

**PENGEMBANGAN KOMBINASI LABEL INDIKATOR KEMASAN
CERDAS (*SMART PACKAGING*) DAN KEMASAN AKTIF (*ACTIVE
PACKAGING*) UNTUK MEMONITORING DAN MEMPERTAHANKAN
MUTU DAGING SEGAR PADA PENYIMPANAN SUHU DINGIN**

*The development of Smart Packaging and Active Packaging Indicator
labels for Monitoring and Maintaining Fresh Meat Quality In cold Storage
Temperature*

SERLI HATUL HIDAYAT

G032181001



PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2020

**PENGEMBANGAN KOMBINASI LABEL INDIKATOR KEMASAN
CERDAS (*SMART PACKAGING*) DAN KEMASAN AKTIF (*ACTIVE
PACKAGING*) UNTUK MEMONITORING DAN MEMPERTAHANKAN
MUTU DAGING SEGAR PADA PENYIMPANAN SUHU DINGIN**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

**Program Studi
Ilmu dan Teknologi Pangan**

Disusun dan Diajukan Oleh

SERLI HATUL HIDAYAT

Kepada

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2020

TESIS

Pengembangan Kombinasi Label Indikator Kemasan Cerdas (*Smart Packaging*) dan Kemasan Aktif (*Active Packaging*) untuk Memonitoring dan Mempertahankan Mutu Daging

Disusun dan Diajukan oleh

SERLI HATUL HIDAYAT

G032181001

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

Pada Tanggal, 11 Agustus 2020

Komisi Penasihat

Ketua



Ir. Andi Dirpan, S.TP., M.Si., Ph.D
NIP. 19820208 200604 1 003

Anggota



Dr. Adiansyah Syarifuddin, S.TP., M.Si
NIP. 19770527 200312 1 001

**Ketua Program Studi
Ilmu dan Teknologi Pangan**



Dr. Adiansyah Syarifuddin, S.TP., M.Si
NIP. 19770527 200312 1 001

**Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin**



Prof. Dr. Sc. Agr. Ir. Baharuddin
NIP. 19601224 198601 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

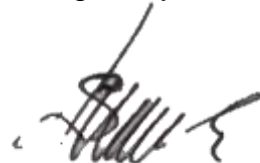
Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Serli Hatul Hidayat
Nomor Pokok : G032181001
Program Studi : Ilmu dan Teknologi Pangan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Agustus 2020

Yang menyatakan,



Serli Hatul Hidayat

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim, Alhamdulillah segala puji dan syukur yang mendalam dan tiada henti penulis kepada Allah SWT dengan segala rahmat dan hidayahNya telah memberikan kekuatan, rezeki, kesehatan dan keteguhan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tesis ini. Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister pada program studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin Makassar.

Penulis menghaturkan terima kasih banyak yang sebesar-besarnya kepada **Dr.Ir Andi Dirpan, STP., M.Si** dan **Dr. Adiansyah Syarifuddin, S.TP., M.Si** selaku pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, kritikan, saran dan motivasi kepada penulis dalam penyusunan tesis ini. Terima kasih kepada **Prof. Dr. Ir. Amran Laga, MS**, **Prof. Dr. Ir. Meta Mahendradatta** dan **Dr. Ir. Jumriah Langkong, MS** selaku penguji yang telah meluangkan waktunya guna memberikan masukan dan petunjuk menuju kesempurnaan dalam penyusunan tesis ini.

Melalui kesempatan yang berharga ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ayahanda **Timbang (Almarhum)** dan Ibunda **Minna** tercinta yang dengan penuh ketulusan dan kasih sayang selama ini telah membimbing dan membesarkan penulis serta senantiasa memberikan dukungan, semangat dan doa yang tak ternilai harganya.

Bagitupula pada kakak saya Haslinda yang memberi dukungan dan bantuannya sehingga penulis bisa menyelesaikan penyusunan tesis ini.

2. Rekan-rekan mahasiswa Pascasarjana Ilmu dan Teknologi Pangan saudari **Rahmaniar, Haryati, Indah, Indra Yuliana, Nurlaela Sari, Ilmiani Rusdin, Anita Rahman, Erina Septianti, Gabriel Serli Rombe**, dan saudara **Ardi M. Putra** dan **Kresno Sugiharto** yang menjadi teman seperjuangan dalam prosesi belajar hingga memperoleh gelar Magister.
3. Rekan-rekan tercinta saudari **Iftyta Amelyani Umar, Rosmawati**, dan **Jumrah** yang setia mendampingi dan membantu selama berlangsungnya penelitian di Laboratorium, terimakasih kepada rekan rekan **kak Muspirah Djalal, Irma Kamaruddin, Kasmira, sisil**, dan **Andi Fadiyah Aainan, Kurni, Winda, Ainun, Marselia, muhpidah** dan **Irwan** yang telah mensupport dalam penyelesaian tesis ini. Serta seluruh pihak yang telah membantu yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tidak ada manusia yang sempurna, sama halnya dengan tesis ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan Semoga laporan akhir ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca, khususnya penulis, Amin.

