



**PENGEMBANGAN LABEL PINTAR BERBASIS INDIKATOR pH
UNTUK MONITORING KESEGRAN IKAN BANDENG DALAM
KEMASAN**

SKRIPSI

Oleh :

Faridatul Hasanah

NIM 122210101104

**FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS JEMBER
JEMBER**

2019



**PENGEMBANGAN LABEL PINTAR BERBASIS INDIKATOR pH
UNTUK MONITORING KESEGRAN IKAN BANDENG DALAM
KEMASAN**

SKRIPSI

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

Oleh :

Faridatul Hasanah

NIM 122210101104

**FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS JEMBER
JEMBER**

2019

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ayah dan ibu tercinta, Fathol Bahri dan Supiyani yang telah membesarkan saya dengan penuh kasih sayang, kesabaran, mendukung, kerja keras, pengorbanan dan doa yang senantiasa mengiringi setiap langkahku;
2. Adik – adikku Nailly Zakiatun Novus dan Mochzaki Maulana Ibrahim Bahri dengan kasih sayang, motivasi, dukungan, dan 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

“Tidak ada kesuksesan melainkan dengan dengan pertolongan Allah”

(Q.S. Huud: 8)

“Kebahagiaan tidak terletak pada seberapa banyak harta tetapi kebahagiaan terletak dari seberapa besar kita bersyukur dan seberapa banyak kita memberi”

(dr. Yusuf Nugraha)

“Great things can only be done by acting not talking”

(FH)

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Faridatul Hasanah

NIM : 122210101104

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengembangan Label Pintar Berbasis Indikator pH untuk Monitoring Kesegaran Ikan Bandeng Dalam Kemasan“ adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum 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 ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika tertanya di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 18 Januari 2019

Yang menyatakan,

Faridatul Hasanah

NIM. 122210101104

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN LABEL PINTAR BERBASIS INDIKATOR pH
UNTUK MONITORING KESEGRAN IKAN BANDENG DALAM
KEMASAN**

Oleh :

Faridatul Hasanah

NIM 122210101104

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dwi Koko Pratoko, S.Farm., M.Sc., Apt

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

PENGESAHAN

Karya ilmiah Skripsi berjudul “Pengembangan Label Pintar Berbasis Indikator pH untuk Monitoring Kesegaran Ikan Bandeng Dalam Kemasan“ telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Jum’at, 18 Januari 2019

Tempat : Fakultas Farmasi Universitas Jember

Tim Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Dwi Koko Pratoko, S.Farm., M.Sc., Apt
NIP. 198504282009121004

Nia Kristiningrum, S.Farm., Apt., M.Farm
NIP. 198504282009121004

Tim Penguji:

Dosen Penguji I,

DosenPenguji II,

Indah Yulia Ningsih, S.Farm., M.Farm., Apt
NIP. 198407122008122002

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

Mengesahkan

Dekan Farmasi Universitas Jember,

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

RINGKASAN

Pengembangan Label Pintar Berbasis Indikator pH untuk Monitoring Kesegaran Ikan Bandeng Dalam Kemasan; Faridatul Hasanah; 122210101104; 2016: halaman; Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Ikan bandeng merupakan salah satu produk perikanan yang sering dikonsumsi oleh masyarakat. Ikan bandeng dimasukkan dalam golongan ikan dengan protein yang tinggi dan memiliki kadar lemak yang rendah. Kerusakan ikan bandeng disebabkan karena mikroba seperti berubahnya warna, adanya lendir, berubahnya tekstur, menimbulkan bau dan rasa yang tidak enak, sehingga Ikan bandeng mengalami penurunan kualitas, bila kesegaran ikan menurun, penurunan kesegaran tersebut berpotensi menjadi basi. Apabila konsumen mengkonsumsi ikan basi maka berpengaruh terhadap kesehatan.

Ikan bandeng segar memiliki pH rendah (6,27 – 7,5) dengan warna cerah dan memiliki stabilitas yang lebih baik terhadap kerusakan mikroorganisme sedangkan daging yang tidak segar memiliki pH tinggi (7,53 – 8,34) dengan warna yang pucat dan menimbulkan bau busuk menyengat dan memungkinkan untuk perkembangan mikroorganisme. Proses pembusukan ikan bandeng dipengaruhi dengan adanya peningkatan pH. Basa kuat yang terbentuk dapat ditentukan dengan pengukuran *Total Volatile Base* (TVB). Daging dinyatakan membusuk apabila menunjukkan angka 30mg/100g Nilai total mikroba dari ikan bandeng yang segar tidak boleh lebih dari 5×10^5 cfu/g atau 5,000 cfu/g.

Metode penelitian ini melihat tingkat kesegaran ikan bandeng pada kemasan yaitu menggunakan label pintar. Prinsip dari label pintar yaitu perubahan warna pada pH yang dihasilkan interaksi antara pewarna yang sensitif pH dengan volatile amin dalam kemasan. Indikator yang digunakan sebagai label pintar yaitu *bromocresol purple* memiliki pH 5,2 – 6,8 dari warna kuning menjadi warna ungu, dan *bromothymol blue* meliki pH 6 – 7,6 dari warna kuning menjadi warna biru. Parameter – parameter tingkat kesegaran ikan bandeng meliputi pH, tekstur,

mikroba, TVB, dan evaluasi sensor (bau). Dari parameter tersebut dikaitkan dengan perubahan warna dari label pintar sehinggalah dapat ditentukan perubahan kualitas ikan bandeng dalam kemasan yang disimpan dalam suhu ruang dan *chiller*.

Hasil penelitian dilihat dari tingkat kesegaran ikan bandeng dan perubahan warna label pintar selama penyimpanan pada suhu ruang dan *chiller*. Ikan bandeng yang disimpan pada suhu ruang selama 24 jam mulai menunjukkan ikan bandeng yang tidak segar pada jam ke-8 disertai perubahan warna pada label pintar *bromocresol purple* menjadi ungu, dan *bromothymol blue* menjadi biru dengan timbul bau busuk, memiliki pH 7,53, tekstur 15 g/5mm, TPC 5,487 \log_{10} cuf/g dan TVB 32,376mg/100g. Pada suhu *chiller* ikan bandeng disimpan selama 14 hari telah menunjukkan ikan bandeng tidak segar pada hari ke-7 dengan warna label pintar yang sama seperti suhu ruang dengan nilai pH 7,56, tekstur 15 g/5mm, TPC 5,875 \log_{10} cuf/g dan TVB 30,288mg/100g.

Hubungan tingkat kesegaran ikan bandeng dengan laju perubahan warna label pintar menghasilkan hasil yang positif. Perubahan intensitas warna label pintar *bromocresol purple* dan *bromothymol blue* pada suhu ruang lebih cepat dari pada suhu *chiller*. Hal ini menunjukkan bahwa semakin cepat perubahan warna label pintar maka semakin menurun kualitas ikan bandeng pada kemasan sehingga ikan bandeng 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 Berbasis Indikator pH untuk Monitoring Kesegaran Ikan Bandeng Dalam Kemasan”. Skripsi ini disusun guna untuk memenuhi persyaratan untuk 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. Ayahanda Fathol Bahri dan Ibuda Supiyani 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., Apt., M.Farm. selaku Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember;
3. Bapak Dwi Koko Pratoko, S.Farm., M.Sc., Apt. selaku Dosen Pembimbing Utama, dan ibu Nia Kristiningrum, S.Farm., Apt., M.Farm. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, tenaga serta perhatian untuk memberikan ilmu, bimbingan dan pengarahan demi terselesainya penulisan skripsi ini;
4. Bapak Prof. Drs Bambang Kuswandi, M. Sc., Ph.D., dan ibu Indah Yulia Ningsih, S.Farm., M.Farm., Apt., dan ibu Indah Purnama Sary, S.Si., Apt., M.Farm. 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. dan ibu Budipratiwi Wisudyaningsih, S.Farm., MSc., Apt. dan ibu Nia Kristiningrum, S.Farm.,

- Apt., M.Farm. 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. Saudaraku, Nailly Zakiatun Novus dan Mochzaki Maulana Ibrahim Bahri terima kasih atas motivasi, cinta, kasih sayang, dukungan, canda tawa, dan semangat serta doanya di masa-masa sulit penyusunan skripsi ini;
 12. Keluarga besar saya, kakek buyut Nimun, kakek Niman, uti Kuspiyah, kakek Romli. Alm, nenek Latiplati, om Saiful, om Hadi, Flora, Yoga, Najwa, om Abdul Bakhi,tante Hasanah, bude dan pakde Musrifa, mbak Devi, dan mas Adin terima kasih atas doa, semangat dan dukungannya;
 13. Saudaraku Reny Rofiqoh, Ivone Maria Ulva, Rizky Pradana, Aulia aditya, Firdausi terima kasih atas canda tawa, doa, semangat dan dukungannya;
 14. Saudara seperjuangan “PERKULIAHAN” Alya, Arya, Alni, Juwita, Lisakusuma, Ragdha, Chandranadia, Hafidi, utin dan Ifa untuk semua keceriaan, dukungan, canda tawa kebersamaanya dalam senang maupun susah;
 15. Rekan kerja dalam penelitian “MEAT”, Arjun, Novialda, Helmy, Mbak Diah, semangat, bantuan, kerjasama, dukungan dan kebersamaanya dalam susah senang dalam melakukan penelitian;

16. Saudara seperjuangan “PEJUANG SKRIPSI” , Novia Kristanti, Nanda Suryaning, Oktavia, Diah Nurmalasari, terima kasih untuk semua keceriaan, dukungan, bantuan, doa canda tawa, serta kebersamaanya dalam senang maupun susah;
17. Rekan – rekan “ CHEMISTRY”, Yayan, Arimbi, Sarah, Dhani, Lucky, Tika, Dea, Nora, Citra, Nadya, Mupit, Arin, atas kebersaman, semangat , dan dukungannya;
18. Keluarga “EF”, Yodi Setiadi dan Agil Gusdwiyanto terima kasih atas canda tawa, doa, semangat, motivasi, dan dukungannya;
19. Keluarga besar Petrok Rolas FF UJ Angkatan 2012 atas kekeluargaan, persaudaraan, dan pengalaman yang indah ini;
20. Serta untuk setiap nama yang tidak dapat tertulis satu persatu dan untuk seluruh doa yang terucap tanpa sepengetahuan penulis. Terima kasih sedalam-dalamnya kepada semua pihak yang turut berbahagia atas keberhasilan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Tentunya sebagai manusia biasa, penyusunan dan penulisan skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharap kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan karya tulis ilmiah ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat yang sebenar – benarnya baik bagi perkembangan ilmu pengetahuan maupun penelitian dimas mendatang.

Jember, 18 Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN ERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN BIMBINGAN.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTASR SINGKATAN.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR RUMUS	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Ikan Bandeng	5
2.1.1 Deskripsi Ikan Bandeng.....	5
2.1.2 Kandungan Gizi Ikan Bandeng	6
2.2 Penurunan Mutu Ikan Bandeng	7
2.3 Proses Degradasi Mikroba	9

2.4	<i>Total Volatile Base (TVB) Sebagai Parameter Kualitas Ikan Bandeng</i>	10
2.5	Trimetilamin (TMA)	11
2.6	Kemasan Ikan Bandeng	11
2.6.1	<i>Modified Atmosphere Packaging (MAP)</i>	12
2.6.2	<i>Vacuum Packaging</i>	12
2.6.3	<i>Traditional Packaging</i>	13
2.7	Tinjauan Sensor	13
2.7.1	Sensor Kimia.....	13
2.7.2	Teknik Imobilisasi.....	14
2.8	Tinjauan Reagen Indikator pH	17
2.9	Label pintar (<i>Smart Label</i>)	19
2.10	Tinjauan Program <i>Image J</i>	20
2.11	Evaluasi Sensori	21
BAB 3.	METODE PENELITIAN	22
3.1	Jenis Penelitian	22
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.3	Variabel Penelitian	22
3.3.1	Variabel bebas	22
3.3.2	Variabel terikat.....	22
3.3.3	Variabel terkontrol	22
3.4	Definisi Operasional	23
3.5	Alat dan Bahan	23
3.5.1	Alat.....	23
3.5.2	Bahan.....	23
3.6	Rancangan Sensor Kesegaran	24
3.7	Prosedur Penelitian	25
3.7.1	Tahap Penelitian.....	25
3.7.2	Pelaksanaan penelitian	25
3.7.2.1	Optimasi konsentrasi indikator pH sebagai sensor kesegaran	25
3.7.2.2	Pembuatan sensor kesegaran sebagai label pintar.....	25

3.7.2.3	Pembuatan kemasan	25
3.3.3	Analisis data	26
3.3.4	Diagram alur penelitian	26
3.8	Prosedur Analisa	28
3.8.1	Uji warna (menggunakan <i>ImageJ</i>)	28
3.8.2	Uji tekstur (menggunakan Rheotex)	28
3.8.3	Uji pH	28
3.8.4	Uji Total Mikroba ikan bandeng (teknik agar tuang <i>plate count</i>)... 28	
3.8.5	Uji <i>Total Volatile Base</i> (TVB)	29
3.8.6	Evaluasi sensor	29
3.8.7	Aplikasi pada ikan bandeng secara langsung	30
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1	Optimasi Konsentrasi Indikator pH pada Label Pintar	31
4.2	Label Pintar sebagai Sensor Kesegaran Ikan Bandeng	33
4.3	Kesegaran Ikan Bandeng pada Penyimpanan Suhu Ruang	35
4.3.1	Perubahan Intesitas Warna Label Pintar	35
4.3.2	Tekstur Ikan Bandeng	36
4.3.3	pH Ikan Bandeng	38
4.3.4	Total Mikroba Ikan Bandeng	39
4.3.5	<i>Total Volatile Base</i> (TVB) Ikan Bandeng	40
4.3.6	Evaluasi Sensorik Ikan Bandeng	41
4.4	Kesegaran Ikan Bandeng pada Penyimpanan Suhu <i>Chiller</i>	42
4.4.1	Perubahan Intensitas Warna Label Pintar	42
4.4.2	Tekstur Ikan Bandeng	44
4.4.3	pH Ikan Bandeng	45
4.4.4	Total Mikroba Ikan Bandeng	46
4.4.5	<i>Total Volatile Base</i> (TVB) Ikan Bandeng	47
4.4.6	Evaluasi Sensorik Ikan Bandeng	48
4.4.7	Hubungan Tingkat Kesegaran Ikan Bandeng Dengan Perubahan Label Pintar	49
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	50

