



**PENGEMBANGAN LABEL PINTAR UNTUK INDIKATOR KESEGRAN
DAGING SAPI PADA KEMASAN**

SKRIPSI

Oleh :

Arjun Nurfawaidi

NIM 122210101017

**FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS JEMBER**

2017



**PENGEMBANGAN LABEL PINTAR UNTUK INDIKATOR KESEGERAN
DAGING SAPI PADA KEMASAN**

SKRIPSI

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

Oleh :

Arjun Nurfawaidi

NIM 122210101017

**FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS JEMBER**

2017

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ayah dan ibu tercinta, Jatim, S.Pd.I dan Siyatun yang telah membesarkan saya dengan penuh kasih sayang, kesabaran, kerja keras, pengorbanan dan doa yang senantiasa mengiringi setiap langkahku;
2. Kakak-kakakku Saiful Badri, S.Pd., dan Fajriyah, S.Pd dengan kasih sayang, motivasi, dan doa, skripsi ini dapat diselesaikan;
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

“Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus asa dari rahmat Allah melainkan orang-orang yang kufur (terhadap karunia Allah).”
(Q.S. Yusuf: 87)

“Barangsiapa memperbaiki hubungannya dengan Allah, niscaya Allah akan memperbaiki hubungannya dengan sesama manusia”
(Sufyan bin Uyainah)

“Jika kita ingin melakukan sesuatu, jangan memikirkan hasilnya tetapi pikirkan bagaimana cara kita untuk memulai”
(ANF)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Arjun Nurfawaidi

NIM : 122210101017

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengembangan Label Pintar untuk Indikator Kesegaran Daging Sapi pada Kemasan” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 18 Januari 2017

Yang menyatakan,

Arjun Nurfawaidi

NIM. 122210101017

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN LABEL PINTAR UNTUK INDIKATOR KESEGERAN
DAGING SAPI PADA KEMASAN**

Oleh

Arjun Nurfawaidi
NIM. 122210101017

Pembimbing

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

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

PENGESAHAN

Karya ilmiah Skripsi berjudul “Pengembangan Label Pintar untuk Indikator Kesegaran Daging Sapi pada Kemasan” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Rabu, 18 Januari 2017

tempat : Fakultas Farmasi Universitas Jember

Tim Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

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

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

Tim Penguji:

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Dian Agung P., S. Farm., M. Farm., Apt.
NIP. 198410082008121004

Nia Kristiningrum, S.Farm., Apt., M. Farm.
NIP. 1982040620060402001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember,

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

RINGKASAN

Pengembangan Label Pintar untuk Indikator Kesegaran Daging Sapi pada Kemasan; Arjun Nurfawaidi; 122210101017; 2016: 74 halaman; Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Daging merupakan bahan pangan yang bernilai gizi tinggi karena kaya akan protein, lemak, mineral serta zat lainnya yang sangat dibutuhkan tubuh. Daging mudah sekali mengalami kerusakan mikrobiologi karena kandungan gizi dan kadar airnya yang tinggi. Kerusakan daging sapi disebabkan karena mikroba seperti perubahan bentuk, adanya lendir, perubahan tekstur, menimbulkan bau dan rasa. Dengan kata lain, diperlukan penanganan terhadap daging sapi segar sebab kondisi dan komposisi yang terkandung merupakan media yang sangat baik bagi pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme sehingga dapat menurunkan kualitas daging.

Daging sapi segar memiliki pH rendah (5,1 – 6,1) dengan warna muda cerah dan memiliki stabilitas yang lebih baik terhadap kerusakan mikroorganisme sedangkan daging yang tidak segar memiliki pH tinggi (6,2 – 7,2) dengan warna merah ungu tua, rasa kurang enak dan memungkinkan untuk perkembangan mikroorganisme. Proses pembusukan daging sapi dipengaruhi dengan adanya peningkatan pH. Basa kuat yang terbentuk dapat ditentukan dengan pengukuran *Total Volatile Base* (TVB). Daging dinyatakan membusuk, apabila nilai TVB telah menunjukkan angka 0,20 % N. Nilai total mikroba dari daging sapi yang segar tidak boleh lebih dari 1×10^{-6} cfu/g atau 6,000 log₁₀cfu/g.

Metode pada penelitian ini melihat tingkat kesegaran daging sapi 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 indikator pH *methyl red* (MR) berubah dari warna merah menjadi kuning dengan rentang pH (4,4 – 6,2) dan *bromocresol purple* (BCP) memiliki pH 5,2 (berwarna kuning) dan pH 6,8 (berwarna ungu). Parameter – parameter tingkat kesegaran

daging sapi meliputi pH, TVB, total mikroba, tekstur, dan bau. Dari parameter tersebut dikaitkan dengan perubahan warna dari label pintar sehingga dapat ditentukan perubahan kualitas daging sapi dalam kemasan yang disimpan dalam suhu ruang, *chiller*, dan *freezer*.

Hasil penelitian dilihat dari tingkat kesegaran daging sapi dan perubahan warna label pintar selama penyimpanan pada suhu ruang, *chiller*, dan *freezer*. Daging sapi yang disimpan pada suhu ruang selama 24 jam mulai menunjukkan daging yang tidak segar pada jam ke-8 disertai perubahan warna label pintar *bromocresol purple* menjadi ungu, *methyl red* menjadi kuning dengan timbul bau busuk, memiliki pH 6,16, tekstur 33,6 g/5mm, TPC 5,867 log₁₀cfu/g, dan TVB 0,017%N. Pada suhu *chiller* daging sapi disimpan selama 14 hari telah menunjukkan daging tidak segar pada hari ke-7 dengan perubahan warna label pintar yang sama seperti pada suhu ruang dengan nilai tekstur 37,4 g/5mm, TPC 6,961 log₁₀cfu/g, TVB 0,022 %N, dan timbul bau busuk. Daging sapi pada penyimpanan suhu *freezer* dalam keadaan daging masih segar disebabkan tidak adanya perubahan warna label pintar pada kemasan.

Hubungan tingkat kesegaran daging sapi dengan laju perubahan warna label pintar menghasilkan hasil yang positif. Perubahan intensitas warna label pintar *bromocresol purple* dan *methyl red* pada suhu ruang lebih cepat daripada penyimpanan pada suhu *chiller* dan *freezer*. Hal ini menunjukkan bahwa semakin cepat perubahan warna label pintar maka semakin menurun kualitas daging sapi pada kemasan sehingga daging tidak layak untuk dikonsumsi.

PRAKATA

Alhamdulillahirabbil'alamin atas segala limpahan rahmat, karunia serta kekuatan yang telah diberikan Allah SWT sehingga atas izin-Nya pula penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengembangan Label Pintar untuk Indikator Kesegaran Daging Sapi pada Kemasan”. Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Farmasi di Fakultas Farmasi Universitas Jember.

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

1. Ayahanda Jatim, S. Pd.I dan Ibunda Siyatun tercinta yang telah menjadi orangtua terbaik, yang selalu memberikan banyak motivasi dan nasihat, yang tiada lelah memberikan 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 Prof. Drs. Bambang Kuswandi, M. Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan ibu Lestyo Wulandari, S.Si., Apt., M.Farm selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, tenaga serta perhatiannya untuk memberikan ilmu, bimbingan, dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
4. Bapak Dian Agung Pangaribowo, S. Si., M. Farm., Apt dan Ibu Nia Kristiningrum, S.Farm., M.Farm., 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 Moch. Amrun Hidayat, S.Si., M.Farm., Apt dan Ibu Indah Purnama Sary, S.Si., M.Farm., Apt dan selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah meluangkan banyak waktu untuk membimbing dalam masalah 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. Bu Ketut selaku teknisi Lab. Kimia dan Biokimia Fakultas Teknologi Pertanian telah memberikan bantuan dalam melakukan penelitian;
10. Pak Dul selaku teknisi Lab. Kimi Organik FMIPA UNEJ atas waktu dan bantuan selama penelitian;
11. Saudaraku, Saiful Badri, S.Pd, Fajriyah, S.Pd., Normala Arofah, Fitria Nur Kamila dan Zaky Al Mair Ramadhan terima kasih atas doa, canda tawa dan semangat serta motivasinya di masa-masa sulit penyusunan skripsi ini;
12. Saudara seperjuangan “Omong Gobes” Umam, Tsabit, Bayu, Ozi, Angga, Arya, Adin, Hafidi, Dhany, Yodi, Prima, Shasa, Mupit, Adel dan Rani untuk semua keceriaan, dukungan, canda tawa, kebersamaannya dalam senang maupun susah;
13. Rekan - rekan “CHEMISTRY”, Bos citra, Nora, Yayan, Alni, Arimbi, Sarah, Juwita, Alya, Hidayah, Dea, Vinas, Nazil, Lucky, Tika, Nadya, Arini, atas semangat, dukungan, kebersamaannya;
14. Rekan kerja dalam penelitian “MEAT”, Novialda (Nobi), Farida, dan Helmy (Sinyo), semangat, dukungan dan kebersamaannya dalam susah maupun senang dalam melakukan penelitian,
15. Keluarga Kontrakan W13, Yek Mustofa, Yok Priyok, Detsu, Erza, Jefri, Boy Alviyan, Faisal Gecol, atas semua canda tawa dan kebersamaannya dalam satu atap rumah di Perumahan Mastrib;
16. Keluarga UKKI Asy Syifa’ Fakultas Farmasi atas semua ilmu, pengertian, dukungan, semangat, doa dan persaudaran yang indah ini;

17. Keluarga UKMO Fassenden Fakultas Farmasi atas pengalaman, keceriaan dan semangat yang dibagi;
18. Keluarga besar Petrok Rolas FF UJ Angkatan 2012 atas kekeluargaan, persaudaraan, dan pengalaman yang indah ini;
19. 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 sebesar-besarnya baik bagi perkembangan ilmu pengetahuan maupun penelitian di masa mendatang.

Jember, 18 Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN BIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR SINGKATAN.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR PERSAMAAN.....	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Tinjauan Daging Sapi	4
2.1.1. pH dan <i>Total Volatile Base (TVB)</i> Daging Sapi	4
2.1.2. Total Mikroba dan Tekstur Daging.....	5
2.1.3. Kerusakan pada Daging	6
2.1.4. Kualitas Daging Sapi.....	7
2.1.5. Suhu Penyimpanan Daging	9
2.2. Tinjauan Sensor.....	10

2.2.1	Sensor Kimia.....	10
2.2.2	Teknik Imobilisasi.....	10
2.3.	Tinjauan Reagen Indikator pH.....	13
2.4.	<i>Modified Atmosphere Packaging (MAP)</i>	14
2.5.	Kemasan Pintar (<i>Intelligent Packaging</i>).....	15
2.6.	Tinjauan tentang Label Pintar (<i>Smart Labelling</i>)	16
2.7.	Tinjauan Program <i>Image J</i>	16
BAB 3 METODE PENELITIAN.....		19
3.1.	Jenis Penelitian	19
3.2.	Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.3.	Alat Penelitian.....	19
3.4.	Bahan Penelitian.....	19
3.5.	Diagram Alur Penelitian.....	20
3.6.	Metode Penelitian	21
3.6.1	Rancangan Penelitian	21
3.6.2	Pelaksanaan Penelitian	21
3.7.	Prosedur Analisa	22
3.7.1	Pengamatan Intensitas Warna Sensor	22
3.7.2	Uji Tekstur	22
3.7.3	Uji pH Daging Sapi.....	22
3.7.4	Uji Bau (% kesegaran)	22
3.7.5	Uji <i>Total Volatile Base (TVB)</i>	22
3.7.6	Uji Total Mikroba (TPC) daging sapi	23
3.8.	Desain Label Pintar sebagai Sensor Kesegaran	24
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		25
4.1.	Penentuan Konsentrasi Indikator pH pada Label Pintar	25
4.2.	Label Pintar sebagai Sensor Kesegaran Daging Sapi	27

