



**LABEL PINTAR UNTUK PEMONITORAN
KESEGERAN DAGING AYAM PADA KEMASAN**

SKRIPSI

Oleh

**NOVIALDA NITIYACASSARI
NIM 122210101089**

**FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**LABEL PINTAR UNTUK PEMONITORAN
KESEGERAN DAGING AYAM PADA KEMASAN**

SKRIPSI

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

Oleh

**NOVIALDA NITIYACASSARI
NIM 122210101089**

**FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Papa dan mama tercinta, Basori Alwi, S.H., M.H. dan Tatik Marlinda yang telah membesarkan, membimbing, mendukung, mendo'akan, dan rela berkorban baik materi maupun motivasi yang tidak ternilai meskipun sampai akhir hayat kelak;
2. Adek-adek saya Fadhil Indra Ramdhani dan Desy Alda Intan Retno Fitriani yang selalu memberi motivasi, do'a, dan kasih sayang;
3. Guru, dosen, dan pendidik yang telah memberikan ilmu sejak bangku taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi;
4. Almamater Fakultas Farmasi Universitas Jember.

MOTTO

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum hingga mereka mengubah diri mereka sendiri.” (Q.S. Ar-Ra’d: 11)

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya.”
(Q.S. Al-Baqarah: 286)

“Waktu adalah senjata, apabila kamu dapat menjalankan dengan sebaik mungkin pasti kamu akan membawa keberhasilan. Namun apabila kamu melakukan dengan buruk, sudah pasti dia akan membunuhmu.” (LS)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Novialda Nitiyacassari

NIM : 122210101089

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Label Pintar untuk Pemantauan Kesegaran Daging Ayam 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, 25 April 2019

Yang menyatakan,

Novialda Nitiyacassari

NIM 122210101089

SKRIPSI

**LABEL PINTAR UNTUK PEMONITORAN KESEGARAN DAGING
AYAM PADA KEMASAN**

Oleh

Novialda Nitiyacassari

NIM 122210101089

Pembimbing:

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

Dosen Pembimbing Anggota : Dian Agung P, S. Farm., M. Farm., Apt.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Label Pintar untuk Pemantauan Kesegaran Daging Ayam pada Kemasan” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : 25 April 2019

tempat : Fakultas Farmasi Universitas Jember

Tim Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

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

NIP. 19690201 199403 1 002

Dian Agung, S.Farm., M.Farm., Apt.

NIP. 19841008 200812 1 004

Tim Penguji:

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

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

NIP. 19850428 200912 1 004

Lusia Oktora RKS, S.F., M.Sc., Apt.

NIP. 19791003 200312 2 001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember,

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

NIP. 19760414 200212 2 001

RINGKASAN

Label Pintar untuk Pemantauan Kesegaran Daging Ayam pada Kemasan; Novialda Nitiyacassari; 122210101089; 2019; 113 halaman; Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Daging ayam merupakan salah satu komoditi yang mayoritas dikonsumsi masyarakat Indonesia. Daging ayam banyak diminati masyarakat karena murah, bergizi, dan memiliki tekstur tidak terlalu lembek dan tidak berair. Kelemahan dari daging ayam adalah kandungan gizi yang terdapat pada daging ayam baik untuk perkembangan mikroorganisme pembusuk yang nantinya akan menurunkan kualitas daging sehingga berdampak pada daging menjadi mudah rusak.

Daging ayam segar berada pada kisaran pH normal, yaitu 5,5 sampai 6,0. Peningkatan pH menjadi salah satu alasan penyebab proses pembusukan pada daging ayam, selain itu terbentuknya senyawa *biogenic amin* juga menjadi salah satu alasannya. Pendeteksian senyawa tersebut dapat dianalisis dengan *Total Volatile Base* (TVB). Jika nilai TVB telah menunjukkan angka 0,20%N maka daging ayam dinyatakan membusuk, begitu pula dengan total mikroba dimana daging ayam segar tidak boleh memiliki nilai lebih dari 1×10^5 cfu/g atau 5,000 \log_{10} cfu/g.

Label pintar adalah metode yang digunakan pada penelitian ini untuk melihat tingkat kesegaran dari daging ayam dalam kemasan. Label pintar memiliki prinsip yaitu perubahan warna pada indikator pH yang didapat dari interaksi antara indikator dengan senyawa *volatile* yang ada dalam kemasan. Indikator pH *methyl red* (MR) dan *bromothymol blue* (BTB) digunakan sebagai sensor indikator kesegaran. MR merupakan indikator pH yang berubah merah pada keadaan asam (pH di bawah 4,4) dan berubah kuning pada keadaan basa (pH di atas 6,2). BTB merupakan indikator yang bekerja pada asam dan basa. Indikator ini memiliki pH 6 (berwarna kuning) dan pH 7,6 (berwarna biru). Parameter – parameter yang digunakan untuk melihat tingkat kesegaran daging ayam yaitu pH, TVB, total mikroba, tekstur, dan evaluasi sensori. Parameter tersebut nantinya akan di

hubungkan dengan perubahan warna yang terjadi pada label pintar sehingga dapat digunakan untuk menentukan tingkat kesegaran dari daging ayam dalam kemasan yang disimpan pada suhu ruangan dan *chiller*.

Hasil penelitian selama masa penyimpanan di suhu ruang dan *chiller* dapat dilihat dari tingkat kesegaran daging ayam dan terjadinya perubahan warna pada label pintar. Daging ayam yang disimpan pada suhu ruang selama 24 jam akan mulai membusuk atau tidak segar pada jam ke-10 dengan disertai perubahan warna pada label pintar MR dari merah menjadi kuning, sedangkan pada BTB dari kuning menjadi biru. Daging ayam tersebut memiliki pH 6,11, tekstur 30,8 g/4,5mm, TVB 0,021%N, TPC 5,586 log₁₀cfu/g, dan menimbulkan bau busuk, tekstur yang lunak atau lembek, serta kenampakan pucat. Pada penyimpanan 14 hari di suhu *chiller* daging ayam mulai busuk atau tidak segar pada hari ke-8 dengan disertai perubahan warna pada label pintar seperti yang terjadi pada penyimpanan suhu ruang. Daging ayam tersebut memiliki pH 6,05, tekstur 27,2 g/4,5mm, TVB 0,022%N, TPC 5,398 log₁₀cfu/g, dan menimbulkan bau busuk, tekstur yang lunak atau lembek, serta kenampakan pucat.

Hasil positif didapatkan dari hubungan tingkat kesegaran daging ayam dengan laju perubahan warna pada label pintar. Pada penyimpanan suhu ruang perubahan intensitas warna label pintar MR dan BTB lebih cepat jika dibandingkan dengan penyimpanan pada suhu *chiller*. Hasil tersebut dapat menunjukkan bahwa semakin cepat perubahan warna pada label pintar maka semakin menurun kualitas dari daging ayam pada kemasan sehingga daging ayam tersebut tidak layak untuk dikonsumsi.

PRAKATA

Syukur alhamdulillah atas segala limpahan rahmat dan karunia yang telah diberikan Allah SWT sehingga atas izin-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Label Pintar untuk Pemonitoran Kesegaran Daging Ayam pada Kemasan”. Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) di Fakultas Farmasi Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada:

1. Ibu Lestyo Wulandari, S.Si., Apt., M.Farm. selaku Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember;
2. Bapak Prof. Bambang Kuswandi, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan bapak Dian Agung, S.Farm., M.Farm., Apt., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, tenaga serta perhatiannya untuk memberikan ilmu, bimbingan, dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
3. Bapak Dwi Koko Pratoko, S.Farm., M.Sc., Apt. Dan Ibu Lusia Oktora RKS, S.F., M.Sc., Apt. selaku Dosen Penguji yang telah berkenan untuk menguji skripsi ini dan memberikan masukan serta saran untuk pengembangan diri penulis dan skripsi ini;
4. Ibu Budipratiwi Wisudyaningsih, S.Farm., M.Sc., Apt. dan Ibu Fransiska Maria C., S.Farm., Apt. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah meluangkan banyak waktu untuk membimbing dan mendengarkan segala keluh kesah penulis dalam masalah perkuliahan;
5. Seluruh Dosen Fakultas Farmasi Universitas Jember yang telah mengajarkan ilmu pengetahuan yang berguna dalam menyelesaikan skripsi;
6. Seluruh staf dan karyawan/karyawati Fakultas Farmasi Universitas Jember, khususnya Bu Wayan, Mbak Hani, dan Mbak Parka atas bantuannya selama penulis menyelesaikan penelitian;

7. Bu Ketut selaku teknisi Lab. Kimia dan Biokimia FTP UNEJ yang telah memberikan waktu dan bantuan dalam melakukan penelitian;
8. Pak Dul selaku teknisi Lab. Kimia Organik FMIPA UNEJ yang telah memberikan waktu dan bantuan dalam melakukan penelitian;
9. Papa dan mama tercinta, Basori Alwi, S.H., M.H. dan Tatik Marlinda yang telah membesarkan, membimbing, mendukung, mendo'akan, memberikan motivasi dan rela berkorban baik materi maupun yang tidak ternilai meskipun sampai akhir hayat kelak;
10. Adek-adek saya Fadhil Indra Ramdhani dan Desy Alda Intan Retno Fitriani yang selalu memberi motivasi, do'a, dan kasih sayang di masa-masa sulit penyusunan skripsi ini;
11. Semua keluarga besar H. Abdurrahman Aziz dan keluarga besar Hanipan untuk semua keceriaan, dukungan, semangat, nasihat, dan kebersamaannya dalam senang maupun susah;
12. Sahabatku Jaka Prasetya Eka Nanda dan Merdan Wiryanto yang selalu memberikan solusi serta mendengar segala keluh kesah saya selama penyusunan skripsi ini;
13. "EXO", Oh Sehun, Xiumin (Kim Minseok), Park Chanyeol, Byun Baekhyun, Do Kyungsoo, Kim Junmyeon (Suho), Zhang Yixing (Lay), Kim Jongin (Kai), Kim Jongdae (Chen) yang selalu memberikan mimpi, harapan, dan rasa semangat lewat lagu-lagu mereka;
14. Teman-teman "FRIENDSHIP NO DRAMA", Afifah, Nora, Uswah, Yasmin yang selalu ada membantu, memberi semangat, kebersamaannya selama ini;
15. Rekan - rekan "CHEMISTRY", Citra, Nora, Yayan, Alni, Arimbi, Dhani, Sarah, Juwita, Alya, Hidayah, Dea, Vinas, Nazil, Lucky, Tika, Nadya, Arini, atas semangat, dukungan, dan kebersamaannya;
16. Rekan kerja dalam penelitian "MEAT", Arjun, Farida, Mbak Dyah, dan Helmy (Sinyo), atas semangat, bantuan, dukungan dan kebersamaannya dalam susah maupun senang selama melakukan penelitian;

17. Penghuni kost “PUTRI MELATI”, Bu Fat, Angel, Ina, Elok, Mirza yang selalu mendukung dan memberi semangat;
18. Keluarga UKM KARISMA Fakultas Farmasi atas semua ilmu, pengertian, dukungan, semangat, do’a dan persaudaran yang indah ini;
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. 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, 25 April 2019

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	xix
DAFTAR PERSAMAAN	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Daging Ayam	5
2.1.1 Kerusakan daging ayam	6
2.1.2 Suhu penyimpanan	6
2.1.3 Proses degradasi mikroba	7
2.1.4 <i>Total Volatile Base</i> (TVB)	8
2.2 Sensor	9
2.2.1 Pengertian sensor	9
2.2.2 Sensor pH	10
2.2.3 Teknik Immobilisasi Adsorpsi	10

2.3 Indikator	11
2.3.1 Indikator kesegaran (<i>Freshness Indicator</i>)	11
2.3.2 <i>Bromothymol blue</i> (BTB)	12
2.3.3 <i>Methyl red</i> (MR)	13
2.4 Kemasan Daging	14
2.4.1 <i>Modified Atmosphere Packaging</i> (MAP)	14
2.4.2 <i>Vacuum Packaging</i>	15
2.4.3 <i>Traditional Packaging</i>	15
2.5 Label Pintar (Smart Label)	16
2.6 ImageJ	16
2.7 Evaluasi Sensori	18
BAB 3. METODE PENELITIAN	19
3.1 Jenis Penelitian	19
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.3 Variabel Penelitian	19
3.3.1 Variabel bebas	19
3.3.2 Variabel terikat	19
3.3.3 Variabel terkontrol	19
3.4 Alat dan Bahan	20
3.4.1 Alat	20
3.4.2 Bahan	20
3.5 Rancangan Sensor Kesegaran	20
3.6 Prosedur Penelitian	22
3.6.1 Tahapan penelitian	22
3.6.2 Pelaksanaan penelitian	22
3.6.2.1 Optimasi konsentrasi indikator pH sebagai sensor Kesegaran	22
3.6.2.2 Pembuatan sensor kesegaran sebagai label pintar	22
3.6.2.3 Pembuatan kemasan	22
3.6.3 Analisis data	23
3.6.4 Diagram alur penelitian	23