5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	56



DAFTAR SINGKATAN

BNS = Badan Standarisasi Nasional

RGB = *Red Green Blue*

TVB = *Total Volatile Base*

TPC = *Total Plate Count*

SNI = Standar Nasional Indonesia

TMA = Trimetilamine

Cfu = *coloni forming unit*

SD = Standard Deviasi

CV = Koefisien Variasi

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Ikan Bandeng	5
2.2 Mekanisme Trimetilamin Oksidasi menjadi Trimetilamin	8
2.3 Skema Sensor Kimia.....	12
2.4 Metode <i>Cross-Linking</i>	13
2.5 Metode Pembentukan Ikatan Kovalen	14
2.6 Metode Adsorpsi	14
2.7 Metode Enkapsulasi	15
2.8 Metode <i>Entrapment</i>	15
2.9 Mekanisme Perubahan Warna <i>Bromothymol blue</i>	16
2.10 Mekanisme Perubahan Warna <i>Bromocresol purpel</i>	17
2.11 Program Image J dan cara penggunaanya.....	20
3.1 Desain Label Pintar Sebagai Sensor Kesegaran.....	25
3.2 Alur pembuatan sensor <i>Bromothymol blue</i> dan <i>Bromocresol purpel</i>	27
3.3 Alur penelitian aplikasi dan karakterisasi “Label Pintar.....	28
4.1 Perubahan warna indikator <i>bromocresol purple</i> dan <i>bromothymol blue</i> dengan konsentrasi uji 500 ppm, 1000 ppm, dan 1500 ppm, (A) indikator warna awal. (B) indikator telah berubah warna.....	32
4.2 Desain label pintar sebagai sensor kesegaran	33
4.3 Aplikasi label pintar berbasis indikator pH <i>bromocresol purple</i> dan <i>bromothymol blue</i> dalam 3 kondisi; (A). Segar, (B). Masih segar, (C). Tidak segar.....	34
4.4 Intensitas warna sensor label pintar pada penyimpanan suhu ruang 24 jam. (a) <i>bromocresol purple</i> dan (b) <i>bromothymol blue</i>	35
4.5 Grafik perubahan intensitas warna label pintar <i>bromocresol purple</i> dan <i>bromothymol blue</i> pada penyimpanan suhu ruang selama 24 jam.....	36

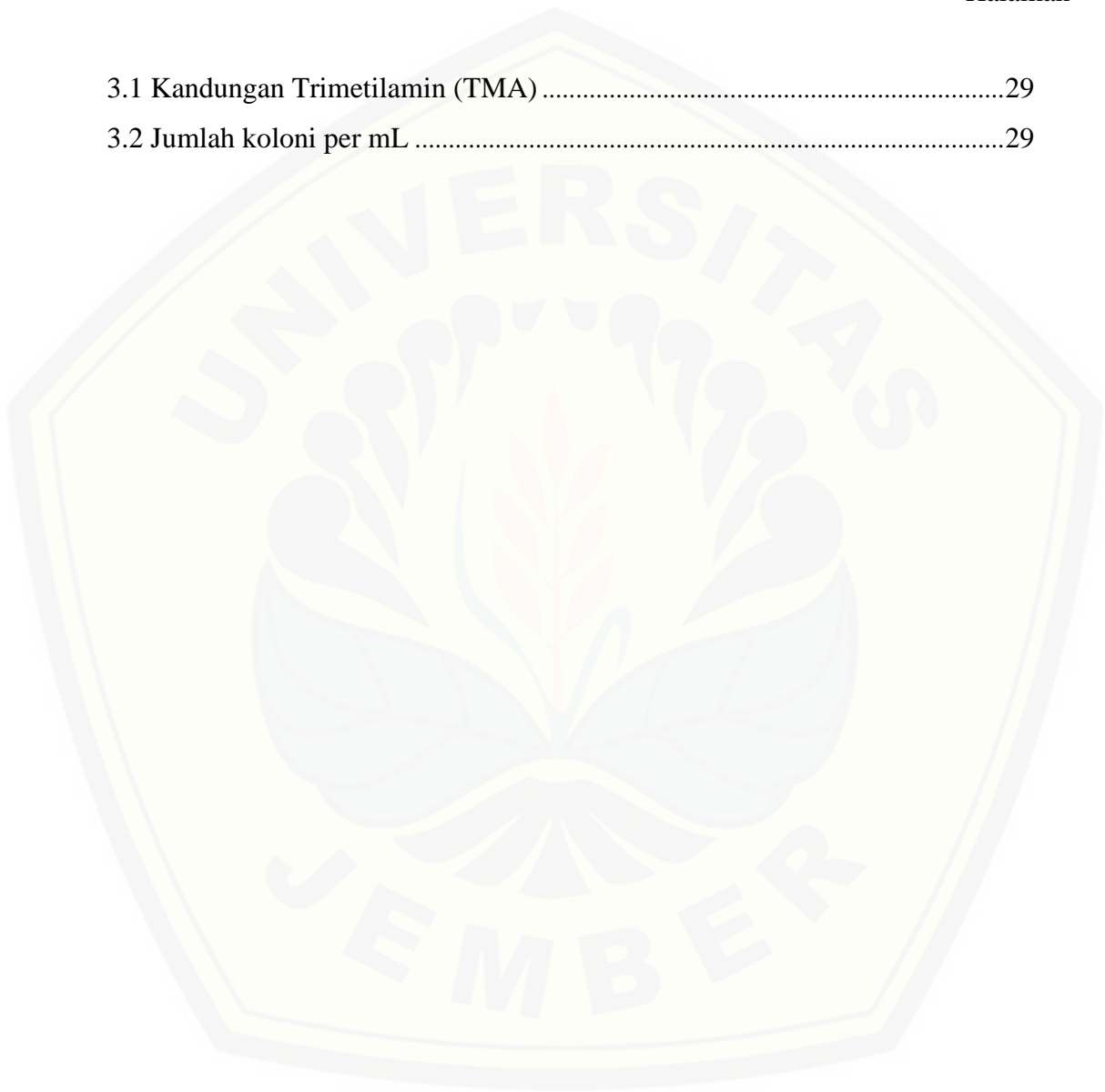
4.6	Hubungan <i>mean RGB bromocresol purple</i> dan <i>bromothymol blue</i> dengan tekstur ikan bandeng pada suhu ruang selama 24 jam.....	37
4.7	Hubungan <i>mean RGB bromocresol purple</i> dan <i>bromothymol blue</i> dengan pH ikan bandeng pada suhu ruang selama 24 jam.....	38
4.8	Hubungan <i>mean RGB bromocresol purple</i> dan <i>bromothymol blue</i> dengan total mikroba (TPC) pada penyimpanan suhu ruang selama 24 jam.....	39
4.9	Hubungan <i>mean RGB bromocresol purple</i> dan <i>bromothymol blue</i> dengan TVB ikan bandeng pada suhu ruang selama penyimpanan 24 jam.....	40
4.10	Hubungan <i>mean RGB bromocresol purple</i> dan <i>bromothymol blue</i> dengan (% kesegaran) ikan bandeng pada suhu ruang selama penyimpanan 24 jam.....	41
4.11	Intensitas warna sensor label pintar pada penyimpanan suhu chiller selama 14 hari. (a) <i>bromocresol purple</i> dan (b) <i>bromothymol blue</i>	42
4.12	Garfik perubahan intensitas warna label pintar <i>bromocresol purple</i> dan <i>bromothymol blue</i> pada penyimpanan suhu <i>chiller</i> selama 14 hari.....	43
4.13	Hubunga <i>mean RGB bromocresol purple</i> dan <i>bromothymol blue</i> dengan tekstur pada penyimpanan suhu <i>chiller</i> selama 14 hari.....	44
4.14	Hubunga <i>mean RGB bromocresol purple</i> dan <i>bromothymol blue</i> dengan pH pada penyimpanan suhu <i>chiller</i> selama 14 hari.....	45
4.15	Hubunga <i>mean RGB bromocresol purple</i> dan <i>bromothymol blue</i> dengan mikroba (TPC) pada penyimpanan suhu <i>chiller</i> selama 14 hari.....	46
4.16	Hubungan <i>mean RGB bromocresol purple</i> dan <i>bromothymol blue</i> dengan TVB ikan bandeng pada suhu <i>chiller</i> selama penyimpanan 14 hari.....	47
4.17	Hubungan <i>mean RGB bromocresol purple</i> dan <i>bromothymol blue</i> dengan (% kesegaran) ikan bandeng pada suhu <i>chiller</i> selama penyimpanan 14 hari...	48

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Kandunga gizi ikan bandeng	6
2.2 Tanda – tanda kualitas ikan bandeng	9
2.3 Batas maksimum cemaran mikroba dalam pangan.....	10
4.1 Selisih <i>mean RGB bromocresol purple</i> dan <i>bromothymol blue</i> dari pH 4 dan 8 dengan konsentrasi 500 ppm, 1000 ppm, dan 1500 ppm.....	31
4.2 Hubungan tingkat kesegaran ikan bandeng dengan perubahan warna label pintar.....	49

DAFTAR RUMUS

	Halaman
3.1 Kandungan Trimetilamin (TMA).....	29
3.2 Jumlah koloni per mL	29



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. OPTIMASI KONSENTRASI INDIKATOR pH SEBAGAI SENSOR KESEGARAN	55
B. DATA PERUBAHAN WARNA SENSOR LABEL PINTAR <i>BROMOCRESOL PURPLE</i> DAN <i>BROMTHYMOL BLUE</i>	57
C. DATA UJI TEKSTUR.....	59
D. DATA UJI pH.....	60
E. DATA UJI EVALUASI SENSORIK (% KESEGARAN).....	61
F. DATA UJI TOTAL MIKROBA.....	62
G. DATA UJI TOTAL VOLATILE BASE (TVB).....	64
H. DATA UJI PERBANDINGAN INTENSITAS WARNA SENSOR DENGAN PARAMETER UJI.....	65

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia sebagai negara maritim mempunyai potensi yang besar dalam perikanan, baik perikanan air tawar, payau, maupun air laut. Potensi air payau dengan sistem tambak diperkirakan mencapai 931.000 ha dan hampir telah dimanfaatkan potensinya hingga 100% dan sebagian besar digunakan untuk memelihara ikan bandeng. Pada umumnya ikan bandeng merupakan salah satu produk perikanan yang sering dikonsumsi oleh masyarakat. Ikan bandeng merupakan hasil perikanan yang memiliki rasa cukup enak dan gurih sehingga banyak digemari masyarakat. Harganya juga terjangkau oleh segala lapisan masyarakat. Ikan bandeng dimasukkan dalam golongan ikan dengan protein yang tinggi dan memiliki kadar lemak yang rendah (Susanto, 2010).

Semakin tingginya minat terhadap ikan bandeng, sehingga kualitas ikan bandeng menjadi sangat penting. Salah satu parameter dari kualitas ikan bandeng adalah kesegaran ikan. Ikan bandeng pada umumnya mudah mengalami penurunan kualitas, bila kesegaran ikan menurun, penurunan kesegaran tersebut berpotensi menjadi basi. Apabila konsumen mengkonsumsi ikan basi maka berpengaruh terhadap kesehatan (Restiana, 2011). Beberapa metode yang digunakan masyarakat untuk mengidentifikasi kesegaran dari ikan bandeng secara visual melalui perubahan bau, perubahan bentuk, dan perubahan tekstur (Baston, 2010). Kekurangan dari metode di atas yaitu tidak semua pendapat dari masyarakat sama dalam hal menilai kualitas bandeng yang masih segar, sehingga kebiasaan pada ikan bandeng berbeda – beda dan kurang valid. Munculnya permasalahan di atas maka perlu dikembangkan suatu metode untuk identifikasi kualitas dari ikan bandeng agar lebih valid.

Dewasa ini, banyak dikembangkan kemasan pintar yang dirancang untuk memberikan informasi aktual mengenai tingkat kesegaran dan keamanan produk pangan, termasuk produk perikanan yang dikemas (Pacquit *et al.*, 2008). Teknologi pengemasan bahan pangan yang moderen mencakup pengemasan

atmosfir termodifikasi (*modified atmosfer packaging/ MAP*) dan *pengembangan label pintar*. Tujuan dari keduanya yaitu untuk meningkatkan dan menjaga mutu dari kesegaran bahan yang dikemas sebelum dikonsumsi, sehingga memudahkan konsumen untuk mengetahui kualitas bahan yang dikemas.

Kemasan ikan bandeng sangat memerlukan teknik pendeteksi secara otomatis sebagai penentu kualitas kesegaran ikan bandeng. Salah satu teknologi yang digunakan adalah plastik yang dilengkapi sensor label pintar, dimana label pintar tersebut memerlukan suatu indikator untuk dapat mendeteksi kualitas ikan bandeng pada kemasan, sehingga memerlukan indikator yang sesuai dengan karakteristik tersebut. Indikator yang dapat digunakan adalah *bromothymol blue* dan *bromocresol purple* dikarenakan perubahan warna pada indikator tersebut sesuai dengan pH ikan bandeng yang berkisar antara 6,27– 7,5 (Zumah dan Prima 2013). *Bromothymol blue* 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* memiliki indikator pH 5,2 (berwarna kuning) dan pH 6,8 (berwarna ungu) (Riyanto *et al.*, 2004). Sensor kesegaran ikan bandeng menggunakan prinsip penangkapan metabolit pembusukan pada ikan bandeng. Sehingga, kemasan ini dapat memberikan informasi kepada konsumen terkait dengan kerusakan atau perubahan kualitas ikan bandeng yang disimpan dalam suhu ruang dan *chiller*.