4.3. Kesegaran Daging Sapi pada Penyimpanan Suhu Ruang.....	29
4.3.1. Perubahan Intensitas Warna Label Pintar	29
4.3.2. Tekstur Daging Sapi.....	30
4.3.3. pH Daging Sapi	31
4.3.4. Bau (% Kesegaran) Daging Sapi.....	32
4.3.5. <i>Total Volatile Base</i> (TVB) Daging Sapi	33
4.3.6. Total Mikroba Daging Sapi.....	34
4.4. Kesegaran Daging Sapi pada Penyimpanan Suhu <i>Chiller</i>.....	36
4.4.1. Perubahan Intensitas Warna Label Pintar	36
4.4.2. Tekstur Daging Sapi.....	37
4.4.3. pH Daging Sapi	38
4.4.4. Bau (% Kesegaran) Daging Sapi.....	39
4.4.5. <i>Total Volatile Base</i> (TVB) Daging Sapi	41
4.4.6. Total Mikroba Daging Sapi.....	42
4.5. Kesegaran Daging Sapi pada Penyimpanan Suhu <i>Freezer</i>	42
4.5.1. Perubahan Intensitas Warna Sensor	42
4.5.2. Tekstur Daging Sapi.....	44
4.5.3. pH Daging Sapi	45
4.5.4. Bau (% Kesegaran) Daging Sapi.....	46
4.5.5. <i>Total Volatile Base</i> (TVB) Daging Sapi	47
4.5.6. Total Mikroba Daging Sapi.....	48
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1. Kesimpulan	51
5.2. Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR SINGKATAN

BCP = *Bromocresol Purple*

BPS = Badan Pusat Statistika

BSN = Badan Standardisasi Nasional

cfu = *colony forming unit*

MR = *Methyl Red*

RGB = *Red Green Blue*

TVB = *Total Volatile Base*

TPC = *Total Plate Count*

SNI = Standar Nasional Indonesia

WHC = *Water Holding Capacity*

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 pH daging sapi	5
2.2 Reaksi dekarboksilasi kadaverin dan putresin	6
2.3 Skema Sensor Kimia.....	10
2.4 Metode <i>Cross Linking</i>	11
2.5 Metode Pembentukan Ikatan Kovalen.....	12
2.6 Metode Adsorpsi.....	12
2.7 Metode Enkapsulasi.....	12
2.8 Metode <i>Entrapment</i>	13
2.9 Struktur Kimia <i>Methyl red</i>	14
2.10 Struktur Kimia <i>Bromocresol purple</i>	14
2.11 Model Fungsi Kemasan	15
2.12 Program <i>Image J</i> dan cara penggunaannya	18
3.1 Diagram Alur Penelitian	20
3.2 Desain Label Pintar sebagai Sensor Kesegaran.....	24
4.1 Perubahan warna indikator <i>bromocresol purple</i> dan <i>methyl red</i> dengan konsentrasi uji 500 ppm, 1000 ppm, dan 1500 ppm, a) indikator warna awal. b) indikator telah berubah warna	26
4.2 Desain label pintar sebagai sensor kesegaran.....	27
4.3 Aplikasi label pintar berbasis indikator pH <i>Bromocresol purple</i> dan <i>methyl red</i> dalam 3 kondisi; A. Segar, B. Masih segar, dan C. Tidak segar	28
4.4 Intensitas warna sensor label pintar pada penyimpanan suhu ruang selama 24 jam. a) <i>bromocresol purple</i> . b) <i>methyl red</i>	29
4.5 Grafik laju perubahan intensitas label pintar <i>bromocresol purple</i> dan <i>methyl red</i> pada penyimpanan suhu ruang selama 24 jam	30
4.6 Hubungan <i>mean RGB bromocresol</i> dan <i>methyl red</i> dengan tekstur daging sapi pada suhu ruang selama 24 jam	31

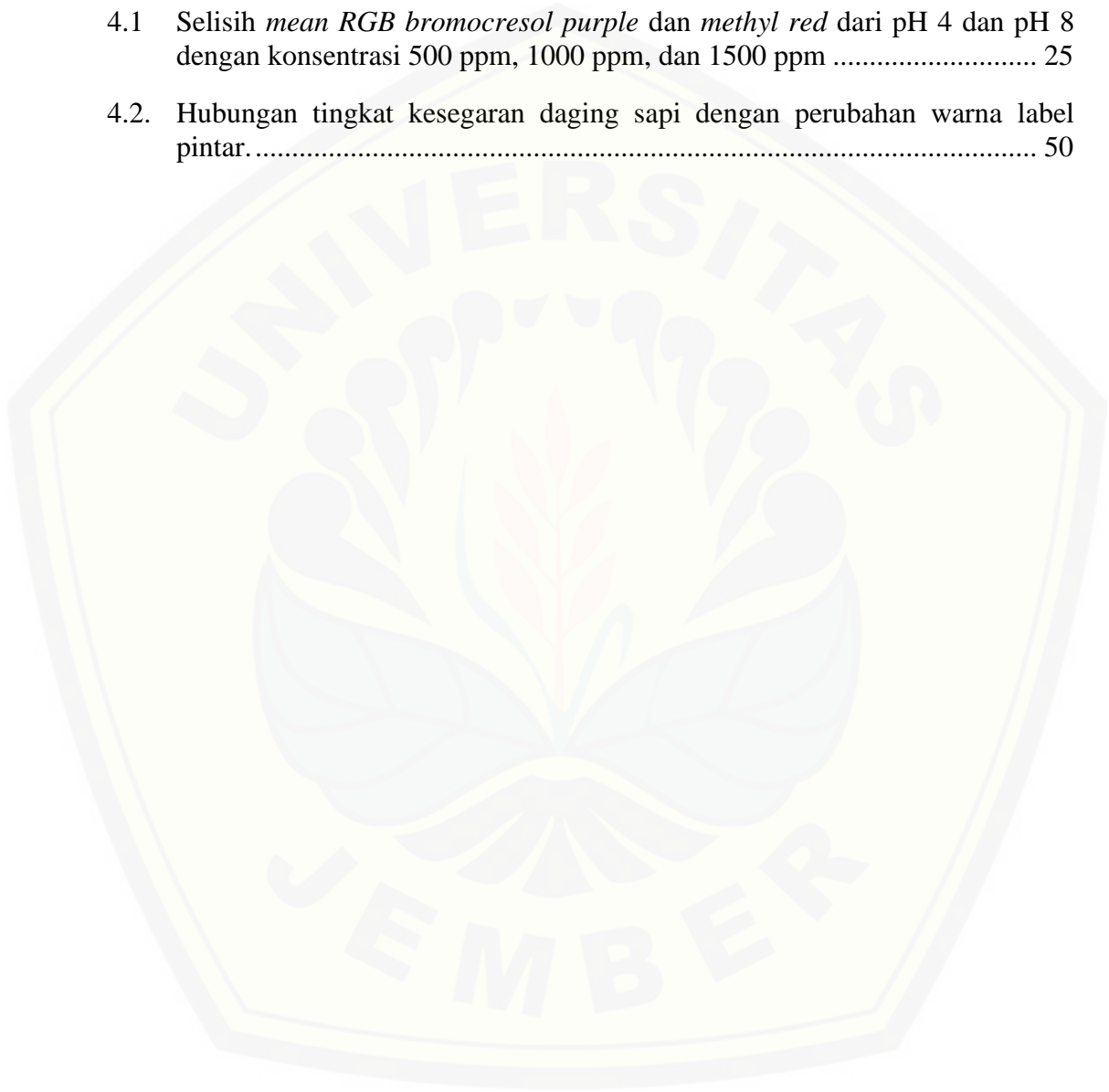
4.7	Hubungan <i>mean RGB bromocresol</i> dan <i>methyl red</i> dengan pH daging sapi pada suhu ruang selama 24 jam.....	32
4.8	Hubungan <i>mean RGB bromocresol</i> dan <i>methyl red</i> dengan bau (%kesegaran) daging sapi pada suhu ruang selama 24 jam.....	33
4.9	Hubungan <i>mean RGB bromocresol purple</i> dan <i>methyl red</i> dengan kadar TVB pada penyimpanan suhu ruang selama 24 jam	34
4.10	Hubungan <i>mean RGB bromocresol purple</i> dan <i>methyl red</i> dengan total mikroba (TPC) pada penyimpanan suhu ruang selama 24 jam	35
4.11	Intensitas warna sensor label pintar spada penyimpanan suhu <i>chiller</i> selama 14 hari. a) <i>bromocresol purple</i> . b) <i>methyl red</i>	36
4.12	Grafik laju perubahan <i>mean RGB</i> label pintar <i>bromocresol purple</i> dan <i>methyl red</i> pada penyimpanan suhu <i>chiller</i> selama 14 hari.....	37
4.13	Hubungan <i>mean RGB bromocresol</i> dan <i>methyl red</i> dengan tekstur daging sapi pada suhu <i>chiller</i> selama 14 hari	38
4.14	Hubungan <i>mean RGB bromocresol</i> dan <i>methyl red</i> dengan tekstur daging sapi pada suhu <i>chiller</i> selama 14 hari	39
4.15	Hubungan <i>mean RGB bromocresol</i> dan <i>methyl red</i> dengan bau (%kesegaran) daging sapi pada suhu <i>chiller</i> selama 14 hari	40
4.16	Hubungan <i>mean RGB bromocresol purple</i> dan <i>methyl red</i> dengan kadar TVB pada penyimpanan suhu <i>chiller</i> selama 14 hari.....	41
4.17	Hubungan <i>mean RGB bromocresol purple</i> dan <i>methyl red</i> dengan total mikroba (TPC) pada penyimpanan suhu <i>chiller</i> selama 14 hari.....	42
4.18	Intensitas warna sensor label pintar spada penyimpanan suhu <i>freezer</i> selama 15 hari. a) <i>bromocresol purple</i> . b) <i>methyl red</i>	43
4.19	Grafik laju perubahan <i>mean RGB</i> label pintar <i>bromocresol purple</i> dan <i>methyl red</i> pada penyimpanan suhu <i>freezer</i> selama 15 hari.....	44
4.20	Hubungan <i>mean RGB bromocresol</i> dan <i>methyl red</i> dengan tekstur daging sapi pada suhu <i>freezer</i> selama 15 hari.....	45
4.21	Hubungan <i>mean RGB bromocresol</i> dan <i>methyl red</i> dengan tekstur daging sapi pada suhu <i>freezer</i> selama 15 hari.....	46
4.22	Hubungan <i>mean RGB bromocresol</i> dan <i>methyl red</i> dengan bau (%kesegaran) daging sapi pada suhu <i>freezer</i> selama 15 hari	47
4.23	Hubungan <i>mean RGB bromocresol purple</i> dan <i>methyl red</i> dengan kadar TVB pada penyimpanan suhu <i>freezer</i> selama 15 hari	48

4.24 Hubungan *mean RGB bromocresol purple* dan *methyl red* dengan total mikroba (TPC) pada penyimpanan suhu *freezer* selama 15 hari..... 49