Makassar, Agustus 2020



Serli Hatul Hidayat

Abstrak

SERLI HATUL HIDAYAT. Pengembangan kombinasi label indikator kemasan cerdas (*smart packaging*) dan kemasan aktif (*active packaging*) untuk memonitoring dan mempertahankan mutu daging segar pada penyimpanan suhu dingin. (Dibimbing oleh Andi Dirpan dan Adiansayah Syarifuddin)

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui profil perubahan warna label indikator cerdas, untuk mengetahui efektivitas kertas aktif dengan penambahan ekstrak bawang putih konsentrasi 0%, 15%, dan 20% yang diaplikasikan pada daging sapi segar yang disimpan pada suhu dingin, serta untuk mengetahui tingkat korelasi label indikator cerdas dan kertas aktif terhadap berbagai parameter uji kebusukan daging sapi yang selanjutnya dilakukan pengujian terhadap berbagai parameter uji kebusukan daging sapi selama penyimpanan yaitu TBA, pH, *total volatile basa nitrogen* (TVBN), dan *total bakteri count* (TBC). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa label indikator cerdas mengalami perubahan warna dari kuning pekat ketika daging masih segar, warna oranye menandakan daging harus segera dikonsumsi serta warna merah pudar hingga keunguan menandakan daging sapi telah busuk. Tingkat efektivitas penggunaan ekstrak bawang putih memiliki kesamaan pada konsentrasi 15% dan 20% serta tingkat korelasi analisis warna label indikator dengan semua parameter kebusukan daging menunjukkan korelasi yang positif dalam mendeteksi tingkat kebusukan daging sapi selama penyimpanan.

Kata Kunci: Kemasan Cerdas, Kemasan aktif, ekstrak bawang putih, kualitas daging

Abstract

SERLI HATUL HIDAYAT. *The development of Smart Packaging And Active Packaging Indicator labels for Monitoring and Maintaining Fresh Meat Quality In cold Storage Temperature.* (Supervised by Andi Dirpan and Adiansayah Syarifuddin)

The purposes of this study were to determine the color change profile of smart indicator labels, to determine the effectiveness of active paper impregnated with garlic extract at concentrations of 0%, 15%, and 20% and applied to fresh beef stored at cold temperatures, and to determine the effectiveness of intelligent indicator labels and active paper in predicting related to beef quality. In this study, measurements of various beef rot decay parameters during storage were performed, namely TBA, pH, total volatile base nitrogen (TVBN), and total bacteria count (TBC). The results obtained indicate that the color of smart indicator label changed from dark yellow when the meat was fresh to orange as the beef degrade. At the same time, the color of the beef faded from red color to purplish which indicated the beef has rotten. The effectiveness of garlic extract in reducing the rote of deterioration was relatively the same at concentrations of 15% and 20%. In addition, there were positive correlation between the color of the indicator labels with the values of all the parameters used as indicators for decay of beef during storage.

Keywords: Smart packaging, Active packaging, garlic extract, beef quality

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	I
HALAMAN PENGESAHAN.....	III
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	IV
PRAKATA.....	V
ABSTRAK.....	VII
DAFTAR ISI	X
DAFTAR TABEL	XI
DAFTAR GAMBAR.....	XII
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan dan Kegunaan Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Daging.....	5
B. Sifat Fisiologis, Kimia Dan Biologis Daging	6
C. Kemasan Cerdas.....	11
D. Kemasan Aktif.....	12
E. Bawang Putih	13
F. Bromothymol Blue	14
G. Phenol Red.....	16
H. Prinsip Kemasan Aktif dan Cerdas	18
I. Analisa Total Volatit Bases Nitrogen (TVBN).....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
A. Waktu dan Tempat	22

B. Alat dan Bahan.....	22
C. Metode Penelitian.....	23
a. Pembuatan Larutan Indikator	23
b. Pembuatan Label Kemasan Cerdas	23
c. Pembuatan Ekstrak Bawang Putih	23
d. Pembuatan Kertas Aktif.....	24
e. Penerapan Kemasan Cerdas dan Aktif	25
D. Parameter Pengamatan	25
a. Parameter Pengamatan Daging Sapi	25
- <i>Total Bacterial Count (TBC)</i>	25
- Ph	27
- Nilai TVBN (<i>Total Volatile Bases Nitrogen</i>).....	27
- Nilai TBA (<i>Thio Barbituric Acid</i>)	28
b. Parameter Pengamatan label indikator kemasan cerdas	29
- Warna Indikator.....	29
E. Desain dan Analisis Data	30
F. Kerangka Berfikir.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
A. Penelitian Tahap 1	35
1. Uji Sensitivitas Indikator Kemasan Cerdas	35
B. Penelitian Tahap 2	39
1. Aktivitas daya hambat bakteri pada kertas aktif	39
4.1. Analisis Minyak Atsiri Umbi Bawang Putih	43
4.2. Total Volatile bases nitrogen (TVBN).....	45
4.3 <i>Thiobarbituric Acid (TBA)</i>	49

4.4. pH.....	53
4.5. <i>Total Bacterial Counts (TBC)</i>	56
4.6. Respon Indikator Kemasan Cerdas	60
4.7. Korelasi antara Respon Sensor Label Indikator	71
BAB V PENUTUP	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN	88