Kerusakan mendeteksi kesegaran ikan dapat didasarkan pada proses terjadinya pembusukan. Kerusakan pada ikan ditandai dengan terbentuknya trimetilamin (TMA) dari reduksi trimetilamin oksida (TMAO) dan kandungan air yang tinggi sehingga cocok untuk tempat tumbunya bakteri, terutama bakteri *Salmonella* sp. TMA tersebut dapat digolongkan kedalam *total volatile bases* (TVB). *Total volatile bases* (TVB) merupakan senyawa yang mudah menguap (Siagian, 2002). Keadaan dan jumlah kadar TVB tergantung pada mutu kesegaran ikan, semakin menurun mutu ikan maka kadar TVB akan meningkat jumlahnya, sehingga terjadi perubahan bentuk, berlendir, perubahan pH yang akan meningkat menjadi lebih basa, perubahan tekstur yang akan lebih lembek, menimbulkan bau menyengat yaitu bau busuk, dan bau amonia.

Berdasarkan perihal di atas, dapat dikembangkan sensor label pintar dengan menggunakan indikator *bromothymol blue* dan *bromocresol purple* untuk mendeteksi kesegaran ikan bandeng. Alasan memakai dua indikator yaitu, salah satu indikator tersebut digunakan sebagai pembanding. Apabila kedua indikator menunjukkan perubahan warna yang spesifik maka ikan bandeng sudah tidak layak untuk dikonsumsi. Label pintar ini memiliki banyak manfaat bagi masyarakat, memudahkan konsumen mengetahui kondisi atau kesegaran ikan bandeng tanpa membuka kemasan, serta dapat menjamin mutu dan keamanan ikan bandeng. Selain itu, label ini dapat mencegah terjadinya keracunan makanan akibat mengonsumsi ikan bandeng yang mengalami pembusukan. Dengan demikian, perlu dilakukan inovasi label pintar sebagai sensor kesegaran ikan bandeng pada kemasan.

1.2. Rumusan Masalah

1. Berapakah konsentrasi optimum indikator pH pada label pintar untuk kesegaran ikan bandeng berbasis *bromothymol blue* dan *bromocresol purple*?
2. Bagaimanakah hubungan tingkat kesegaran ikan bandeng (yang meliputi pH, TVB, total mikroba, tekstur, dan bau) terhadap laju perubahan warna label pintar tersebut ?
3. Apakah label pintar tersebut dapat diaplikasikan sebagai sensor kesegaran ikan bandeng di lapangan ?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menentukan konsentrasi optimum indikator pH pada label pintar untuk kesegaran ikan bandeng berbasis *bromothymol blue* dan *bromocresol purple*.
2. Mengetahui hubungan tingkat kesegaran ikan bandeng (yang meliputi pH, TVB, total mikroba, tekstur, dan bau) terhadap laju perubahan warna label pintar tersebut.

3. Mengetahui apakah label pintar tersebut dapat diaplikasikan sebagai sensor kesegaran ikan bandeng di lapangan.

1.4. Manfaat Penelitian

- a. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas pangan masyarakat dan memberikan keamanan pangan pada masyarakat.
- b. Sebagai dasar pengembangan sensor kimia berupa label pintar yang berbasis sensor pH untuk meningkatkan jaminan mutu dan keamanan konsumen.
- c. Sebagai pengaplikasian sensor pH dalam meningkatkan potensi kemasan pintar sebagai sensor kesegaran ikan bandeng untuk memudahkan konsumen tanpa membuka kemasan.
- d. Sensor juga diharapkan dapat digunakan secara langsung pada sampel daging untuk membantu konsumen menentukan kesegaran ikan bandeng yang dibelinya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Ikan Bandeng

2.1.1 Deskripsi Ikan Bandeng

Produk yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat adalah ikan bandeng. Ikan bandeng merupakan komoditas perikanan yang memiliki rasa yang cukup enak dan gurih sehingga banyak digemari masyarakat. Selain itu, harganya juga terjangkau oleh segala lapisan masyarakat. Ikan bandeng digolongkan sebagai ikan yang berprotein tinggi dan berkadar lemak yang rendah (Susanto 2010).



Gambar 2.1 Ikan bandeng (*Chanos chanos*) (FAO 2011).

Menurut Sudrajat (2008) Klasifikasi ikan bandeng (*Chanos chanos*) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Filum	: Chordata
Subfilum	: Vertebrata
Kelas	: Osteichthyes
Subkelas	: Teleostei
Ordo	: Malacopterygii
Famili	: Chanidae
Genus	: Chanos
Spesies	: <i>Chanos chanos</i>

Karakteristik ikan bandeng yaitu memiliki kepala yang tidak bersisik, mulut kecil terletak di ujung rahang tanpa gigi, lubang hidung terletak didepan mata. Mata diliputi selaput bening (*subcutaneus*). Warna badan putih keperak - perakan dan punggung biru kehitaman. Ikan bandeng dapat tumbuh sampai 1,8 m, anak ikan bandeng yang biasa disebut nener yang biasa ditangkap di pantai panjangnya sekitar 1-3 cm, sedangkan gelondongan berukuran 5,8 cm. Panjang badannya bisa mencapai 1 meter, tetapi di tambak ukuran badannya tidak dapat melebihi 50 cm karena pengaruh faktor ruang dan sengaja diambil sebelum menjadi dewasa. Sirip punggung pada ikan bandeng terbentuk dari kulit yang berlapis dan licin, terletak jauh dibelakang tutup insang dan berbentuk segiempat. Pada bagian ujungnya berbentuk runcing, semakin ke pangkal ekor semakin lebar dan membentuk sebuah gunting terbuka (Purnowati *et al*, 2007).

2.1.2 Kandungan Gizi Ikan Bandeng

Ikan merupakan pangan yang bergizi, menurut USDA *National Nutrient Database for Standard Reference* (2009), ikan bandeng mempunyai nutrisi yang lengkap, terdiri dari proksimat, mineral lemak dan asam amino yang bermanfaat bagi manusia. Komposisi gizi ikan bandeng sangat tinggi, terutama kandungan proteinnya. Komposisi ikan bandeng segar dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan gizi ikan bandeng

Zat gizi	Jumlah	Satuan
Kalori	126	Kalori
Protein	17,4	Gram
Lemak	5,7	Gram
Air	60,2	Gram
Kalsium	43,4	Miligram
Fosfor	138	Miligram
Besi	0,3	Miligram
Vitamin A	85	Miligram
Vitamin B6	0,4	Miligram
Vitamin B12	2,9	Miligram

Sumber : [www. Nutritiondata.com](http://www.Nutritiondata.com) (2007)

2.2 Penurunan Mutu Ikan Bandeng

Kerusakan pada ikan bandeng dapat terjadi secara biokimiawi maupun mikrobiologi. Ikan bandeng merupakan bahan pangan yang mudah mengalami kerusakan dan penurunan mutu. Proses kerusakan ikan ini berlangsung cepat terutama di daerah tropis yang mempunyai kelembaban yang tinggi. Proses tersebut dipercepat dengan adanya cara penangkapan yang tidak baik, cara penanganan yang kurang tepat, sarana distribusi dan sarana pemasaran yang terbatas (Yuniarti, 2010). Penurunan mutu ikan digolongkan menjadi 4 tahap, yaitu prerigor, rigor mortis, postrigor dan pembusukan oleh bakteri (Juniato, 2003).

a. *Prerigor*

Tahap ini terjadi ketika daging ikan masih lembut dan lunak. Fase ini merupakan perubahan pertama kali terjadi setelah ikan mati, yang ditandai dengan pelepeasa lendir cair, bening, atau transparan. Proses ini berlangsung 2 – 4 jam setelah ikan dimatikan.

b. *Rigormortis*

Tahap ini terjadi ketika ikan mengalami kekakuan, faktor yang mempengaruhi yaitu suhu, kondisi stress pra ikan mati, kondisi biologis ikan dan suhu penyimpanan pada tahap sebelumnya yaitu *prerigor*. Proses ini berlangsung selama 10 jam (2 – 12 jam). Fase ini ditandai dengan terjadinya penurunan pH, tetapi pada tahap ini ikan masih memiliki kualitas yang baik dan diterima oleh konsumen.

c. *Postrigor*

Tahap ini terjadi ketika daging dan otot ikan secara bertahap kembali menjadi lunak. Fase ini merupakan fase awal kebusukan ikan. Hal ini disebabkan karena terjadinya degradasi enzimatik di dalam daging ikan. Proses ini berlangsung selama 12 – 24 jam.

d. Busuk

Tahap ini terjadi ketika melewati fase *rigormortis*, pada saat jaringan otot longgar. Bakteri mengeluarkan getah pencernaan, enzim yang rusak dan

Tabel 2.2 Tanda – tanda kualitas ikan bandeng

Ikan Segar	Ikan Busuk
Daging kenyal	Daging lembek
Sisik kuat dan mengkilat segar	Sisik suram dan mudah lepas
Mata jernih menonjol, bau ikan	Mata suram dan tenggelam
Sirip kuat, bau ikan segar	Sirip rapuh, bau amis / tidak segar
Warna keseluruhan termasuk kulit cemerlang	Warna keseluruhan suram dengan lendir tebal dan berbau busuk
Insang berwarna merah	Insang berwarna kelabu dengan lendir tebal
pH ikan bandeng masih segar berkisaran $pH \pm 6,27 - 7,5$	pH ikan bandeng yang sudah busuk berkisaran antara diatas 7,5

Sumber: SNI No.01-2729.1-2006

2.3 Proses Degradasi Mikroba

Aktivitas mikroba merupakan penyebab utama kerusakan sebagian besar makanan hasil laut segar dan beberapa makanan hasil laut yang mengalami pengawetan ringan. Mikroorganisme yang dikaitkan dengan produk – produk perikanan secara umum mencerminkan populasi mikroba dalam lingkungan ikan – ikan. Pada saat penangkapan otot ikan steril, tetapi akan cepat terkontaminasi oleh bakteri – bakteri permukaan tubuh ikan.

Mikroorganisme ditemukan dipermukaan luar tubuh ikan (kulit dan insang) dan usus ikan hidup yang baru ditangkap. Mikroflora yang terdapat pada ikan yang berasal dari daerah tropis didominasi oleh bakteri yang bersifat psikotropis, aerob atau anaerob fakultatif. Sensor bertugas untuk melihat berapa lama ikan bandeng rusak dengan penyimpanan suhu yang berbeda. Faktor yang mempengaruhi kecepatan pembusukan mikroba antara lain kondisi higienitas, suhu penyimpanan, dan keasaman ikan bandeng (Martin 2008).

Perlu melakukan analisis jumlah mikroba yang mengindikasikan menjadi penyebab kebusukan ikan bandeng yang diakibatkan oleh aktivitas mikroba. Standar Plate Count (SPC) merupakan analisis mikroba untuk mengetahui jumlah mikroba yang berkorelasi dengan perubahan kimia yang terjadi pada ikan bandeng sehingga menyebabkan timbulnya metabolit pada ikan bandeng tersebut, terjadi perubahan warna dan tekstur.

Prinsip dari metode SPC yaitu jika medium agar digunakan untuk menumbuhkan jasad renik yang masih hidup, maka sel jasad renik tersebut dapat berkembangbiak dan menghasilkan koloni yang dapat dihitung dan dilihat langsung tanpa mikroskop. Metode hitungan cawan merupakan metode yang efektif dan sensitif dalam menentukan jumlah jasad renik. Kelemahan pada metode ini yaitu hasil perhitungan tidak menunjukkan jumlah sel yang sebenarnya karena jasad renik yang ditumbuhkan harus dapat tumbuh pada medium padat dan membentuk koloni yang jelas dan kompak, beberapa sel yang berdekatan diduga membentuk satu koloni, tidak menyebar dan memerlukan persiapan serta waktu inkubasi yang tepat yaitu 37°C selama 2 hari, serta medium dan kondisi inkubasi yang berbeda diduga menghasilkan nilai yang berbeda.

Tabel 2.3 Batas maksimum cemaran mikroba dalam pangan

	Jenis mikroba	Jumlah koloni
Ikan segar	ALT (30 °C, 72 jam)	5 x 10 ⁵ koloni/g
	AMP <i>Escherichia coli</i>	< 3/g
	<i>Salmonella</i> sp.	Negatif / 25g
	<i>Vibrio cholerae</i>	Negatif / 25g
	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	Negatif / 25g
SNI 7388,2009		

2.4 *Total Volatile Base (TVB) Sebagai Parameter Kualitas Ikan Bandeng*

Total volatile bases (TVB) atau disebut juga basa yang mudah menguap terbentuk dalam otot jaringan ikan yang sebagian besar terdiri dari ammonia yang kadarnya berbeda beda antar jenis ikan bahkan dalam suatu jenis ikan yang sama. Senyawa – senyawa yang terbentuk akibat proses kemunduran mutu adalah hipoksatin, senyawa basa nitrogen, dan amino yang sebagian terbentuk akibat mikroba. Keadaan dalam jumlah kadar TVB tergantung pada mutu kesegaran ikan, makin mundur mutu ikan kadar TVB akan meningkat jumlahnya (Dwiari, 2003).