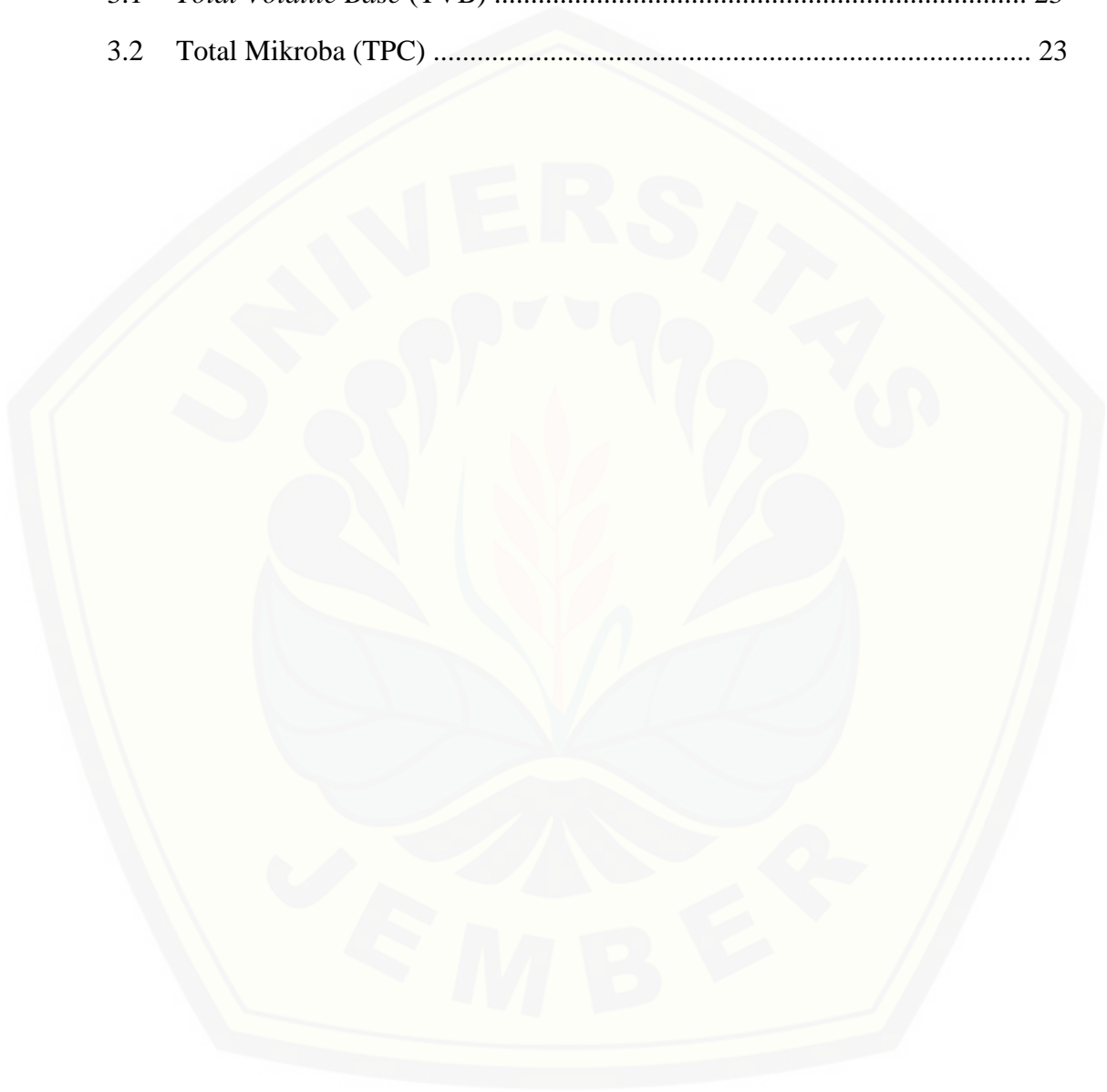
DAFTAR TABEL

	Halaman
4.1 Selisih <i>mean RGB bromocresol purple</i> dan <i>methyl red</i> dari pH 4 dan pH 8 dengan konsentrasi 500 ppm, 1000 ppm, dan 1500 ppm	25
4.2. Hubungan tingkat kesegaran daging sapi dengan perubahan warna label pintar.....	50



DAFTAR PERSAMAAN

	Halaman
3.1 <i>Total Volatile Base</i> (TVB)	23
3.2 Total Mikroba (TPC)	23



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. OPTIMASI KONSENTRASI INDIKATOR PH SEBAGAI SENSOR KESEGARAN.....	56
B. DATA PERUBAHAN WARNA SENSOR LABEL PINTAR <i>BROMOCRESOL PURPLE</i> DAN <i>METHYL RED</i>	58
C. DATA UJI TEKSTUR	60
D. DATA UJI pH.....	61
E. DATA UJI BAU.....	62
F. DATA UJI TOTAL MIKROBA	64
G. DATA UJI TOTAL VOLATILE BASE.....	66
H. TABEL PERBANDINGAN INTENSITAS WARNA SENSOR DENGAN PARAMETER UJI.....	68

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertambahan jumlah penduduk Indonesia disertai dengan perkembangan pengetahuan dan tingkat kesadaran masyarakat akan kebutuhan gizi menyebabkan peningkatan konsumsi daging. Data statistik tingkat konsumsi daging sapi per kapita di Indonesia hanya sebesar 2,2 kg per kapita/tahun. Diperkirakan pada tahun 2015 konsumsi daging sapi naik mencapai 2,56 kg, dengan laju peningkatan sebesar 8% dari tahun 2013 dan 2014 (BPS, 2014). Daging sapi merupakan salah satu bahan pangan yang berasal dari sumber protein hewani dengan gizi lengkap. (Kurniawan *et al*, 2010)

Daging merupakan bahan pangan yang bernilai gizi tinggi karena kaya akan protein, lemak, mineral serta zat lainnya yang sangat dibutuhkan tubuh. Daging mudah sekali mengalami kerusakan mikrobiologi karena kandungan gizi dan kadar airnya yang tinggi (Kurniawan *et al*, 2010). Dengan kata lain, diperlukan penanganan terhadap daging sapi segar sebab kondisi dan komposisi yang terkandung merupakan media yang sangat baik bagi pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme sehingga dapat menurunkan kualitas daging.

Kerusakan daging sapi disebabkan karena mikroba seperti perubahan bentuk, adanya lendir, perubahan tekstur, menimbulkan bau dan rasa. Flavobakteria menghasilkan metabolit yang berupa alkohol seperti metanol dan etanol, campuran belerang, keton, ester, aldehida, dan amina dari metabolisme asam amino. Bau menyimpang ditandai dengan bau amis, bau busuk, dan bau amonia karena mengandung belerang (Mielmann, 2006).

Kemasan daging sapi sangat memerlukan teknik pendeteksi secara otomatis sebagai penentu kualitas daging. Salah satu teknologi yang digunakan adalah plastik yang dilengkapi sensor label pintar pada kemasan yang disebut kemasan

pintar. Dengan demikian, kemasan ini dapat memberikan informasi kepada konsumen terkait kerusakan atau perubahan kualitas daging sapi yang disimpan dalam suhu ruang, *chiller*, dan *freezer*.

Indikator yang digunakan sebagai sensor kesegaran yaitu indikator pH *methyl red* (MR), dan *bromocresol purple* (BCP). *Methyl red* (MR) merupakan indikator pH yang menimbulkan perubahan warna merah sampai dengan warna kuning. Rentang pH *methyl red* berkisar antara pH 4,4 (kondisi asam) dan 6,2 (kondisi basa). *Bromocresol purple* (BCP) memiliki indikator pH 5,2 (berwarna kuning) dan pH 6,8 (berwarna ungu) (Sabnis *et al*, 2012). Sensor kesegaran daging sapi merupakan prinsip untuk menangkap metabolit pada daging yang telah mengalami pembusukan. Membran sensor dapat mengalami perubahan warna yang dapat diamati secara visual.

Berdasarkan perihal di atas, label pintar ini memiliki banyak manfaat bagi masyarakat. Label pintar pada kemasan ini memudahkan konsumen mengetahui kondisi/kesegaran daging sapi tanpa membuka kemasan, serta dapat menjamin mutu dan keamanan daging. Selain itu, label ini dapat mencegah terjadinya keracunan makanan akibat mengkonsumsi daging sapi yang mengalami pembusukan. Dengan demikian, perlu dilakukan inovasi label pintar sebagai sensor kesegaran daging sapi pada kemasan.

1.2. Rumusan Masalah

1. Berapakah konsentrasi optimum indikator pH pada label pintar untuk kesegaran daging sapi berbasis *methyl red* (MR) dan *bromocresol purple* (BCP) ?
2. Bagaimanakah hubungan tingkat kesegaran daging sapi (yang meliputi pH, TVB, total mikroba, tekstur, dan bau) terhadap intensitas perubahan warna label pintar tersebut ?
3. Apakah label pintar tersebut dapat diaplikasikan sebagai sensor kesegaran daging sapi di lapangan ?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui konsentrasi optimum indikator pH pada label pintar untuk kesegaran daging sapi berbasis *methyl red* (MR) dan *bromocresol purple* (BCP).
2. Mengetahui hubungan tingkat kesegaran daging sapi (yang meliputi pH, TVB, total mikroba, tekstur, dan bau) terhadap intensitas perubahan warna label pintar tersebut.
3. Menentukan apakah label pintar tersebut dapat diaplikasikan sebagai sensor kesegaran daging sapi di lapangan.

1.4. Manfaat Penelitian

1. Sebagai dasar pengembangan sensor kimia berupa label pintar yang berbasis sensor pH untuk meningkatkan jaminan mutu dan keamanan konsumen.
2. Sebagai pengaplikasian sensor pH dalam meningkatkan potensi kemasan pintar sebagai sensor kesegaran daging sapi untuk memudahkan konsumen tanpa membuka kemasan.
3. Sensor juga diharapkan dapat digunakan secara langsung pada sampel daging untuk membantu konsumen menentukan kesegaran daging yang dibelinya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Daging Sapi

Daging sapi (Bahasa Inggris: *beef*) adalah jaringan otot yang diperoleh dari sapi biasanya digunakan untuk konsumsi makanan. Selain itu bagian dari daging sapi lain seperti lidah, hati, hidung, jeroan dan buntut digunakan sebagai bahan dasar dari makanan (Wijayanti, 2011). Sedangkan menurut Aberle (2001), daging didefinisikan sebagai bagian dari hewan yang telah disembelih layak dikonsumsi oleh manusia. Daging sapi mengandung nutrisi berupa air, protein, lemak, mineral, dan sedikit karbohidrat (glikogen dan glukosa) (Nurwantoro *et al*, 2012).

2.1.1. pH dan *Total Volatile Base (TVB)* Daging Sapi

Secara umum bakteri mempunyai pH minimum untuk pertumbuhan sekitar 4,0 – 4,5 dan pH optimum 6,8 dan 7,2 sedangkan pH maksimum antara 8,0 sampai 9,0. *Acidophile* adalah organisme yang tumbuh pada nilai pH yang rendah, sedangkan *alkaliphile* merupakan organisme yang tumbuh pada pH yang sangat tinggi (Mielmann, 2006). pH rendah (5,1 – 6,1) menyebabkan daging mempunyai struktur terbuka untuk pengasinan dengan warna muda cerah dan memiliki stabilitas yang lebih baik terhadap kerusakan mikroorganisme. pH tinggi (6,2 – 7,2) menyebabkan daging memiliki struktur tertutup atau padat dengan warna merah ungu tua, rasa kurang enak dan memungkinkan untuk perkembangan mikroorganisme (Buckle, *et al*, 1987). pH dan warna daging sapi segar sampai busuk ditunjukkan pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 pH daging sapi
(Damayanti, 2011)

Menurut Yanti *et al.* (2008), ada pengaruh jenis kemasan terhadap pH daging sapi. Berdasarkan penelitiannya, daging sapi pada suhu ruang tanpa kemasan diperoleh pH (6,29) lebih tinggi daripada dikemas dengan plastik PE dan plastik PP. pH daging sapi yang dikemas dengan plastik PE memiliki pH (5,87) sedangkan, daging sapi yang dikemas plastik PP pH (5,46). Nilai pH daging segar menurut Bahar (2003) adalah 5,6.

Proses pembusukan daging sapi dipengaruhi dengan adanya peningkatan pH. Basa kuat yang terbentuk dapat ditentukan dengan pengukuran *Total Volatile Base* (TVB). Oleh karena itu, pengukuran pH dan nilai TVB digunakan sebagai indikator pengukuran masa simpan daging. Uji TVB yang digunakan pada pengujian masa simpan daging menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai TVB maka semakin rendah kualitas daging. Daging dinyatakan membusuk, apabila nilai TVB telah menunjukkan angka 0,20 % N (Pearson, 1984).

2.1.2. Total Mikroba dan Tekstur Daging

Pertumbuhan bakteri dipengaruhi oleh pH dan kadar air yang ada dalam daging sapi. pH dan kadar air yang rendah akan menghambat pertumbuhan bakteri sehingga total koloni bakteri pada daging menjadi rendah (Yanti, 2008). Selain dipengaruhi oleh pH dan kadar air, perkembangbiakan mikroorganisme juga dipengaruhi oleh faktor kelembaban, temperatur, dan ketersediaan oksigen (Lawrie, 1979).

Berdasarkan ketentuan yang telah ditetapkan Badan Standardisasi Nasional (BSN) pada SNI-7388-2009 persyaratan mikrobiologis dalam daging sapi yang beredar di Indonesia adalah *total plate count* (TPC) 1×10^6 CFU/g atau setara

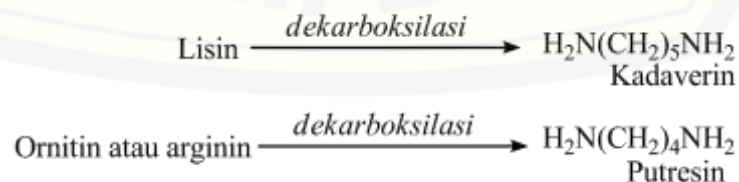
dengan 6,000 log₁₀cfu/g (BSN, 2009). Menurut Wilson (1981) daging mulai membusuk apabila koloni bakteri telah mencapai jumlah lebih dari 5 x 10⁶ koloni bakteri per gram. Selanjutnya daging sapi bagian paha dalam keadaan segar mempunyai jumlah koloni bakteri log₁₀ sama dengan 5,98 log₁₀cfu/g.