DAFTAR TABEL

No	Judul Tabel	Halaman
1	Komposisi kimia daging sapi	6
2	Hasil Pengujian antibakteri kertas aktif metode difusi agar	39
3	Komposisi komponen volatile ekstrak bawang putih	44
4	Perbandingan Data Analisa Respon Label Indikator Kemasan Cerdas dengan Parameter Kemunduran Mutu Daging Sapi	72

DAFTAR GAMBAR

No	Judul Gambar	Halaman
1	Struktur Kimia <i>Bromothymol blue</i>	14
2	Warna <i>Bromothymol blue</i> Berdasarkan pH	16
3	Struktur Kimia <i>Phenol Red</i>	16
4	<i>Phenol Red</i> dalam kondisi pH 6-8	18
5	Diagram alir pembuatan indikator kemasan cerdas	32
6	Diagram alir pembuatan Kertas aktif	33
7	Prosedur Penelitian	34
8	Uji sensitivitas Indikator terhadap kertas aktif, suhu dan lama penyimpanan	36
9	Perubahan warna pada Indikator kemasan cerdas A1 = <i>Phenol Red</i> (PR) + <i>Bromothymol Blue</i> (BTB) (1:1) pH 5; A2 = <i>Bromothymol Blue</i> (BTB) pH 2,74 A3 = <i>Phenol Red</i> (PR) pH 2,66	37
10	Grafik Regresi Hasil Pengujian Antibakteri Kertas Aktif	40
11	Grafik analisa senyawa volatile ekstrak bawang putih	43
12	Grafik perubahan nilai TVBN daging sapi	46
13	Hasil Analisa senyawa TBA sampel daging segar pada kemasan cerdas dan aktif	50
14	Nilai pH Daging Sapi dalam Kemasan	53
15	Grafik Nilai TBC Daging Sapi Selama Penyimpanan	57
16	Hasil Respon Indikator Kemasan Cerdas Terhadap Daging Sapi yang Disimpan pada Suhu Dingin	62
17	Mekanisme perubahan warna indikator kemasan cerdas akibat dekomposisi zat gisi daging sapi yang dikemas	65

No	Judul Gambar	Halaman
18	Grafik °Hue Label Indikator Cerdas Selama Penyimpanan di Suhu Dingin	67
19	Nilai L Label Indikator Cerdas Selama Penyimpanan di Suhu Dingin	68
20	Nilai Chroma Label indikator kemasan cerdas selama penyimpanan	69
21	Diagram Hue Indikator Kemasan Cerdas dengan Perlakuan Penambahan Ekstrak Bawang Putih 0%, 15% dan 20%	70
22	Korelasi Hubungan Perubahan Warna Label Indikator Cerdas dengan Semua Parameter Kebusukan Daging Sapi dengan Penambahan Ekstrak Bawang Putih (0%)	74
23	Korelasi Hubungan Perubahan Warna Label Indikator Cerdas dengan Semua Parameter Kebusukan Daging Sapi dengan Penambahan Ekstrak Bawang Putih (15%)	74
24	Korelasi Hubungan Perubahan Warna Label Indikator Cerdas dengan Semua Parameter Kebusukan Daging Sapi dengan Penambahan Ekstrak Bawang Putih (20%)	75

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Konsumsi daging sapi terus meningkat dengan rata-rata konsumsi sekitar 6,30% pertahun, pada tahun 2017 hingga 2021 diproyeksikan konsumsi daging akan meningkat hingga 7,55% (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2016). Namun daging sapi sangat rentan terhadap kerusakan karena mengandung protein 65-80%, air, nitrogen dan lemak yang merupakan media yang baik pertumbuhan mikroorganisme sehingga memiliki daya simpan yang pendek dan memiliki kualitas yang rendah (Beltrán *et al.*, 2019; Iriani *et al.*, 2014; Bahar, 2013).

Penurunan mutu daging segar yang cepat tentunya akan beresiko terhadap konsumen dan kerugian ekonomi bagi produsen (Sahoo *et al.*, 2012). Salah satu faktor lain pemicu penurunan mutu daging adalah kondisi pemasaran dan pengemasan daging. Umumnya, daging dipasarkan pada ruang terbuka tanpa kemasan sehingga dapat memicu kontaminasi mikroba lebih cepat yang ditandai dengan perubahan warna, tekstur dan flavor yang berakhir pada pembusukan. Sedangkan, pemasaran daging yang dikemas menyulitkan konsumen untuk mendeteksi tingkat kemunduran mutu daging.

Hal tersebut menandakan perlunya pengawasan dan pengendalian mutu daging dengan mengembangkan sistem pengemasan pada daging seperti pengembangan kemasan aktif dan kemasan cerdas. Kemasan aktif

merupakan kemasan yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme pada produk yang dikemas karena mengandung antimikroba salah satunya minyak esensial bawang putih (Fang *et al.*, 2015) yang dapat meminimalisir perubahan warna, aroma, dan citarasa pada daging (Riyanto *et al.*, 2014; Rodrigues *et al.*, 2000) yang selanjutnya dikombinasikan dengan kemasan cerdas. Kemasan cerdas merupakan yang dapat memonitoring perubahan mutu dan memberi informasi kualitas daging berdasarkan perubahan warna indikator, sehingga dapat mengurangi kerugian akibat kerusakan produk. (Dobrucka *et al.*, 2014; Pacquit *et al.*, 2008; Riyanto *et al.*, 2014).