3.7 Prosedur Analisa	25
3.7.1 Uji warna (menggunakan <i>ImageJ</i>)	25
3.7.2 Uji tekstur (menggunakan Rheotex)	25
3.7.3 Uji pH	25
3.7.4 Total mikroba (teknik agar tuang plate count)	25
3.7.5 <i>Total Volatile Base</i> (TVB)	26
3.7.6 Evaluasi sensori	26
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Penentuan Konsentrasi Indikator pH pada Label Pintar	27
4.2 Label Pintar sebagai Sensor Kesegaran Daging Ayam	29
4.3 Perubahan Kesegaran Daging Ayam pada Penyimpanan Suhu Ruang	31
4.3.1 Perubahan Intensitas Warna Label Pintar	31
4.3.2 pH Daging Ayam	33
4.3.3 Tekstur Daging Ayam	34
4.3.4 Kadar <i>Total Volatile Base</i> (TVB) Daging Ayam	35
4.3.5 Total Mikroba Daging Ayam	36
4.3.6 Evaluasi Sensori	37
4.4 Perubahan Kesegaran Daging Ayam pada Penyimpanan Suhu Chiller	38
4.4.1 Perubahan Intensitas Warna Label Pintar	38
4.4.2 pH Daging Ayam	40
4.4.3 Tekstur Daging Ayam	41
4.4.4 Kadar <i>Total Volatile Base</i> (TVB) Daging Ayam	43
4.4.5 Total Mikroba Daging Ayam	44
4.4.6 Evaluasi Sensori	45
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	54

DAFTAR SINGKATAN

MR = *Methyl Red*

BTB = *Bromothymol Blue*

BPS = Badan Pusat Statistika

TVB = *Total Volatile Base*

SNI = Standar Nasional Indonesia

SPC = *Standar Plate Count*

TPC = *Total Plate Count*

BSN = Badan Standardisasi Nasional

cfu = *colony forming unit*

RGB = *Red Green Blue*

WTC = *Water Holding Capacity*

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Skema sensor kimia	9
Gambar 2.2 Metode adsorpsi	11
Gambar 2.3 Struktur kimia BTB	12
Gambar 2.4 Struktur kimia MR	13
Gambar 2.5 Program <i>ImageJ</i>	17
Gambar 2.6 Cara perhitungan nilai RGB dengan program <i>ImageJ</i>	17
Gambar 3.1 Desain sensor kesegaran daging ayam	21
Gambar 3.2 Alur pembuatan sensor MR dan BTB	23
Gambar 3.3 Alur penelitian aplikasi dan karakterisasi “Label Pintar” pada kesegaran daging ayam	24
Gambar 4.1 Perubahan warna indikator MR dan BTB dengan konsentrasi uji 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm, a) indikator warna awal, b) indikator telah berubah warna	28
Gambar 4.2 Desain label pintar sebagai sensor kesegaran	29
Gambar 4.3 Aplikasi label pintar berbasis indikator pH MR dan BTB dalam 3 kondisi; a) segar, b) masih segar, c) tidak segar	30
Gambar 4.4 Perubahan warna selama penyimpanan 24 jam dengan a) MR dan b) BTB	31
Gambar 4.5 Grafik perubahan intensitas warna label pintar MR dan BTB pada penyimpanan suhu ruang selama 24 jam	32
Gambar 4.6 Grafik hubungan <i>mean</i> RGB MR dan BTB dengan pH daging ayam pada penyimpanan suhu ruang selama 24 jam	33
Gambar 4.7 Grafik hubungan <i>mean</i> RGB MR dan BTB dengan tekstur daging ayam pada penyimpanan suhu ruang selama 24 jam	34
Gambar 4.8 Grafik hubungan <i>mean</i> RGB MR dan BTB dengan kadar TVB daging ayam pada penyimpanan suhu ruang selama 24 jam	35
Gambar 4.9 Grafik hubungan <i>mean</i> RGB MR dan BTB dengan total mikroba (TPC) daging ayam pada penyimpanan suhu ruang selama 24 jam....	36

Gambar 4.10 Grafik hubungan <i>mean</i> RGB MR dan BTB dengan nilai evaluasi sensori daging ayam pada penyimpanan suhu ruang selama 24 jam .	37
Gambar 4.11 Perubahan warna selama penyimpanan 14 hari dengan a) MR dan b) BTB	38
Gambar 4.12 Grafik perubahan intensitas warna label pintar MR dan BTB pada penyimpanan suhu <i>chiller</i> selama 14 hari	39
Gambar 4.13 Grafik hubungan <i>mean</i> RGB MR dan BTB dengan pH daging ayam pada penyimpanan suhu <i>chiller</i> selama 14 hari.....	41
Gambar 4.14 Grafik hubungan <i>mean</i> RGB MR dan BTB dengan tekstur daging ayam pada penyimpanan suhu <i>chiller</i> selama 14 hari	42
Gambar 4.15 Grafik hubungan <i>mean</i> RGB MR dan BTB dengan kadar TVB daging ayam pada penyimpanan suhu <i>chiller</i> selama 14 hari	43
Gambar 4.16 Grafik hubungan <i>mean</i> RGB MR dan BTB dengan total mikroba (TPC) daging ayam pada penyimpanan suhu <i>chiller</i> selama 14 hari ..	44
Gambar 4.17 Grafik hubungan <i>mean</i> RGB MR dan BTB dengan nilai evaluasi sensori daging ayam pada penyimpanan suhu <i>chiller</i> selama 14 hari..	46

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi kimia daging ayam per 100gram	5
Tabel 2.2 Batas maksimum cemaran mikroba dalam pangan	6
Tabel 4.1 Selisih mean RGB MR dan BTB dari pH 4 dan 8 dengan konsentrasi 500 ppm, 1000 ppm, dan 1500 ppm	27
Tabel 4.2 Hubungan tingkat kesegaran daging ayam dengan intensitas perubahan warna label pintar pada suhu ruang	47
Tabel 4.3 Hubungan tingkat kesegaran daging ayam dengan intensitas perubahan warna label pintar pada suhu <i>chiller</i>	48

DAFTAR PERSAMAAN

	Halaman
3.1 Jumlah koloni per mL	26
3.2 <i>Total Volatile Base</i> (TVB)	26

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. OPTIMASI KONSENTRASI INDIKATOR pH SEBAGAI SENSOR KESEGARAN.....	54
B. DATA PERUBAHAN WARNA SENSOR LABEL PINTAR MR DAN BTB	57
C. DATA UJI pH	61
D. DATA UJI TEKSTUR.....	63
E. DATA UJI <i>TOTAL VOLATILE BASE</i> (TVB)	65
F. DATA UJI TOTAL MIKROBA.....	68
G. DATA UJI EVALUASI SENSORI	71
H. TABEL PERBANDINGAN INTENSITAS WARNA SENSOR DENGAN PARAMETER UJI	86

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daging ayam merupakan salah satu komoditi yang mayoritas dikonsumsi masyarakat Indonesia. Daging ayam banyak diminati masyarakat karena murah, bergizi, dan memiliki tekstur tidak terlalu lembek dan tidak berair. Warna daging ayam segar adalah kekuning-kuningan dengan aroma khas daging ayam tidak amis, tidak berlendir dan tidak menimbulkan bau busuk (Wowor *et al.*, 2014). Menurut Direktorat Gizi, Departemen Kesehatan (1996) daging ayam memiliki kandungan protein sebesar 18,20 gram, lemak sebesar 25 gram, serta memiliki kalori sebesar 404 Kkal per 100 gram daging ayam. Daging ayam juga sumber protein hewani yang berkualitas tinggi, mengandung asam amino esensial yang lengkap dan asam lemak tidak jenuh yang tinggi (Wijayanti *et al.*, 2013).

Berdasarkan data statistik BPS 2015, tingkat konsumsi daging ayam mulai tahun 2013 hingga 2014 adalah sebesar 4,056 kg/kapita/tahun dan 4,472 kg/kapita/tahun. Kelemahan dari daging ayam adalah kandungan gizi yang terdapat pada daging ayam baik untuk perkembangan mikroorganisme pembusuk yang nantinya akan menurunkan kualitas daging sehingga berdampak pada daging menjadi mudah rusak. Kerusakan pada daging ayam disebabkan karena kandungan protein dan kandungan air yang tinggi sehingga cocok untuk tempat tumbuh bakteri, terutama *Pseudomonas* dan *Enterobacteriaceae* (Siagian, 2002). Bakteri *Pseudomonas* dan *Enterobacteriaceae* merupakan bakteri penyebab diare. Kontaminasi makanan oleh bakteri dapat melalui dua cara yaitu *food infection* dan *food poisoning* (Nugroho, 2007).

Senyawa *biogenic amin* terbentuk saat daging ayam mulai mengalami kerusakan. Selama daging disimpan terbentuk *biogenic amin* yang terdiri dari putresin, kadaverin, histamin, triptamin, tiramin, β -feniletilamin. Senyawa *biogenic amin* terbentuk karena aktivitas enzim mikroba akibat dekarboksilasi asam amino. Pendeteksian *biogenic amin* dapat menggunakan analisis *Total Volatile Base* (TVB) yang berpotensi digunakan sebagai tingkat kemunduran mutu bahan pangan selama proses penyimpanan (Balamatsia *et al.*, 2006). Butuh

adanya metode objektif yang dapat membantu menentukan kualitas daging ayam sehingga konsumen menerima daging dalam keadaan segar jadi keracunan makanan dapat dihindari.

Dalam rangka memenuhi kebutuhan tersebut, Kuswandi *et al.* melakukan penelitian tentang teknologi kemasan baru yang memiliki fungsi cerdas dan metode identifikasi dalam kemasan, seperti kemasan cerdas yang menggunakan sensor metil merah untuk pemantauan waktu nyata pada kesegaran ayam potong. Hasilnya sensor tersebut mampu merespon dengan baik terhadap kesegaran ayam potong yang ditunjukkan dengan terjadinya perubahan warna pada sensor (Kuswandi *et al.*, 2013).

Berdasarkan penelitian di atas maka muncul suatu pemikiran untuk melakukan deteksi kualitas daging dengan menggunakan label pintar. Label pintar adalah teknologi baru yang memiliki berbagai kegunaan, antara lain untuk memberi informasi tentang keadaan dan mutu produk yang ada dalam kemasan. Label pintar dirancang dengan dilengkapi indikator. Metode immobilisasi digunakan dalam pembuatannya, karena preparasi dari metode tersebut sederhana, mudah, dan stabil.

Indikator harus ditempatkan pada desain label pintar sehingga dibutuhkan membran yang mendukung sensor agar bekerja dengan baik. Membran yang digunakan yaitu kertas *whatman*. Metode yang lebih mudah diharapkan dapat membantu masyarakat untuk membedakan kesegaran dari daging dengan melihat tingkatan perubahan warna pada “Label Pintar” yang mengindikasikan segar atau tidaknya daging tersebut.

Indikator pH *Methyl Red* (MR) dan *bromothymol blue* (BTB) digunakan sebagai sensor indikator kesegaran. *Methyl Red* (MR) juga dikenal dengan *CI acid red 2* merupakan indikator pH yang berubah merah pada keadaan asam (pH di bawah 4,4) dan berubah kuning pada keadaan basa (pH di atas 6,2). *Bromothymol blue* (BTB) juga dikenal dengan *bromothymol sulfone phthalein* merupakan indikator yang bekerja pada asam dan basa. Indikator ini memiliki pH 6 (berwarna kuning) dan pH 7,6 (berwarna biru) (Ram *et al.*, 2012). Kemampuan menangkap *volatile amine* (*biogenic amin*) pada daging yang mengalami pembusukan akibat

mikroba merupakan prinsip dari sensor kesegaran daging. Jumlah *volatile amine* yang terbentuk setara dengan kenaikan pH daging. Perubahan warna pada membran sensor dapat diamati secara visual.

Mengacu pada prinsip kerja label pintar, label ini mampu memberi banyak manfaat. Label pintar mengisyaratkan secara informatif dan jelas terhadap perubahan lingkungan dan kondisi kesegaran daging melalui perubahan warna pada membran sensor sehingga masyarakat diberi kemudahan menentukan kesegaran daging dalam kemasan sehingga keracunan makanan dapat dihindari.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana desain dan konstruksi label pintar berbasis indikator pH MR dan BTB sebagai sensor kesegaran daging ayam?
2. Bagaimana optimasi label pintar tersebut yang meliputi konsentrasi indikator sensor?
3. Bagaimana perubahan warna label pintar tersebut sebagai sensor kesegaran daging ayam terhadap parameter uji yang meliputi pH, tekstur, total mikroba dan TVB serta evaluasi sensori (bau, warna, dan tekstur) pada suhu ruangan dan *chiller*?

1.3 Tujuan

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

1. Untuk mengetahui desain dan konstruksi label pintar berbasis indikator pH MR dan BTB sebagai sensor kesegaran daging ayam;
2. Untuk mengetahui optimasi label pintar tersebut yang meliputi konsentrasi indikator dan membran sensor;
3. Untuk mengetahui perubahan warna label pintar tersebut sebagai sensor kesegaran pada daging ayam terhadap parameter uji yang meliputi pH,

tekstur, total mikroba dan TVB serta evaluasi sensori (bau, warna, dan tekstur) pada suhu ruangan dan *chiller*;

1.4 Manfaat

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

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daging Ayam

Daging ayam merupakan salah satu bahan makanan yang banyak disukai masyarakat. Hal ini dikarenakan daging ayam memiliki kelebihan yaitu kandungan gizi yang tinggi sehingga baik untuk memenuhi kebutuhan nutrisi manusia. Komposisi kimia daging ayam per 100 gram dapat dilihat pada tabel 2.1. Daging ayam selain memiliki kelebihan, juga mempunyai kelemahan. Kandungan yang terdapat dalam daging ayam merupakan media yang baik bagi perkembangan mikroorganisme pembusuk yang nantinya akan menurunkan kualitas dari daging. Kecepatan pembusukan bergantung pada keasaman daging, higienitas, dan temperatur penyimpanan (Berkel *et al.*, 2004). Daging ayam segar berada pada kisaran pH normal, yaitu 5,5 sampai 6,0 (Soeparno, 2005), pH tersebut merupakan pH yang ideal bagi pertumbuhan dan perkembangbiakan bakteri sehingga mudah busuk.