Kenaikan kadar TVB terutama disebabkan reaksi bakteri sehingga dapat dipakai untuk mengukur pembusukan pada ikan. Pada ikan yang sangat segar kadar TVB akan kecil dan seluruhnya hampir terdiri dari amonia. Tetapi jika ikan

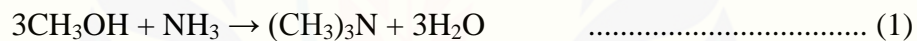
mulai membusuk, akan terjadi banyak perubahan - perubahan dalam sifat maupun dalam kadar dari TVB dalam daging ikan. TVB digunakan sebagai indikator untuk mengukur tingkat kesegaran ikan dan sebagai batasan yang layak untuk dikonsumsi. Ikan benar-benar telah busuk ketika kadar TVB-nya melebihi 30 mg-N/100gram (Connell, 1975 dan Oehlenschlager, 1992).

2.5 Trimetilamin

Trimetilamin adalah senyawa yang tidak berwarna, higroskopis dan mudah terbakar dimana senyawa tersier memiliki bau amis yang kuat rendah konsentrasi dan amonia seperti bau pada konsentrasi yang lebih tinggi. Trimetilamin adalah senyawa organik dengan rumus $N(CH_3)_3$, dimana produk dari dekomposisi tumbuhan dan hewan (Restyana, 2011)

Trimetilamin adalah nitrogen dasar dan dapat mudah terprotonasi untuk memberikan kation trimethylammonium.

Trimetilamina disusun oleh reaksi ammonia sebagai berikut :



Kemudian akan mengalami autolisis menjadi :



OH^- bersifat basa dan mudah menguap sehingga dapat digolongkan pada senyawa basa volatile (*Volatile Base*) (Restyana, 2011).

2.6 Kemasan Ikan Bandeng

Metode pengemasan pada ikan bandeng berperan sangat penting dalam mencegah atau mengurangi kerusakan oleh mikroorganisme serta gangguan fisik. Beberapa jenis kemasan yang biasa digunakan adalah *Modified Atmosphere Packaging* (MAP), kemasan vakum dan kemasan tradisional. Lingkungan atmosfer makanan juga berpengaruh terhadap *shelf life* makanan. Bagi makanan yang diproses, oksigen yang rendah merupakan suatu keuntungan, sehingga memperlama diskolorasi dari ikan (Ottles *et al.*, 2008).

Pengaruh lain dari kemasan plastik adalah melindungi produk dari perubahan kadar air karena bahan kemasan dapat menghambat terjadinya

penyerapan uap air dari udara. Karbondioksida yang tinggi dan oksigen yang rendah dapat menjadi masalah untuk pertumbuhan mikroorganisme aerobik dan pembusukan makanan, sehingga pada ikan karbon dioksida menguntungkan sebagai antimikroba. Keuntungan lain bertujuan untuk mencegah kontaminasi, menunda kebusukan, berlangsungnya aktivitas enzim untuk meningkatkan kelembutan tekstur ikan (Brody *et al.*, 2008).

2.6.1 *Modified Atmosphere Packaging* (MAP)

Modified Atmosphere Packaging (MAP) merupakan teknologi kemasan untuk meningkatkan dalam lamanya penyimpanan dan menghambat mikroorganisme perusak serta patogen pada ikan (Balamatsia *et al.*, 2006). Daging ikan sangat rentan terhadap mikroorganisme perusak (*pseudomonas*, *salmonella*, dan kapang). Padahal, dibawah kemasan MAP bakteri asam laktat (BAL) juga dominan (Davies, 1995). Kualitas dan kesegaran daging ayam utamanya berdasarkan determinasi sensoris dan berhubungan dengan mikroba. Selain itu juga dari senyawa kimia yang dapat menjadi indikasi kemunduran daging seperti volatile bases, kerusakan nukleotida, *volatile acidity* dan jumlah *biogenic amin* (BAs). BAs terbentuk akibat dekarboksilasi pada asam amino yang spesifik dengan enzim mikroba (Balamatsia *et al.*, 2006).

Pengemasan menggunakan MAP merupakan sistem menggunakan gas alami disekitar lingkungan produk yang dengan sengaja dirubah lalu secara keseluruhan berubah, akibatnya terjadi interaksi antara produk, kemasan dan lingkungan produk (Berkel *et al.*, 2004). Penerapan MAP dilakukan pada ikan bandeng yaitu pada temperatur $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ yang memungkinkan untuk memperlama jangka waktu penyimpanan sampai dua kalinya, dengan menjaga melalui pendinginan kontinyu, memberikan suatu metode yang efektif dalam meningkatkan penyimpanan produk tersebut (Philips, 1996).

2.6.2 *Vacuum Packaging*

Metode kemasan ini melibatkan penggunaan kantong plastik yang terbuat dari bahan penghalang yang kuat untuk perlindungan melawan abrasi, migrasi kelembapan, dan permeabilitas gas. Bentuk lain dari MAP adalah kemasan

vakum. Karena kemasan vakum dapat menghilangkan oksigen dari kemasan tersebut. Berkurangnya oksigen di dalam kemasan dapat meningkatkan kualitas daging, karena menurunkan proses oksidasi (Jackson *et al.*, 1992).

2.6.3 *Traditional Packaging*

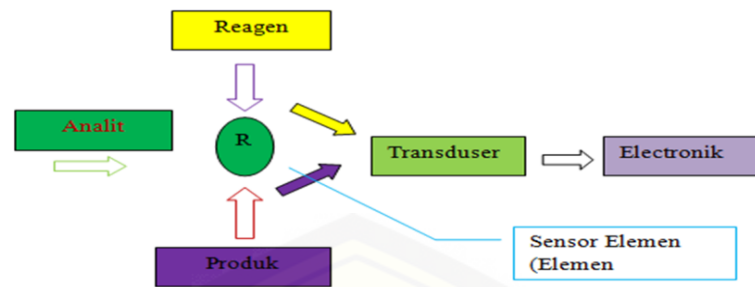
Metode ini adalah bentuk yang paling umum dari kemasan daging segar disebut *store wrap*. Kemasan ini terdiri dari *styrofoam* yang diisi daging ikan bandeng dan lapisan penyerap, dikemas dengan plastik film yang bersifat permeabel. Sifat permeabilitas dari film memungkinkan oksigen dari udara untuk masuk dan kontak dengan daging ikan yang dapat merubah warna daging ikan. Kemasan ini sangat ekonomis dengan biaya yang efektif. Namun, jenis kemasan ini memicu terjadinya oksidasi dan kurangnya karbondioksida dalam udara tidak dapat mencegah pembusukan akibat pertumbuhan bakteri (Brooks *et al.*, 2008).

2.7 **Tinjauan Sensor**

2.7.1 Sensor Kimia

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. Sensor merupakan sebuah perangkat yang menghasilkan informasi analisis kualitatif dan kuantitatif secara spesifik dengan pengenalan yang memanfaatkan elemen biologis (seperti reseptor biologis, enzim, hormon, antigen, antibodi, mikroba) atau kimia (reagen-reagen kimia) yang mengalami kontak dengan analit (Ojeda & Fuesenta, 2006).

Proses terjadinya sensor kimia bisa dilihat pada gambar 2.3. Kebanyakan sensor mengandung dua unit dasar fungsional yaitu reseptor dan transduser. Sensor kimia biasanya banyak diaplikasikan untuk mendeteksi entitas kimiawi dengan menggunakan reaksi kimia dari reagen kimia yang sesuai. Entitas kimiawi yang dideteksi tersebut biasanya disebut analit (Kuswandi, 2008).



Gambar 2.3 Skema Sensor Kimia
(Kuswandi, 2008)

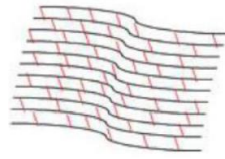
2.7.2 Teknik Imobilisasi

Imobilisasi 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 imobilisasikan terlebih dahulu ke media dengan dijadikan reagen kering agar mudah dikendalikan. Menurut Eggins (1996), teknik imobilisasi adalah suatu teknik memerangkap reagen dalam suatu matriks polimer dengan syarat aktivitas reagensinya tetap ada.

Pemilihan teknik imobilisasi biasanya didasarkan kesesuaiannya dengan sifat-sifat reagen. Secara umum, tidak ada satu pun teknik imobilisasi yang dapat digunakan untuk semua jenis reagen. Pengikatan reagen dapat dilakukan baik secara kimia dan fisika. Secara kimia ada dua metode meliputi pembentukan ikatan kovalen dan *cross-linking*. Secara fisika ada beberapa proses penyerapan (adsorpsi), pemerangkapan (*entrapment*), pengkapsulan (enkapsulasi) dan interaksi elektrostatis. Berikut beberapa teknik Imobilisasi reagen kimia (Kuswandi, 2008):

a. *Cross-linking*

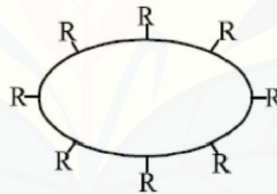
Cross-linking adalah suatu metode menggunakan senyawa kimia yang memiliki dua gugus fungsi yang akan mengikatkan reagen pada membran. Kekurangan metode ini dapat mengalami kerusakan pada spesifikasi reagen (Eggins, 1996). Metode *cross-linking* ditunjukkan pada gambar 2.4 berikut :



Gambar 2.4 Metode *Cross-Linking*
(Kuswandi, 2008).

b. Pembentukan Ikatan Kovalen

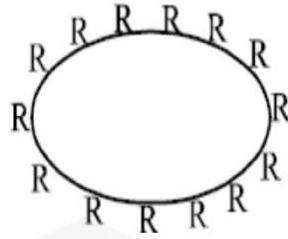
Pembentukan ikatan kovalen yang ditunjukkan pada gambar 2.5, untuk mencapai kondisi ini maka perlu kontrol seperti pada temperatur rendah, kekuatan ion yang kecil dan pH yang netral. Ikatan kovalen melibatkan ikatan antara molekul reagen dengan fase pendukungnya. Penggunaan rancangan gugus fungsi terhadap membran digunakan untuk mendapat ikatan kovalen. Bagian molekul yang akan dikaitkan merupakan atau bukan bagian dari sisi aktif. Kelebihan teknik ini yaitu tidak akan terjadi pelepasan material pada matriknya, karena ikatan yang terjadi sangat kuat. (Eggins, 1996)



Gambar 2.5 Metode Pembentukan Ikatan Kovalen
(Kuswandi, 2008)

c. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu zat oleh zat lainnya atau dapat didefinisikan perubahan pada suatu permukaan (Kuswandi, 2008). Teknik ini merupakan teknik yang sederhana dan sedikit preparasi, namun interaksi antara reagen dan matriks sangat lemah. Ikatan *van der Waals* dan ikatan ion yang paling sering terjadi. Gambar 2.6 di bawah ini merupakan metode adsorpsi.



Gambar 2.6 Metode Adsorpsi
(Kuswandi, 2008)

d. Enkapsulasi

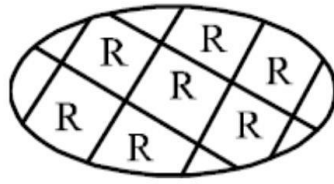
Teknik ini mampu bertahan terhadap perubahan kondisi misalnya perubahan suhu, pH, kekuatan ion, dan komposisi kimia (Eggins, 1996). Teknik ini menggunakan membran semipermeabel yang memerangkap dan menjerat reagen di dalam ruang antara material pendukung. Berikut merupakan gambar 2.7 metode enkapsulasi :



Gambar 2.7 Metode Enkapsulasi
(Kuswandi, 2008)

e. *Entrapment*

Metode *entrapment* ditunjukkan pada gambar 2.8. Teknik ini menjerat reagen dalam polimer yang permeabel. Biasanya dilakukan dengan mencampurkan reagen dengan larutan monomer ataupun polimer kemudian ditambahkan *plastizicer* atau tidak. Penambahan *plastizicer* pada larutan ini membuat ikatan silang polimer sehingga terbentuk ruang kosong dan polimer akan menjadi lebih lentur (Kuswandi, 2008).



Gambar 2.8 Metode *Entrapment*
(Kuswandi, 2008)

2.8 Tinjauan Reagen Indikator pH

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).

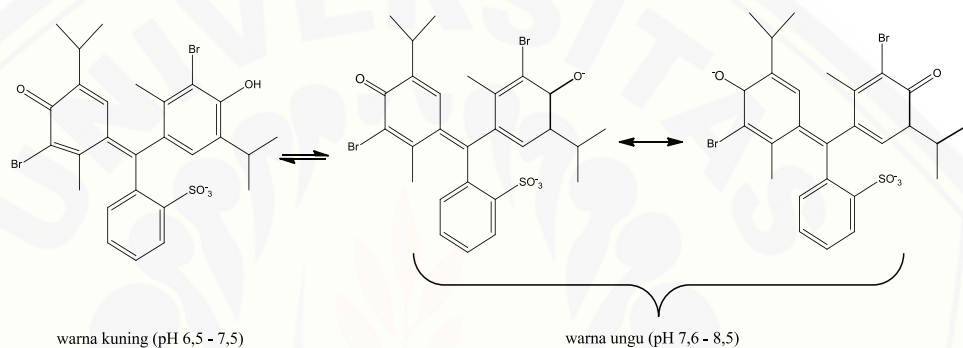
Indikator tidak terdiri dari komponen reseptor dan menyampaikan informasi melalui perubahan visual secara langsung Indikator merupakan senyawa kimia yang mengindikasikan ada atau tidaknya senyawa kimia lain atau derajat reaksi antara 2 atau lebih yang memberikan karakteristik perubahan, khususnya perubahan warna (Kerry *et al.*, 2006).

Prinsip kerja indikator kesegaran yaitu indikator ditempatkan didalam kemasan makanan dan didesain sebagai tanda yang dapat dilihat oleh konsumen bahwa telah terjadi perubahan kimia yang terjadi dalam produk tersebut. Alat ini sensitif sampai spesifik terhadap produk awal yang mengalami, sedang, atau telah mengalami kemunduran berupa pembusukan makanan (Kerry *et al.*, 2006).

