chiller*

Hasil penelitian dilihat dari tingkat kesegaran fillet ikan tenggiri dan perubahan warna label pintar selama penyimpanan pada suhu ruang dan *chiller*. Fillet Ikan tenggiri yang disimpan pada suhu ruang selama 24 jam mulai menunjukkan fillet ikan tenggiri yang tidak segar pada jam ke-8 disertai perubahan warna pada label pintar merah jingga menjadi abu-abu gelap dengan timbul bau busuk, memiliki pH 7,0, tektur 17 g/5mm, TPC 5,48 log<sub>10</sub>cfu/g dan TVB 34,376mg/100g. Pada suhu *chiller* fillet ikan tenggiri disimpan selama 14 hari telah menunjukkan fillet ikan tenggiri tidak segar pada hari ke-7 dengan warna label pintar yang sama seperti suhu ruang dengan nilai pH 7,0, tekstur 15 g/5mm, TPC 5,87 log<sub>10</sub>cfu/g dan TVB 32.mg/100g.

Hubungan tingkat kesegaran fillet ikan tenggiri dengan laju perubahan warna label pintar menghasilkan hasil yang positif. Perubahan intensitas warna



label pintar pada suhu ruang lebih cepat dari pada suhu *chiller*. Hal ini menunjukkan bahwa semakin cepat perubahan warna label pintar maka semakin menurun kualitas fillet ikan tenggiri pada kemasan sehingga fillet ikan tenggiri tidak layak untuk dikonsumsi.



## PRAKATA

Alhamdulillahirabbil'alamin atas segala limpah rahmat, karunia serta kekuatan yang telah diberkuatan yang telah diberikan Allah SWT sehingga atas izin-Nya pula penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengembangan label pintar berbagai campuran indikator kimia sebagai sensor kesegaran fillet ikan tenggiri (*Scomberomorus Commerson*)”. Skripsi ini disusun guna untuk memenuhi persyaratan untk mendapatkan gelar Sarjana Farmasi di Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Penulis menyadari bahwa terselesainya skripsi ini berkat campur tangan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tiada hingga kepada:

1. Bapak dan ibu tercinta yang telah menjadi orang tua terbaik, selalu memberikan banyak motivasi, nasihat, dukungan, cinta , perhatian, kasih sayang serta doa yang tiada henti di setiap langkah penulis;
2. Ibu Lestyo Wulandari, S.Si., M.Farm., Apt selaku Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember;
3. Bapak Prof. Drs. Bambang Kuswandi. M.Sc., Ph.D Selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Ibu Indah Purnama Sary, S.Si., M.Farm.,Apt Selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, tenaga serta perhatian untuk memberikan ilmu, bimbingan dan pengarahan demi terselesainya penulisan skripsi ini;
4. Ibu Nia Kristiningrum, S.Farm.,M.Farm., Apt dan Bapak Eka Deddy Irawan. S.Si., M.Sc., Apt Selaku Dosen Penguji yang telah berkenan untuk menguji skripsi ini dan memberikan masukan serta saran untuk pengembangan diri penulis dan skripsi ini;
5. Bapak Dwi Koko Pratoko. S.Farm.,M.Sc.,Apt, Ibu Budipratiwi Wisudyarningsih, S.Farm., MSc., Apt. dan ibu Ika Puspita Dewi.

S.Farm., M.Biomed., Apt. Selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah meluangkan banyak waktu untuk membimbing dalam permasalahan perkuliahan penulis;

6. Seluruh Dosen Fakultas Farmasi Universitas Jember yang telah mengajarkan ilmu pengetahuan yang berguna dalam menyelesaikan skripsi;
7. Pimpinan dan para Karyawan Fakultas Farmasi Universitas Jember atas bantuannya selama belajar di Fakultas Farmasi Universitas Jember;
8. Teknisi Lab. Kimia Fakultas Farmasi Universitas Jember, Bu wayan dan mbak Hani atas bantuannya selama penelitian berlangsung;
9. Ibu Ketut selaku teknisi Lab kimia dan Biokimia Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang telah memberikan bantuan dalam melakukan penelitian ;
10. Bapak Dul selaku teknisi Lab. Kimia Organik FMIPA UNEJ atas waktu dan bantuan selama penelitian;
11. Teman sejawat petrok rollas terima kasih atas canda tawa, doa, semangat dan dukungannya;
12. Rekan kerja dalam penelitian “MEAT”, Arjun, Novialda, Helmy, Mbak Diah, semangat, bantuan, kerjasama, dukungan dan kebersamaannya dalam susah senang dalam melakukan penelitian;

Jember,

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN COVER .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAM JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR RUMUS .....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Tujuan.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Manfaat.....</b>	<b>3</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Ikan tenggiri .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Sensor .....</b>	<b>5</b>
2.2.1 Sensor Ph .....	6
<b>2.3 Indikator .....</b>	<b>6</b>
2.3.1 <i>Methyl Red</i> .....	6
2.3.2 <i>Bromothymol blue</i> .....	7
2.3.3 <i>Bromocresol purple</i> .....	8
<b>2.4 Teknik Immobilisasi .....</b>	<b>9</b>
<b>2.5 Uji Intensitas Warna Design ImageJ .....</b>	<b>9</b>
<b>2.6 Uji Parameter Kesegaran Ikan.....</b>	<b>10</b>
2.6.1 Perubahan pH.....	10
2.6.2 Perubahan Tekstur .....	10
2.6.3 Total Mikroba .....	10

2.6.4	<i>Total Volatile Base</i> .....	10
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>		<b>17</b>
<b>3.1</b>	<b>Jenis Penelitian.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2</b>	<b>Tempat dan Waktu Penelitian.....</b>	<b>17</b>
<b>3.3</b>	<b>Variabel Penelitian .....</b>	<b>17</b>
3.3.1	Variabel bebas.....	17
3.3.2	Variabel terikat .....	17
3.3.3	Variabel terkontrol.....	17
<b>3.4</b>	<b>Definisi Operasional .....</b>	<b>18</b>
<b>3.5</b>	<b>Alat dan Bahan.....</b>	<b>18</b>
3.5.1	Alat.....	18
3.5.2	Bahan .....	18
<b>3.6</b>	<b>Alur Penelitian .....</b>	<b>19</b>
3.6.1	Pembuatan sensor .....	19
3.6.2	Aplikasi sensor pada sampel terukur .....	20
<b>3.7</b>	<b>Prosedur Pengujian .....</b>	<b>21</b>
3.7.1	Pembuatan sensor .....	21
3.7.2	Uji warna (menggunakan ImageJ).....	21
3.7.3	Uji tekstur (menggunakan Rheotex).....	21
3.7.4	Uji pH .....	22
3.7.5	Total mikroba (teknik agar tuang plate count).....	22
3.7.6	<i>Total Volatile Base</i> (TVB).....	22
3.7.7	Aplikasi pada fillet ikan tenggiri secara langsung .....	23
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>24</b>
<b>4.1</b>	<b>Penentuan Konsentrasi Indikator pH pada Label Pintar.....</b>	<b>24</b>
<b>4.2</b>	<b>Label Pintar sebagai Sensor Kesegaran Fillet Ikan Tenggiri....</b>	<b>25</b>
<b>4.3</b>	<b>Kesegaran Fillet Ikan Tenggiri Pada Penyimpanan Suhu Ruang</b>	<b>27</b>
4.3.1	Perubahan Intensitas Warna Label Pintar .....	27