Tabel 2.1 Komposisi kimia daging ayam per 100 gram (Depkes, 1996)

Komposisi	Jumlah
Kalori (kal)	302
Protein (g)	18,2
Lemak (g)	25,0
Karbohidrat (g)	0
Kalsium (mg)	14
Fosfor (mg)	200
Besi (mg)	1,5
Vitamin A (SI)	810,1
Vitamin B1 (mg)	0,08
Vitamin C (mg)	0
Air (g)	55,9
b.d.d (%)	58

2.1.1 Kerusakan daging ayam

Perubahan organoleptis akan terlihat ketika daging ayam mulai rusak. Daging ayam segar secara organoleptis berwarna putih kekuningan dan bersih. Jika disentuh daging terasa basah atau lembab tetapi tidak lengket. Serat yang terdapat pada daging ayam halus, sehingga mudah dikunyah atau digiling, dapat dicerna dengan mudah, teksturnya lembut, dan bau tidak menyengat.

Pada SNI (2009), koloni mikroba yang mengkontaminasi daging ayam segar, beku (karkas tanpa tulang) dan daging cincang (Tabel 2.2) antara lain koliform, *E. coli*, *Salmonella spp.*, *S. aureus*, dan *Campylobacter*.

Tabel 2.2 Batas maksimum cemaran mikroba dalam pangan (SNI 7388, 2009)

	Jenis mikroba	Jumlah koloni
	ALT (30 ^o C, 72 jam)	1 x 10 ⁵ Koloni/g
Daging ayam segar, beku (karkas dan tanpa tulang) dan cincang	Koliform	1 x 10 ² Koloni/g
	<i>E. coli</i>	1 x 10 ¹ Koloni/g
	<i>Salmonella spp.</i>	Negatif/25 g
	<i>S. aureus</i>	1 x 10 ² Koloni/g
	<i>Campylobacter sp.</i>	Negatif/25 g

Bakteri-bakteri tersebut menyebabkan kerusakan sampai keracunan daging yang dikenal sebagai *foodborne disease* akibat bakteri ada dan berkembangbiak dalam daging (Nugroho, 2007). Siagian (2002) menyatakan bahwa ketika jumlah koloni bakteri meningkat akan terjadi penyimpangan bau, tekstur dan terbentuk lendir pada daging yang mengalami kemunduran kualitas.

2.1.2 Suhu Penyimpanan

Pertumbuhan mikroba dapat terjadi pada suhu tertentu di mana suatu enzim – enzim selular organisme dapat berfungsi. Pada saat suhu naik, bahan kimia dan reaksi – reaksi enzim dalam proses sel mengalami pertumbuhan yang lebih cepat. Di atas suatu suhu tertentu, perusakan dari protein tertentu tidak dapat diubah. Ketika suhu ditingkatkan pada batasan yang sudah diberikan, pertumbuhan dan

fungsi metabolisme meningkat sampai ke 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 tidak akan terjadi pertumbuhan bakteri bila di atas suhu maksimum (Mielmann, 2006).

a) Daging mentah pada suhu ruang

Daging memenuhi syarat untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme, karena memiliki kadar air atau kelembaban yang tinggi, adanya oksigen, pH, serta kandungan nutrisi yang cukup tinggi. Daging dapat dengan mudah mengalami kerusakan apabila disimpan pada suhu ruang. Semakin lama penyimpanan pada suhu ruang maka akan semakin banyak basa yang dihasilkan, sehingga aktivitas mikroorganisme meningkat yang akhirnya mengakibatkan terjadinya pembusukan (Kusmajadi, 2012; Soeparno, 2005).

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

Sel-sel yang terdapat dalam daging mentah masih akan terus mengalami proses kehidupan, sehingga di dalamnya masih terjadi reaksi-reaksi metabolisme (Winarno, 1993). 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).

2.1.3 Proses degradasi mikroba

Mikroba perusak dalam daging dapat memicu enzim dekarboksilase yang mengubah asam amino pada daging menjadi amin. Indikator utama kualitas daging ayam yang dapat diamati saat mulai pembusukan yaitu indikator khusus *biogenic amin*, seperti *putresin* dan *cadaverin*. Pada daging ayam yang masih segar senyawa tersebut diidentifikasi sangat kecil, dan perubahannya terjadi berbanding lurus dengan berkembangnya mikroba perusak (Simanjutak, 2009).

Linn *et al.*, (2004) menyatakan daging ayam yang telah di potongakan rusak antara 4-10 hari meski telah disimpan dibawah suhu dingin. Sensor bertugas untuk melihat berapa lama daging ayam rusak dengan penyimpanan suhu yang berbeda. Faktor yang mempengaruhi kecepatan pembusukan mikroba antara lain kondisi higienitas, suhu penyimpanan, dan keasaman daging.

Penting dilakukan analisis jumlah mikroba yang diindikasikan menjadi penyebab kebusukan daging ayam yang diakibatkan oleh aktivitas mikroba. *Standar Plate Count* (SPC) merupakan analisis mikroba untuk mengetahui jumlah mikroba yang berkorelasi dengan perubahan kimia yang terjadi pada daging sehingga menyebabkan timbulnya metabolit pada daging 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.

2.1.4 *Total Volatile Base* (TVB)

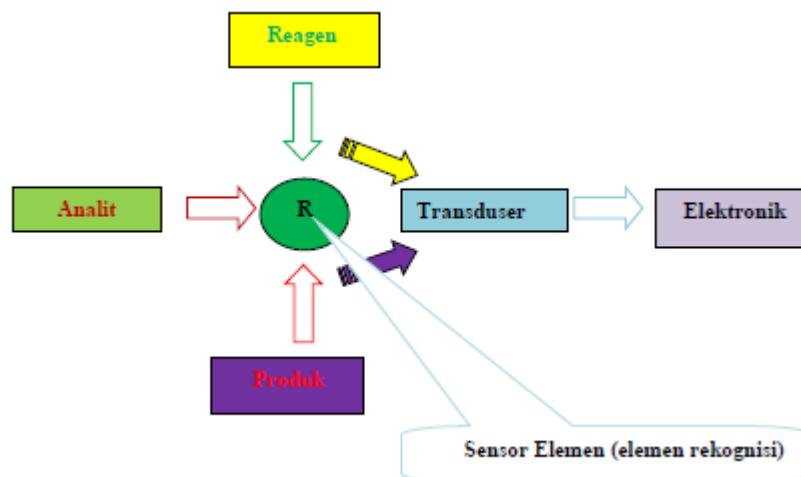
TVB merupakan analisa yang menunjukkan tingkat kemunduran mutu bahan pangan selama proses penyimpanan, juga merupakan komponen menguap yang mewakili hasil dekomposisi dan degradasi komponen-komponen biokimia akibat adanya reaksi oksidasi, aktivitas enzim dan aktivitas mikroba. Trimetilamin (TMA), amonia (NH₃), dan dimetilamin (DMA) merupakan senyawa amin mudah menguap yang terbentuk saat bahan pangan mulai mengalami kemunduran mutu. Hasil pemecahan protein oleh mikroba pada daging ayam yaitu amonia, H₂S, indol, dan

senyawa amin. Pearson, (1984) menyatakan 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 0,2 % N.

2.2 Sensor

2.2.1 Pengertian sensor

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). Sebuah sensor kimia yang ideal adalah sensor yang mampu berinteraksi dengan analit secara reversibel, sehingga sinyal sensor dapat dikontrol dengan mudah baik secara kinetik maupun termodinamik (Kuswandi, 2010).



Gambar 2.1 Skema sensor kimia (Kuswandi, 2010)

Gambar 2.1 menjelaskan skema kerja sensor kimia sebagai alat analisa (*analytical device*) yang berisi reagen kimia (*chemical material/reagent*) yang dapat bereaksi dengan analit tertentu dalam larutan atau gas sehingga menghasilkan

perubahan fisika-kimiawi yang dapat dirubah (*physicochemical transducer*) menjadi sinyal elektrik proporsional dengan konsentrasi dari analit tersebut (Kuswandi, 2010).

Pada tahun terakhir ini teknologi kimia sensor dan biosensor berkembang pesat. Terutama untuk jenis transduser yang menggunakan potensial dalam sistem kemasan daging meliputi listrik, optik, sinyal domain kalor atau kimia. Sensor dapat diaplikasikan sebagai penentu variabel primer terukur, menggunakan konsep penanda, sebagai penentu variabel fisika, kimia, atau biologi. Perkembangan teknologi sensor akhir-akhir ini telah mempersempit kesenjangan antara teori dan komersial, meskipun praktik penggunaan sensor dalam industri daging sangat terbatas dan signifikan dalam menuju penggunaan yang lebih luas telah dibuat (Kerry *et al.*, 2006).

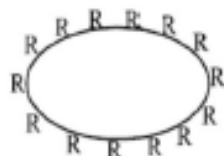
2.2.2 Sensor pH

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

2.2.3 Teknik Immobilisasi Adsorpsi

Teknik immobilisasi merupakan suatu proses pengikatan molekul reagen pada bahan pendukung (*solid support material*), sehingga molekul reagen dapat tersebar didalam fase pendukung tersebut secara merata dan homogen. Secara garis besar immobilisasi reagen dapat digolongkan dalam dua jenis metode immobilisasi yaitu metode fisika dan metode kimia. Metode immobilisasi secara fisika meliputi proses penyerapan (*adsorpsi*), pemerangkapan (*entrapment*) dan pengkapsulan (*encapsulasi*). Metode immobilisasi secara kimia meliputi pembentukan ikatan kovalen dan *cross-linking* (Kuswandi, 2010). Secara umum, tidak ada satupun teknik immobilisasi yang dapat digunakan untuk semua jenis reagen. Pemilihan teknik immobilisasi biasanya didasarkan pada kesesuaiannya dengan sifat-sifat reagen (Kuswandi, 2010).

Adsorpsi adalah bentuk yang paling mudah dalam imobilisasi reagen pada material pendukung. Adsorpsi merupakan metode yang paling sederhana untuk melapisi permukaan bahan (Kuswandi, 2010).



Gambar 2.2 Metode adsorpsi (Kuswandi, 2010)

Keuntungan metode adsorpsi antara lain :

1. Preparasinya sederhana;
2. Stabil dan tidak mudah terdegradasi;
3. Mudah untuk dikembangkan;
4. Molekul yang terperangkap dalam membran berada dalam keadaan terkontak langsung dengan *transducer*-nya.

2.3 Indikator

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. Berlawanan dengan sensor, indikator tidak terdiri dari komponen reseptor dan *transducers* dan menyampaikan informasi melalui perubahan visual secara langsung (Kerry *et al.*, 2006).

2.3.1 Indikator kesegaran (*Freshness Indicator*)

Indikator kesegaran memberikan informasi mengenai kualitas produk langsung yang hasilnya dari pertumbuhan mikroba atau perubahan kimia dalam produk makanan. Pembentukan potensial metabolit indikator yang berbeda dalam produk daging tergantung pada tipe produk, dihubungkan dengan mikroba perusak, kondisi penyimpanan dan proses pengemasan. Deteksi kimia kerusakan makanan dan perubahan kimia dalam daging selama penyimpanan memberikan dasar indikator kesegaran dikembangkan berdasarkan target metabolit atau zat *volatile* penyebab kemunduran. Pemilihan indikator sebagai sensor

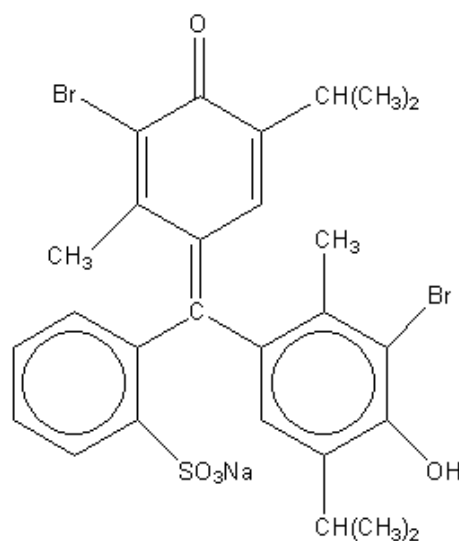
kesegaran dipertimbangkan melalui perubahan warna sebagai tanda kemunduran kualitas daging. Indikator tidak berpengaruh oleh adanya nitrogen atau karbondioksida (Kerry *et al.*, 2006).

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).

Volatile amine seperti amonia, H₂S, indol, dan amin (*putresin dan cadaverin*) merupakan hasil pemecahan protein atau dekarboksilasi oleh mikroba pada daging ayam. Senyawa- senyawa tersebut menjadi reaktan yang menunjukkan perubahan pH sensor dan perubahan warna sensor yang dapat diamati sebagai respon (Kerry *et al.*, 2006).

2.3.2 Bromothymol blue (BTB)

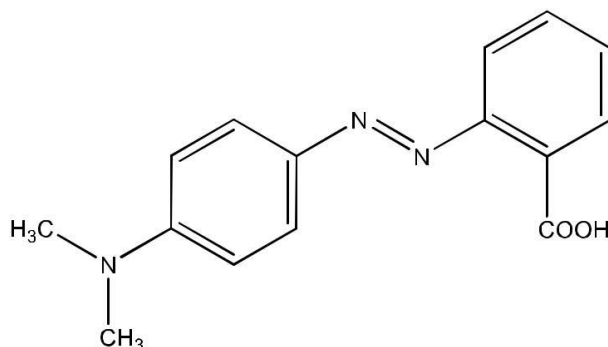
BTB yang juga dikenal sebagai *bromothymol sulfone phthalein* merupakan indikator yang bekerja pada asam dan basa lemah. Indikator ini memiliki pH 6 (berwarna kuning) dan pH 7,6 (menjadi biru) dan biasanya digunakan untuk bahan yang relatif netral (sekitar pH 7) (Riyanto *et al.*, 2014).