Salah satu teknologi yang digunakan adalah plastik yang dilengkapi sensor label pintar, dimana label pintar tersebut memerlukan suatu indikator untuk dapat mendeteksi kualitas ikan bandeng pada kemasan, sehingga memerlukan indikator yang sesuai dengan karakteristik tersebut. Indikator yang dapat digunakan adalah *Bromothymol blue* dan *Bromocresol purpel* dikarenakan perubahan warna pada indikator tersebut sesuai dengan pH ikan bandeng yang berkisar antara 6,27– 7,5 (Zumah dan Prima 2013). Alasan memakai dua indikator yaitu salah satu indikator tersebut digunakan sebagai pembanding. Apabila kedua indikator tersebut berubah warna yang spesifik maka ikan bandeng sudah tidak layak untuk dikonsumsi.

a. *Bromothymol blue*

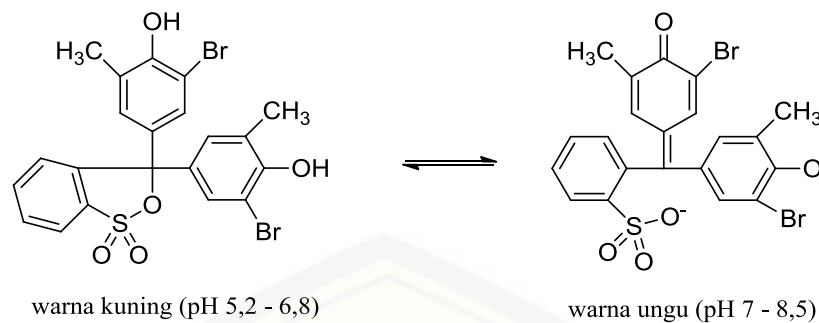
Bromothymol blue adalah 4,4'-(1,1-dioxido-3H-2,1-benzoxathiole-3,3-diyl)bis(2-bromo-6-isopropyl-3-methylphenol). Indikator ini memiliki pKa 7,0 dan pH 6 (berwarna kuning) dan pH 7,6 (menjadi biru). *Bromothymol blue* yang juga dikenal sebagai *bromothymol sulfone phthalein* merupakan indikator yang bekerja pada asam dan basa lemah (Riyanto *et al.*, 2014). Mekanisme perubahan warna *bromothymol blue* dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Mekanisme Perubahan Warna *Bromothymol blue* (Shimada dan Hasegawa, 2017)

b. *Bromocresol purple*

Bromocresol purple adalah suatu indikator pH yang memiliki perubahan warna kuning di bawah pH 5,2 dan warna ungu di atas pH 6,8. *Bromocresol purple* merupakan (5,5'-dibromo-*o*-cresol sulphonphthalein) indikator yang biasa digunakan sebagai plastik pH dan sering digunakan untuk mengukur albumin serta untuk kebutuhan prosesi fotografi. Indikator ini memiliki pKa 6,3 (Riyanto *et al.*, 2014). mekanisme perubahan warna akibat degradasi ditunjukkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Mekanisme Perubahan Warna *Bromocresol purple* (Ramadhani, 2016)

2.9 Label pintar (*Smart Label*)

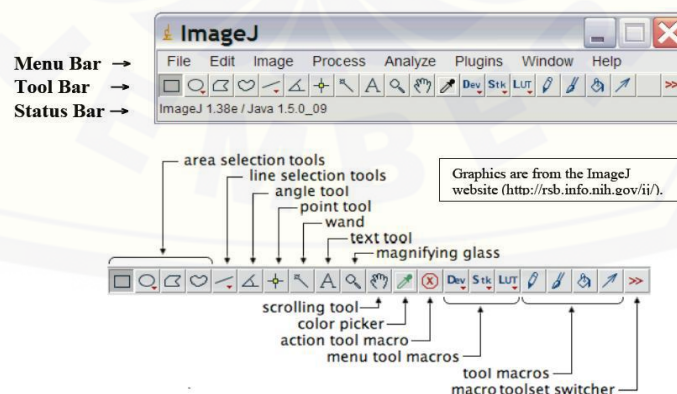
Prinsip dari label pintar yaitu perubahan warna pada pH yang dihasilkan interaksi antara pewarna yang sensitif pH dengan *volatile* amin dalam kemasan. Label pintar mampu mendeteksi analit kesegaran dari kemasan makanan meliputi senyawa *volatile* nitrogen seperti amonia, dimetilamin, juga kadaverin dan putresin. Biasanya label pintar digunakan untuk deteksi kesegaran dari ikan, daging, sayuran, buah, dan minuman (Berryman 2014).

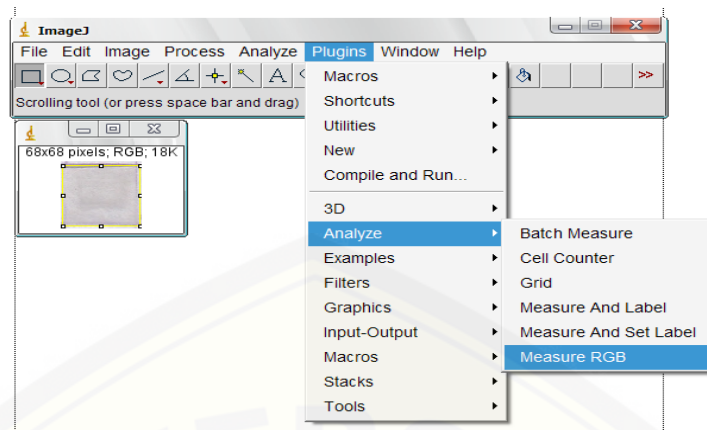
Metode yang paling sesuai untuk menggabungkan teknologi kemasan pintar dengan makanan dan kemasan minuman yaitu menggunakan label pintar. Kegunaan dari label pintar khususnya dalam bentuk cairan yang diformulasi secara kimia sehingga berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya. Ada juga contoh label yang berdasarkan aktivitas mekanik yang setara dengan perkembangan cepatnya bidang elektronik dari label pintar. Prinsip fungsi dari kemasan tradisional makanan meliputi menurunkan kerusakan makanan, mempertahankan kualitas dan keamanan, dan mengurangi kerusakan fisik dari makanan. Secara umum kemasan melindungi dari beberapa faktor seperti cahaya, panas, kelembaban, tekanan, oksigen, enzim, mikroorganisme, bau, debu dan kotoran (Farkas, 2008)

2.10 Tinjauan Program *Image J*

Image J adalah merupakan program yang dibuat oleh *National Institute of Health* biasanya digunakan untuk analisis gambar. Program *image J* terdapat menu bar, tool bar, dan status bar yang dapat dilihat pada gambar 2.11. Cara kerja program ini yaitu ketika kursor ditempatkan di daerah gambar, maka akan muncul tampilan koordinat yang akan diukur dalam piksel/detik. Piksel merupakan suatu titik tunggal dalam pencitraan atau elemen terkecil yang dapat dikenali, ketajaman suatu gambar digambarkan dengan jumlah digit biner (bit) yang diperlukan untuk penggambaran piksel (Reinking, 2007).

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





Gambar 2.11 Program *Image J* dan cara penggunaannya (Reinking, 2007)

2.11 Evaluasi Sensori

Evaluasi sensori merupakan ilmu pengetahuan yang menggunakan indera manusia untuk mengukur penampilan, aroma, dan tekstur pada produk pangan. Penerimaan konsumen terhadap suatu produk diawali dengan penilaiannya terhadap penampilan, aroma dan tekstur. Evaluasi sensori dapat digunakan untuk menilai adanya perubahan yang dikehendaki atau tidak dikehendaki dalam produk. Penerimaan dan kesukaan atau preferensi konsumen, serta korelasi antara pengukuran sensori dan kimia atau fisik dapat juga diperoleh dengan evaluasi sensori (Baston, 2010).

Prinsip ini mempunyai 3 jenis uji organoleptik, yaitu uji perbedaan (*discriminative test*), uji deskripsi (*descriptive test*) dan uji afektif (*affective test*). Saya menggunakan uji perbedaan untuk memeriksa apakah ada perbedaan diantara contoh-contoh yang disajikan. Uji deskripsi digunakan untuk menentukan sifat dan intensitas perbedaan tersebut. Kedua kelompok uji di atas membutuhkan panelis yang terlatih atau berpengalaman. Sedangkan uji afektif didasarkan pada pengukuran kesukaan (atau penerimaan) atau pengukuran tingkat kesukaan relatif. Pengujian afektif yang menguji kesukaan dan atau penerimaan terhadap suatu produk dan membutuhkan jumlah panelis tidak dilatih yang banyak yang sering dianggap untuk mewakili kelompok konsumen tertentu.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental *experimental laboratories*.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

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

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel bebas

Variabel suhu penyimpanan dengan 2 macam suhu penyimpanan, yaitu suhu ruang (27 ± 3 °C) dan suhu *chiller* (4 ± 2 °C).

3.3.2 Variabel terikat

- a. Perubahan bau ikan bandeng
- b. Perubahan pH ikan bandeng
- c. Perubahan warna sensor *bromothymol blue* dan *bromocresol purple*
- d. Tekstur ikan bandeng
- e. Total Mikroba
- f. Total Volatile Base (TVB)
- g. Evaluasi sensor

3.3.3 Variabel terkontrol

- a. Bobot sampel ikan bandeng 100g
- b. Konsentrasi *bromothymol blue* dan *bromocresol purple* sebagai sensor kesegaran

3.4 Definisi Operasional

1. Sampel ikan bandeng yang digunakan di dapatkan dari tambak (Puger), Jember.
2. Setelah 2 jam ikan bandeng dimatikan, ikan bandeng dikemas untuk perlakuan suhu ruang dan suhu *chiller* sehingga ikan bandeng dalam keadaan segar.
3. Masing – masing sampling yang telah 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

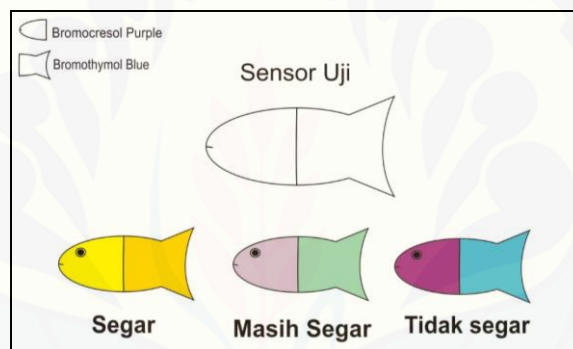
Alat – alat yang digunakan adalah pisau, *PE white wrapping plastic stretch film* 0,9 g/cm³, pH meter, labu ukur 10 mL, pipet tetes, *beaker glass*, tabung reaksi, kamera digital, plat tetes, gelas ukur 10 mL dan 50 mL, timbangan analitik (Matrik), erlenmeyer 50 mL (Iwaki), *Autoclave*, *Laminar Air Flow (LAF)* (DAIHA LABTECH, Type: LBC – 1101VE), *refrigator* (LG), cawan petri, penetrometer *Rheotex*, pH universal (McolorpHastTM), alat destilasi *Kjehldahl*.

3.5.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan bandeng (*Chanos chanos*) segar yang dibeli di tambak (Puger) Jember, aquades steril, etanol 97%, *bromothymol blue* (Merck KGaA), *bromocresol purple* (Merck KGaA), kertas saring "whatman" cat no. 1001 090, *styrofoam* sebagai kemasan, media agar (*Plate Count Agar/ PCA*), HCl 0,02 N.

3.6 Rancangan Sensor Kesegaran

Rancangan sensor merupakan alat yang berguna untuk mempermudah menafsirkan kondisi ikan bandeng yang disimpan dalam kemasan tanpa perlu membuka tutup kemasan sehingga menjamin higienitas dan meningkatkan nilai tambah dari tampilan suatu produk. Gambar 3.1 pada bagian sensor dilengkapi referensi yang diberi keterangan untuk sensor *bromocresol purple* segar (warna kuning), masih segar (warna ungu muda), dan tidak segar (warna ungu pekat), sedangkan untuk sensor *bromothymol blue* (warna kuning), masih segar (warna kuning kehijauan), dan tidak segar (warna biru).

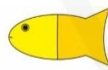


Gambar 3.1 Desain sensor kesegaran ikan bandeng

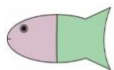
keterangan :



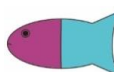
: Sensor *bromocresol purple* dan *bromothymol blue* menunjukkan perubahan warna ketika ikan bandeng mulai rusak.



: Warna kuning dan kuning menunjukkan ikan bandeng dalam kondisi segar.



: Warna ungu muda dan kuning kehijauan menunjukkan ikan bandeng dalam kondisi masih segar.



: Warna ungu pekat dan biru menunjukkan ikan bandeng dalam kondisi tidak segar (busuk).

3.7 Prosedur Penelitian

3.7.1 Tahap Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk identifikasi tingkat kesegaran ikan bandeng dengan perubahan warna yang terjadi pada sensor, pengemasan ikan bandeng, sensor diletakkan di atas *PE white wrapping plastic stretch film*. Melakukan pengamatan ikan bandeng dengan variasi temperatur yaitu suhu ruang (tiap 2 jam selama 24 jam) sekali dengan (27 ± 3 °C) dan suhu *chiller* (perhari selama 14 hari) (4 ± 2 °C). Analisis parameter kesegaran ikan meliputi warna sensor, bau, perubahan tekstur, pH, total mikroba, kadar TVB, evaluasi sensor (bau, warna, tekstur).