4.3.2	Tekstur Fillet Ikan Tenggiri.....	29
4.3.3	pH Fillet Ikan Tenggiri .....	30
4.3.4	Total Mikroba Fillet Ikan Tenggiri.....	31
4.3.5	<i>Total Volatile Base</i> (TVB) Fillet Ikan Tenggiri.....	32
<b>4.4</b>	<b>Kesegaran Fillet Ikan Tenggiri pada Penyimpanan Suhu <i>Chiller</i></b>	<b>33</b>
4.4.1	Perubahan Intensitas Warna Label Pintar .....	33
4.4.2	Tekstur Fillet Ikan Tenggiri.....	35
4.4.3	pH Fillet Ikan Tenggiri .....	36
4.4.4	Total Mikroba Fillet Ikan Tenggiri.....	37
4.4.5	<i>Total Volatile Base</i> (TVB) Fillet Ikan Tenggiri.....	38
4.4.6	Hubungan Tingkat Kesegaran Fillet Ikan Tenggiri dengan Perubahan Label Pintar.....	39
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>40</b>
<b>5.1</b>	<b>Kesimpulan.....</b>	<b>40</b>
<b>5.2</b>	<b>Saran .....</b>	<b>40</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>41</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>44</b>

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 2.1 Skema sensor kimia.....	6
Gambar 2.2 Struktur kimia metil merah.....	7
Gambar 2.3 Struktur kimia <i>Bromothymol blue</i> .....	7
Gambar 2.4 Struktur kimia <i>Bromocresol purple</i> .....	8
Gambar 2.5 Metode adsorpsi (Kuswandi, 2010).....	9
Gambar 3.1 Alur pembuatan sensor <i>methyl red</i> (MR), <i>bromothymol blue</i> (BTB) dan <i>bromocresol purple</i> (BCP) .....	19
Gambar 3.2 Alur penelitian aplikasi dan karakterisasi “Label Pintar” pada kesegaran fillet ikan tenggiri .....	20
Gambar 3.3 Sensor kesegaran fillet ikan tenggiri .....	23
Gambar 4.1 Desain Label Pintar.....	25
Gambar 4.2 Gambar perubahan warna indikator label pintar .....	26
Gambar 4.3 Grafik perubahan intensitas warna label pintar atau sensor pada penyimpanan suhu ruang selama 24 jam.....	28
Gambar 4.4 Hubungan <i>mean RGB</i> label pintar atau sensor dengan tekstur fillet ikan tenggiri pada suhu ruang selama 24 jam. ....	29
Gambar 4.5 Hubungan <i>mean RGB</i> label pintar atau sensor dengan pH fillet ikan tenggiri pada suhu ruang selama 24 jam.....	30
Gambar 4.6 Hubungan <i>mean RGB</i> label pintar atau sensor dengan total mikroba (TPC) pada penyimpanan suhu ruang selama 24 jam.....	31
Gambar 4.7 Hubungan <i>mean RGB</i> label pintar atau sensor dengan TVB fillet ikan tenggiri pada suhu ruang selama penyimpanan 24 jam .....	32
Gambar 4.8 Perubahan intensitas warna label pintar pada penyimpanan suhu <i>chiller</i> selama 14 hari.....	34
Gambar 4.9 Hubungan <i>mean RGB</i> label pintar atau sensor dengan tekstur fillet ikan tenggiri pada suhu ruang selama 24 jam.....	35

- Gambar 4.10 Hubungan *mean RGB* label pintar atau sensor dengan pH fillet ikan tenggiri pada penyimpanan suhu *chiller* selama 14 hari. .... 36
- Gambar 4.11 Hubungan *mean RGB* label pintar atau sensor dengan mikroba (TPC) pada penyimpanan suhu *chiller* selama 14 hari. .... 37
- Gambar 4.12 Hubungan *mean RGB* label pintar atau sensor dengan TVB fillet ikan tenggiri pada suhu *chiller* selama penyimpanan 14 hari. .... 38





**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 2.1 Kandungan gizi ikan tenggiri per 100 gram.....	5
Tabel 4.1 Selisih <i>mean RGB</i> label pintar atau sensor dari pH 4 dan 8 dengan konsentrasi 500 ppm, 1000 ppm dan 1500 ppm.....	24
Tabel 4.2 Intensitas warna label pintar atau sensor pada penyimpanan suhu ruang 24 jam.....	27
Tabel 4.3 Intensitas warna label pintar atau sensor pada penyimpanan suhu <i>chiller</i> selama 14 hari.....	33

**DAFTAR RUMUS**

	Halaman
Koloni per ml .....	22
TVB .....	22



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki macam sumberdaya hayati yang sangat beragam dan berbagai macam jenis makhluk hidup di alam. Salah satu kekayaan hayati meliputi ikan. Ikan memiliki berbagai manfaat dalam bidang kesehatan karena ikan memiliki kandungan gizi tinggi. Kandungan gizi utama pada ikan adalah protein serta asam-asam lemak esensial yang sangat berguna bagi kesehatan manusia.

Ikan tenggiri (*Scomberomorus commerson*) adalah jenis ikan air laut yang merupakan kelompok ikan laut yang memiliki cita rasa khas. Ikan tenggiri memiliki rasa yang khas sehingga digemari hampir semua kalangan masyarakat. Ikan tenggiri banyak ditemukan di perairan Indonesia seperti di pantai utara Jawa, panta selatan Jawa Tengah, pantai utara dan selatan Bali, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku dan Irian Jaya (Martosubro *et al.*, 1991 dalam Mutakin., 2001). Ikan memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi. Ikan tenggiri mengandung protein yang cukup tinggi, yaitu 21,4 gram protein per 100 gram (Tabel Komposisi Pangan Indonesia, 2007). Kepala ikan tenggiri banyak mengandung kalsium karena banyak terdapat tulang-tulang pada kepala ikan tersebut.

Skombrotoksin adalah toksin yang dihasilkan terutama oleh ikan-ikan famili Scombroidae yang telah membusuk. Histamin merupakan kandungan terbesar di dalam skrombotoksin. Ikan penyebab keracunan histamin biasanya mengandung histidin bebas dalam jumlah tinggi (kadar histidin bebas lebih dari 1%). Histamin tidak membahayakan jika dikonsumsi dalam jumlah yang rendah , yaitu 8 mg/100 gram ikan. Gejala keracunan akan terjadi jika kita mengkonsumsi ikan dengan kandungan histamin tinggi (lebih dari 70 mg/100 gram ikan) (Hadiwiyoto, 1993). Gejala keracunan skrombotoksin meliputi : Rasa mual,

tenggorokan terasa terbakar, bengkak pada bibir, migran, muncul kemerahan pada muka dan Kulit gatal dan badan lemas

Dewasa ini, sangat banyak dikembangkan kemasan pintar yang dirancang untuk memberikan informasi kepada masyarakat secara real terhadap tingkat kesegaran suatu produk pangan, salah satu contohnya dengan menggunakan label pintar. Dengan tujuan untuk meningkatkan dan menjaga mutu dari kesegaran pangan yang akan dikemas. Teknik dalam pengemasan untuk kesegaran bahan pangan utamanya fillet ikan tenggiri dengan desain label pintar dengan menggunakan indikator pH

Indikator pH *methyl red* (MR), *bromothymol blue* (BTB) dan *bromocresol purple* (BCP) digunakan sebagai sensor indikator kesegaran. *Methyl red* (MR) juga dikenal dengan *CI acid red 2* merupakan indikator pH yang berubah merah pada keadaan asam (pH di bawah 4,4) dan berubah kuning pada keadaan basa (pH di atas 6,2). *Bromothymol blue* (BTB) juga dikenal dengan *bromothymol sulfone phthalein* merupakan indikator yang bekerja pada asam dan basa. Indikator ini memiliki pH 6 (berwarna kuning) dan pH 7,6 (berwarna biru). *Bromocresol purple* (BCP) merupakan indikator pH berwarna kuning pada pH dibawah 5,2 dan menjadi ungu pada pH di atas 6,8 (Ram *et al.*, 2012). Kemampuan menangkap *volatile amine* (*biogenic amin*) pada fillet ikan tenggiri yang mengalami pembusukan akibat mikroba merupakan prinsip dari sensor kesegaran fillet ikan tenggiri. Jumlah *volatile amine* yang terbentuk setara dengan kenaikan pH fillet ikan tenggiri. Perubahan warna pada membran sensor dapat diamati secara visual.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka permasalahan yang ingin dipelajari adalah sebagai berikut :

1. Berapa konsentrasi optimum dari campuran indikator pH MR, BTB dan BCP sebagai sensor kesegaran fillet ikan tenggiri?
2. Bagaimana perubahan warna label pintar pada kemasan tersebut sebagai sensor kesegaran fillet ikan tenggiri terhadap parameter uji yang meliputi pH, tekstur, total mikroba dan TVB pada suhu ruangan dan *chiller*?