Penelitian mengenai pengaplikasian kemasan aktif dan cerdas pada daging telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya seperti penelitian kemasan cerdas telah dilakukan pada daging kerbau menggunakan indikator *bromoPhenol blue* yang mengalami perubahan warna dari kuning ke biru selama penyimpanan daging (Sukla *et al.*, 2015). Yolanda, (2018) menggunakan kemasan aktif dan cerdas pada ikan tuna, dan pengaplikasian kemasan cerdas untuk mendeteksi kesegaran filet ikan kurisi (*Nemipterus nematop horus*) oleh Riyanto *et al.*, (2014) dan untuk pengaplikasian kemasan aktif telah dilakukan oleh (Wiastuti *et al.*, 2016) yang menggunakan oleoresin jahe dengan konsentrasi 2%, 4%, dan 6% pada pembuatan kertas aktif, serta Iriani *et al.*, (2014) yang menambahkan ekstrak bawang putih pada daging segar.

Namun penelitian mengenai kombinasi kemasan cerdas dan aktif masih sangat terbatas. Bahkan belum pernah dilakukan penelitian terhadap kombinasi penggunaan kemasan cerdas dan kemasan aktif yang diaplikasikan pada daging segar yang disimpan pada suhu dingin. Oleh karena itu penelitian ini difokuskan terhadap penerapan kemasan cerdas dan aktif pada daging segar dengan penyimpanan suhu dingin.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka terdapat masalah yang dapat dirumuskan yaitu sbb :

1. Bagaimana profil perubahan warna label indikator cerdas pada saat diaplikasikan pada daging sapi segar yang disimpan pada suhu dingin ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) ?
2. Bagaimana efektivitas kertas aktif dengan penambahan ekstrak bawang putih konsentrasi 15% dan 20% pada daging sapi segar yang sebelum dan setelah dikemas ?
3. Bagaimana korelasi antara nilai analisis warna indikator cerdas terhadap berbagai parameter uji kebusukan daging sapi segar yang disimpan pada suhu dingin ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$) ?

C. Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Adapun tujuan dan kegunaan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui profil perubahan warna label indikator cerdas (*smart*) pada saat diaplikasikan pada daging sapi segar yang disimpan pada suhu dingin ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$),
2. Untuk mengetahui efektivitas kertas aktif dengan penambahan ekstrak bawang putih konsentrasi 15% dan 20% pada daging sapi segar yang sebelum dan setelah dikemas,
3. Untuk mengetahui korelasi antara nilai analisis warna indikator cerdas terhadap berbagai parameter uji kebusukan daging sapi segar.

Kegunaan yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat dijadikan sebagai sumber informasi kepada masyarakat dan industri kemasan tentang cara membuat kemasan aktif dan cerdas sebagai elemen kemasan yang berkemampuan ganda dan dengan adanya kombinasi kemasan aktif dan cerdas diharapkan konsumen dapat lebih mudah dalam memonitor dan mempertahankan mutu produk pangan yang dikemas, khususnya pada daging segar yang disimpan pada suhu dingin.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Daging

Daging merupakan bahan pangan hasil peternakan yang merupakan sumber energi untuk memenuhi kebutuhan tubuh berupa zat gizi, protein, lemak, mineral dan air. Komposisi daging sapi tiap 100 gram bahan yaitu protein 18,8%, lemak 14%, kalori 207 %, kalsium 11,0% dan air sebanyak 66,0% (Muchtadi, 1989). Daging segar merupakan daging yang belum diolah dan atau tidak ditambahkan dengan bahan (Badan Standardisasi Nasional., 2008). Ciri-ciri daging segar, (1) warna merah cerah dan mengkilat, daging yang mulai rusak berwarna coklat kehijauan, kuning dan akhirnya tidak berwarna. (2) bau tidak masam/busuk. (3) tekstur kenyal, padat, dan tidak kaku, bila ditekan maka bekas pijatan cepat kembali ke posisi semula. (4) tidak berlendir, tidak terasa lengket ditangan dan terasa basah (Febrianti *et al*, 2014) .

Daging diperlukan untuk memenuhi kebutuhan protein, karena daging mengandung protein yang bermutu tinggi, yang mampu menyumbangkan asam amino esensial yang lengkap. Menurut Soputan, (2004), daging didefinisikan sebagai bagian dari hewan potong yang digunakan manusia sebagai bahan makanan, selain mempunyai penampakan yang menarik selera, juga merupakan sumber protein hewani berkualitas tinggi. Daging adalah seluruh bagian dari ternak yang sudah dipotong dari tubuh ternak

kecuali tanduk, kuku, tulang dan bulunya. Dengan demikian hati, limpa, otak, dan isi perut seperti usus juga termasuk daging. Komposisi lengkap daging dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia daging sapi

Komponen	Jumlah
Kalori (Kal)	207
Protein (g)	18.80
Lemak (g)	14.00
Kalsium (mg)	11.00
Fosfor (mg)	170.00
Besi (mg)	2.80
Vitamin A (SI)	30
Vitamin B1 (mg)	0.08
Air (g)	66.0