Gambar 2.3 Struktur kimia BTB

2.3.3 Methyl Red (MR)

MR atau p-dimethylamino azo benzene-o-carboxylic acid merupakan suatu basa lemah azo dengan $pK_a = 5,1$ dan banyak digunakan sebagai indikator pH. Metil merah memiliki daerah kerja pada pH 4,4 – 6,2 dengan perubahan warna dari merah menjadi kuning (Youssef & Mamdouh, 2004).



Gambar 2.4 Struktur kimia MR

Karakteristik fisika kimia metil merah antara lain:

Organoleptis	: Serbuk warna merah gelap sampai kehitaman
Sinonim	: Acid Red 2; 2[4-(Dimethylamino) phenylazobenzoic acid]; C.I. 13020
Berat molekul	: 269,3
Rumus molekul	: $C_{15}H_{15}N_3O_2$
Titik lebur	: 178 – 182 °C

Perubahan warna pada metil merah terjadi akibat keseimbangan suasana dan proton. Volatil amin akan diadsorpsi oleh metil merah yang bertindak sebagai sensor, dan hal itu mengubah polaritas dari metil merah. Hal ini akan mempengaruhi keseimbangan proton di mana terjadi perubahan indikator dari merah jingga menjadi kuning terang. Perubahan warna indikator mewakili kondisi kesegaran daging, sehingga metil merah dapat digunakan sebagai indikator kesegaran.

2.4 Kemasan Daging

Pengemasan daging memegang peranan penting dalam mencegah atau mengurangi kerusakan oleh mikroorganisme serta gangguan fisik. Hal tersebut terjadi ketika mempertimbangkan faktor yang mempengaruhi kualitas produk daging seperti dehidrasi, oksidasi lemak, diskolorasi, dan kehilangan aroma (Ottles *et al.*, 2008).

Tipe kemasan yang digunakan juga berpengaruh pada atmosfer yang melingkupi makanan karena beberapa plastik memiliki sifat barrier rendah terhadap gas dan kelembapan. Beberapa jenis kemasan yang biasa digunakan meliputi *Modified Atmosphere Packaging* (MAP), kemasan vakum dan kemasan tradisional. Lingkungan atmosfer makanan juga berpengaruh terhadap *shelf life* makanan. Untuk makanan yang diproses, oksigen yang rendah merupakan suatu keuntungan, memperlama diskolorasi dari daging. Karbondioksida yang tinggi dan oksigen yang rendah dapat menjadi masalah untuk pertumbuhan mikroorganisme aerobik dan pembusukan makanan, sehingga pada daging karbon dioksida menguntungkan sebagai antimikroba. Pengaruh lain dari kemasan plastik adalah melindungi produk dari perubahan kadar air karena bahan kemasan dapat menghambat terjadinya penyerapan uap air dari udara. Keuntungan lain bertujuan untuk mencegah kontaminasi, menunda kebusukan, berlangsungnya aktivitas enzim untuk meningkatkan kelembutan tekstur daging (Brody *et al.*, 2008).

2.4.1 *Modified Atmosphere Packaging* (MAP)

MAP merupakan teknologi kemasan untuk meningkatkan umur simpan (*shelf-life*) dan menghambat mikroorganisme perusak serta patogen pada daging dan unggas (Balamatsia *et al.*, 2006). Daging unggas dan produknya 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 dapat dari senyawa kimia yang menjadi indikasi kemunduran daging seperti *volatile base*, kerusakan nukleotida, *volatile acidity* dan jumlah *biogenic amin* (BA). BA

terbentuk akibat dekarboksilasi pada asam amino yang spesifik dengan enzim mikroba (Balamatsia *et al.*, 2006).

MAP bekerja dengan mengganti udara disekitar produk daging dengan memformulasi campuran gas seperti oksigen kadar rendah, nitrogen dan karbondioksida. Hal ini akan memperlama *shelf life* dan kualitasnya, yang terpenting gas (*non-inert*) dalam produk MAP adalah oksigen, CO₂ dan tekanan parsial *headspace* yang berguna sebagai indikator kualitas dari produk daging (Ogles *et al.*, 2008).

MAP merupakan sistem pengemasan 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 daging ayam yaitu pada temperatur $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ yang memungkinkan untuk memperlama umur simpan sampai dua kalinya, dengan menjaga melalui pendinginan kontinyu, memberikan suatu metode yang efektif dalam meningkatkan *shelf life* produk tersebut (Philips, 1996).

2.4.2 *Vacuum Packaging*

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

2.4.3 *Traditional Packaging*

Bentuk yang paling umum dari kemasan daging segar disebut *store wrap*. Kemasan ini terdiri dari *styrofoam* yang diisi daging dan lapisan penyerap, dikemas dengan plastik film yang bersifat permeabel. Sifat permeabilitas dari film memungkinkan oksigen dari udara untuk masuk dan kontak dengan daging yang dapat merubah warna daging. 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).

2.5 Label pintar (*Smart Label*)

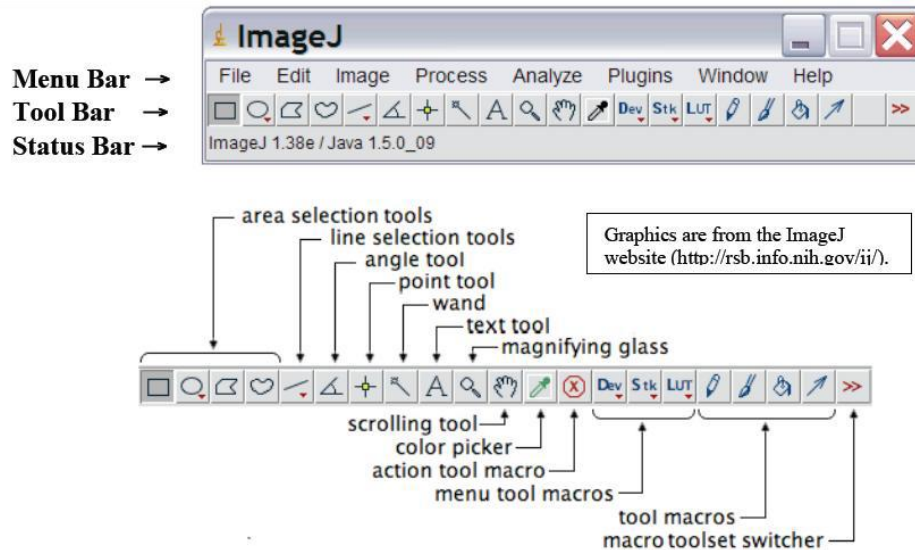
Prinsip dari label pintar yaitu perubahan warna pada pH yang dihasilkan karena adanya interaksi antara pewarna yang sensitif pH dengan *volatile* amin dalam kemasan. Label pintar mampu mendeteksi analit kesegaran dari kemasan makanan meliputi senyawa *volatile* nitrogen seperti amonia, dimetilamin, trietilamin, 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.

2.6 ImageJ

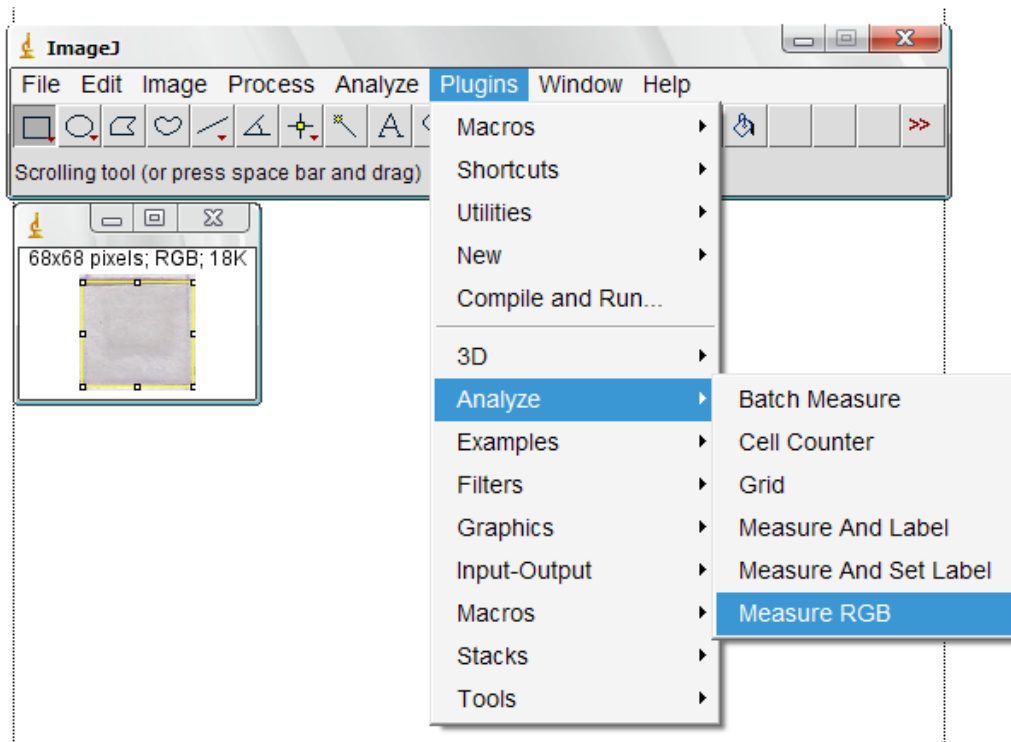
ImageJ adalah suatu program analisis untuk gambar yang dibuat oleh *National Institutes of Health*. Program *ImageJ* berisi menu-menu *bar*, *tool bar*, dan *status bar* yang dapat dilihat pada gambar 2.5. Ketika kursor berada di atas gambar, maka akan ditampilkan nilai koordinat. Selanjutnya koordinat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

Penentuan nilai RGB (Red, Green, Blue) menggunakan program *ImageJ* didasarkan pada nilai hasil perhitungan dari tiga warna yang mewakili warna primer yaitu merah, hijau, dan biru. Dipilih warna merah, hijau, dan biru, karena warna-warna tersebut merupakan warna cahaya yang dapat menghasilkan spektrum, sehingga dapat terlihat oleh pembaca. Selain itu, ketiga warna tersebut dapat bercampur dengan bersamaan untuk membentuk warna apapun. Ketika

intensitas tertinggi dari setiap warna dicampurkan, maka akan diperoleh cahaya putih (Ferreira dan Rasband, 2010). Cara perhitungan nilai RGB dengan menggunakan program *ImageJ* dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.5 Program *ImageJ*(Reinking, 2007)



Gambar 2.6 Cara perhitungan nilai RGB dengan program *ImageJ*
(Reinking, 2007)

2.7 Evaluasi Sensori

Evaluasi sensori atau organoleptik adalah ilmu pengetahuan yang menggunakan indera manusia untuk mengukur tekstur, penampakan, aroma pada produk pangan. Penerimaan konsumen terhadap suatu produk diawali dengan penilaiannya terhadap penampakan, aroma dan tekstur. Pengujian sensori (uji panel) berperan penting dalam pengembangan produk dengan meminimalkan resiko dalam pengambilan keputusan.

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).

Pada prinsipnya terdapat 3 jenis uji organoleptik, yaitu uji perbedaan (discriminative test), uji deskripsi (descriptive test) dan uji afektif (affective test). Kita 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 *Laboratories*.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

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

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel bebas

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

3.3.2 Variabel terikat

1. Perubahan bau daging
2. Perubahan pH daging
3. Perubahan warna sensor MR dan BTB
4. Tekstur daging
5. Total Mikroba
6. *TVB*
7. Evaluasi sensori

3.3.3 Variabel terkontrol

1. Jenis daging ayam yang digunakan adalah daging ayam potong
2. Daging ayam yang digunakan bagian paha
3. Bobot sampel paha daging ayam 100 g

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

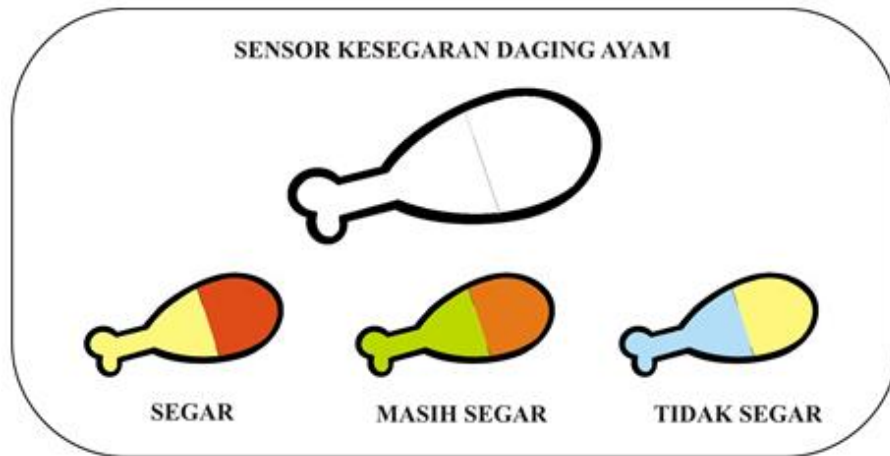
Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pH meter, cawan petri, *Styrofoam* 1,05 g/cm³, *PE white wrapping plastic stretch film* 0,9 g/cm³, autoclave, *beaker glass*, batang pengaduk, pipet tetes, tabung reaksi, timbangan analitik, gelas ukur, plat tetes, inkubator, *rheotex*, *refrigerator*, *Laminar Air Flow*, gunting, pinset, *scanner* Canon LiDE 110.