## 1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan yang ingin dicapai adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui konsentrasi optimum dari campuran indikator pH MR, BTB dan BCP sebagai sensor kesegaran fillet ikan tenggiri;
2. Untuk mengetahui perubahan warna label pintar pada kemasan tersebut sebagai sensor kesegaran pada fillet ikan tenggiri terhadap parameter uji yang meliputi pH, tekstur, total mikroba dan TVB serta pada suhu ruangan dan *chiller*

## 1.4 Manfaat

Manfaat dilakukan penelitian ini adalah memberikan informasi kepada masyarakat terhadap kesegaran fillet ikan tenggiri dengan menggunakan teknologi sensor kimia berupa label pintar (*smart label*) yang berbasis perubahan pH sehingga dapat langsung diaplikasikan pada ikan tenggiri dan pada kemasan.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Ikan tenggiri

Ikan tenggiri (*Scomberomorus commerson*) adalah ikan laut yang memiliki nilai jual yang tinggi di Indonesia. Ciri-ciri ikan tenggiri yaitu tubuh panjang, ikan perenang cepat dan tangkas. Dari segi tubuh ikan tenggiri mempunyai tubuh panjang dan berbentuk torpedo, mulut lebar dan berujung runcing, gigi rahang gepeng dan tajam. Sirip punggung tenggiri ada yang berjari-jari keras dengan jumlah 14-17 buah dan ada pula sirip punggung yang berjari-jari lemah dengan jumlah 14-19 buah yang di ikuti dengan 8-10 sirip tambahan. (Martosubro *et al.*, 1991 diacu Mutakin., 2001). Ketersediaan ikan tenggiri di Indonesia 1.145.500 ton/tahun atau 17,56%. Salah satu daerah potensial dalam pemanfaatan ikan tenggiri yang terletak di Utara Jawa adalah Kabupaten Indramayu.

Tabel 2.1 Kandungan gizi ikan tenggiri per 100 gram

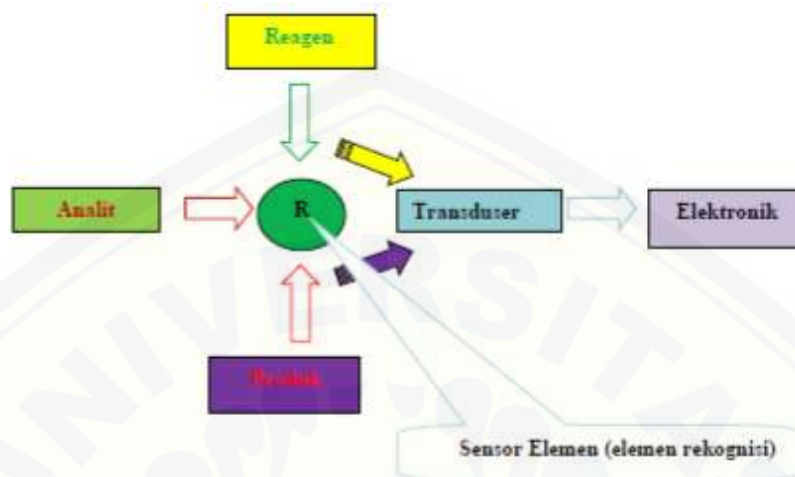
Jenis ikan	Kalori	Protein (gr)	Lemak (gr)	Kolesterol (mg)	Zat besi (mg)
Ikan tenggiri	112	21,4	2,3	33	0,9

Sumber: Departemen Kesehatan, R.I.,1996

### 2.2 Sensor

Sensor kimia adalah suatu alat analisa berisi reagen kimia yang dapat bereaksi dengan analit tertentu dalam larutan atau gas sehingga menghasilkan perubahan fisika-kimiawi yang dapat diubah menjadi sinyal elektrik proporsional dengan konsentrasi dari analit tersebut. Proses terjadinya

sensor kimia bisa dilihat pada gambar 2.1. Kebanyakan sensor mengandung dua unit dasar fungsional yaitu transduser dan reseptor



**Gambar 2.1** Skema sensor kimia  
(Kuswandi, 2010)

### 2.2.1 Sensor Ph

Sensor pH merupakan jenis sensor kimia. Sensor pH adalah suatu piranti atau elemen yang mampu mengubah suatu energi menjadi energi yang lain (Kuswandi, 2010).

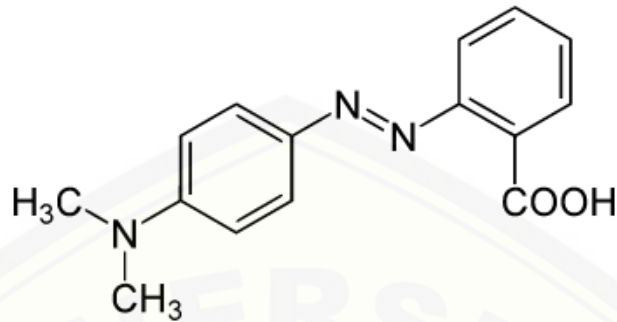
## 2.3 Indikator (*mehtyl red, bromthymol blue dan bromocresol purple*)

Indikator pH merupakan zat yang berubah warna atau membentuk fluoresen dengan perubahan pada pH. Indikator asam dan basa lemah biasanya akan terlarut sedikit dalam air dan membentuk ion. Indikator asam – basa biasa disebut sebagai indikator pH. (Khopkar, 1990).

### 2.3.1 *Methyl Red*

Metil merah merupakan suatu basa lemah azo dengan  $pK_a = 5,1$  dan banyak digunakan sebagai indikator pH. Metil merah juga dikenal sebagai *Cl acid red 2* merupakan indikator PH yang berubah menjadi merah jika pada suasana asam (pH dibawah 4,4) dan menjadi kuning pada suasana basah (pH diatas 6,2)

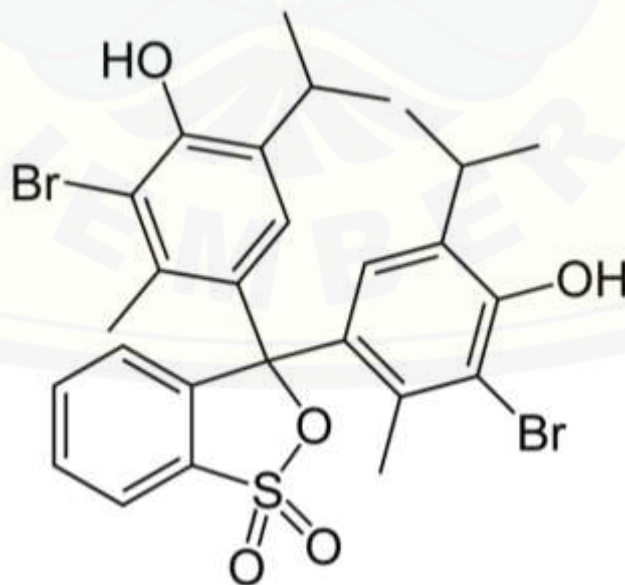
(Byrne *et al.*, 2002; Pacquit *et al.*, 2005). Struktur kimia metil merah dapat dilihat pada gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Struktur kimia metil merah

### 2.3.2 *Bromothymol blue*

*Bromothymol blue* (BTB) yang juga dikenal sebagai *bromothymol sulfone phthalein* merupakan indikator yang bekerja pada asam dan basa lemah. Indikator ini memiliki pH 6 (berwarna kuning) dan pH 7,6 (menjadi biru) dan biasanya digunakan untuk bahan yang relatif netral (sekitar pH 7) (Riyanto *et al.*, 2014). Struktur kimia *Bromothymol blue* dapat dilihat pada gambar 2.3.