Sumber: (Departemen Kesehatan, 1996)

B. Sifat Fisiologis, Kimia Dan Biologis Daging Selama Penyimpanan

Selama penanganan dan penyimpanan, permukaan daging segar dapat terkontaminasi dari peralatan, perlengkapan pekerja, atau kontaminasi silang sehingga terjadi penurunan atribut mutu (Fang *et al.*, 2015). Oleh karena itu dilakukan pengemasan daging segar untuk menghindari kontaminasi, menunda pembusukan, mengizinkan beberapa aktivitas enzimatik untuk

memperbaiki kelembutan, mengurangi susut bobot, dan memastikan warna daging tetap terjaga (Kerry *et al.*, 2006). Beberapa perubahan yang terjadi pada daging segar pasca potong yakni adanya perubahan fisik dan biologis.

Daging adalah bahan pangan yang berasal dari hewani yang diperuntukkan untuk konsumsi masyarakat. Sebelum sampai ketangan konsumen daging akan mengalami beberapa perubahan fisik seperti perubahan warna, pH daya serap air dan beberapa perubahan lainnya.

1. pH

Power of Hydrogen meter atau pH meter merupakan suatu alat yang memiliki fungsi untuk menentukan kadar keasaman dalam suatu larutan (Shmaefsky, 2006). Pada bagian ujung pH meter terdapat suatu elektroda yang memiliki fungsi untuk menangkap aliran listrik didalam larutan yang kemudian menginterpretasikannya kedalam nilai pH petunjuk angka. Sebelum digunakan, pH meter harus di kalibrasi terlebih dahulu dengan larutan standar untuk mendapatkan hasil yang akurat. Elektrode pada pH meter memiliki sifat mudah rusak. Oleh karena itu, pH meter dalam keadaan tidak digunakan harus disimpan dalam keadaan elektrode terendam dalam larutan pH 4 (McQuarrie *et al.*, 1997).

Nilai pH sangat penting untuk diperhatikan karena pH dapat menunjukkan penyimpangan kualitas daging yang berkaitan dengan warna, keempukan, cita rasa, daya mengikat air dan masa simpan (Lukman, 2009).

Kondisi ternak akan mempengaruhi glikogen dalam otot sebelum dan sesaat sebelum dilakukan pemotongan. Kondisi ternak yang mengalami stress sebelum pemotongan juga akan berpengaruh terhadap ketersediaan glikogen dalam otot dan akan berpengaruh terhadap tinggi atau rendahnya nilai pH daging pascamati. Soeparno *et al.*, (2005) mengemukakan pH lebih dipengaruhi oleh stres sebelum pemotongan, pemberian injeksi hormone atau obat-obatan, spesies, individu ternak, jenis otot, stimulasi listrik, aktivitas enzim dan terjadinya glikolisis. Glikogen menjadi salah satu faktor yang menentukan pH akhir daging yang akan member dampak terhadap karakteristik daging pascamati. Menurut Soeparno *et al.*, (2005) pH normal untuk daging sapi yaitu berkisar antara 5,3-5,9, tergantung dari laju glikolisis *postmortem* serta cadangan glikogen dalam otot. Secara umum pH daging berkisar antara 4,6-6,4 (Feiner, 2006; Soeparno *et al.*, 2005).

Selain glikogen suhu penyimpanan juga mempengaruhi kadar pH pada daging dimana suhu tinggi akan meningkatkan laju penurunan pH dan suhu rendah menghambat laju penurunan pH (Soeparno *et al.*, 2005).

Menurut Aberle *et al.*, (2001) laju penurunan pH dibagi menjadi 3 bagian yakni, Penurunan pH secara Normal, penurunan pH bertahap dan penurunan pH relative cepat.

1. Pola penurunan pH secara normal

Pada kondisi ini pH mengalami penurunan secara bertahap dari 7,0 hingga berkisar 5,6-5,7 dalam waktu 6-8 jam setelah pemotongan dan mencapai pH akhir sekitar 5,3-5,7.

2. Nilai pH menurun sedikit sekali pada jam-jam pertama setelah pemotongan dan tetap sampai mencapai pH akhir sekitar 6,5 - 6,8. Sifat daging yang dihasilkan berwarna gelap, keras dan kering atau dikenal dengan daging *dark firm dry* (DFD).

3. Nilai pH menurun relatif cepat sampai berkisar 5,4-5,5 pada jam pertama setelah pemotongan dan mencapai pH akhir sekitar 5,3-5,6. Sifat daging yang dihasilkan berwarna pucat, lembek dan berair atau dikenal dengan daging *pale soft exudative* (PSE).

a. Warna daging

Warna daging merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan kualitas daging secara fisik dan menjadi indikator kesegaran daging. Warna daging dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya pakan, spesies, bangsa, umur, jenis kelamin, stres (tingkat aktivitas dan tipe otot), pH dan oksigen. Penentuan warna daging berdasarkan konsentrasi mioglobin (tipe molekul mioglobin dan status kimia mioglobin) kondisi fisik dan kimia serta komponen lainnya dalam daging. Soeparno *et al.*, (2005) menyatakan mioglobin mengalami perubahan pada potongan daging yang berwarna

gelap. Warna gelap pada potongan daging mempunyai pH *postmortem* dan daya ikat air yang tinggi serta memiliki tekstur yang lekat. Warna gelap pada daging berhubungan tidak langsung dengan pH dan berhubungan erat dengan respirasi mitokondrial, sehingga konsentrasi oksimioglobin merah terang tetap rendah (Lawrie, 2003; Soeparno, 2011).