3.7.2 Pelaksanaan penelitian

3.7.2.1 Optimasi konsentrasi indikator pH sebagai sensor kesegaran

Pembuatan larutan indikator pH dari *bromothymol blue* dan *bromocresol Purple*. Menimbang 5 mg; 10 mg; dan 15 mg dari masing – masing indikator *bromothymol blue* dan *bromocresol Purple*, kemudian dilarutkan dalam 10 mL etanol 97%. Konsentrasi masing – masing indikator adalah 500 ppm, 1000 ppm, dan 1500 ppm. Langkah selanjutnya di ujikan pada dapar pH 4 – 8 kemudian direplikasi 3 kali. Optimum bila konsentrasi dari indikator *bromothymol blue* dan *bromocresol Purple* menunjukkan perbedaan warna pada tiap pH.

3.7.2.2 Pembuatan sensor kesegaran sebagai label pintar

Kertas saring *whatman* yang telah dipotong sesuai dengan desain sensor tersebut direndam dalam masing – masing indikator pH *bromothymol blue* dan *bromocresol purple* selama 1 hari kemudian dikeringan.

3.7.2.3 Pembuatan kemasan

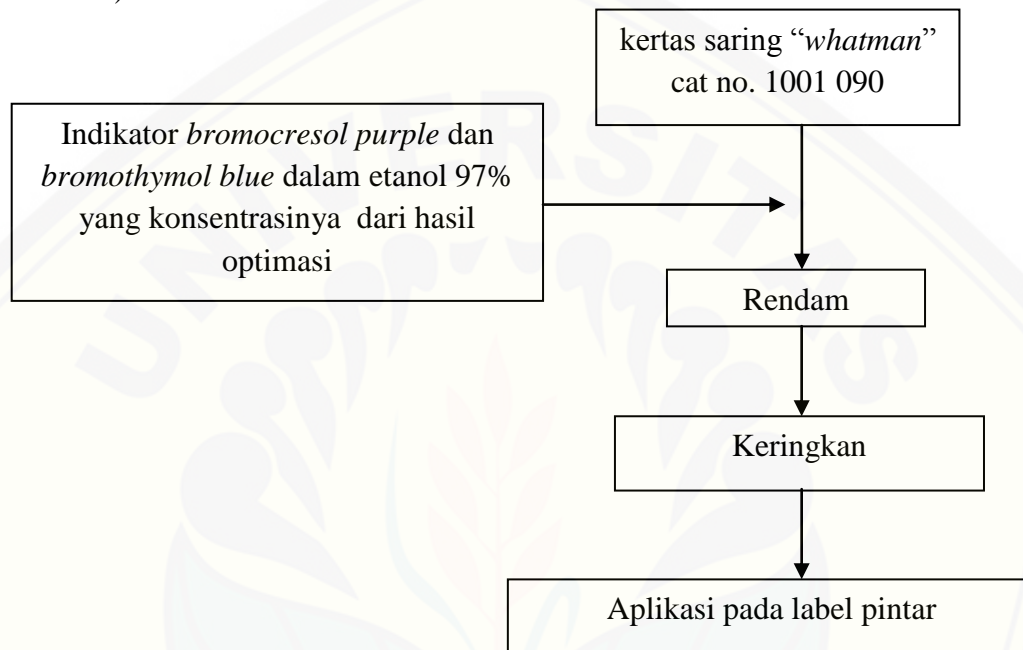
Ikan bandeng yang masih segar diletakkan dalam *styrofoam* kemudian ditutup dengan *PE wrap plastic* yang telah diberikan label pintar sebagai sensor kesegaran.

3.3.3 Analisis data

Metode deskriptif digunakan pada pengolahan data hasil penelitian. Data hasil penelitian ditampilkan dalam bentuk tabel, untuk mempermudah interpretasi data sehingga dibuat dalam bentuk grafik dan histogram.

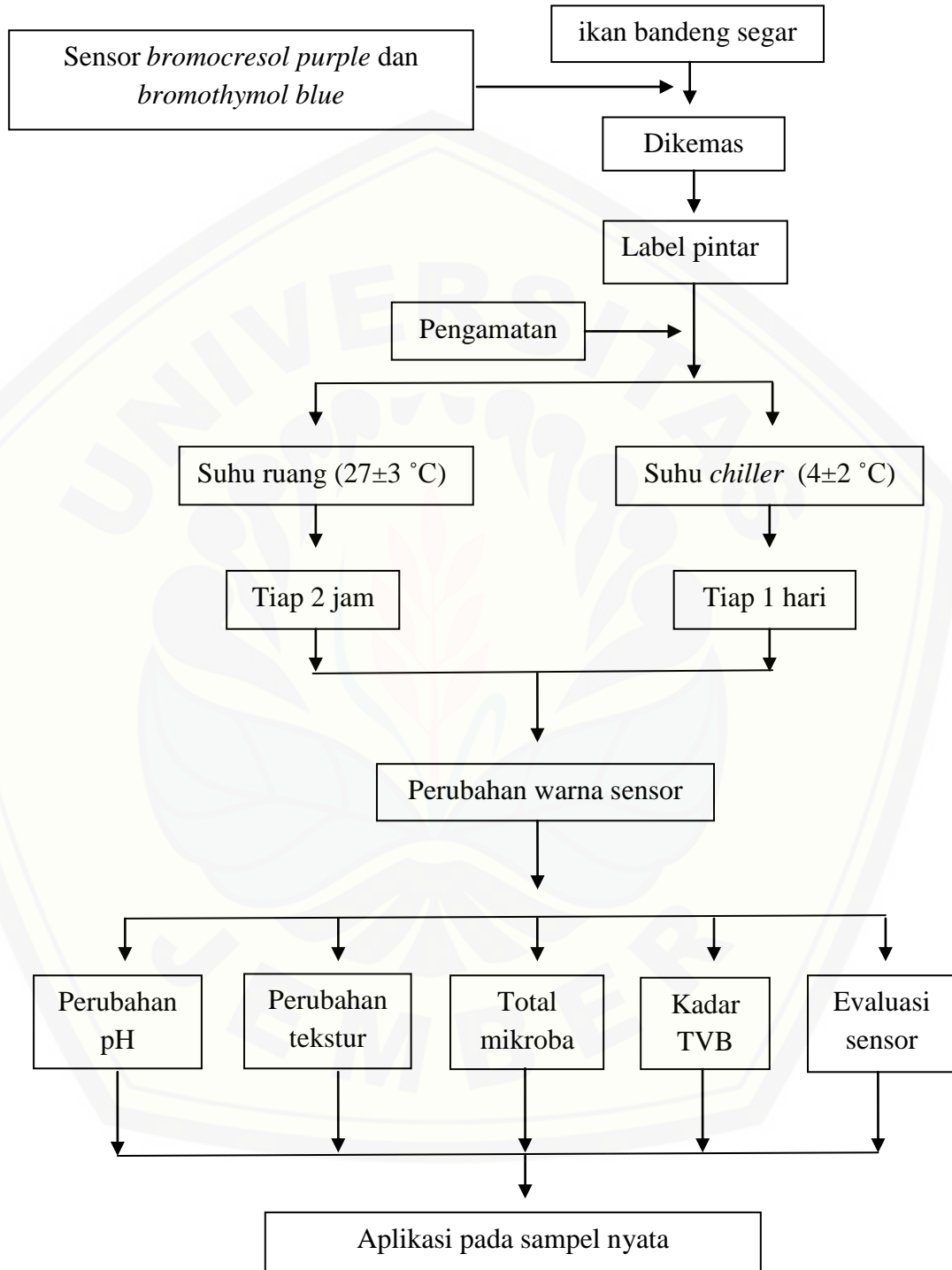
3.3.4 Diagram alur penelitian

a) Pembuatan sensor



Gambar 3.2 Alur pembuatan sensor *bromocresol purple* dan *bromothymol blue*

b) Aplikasi dan karakterisasi “Label Pintar” pada kesegaran ikan bandeng



Gambar 3.3 Alur penelitian aplikasi dan karakterisasi “Label Pintar” pada kesegaran ikan bandeng

3.8 Prosedur Analisa

3.8.1 Uji warna (menggunakan *ImageJ*)

Warna sensor dari kesegaran ini diukur menggunakan *software Image J* dengan menentukan nilai Δ *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 Δ *mean RGB* yaitu selisih antara nilai *mean RGB* sebelum uji dan setelah uji.

3.8.2 Uji tekstur (menggunakan Rheotex)

Ikan bandeng yang di ujikan ditekan dengan jarum rheotex. meletakkan ikan bandeng yang telah ditiriskan dibawah jarum rheotex, kemudian menempatkan ujung jarum hingga menyentuh permukaan ikan bandeng dengan jarak 4,5 mm. Selanjutnya tombol start ditekan beberapa detik hingga terdengar bunyi (tanda selesai). Angka dapat dibaca yang ditunjukkan oleh jarum rheotex dengan satuan mg.

3.8.3 Uji pH

Pengukuran pH dilakukan dengan pH meter yang dikalibrasi terlebih dahulu. Sampel ikan bandeng dihancurkan seberat 2 gram dan dimasukkan ke dalam *beaker glass* kemudian dihomogenkan dengan 10 mL aquades. pH diukur dengan pH meter yang sudah dikalibrasi dengan buffer standar 4,7,dan 10.

3.8.4 Uji Total Mikroba ikan bandeng (teknik agar tuang *plate count*)

Alat yang digunakan dalam analisa total mikroba harus dalam kondisi steril. Sampel dihancurkan sebanyak 1,0 g dimasukkan dalam tabung reaksi yang telah berisi 9,0 mL aquadest steril kemudian dikocok hingga larutan homogen, diperoleh larutan induk lalu diambil sebanyak 1,0 ml dan dimasukkan dalam tabung reaksi yang berisi 9,0 mL aquadest steril, kemudian diperoleh pengenceran 10^{-1} lalu diambil sebanyak 1,0 mL dan dimasukkan dalam tabung reaksi berisi 9 mL aquadest steril untuk mendapatkan pengenceran 10^{-2} , demikian seterusnya sampai diperoleh pengenceran 10^{-6} . Masing – masing hasil pengenceran diambil 1,0 mL kemudian dimasukkan dalam cawan petri dan dituangi 10 mL media agar

(PCA) yang telah didinginkan (47-50 °C). Cawan petri digoyangkan sampai merata dan biarkan sampai memadat. Cawan diinkubasi selama 48 jam pada suhu 37 °C. Jumlah koloni dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Koloni per mL} = \text{Jumlah Koloni per Cawan} \times \frac{1}{\text{faktor pengenceran}} \quad (1)$$

3.8.5 Uji Total Volatile Base (TVB)

Dengan menimbang 100g sampel ikan yang sudah digiling, dimasukkan kedalam waring blender. Ditambahkan 30ml larutan TCA (*trichloroacetic acid*) 5% kemudian menjalankan waring blender sampai sampel homogen. Ekstrak TCA dipisahkan dengan cara sentrifugasi. Setelah itu mengambil 5 ml ekstrak TCA untuk dimasukkan ke dalam alat destilasi *Kjedahl* semimikro. Menambahkannya dengan 5 ml NaOH 2 M. Kemudian melakukan destilasi dimana destilat ditangkap dengan 15 ml HCl 0,01 standar. Ditambahkan beberapa tetes merah fenol kedalam destilat, lalu titrasi dengan NaOH 0,01 M standar tercapai titik akhir. Ditambahkan 1 ml formaldehid 16% untuk setiap 10 ml campuran sebuah titrasi yang pertama, dikocok, kemudian menitrasi lagi dengan NaOH 0,01M standar. Jumlah yang diperoleh dimasukkan kedalam rumus :

$$\text{TMA (mg/100g)} = \frac{14(300+W) \times V_2 \times 0,01}{5} \times \frac{100}{M} \quad (2)$$

Dimana:

14 = Bobot atom nitrogen

V_2 = Volume NaOH 0,01 M yang dibutuhkan untuk titrasi II

W = Jumlah air yang ada dalam bahan (g)

M = Berat sampel (g)

3.8.6 Evaluasi sensor

Panelis yang digunakan adalah 20 orang, selanjutnya dilakukan uji evaluasi sensorik meliputi bau, warna, dan tekstur pada kesegaran ikan bandeng. Ikan bandeng yang segar berbau spesifik (tidak ada bau menyengat, tidak berbau amis, tidak berbau busuk), berwarna cerah (tidak pucat) dan tekstur daging ikan bandeng kenyal (tidak lembek), tidak lengket dan tidak kering ketika disentuh.

Sebagai panelis bukan terlatih yang dianggap sebagai telah mewakili populasi konsumen. Sampel ikan bandeng disimpan pada suhu ruang dan suhu chiller kemudian bau ikan bandeng diperoleh berdasarkan % kesegaran ikan bandeng. Jenjang skala uji bau ikan bandeng adalah bau segar (80 – 100%), masih segar (60 – 79%), dan tidak segar (0 – 59%). % kesegaran ikan bandeng jika semakin kecil, maka kondisi ikan bandeng menunjukkan tidak segar atau tidak layak dikonsumsi (Damayanti, 2011)

3.8.7 Aplikasi pada ikan bandeng secara langsung

Label pintar yang digunakan sebagai sensor kesegaran langsung diaplikasikan pada ikan bandeng. Untuk menghindari lepasnya indikator dari label pintar perlu dilakukan modifikasi dengan cara melapisi label pintar dengan kasa yang kemudian diaplikasikan pada ikan bandeng secara langsung.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Konsentrasi optimasi yang digunakan sebagai label pintar yaitu 500 ppm disebabkan perubahan warna yang dihasilkan sangat sesuai dengan warna indikator *bromocresol purple* yang berubah dari kuning menjadi ungu dan *bromothymol blue* dari kuning menjadi biru.
2. Perubahan intensitas warna label pintar *bromocresol purple* dan *bromothymol blue* memiliki hubungan positif dengan tingkat kesegaran ikan bandeng (yang meliputi pH, TVB, Total mikroba, Tekstur, dan evaluasi sensorik), artinya semakin menurun nilai *mean RGB bromocresol purple* dan *bromothymol blue* maka tingkat kesegaran ikan bandeng semakin menurun sehingga ikan bandeng dalam keadaan tidak segar.
3. Label pintar *bromocresol purple* dan *bromothymol blue* yang dipasang pada kemasan pintar dapat diaplikasikan sebagai indikator kesegaran sehingga memudahkan konsumen untuk melihat kesegaran ikan bandeng tanpa membuka kemasan.