3.4.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain MR dan BTB dalam etanol 96% dengan konsentrasi 500 ppm, 1000 ppm, dan 1500 ppm, paha daging ayam potong 100 g per paha, kertas saring "whatman" cat no 1001 090, aquadestilata, double tip, dan media agar (PCA/ *Plate Count Agar*).

3.5 Rancangan Sensor Kesegaran

Rancangan sensor merupakan alat yang berguna untuk mempermudah menafsirkan kondisi daging yang disimpan dalam kemasan tanpa perlu membuka tutup kemasan sehingga menjamin higienitas dan meningkatkan nilai tambah dari tampilan suatu produk. Pada bagian bawah sensor dilengkapi referensi yang diberi keterangan segar (warna merah jingga), masih segar (warna jingga kekuningan), dan tidak segar (warna kuning) untuk sensor MR atau paha bagian atas. Sedangkan, untuk sensor BTB atau paha bagian bawah dengan keterangan segar (warna kuning), masih segar (warna kuning kehijauan), dan tidak segar (warna biru) (Gambar 3.1).



Gambar 3.1 Desain sensor kesegaran daging ayam

Keterangan:



: Sensor BTB dan MR yang menunjukkan perubahan warna ketika daging ayam mulai rusak



: Warna kuning dan merah jingga menunjukkan daging ayam dalam kondisi segar



: Warna kuning kehijauan dan jingga kekuningan menunjukkan daging ayam dalam kondisi masih segar



: Warna biru dan kuning menunjukkan daging ayam dalam kondisi tidak segar

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Tahapan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk identifikasi tingkat kesegaran daging ayam dengan perubahan warna yang terjadi pada sensor, pengemasan daging ayam, sensor diletakkan diatas *PE white wrapping plastic stretch film*. Melakukan pengamatan pada daging ayam dengan variasi temperatur yaitu suhu ruang ($25\pm 3^{\circ}\text{C}$) dan *chiller* ($4\pm 1^{\circ}\text{C}$). Menganalisis parameter kesegaran daging meliputi warna sensor, bau, perubahan tekstur, pH, total mikroba, kadar TVB, serta evaluasi sensori (bau, warna, dan tekstur).

3.6.2 Pelaksanaan penelitian

3.6.2.1 Optimasi konsentrasi indikator pH sebagai sensor kesegaran

Pembuatan larutan indikator pH dari MR dan BTB. Menimbang 5 mg; 10 mg; dan 15 mg dari masing – masing indikator MR dan BTB, kemudian dilarutkan dalam 10 mL etanol 97%. Setelah itu, dibuat konsentrasi masing – masing indikator 500 ppm, 1000 ppm, dan 1500 ppm, diamati pada pH 4 – 8. Optimum bila konsentrasi dari indikator MR dan BTB menunjukkan perbedaan warna pada tiap pH.

3.6.2.2 Pembuatan sensor kesegaran sebagai label pintar

Kertas saring *whatman* yang telah dipotong sesuai dengan pola dan ukuran label pintar direndam dalam masing – masing indikator pH MR dan BTB selama 1 hari, kemudian dikeringan.

3.6.2.3 Pembuatan kemasan

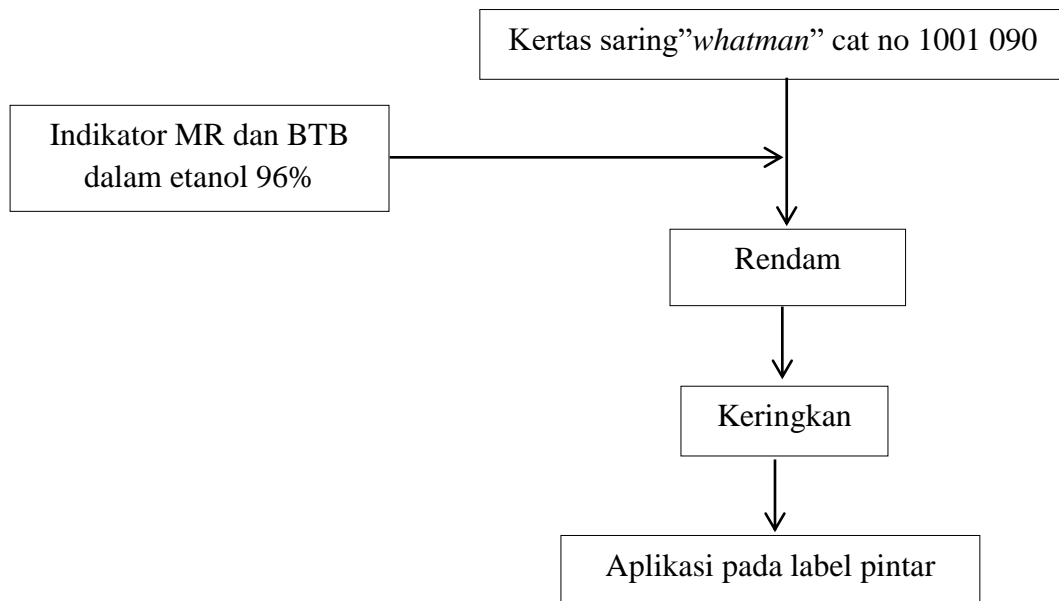
Daging ayam yang masih segar diletakkan dalam *styrofoam* kemudian ditutup dengan *PE wrap plastic* yang telah diberi label pintar sebagai sensor kesegaran.

3.6.3 Analisis data

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

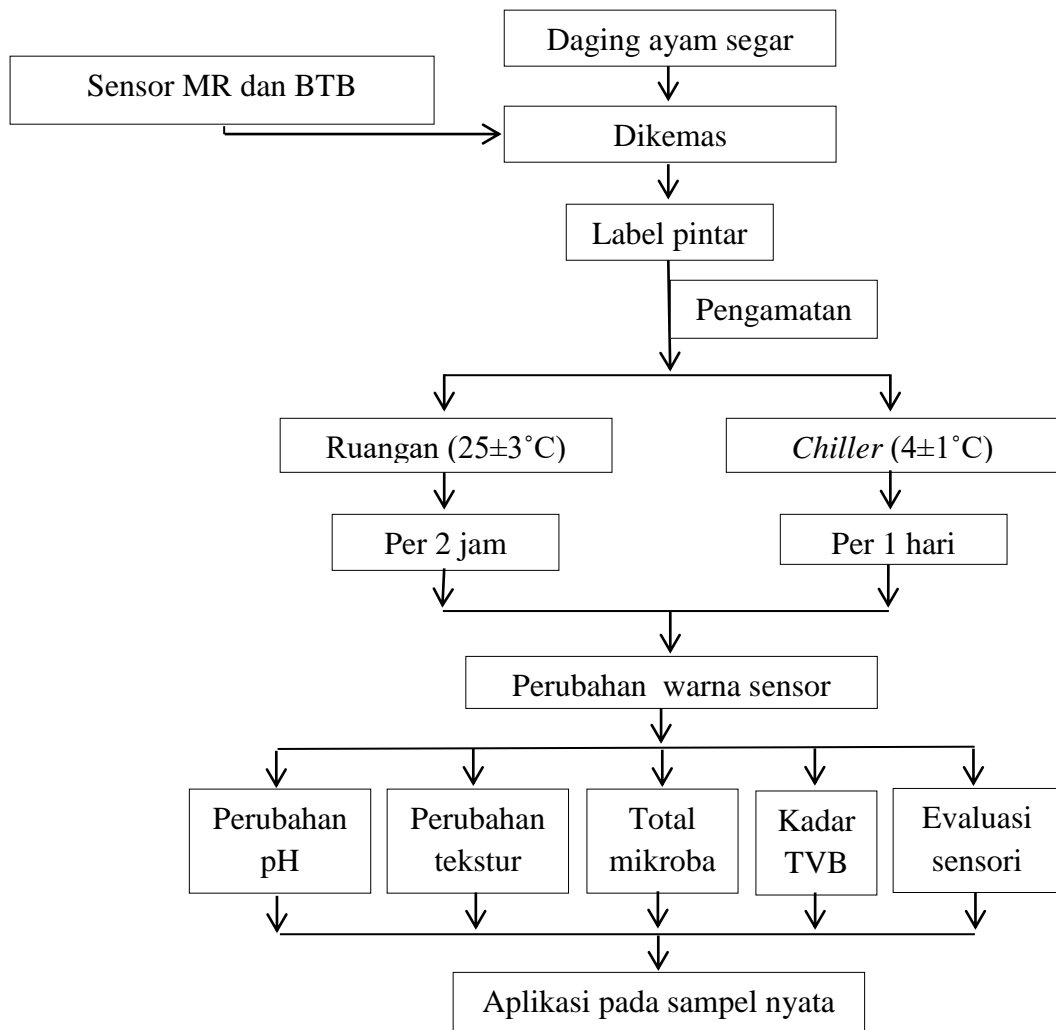
3.6.4 Diagram alur penelitian

a) Pembuatan sensor



Gambar 3.2 Alur pembuatan sensor MR dan BTB

b) Aplikasi dan karakterisasi “Label Pintar” pada kesegaran daging ayam



Gambar 3.3 Alur penelitian aplikasi dan karekterisasi “Label Pintar” pada kesegaran daging ayam

3.7 Prosedur Analisa

3.7.1 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.

3.7.2 Uji tekstur (menggunakan Rheotex)

Daging ayam yang memiliki ketebalan $\pm 1-2$ cm ditekan dengan jarum rheotex. Meletakkan daging ayam yang telah ditiriskan dibawah jarum rheotex, kemudian menempatkan ujung jarum hingga menyentuh permukaan daging ayam dengan jarak 4,5 mm. Selanjutnya tombol start ditekan beberapa detik hingga terdengar bunyi (tanda selesai). Membaca angka yang ditunjukkan oleh jarum rheotex dengan satuan g.

3.7.3 Uji pH

Pengukuran pH dilakukan dengan pH meter yang sudah dikalibrasi terlebih dahulu. Menghancurkan daging ayam seberat 2 gram dan dimasukkan dalam beker glass. Menambahkan 10 ml aquadest lalu dihomogenkan, ukur dengan pH meter yang sudah dikalibrasi dengan buffer standar pH 4, 7, dan 10.

3.7.4 Total mikroba (teknik agar tuang plate count)

Alat, media dan larutan pengencer yang digunakan dalam analisa total mikroba harus dalam kondisi steril. Menghancurkan sampel sebanyak 1 g, untuk dimasukkan dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml aquadest steril kemudian dikocok sampai homogen. Dari larutan tersebut diperoleh larutan induk lalu diambil sebanyak 1,0 ml dan dimasukkan dalam tabung reaksi yang berisi 9,0 ml aquadest steril. Dari larutan tersebut diperoleh larutan dengan seri pengenceran 10^{-1} lalu diambil sebanyak 1,0 ml dan dimasukkan dalam tabung reaksi yang

berisi 9,0 ml aquadest steril, diperoleh larutan dengan seri pengenceran 10^{-2} , demikian seterusnya hingga diperoleh larutan dengan seri pengenceran 10^{-6} . Masing-masing dari hasil pengenceran diambil 1,0 ml kemudian dimasukkan dalam cawan petri dan dituangi ± 10 ml media agar (PCA). Cawan petri tersebut digoyangkan sampai merata dan dibiarkan sampai memadat. Cawan diinkubasi selama 48 jam pada suhu 37°C . Jumlah koloni dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

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

3.7.5 Total Volatile Base(TVB)

Menambahkan 30 ml aquadest pada 10 g bahan yang telah dihaluskan. Menstirer selama 5 menit untuk kemudian disaring dan diambil filtratnya. Selanjutnya menyiapkan asam borat jenuh yang telah ditambahkan 3 tetes metil merah-metil biru (MMMB), melakukan destilasi sistem tertutup hingga ada perubahan warna biru kehijauan. Kemudian hasil destilasi dititrasi dengan HCl 0,02 N. TVB ditentukan berdasarkan rumus:

$$\text{TVB} = \frac{(\text{ml sampel} - \text{ml blanko}) \times 14,007 \times N \text{ HCl}}{\text{g bahan} \times 1000} \times 100\% \quad (3.2)$$

3.7.6 Evaluasi sensori (SNI 01-2346-2006)

Menentukan 10 orang sebagai panelis, selanjutnya dilakukan uji evaluasi sensori meliputi bau, warna, dan tekstur pada kesegaran daging ayam. Evaluasi sensori merupakan cara pengujian yang bersifat subyektif dengan menggunakan panca indera. Tahap pengujian sensori dilakukan pada suhu ruang ($25 \pm 3^{\circ}\text{C}$) dengan interval pengamatan yaitu tiap 2 jam selama 24 jam dan *chiller* ($4 \pm 1^{\circ}\text{C}$) dengan interval pengamatan yaitu tiap 24 jam selama 12 hari. Pengujian sensori menggunakan score sheet yang mengacu pada SNI 01-2346-2006 (BSN, 2006).