Warna daging juga dipengaruhi oleh pigmen yaitu mioglobin. Jenis molekul dan status kimia mioglobin, serta kondisi kimia dan fisik yang terdapat dalam daging berperan besar dalam menentukan warna daging. Mioglobin sebagai salah satu dari protein sarkoplasmik terbentuk dari suatu rantai polipeptida tunggal terikat di sekeliling *group Heme* yang membawa oksigen. *Group heme* tersusun dari suatu atom Fe dan suatu cincin porfirin. Perbedaan warna daging antar spesies disebabkan konsentrasi mioglobin, yang akan meningkat seiring dengan meningkatnya umur ternak (Lawrie, 2003; Soeparno, 2005). Aberle *et al.*, (2001) menyatakan bahwa warna daging yang disukai konsumen adalah merah cerah yang menunjukkan mutu daging. Perubahan warna daging dipengaruhi oleh banyak faktor. Daging yang terekspos dengan udara (O_2), mioglobin dan oksigen dalam daging akan bereaksi membentuk *ferrousoxymyoglobin* (OxyMb) sehingga daging akan berwarna merah cerah. Apabila waktu kontak antara mioglobin dengan oksigen berlangsung lama, maka akan terjadi oksidasi membentuk *ferricmetmyoglobin* (MetMb), sehingga daging berwarna coklat dan tidak menarik (Zhang *et al.*, 2010)

C. Kemasan Cerdas

Kemasan cerdas (*smartpackaging*) merupakan kemasan yang berfungsi sebagai indikator kesegaran atau kualitas produk pangan yang dikemas. Adanya indikator tersebut dapat mempermudah pengawasan kondisi produk terkemas selama transportasi dan penyimpanan. Kemasan cerdas memanfaatkan sensor kimia ataupun biosensor untuk memantau kualitas dan keamanan makanan dari produsen ke konsumen (Kuswandi *et al.*, 2011). Sistem kemasan cerdas mampu menjalankan fungsi seperti penginderaan, mendeteksi, melacak, merekam dan mengkomunikasikan kualitas pangan sepanjang rantai pangan. Indikator dapat memberikan informasi mengenai perubahan yang terjadi di dalam produk atau lingkungan sekitar produk (suhu, pH) melalui perubahan visual. Terdapat dua indikator yang digunakan pada kemasan cerdas yaitu *time temperature integrators* (TTI) dan *Food Quality Indicators* (FQI). Kedua indikator tersebut memiliki prinsip kerja sebagai *colorimetric* dengan melihat perubahan warna akibat menurunnya mutu produk di dalam kemasan berdasarkan prinsip kimia. TTI menjamin kondisi rantai dingin, sedangkan FQI menjamin kualitas. Penggunaan kemasan cerdas dapat memberikan informasi aktual mengenai kesegaran dan keamanan produk pangan yang dikemas, menurunkan kerugian akibat kerusakan produk, dan memberikan estimasi lebih akurat dibandingkan dengan label “baik digunakan sebelum tanggal” (Waldingga, 2009).

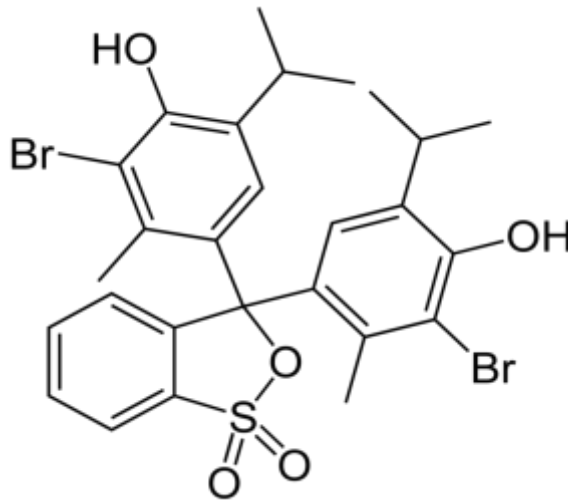
D. Kemasan Aktif

Kemasan aktif (*active packaging*) merupakan kemasan yang dibuat dengan tujuan untuk memperpanjang masa simpan, mempertahankan atau meningkatkan kondisi pangan yang dikemas. Konsep kemasan aktif yaitu dengan menambahkan komponen tertentu ke dalam sistem kemasan yang dapat melepaskan atau menyerap zat-zat tertentu dari atau ke dalam pangan yang dikemas. Penambahan kemasan aktif pada kemasan produk pangan memiliki kemampuan untuk memerangkap atau menahan masuknya oksigen, menyerap karbondioksida, uap air, etilen dan flavour, mengeluarkan karbondioksida, etanol, antioksidan serta memelihara kontrol suhu dan bertanggungjawab terhadap perubahan suhu (Setiautami, 2013). Salah satu contoh penggunaan kemasan aktif yaitu kemasan antimikroba. Penggunaan kemasan antimikroba dapat memperpanjang umur simpan dan mempertahankan mutu dan keamanan pangan yang dikemas. Kemasan antimikroba dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu kemasan berbahan antimikroba yang dapat bermigrasi ke permukaan pangan sehingga kontak dengan pangan dan antimikroba yang efektif menghambat pertumbuhan mikroba di permukaan pangan tanpa adanya migrasi (Setiautami, 2013).