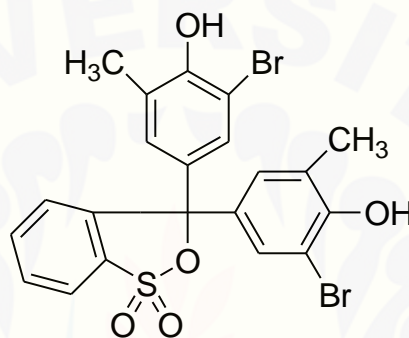


**Gambar 2.3** Struktur kimia *Bromothymol blue*



### 2.3.3 *Bromocresol purple*

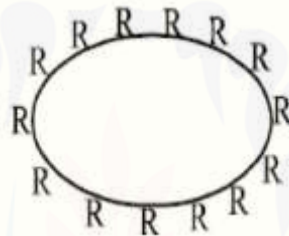
*Bromocresol purple* selain digunakan sebagai plastik pH juga sering digunakan untuk kepentingan di laboratorium medis untuk mengukur albumin atau untuk kebutuhan prosesi fotografi. Indikator ini akan berwarna kuning pada pH dibawah 5,2 dan menjadi ungu pada pH di atas 6,8 (Byrne *et al.*, 2002; Pacquit *et al.*, 2005). Struktur kimia *Bromocresol purple* dapat dilihat pada gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Struktur kimia *Bromocresol purple*

## 2.4 Teknik Immobilisasi

Immobilisasi merupakan suatu proses pengikatan molekul reagen sehingga dapat tersebar dalam fase pendukung secara merata dan homogen (Kuswandi, 2008). Sensor kimia biasanya menggunakan reagen kimia dimana reagen akan di immobilisasikan terlebih dahulu ke media dengan dijadikan reagen kering agar mudah dikendalikan. Menurut Eggins (1996), teknik immobilisasi adalah suatu teknik memerangkap reagen dalam suatu matriks polimer dengan syarat aktivitas reagennya tetap ada. Gambar metode adsorpsi dapat dilihat pada gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Metode adsorpsi (Kuswandi, 2010)

Keuntungan metode adsorpsi antara lain :

1. Prosesnya sederhana;
2. Biaya relatif murah;
3. Ramah lingkungan;
4. Tidak adanya efek samping zat beracun.

## 2.5 Uji Intensitas Warna Design ImageJ

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

## 2.6 Uji Parameter Kesegaran Ikan

Uji parameter kesegaran ikan meliputi proses perubahan pH, perubahan tekstur, total mikroba, TVB (*Total Volatile Base*) dan evaluasi sensori.

### 2.6.1 Perubahan pH

Uji derajat keasaman (pH) adalah suatu metode untuk mengetahui tingkat keasaman atau kebasaan suatu produk, yang pengukurannya didasarkan pada konsentrasi ion hidrogen pada suatu medium atau pelarut. Nilai pH ikan segar berada antara 6,0 sampai 6,5. Ikan masih dapat diterima sampai pH 6,8 tetapi menjadi busuk dengan pH diatas 7,0 (Huss HH, 1988).

### 2.6.2 Perubahan Tekstur

Parameter perubahan tekstur mempunyai peranan penting dalam penentuan tingkat kesegaran ikan karena perubahan tekstur sangat jelas terlihat ketika terjadi perubahan kemunduran mutu ikan. Tekstur ikan yang masih segar dapat dilihat dari karakter aslinya tetap tidak berubah. Kesegaran ikan mudah menurun akibat dari komposisi nutrisi itu sendiri. Komponen utama dari ikan adalah air, protein, dan lemak (Juniarto, 2003)

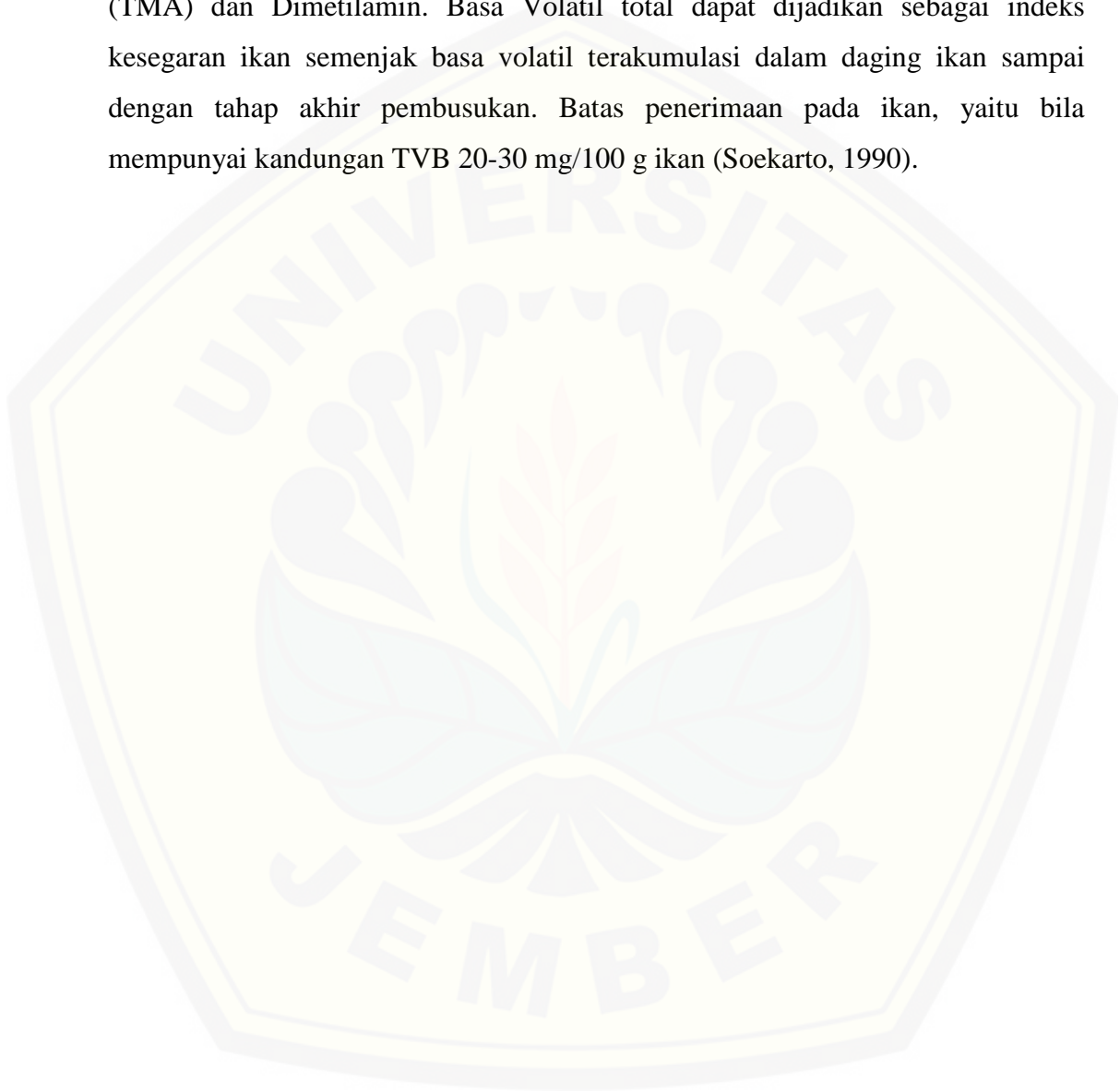
### 2.6.3 Total Mikroba

Penetapan kesegaran ikan secara mikrobiologis dapat dilakukan dengan menghitung jumlah bakteri yang ada pada daging ikan. Pengujian bakteri secara tepat dilakukan menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC), yaitu penghitungan jumlah bakteri yang ditumbuhkan pada suatu media pertumbuhan (media agar) dan diinkubasi selama 24 jam. Koloni bakteri yang tumbuh dihitung. Batas maksimum bakteri untuk ikan segar yaitu  $5 \times 10^5$  koloni/g (SNI-01-2729-2006)

### 2.6.4 *Total Volatile Base*

Penentuan kesegaran ikan tenggiri secara kimiawi dapat dilakukan menggunakan prinsip penetapan TVB (*Total Volatile Base*) Prinsip penetapan

TVB adalah menguapkan senyawa-senyawa yang terbentuk karena penguraian asam-asam amino yang terdapat pada daging ikan (Martosubro *et al.*, 1991 dalam Mutakin., 2001). nilai TVB maksimum untuk ikan segar, yaitu 30 mg N/100 g (Anonim, 1985). Komponen utama TVB adalah amoniak ( $\text{NH}_3$ ), Trimetilamin (TMA) dan Dimetilamin. Basa Volatil total dapat dijadikan sebagai indeks kesegaran ikan semenjak basa volatil terakumulasi dalam daging ikan sampai dengan tahap akhir pembusukan. Batas penerimaan pada ikan, yaitu bila mempunyai kandungan TVB 20-30 mg/100 g ikan (Soekarto, 1990).



## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian experimental laboratories. Penelitian ini diawali dengan mencari konsentrasi optimum campuran indikator fillet ikan tenggiri sebagai sensor kesegaran. Selanjutnya pengujian terhadap perubahan warna sensor, perubahan pH, perubahan tekstur, total mikroba, TVB (*Total Volatile Base*).

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Januari 2016, bertempat di Laboratorium *Chemo and Biosensor*, Fakultas Farmasi, Universitas Jember.

### 3.3 Variabel Penelitian

#### 3.3.1 Variabel bebas

Variasi suhu penyimpanan dengan 2 macam suhu penyimpanan, yaitu suhu ruang ( $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ ) dan *chiller* ( $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ ).

#### 3.3.2 Variabel terikat

1. Perubahan warna
2. Perubahan pH
3. Perubahan tekstur
4. Total mikroba
5. *Total Volatile Base*

#### 3.3.3 Variabel terkontrol

1. Jenis ikan yang digunakan adalah fillet ikan tenggiri
2. Bobot sampel fillet ikan tenggiri 100 g

3. Konsentrasi *methyl red* (MR), *bromothymol blue* (BTB) dan *Bromocresol purple* (BCP) sebagai sensor kesegaran fillet ikan tenggiri

### 3.4 Definisi Operasional

1. Sampel ikan yang digunakan adalah ikan tenggiri yang didapat dari Pasar Tanjung, Jember.
2. Setelah 2 jam, fillet ikan tenggiri dikemas untuk perlakuan suhu ruang dan *chiller* sehingga fillet ikan dalam keadaan segar.
3. Masing-masing sampling yang sudah dikemas disimpan pada suhu yang telah ditentukan.
4. Pengambilan sampling dilakukan secara bergilir antara suhu ruang (per 2 jam) dan *chiller* (perhari).
5. Prosedur analisa TVB dilakukan setelah uji tekstur, mikroba, bau dan uji pH selesai dilakukan.
6. Warna membran sensor ditentukan menggunakan program *ImageJ for Windows* 5 menit setelah kemasan dibuka.

### 3.5 Alat dan Bahan

#### 3.5.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pH meter, cawan petri, *Styrofoam* 1,05 g/cm<sup>3</sup>, *PE white wrapping plastic stretch film* 0,9 g/cm<sup>3</sup>, autoclave, *beaker glass*, batang pengaduk, pipet tetes, tabung reaksi, timbangan analitik, gelas ukur, plat tetes, inkubator, rheotex, *refrigerator*, *Laminar Air Flow*, gunting, pinset, *scanner* Canon LiDE 110 dan *software ImageJ*.

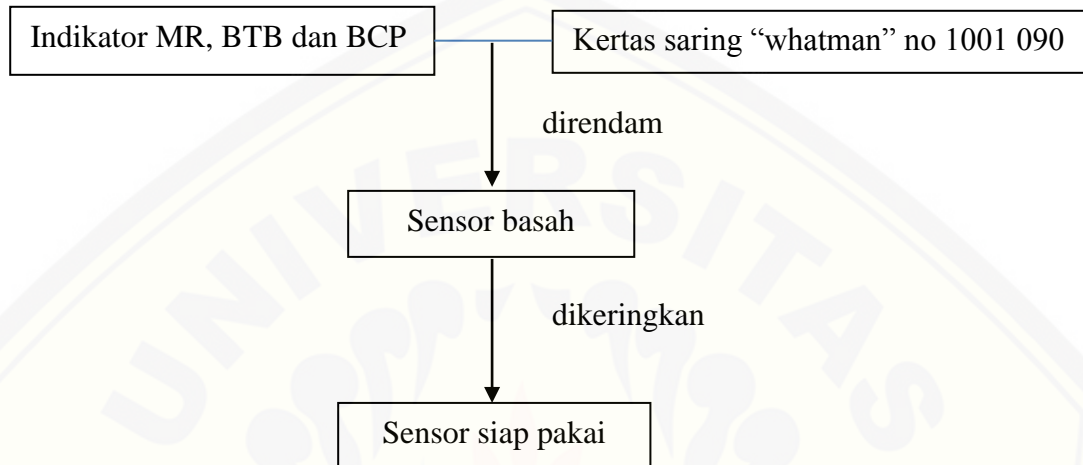
#### 3.5.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *methyl red* (MR), *bromothymol blue* (BTB) dan *bromocresol purple* (BCP), etanol 97% fillet ikan tenggiri, kertas saring "whatman" cat no 1001 090, aquadestilata, double tip, dan media agar (PCA/ *Plate Count Agar*).

### 3.6 Alur Penelitian

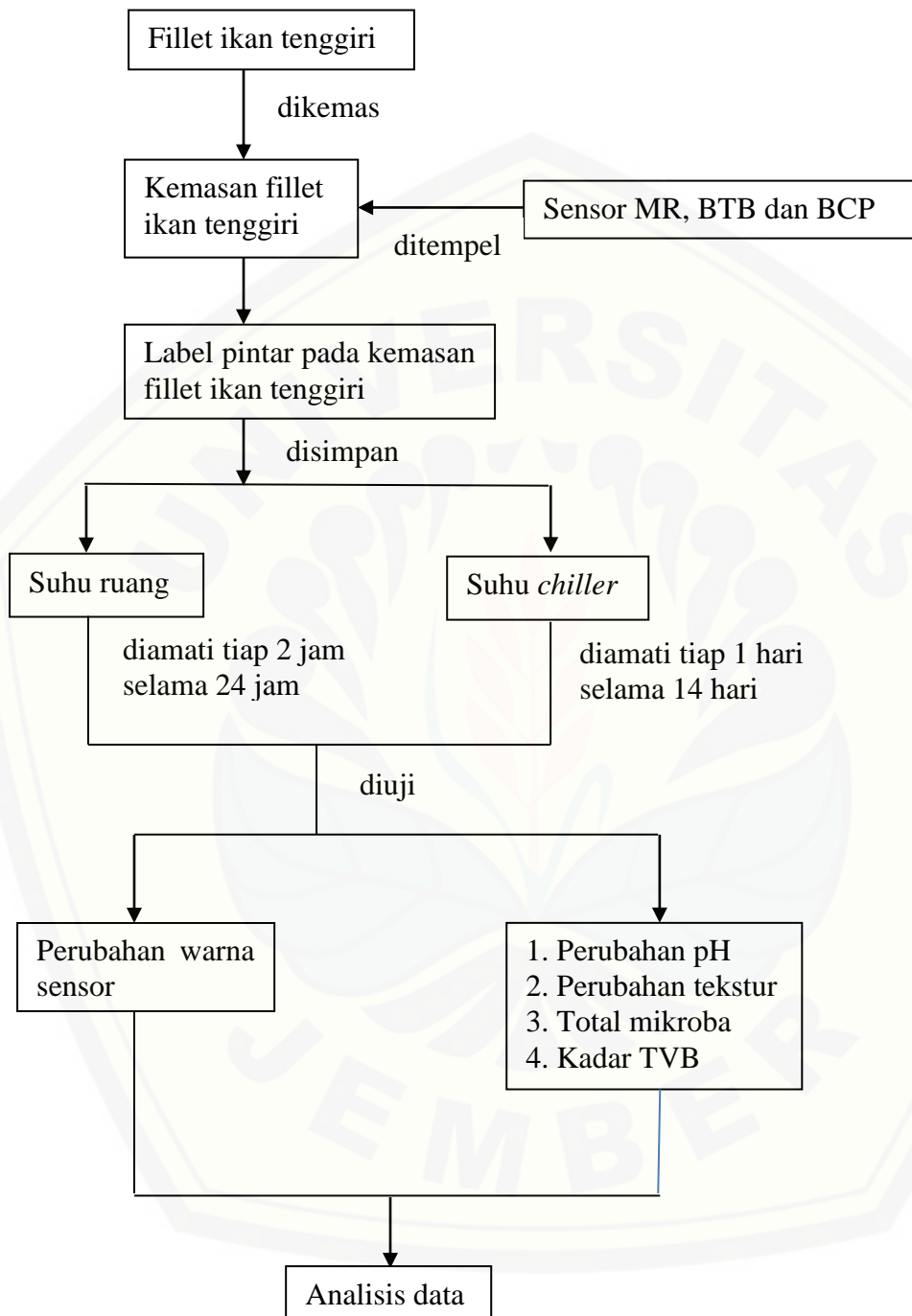
Adapun alur penelitian meliputi pembuatan sensor dan aplikasi sensor pada sampel terukur.