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan dan hasil analisis data penelitian label pintar untuk pemantauan kesegaran daging ayam pada kemasan dengan perbedaan perlakuan suhu penyimpanan dan lama penyimpanan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Label pintar dibuat dengan menggunakan teknik stiker dimana label diletakkan pada bagian atas luar kemasan pintar yang sebelumnya pada bagian atas dalam kemasan pintar telah diberi sensor uji. Sensor uji akan mengalami perubahan warna yang berbeda ketika sampel daging ayam berada dalam kondisi segar, masih segar, dan tidak segar.
2. Konsentrasi uji yang digunakan sebagai label pintar sebesar 500 ppm, disebabkan perubahan warna yang dihasilkan sesuai dengan warna indikator BTB yang berubah dari kuning menjadi biru dan indikator MR yang berubah dari merah menjadi kuning.
3. Perubahan intensitas warna label pintar BTB dan MR memiliki hubungan yang positif dengan tingkat kesegaran daging ayam, artinya semakin meningkat nilai *mean* RGB MR dan semakin menurun nilai *mean* RGB BTB maka tingkat kesegaran daging ayam semakin menurun sehingga daging dalam keadaan tidak dapat dikonsumsi atau tidak segar.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang didapat maka disarankan perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai desain label pintar sebagai sensor kesegaran daging ayam pada kemasan dengan cara ditempel langsung pada sampel menggunakan membran yang sesuai. Hubungan tingkat kesegaran daging ayam dengan laju perubahan ditentukan secara kuantitatif, dan mencari metode intensitas perubahan warna pada label pintar yang lebih sensitif terhadap perubahan kualitas daging ayam selama waktu penyimpanan pada suhu yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2015. *Konsumsi Rata-Rata Per Kapita Seminggu Beberapa Macam Bahan Makanan Penting, 2007-2014*. <http://www.bps.go.id>. [7 November 2015].
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. SNI: ICS67.220.20. *Batas Maksimum Cemaran Mikroba*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- 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*.
- Berkel, van Brigitte Mass., Boogaard, B., Heijnen, C. 2004. Preservation of Fish and Meat. Netherland: *Agromisa Foundation*.
- Berryman, Paul. 2014. *Advances in Food and Beverage Labelling*. Cambridge: *Woodhead Publishing*.
- Bintoro, V.P., Dwiloka, B., Sofyan, A. 2006. Perbandingan Daging Ayam Segar dan Daging Ayam Bangka dengan Memakai Uji Fisiko Kimia dan Mikrobiologi. *J. Indon.Trop.Anim.Agric*, Vol 32(4): 259-267.
- Brody, Aaron L, Begusu, Han. San and Mchugh. 2008. Innovative Food Packaging Solutions. *J. Food Sci. Tech.* Vol. 8 (1): 107-116.
- Brooks, J.C., Alvarado, M., Stephens, T.P., Kellermeier, J.D., Tittor, A.W., Miller, M.F., dan Brashears, M.M. 2008. Spoilage and Safety Characteristic of Ground Beef Packaged in Traditional and Modified Atmosphere Packages. *Journal of Food Protection*.
- Davies, A.R. 1995. *Advances in Modified-Atmosphere Packaging*. In: Gould G.W. (ed.), *New Methods of Food Preservation*. London: *Blackie Academic and Professional*.
- Departemen Kesehatan RI. 1996. *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Jakarta: Bhratara.

- Ferreira, T.A., dan Rasband, W. 2010. *The ImageJ User Guide*. <http://rsbweb.nih.gov/ij/docs/user-guide.pdf>. [23 Februari 2016].
- 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*.
- 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.
- Kusmajadi, Suradi. 2012. Pengaruh Lama Penyimpanan Pada Suhu Ruang Terhadap Perubahan Nilai pH, TVB dan Total Bakteri Daging Kerbau. *Jurnal Ilmu Ternak*, Vol. 12: 1-4.
- Kuswandi, Bambang. 2010. *Sensor Kimia Teori, Praktek dan Aplikasi*. Jember: Jember University Press.
- Kuswandi, B., Jayus, Oktaviana, R., Abdullah, A., Heng, L.Y. 2013. A Novel On-Package Sticker Sensor Based on MR for Real-Time Monitoring of Broiler Chicken Cut Freshness. *Packag. Technol. Sci*. Vol. 27: 69-81.
- Linn, M, M. Al-Holy, M. Mousavi- Hesary, H. Al-Qadiry, A.G. Cavito and B.A. Rasco. 2004. Rapid and Quantitative Detection of The Microbial Spoilage in Chicken by Difuse Reflectance Spectroscopy (600-1100nm). *J. Food Sci. Hum. Nutr*, Vol. 23 (4): 891-1101.
- Mielmann, A. 2006. *Food Spoilage Characteristics of Chryseobacterium Species*, Tesis.
- Nugroho, Widagdo Sri. 2007. Aspek Kesehatan Masyarakat Veteriner Staphylococcus, Bakteri Jahat Yang Sering Disepelekan. Yogyakarta: *Perhimpunan Dokter Hewan Indonesia Cabang Yogyakarta*.
- Ojeda, C.B. & S.R. Fuesenta. 2006. Recent Development in Option Chemical Sensor Coupling with Flow Injection Analysis. Spain: *Departement of Analytical Chemistry, Faculty of Sciences, University of Malanga*.
- Otles, Semih, Buket Yalcin. 2008. *Intelligent Food Packaging*. Ege University, Bornova-Izmir, Turkey.
- Pearson, D. 1984. *Assesment of Meat Freshness in Quality Control Employing Chemical Techniques a Review*, Vol. 19: 357-362.

- Philips, Carol A. 1996. Review: Modified Atmosphere Packaging and its Effects on the Microbil Quality and Safety of Produce. UK: *Life Science Division, Center for Healthcare Education, Nene Collge of Higher Education, Boughton Green Road, Northampton.*
- 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, Sigit. 2010. Aplikasi Madu sebagai Pengawet Daging Sapi Giling Segar Selama Proses Penyimpanan. *Fakultas Pertanian Universitas Sebelas MaretSurakarta: 1-58.*
- Ram, Ross, E., Naumann, R., Fischer, W., Mayer, W.D., Wieland, G., Newman, E. J., Wilson, C. M. 2012. Indicator Reagents. *Ullmann's Encyclopedia Of Industrial Chemistry.*
- Reinking, I. 2007. *ImageJ Basic.* Pennsylvania: Departement of Biology Millersvilley University.
- Revi, Oktaviana. 2011. *Pengembangan Kemasan Pintar Menggunakan Metil Merah (Methyl Red) sebagai sensor Kesegaran Daging Ayam.* Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Riyanto, R., Irma H., Singgih W. 2014. *Karakteristik Plastik Indikator sebagai Tanda Peringatan Dini Tingkat Kesegaran Ikan dalam Kemasan Plastik.* JPB Perikanan Vol. 9 (2): 153-163.
- Riquixo, Carlos. 1998. *Evaluation of Suitable Chemical Methods for Seafood Products in Mozambique.* Mozambique: Ministério de Agricultura e Pescas Direcção Nacional de Pescas Serviços Provinciais deAdministração Pesqueira-Maputo.
- Siagian, Albiner. 2002. *Mikroba Patogen Pada Makanan Dan Sumber Pencemarannya.* Sumatra Utara: Fakultas Kesehatan MasyarakatUniversitas Sumatra Utara.
- Silva, Cristiane M.G. & M. Beatriz A. Gloria. 2001. Bioactive Amines in Chicken Breast and Tigh After Slaughter and During Storage At $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ and in Chicken Based Meat Product. *J. Food Chem*, 7 (1) 241-248.
- Simanjutak, Benrad Edwin, Muhammad Rivai. 2009. *Deteksi Kebusukan Daging Menggunakan Sensor Polimer Konduktif dan Neutral Network.* Indonesia: Jurusan Teknik Elektro ITS Surabaya dan Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Medan.

- Soeparno. 2005. *Ilmu dan Teknologi Daging*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Suradi, K. 2011. Aplikasi Model Arhenius 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.
- Wijayanti, D.A., Hintono, A., Pramono, Y.B. 2013. Kadar Protein dan Keempukan Nugget Ayam dengan Berbagai Level Substitusi Hati Ayam Broiler. *Animal Agriculture Journal*. Vol. 2 (1) 295-300.
- Winarno, F.G. 1993. *Pangan: Gizi, Teknologi, dan Konsumen*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Wowor, A.K.Y., Ransaleleh, M.T., S. Komansilan. 2014. Lama Penyimpanan Pada Suhu Dingin Daging Broiler yang Diberi Air Perasan Jeruk Kasturi (*Citrus madurensis* Lour.). *Jurnal Zootek*. Vol. 34 (2): 148-158.
- Youssef, Doaa H & Mamdouh S. Masoud. 2004. Behavior of Some Acid-Base Indicators in Some Egyptian Aquatic Environments. *Bull. Chem. Tech*. Vol (23): 37-46.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A. OPTIMASI KONSENTRASI INDIKATOR PH SEBAGAI SENSOR KESEGARAN

1. *Methyl red*

a) Konsentrasi 500 ppm

pH standar	Mean RGB			Rata-rata	SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3			
4	178,797	177,442	177,854	178,031	0,695	0,004
5	188,238	189,845	188,995	189,026	0,804	0,004
6	208,360	208,062	209,248	208,557	0,617	0,003
7	227,235	227,702	227,788	227,575	0,298	0,001
8	236,912	237,806	236,988	237,235	0,496	0,002

b) Konsentrasi 1000 ppm

pH standar	Mean RGB			Rata-rata	SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3			
4	179,705	178,523	179,660	179,296	0,670	0,004
5	190,175	190,574	189,847	190,199	0,364	0,002
6	207,758	208,510	208,047	208,105	0,379	0,002
7	225,117	225,552	225,563	225,411	0,254	0,001
8	235,388	235,646	235,799	235,611	0,208	0,001

c) Konsentrasi 1500 ppm

pH standar	Mean RGB			Rata-rata	SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3			
4	180,361	180,546	181,335	180,747	0,517	0,003
5	190,626	190,320	190,136	190,361	0,248	0,001
6	206,476	206,897	206,056	206,476	0,421	0,002
7	224,360	224,056	223,569	223,995	0,399	0,002
8	233,356	233,256	233,035	233,216	0,164	0,001

2. *Bromothymol blue*

a) Konsentrasi 500 ppm

pH standar	Mean RGB			Rata-rata	SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3			
4	233,356	233,099	234,318	233,591	0,643	0,003
5	220,356	221,099	221,318	220,924	0,504	0,002
6	209,372	210,366	210,168	209,969	0,526	0,003
7	200,388	200,753	201,493	200,878	0,563	0,003
8	189,885	189,836	188,337	189,353	0,880	0,005

b) Konsentrasi 1000 ppm

pH standar	Mean RGB			Rata-rata	SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3			
4	231,022	232,590	232,263	231,958	0,827	0,004
5	222,336	221,560	222,542	222,146	0,518	0,002
6	212,389	212,538	213,028	212,652	0,334	0,002
7	201,387	201,384	202,166	201,646	0,451	0,002
8	190,197	190,557	190,856	190,537	0,330	0,002

c) Konsentrasi 1500 ppm

pH standar	Mean RGB			Rata-rata	SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3			
4	229,233	228,566	228,787	228,862	0,340	0,001
5	223,780	223,567	222,459	223,269	0,709	0,003
6	214,386	214,125	214,347	214,286	0,141	0,001
7	203,330	203,768	203,779	203,626	0,256	0,001
8	192,766	193,589	192,366	192,907	0,624	0,003

LAMPIRAN B. DATA PERUBAHAN WARNA SENSOR LABEL PINTAR MR DAN BTB

a) Suhu Ruang

1. Methyl red

Jam ke-	Mean RGB			Rata-rata	SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3			
2	200,003	199,783	199,998	199,928	0,126	0,001
4	200,216	200,348	201,017	200,527	0,429	0,002
6	201,897	201,932	202,001	201,943	0,053	0,001
8	204,140	203,121	204,516	203,926	0,722	0,003
10	208,125	208,546	207,766	208,146	0,390	0,002
12	209,075	209,876	209,887	209,613	0,465	0,002
14	212,520	212,574	213,223	212,772	0,391	0,001
16	216,212	217,672	216,868	216,917	0,731	0,003
18	219,826	220,724	221,625	220,725	0,899	0,004
20	222,336	223,113	222,434	222,628	0,423	0,002
22	224,550	224,483	225,271	224,768	0,437	0,002
24	227,160	226,490	226,406	226,685	0,413	0,001

Perhitungan Laju:

$$Y_{MR} = 2,695X + 194,8$$

$$= 2,695 (199,928) + 194,8$$

$$= 733,606/\text{jam}$$

2. *Bromothymol blue*

Jam ke-	Mean RGB			Rata-rata	SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3			
2	220,629	220,812	219,653	220,365	0,623	0,002
4	219,654	218,274	219,286	219,071	0,715	0,003
6	216,526	215,648	216,578	216,251	0,523	0,002
8	214,521	214,721	214,451	214,564	0,140	0,001
10	210,426	210,325	211,021	210,591	0,376	0,001
12	206,342	205,217	205,419	205,659	0,600	0,003
14	205,821	204,926	205,698	205,482	0,485	0,002
16	204,912	204,521	204,724	204,719	0,196	0,001
18	204,271	203,724	205,825	204,607	1,090	0,004
20	203,684	204,593	203,495	203,924	0,587	0,002
22	201,841	200,698	201,791	201,443	0,646	0,003
24	199,673	199,737	198,862	199,424	0,488	0,002

Perhitungan Laju:

$$\begin{aligned}
 Y_{\text{BTB}} &= 1,898X + 221,1 \\
 &= 1,898 (220,365) + 221,1 \\
 &= 639,353/\text{jam}
 \end{aligned}$$

b) Suhu Chiller

1. *Methyl red*

Hari ke-	Mean RGB			Rata-rata	SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3			
1	199,223	199,919	198,769	199,304	0,579	0,003
2	201,432	200,809	200,948	201,063	0,327	0,002
3	201,964	202,749	202,527	202,413	0,405	0,002
4	202,682	203,119	203,726	203,176	0,524	0,002
5	206,473	205,832	205,739	206,015	0,399	0,002
6	206,827	206,639	206,425	206,630	0,201	0,001
7	207,923	206,626	207,821	207,457	0,721	0,003
8	208,540	207,620	208,763	208,308	0,605	0,003
9	210,507	210,639	211,908	211,018	0,773	0,003
10	211,702	212,860	212,502	212,355	0,593	0,002
11	216,638	217,098	217,748	217,161	0,558	0,002
12	222,527	221,835	221,635	221,999	0,468	0,002
13	224,582	224,974	223,829	224,462	0,582	0,003
14	227,530	227,524	226,430	227,161	0,633	0,003