5.2 Saran

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

1. Desain label pintar sebagai indikator kesegaran ikan bandeng pada kemasan dengan cara ditempel langsung pada sampel menggunakan membran yang sesuai
2. Hubungan tingkat kesegaran ikan bandeng dengan laju perubahan ditentukan secara kuantitatif

3. Metode intensitas perubahan warna label pintar yang lebih sensitif terhadap perubahan kualitas ikan bandeng selama waktu penyimpanan pada suhu yang berbeda.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2006a. Cara uji mikrobiologi-Bagian 3: Penentuan angka lempeng total pada produk perikanan. SNI 01-2332.3-2006. Badan Standardisasi Nasional. 2006b. Ikan Segar-Bagian 1: Spesifikasi. SNI 01-2729.1-2006. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2009. SNI: ICS67.220.20. *Batas Maksimum Cemaran Mikroba*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.s
- Balamatsia, E.K., Paleologos, M.G., Kontominas, and Savvaidis, I.N. 2006. Correlation Between Microbial Flora, Sensory Changes And Biogenic Amines Formation In Fresh Chicken Meat Stored Aerobically Or Under Modified Atmosphere Packaging At 4°C Possible Role Of Biogenic Amines As Spoilage Indicator. *J.Food. Tech.* Vol. 42(1): 1221-1229.
- Baston, Octavian and Octavian Barna. 2010. *Raw Chicken Leg and Breast Sensory Evaluation*. Romania: Dunarea de Jos University of Galati, Faculty of Food Science and Engineering.
- Berryman, P. 2014. *Advances in Food and Beverage Labelling*. Cambridge: Woodhead Publishing.
- Buckle, K. A., Edward, R. A., Fleet, G. H., dan M Wooton. 1987. *Ilmu Pangan*. Purnomo H, Adiono, penerjemah. Jakarta: UI Press. Terjemahan dari : *Food Science*.
- 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*.
- Connell, J.J. 1990. *Control of Fish Quality (Third edition)*. Fishing News Ltd. Surrey, England. p.227
- Damayanti, F. 2011. Aplikasi Kertas Lakmus Merah sebagai Sensor Kesegaran Ikan bandeng pada Kemasan Pintar. *Skripsi*. Fakultas Farmasi, Universitas Jember.
- Davies, A.R. 1995. *Advances in Modified-Atmosphere Packaging*. In: Gould G.W. (ed.), *New Methods of Food Preservation*. London: Blackie Academic and Professional.

- Dinas Kelautan dan Perikanan. 2008. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor PER.05/MEN/2008 tentang Unit Perikanan Tangkap. Jakarta: DKP.
- Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. 2007. *Kebijakan dan Program Prioritas Tahun 2008*. Makalah disampaikan dalam Rakornas DKP. Website. <http://bp.litbang.deptan.go.id> 20 Desember 2010.
- Dwiari, A.S. 2003. *Aplikasi Pemanfaatan Khitosan Dalam Peningkatan Cumi (Logilo sp) Asin Kering Dimuara Angke*. Jakarta Utara. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Eggins. 1996. *Biosensor an Introduction*. New York: John Wiley and Sons.
- Farkas, J. K. 2008. *The Development of Iron-Based Oxygen Absorbing System Used in Food Packaging and Preservation*. Indiana, USA: Purdue University West Lafayette.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2011. FAO Data-bases and Data-sets. <http://faostat.fao.org/site/569/default.aspx#ancor>.
- Gunawan, L. 2013. *Analisa Perbandingan Kualitas Ikan*. Fakultas Ekonomi Universitas Kristen Petra
- Haard NF dan Simpson BK. 2000. *Seafood Enzymes*. Marcel Dekker, Inc. : New York.
- Jackson, T.C., Acuff, G.R., Vanderzant, C., Sharp, T.R. dan Savell, J.W. 1992. Identification and Evaluation of Volatile Compounds of Vacuum and Modified Atmosphere packaged Beef Strip Loins. *Meat Science*.
- Jay, M J. 2000. *Modern Food Microbiology*. APAC Publisher Services. Singapura
- Junianto. 2003. *Teknik Penanganan Ikana*. Penebar Swadaya. Kim : Jakarta
- Junianto. 2003. *Teknik Penanganan Ikan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- 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, B. 2008. *Sensor Kimia Teori, Praktek & Apikasi*. Jember: Bagian Kimia Farmasi PS Farmasi Universitas Jember.
- Khopkar, S.M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Martin, Maurice, dan Moss. 2008. *Food Microbiology Third Edition*. UK: University of Surrey, Guilford.
- Nutrition Data. (2007). Nutrition Raw Milkfish. <http://www.nutritiondata.com>. Diakses pada tanggal 15 Oktober 2016.

- Nurfawaidi, A. 2016. Pengembangan Label Pintar untuk Indikator Kesegaran Daging Sapi Pada Kemasan. *Skripsi*.
- Oehlenschlager, J. 1992. Evaluation of some well established and some underrated indices for the determination of freshness and/or spoilage of ice stored wet fish. In: Quality assurance in the fish industry. Huss, H.H. (editor). *Elsevier Science Publishers B. V.*, Netherlands. Pp. 339-351.
- Ojeda, C.B., & Fuesenta, S.R. 2006. *Recent Development in Optical Chemical Sensor Coupling with Flow Injection Analysis*. Spain: Departement of Analytical Chemistry, Faculty of Sciences, University of Malaga,.
- Otles, Semih, Buket Yalcin. 2008. *Intelligent Food Packaging*. Ege University, Bornova-Izmir, Turkey.
- Pacquit, A., Crowley, K., & Diamond, D. (2008). Smart packaging technologies for fish and seafood products. In Willey John (ed.). *Smart Packaging Technologies for Fast Moving Consumer Goods*. John Wiley & Sons Ltd, England. 75–96 p.
- Purnomowati, I., Hidayati, D., dan Saparinto, C. 2007. Ragam Olahan Bandeng. Kanisius. Yogyakarta
- Philips, Carol A. 1996. Review: Modified Atmosphere Packaging and its Effects on the Microbial Quality and Safety of Produce. UK: *Life Science Division, Center for Healthcare Education, Nene College of Higher Education, Boughton Green Road, Northampton*.
- Ramadhani, K. 2016. Label Cerdas Pendeteksian Kesegaran Ikan Berbasis Indikator Warna *Bromocresol purpel*. Departemen Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. *Skripsi*
- Reinking, I. 2007. *Image J Basics*. Pennsylvania: Departement of Biology Millersvilley University.
- Restyana, A. 2011. Aplikasi Membran Polianilina Pada Kemasan Pintar (*Smart Packaging*) Sebagai Sensor Kesegaran Ikan Bandeng (*Chanos chanos Forsk*). *Skripsi*.
- Riyanto, R., Hermana, I., & Wibowo, S. 2014. Karakteristik Plastik Indikator sebagai Tanda Peringatan Dini Tingkat Kesegaran Ikan dalam Kemasan Plastik. *JPB Perikanan*. 9 (2): 153 – 163.
- Sagala, A. 2011. Analisis Kemunduran Mutu Daging Dan Mata Ikan Bandeng (*Chanos Chanos*) Melalui Pengamatan Hiatologi. Departemen Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. *Skripsi*

- Shimada, T., dan Hasegawa, T. 2017. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular*. Departemen of Science, Faculty of Education, Hirosaki University Bunkyo-cho Hirosaki.
- Siagian, A. 2002. *Mikroba Patogen Pada Makanan dan Sumber Pencemarannya*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara: digitized by USU digital library.
- Siburian, E. T. P., Dewi, P., dan Kariada, N. 2012. *Pengaruh Suhu dan Waktu sPenyimpanan Terhadap Pertumbuhan Bakteri dan Fungi Ikan Bandeng*. Universitas Negeri Semarang, Indonesia
- Susanto, Eko. 2010. Pengolahan Bandeng Duri Lunak (*Channos channos Forsk*). Semarang: Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Jurusan Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro Semarang
- Setyaningsih, Dwi., Anton Ariyantono, Maya Puspita S. 2010. *Analisis Sensori*. IPB Press. Bogor.
- Sudradjat, A. 2008. *Budidaya 23 Komoditas Laut Menguntungkan*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Taskaya L, Cakli S, Celik U. 2003. A studyon the quality changes of cultured gilthead seabream (*Sparus aurata L.,1758*) and seabass (*Dicentrarchus labrac L.,1758*) under the market conditions. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 20 : 313-320.
- USDA National Nutrient Database For Standard Reference. 2009. Milkfish List Nutrition.
- Yuniarti T. 2010. Purifikasi dan karakterisasi kolagenase dari organ dalam ikan bandeng (*Chanos chanos*, Forskal). *Tesis*. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Zummah A dan Wikandari R. 2013. Pengaruh Waktu Fermentasi dan Penambahan Kultur Starter Bakteri Asam Laktat *Lactobacillus Plantarum* B1765 Terhadap Mutu Bekasam Ikan Bandeng (*Chanos chanos*). *skripsi*

LAMPIRAN

LAMPIRAN A. OPTIMASI KONSENTRASI INDIKATOR pH SEBAGAI SENSOR KESEGERAN

1. *Bromocresol purple*

a) Konsentrasi 500 ppm

pH standar	<i>Mean RGB</i>				SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata		
4	213,099	215,318	211,356	213,258	1,986	0,931
5	194,280	190,465	191,331	192,025	2,000	1,042
6	170,372	166,467	168,268	168,369	1,954	1,161
7	164,514	168,416	166,504	166,478	1,951	1,172
8	139,909	136,759	136,198	137,622	2,000	1,454

b) Konsentrasi 1000 ppm

pH standar	<i>Mean RGB</i>				SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata		
4	201,022	200,590	204,263	201,958	2,008	0,994
5	197,336	190,560	194,542	194,146	3,405	1,754
6	161,389	162,538	163,028	162,318	0,841	0,518
7	145,387	144,384	140,166	143,312	2,771	1,933
8	130,197	126,557	127,856	128,203	1,845	1,439

c) Konsentrasi 1500 ppm

pH standar	<i>Mean RGB</i>				SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata		
4	200,233	198,566	198,787	199,195	0,905	0,455
5	188,780	186,567	189,459	188,269	1,512	0,803
6	157,386	158,125	156,347	157,286	0,893	0,568
7	140,330	138,768	139,779	139,626	0,792	0,567
8	130,766	129,589	128,366	129,574	1,200	0,926

Contoh Perhitungan :

a. Optimasi Konsentrasi :

$$\frac{x}{10 \text{ ml}} \times 1000 = 500 \text{ ppm}$$

$$1000x = 10 \times 500 \text{ ppm}$$

$$x = \frac{5000}{100} = 5 \text{ mg}$$

b. Rata – rata:

$$= \frac{\text{Replikasi 1} + \text{Replikasi 2} + \text{Replikasi 3}}{3}$$

$$= \frac{213,099 + 215,318 + 211,356}{3}$$

$$= 213,258$$

c. Standard Deviasi :

$$(\text{SD}) = \frac{\sqrt{(\text{Rep 1} - \text{Rata-rata})^2 + (\text{Rep 2} - \text{Rata-rata})^2 + (\text{Rep 3} - \text{Rata-rata})^2}}{n-1}$$

$$(\text{SD}) = \frac{\sqrt{(213,099 - 213,258)^2 + ((215,318 - 213,258))^2 + (215,318 - 213,258)^2}}{3-1}$$

$$(\text{SD}) = 1,986$$

d. Koefisien Variasi (%) :

$$(\text{CV}) = \frac{\text{SD}}{\text{Rata-rata}} \times 100$$

$$(\text{CV}) = \frac{1,986}{213,258} \times 100 = 0,93\%$$

2. Bromothymol blue

a) Konsentrasi 500 ppm

pH standar	<i>Mean RGB</i>				SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata		
4	247,980	245,128	248,119	247,076	1,688	0,683
5	242,982	239,146	241,197	241,108	1,920	0,796
6	236,660	239,702	239,108	238,490	1,612	0,676
7	226,505	226,192	223,180	225,292	1,836	0,815
8	200,212	201,100	204,034	201,782	2,000	0,991













b) Konsentrasi 1000 ppm

pH standar	<i>Mean RGB</i>				SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata		
4	244,998	245,023	242,060	244,027	1,704	0,698
5	238,975	239,574	237,847	238,799	0,877	0,367
6	224,758	224,510	223,047	224,105	0,925	0,481
7	219,999	219,052	214,003	217,685	3,223	1,481
8	200,097	208,146	206,899	205,047	4,332	2,113

c) Konsentrasi 1500 ppm

pH standar	<i>Mean RGB</i>				SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata		
4	240,806	244,946	249,935	245,229	4,571	1,864
5	234,026	231,989	230,006	232,007	2,010	0,866
6	227,476	226,897	229,056	227,810	1,118	0,491
7	215,936	213,056	213,009	214,000	1,677	0,783
8	200,006	205,256	200,035	201,766	3,023	1,498

3. Intensitas warna optimasi pada Δ pH 4 dan 8

Konsentrasi	500ppm	1000ppm	1500ppm
<i>Bromocresol purple</i>			
pH 4			
pH 8			
Δ	73,190	70,825	69,467
<i>Bromothymol blue</i>			
pH 4			
pH 8			
Δ	53,881	44,901	40,800