#### 3.6.1 Pembuatan sensor



Gambar 3.1 Alur pembuatan sensor *methyl red* (MR), *bromothymol blue* (BTB) dan *bromocresol purple* (BCP)

## 3.6.2 Aplikasi sensor pada sampel terukur



Gambar 3.2 Alur penelitian aplikasi dan karakterisasi “Label Pintar” pada kesegaran fillet ikan tenggiri



### 3.7 Prosedur Pengujian

Adapun prosedur penelitian meliputi pembuatan sensor, uji warna, uji pH, uji tekstur, uji total mikroba, uji kadar TVB.

#### 3.7.1 Pembuatan sensor

Pembuatan larutan indikator pH dari *Methyl Red*, *Bromothymol Blue* dan *Bromocresol purple*. Menimbang indikator *Methyl Red* 5 mg; 10 mg; 15mg, *Bromothymol Blue* 5 mg; 10 mg; 15mg, dan *Bromocresol purple* 5 mg; 10 mg; dan 15 mg kemudian dilarutkan dalam 10 mL etanol 97%. Setelah itu, dibuat konsentrasi masing – masing indikator 500 ppm, 1000 ppm, dan 1500 ppm. Optimum bila konsentrasi dari indikator *Methyl Red*, *Bromothymol Blue* dan *Bromocresol purple* menunjukkan perbedaan warna pada tiap pH. Kertas saring *whatman* yang telah dipotong dengan ukuran 2x2 cm direndam dalam masing – masing indikator pH *Methyl red*, *Bromothymol Blue* dan *Bromocresol purple* selama 1 hari kemudian dikeringkan.

#### 3.7.2 Uji warna (menggunakan ImageJ)

Warna sensor dari label pintar ini diukur menggunakan *software Image J* dengan menentukan nilai  $\Delta$  *mean RGB*. Pengambilan gambar dilakukan dengan cara *scanning* menggunakan scan tipe Canon MP190, kemudian hasil scan tersebut diaplikasikan pada *software Image J* dan ditentukan nilai *mean RGB*. Setelah itu ditentukan nilai  $\Delta$  *mean RGB* yaitu selisih antara nilai *mean RGB* sebelum uji dan setelah uji.

#### 3.7.3 Uji tekstur (menggunakan Rheotex)

Fillet ikan tenggiri dengan ketebalan  $\pm 1-2$  cm ditekan menggunakan jarum rheotex. Fillet ikan tenggiri diletakkan kemudian ditiriskan dibawah jarum rheotex, setelah itu ujung jarum diletakkan hingga menyentuh permukaan dengan jarak 4,5 mm. Tombol start kemudian ditekan hingga terdengar bunyi (tanda selesai). Angka yang dapat dibaca ditunjukkan oleh jarum *rheotex* dengan satuan mg.

### 3.7.4 Uji pH

Melakukan pengukuran pH menggunakan pH meter yang sudah dikalibrasi terlebih dahulu. Fillet ikan tenggiri dihancurkan dan diambil seberat 2 gram dan dimasukkan dalam beker glass kemudia ditambahkan 10 ml aquadest lalu dihomogenkan, pH diukur dengan pH meter yang sudah dikalibrasi dengan buffer standar pH 4, 7, dan 10.

### 3.7.5 Total mikroba (teknik agar tuang plate count)

Prinsip kerja analisis TPC adalah perhitungan jumlah bakteri yang ada didalam sampel dengan pengenceran sesuai keperluan. Menghancurkan sampel sebanyak 1 g, untuk dimasukkan dalam tabung reaksi yang berisi 9,0 ml aquadest steril kemudian dikocok sampai homogen. Campuran tersebut diambil Dari , ml kemudian dimasukkan tabung reaksi 9,0 ml dan didalamnya mengandung aquadest steril. Banyaknya pengenceran yaitu sampai  $10^{-6}$  Masing-masing dari hasil pengenceran diambil 1,0 ml kemudian dimasukkan dalam cawan petri dan dituangi  $\pm 10$  ml media agar (PCA). Cawan petri tersebut digoyangkan sampai merata dan dibiarkan sampai memadat. Cawan diinkubasi selama 48 jam pada suhu  $37^{\circ}\text{C}$ . Jumlah koloni dapat dihitung dengan persamaan (3.1):

$$\text{Koloni per ml} = \text{Jumlah koloni per cawan} \times \frac{1}{\text{faktor pengenceran}} \quad (3.1)$$

### 3.7.6 Total Volatile Base (TVB)

Menimbang 100g sampel fillet ikan tenggiri yang sudah giling, dimasukkan ke dalam waring blender setelah itu menambahkan 30ml larutan TCA (*trichloroacetic acid*) 5% kemudian diblender sampai homogen. Mengambil 5ml ekstrak TCA kemudian dimasukkan ke dalam alat *Kjedahl* semimikro, setelah itu hasil destilasi dititrasi dengan larutan HCL 0,02 N. TVB ditentukan berdasarkan rumus (3.2) :

$$\text{TVB} = \frac{(\text{ml sampel} - \text{ml blanko}) \times 14.700 \text{ N HCL}}{\text{g bahan} \times 1000} \times 100 \% \quad (3.2)$$

### 3.7.7 Aplikasi pada fillet ikan tenggiri secara langsung

Label pintar yang digunakan sebagai sensor kesegaran langsung diaplikasikan pada fillet ikan tenggiri. Untuk menghindari lepasnya indikator dari label pintar perlu dilakukan modifikasi dengan cara melapisi label pintar dengan kasa yang kemudian di aplikasikan pada fillet ikan tenggiri secara langsung. Sensor kesegaran fillet ikan tenggiri dapat dilihat pada gambar 3.3 sebagai berikut.