Perhitungan Laju:

$$Y_{MR} = 2,064X + 195,1$$

$$= 2,064 (199,304) + 195,1$$

$$= 606,463/\text{hari}$$

2. *Bromothymol blue*

Hari ke-	Mean RGB			Rata-rata	SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3			
1	219,524	219,709	218,817	219,350	0,471	0,002
2	218,769	218,165	219,609	218,848	0,725	0,003
3	218,693	217,681	217,133	217,836	0,791	0,003
4	217,207	216,098	216,880	216,728	0,570	0,002
5	215,608	215,972	215,630	215,737	0,204	0,002
6	214,054	214,991	214,749	214,598	0,486	0,003
7	212,813	212,794	213,342	212,983	0,311	0,002
8	209,709	209,901	210,097	209,902	0,194	0,001
9	208,316	207,499	208,524	208,113	0,542	0,002
10	206,722	206,901	206,667	206,763	0,122	0,001
11	204,433	203,910	204,831	204,391	0,462	0,003
12	203,628	203,780	203,960	203,789	0,166	0,003
13	202,873	202,905	201,769	202,516	0,647	0,001
14	198,709	198,011	199,409	198,710	0,699	0,002

Perhitungan Laju:

$$\begin{aligned}
 Y_{\text{BTB}} &= 1,600X + 222,7 \\
 &= 1,600 (219,350) + 222,7 \\
 &= 573,66/\text{hari}
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN C. DATA UJI pH

a) pH daging ayam segar sebesar 5,5 (Soeparno, 2005)

b) Suhu Ruang

Jam ke-	Nilai pH			Rata-rata	SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3			
2	5,71	5,66	5,68	5,68	0,025	0,004
4	5,75	5,73	5,78	5,75	0,025	0,004
6	5,87	5,86	5,87	5,87	0,006	0,001
8	5,98	5,94	5,97	5,96	0,020	0,003
10	6,14	6,10	6,10	6,11	0,023	0,004
12	6,15	6,18	6,19	6,17	0,020	0,003
14	6,25	6,27	6,23	6,25	0,020	0,003
16	6,28	6,32	6,30	6,30	0,020	0,003
18	6,57	6,59	6,62	6,59	0,025	0,003
20	6,80	6,75	6,77	6,77	0,025	0,004
22	7,08	7,14	7,13	7,12	0,032	0,004
24	7,12	7,15	7,13	7,13	0,015	0,002

c) Suhu Chiller

Hari ke-	Nilai pH			Rata-rata	SD	CV
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3			
1	5,61	5,60	5,60	5,60	0,006	0,001
2	5,62	5,64	5,66	5,64	0,020	0,003
3	5,66	5,67	5,68	5,67	0,010	0,002
4	5,73	5,70	5,69	5,71	0,020	0,003
5	5,80	5,78	5,79	5,79	0,010	0,002
6	5,83	5,83	5,85	5,84	0,012	0,002
7	5,87	5,87	5,86	5,87	0,006	0,001
8	6,04	6,05	6,06	6,05	0,010	0,001
9	6,12	6,10	6,14	6,12	0,020	0,003
10	6,28	6,32	6,30	6,30	0,020	0,003
11	6,52	6,65	6,64	6,60	0,072	0,011
12	6,80	6,71	6,77	6,76	0,045	0,007
13	7,08	7,00	6,98	7,02	0,053	0,007
14	7,20	7,18	7,13	7,17	0,036	0,005

LAMPIRAN D. DATA UJI TEKSTUR

a) Daging segar (h= 4,5 mm)

Kondisi	Titik I	Titik II	Titik III	Titik IV	Titik V	Rata- Rata
Daging	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	
Segar	67	64	63	66	65	65

b) Suhu Ruang

Jam ke-	Kuat Tekanan					Rata- rata (g)	SD	CV
	Titik I (g)	Titik II (g)	Titik III (g)	Titik IV (g)	Titik V (g)			
2	57	55	56	59	52	55,8	2,588	0,046
4	52	47	50	53	48	50	2,549	0,051
6	47	44	46	48	46	46,2	1,483	0,032
8	38	39	42	45	39	40,6	2,881	0,071
10	29	31	31	33	30	30,8	1,483	0,048
12	28	30	29	32	29	29,6	1,516	0,051
14	27	26	25	31	23	26,4	2,966	0,112
16	25	24	22	28	22	24,2	2,490	0,102
18	24	23	22	23	19	22,2	1,923	0,086
20	23	20	18	22	17	20	2,550	0,127
22	17	18	20	19	18	18,4	1,140	0,062
24	13	15	18	18	16	16	2,121	0,132

c) Suhu Chiller

Hari ke-	Kuat Tekanan					Rata-rata (g)	SD	CV
	Titik I (g)	Titik II (g)	Titik III (g)	Titik IV (g)	Titik V (g)			
1	69	64	60	65	66	64,8	3,271	0,050
2	64	59	56	61	60	60	2,915	0,048
3	59	53	50	58	55	55	3,674	0,066
4	55	49	47	53	49	50,6	3,286	0,065
5	49	46	45	47	42	45,8	2,588	0,056
6	45	40	36	41	38	40	3,391	0,085
7	34	36	33	35	34	34,4	1,140	0,033
8	29	30	27	24	26	27,2	2,387	0,088
9	30	24	25	20	28	25,4	3,847	0,151
10	24	21	30	24	20	23,8	3,899	0,163
11	19	21	17	17	25	19,8	3,346	0,169
12	22	19	24	15	18	19,6	3,507	0,179
13	17	16	18	14	13	15,6	2,073	0,133
14	14	12	15	11	8	12	2,738	0,228

Foto Pengamatan:



LAMPIRAN E. DATA UJI *TOTAL VOLATILE BASE* (TVB)

a) Daging yang membusuk memiliki nilai TVB sebesar 0,20 % N dalam 100g sampel (Pearson, 1984)

b) Suhu Ruang

Jam ke-	Volume Titran (mL)		TVB (%N)
	Blanko	Sampel	
2	0,5	4,3	0,011
4	0,5	5,1	0,013
6	0,5	5,5	0,014
8	0,5	6,8	0,018
10	0,5	8,2	0,022
12	0,5	9,3	0,025
14	0,5	11,7	0,031
16	0,5	16,4	0,045
18	0,5	20,3	0,055
20	0,5	21,8	0,060
22	0,5	25,4	0,070
24	0,5	30	0,083

c) Suhu Chiller

Hari ke-	Volume Titran (mL)		TVB (%N)
	Blanko	Sampel	
1	0,5	0,9	0,001
2	0,5	1,5	0,003
3	0,5	1,8	0,004
4	0,5	3,2	0,008
5	0,5	4,9	0,012
6	0,5	5,3	0,013
7	0,5	6,9	0,018
8	0,5	8,6	0,023
9	0,5	10	0,027
10	0,5	14,1	0,038
11	0,5	19,4	0,053
12	0,5	22,2	0,061
13	0,5	27,8	0,076
14	0,5	29,5	0,081

Keterangan :

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

14,007 = bobot atom nitrogen

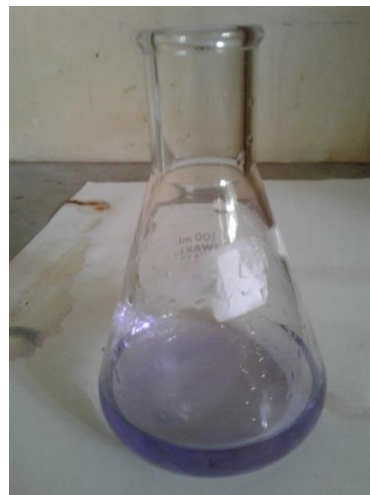
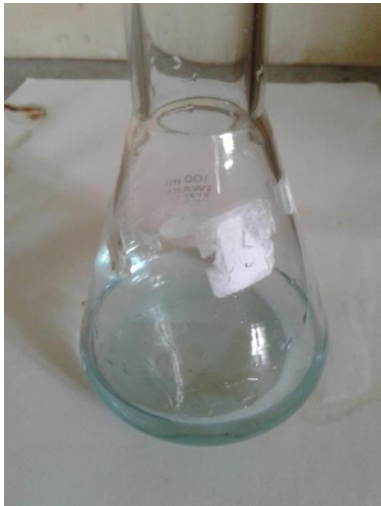
N HCl = Konsentrasi HCl yang digunakan (0,02N)

g bahan = 10g

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{TVB} &= \frac{(\text{ml sampel} - \text{ml blanko}) \times 14,007 \times N \text{ HCl}}{g \text{ bahan} \times 1000} \times 100\% \\ &= \frac{(0,9 - 0,5) \times 14,007 \times 0,02}{10 \times 1000} \times 100\% \\ &= \frac{0,4 \times 14,007 \times 0,02}{100} \times 100\% \\ &= 0,001 \end{aligned}$$

Foto Pengamatan:



LAMPIRAN F. DATA UJI TOTAL MIKROBA

a) Daging yang membusuk memiliki nilai TPC sebesar 1×10^5 CFU/g atau setara dengan 5,000 \log_{10} CFU/g (BSN, 2009)

b) 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	46	12							3,877
	TBUD	38	15							
4	TBUD	79	21							4,128
	TBUD	71	27							
6		TBUD	39	4						4,659
		TBUD	44	6						
8		TBUD	70	9						4,939
		TBUD	67	13						
10			TBUD	24	8					5,586
			TBUD	30	3					
12			TBUD	103	41					6,549
			TBUD	204	122					
14					TBUD	37	21			7,811
					TBUD	17	10			
16					TBUD	49	35			8,049
					TBUD	42	20			
18					TBUD	186	87			8,572
					TBUD	115	98			
20							TBUD	83	39	10,215
							TBUD	78	28	
22							TBUD	121	98	10,499
							TBUD	134	58	
24							TBUD	TBUD	236	11,281
							TBUD	TBUD	146	

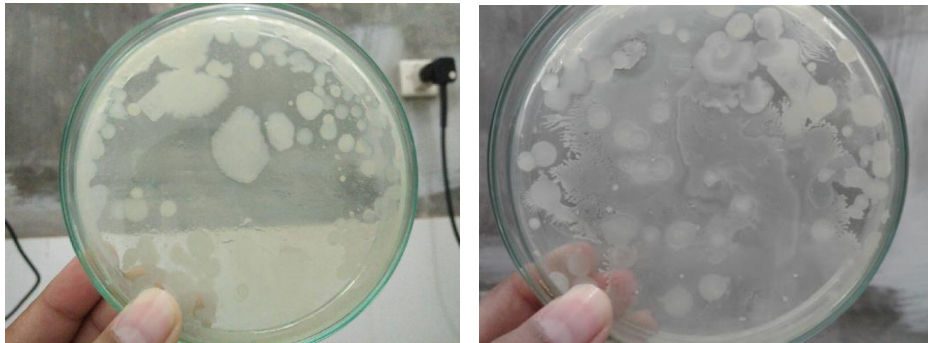
c) Suhu Chiller

TBUD = Terlalu Banyak Untuk Dihitung

Pengenceran Hari ke-	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	TPC (Log ₁₀ cfu/g)
1	TBUD	31	7				3,109
	TBUD	29	4				
2	TBUD	42	13				3,308
	TBUD	33	9				
3	TBUD	57	15				3,941
	TBUD	48	14				
4	TBUD	TBUD	22				4,312
	TBUD	TBUD	19				
5		TBUD	41	3			4,568
		TBUD	37	4			
6		TBUD	56	5			4,749
		TBUD	49	7			
7			TBUD	9	1		4,989
			TBUD	10	1		
8			TBUD	TBUD	3		5,398
			TBUD	TBUD	2		
9			TBUD	TBUD	3		5,602
			TBUD	TBUD	5		
10			TBUD	TBUD	8		5,954
			TBUD	TBUD	10		
11				TBUD	14	6	6,533
				TBUD	17	9	
12				TBUD	56	17	6,999
				TBUD	49	21	
13				TBUD	67	36	7,219
				TBUD	70	44	
14				TBUD	TBUD	58	7,816
				TBUD	TBUD	73	

Contoh Perhitungan:

- $TPC_1 = \text{Log} (((31 + 29) : 2) \times (10^{-2}))$
 $= 3,477 \text{ Log}_{10}\text{cfu/g}$
- $TPC_2 = \text{Log} (((7 + 4) : 2) \times (10^{-3}))$
 $= 2,740 \text{ Log}_{10}\text{cfu/g}$
- $TPC_{\text{tot}} = \frac{TPC_1 + TPC_2}{2} = \frac{3,477 + 2,740}{2} = 3,109 \text{ Log}_{10}\text{cfu/g}$

Foto Pengamatan:

**Hasil Penilaian Organoleptik Ayam Segar
(Suhu Ruang)**

Jam ke-2

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	9	9	9	9,00
2	9	9	9	9,00
3	9	9	9	9,00
4	8	9	9	8,67
5	9	9	9	9,00
6	8	9	9	8,67
7	9	9	9	9,00
8	9	9	9	9,00
9	8	9	9	8,67
10	9	9	9	9,00
				9
				0,16
				2%

Jam ke-4

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	8	8	9	8,33
2	8	9	9	8,67
3	8	9	8	8,33
4	8	9	9	8,67
5	8	8	9	8,33
6	8	8	9	8,33
7	8	9	9	8,67
8	8	8	9	8,33
9	8	9	8	8,33
10	8	9	9	8,67
				8
				0,17
				2%