**LAMPIRAN B. DATA PERUBAHAN WARNA SENSOR LABEL PINTAR
BROMOCRESOL PURPEL DAN BROMOTHYMOL BLUE**

a) Suhu Ruang

1. *Bromocresol purple*

Jam ke-	Mean RGB				SD	CV
	replikasi 1	replikasi 2	replikasi 3	rata-rata		
2	213,994	214,511	212,876	213,794	0,836	0,391
4	198,315	199,159	196,447	197,974	1,388	0,701
6	173,618	175,157	173,984	174,253	0,804	0,461
8	170,428	171,311	172,657	171,465	1,122	0,655
10	169,996	168,731	170,382	169,703	0,864	0,509
12	165,545	166,478	165,062	165,695	0,720	0,434
14	164,742	163,545	164,774	164,354	0,701	0,426
16	163,366	162,479	162,936	162,927	0,444	0,272
18	161,070	160,673	161,394	161,046	0,361	0,224
20	158,005	157,439	156,942	157,462	0,532	0,338
22	154,033	153,831	156,061	154,642	1,233	0,798
24	150,676	152,436	151,961	151,691	0,911	0,600

2. *Bromothymol blue*

Jam ke-	Mean RGB			Rata-rata	SD	CV
	Replikasi 1	reolikasi 2	replikasi 3			
2	259,054	260,066	256,292	258,471	1,953	0,756
4	245,253	245,964	244,179	245,132	0,899	0,367
6	236,439	239,067	237,306	237,604	1,339	0,564
8	220,166	221,178	221,103	220,816	0,564	0,255
10	217,821	216,911	217,450	217,394	0,458	0,210
12	210,826	210,270	211,731	210,942	0,737	0,350
14	206,199	209,140	210,078	208,472	2,024	0,971
16	199,122	200,101	200,172	199,798	0,587	0,294
18	190,812	189,101	188,297	189,403	1,284	0,678
20	171,730	170,814	171,205	171,250	0,460	0,268
22	161,617	161,931	163,047	162,198	0,752	0,463
24	157,126	158,746	159,482	158,451	1,205	0,761

a) *Suhu Chiller*1. *Bromocresol purple*

Hari ke-	Mean RGB			rata-rata	SD	CV
	replikasi 1	replikasi 2	replikasi 3			
1	213,753	212,970	210,561	212,428	1,664	0,783
2	204,680	207,498	205,318	205,832	1,478	0,718
3	201,158	203,748	202,037	202,314	1,317	0,651
4	196,744	198,532	199,029	198,102	1,202	0,607
5	185,689	187,204	184,605	185,833	1,305	0,702
6	177,041	175,384	178,028	176,818	1,336	0,756
7	172,817	171,904	171,203	171,975	0,809	0,471
8	170,524	172,151	171,255	171,310	0,815	0,476
9	171,862	169,891	170,476	170,743	1,012	0,593
10	164,373	167,856	165,930	166,053	1,745	1,051
11	161,078	160,537	159,059	160,225	1,045	0,652
12	157,904	158,640	157,382	157,975	0,632	0,400
13	155,463	156,407	154,958	155,609	0,736	0,473
14	152,426	151,392	152,544	152,121	0,634	0,417

2. *Bromothymol blue*

Hari ke-	<i>Mean RGB</i>				SD	CV
	replikasi 1	replikasi 2	replikasi 3	rata-rata		
1	259,804	256,200	256,500	257,501	2,000	0,777
2	248,454	246,005	247,104	247,188	1,227	0,496
3	244,074	241,173	243,756	243,001	1,591	0,655
4	234,629	237,803	236,304	236,245	1,588	0,672
5	230,964	230,521	232,739	231,408	1,174	0,507
6	225,980	227,302	227,629	226,970	0,873	0,385
7	221,566	220,937	220,308	220,937	0,629	0,285
8	203,662	204,918	205,483	204,688	0,932	0,455
9	195,286	196,104	197,034	196,141	0,875	0,446
10	189,101	188,364	188,245	188,570	0,464	0,246
11	175,435	174,784	175,974	175,398	0,596	0,340
12	171,503	171,837	173,395	172,245	1,010	0,586
13	170,982	169,457	167,093	169,177	1,960	1,158
14	163,298	162,836	161,653	162,596	0,848	0,522

LAMPIRA 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	CV
2	25	24	23	24	23	23,8	0,837	3,515
4	21	31	23	23	22	24	4,000	16,667
6	24	26	23	25	27	25	1,581	6,325
8	15	13	16	17	14	15	1,581	10,541
10	18	21	11	12	16	15,6	4,159	26,662
12	16	21	18	11	18	16,8	3,701	22,032
14	39	37	37	41	38	38,4	1,673	4,358
16	38	45	46	32	36	39,4	5,983	15,186
18	42	41	44	42	45	42,8	1,643	3,839
20	48	47	39	46	46	45,2	3,564	7,884
22	40	49	45	48	49	46,2	3,834	8,299
24	51	49	51	42	48	48,2	3,701	7,679

b) Suhu Chiller

Hari ke-	Titik I (g)	Titik II (g)	Titik III (g)	Titik IV (g)	Titik V (g)	Rata - rata (g)	SD	CV
1	24	22	20	24	28	23,6	2,966	12,570
2	23	21	25	23	27	23,8	2,280	9,581
3	21	25	23	24	27	24	2,236	9,317
4	22	26	24	25	25	24,4	1,517	6,215
5	27	23	22	26	25	24,6	2,074	8,429
6	24	25	22	27	27	25	2,121	8,485
7	15	16	12	18	14	15	2,236	14,907
8	17	16	14	17	15	15,8	1,304	8,252
9	16	16	17	14	17	16	1,225	7,655
10	21	18	11	19	17	17,2	3,768	21,909
11	38	39	36	37	39	37,8	1,304	3,449
12	41	37	39	35	38	38	2,236	5,884
13	46	39	34	37	37	38,6	4,506	11,672
14	34	37	43	45	40	39,8	4,438	11,152

LAMPIRAN D. UJI pH**a) Suhu Ruang**

Jam ke-	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Nilai pH	6,22	6,39	6,89	7,56	7,6	7,6	7,71	7,73	7,8	7,83	7,9	7,9
	6,25	6,41	6,93	7,55	7,59	7,61	7,62	7,68	7,74	7,9	7,87	7,96
	6,29	6,55	7,01	7,47	7,61	7,67	7,72	7,75	7,81	7,8	7,88	8
Rata - rata	6,25	6,45	6,94	7,53	7,60	7,63	7,68	7,72	7,78	7,84	7,88	7,95
SD	0,035	0,087	0,061	0,049	0,010	0,038	0,055	0,036	0,038	0,051	0,015	0,050
CV	0,562	1,352	0,880	0,655	0,132	0,496	0,717	0,467	0,486	0,654	0,194	0,633

b) Suhu Chiller

Hari ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Nilai pH	6,29	6,42	6,62	6,82	7,22	7,43	7,55	7,74	7,86	7,96	8,01	8,16	8,24	8,34
	6,36	6,43	6,59	6,82	7,26	7,47	7,61	7,78	7,85	7,93	8,01	8,14	8,27	8,36
	6,26	6,45	6,63	6,85	7,29	7,45	7,53	7,71	7,85	7,94	8,02	8,1	8,26	8,31
Rata - rata	6,30	6,43	6,61	6,83	7,26	7,45	7,56	7,74	7,85	7,94	8,01	8,13	8,26	8,34
SD	0,051	0,015	0,021	0,017	0,035	0,020	0,042	0,035	0,006	0,015	0,006	0,031	0,015	0,025
CV	0,814	0,237	0,315	0,254	0,484	0,268	0,550	0,454	0,074	0,192	0,072	0,376	0,185	0,302

LAMPIRAN F. DATA UJI TOTAL MIKROBA**a) Suhu Ruang**

TBUD = Terlalu Banyak untuk Dihitung

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

LAMPIRAN G. DATA UJI TOTAL VOLATILE BASE (TVB)**a) Suhu Ruang**













Jam ke-	Vol. Tittrasi NaOH 0,01 M (ml)	TVB (mg/100g)
2	0,8	8,355
4	1,4	14,622
6	2,8	29,243
8	3,1	32,376
10	5,3	55,353
12	7,6	79,374
14	8,7	90,863
16	9,2	96,085
18	10,1	105,484
20	13,5	140,994
22	14,7	153,527
24	16,1	168,148













b) Suhu Chiller










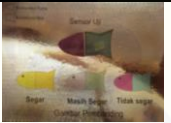

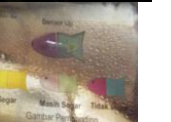
Hari ke-	Vol. Tittrasi NaOH 0,01 M (ml)	TVB (mg/100g)
1	0,7	7,311
2	1	10,444
3	1,4	14,622
4	1,6	16,710
5	1,75	18,277
6	2,4	25,066
7	2,9	30,288
8	4,3	44,909
9	6,7	69,975
10	7,8	81,463
11	9,1	95,040
12	11,9	124,284
13	14,5	151,438
14	16,2	169,193

LAMPIRAN DATA H. TABEL PERBANDINGAN INTENSITAS WARNA SENSOR DENGAN PARAMETER UJI










a) Suhu Ruang










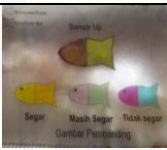


Jam ke-		2	4	6	8
Label pintar	<i>Bromocresol purple (BCP)</i>				
		Segar	segar	Masih segar	Tidak segar
	ImageJ mean RGB	213,794	197,974	174,253	171,465
	<i>Bromothymol blue (BTB)</i>				
		Segar	Segar	Masih segar	Tidak segar
	ImageJ mean RGB	258,471	245,132	237,604	220,816
Aplikasi sensor					
Tekstur (g/5mm)		23,8	24	25	15
TPC (log ₁₀ cfu/g)		4,213	4,704	4,939	5,487
Evaluasi sensorik (%kesegaran)		100	90	75	10
TVB (mg/100g)		8,355	14,622	29,243	32,376













Jam ke-		10	12	14	16
Label pintar	<i>Bromocresol purple (BCP)</i>				
		Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar
	ImageJ mean RGB	169,703	165,695	164,354	162,927
	<i>Bromothymol blue (BTB)</i>				
		Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar
	ImageJ mean RGB	217,394	210,942	208,472	199,798
Aplikasi sensor					
Tekstur (g/5mm)		15,6	16,8	38,4	39,4
TPC (log ₁₀ cfu/g)		5,639	5,829	6,916	6,937
Evaluasi sensorik (%kesegaran)		5	0	0	0
TVB (mg/100g)		55,353	79,374	90,863	96,085






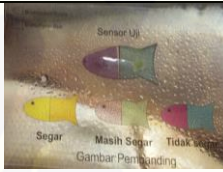
Jam ke-		18	20	22	24
Label pintar	<i>Bromocresol purple (BCP)</i>				
		Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar
	ImageJ mean RGB	161,046	157,462	154,642	151,691
	<i>Bromothymol blue (BTB)</i>				
		Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar
	ImageJ mean RGB	189,403	171,250	162,198	158,451
Aplikasi sensor					
Tekstur (g/5mm)		42,8	45,2	46,2	48,2
TPC (log₁₀cfu/g)		7,043	7,487	7,887	8,132
Evaluasi sensorik (%kesegaran)		0	0	0	0
TVB (mg/100g)		105,484	140,994	153,527	168,148

a) Suhu chiller

Hari ke-		1	2	3	4
Label pintar	<i>Bromocresol purple (BCP)</i>				
		Segar	Segar	Segar	Masih segar
	ImageJ mean RGB	212,428	205,832	202,314	198,102
	<i>Bromothymol blue (BTB)</i>				
		Segar	Segar	Segar	Masih segar
	ImageJ mean RGB	257,501	247,188	243,001	236,245
Aplikasi sensor					
Tekstur (g/5mm)	23,6	23,8	24	24,4	
TPC (log ₁₀ cfu/g)	3,960	4,359	4,510	4,699	
Evaluasi sensorik (%kesegaran)	0	0	0	0	
TVB (mg/100g)	7,311	10,444	14,622	16.710	

Hari ke-		5	6	7	8
Label pintar	<i>Bromocresol purple (BCP)</i>				
		Masih segar	Masih segar	Masih segar	Tidak segar
	ImageJ mean RGB	185,833	176,818	171,975	171,310
	<i>Bromothymol blue (BTB)</i>				
					Tidak segar
	ImageJ mean RGB	231,408	226,970	220,937	204,688
Aplikasi sensor					
Tekstur (g/5mm)		24,6	25	15	15,8
TPC (log₁₀cfu/g)		4,284	4,836	5,875	6,857
Evaluasi sensorik (%kesegaran)		0	0	0	0
TVB (mg/100g)		18,277	25,066	30,288	44,909

Hari ke-		9	10	11	12
Label pintar	<i>Bromocresol purple (BCP)</i>				
		Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar
	ImageJ mean RGB	170,743	166,053	160,225	157,975
	<i>Bromothymol blue (BTB)</i>				
		Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar
	ImageJ mean RGB	196,141	188,570	175,974	173,395
Aplikasi sensor					
Tekstur (g/5mm)		16	17,2	37,8	38
TPC (log ₁₀ cfu/g)		7,286	7,442	7,797	7,935
Evaluasi sensorik (%kesegaran)		0	0	0	0
TVB (mg/100g)		69,975	81,463	95,040	124,284

Hari ke-		13	14
Label pintar	<i>Bromocresol purple (BCP)</i>	 Tidak segar	 Tidak segar
	ImageJ mean RGB	155,609	152,121
	<i>Bromothymol blue (BTB)</i>	 Tidak segar	 Tidak segar
	ImageJ mean RGB	169,177	162,596
Aplikasi sensor			
Tekstur (g/5mm)		38,6	39,8
TPC (log ₁₀ cfu/g)		7,971	8,169
Evaluasi sensorik (%kesegaran)		0	0
TVB (mg/100g)		151,438	169,193