Banyak faktor yang mempengaruhi keempukan daging, yaitu faktor sebelum pemotongan, misalnya spesies, fisiologis, umur, jenis kelamin dan pengelolaan, sedangkan faktor setelah pemotongan seperti metode pendinginan, prosesing, pembekuan dan metode penyimpanan daging (Prasetyo, 2002). Berdasarkan penelitian Damayanti (2011), tekstur daging sapi segar yang dilakukan pengujian dengan menggunakan alat penetrometer tidak boleh kurang dari 38 g/5mm. Kondisi teksur daging dipengaruhi oleh kandungan air di dalam daging sapi, semakin tinggi kandungan airnya maka semakin lunak teksturnya (Winarno, 1993).

2.1.3. Kerusakan pada Daging

Kebusukan akan kerusakan daging ditandai oleh terbentuknya senyawa – senyawa berbau busuk seperti amonia, H₂S, indol, dan amin, yang merupakan hasil pemecahan protein oleh mikroorganisme. Daging yang rusak memperlihatkan perubahan organoleptik, yaitu bau, warna, kekenyalan, penampakan, dan rasa. Diantara produk-produk metabolisme dari daging yang busuk, kadaverin dan putresin merupakan dua senyawa diamin yang digunakan sebagai indikator kebusukan daging (Siagian, 2002).

Produk kadaverin dan putresin di dalam daging terjadi melalui reaksi sebagai berikut:



Gambar 2.2 Reaksi dekarboksilasi kadaverin dan putresin

Putresin merupakan senyawa diamina yang diproduksi oleh *Pseudomonas*, sedangkan Kadarverin diproduksi oleh Enterobacteria (Siagian, 2002). Metabolisme yang lain dihasilkan oleh flavobakteria termasuk jenis alkohol seperti metanol dan etanol, campuran belerang seperti dimetilsulfida, metilmerkaptan dan metanetiol, keton, aldehyd, ester, dan amina dari metabolisme asam amino. Berbau atau tak berbau busuk digambarkan dengan bau amis, bau busuk, dan mengandung belerang atau amonia (Mielmann, 2006).

Adapun ciri – ciri daging yang tidak baik adalah sebagai berikut (Siagian, 2002):

- a. Bau dan rasa tidak normal; bau yang tidak normal akan mudah tercium setelah hewan dipotong.
- b. Warna dari daging tidak normal tidak membahayakan kesehatan konsumen melainkan hanya mengurangi selera konsumen.
- c. Konsistensi daging tidak normal; daging yang tidak normal memiliki tingkat kekenyalan yang rendah (jika ditekan dengan jari terasa lunak), apalagi disertakan dengan terjadinya perubahan warna yang tidak normal, maka daging tersebut tidak layak untuk dikonsumsi.
- d. Daging busuk; daging yang sudah busuk dapat mengganggu kesehatan dari konsumen, karena dapat mengakibatkan gangguan saluran pencernaan. Penanganan yang kurang baik pada waktu pendinginan dapat menimbulkan pembusukan pada daging, sehingga meningkatkan aktivitas bakteri pembusuk. Dan juga dapat terjadi karena dibiarkan pada tempat terbuka dalam waktu yang relatif lama di suhu kamar, sehingga terjadi proses fermentasi oleh enzim – enzim membentuk asam sulfida dan amonia.

2.1.4. Kualitas Daging Sapi

Kualitas daging dipengaruhi oleh beberapa faktor, baik pada waktu hewan sebelum dan sesudah dipotong. Kualitas fisik daging sapi adalah warna daging, rasa dan aroma, perlemakan, dan tekstur daging. Pada waktu sebelum dipotong, faktor penentu kualitas daging adalah tipe ternak, jenis kelamin, umur, dan cara pemeliharaan yang meliputi pemberian pakan dan perawatan kesehatan. Sedangkan

kualitas daging sesudah dipotong dipengaruhi oleh metode pemasakan, pH daging, hormon, dan metode penyimpanan (Gunawan, 2013).

Menurut Raharjo (2010) ada beberapa faktor yang dapat dijadikan pedoman untuk memilih daging segar antara lain :

a. Warna

Warna daging adalah salah satu kriteria penilaian mutu daging yang dapat dinilai langsung. Warna daging ditentukan oleh kandungan dan keadaan pigmen daging yang disebut mioglobin dan dipengaruhi oleh jenis hewan, umur hewan, pakan, aktivitas otot, penanganan daging dan reaksi-reaksi kimiawi yang terjadi di dalam daging.

Warna daging sapi segar yang baik adalah warna merah cerah. Warna daging sapi yang baru dipotong yang belum terkena udara adalah warna merah keunguan, lalu jika telah terkena udara selama kurang lebih 15-30 menit akan berubah menjadi warna merah cerah. Warna merah cerah tersebut akan berubah menjadi merah-coklat atau coklat jika daging dibiarkan lama terkena udara.

b. Bau

Bau daging segar tidak berbau masam/busuk, tetapi berbau khas daging segar. Bau daging dipengaruhi oleh jenis hewan, pakan, umur daging, jenis kelamin, lemak, lama waktu, dan kondisi penyimpanan. Bau daging dari hewan yang tua relatif lebih kuat dibandingkan hewan muda, demikian pula daging dari hewan jantan memiliki bau yang lebih kuat daripada hewan betina. Kebusukan akan merusak daging ditandai oleh terbentuknya senyawa-senyawa berbau busuk seperti amonia, H₂S, indol, dan amin, yang merupakan hasil pemecahan protein oleh mikroorganisme.

c. Tekstur

Daging segar bertekstur kenyal, padat dan tidak kaku, bila ditekan dengan tangan, bekas pijatan kembali ke bentuk semula. Daging yang tidak baik ditandai dengan tekstur yang lunak dan bila ditekan mudah hancur.

d. Kenampakan

Daging segar tidak berlendir, tidak terasa lengket ditangan dan terasa kebasahannya. Daging yang busuk sebaliknya berlendir dan terasa lengket di

tangan. Selain itu permukaan daging berwarna kusam, kotor dan terdapat noda merah, hitam, biru, putih kehijauan akibat kegiatan mikroba.

2.1.5. Suhu Penyimpanan Daging

Pertumbuhan kuman dapat terjadi pada suhu tertentu yang menyebabkan enzim – enzim seluler organisme dapat berfungsi. Pada saat suhu naik, bahan kimia dan reaksi enzim di dalam proses sel mengalami pertumbuhan yang lebih cepat. Di atas suhu tertentu, perusakan dari protein tertentu tidak dapat diubah. Dengan demikian, ketika suatu suhu ditingkatkan pada batasan yang sudah diberikan, pertumbuhan dan fungsi metabolisme meningkat sampai pada suatu titik jenuh. Setiap bakteri perusak makanan mempunyai suhu kardinal yaitu di bawah suhu minimum sehingga pertumbuhan tidak lagi terjadi, pada saat suhu optimum terjadi pertumbuhan paling cepat, dan di atas suhu maksimum tidak akan terjadi pertumbuhan bakteri (Mielmann, 2006).

a) Daging pada Suhu Ruang

Daging memenuhi syarat untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme, karena daging memiliki kadar air atau kelembaban yang tinggi, terdapat oksigen, pH, serta kandungan nutrisi yang cukup tinggi. Dengan demikian, daging dengan mudah mengalami kerusakan apabila disimpan pada suhu ruang. Semakin lama penyimpanan pada suhu ruang akan semakin banyak basa yang dihasilkan sehingga aktivitas mikroorganisme meningkat yang akhirnya mengakibatkan terjadinya pembusukan (Suradi, 2012; Soeparno, 1992).

b) Daging pada Suhu *Chiller* dan *Freezer*

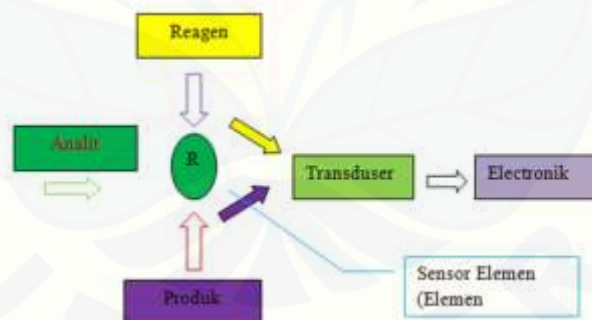
Winarno (1984) menjelaskan bahwa sel-sel yang terdapat dalam daging mentah masih terus mengalami proses kehidupan, sehingga di dalamnya masih terjadi reaksi-reaksi metabolisme. Kecepatan proses metabolisme tersebut sangat tergantung pada suhu penyimpanan. Semakin rendah suhu semakin lambat proses tersebut berlangsung dan semakin lama daging dapat disimpan. Di samping itu suhu penyimpanan yang rendah juga menghambat pertumbuhan dan perkembangbiakan bakteri pembusuk yang terdapat pada permukaan daging (Raharjo, 2010).

2.2. Tinjauan Sensor

2.2.1 Sensor Kimia

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).

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 2.3. 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)

2.2.2 Teknik Imobilisasi

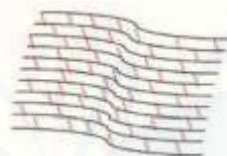
Sensor kimia biasanya menggunakan reagen kimia dimana reagen akan di imobilisasikan terlebih dahulu ke media dengan dijadikan reagen kering agar mudah dikendalikan. Imobilisasi merupakan suatu proses pengikatan molekul reagen sehingga dapat tersebar dalam fase pendukung secara merata dan homogen (Kuswandi, 2008). Menurut Eggins (1996), teknik imobilisasi adalah suatu teknik

memerangkap reagen dalam suatu matriks polimer dengan syarat aktivitas reagennya tetap ada.

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

a. *Cross linking*

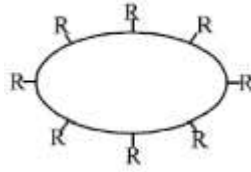
Cross linking merupakan metode yang menggunakan senyawa kimia yang memiliki dua gugus fungsi yang dapat mengikatkan reagen pada membran. Kekurangan metode ini dapat mengalami kerusakan pada spesifikasi reagen (Eggins, 1996). Metode *cross linking* ditunjukkan pada gambar 2.4 berikut :



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

b. Pembentukan Ikatan Kovalen

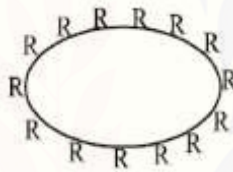
Ikatan kovalen melibatkan ikatan antara molekul reagen dengan fase pendukungnya. Penggunaan rancangan gugus fungsi terhadap membran digunakan untuk mendapat ikatan kovalen. Pembentukan ikatan kovalen yang ditunjukkan pada gambar 2.5, untuk mencapai kondisi ini maka perlu kontrol seperti pada temperatur rendah, kekuatan ion yang kecil dan PH yang netral. 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

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. Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu zat oleh zat lainnya atau dapat didefinisikan perubahan pada suatu permukaan (Kuswandi, 2008). Gambar 2.6 di bawah ini merupakan metode adsorpsi.



Gambar 2.6 Metode Adsorpsi
(Kuswandi, 2008)

d. Enkapsulasi

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



Gambar 2.7 Metode Enkapsulasi
(Kuswandi, 2008)

e. *Entrapment*

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



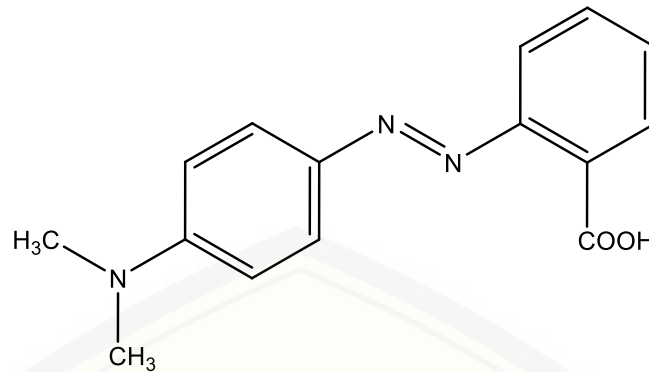
Gambar 2.8 Metode *Entrapment*
(Kuswandi, 2008)

2.3. Tinjauan Reagen Indikator pH

Indikator asam – basa biasa disebut sebagai 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 (Khopkar, 1990).