Gambar 3.3 Sensor kesegaran fillet ikan tenggiri

## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembatas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Konsentrasi optimum dari campuran indikator label pintar yaitu 1000 ppm disebabkan perubahan warna yang dihasilkan sangat sesuai dengan warna label pintar atau sensor yaitu merah jingga menjadi abu-abu gelap.
2. Perubahan intensitas warna label pintar memiliki hubungan positif dengan tingkat kesegaran fillet ikan tenggiri (yang meliputi pH, TVB, Total mikroba dan Tekstur), artinya semakin menurun nilai *mean RGB* label pintar atau sensor maka tingkat kesegaran fillet ikan tenggiri semakin menurun sehingga fillet ikan tenggiri dalam keadaan tidak segar.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai:

1. Desain label pintar sebagai indikator kesegaran fillet ikan tenggiri pada kemasan dengan cara ditempel langsung pada sampel menggunakan membran yang sesuai
2. Hubungan tingkat kesegaran fillet ikan tenggiri dengan laju perubahan ditentukan secara
3. Metode intensitas perubahan warna label pintar yang lebih sensitif terhadap perubahan kualitas fillet ikan tenggiri selama waktu penyimpanan pada suhu yang berbeda

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2009. SNI: ICS67.220.20. *Batas Maksimum Cemaran Mikroba*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Berryman, Paul. 2014. *Advances in Food and Beverage Labelling*. Cambridge: Woodhead Publishing.
- Brody, Aaron L, Begusu, Han. San and Mchugh. 2008. Innovative Food Packaging Solutions. *J. Food Sci. Tech.* Vol. 8 (1): 107-116.
- Brooks, J.C., Alvarado, M., Stephens, T.P., Kellermeier, J.D., Tittor, A.W., Miller, M.F., dan Brashears, M.M. 2008. Spoilage and Safety Characteristic of Ground Beef Packaged in Traditional and Modified Atmosphere Packages. *Journal of Food Protection*.
- Davies, A.R. 1995. *Advances in Modified-Atmosphere Packaging*. In: Gould G.W. (ed.), *New Methods of Food Preservation*. London: Blackie Academic and Professional.
- Departemen Kesehatan RI. 1996. *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Jakarta: Bhratara.
- Ferreira, T.A., dan Rasband, W. 2010. *The ImageJ User Guide*. <http://rsbweb.nih.gov/ij/docs/user-guide.pdf>. [23 Februari 2016].
- Huss HH. 1988. *Fresh Fish Quality and Quality Changes*. Roma: FAO Fisheries Series, No. 29, 132 pp
- Kerry, J.P., O'Grady, M.N., Hogan, S.A. 2006. Past Current and Potential Utilisation of Active and Intelligent Packaging System for Meat and Muscle Based Product : A Review. *J. Food. Nutr. Sci. Meat*. Vol. 74 (2): 113-130.
- Kuswandi, Bambang. 2010. *Sensor Kimia Teori, Praktek dan Aplikasi*. Jember: Jember University Press.
- Kuswandi, B., Jayus, Oktaviana, R., Abdullah, A., Heng, L.Y. 2013. A Novel On-Package Sticker Sensor Based on Methyl Red for Real-Time Monitoring of Broiler Chicken Cut Freshness. *Packag. Technol. Sci.* Vol. 27: 69-81.
- Marsh, K and B. Bugusu. (2007). *Food Packaging—Roles, Materials, and Environmental Issues*. Institute of Food Technologists. *Journal of Food Science*. Vol. 72, Nr. 3.

- Manihuruk, V. 2006. *Ikan, Protein Penuh Khasiat.*, <http://www.pikiranrakyat.co.id/cetak/2006/092006/23/1001.htm>. (Jurnal Elektronik) diakses pada 7 mei 2017
- Murniyati AS, Sunarman. 2000. Pendinginan, Pembekuan dan Pengawetan Ikan. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Mutakin, J. 2001. Analisis potensi dan musim penangkapan ikan tenggiri (*Scomberomorus spp.*) di Pangandaran Kabupaten Ciamis, Jawa Barat. [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan.
- Ojeda, C.B. & S.R. Fuesenta. 2006. Recent Development in Option Chemical Sensor Coupling with Flow Injection Analysis. Spain: *Departement of Analytical Chemistry, Faculty of Sciences, University of Malanga*.
- Otles, Semih, Buket Yalcin. 2008. *Intelligent Food Packaging*. Ege University, Bornova-Izmir, Turkey.
- Philips, Carol A. 1996. Review: Modified Atmosphere Packaging and its Effects on the Microbil Quality and Safety of Produce. UK: *Life Science Division, Center for Healthcare Education, Nene Collge of Higher Education, Boughton Green Road, Northampton*.
- Ram, Ross, E., Naumann, R., Fischer, W., Mayer, W.D., Wieland, G., Newman, E. J., Wilson, C. M. 2012. Indicator Reagents. *Ullmann's Encyclopedia Of Industrial Chemistry*.
- Reinking, I. 2007. *ImageJ Basic*. Pennsylvania: Departement of Biology Millersvilley University.
- Riyanto, R., Irma H., Singgih W. 2014. *Karakteristik Plastik Indikator sebagai Tanda Peringatan Dini Tingkat Kesegaran Ikan dalam Kemasan Plastik*. JPB Perikanan Vol. 9 (2): 153-163.
- Riquixo, Carlos. 1998. *Evaluation of Suitable Chemical Methods for Seafood Products in Mozambique*. Mozambique: Ministério de Agricultura e Pescas Direcção Nacional de Pescas Serviços Provinciais de Administração Pesqueira-Maputo.
- Siagian, Albiner. 2002. *Mikroba Patogen Pada Makanan Dan Sumber Pencemarannya*. Sumatra Utara: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatra Utara..

- Soekarto ST. 1990. Dasar-dasar Pengenalan Standardisasi Mutu Pangan. Bogor: IPB Press.
- Suwedo, Hadiwiyoto 1993. *Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan*. Yogyakarta : Liberty.
- Suryawan AG. 2004. Karakteristik perubahan mutu ikan selama penanganan oleh nelayan tradisional (studi kasus di Kaliadem, Muara Angke, DKI Jakarta. [skripsi]. Bogor: Departemen Teknologi Hasil Perikanan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Syarief, R. dan H. Halid. 1993. *Teknologi Penyimpanan Pangan*. Arcan, Jakarta.
- Winarno, F.G. 1993. *Pangan: Gizi, Teknologi, dan Konsumen*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Youssef, Doaa H & Mamdouh S. Masoud. 2004. Behavior of Some Acid-Base Indicators in Some Egyptian Aquatic Environments. *Bull. Chem. Tech.* Vol (23): 37-46.
- Yunizal, Wibowo S. 1998. *Penanganan Ikan Segar*. Jakarta: Instalasi Penelitian Perikanan Laut Slipi.

## LAMPIRAN

LAMPIRAN A. Data Optimasi Konsentrasi Indikator Perubahan pH  
Sebagai Sensor Kesegaran

## a) 500 ppm

pH standar	<i>Mean RGB</i>				SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata		
4	230,539	230,233	229,737	230,170	0,405	0,176
5	221,563	217,356	213,658	217,526	3,955	1,818
6	197,852	193,025	190,661	193,846	3,665	1,891
7	191,245	187,191	184,485	187,640	3,402	1,813
8	166,961	162,955	160,763	163,560	3,143	1,922

## b) 1000 ppm

pH standar	<i>Mean RGB</i>				SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata		
4	223,010	222,806	223,161	222,992	0,178	0,080
5	218,155	215,067	216,194	216,472	1,563	0,722
6	193,073	193,524	193,037	193,211	0,271	0,140
7	182,693	181,718	177,084	180,498	2,997	1,660
8	165,174	167,351	167,372	166,632	1,263	0,758

## c) 1500 ppm

pH standar	<i>Mean RGB</i>				SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata		
4	220,519	221,756	224,361	222,212	1,961	0,883
5	211,403	209,278	209,732	210,138	1,119	0,533
6	192,431	192,511	192,701	192,548	0,139	0,072
7	178,133	175,912	176,394	176,813	1,168	0,661
8	165,386	167,422	164,200	165,669	1,630	0,984



**LAMPIRAN B. Data Perubahan Warna Sensor Label Pintar****a) Suhu Ruang**

Jam ke-	2	4	6	8	10	12
<i>RGB</i>	236,144	221,784	205,028	195,297	193,908	188,185
	237,288	222,561	207,112	196,584	194,731	189,478
	234,584	220,313	205,645	197,235	195,382	188,024
<i>mean RGB</i>	236,005	221,553	205,928	196,372	194,674	188,562
SD	1,357	1,142	1,071	0,986	0,739	0,797
Jam ke-	14	16	18	20	22	24
<i>RGB</i>	185,470	181,244	175,941	164,867	157,825	153,901
	186,545	183,479	176,115	165,357	156,456	152,436
	183,999	180,936	174,478	165,458	153,200	151,961
<i>Mean RGB</i>	185,338	181,886	175,511	165,227	155,827	152,766
SD	1,278	1,388	0,899	0,316	2,376	1,011