Jam ke-6

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	8	7	8	7,67
2	7	8	8	7,67
3	8	8	8	8,00
4	7	8	8	7,67
5	8	7	8	7,67
6	8	7	8	7,67
7	8	8	8	8,00
8	8	7	8	7,67
9	7	8	7	7,33
10	8	8	8	8,00
				8
				0,21
				3%

Jam ke-8

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	7	7	7	7,00
2	7	7	7	7,00
3	7	7	7	7,00
4	5	7	7	6,33
5	7	7	7	7,00
6	7	7	7	7,00
7	7	7	7	7,00
8	7	7	7	7,00
9	5	7	7	6,33
10	7	7	7	7,00
				7
				0,28
				4%

Jam ke-10

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	5	5	5	5,00
2	5	5	5	5,00
3	5	5	7	5,67
4	3	5	5	4,33
5	5	5	5	5,00
6	5	5	5	5,00
7	5	5	5	5,00
8	5	5	5	5,00
9	3	5	7	5,00
10	5	5	7	5,67
				5
				0,38
				7%

Jam ke-12

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	5	5	5	5,00
2	5	5	5	5,00
3	5	5	5	5,00
4	3	5	3	3,67
5	5	5	5	5,00
6	5	5	5	5,00
7	5	5	5	5,00
8	5	5	5	5,00
9	3	5	3	3,67
10	5	5	5	5,00
				5
				0,56
				12%

Jam ke-14

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	3	3	3	3,00
2	3	3	3	3,00
3	3	3	3	3,00
4	1	3	1	1,67
5	3	3	3	3,00
6	3	3	3	3,00
7	3	3	3	3,00
8	3	3	3	3,00
9	1	3	3	2,33
10	3	3	3	3,00
				3
				0,45
				16%

Jam ke-16

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	3	1	3	2,33
2	1	3	3	2,33
3	3	3	3	3,00
4	1	3	1	1,67
5	3	3	3	3,00
6	3	3	3	3,00
7	3	3	3	3,00
8	3	1	3	2,33
9	1	3	1	1,67
10	3	3	3	3,00
				3
				0,55
				22%

Jam ke-18

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	1	1	1	1,00
2	1	1	1	1,00
3	1	1	1	1,00
4	1	1	1	1,00
5	1	1	1	1,00
6	1	1	1	1,00
7	1	1	1	1,00
8	1	1	1	1,00
9	1	1	1	1,00
10	1	1	1	1,00
				1
				0,00
				0%

Jam ke-20

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	1	1
4	1	1	1	1
5	1	1	1	1
6	1	1	1	1
7	1	1	1	1
8	1	1	1	1
9	1	1	1	1
10	1	1	1	1
				1
				0,00
				0,00%

Jam ke-22

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	1	1
4	1	1	1	1
5	1	1	1	1
6	1	1	1	1
7	1	1	1	1
8	1	1	1	1
9	1	1	1	1
10	1	1	1	1
				1
				0,00
				0,00%

Jam ke-24

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	1	1
4	1	1	1	1
5	1	1	1	1
6	1	1	1	1
7	1	1	1	1
8	1	1	1	1
9	1	1	1	1
10	1	1	1	1
				1
				0,00
				0,00%

**Hasil Penilaian Organoleptik Ayam Segar
(Suhu *Chiller*)**

Hari ke-1

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	9	9	9	9,00
2	9	9	9	9,00
3	9	9	9	9,00
4	9	9	9	9,00
5	9	9	9	9,00
6	8	9	9	8,67
7	9	9	9	9,00
8	9	9	9	9,00
9	8	9	9	8,67
10	9	9	9	9,00
				9
				0,14
				2%

Hari ke-2

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	8	9	9	8,67
2	9	9	8	8,67
3	8	9	9	8,67
4	8	9	9	8,67
5	9	9	9	9,00
6	8	9	9	8,67
7	8	9	9	8,67
8	9	9	9	9,00
9	8	8	9	8,33
10	8	9	8	8,33
				9
				0,22
				3%

Hari ke-3

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	8	8	8	8,00
2	8	8	8	8,00
3	8	8	8	8,00
4	7	8	8	7,67
5	8	8	8	8,00
6	7	8	8	7,67
7	8	8	8	8,00
8	7	8	8	7,67
9	8	8	8	8,00
10	8	8	8	8,00
				8
				0,16
				2%

Hari ke-4

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	8	8	8	8,00
2	8	7	8	7,67
3	8	8	8	8,00
4	7	7	7	7,00
5	7	8	8	7,67
6	7	8	8	7,67
7	8	8	7	7,67
8	7	8	8	7,67
9	8	8	8	8,00
10	7	8	8	7,67
				8
				0,29
				4%

Hari ke-5

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	7	8	8	7,67
2	7	7	7	7,00
3	8	8	8	8,00
4	7	7	7	7,00
5	7	8	8	7,67
6	7	8	8	7,67
7	8	8	7	7,67
8	7	8	7	7,33
9	8	8	8	8,00
10	7	8	8	7,67
				8
				0,35
				5%

Hari ke-6

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	7	7	8	7,33
2	7	7	7	7,00
3	7	8	8	7,67
4	7	7	7	7,00
5	7	8	8	7,67
6	7	8	8	7,67
7	8	8	8	8,00
8	7	7	7	7,00
9	7	8	8	7,67
10	7	7	8	7,33
				7
				0,35
				5%

Hari ke-7

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	5	7	8	6,7
2	5	7	7	6,3
3	5	7	8	6,7
4	5	7	7	6,3
5	5	7	8	6,7
6	5	7	7	6,3
7	7	7	8	7,3
8	5	5	7	5,7
9	5	7	8	6,7
10	5	7	8	6,7
				7
				0,42
				6%

Hari ke-8

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	5	5	7	5,67
2	5	5	3	4,33
3	3	5	7	5,00
4	5	5	3	4,33
5	3	5	7	5,00
6	3	5	5	4,33
7	5	5	7	5,67
8	3	3	5	3,67
9	3	5	5	4,33
10	3	5	5	4,33
				5
				0,65
				14%

Hari ke-9

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	3	3	5	3,67
2	3	3	1	2,33
3	1	3	5	3,00
4	3	3	1	2,33
5	3	3	5	3,67
6	1	3	3	2,33
7	3	3	5	3,67
8	1	1	3	1,67
9	1	3	3	2,33
10	1	3	3	2,33
				3
				0,72
				26%

Hari ke-10

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	3	1	3	2,3
2	1	1	1	1,0
3	1	1	1	1,0
4	1	1	1	1,0
5	3	1	3	2,3
6	1	1	1	1,0
7	1	1	1	1,0
8	1	1	1	1,0
9	1	1	1	1,0
10	1	1	1	1,0
				1
				0,56
				44%

Hari ke-11

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	1	1	1	1,00
2	1	1	1	1,00
3	1	1	1	1,00
4	1	1	1	1,00
5	1	1	1	1,00
6	1	1	1	1,00
7	1	1	1	1,00
8	1	1	1	1,00
9	1	1	1	1,00
10	1	1	1	1,00
				1
				0,00
				0%

Hari ke-12

Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	1	1	1	1,00
2	1	1	1	1,00
3	1	1	1	1,00
4	1	1	1	1,00
5	1	1	1	1,00
6	1	1	1	1,00
7	1	1	1	1,00
8	1	1	1	1,00
9	1	1	1	1,00
10	1	1	1	1,00
				1
				0,00
				0%

Hari ke-13












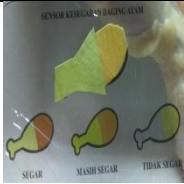
Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	1	1	1	1,00
2	1	1	1	1,00
3	1	1	1	1,00
4	1	1	1	1,00
5	1	1	1	1,00
6	1	1	1	1,00
7	1	1	1	1,00
8	1	1	1	1,00
9	1	1	1	1,00
10	1	1	1	1,00
				1
				0,00
				0%












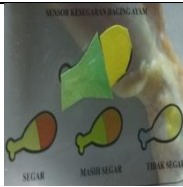
Hari ke-14













Panelis	Kenampakan	Bau	Tekstur	Rata-Rata
1	1	1	1	1,00
2	1	1	1	1,00
3	1	1	1	1,00
4	1	1	1	1,00
5	1	1	1	1,00
6	1	1	1	1,00
7	1	1	1	1,00
8	1	1	1	1,00
9	1	1	1	1,00
10	1	1	1	1,00
				1
				0,00
				0%

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










a) Suhu Ruang













Jam ke-		2	4	6	8
Label pintar	<i>Methyl red</i> (MR)				
		Segar	Segar	Masih segar	Masih segar
	<i>ImageJ</i> <i>mean RGB</i>	199,928	200,527	201,943	203,926
Label pintar	<i>Bromothymol</i> <i>blue (BTB)</i>				
		Segar	Segar	Masih segar	Masih segar
	<i>ImageJ</i> <i>mean RGB</i>	220,365	219,071	216,251	214,564
Aplikasi sensor					
pH daging ayam		5,68	5,75	5,87	5,96
Tekstur (g/4,5mm)		55,8	50	46,2	40,6
TVB (%N)		0,011	0,013	0,014	0,018
TPC (log ₁₀ cfu/g)		3,877	4,128	4,659	4,939
Evaluasi sensori		9	8	8	7













Jam ke-		10	12	14	16
Label pintar	<i>Methyl red (MR)</i>				
		Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar
	<i>ImageJ mean RGB</i>	208,146	209,613	212,772	216,917
	<i>Bromothymol blue (BTB)</i>				
		Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar
	<i>ImageJ mean RGB</i>	210,591	205,659	205,482	204,719
Aplikasi sensor					
pH daging ayam		6,11	6,17	6,25	6,30
Tekstur (g/4,5mm)		30,8	29,6	26,4	24,2
TVB (%N)		0,022	0,025	0,031	0,045
TPC ($\log_{10}\text{cfu/g}$)		5,586	6,549	7,811	8,049
Evaluasi sensori		5	5	3	3







Jam ke-		18	20	22	24
Label pintar	<i>Methyl red (MR)</i>				
		Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar
	<i>ImageJ mean RGB</i>	220,725	222,628	224,768	226,685
	<i>Bromothymol blue (BTB)</i>				
		Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar
	<i>ImageJ mean RGB</i>	204,607	203,924	201,443	199,424
Aplikasi sensor					
pH daging ayam		6,59	6,77	7,12	7,13
Tekstur (g/4,5mm)		22,2	20	18,4	16
TVB (%N)		0,055	0,060	0,070	0,083
TPC ($\log_{10}\text{cfu/g}$)		8,572	10,215	10,499	11,281
Evaluasi sensori		1	1	1	1

b) Suhu *chiller*

Hari ke-		1	2	3	4
Label pintar	<i>Methyl red</i> (MR)				
		Segar	Segar	Segar	Segar
	<i>ImageJ mean RGB</i>	199,304	201,063	202,413	203,176
	<i>Bromothymol blue</i> (BTB)				
		Segar	Segar	Segar	Segar
	<i>ImageJ mean RGB</i>	219,350	218,848	217,836	216,728
Aplikasi sensor					
pH daging ayam		5,60	5,64	5,67	5,71
Tekstur (g/4,5mm)		64,8	60	55	50,6
TVB (%N)		0,001	0,003	0,004	0,008
TPC (\log_{10} cfu/g)		3,109	3,308	3,941	4,312
Evaluasi sensori		9	9	8	8

Hari ke-		5	6	7	8
Label pintar	<i>Methyl red</i> (MR)				
		Masih segar	Masih segar	Masih segar	Tidak segar
	<i>ImageJ mean RGB</i>	206,015	206,630	207,457	208,308
Label pintar	<i>Bromothymol blue</i> (BTB)				
		Masih segar	Masih segar	Masih segar	Tidak segar
	<i>ImageJ mean RGB</i>	215,737	214,598	212,983	209,902
Aplikasi sensor					
pH daging ayam		5,79	5,84	5,87	6,05
Tekstur (g/4,5mm)		45,8	40	34,4	27,2
TVB (%N)		0,012	0,013	0,018	0,023
TPC ($\log_{10}\text{cfu/g}$)		4,568	4,749	4,989	5,398
Evaluasi sensori		8	7	7	5

Hari ke-		9	10	11	12
Label pintar	<i>Methyl red</i> (MR)				
		Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar
	<i>ImageJ</i> mean RGB	211,018	212,355	217,161	221,999
	<i>Bromothymol blue</i> (BTB)				
		Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar	Tidak segar
	<i>ImageJ</i> mean RGB	208,113	206,763	204,391	203,789
Aplikasi sensor					
pH daging ayam		6,12	6,30	6,60	6,76
Tekstur (g/4,5mm)		25,4	23,8	19,8	19,6
TVB (%N)		0,027	0,038	0,053	0,061
TPC (\log_{10} cfu/g)		5,602	5,954	6,533	6,999
Evaluasi sensori		3	1	1	1

Hari ke-		13	14
Label pintar	<i>Methyl red</i> (MR)		
		Tidak segar	Tidak segar
	<i>ImageJ</i> <i>mean RGB</i>	224,462	227,161
	<i>Bromothymol</i> <i>blue (BTB)</i>		
		Tidak segar	Tidak segar
	<i>ImageJ</i> <i>mean RGB</i>	202,516	198,710
Aplikasi sensor			
pH daging ayam		7,02	7,17
Tekstur (g/4,5mm)		15,6	12
TVB (%N)		0,076	0,081
TPC (log ₁₀ cfu/g)		7,219	7,816
Evaluasi sensori		1	1