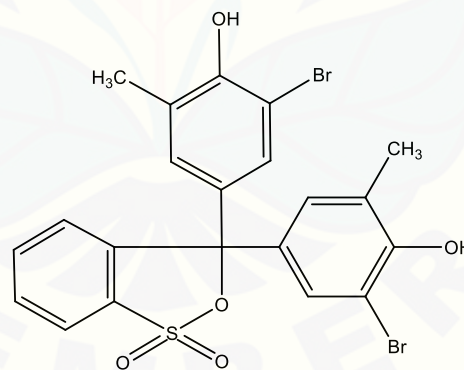
a. *Methyl red*

Methyl red adalah [(*N,N*-dimethyl-4-aminophenyl) azobenzenecarboxylic acid] indikator warna yang berubah menjadi warna merah pada larutan asam. *Methyl red* juga merupakan salah satu indikator pH yang memberikan perubahan warna merah pada pH dibawah 4,4 dan warna kuning pada pH 6,2 serta warna orange di antara pH tersebut. Indikator ini memiliki pKa 5,1. Struktur *methyl red* ditunjukkan pada gambar 2.9. Senyawa ini biasa digunakan untuk identifikasi bakteri yang tahan terhadap asam dari mekanisme campuran fermentasi glukosa (Khopkar, 1990).

Gambar 2.9 Struktur Kimia *Methyl red*

b. *Bromocresol purple*

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. *Bromocresol purple* (BCP) adalah suatu indikator pH yang memiliki perubahan warna kuning di bawah pH 5,2 dan warna ungu di atas pH 6,8. Pada gambar 2.10 ditunjukkan struktur dari *bromocresol purple*. Indikator ini memiliki pKa 6,3 (Riyanto *et al* , 2014).

Gambar 2.10 Struktur Kimia *Bromocresol purple*

2.4. *Modified Atmosphere Packaging (MAP)*

MAP merupakan penghilangan atau pergantian atmosfer kemasan bagian dalam dengan tujuan tertentu dengan adanya campuran gas di dalamnya yang digunakan untuk perkembangan kemasan daging segar yang dijual eceran. MAP didefinisikan sebagai kemasan suatu produk dalam atmosfer yang telah

dimodifikasi satu kali dari komposisi gas sehingga berbeda dengan udara (Mcmillin, 2008). Biasanya MAP berisi gas yang dimurnikan dari udara seperti oksigen, karbon dioksida, nitrogen dan karbon monoksida sehingga masing – masing gas memiliki fungsi yang berbeda. Udara yang terdapat di dalam MAP terdiri dari 80% oksigen : 20% karbon dioksida atau 0,4% karbon monoksida : 30% karbon dioksida : 69,6% nitrogen. Nitrogen tidak mempengaruhi perubahan pada warna daging atau pertumbuhan bakteri, karbon dioksida mampu mengurangi atau mencegah pembusukan, oksigen memberikan warna merah cerah pada daging, sedangkan karbon monoksida menciptakan warna merah disebabkan adanya ikatan kuat dengan mioglobin (Lavieri & Williams, 2014).

2.5. Kemasan Pintar (*Intelligent Packaging*)

Menurut Yam *et al*, (2005), kemasan pintar merupakan suatu sistem kemasan yang menggunakan fungsi cerdas seperti penginderaan, mendeteksi, dan memberi informasi sebagai pedoman untuk memperpanjang masa simpan, meningkatkan keamanan, meningkatkan kualitas, dan memeberikan informasi tentang masalah yang berkaitan dengan produk. Fungsi kemasan (*packaging*) ditunjukkan dalam gambar 2.11, tentang *Intelligent Packaging* (IP) sebagai peningkat komunikasi dan *Acive Packaging* (AP) sebagai peningkat perlindungan. IP merupakan komponen yang bertanggungjawab terhadap pemantauan dan pengolahan informasi, sedangkan AP adalah komponen yang bertanggungjawab terhadap perlindungan produk makanan misalnya pelepasan mikroba.



Gambar 2.11 Model Fungsi Kemasan
(Yam *et al*, 2005)

Kemasan dikatakan “pintar” jika mempunyai kemampuan untuk melacak produk, sarana pengindra dalam dan luar kemasan, dan mampu berkomunikasi dengan konsumen. Kemasan aktif adalah suatu kemasan yang substansi pemilihannya secara sengaja termasuk pada bahan kemasan atau penyusun kemasan untuk meningkatkan tampilan dari sistem kemasan (Yam *et al*, 2005).

2.6. Tinjauan tentang Label Pintar (*Smart Labelling*)

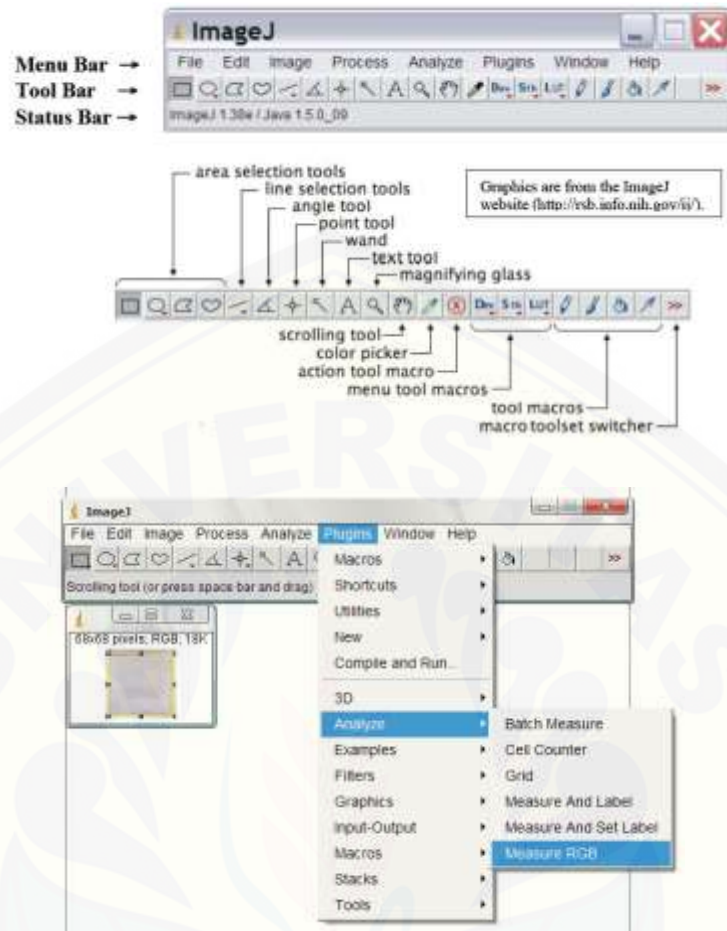
Prinsip fungsi dari kemasan tradisional makanan meliputi menurunkan kerusakan makanan, mempertahankan kualitas dan keamanan, dan mengurangi kerusakan fisik dari makanan. Secara umum kemasan melindungi dari beberapa faktor seperti cahaya, panas, kelembaban, tekanan, oksigen, enzim, mikroorganisme, bau, debu dan kotoran (Farkas, 2008). 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. Label pintar mampu mendeteksi analit kesegaran dari kemasan makanan meliputi senyawa *volatile* nitrogen seperti amonia, dimetilamin, trietilamin dan juga kadaverin dan putresin. Biasanya label pintar digunakan untuk deteksi kesegaran dari ikan, daging, sayuran, buah, dan minuman. Prinsip dari label pintar yaitu perubahan warna pada pH yang dihasilkan interaksi antara pewarna yang sensitif pH dengan *volatile* amin dalam kemasan (Berryman 2014).

2.7. Tinjauan Program *Image J*

Image J 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 2.12. Cara kerja program ini yaitu ketika kursor ditempatkan di daerah gambar, maka akan muncul tampilan koordinat yang akan diukur dalam pixel/detik. Pixel 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 pixel (Reinking, 2007).

Image J dapat digunakan juga untuk gambar *grayscale* yang memiliki ketajaman lebih dari 1 bit (hanya menunjukkan pixel dalam gambar hitam putih) sampai 32 bit per pixel. Penentuan nilai RGB dengan menggunakan program *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. Sedangkan, apabila intensitas sama dengan nol semua warna dicampurkan secara bersama-sama, maka akan dihasilkan cahaya hitam (Reinking, 2007).



Gambar 2.12 Program *Image J* dan cara penggunaannya (Reinking, 2007)

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan merupakan penelitian *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 Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Jember, Laboratorium Kimia dan Biokimia Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, dan Laboratorium Kimia Organik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

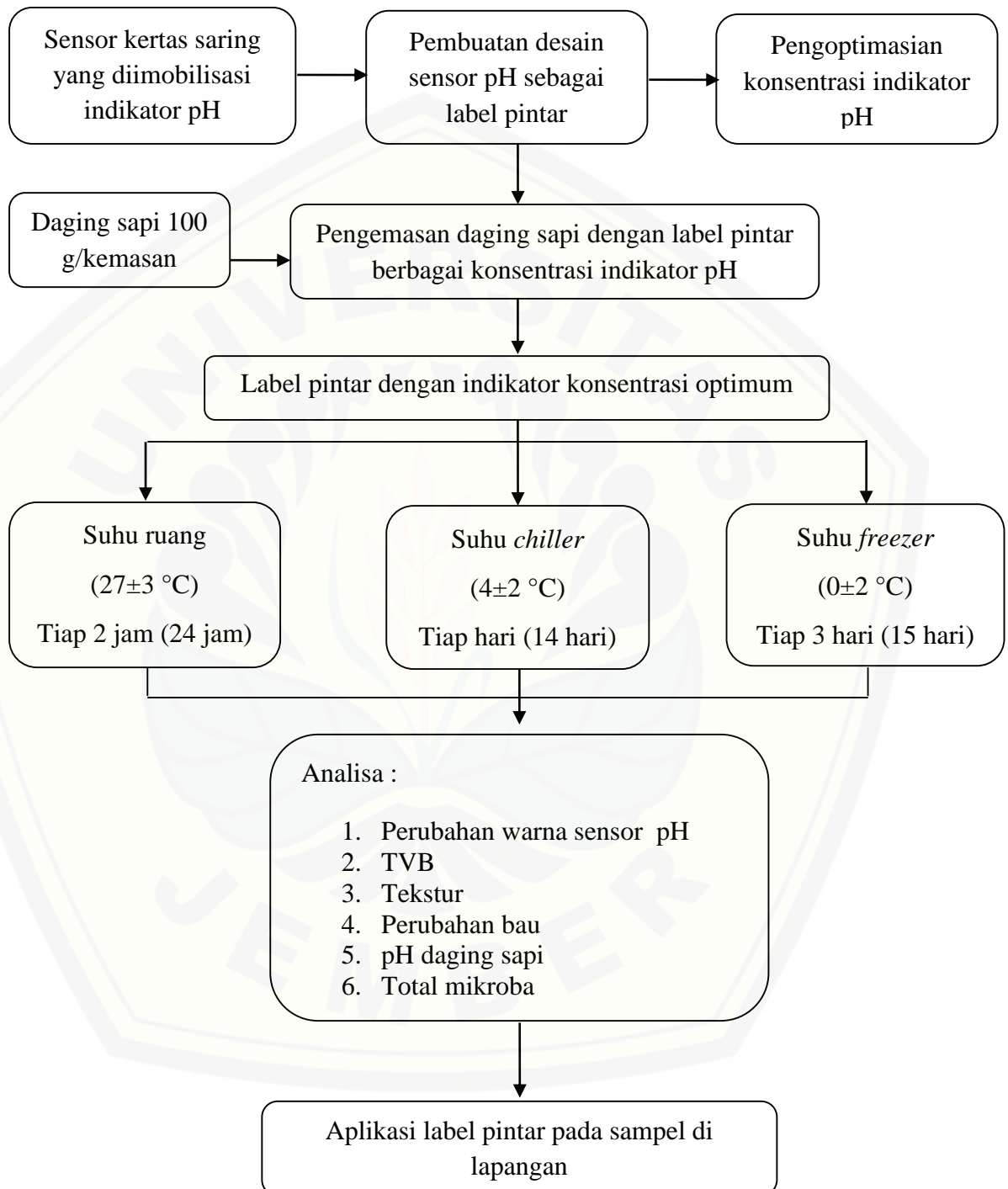
3.3. Alat Penelitian

Alat – alat yang digunakan adalah pisau, 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, erlenmeyer 50 mL, *Autoclave*, *Laminar Air Flow (LAF)*, *freezer*, *refrigator*, cawan petri, penetrometer *Rheotex*, alat destilasi Kjehldahl.