E. Bawang Putih

Bawang putih (*Allium sativum*) merupakan umbi lapis yang memiliki kandungan senyawa *allicin* sebagai senyawa antibakteri terhadap gram positif dan gram negative. Menurut (Singh *et al.*, 2008) bawang putih mengandung senyawa *allicin* sebanyak 70-80% yang bertindak sebagai agen antimikroba. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan (Hardana *et al.*, 2016) melihat pengaruh aktivitas antimikroba ekstrak bawang putih terhadap bakteri gram positif (*Staphylococcus aureus*) dan gram negatif (*Eschericia coli*). Penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa bawang putih berpengaruh terhadap zona hambat pertumbuhan bakteri. Kamaruddin pada tahun 2018 juga melakukan pembuatan elemen kertas aktif menggunakan ekstrak bawang putih dalam mempertahankan kualitas daging sapi. Konsentrasi ekstrak bawang putih yang digunakan yaitu 5%, 10% dan 15%. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemberian ekstrak bawang putih dengan konsentrasi 15% pada kertas aktif lebih efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri (Yolanda, 2018). Hal ini juga dilakukan oleh (Wiryawan, *et al.*, 2005) bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak bawang putih maka semakin tinggi pula aktivitas antibakterinya.

F. Bromothymol Blue



Gambar 1. Struktur Kimia Bromothymol blue
(Health, 2004)

Bromothymol blue juga dikenal sebagai *bromothymol sulfone* *pHthalein* dan BTB adalah indikator pH yang digunakan pada pengaplikasian sampel yang membutuhkan indikator dan memiliki pH yang relatif netral. *Bromothymol blue* umumnya digunakan untuk mengukur keberadaan asam karbonat yang biasanya ditemukan dalam bentuk padat sebagai garam natrium dari indikator asam, *Bromothymol blue* bertindak sebagai asam lemah dalam larutan. Dengan demikian dalam bentuk terprotonasi atau terdeprotonasi, masing-masing tampak kuning atau biru. Deprotonasi bentuk netral menghasilkan struktur yang sangat terkonjugasi, bertanggung jawab atas perbedaan warna. Perantara dari mekanisme deprotonasi bertanggung jawab atas warna kehijauan dalam larutan netral. Bentuk terprotonasi dari

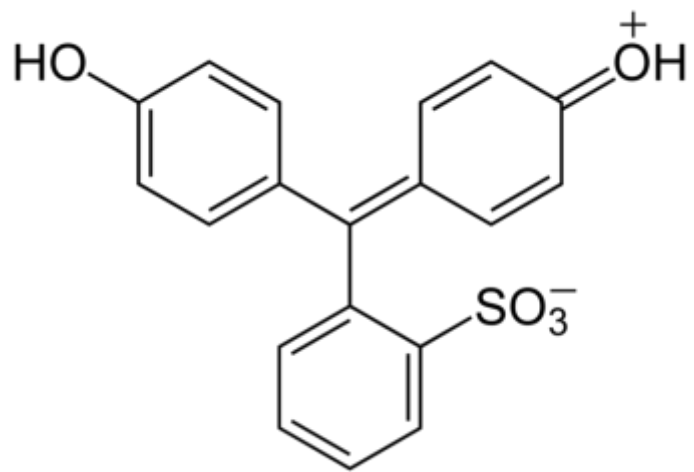
bromothymol blue memiliki penyerapan puncaknya pada 427 nm sehingga mentransmisikan cahaya kuning dalam larutan asam, dan bentuk terdeprotonasi memiliki penyerapan puncaknya pada 602 nm sehingga mentransmisikan cahaya biru dalam larutan yang lebih mendasar. (Nahhal *et al.*, 2012) *Bromothymol blue* yang sangat asam berwarna magenta. Kehadiran satu gugus penarik elektron moderat (atom bromin) dan dua kelompok donor moderat (*substituen alkil*) bertanggung jawab atas kisaran indikasi aktif *bromothymol blue* mulai dari pH 6,0 hingga 7,6. Sementara konjugasi bertanggung jawab atas panjang dan sifat kisaran perubahan warna, kelompok-kelompok substituen ini pada akhirnya bertanggung jawab atas rentang aktif indikator. *Bromothymol blue* sedikit larut dalam minyak, tetapi larut dalam air, eter, dan larutan alkali berair. Sedangkan kurang larut dalam pelarut nonpolar seperti benzena, toluena, dan xylene, dan praktis tidak larut dalam petroleum eter. Untuk menyiapkan solusi digunakan sebagai indikator pH, larutan 0,10 g dalam 8,0 cm³ N / 50 NaOH dan enceran dengan air hingga 250 cm³, untuk menyiapkan solusi yang digunakan sebagai indikator dalam pekerjaan volumetrik, larutkan 0,1 g dalam 100 cm³ etanol 50% (v/v) (O'Neil *et al.*, 2006)

Bromothymol blue dapat digunakan untuk mengamati aktivitas fotosintesis, atau sebagai indikator pernapasan (berubah menjadi kuning saat ditambahkan CO₂) (Sabnis, 2010; Sabnis, 2007).