**b) Suhu Chiller**

Hari ke-	1	2	3	4	5	6	7
<i>RGB</i>	245,778	226,567	225,616	215,686	208,191	201,510	197,186
	244,970	227,456	224,159	216,227	207,869	200,384	198,711
	243,723	225,369	223,927	214,972	206,645	200,971	196,258
<i>Mean RGB</i>	244,824	226,464	224,567	215,628	207,568	200,955	197,385
SD	1,035	1,047	0,916	0,629	0,816	0,563	1,239
Hari ke-	8	9	10	11	12	13	14
<i>RGB</i>	187,093	183,574	176,737	168,256	164,703	163,222	157,826
	186,123	182,127	175,667	167,001	163,556	161,829	154,258
	186,869	181,456	176,012	166,968	162,845	162,771	156,330
<i>Mean RGB</i>	186,695	182,482	176,139	167,408	163,701	162,607	156,150
SD	0,508	1,061	0,546	0,734	0,937	0,711	1,809

**LAMPIRAN C. Data Uji Tekstur****a) Suhu Ruang**

Jam ke-	Titik I (g)	Titik II (g)	Titik III (g)	Titik IV (g)	Titik V (g)	Rata - Rata (g)	SD (g)	CV (%)
2	27	26	25	26	25	25,8	0,837	3,243
4	23	32	25	25	24	25,8	3,564	13,813
6	26	27	25	27	29	26,8	1,483	5,534
8	17	13	18	19	16	16,6	2,302	13,869
10	19	23	13	14	18	17,4	4,037	23,203
12	18	23	20	13	20	18,8	3,701	19,688
14	41	39	39	43	40	40,4	1,673	4,142
16	40	47	48	34	38	41,4	5,983	14,452
18	44	43	46	44	47	44,8	1,643	3,668
20	50	49	41	48	48	47,2	3,564	7,550
22	42	51	47	50	51	48,2	3,834	7,954
24	53	51	53	44	50	50,2	3,701	7,373

**b) Suhu Chiller**

Hari ke-	Titik I (g)	Titik II (g)	Titik III (g)	Titik IV (g)	Titik V (g)	Rata - rata (g)	SD (g)	CV (%)
1	26	24	22	26	30	25,6	2,966	11,588
2	25	23	27	25	29	25,8	2,280	8,839
3	23	27	25	26	29	26	2,236	8,600
4	26	30	28	29	29	28,4	1,517	5,340
5	29	25	24	28	27	26,6	2,074	7,796
6	26	27	24	29	29	27	2,121	7,857
7	17	18	14	20	16	17	2,236	13,153
8	19	18	16	19	17	17,8	1,304	7,325
9	18	18	19	16	19	18	1,225	6,804
10	23	20	13	21	19	19,2	3,768	19,627
11	40	41	38	39	41	39,8	1,304	3,276
12	43	39	41	37	40	40	2,236	5,590
13	48	41	36	39	39	40,6	4,506	11,097
14	36	39	45	47	42	41,8	4,438	10,618

**LAMPIRAN D. Data Uji pH****a) Suhu Ruang**

Jam ke-	2	4	6	8	10	12
Nilai pH	6,28	6,35	6,5	6,8	6,92	7,1
	6,29	6,41	6,6	6,89	7,09	7,21
	6,3	6,55	6,6	6,9	7,11	7,29
Rata - rata	6,29	6,44	6,57	6,86	7,04	7,20
SD	0,010	0,103	0,058	0,055	0,104	0,095
CV	0,159	1,594	0,879	0,802	1,483	1,325
Jam ke-	14	16	18	20	22	24
Nilai pH	7,31	7,55	7,7	7,77	7,83	7,9
	7,4	7,68	7,81	7,6	7,85	7,99
	7,51	7,75	7,89	7,7	7,89	8
Rata - rata	7,41	7,66	7,80	7,69	7,86	7,96
SD	0,100	0,101	0,095	0,085	0,031	0,055
CV	1,352	1,325	1,223	1,111	0,389	0,692

**b) Suhu Chiller**

Hari ke-	1	2	3	4	5	6	7
Nilai pH	6,29	6,39	6,51	6,79	7,01	7,15	7,21
	6,31	6,38	6,59	6,88	7,05	7,14	7,25
	6,28	6,36	6,62	6,89	7,09	7,19	7,29
Rata - rata	6,29	6,38	6,57	6,85	7,05	7,16	7,25
SD	0,015	0,015	0,057	0,055	0,040	0,026	0,040
CV	0,243	0,240	0,865	0,804	0,567	0,370	0,552
Hari ke-	8	9	10	11	12	13	14
Nilai pH	7,49	7,55	7,62	7,71	7,89	7,93	8,06
	7,51	7,56	7,63	7,73	7,86	7,95	8,06
	7,54	7,54	7,69	7,77	7,81	7,99	8,09
Rata - rata	7,51	7,55	7,65	7,74	7,85	7,96	8,07
SD	0,025	0,010	0,038	0,031	0,040	0,031	0,017
CV	0,335	0,132	0,495	0,395	0,515	0,384	0,215

**LAMPIRAN E. Data Uji Total Mikroba****a) Suhu Ruang**

TBUD= Terlalu Banyak Untuk Dihitung

Pengenceran Jam ke-	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	TPC Log10(cfu/mL)
2	TBUD	40	38				4,213
	TBUD	43	19				
4	TBUD	170	75				4,704
	TBUD	185	92				
6		144	47	18			4,939
		111	19	25			
8		289	105	79			5,487
		293	109	78			
10		305	180	110			5,639
		311	190	108			
12		406	201	169			5,829
		401	298	178			
14			TBUD	137	198		6,916
			TBUD	131	105		
16			TBUD	192	161		6,937
			TBUD	185	147		
18				241	165	22	7,043
				265	177	5	
20				TBUD	198	46	7,487
				TBUD	181	39	
22				TBUD	289	131	7,887
				TBUD	203	128	
24				TBUD	345	237	8,132
				TBUD	375	233	

## b) Suhu Chiller

Pengenceran hari ke-	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	TPC Log10(cfu/mL)
1	TBUD TBUD	52 33	13 15				3,960
2	TBUD TBUD	78 117	29 53				4,404
3	TBUD TBUD	76 122	21 89				4,511
4	TBUD TBUD	TBUD TBUD	57 43				4,699
5		TBUD TBUD	35 12	13 9			4,824
6		TBUD TBUD	22 12	11 13			4,836
7			TBUD TBUD	TBUD TBUD	9 6		5,875
8			TBUD TBUD	TBUD TBUD	56 88		6,857
9			TBUD TBUD	TBUD TBUD	189 197		7,286
10			TBUD TBUD	TBUD TBUD	268 286		7,442
11				TBUD TBUD	152 214	103 111	7,797
12				TBUD TBUD	156 195	137 172	7,935
13				TBUD TBUD	230 162	198 137	7,971
14				TBUD TBUD	TBUD TBUD	158 137	8,169

**LAMPIRAN F. Data Uji Total Volatile Base (TVB)****a) Suhu Ruang**

Jam ke-	Vol. Tittrasi NaOH 0,01 M (ml)	TVB (mg/100g)
2	0,9	10,555
4	1,5	16,822
6	2,9	29,357
8	3,2	34,576
10	5,5	57,623
12	7,9	81,954
14	8,9	92,982
16	9,5	98,367
18	10,3	107,654
20	14,5	142,951
22	15,9	155,015
24	17,4	170,602

**b) Suhu Chiller**

Hari ke-	Vol. Tittrasi NaOH 0,01 M (ml)	TVB (mg/100g)
1	0,8	8,355
2	1	10,444
3	1,5	15,666
4	1,8	18,799
5	1,85	19,321
6	2,9	30,288
7	3,1	32,376
8	4,4	45,954
9	6,9	72,064
10	7,9	82,508
11	9,5	99,218
12	11,6	121,150
13	14,4	150,394
14	16,9	176,504