3.4. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daging sapi jenis Limosin (100g/kemasan) yang dibeli di pasar tradisional (Pasar Tanjung) Jember, *PE white wrapping plastic stretch film 0,9 g/cm³*, aquades steril, etanol 97%, *Methyl red* (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.

3.5. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.6. Metode Penelitian

3.6.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini bersifat identifikasi terhadap kenampakan dan perubahan fisik daging sapi yang dikemas dalam *styrofoam* dan *PE wrap plastik* yang disertai kertas saring *whatman* yang diimobilisasi dengan indikator pH *Methyl red* dan *Bromocresol purple* sebagai sensor kesegaran daging sapi. Penyimpanan daging sapi dilakukan pada suhu yang bervariasi yaitu suhu ruang (27 ± 3 °C) diamati tiap 2 jam selama 24 jam, suhu *chiller* (4 ± 2 °C) diamati tiap 1 hari selama 14 hari, dan suhu *freezer* (0 ± 2 °C) diamati tiap 3 hari selama 15 hari. Kemudian dilanjutkan dengan diamati perubahan intensitas warna sensor, uji total mikroba, uji pH, uji *Total Volatile Base*, uji tekstur dan uji bau (% kesegaran). Tiap parameter uji dihubungkan dengan intensitas perubahan warna sensor indikator pH.

3.6.2 Pelaksanaan Penelitian

3.6.2.1 Optimasi Konsentrasi Indikator pH sebagai Sensor Kesegaran

Pembuatan larutan indikator pH dari *Methyl red* dan *Bromocresol purple*. Menimbang 5 mg; 10 mg; dan 15 mg dari masing – masing indikator *Methyl red* dan *Bromocresol purple* dilarutkan dalam 10 mL etanol 97% dibuat konsentrasi masing – masing indikator 500 ppm, 1000 ppm, dan 1500 ppm, kemudian diamati dengan standar pH 4-8. Optimum bila konsentrasi dari indikator *Methyl red* dan *Bromocresol purple* menunjukkan perbedaan warna pada tiap pH.

3.6.2.2 Pembuatan Sensor Kesegaran sebagai Label Pintar

Kertas saring *whatman* yang telah dipotong dengan ukuran 2x2 cm direndam dalam masing – masing indikator pH *Methyl red* dan *Bromocresol purple* selama 1 hari kemudian dikeringan.

3.6.2.3 Pembuatan Kemasan

Daging sapi yang masih segar diletakkan dalam *styrofoam* kemudian ditutup dengan *PE wrap plastik* yang telah diberi label pintar sebagai sensor kesegaran.

3.7. Prosedur Analisa

3.7.1 Pengamatan Intensitas Warna Sensor

Warna sensor dari kesegaran ini diukur menggunakan *software Image J* dengan menentukan nilai *mean RGB*. Pengambilan gambar dilakukan dengan cara *scanning* menggunakan scan tipe Canon LiDe120, kemudian hasil scan tersebut diaplikasikan pada *software Image J* dan ditentukan nilai *mean RGB*.

3.7.2 Uji Tekstur

Sampel daging sapi diletakkan tepat di bawah jarum penetrometer *Rheotex*, kemudian menekan tombol start sampai ujung jarum menyentuh permukaan daging sapi (terdengar bunyi tanda selesai), yang dilanjutkan dengan membaca angka yang ditunjukkan oleh *Rheotex* dengan satuan gram (g) (Damayanti, 2011).

3.7.3 Uji pH Daging Sapi

Sampel daging sapi yang telah dihancurkan, kemudian diambil sebanyak 1 gram dihomogenkan dengan 10 mL aquades, kemudian menentukan pH daging sapi dengan menggunakan pH meter (Damayanti, 2011).

3.7.4 Uji Bau (% kesegaran)

Uji bau ini bersifat organoleptik dengan menentukan beberapa orang (20 orang) sebagai panelis bukan terlatih yang dianggap telah mewakili populasi konsumen. Sampel daging sapi disimpan pada suhu ruang, suhu *chiller*, suhu *freezer* kemudian bau daging sapi diperoleh berdasarkan % kesegaran daging sapi. Jenjang skala uji bau daging adalah bau segar (80-100%), masih segar (60-79%), dan tidak segar (0-59%). Semakin kecil % kesegaran daging sapi, maka kondisi daging sapi menunjukkan tidak segar atau tidak layak konsumsi (Damayanti, 2011)

3.7.5 Uji Total Volatile Base (TVB)

Daging sapi yang telah dihaluskan sebesar 10 gram ditambah 30 mL aquades. Kemudian *distirer* selama 5 menit yang selanjutnya disaring untuk diambil fitratnya. Asam borat jenuh disiapkan yang telah ditambah 3 tetes metil merah –

metil biru (MMMB). Selanjutnya dilakukan destilasi menggunakan alat destilasi Kjeldahl hingga terjadi perubahan warna biru kehijauan dan hasil destilasi dititrasi dengan HCl 0,02 N. TVB ditentukan dengan Persamaan 3.1 (Damayanti, 2011):

$$TVB = \frac{(mL \text{ sampel} - mL \text{ blanko}) \times 14,007 \times N \text{ HCl}}{g \text{ bahan} \times 1000} \times 100\% \dots\dots(3.1)$$

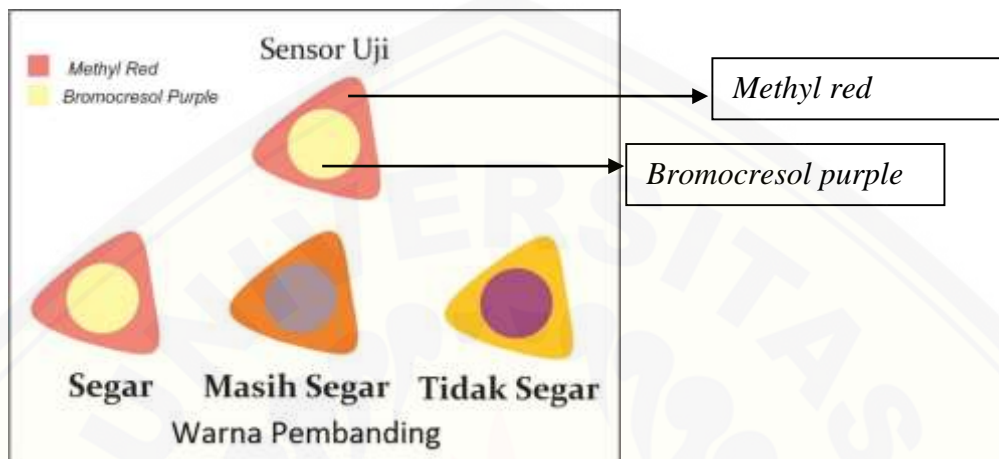
3.7.6 Uji Total Mikroba (TPC) daging sapi

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^{-9} . 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 Persamaan 3.2 sebagai berikut (Damayanti, 2011) :

$$Koloni \text{ per } m = \text{Jumlah Koloni per Cawan} \times \frac{1}{\text{faktor pengenceran}} \dots\dots(3.2)$$

3.8. Desain Label Pintar sebagai Sensor Kesegaran

Gambar 3.2 menjelaskan desain label pintar dari indikator pH *Methyl red* dan *Bromocresol purple* sebagai sensor kesegaran daging sapi yang bekerja berdasarkan perubahan pH. Desain tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2 Desain Label Pintar sebagai Sensor Kesegaran

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

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

1. Konsentrasi uji yang digunakan sebagai label pintar yaitu konsentrasi 500 ppm disebabkan perubahan warna yang dihasilkan sangat sesuai dengan warna indikator *bromocresol purple* yang berubah dari kuning menjadi ungu dan indikator *methyl red* dari merah menjadi kuning.
2. Perubahan intensitas warna label pintar *bromocresol purple* dan *methyl red* memiliki hubungan positif dengan tingkat kesegaran daging sapi, artinya semakin meningkat nilai *mean RGB bromocresol purple* dan semakin menurun nilai *mean RGB* dari *methyl red* maka tingkat kesegaran daging sapi semakin menurun sehingga daging dalam keadaan tidak segar.
3. Label pintar *bromocresol purple* dan *methyl red* yang dipasang pada kemasan pintar dapat diaplikasikan sebagai indikator kesegaran sehingga memudahkan konsumen untuk melihat kesegaran daging sapi tanpa membuka kemasan.

5.2. Saran

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

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

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



DAFTAR PUSTAKA

- Aberle, E.D., Forrest, J.C., Gerrard, D.E., & Mills, E.W. 2001. *Principles of Meat Science*. Kendal: Hunt Publishing Company.
- Badan Pusat Statistik. 2014. *Konsumsi Daging Menurut Jenis Daging dan Daging Olahan Per Kapita*. <http://www.bps.go.id> (diakses 24 November 2015).
- Badan Standardisasi Nasional. 2009. SNI 7388-2009. *Batas Maksimum Cemaran Mikroba dalam Pangan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Bahar, B. 2003. *Panduan Praktis Memilih Produk Daging Sapi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- 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*.
- Damayanti, F. 2011. *Aplikasi Kertas Lakmus Merah sebagai Sensor Kesegaran Daging Sapi pada Kemasan Pintar*. Skripsi. Fakultas Farmasi, Universitas Jember.
- 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.
- Frazier, W.C. & Westhoff, D.C.. 1981. *Food Microbiology*, Third Edition. New Delhi: Tata Mc. Graw Hill Pub. Co. Ltd..
- Gunawan, L. 2013. *Analisa Perbandingan Kualitas Fisik Daging Sapi Impor dan Daging Sapi Lokal*. Fakultas Ekonomi Universitas Kristen Petra
- Khopkar, S.M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: Universitas Indonesia.

- Kleiner, I.S. & Orten, J.M. 1975. *Biochemistry*, New York: The C.V. Mosby Co..
- Kurniawan, N. P., Septinova D., & Adhianto K. 2010. *Kualitas Fisik Daging Sapi dari Tempat Pemotongan Hewan di Bandar Lampung*. Lampung: Universitas Lampung.
- Kuswandi, B. 2008. *Sensor Kimia Teori, Praktek & Apikasi*. Jember: Bagian Kimia Farmasi PS Farmasi Universitas Jember.
- Lavieri, N., & Williams, S. K. 2014. *Effects of packaging systems and fat concentrations on microbiology, sensory and physical properties of ground beef stored at 4 ± 1 °C for 25 days*. Meat Science.
- Lawrie, R. A. 1979. *Ilmu Daging*. Parakkasi Aminuddin, penerjemah. Jakarta: UI Press. Terjemahan dari : *Meat Science*.
- Mcmillin, K.W. 2008. *Where is MAP going? A review of future potential of modified atmosphere packaging for meat*. Meat Science.
- Mielmann, A. 2006. *Food Spoilage Characteristics of Chrysebacterium Species*. Tesis. Department of Microbial, Biochemical and Food Biotechnology Faculty of Natural and Agricultural Sciences, University of the Free State.
- Nurwantoro., Bintoro, V.P., Legowo, A.M., Purnomoadi, A., Ambara, L.D., Prakoso, A., & Mulyani, S. 2012. Nilai PH, Kadar Air, dan Total Eschericia coli Daging Sapi yang Dimarinasi dalam Jus Bawang Putih. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 1 (2): 1-3.
- Ojeda, C.B., & Fuesenta, S.R. 2006. *Recent Development in Option Chemical Sensor Coupling with Flow Injection Analysis*. Spain: Departement of Analytical Chemistry, Faculty of Sciences, University of Malanga,.
- Pearson, D. 1984. *Assesment of Meat Freshness in Quality Control Employing Chemical Techniques a Review*. Vol 19 p. 357 – 362.
- Prasetyo, D. 2002. *Sifat Fisik dan Palatabilitas Bakso Daging Sapi dan Daging Kerbau pada Lama Postmortem yang Berbeda*. Skripsi. Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor
- Raharjo, S. 2010. *Aplikasi Madu Sebagai Pengawet Daging Sapi Giling Segar Selama Proses Penyimpanan*. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Reinking, I. 2007. *Image J Basics*. Pennsylvania: Departement of Biology Millersvilley University.

- 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.
- Sabnis, R.W., Ross E., Kothe, J., & Nauman, R. 2012. Indicator Reagents. *Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Vol 19 p. 1 – 46.
- Siagian, A. 2002. *Mikroba Patogen Pada Makanan dan Sumber Pencemarannya*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara: digitized by USU digital library.
- Soeparno. 1992. *Ilmu dan Teknologi Daging*. Yogyakarta: UGM Press.
- Suradi, K. 2011. Aplikasi Model Arrhenius Untuk Pendugaan Penurunan Masa Simpan Daging Sapi Pada Penyimpanan Suhu Ruang Dan Refrigerasi Berdasarkan Nilai TVB dan pH. *Jurnal Ilmu Ternak*, Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran. Hal. 1 – 9.
- Suradi, K. 2012. Pengaruh Lama Penyimpanan Pada Suhu Ruang Terhadap Perubahan Nilai pH, TVB dan Total Bakteri Daging Kerbau. *Jurnal Ilmu Ternak*, Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran. Vol XII No.2 Edisi Desember 2012. Hal. 1 – 4.
- Wijayanti, M. R. 2011. *Analisis Preferensi Konsumen dalam Membeli Daging Sapi di Pasar Tradisional Kabupaten Karanganyar*. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Wilson, N. R. P. 1981. *Meat and Meat Products Factor Affecting Quality Control*. London: Applied Science Publisher.
- Winarno, F. G. 1993. *Pangan Gizi Teknologi dan Konsumen*. Jakarta: PT Gramedia
- Winarno, F.G. 1984. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT Gramedia.
- Yam, K.L., Takhitsov, P.T., & Miltz, J. 2005. Intelligent Packaging: Concepts and Applications. *Journal of Food Science*. 70 (1): 1 – 10.
- Yanti, H., Hidayati, dan Elfawati. 2008. Kualitas Daging Sapi dengan Kemasan Plastik PE (Polyethylen) dan Plastik PP (Polypropylen) di Pasar Arengka Kota Pekanbaru. *Jurnal Peternakan*. 5 (1): 22 – 27.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A. OPTIMASI KONSENTRASI INDIKATOR PH SEBAGAI SENSOR KESEGRAN

1. *Bromocresol purple*

a) Konsentrasi 500 ppm

pH standar	Mean RGB				SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata		
4	211,356	213,099	217,318	213,924	3,065	0,014
5	194,082	190,465	191,321	191,956	1,890	0,010
6	170,372	166,366	166,168	167,635	2,372	0,014
7	164,388	168,753	166,493	166,545	2,183	0,013
8	138,885	139,836	138,337	139,019	0,758	0,005

b) Konsentrasi 1000 ppm

pH standar	Mean RGB				SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata		
4	201,022	200,590	204,263	201,958	2,008	0,010
5	197,336	190,560	194,542	194,146	3,405	0,018
6	161,389	162,538	163,028	162,318	0,841	0,005
7	145,387	144,384	140,166	143,312	2,771	0,019
8	133,197	128,557	129,856	130,537	2,394	0,018

c) Konsentrasi 1500 ppm

pH standar	Mean RGB				SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata		
4	200,233	198,566	198,787	199,195	0,905	0,005
5	188,780	186,567	189,459	188,269	1,512	0,008
6	157,386	158,125	156,347	157,286	0,893	0,006
7	140,330	138,768	139,779	139,626	0,792	0,006
8	130,766	129,589	128,366	129,574	1,200	0,009

2. Methyl red

a) 500 ppm

pH standar	Mean RGB				SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata		
4	139,797	137,442	137,854	138,364	1,258	0,009
5	148,238	149,845	150,995	149,693	1,385	0,009
6	153,760	157,602	159,248	156,870	2,816	0,018
7	191,235	188,702	193,788	191,242	2,543	0,013
8	200,912	195,806	196,988	197,902	2,673	0,014

b) 1000 ppm

pH standar	Mean RGB				SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata		
4	129,705	128,523	129,660	129,296	0,670	0,005
5	131,175	129,574	130,847	130,532	0,846	0,006
6	149,758	147,510	145,047	147,438	2,356	0,016
7	174,117	176,552	174,563	175,077	1,296	0,007
8	187,388	187,646	186,799	187,278	0,434	0,002

c) 1500 ppm

pH standar	Mean RGB				SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata		
4	125,361	128,546	126,335	126,747	1,632	0,013
5	129,626	131,320	127,136	129,361	2,105	0,016
6	138,476	136,897	139,056	138,143	1,117	0,008
7	172,360	173,056	173,569	172,995	0,607	0,004
8	186,356	185,256	188,035	186,549	1,400	0,008

**LAMPIRAN B. DATA PERUBAHAN WARNA SENSOR LABEL PINTAR
BROMOCRESOL PURPLE DAN METHYL RED**

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	0,004
4	198,315	199,159	196,447	197,974	1,388	0,007
6	173,618	175,157	173,984	174,253	0,804	0,005
8	170,428	171,311	172,657	171,465	1,122	0,007
10	169,996	168,731	170,382	169,703	0,864	0,005
12	165,545	166,478	165,062	165,695	0,720	0,004
14	164,742	163,545	164,774	164,354	0,701	0,004
16	163,366	162,479	162,936	162,927	0,444	0,003
18	161,070	160,673	161,394	161,046	0,361	0,002
20	158,005	157,439	156,942	157,462	0,532	0,003
22	154,033	153,831	156,061	154,642	1,233	0,008
24	150,676	152,436	151,961	151,691	0,911	0,006

2. Methyl red

Jam ke-	Mean RGB				SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata		
2	142,222	143,804	141,973	142,666	0,993	0,007
4	145,253	143,964	144,179	144,465	0,691	0,005
6	146,439	149,067	147,306	147,604	1,339	0,009
8	160,866	163,478	161,903	162,082	1,315	0,008
10	168,821	166,911	167,450	167,727	0,985	0,006
12	171,826	169,270	170,731	170,609	1,282	0,008
14	173,599	172,940	173,078	173,206	0,348	0,002
16	174,222	176,901	175,472	175,532	1,340	0,008
18	180,812	179,101	178,297	179,403	1,284	0,007
20	181,730	180,814	181,205	181,250	0,460	0,003
22	182,617	184,931	183,047	183,532	1,231	0,007
24	187,126	188,746	189,482	188,451	1,205	0,006

b) Suhu Freezer1. *Bromocresol purple*

Hari ke-	Mean RGB				SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata		
3	212,961	213,504	212,648	213,038	0,433	0,002
6	211,730	208,567	209,438	209,912	1,634	0,008
9	200,060	203,735	202,185	201,993	1,845	0,009
12	199,939	198,472	197,258	198,556	1,342	0,007
15	194,236	196,528	195,392	195,385	1,146	0,006

2. *Methyl red*

Hari ke-	Mean RGB				SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata		
3	140,413	139,926	140,174	140,171	0,244	0,002
6	142,558	140,813	141,379	141,583	0,890	0,006
9	144,938	143,536	143,104	143,859	0,959	0,007
12	146,654	145,899	144,427	145,660	1,133	0,008
15	147,513	146,387	145,633	146,511	0,946	0,006

c) Suhu Chiller1. *Bromocresol purple*

Hari ke-	Mean RGB				SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata		
1	213,753	212,970	210,561	212,428	1,664	0,008
2	204,680	207,498	205,318	205,832	1,478	0,007
3	201,158	203,748	202,037	202,314	1,317	0,007
4	196,744	198,532	199,029	198,102	1,202	0,006
5	185,689	187,204	184,605	185,833	1,305	0,007
6	177,041	175,384	178,028	176,818	1,336	0,008
7	172,817	171,904	171,203	171,975	0,809	0,005
8	170,524	172,151	171,255	171,310	0,815	0,005
9	171,862	169,891	170,476	170,743	1,012	0,006
10	164,373	167,856	165,930	166,053	1,745	0,011
11	161,078	160,537	159,059	160,225	1,045	0,007
12	157,904	158,640	157,382	157,975	0,632	0,004
13	155,463	156,407	154,958	155,609	0,736	0,005
14	152,426	151,392	152,544	152,121	0,634	0,004

2. *Methyl red*

Hari ke-	Mean RGB				SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata		
1	139,984	140,485	140,332	140,267	0,257	0,002
2	142,454	143,785	142,804	143,014	0,690	0,005
3	144,674	145,873	143,756	144,768	1,062	0,007
4	146,629	147,803	146,304	146,912	0,789	0,005
5	150,964	149,521	152,739	151,075	1,612	0,011
6	155,980	157,302	158,629	157,304	1,325	0,008
7	161,566	160,937	161,308	161,270	0,316	0,002
8	163,662	164,918	165,483	164,688	0,932	0,006
9	165,286	166,104	167,034	166,141	0,875	0,005
10	169,101	168,364	170,245	169,237	0,948	0,006
11	172,435	173,784	175,974	174,064	1,786	0,010
12	176,503	174,837	176,395	175,912	0,932	0,005
13	178,982	179,457	177,093	178,511	1,250	0,007
14	179,298	180,836	181,653	180,596	1,196	0,007

LAMPIRAN C. DATA UJI TEKSTUR

a) *Suhu Ruang*

Jam ke-	Kuat Tekanan Penetrometer						SD	CV
	Titik I (g)	Titik II (g)	Titik III (g)	Titik IV (g)	Titik V (g)	Rata - Rata (g)		
2	53	47	50	59	55	52,8	4,604	0,087
4	36	37	38	55	39	41	7,906	0,193
6	46	36	47	34	32	39	7,000	0,179
8	32	31	36	34	35	33,6	2,074	0,062
10	39	27	20	37	25	29,6	8,112	0,274
12	24	27	28	29	28	27,2	1,924	0,071
14	25	20	23	27	24	23,8	2,588	0,109
16	19	17	18	22	16	18,4	2,302	0,125
18	17	15	16	13	16	15,4	1,517	0,098
20	14	14	15	19	13	15	2,345	0,156
22	14	15	18	13	11	14,2	2,588	0,182
24	16	10	13	12	15	13,2	2,387	0,181

b) Suhu Chiller

Hari ke-	Kuat Tekanan Penetrometer						SD	CV
	Titik I (g)	Titik II (g)	Titik III (g)	Titik IV (g)	Titik V (g)	Rata - rata (g)		
1	52	36	31	70	84	54,6	22,423	0,411
2	48	40	47	55	56	49,2	6,535	0,133
3	55	50	38	44	57	48,8	7,855	0,161
4	47	41	43	38	54	44,6	6,189	0,139
5	43	36	42	48	49	43,6	5,225	0,120
6	40	30	38	46	44	39,6	6,229	0,157
7	30	37	47	38	35	37,4	6,189	0,165
8	63	24	39	23	25	34,8	17,065	0,490
9	37	29	20	35	27	29,6	6,768	0,229
10	29	27	21	28	25	26	3,162	0,122
11	24	27	24	26	28	25,8	1,789	0,069
12	25	21	23	23	24	23,2	1,483	0,064
13	19	17	18	13	16	16,6	2,302	0,139
14	17	15	16	11	13	14,4	2,408	0,167

c) Suhu Freezer

Hari ke-	Kuat Tekanan Penetrometer						SD	CV
	Titik I (g)	Titik II (g)	Titik III (g)	Titik IV (g)	Titik V (g)	Rata-rata (g)		
3	70	66	87	65	55	68,6	11,675	0,170
6	63	95	51	73	43	65	20,298	0,312
9	45	54	38	40	43	44	6,205	0,141
12	42	44	50	36	46	43,6	5,177	0,119
15	40	41	38	40	39	39,6	1,140	0,029

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

Jam ke-	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Nilai pH	5,61	5,70	5,71	6,16	6,27	6,38	6,71	6,73	6,8	6,83	7,12	7,24
	5,63	5,58	5,93	6,18	6,22	6,34	6,62	6,68	6,74	6,90	6,95	7,21
	5,58	5,90	5,86	6,13	6,21	6,33	6,77	6,75	6,81	6,80	7,15	7,19
Rata - rata	5,61	5,73	5,83	6,16	6,23	6,35	6,70	6,72	6,78	6,84	7,07	7,21
SD	0,025	0,162	0,112	0,025	0,032	0,026	0,075	0,036	0,038	0,051	0,108	0,025
CV	0,004	0,028	0,019	0,004	0,005	0,004	0,011	0,005	0,006	0,007	0,015	0,003

b) Suhu Chiller

Hari ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Nilai pH	5,58	5,62	5,52	5,52	5,22	5,63	5,75	5,84	6,00	6,36	6,65	6,98	7,04	7,44
	5,56	5,63	5,49	5,42	5,21	5,60	5,70	5,80	6,15	6,43	6,61	6,88	6,97	7,46
	5,60	5,65	5,45	5,45	5,24	5,65	5,73	5,79	6,05	6,44	6,62	6,97	6,96	7,41
Rata - rata	5,58	5,63	5,49	5,46	5,22	5,63	5,73	5,81	6,07	6,41	6,63	6,94	6,99	7,44
SD	0,020	0,015	0,035	0,051	0,015	0,025	0,025	0,026	0,076	0,044	0,021	0,055	0,044	0,025
CV	0,004	0,003	0,006	0,009	0,003	0,004	0,004	0,005	0,013	0,007	0,003	0,008	0,006	0,003

c) Suhu Freezer

Hari ke-	3	6	9	12	15
Nilai pH	5,62	5,49	5,69	5,47	5,37
	5,6	5,53	5,68	5,45	5,35
	5,63	5,46	5,67	5,39	5,38
Rata - rata	5,62	5,49	5,68	5,44	5,37
SD	0,015	0,035	0,010	0,042	0,015
CV	0,003	0,006	0,002	0,008	0,003

LAMPIRAN E. DATA UJI BAU**a) Keterangan % kesegaran**

- 1) 80 – 100 % = Segar
- 2) 79 – 60 % = Masih Segar
- 3) 59 – 0% = Tidak Segar

b) Suhu Ruang

Jam ke-	Bau	% Kesegaran
2	Segar	100
4	Segar	90
6	Masih Segar	75
8	Tidak Segar	10
10	Tidak Segar	5
12	Tidak Segar	0
14	Tidak Segar	0
16	Tidak Segar	0
18	Tidak Segar	0
20	Tidak Segar	0
22	Tidak Segar	0
24	Tidak Segar	0

c) Suhu Chiller

Hari ke-	Bau	% Kesegaran
1	Segar	100
2	Segar	100
3	Segar	90
4	Masih Segar	75
5	Masih Segar	70
6	Masih Segar	60
7	Tidak Segar	0
8	Tidak Segar	0
9	Tidak Segar	0
10	Tidak Segar	0
11	Tidak Segar	0
12	Tidak Segar	0
13	Tidak Segar	0
14	Tidak Segar	0

d) Suhu Freezer

Hari ke-	Bau	% Kesegaran
3	Segar	100
6	Segar	100
9	Segar	100
12	Segar	95
15	Segar	95

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	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	TPC Log ₁₀ (cfu/g)
2	TBUD	85	35							4,228
	TBUD	61	18							
4	TBUD	154	65							4,504
	TBUD	152	32							
6		TBUD	113	92						5,709
			TBUD	135	88					
8			TBUD	256	132					5,867
				TBUD	232	114				
10			TBUD	143	97					6,711
				TBUD	114	83				
12			TBUD	103	41					7,685
				TBUD	204	122				
14					TBUD	37	21			7,959
						TBUD	17	10		
16					TBUD	49	35			8,145
						TBUD	42	20		
18					TBUD	186	87			8,731
						TBUD	115	98		
20							TBUD	83	39	10,318
								TBUD	78	
22							TBUD	121	98	10,632
								TBUD	34	
24							TBUD	TBUD	236	11,281
								TBUD	TBUD	

b) Suhu Chiller

Pengenceran Hari ke-	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	TPC Log ₁₀ (cfu/g)
1	TBUD	52	13				3,960
	TBUD	33	15				
2	TBUD	76	21				4,510
	TBUD	117	89				
3	TBUD	78	29				4,359
	TBUD	117	53				
4	TBUD	TBUD	97				4,954
	TBUD	TBUD	83				
5		TBUD	125	31			5,283
		TBUD	102	23			
6		TBUD	226	60			5,591
		TBUD	215	52			
7			TBUD	TBUD	95		6,961
			TBUD	TBUD	88		
8			TBUD	TBUD	114		7,074
			TBUD	TBUD	123		
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	

c) Suhu Freezer

Pengenceran hari ke-	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	TPC Log ₁₀ (cfu/g)
3	5	31	20		3,924
	14	41	23		
6	TBUD	88	67		4,658
	TBUD	111	95		
9	TBUD	98	83		4,700
	TBUD	116	96		
12		TBUD	124	103	5,778
		TBUD	135	111	
15		TBUD	242	195	5,919
		TBUD	218	91	

LAMPIRAN G. DATA UJI TOTAL VOLATILE BASE

a) Suhu Ruang

Jam ke-	Vol. Blanko (mL)	Vol. Tittrasi HCl 0,02 N (mL)	TVB (%N)
2	0,5	4,6	0,011
4	0,5	5	0,013
6	0,5	5,3	0,013
8	0,5	6,4	0,017
10	0,5	8,5	0,022
12	0,5	9,2	0,024
14	0,5	11,3	0,030
16	0,5	15,7	0,043
18	0,5	20,8	0,057
20	0,5	19,6	0,054
22	0,5	32,7	0,090
24	0,5	37,8	0,104

b) Suhu Chiller

Hari ke-	Vol. Blanko (mL)	Vol. Tittrasi HCl 0,02 N (mL)	TVB (%N)
1	0,5	0,8	0,001
2	0,5	1	0,001
3	0,5	1,2	0,002
4	0,5	1,3	0,002
5	0,5	3,1	0,007
6	0,5	4,2	0,010
7	0,5	8,5	0,022
8	0,5	9,2	0,024
9	0,5	10,7	0,029
10	0,5	14,8	0,040
11	0,5	20,1	0,055
12	0,5	22,9	0,063
13	0,5	28,5	0,078
14	0,5	30,2	0,083

c) Suhu Freezer

Hari ke-	Vol. Blanko (mL)	Vol. Tittrasi HCl 0,02 N (mL)	TVB %N
3	0,5	2,2	0,005
6	0,5	1,4	0,003
9	0,5	1,6	0,003
12	0,5	1,2	0,002
15	0,5	0,9	0,001

Keterangan :

$$TVB = \frac{(mL \text{ sampel} - mL \text{ blanko}) \times 14,007 \times N \text{ HCl}}{g \text{ bahan} \times 1000} \times 100\%$$













14,007 = bobot atom nitrogen













N HCl = konsentrasi HCl yang digunakan (0,02N)













*) Menurut Pearson (1984), Daging dinyatakan membusuk, apabila nilai TVB telah menunjukkan angka 0,20 % N yang setara dengan 0,02 % N dalam 10 g sampel.

LAMPIRAN 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
	<i>Methyl red (MR)</i>	 Segar	 Segar	 Masih segar	 Tidak segar
ImageJ mean RGB	<i>Bromocresol purple (BCP)</i>	213,794	197,974	174,253	171,465
	<i>Methyl red (MR)</i>	142,666	144,465	147,604	162,082
Aplikasi sensor					
	Tekstur (g/5mm)	52,8	41	39	33,6
	TPC (log ₁₀ cfu/g)	4,228	4,504	5,709	5,867
	pH daging sapi	5,61	5,73	5,83	6,16
TVB (% N)	0,011	0,013	0,013	0,017	
Bau (% Kesegaran)	100	90	75	10	













Jam ke-		10	12	14	16
Label pintar	<i>Bromocresol purple (BCP)</i>				
		Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar
ImageJ mean RGB	<i>Methyl red (MR)</i>				
	<i>Bromocresol purple (BCP)</i>	169,703	165,695	164,354	162,927
	<i>Methyl red (MR)</i>	167,727	170,609	173,206	175,532
Aplikasi sensor					
Tekstur (g/5mm)		29,6	27,2	23,8	18,4
TPC (log ₁₀ cfu/g)		6,711	7,685	7,959	8,145
pH daging sapi		6,23	6,35	6,7	6,72
TVB (% N)		0,022	0,024	0,03	0,043
Bau (% Kesegaran)		0	0	0	0

Jam ke-		18	20	22	24
Label pintar	<i>Bromocresol purple (BCP)</i>				
		Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar
ImageJ mean RGB	<i>Methyl red (MR)</i>				
	<i>Bromocresol purple (BCP)</i>	161,046	157,462	154,642	151,691
	<i>Methyl red (MR)</i>	179,403	181,250	183,532	18,451
Aplikasi sensor					
Tekstur (g/5mm)		15,4	15	14,2	13,2
TPC (log10 cfu/g)		8,731	10,318	10,632	11,281
pH daging sapi		6,78	6,84	7,07	7,21
TVB (% N)		0,057	0,054	0,09	0,104
Bau (% Kesegaran)		0	0	0	0
















b) Suhu Chiller

Hari ke-		1	2	3	4	5
Label pintar	<i>Bromocresol purple (BCP)</i>					
		Segar	Segar	Segar	Masih segar	Masih segar
ImageJ mean RGB	<i>Methyl red (MR)</i>					
ImageJ mean RGB	<i>Bromocresol purple (BCP)</i>	212,428	205,832	202,314	198,102	185,833
	<i>Methyl red (MR)</i>	140,267	143,014	144,768	146,912	151,075
Aplikasi sensor						
	Tekstur (g/5mm)	54,6	49,2	48,8	44,6	43,6
	TPC (log10 cfu/g)	3,96	4,51	4,359	4,954	5,283
	pH daging sapi	5,58	5,63	5,49	5,46	5,22
	TVB (% N)	0,001	0,001	0,002	0,002	0,007
Bau (% Kesegaran)	100	90	75	70	60	

Hari ke-		6	7	8	9	10
Label pintar	<i>Bromocresol purple (BCP)</i>					
		Masih segar	Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar
ImageJ mean RGB	<i>Methyl red (MR)</i>					
	<i>Bromocresol purple (BCP)</i>	176,818	171,975	171,310	170,743	16,225
	<i>Methyl red (MR)</i>	157,304	163,662	164,688	166,141	174,064
Aplikasi sensor						
	Tekstur (g/5mm)	39,6	37,4	34,8	29,6	26
	TPC (log ₁₀ cfu/g)	5,591	6,961	7,074	7,286	7,442
	pH daging sapi	5,63	5,73	5,81	6,07	6,41
	TVB (% N)	0,01	0,022	0,024	0,029	0,04
Bau (% Kesegaran)	0	0	0	0	0	

Hari ke-		11	12	13	14
Label pintar	<i>Bromocresol purple (BCP)</i>				
		Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar
	<i>Methyl red (MR)</i>				
ImageJ mean RGB	<i>Bromocresol purple (BCP)</i>	160,225	157,975	155,609	152,121
	<i>Methyl red (MR)</i>	174,064	175,912	178,511	180,596
Aplikasi sensor					
Tekstur (g/5mm)		25,8	23,2	16,6	14,4
TPC (log10 cfu/g)		7,797	7,935	7,971	8,169
pH daging sapi		6,63	6,94	6,99	7,44
TVB (% N)		0,055	0,063	0,078	0,083
Bau (% Kesegaran)		0	0	0	0

c) Suhu Freezer

Hari ke-		3	6	9	12	15
Label pintar	<i>Bromocresol purple (BCP)</i>					
		Segar	Segar	Segar	Segar	Segar
ImageJ mean RGB	<i>Methyl red (MR)</i>					
	<i>Bromocresol purple (BCP)</i>	213,038	209,912	201,993	198,556	195,385
	<i>Methyl red (MR)</i>	140,171	141,538	143,104	145,660	146,511
Aplikasi sensor						
Tekstur (g/5mm)		68,6	65	44	43,6	37,4
TPC (log ₁₀ cfu/g)		3,924	4,658	4,7	5,778	5,919
pH daging sapi		5,62	5,49	5,68	5,44	5,23
TVB (% N)		0,005	0,001	0,004	0,004	0,001
Bau (% Kesegaran)		100	100	100	95	95