Gambar 2. Warna Bromothymol Blue Berdasarkan pH
(Health, 2004)

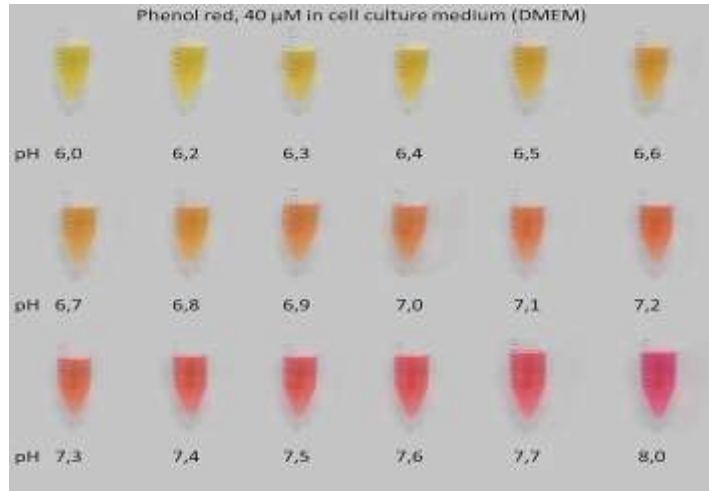
G. Phenol Red



Gambar 3. Struktur Kimia Phenol Red
(Health, 2004)

Fenol merah ada sebagai kristal merah yang stabil di udara. Kelarutannya adalah 0,77 gram per liter (g/l) dalam air dan 2,9 g / l dalam etanol dan merupakan asam lemah dengan $pK_a = 8,00$ pada $20^\circ C$ ($68^\circ F$). Suatu larutan fenol merah digunakan sebagai indikator pH, seringkali dalam kultur sel. Warnanya menunjukkan transisi bertahap dari kuning ($\lambda_{max} = 443$ nm) menjadi merah ($\lambda_{max} = 570$ nm) pada kisaran pH 6,8 hingga 8,2. Di atas pH 8,2, fenol merah berubah menjadi warna merah muda terang. Fenol merah (indikator pH) di bawah pH 6,8 di atas pH 8,26.8 \approx 8.2. Dalam bentuk kristal, dan dalam larutan dalam kondisi yang sangat asam (pH rendah), senyawa tersebut ada sebagai zwitterion seperti pada struktur yang ditunjukkan di atas, dengan gugus sulfat bermuatan negatif, dan gugus keton membawa proton tambahan. Bentuk ini terkadang secara simbolis ditulis sebagai H^+2PS^- dan berwarna oranye-merah. Jika pH meningkat ($pK_a = 1.2$), proton dari gugus keton hilang, menghasilkan ion kuning bermuatan negatif yang dilambangkan sebagai HPS^- . Pada pH yang masih lebih tinggi ($pK_a = 7,7$), gugus hidroksi fenol kehilangan protonnya, menghasilkan ion merah yang dinotasikan sebagai PS^2 (Tamaru *et al.*, 1997). Dalam beberapa sumber, struktur fenol merah ditunjukkan dengan atom sulfur menjadi bagian dari kelompok siklik, mirip dengan struktur fenolftalein. Namun, struktur siklik ini tidak dapat dikonfirmasi oleh kristalografi sinar-X. (Yamaguchi, 1997). Beberapa indikator memiliki struktur yang mirip dengan fenol merah,

termasuk *bromothymol blue*, *thymol blue*, *bromocresol purple*, *thymolphthalein*, dan *Phenolphthalein*.



Gambar 4. Phenol Red dalam kondisi pH 6-8 (Rukchon *et al.*, 2014)

H. Prinsip Kemasan Aktif dan Cerdas

Kemasan cerdas merupakan kemasan berisi indikator yang diletakkan eksternal atau internal untuk memberikan informasi atau mendeteksi riwayat kualitas pangan yang dikemas (Dobrucka dan Cierpiszewski, 2014). Salah satu jenis kemasan cerdas yang digunakan untuk memonitor mutu pangan adalah *Food Quality Indicators* (FQI) berupa indikator yang mengalami perubahan warna akibat reaksi kimiawi atau biologis di dalam kemasan yang mengindikasikan penurunan mutu produk. Selama penyimpanan daging akan terjadi dekomposisi senyawa kimia, khususnya protein dipecah menjadi

senyawa sederhana dan akan menghasilkan senyawa berbau busuk akibat pembentukan senyawa amin mudah menguap yang dikenal sebagai *Total Volatile Bases Nitrogen* (TVBN), serta senyawa organik volatil dan molekul gas lain seperti H₂, CO₂, H₂S, NH₃, CH₄ terus meningkat selama kemunduran mutu pada daging. Peningkatan TVBN disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme (Kristanti *et al.*, 2015). TVBN akan terakumulasi dalam kemasan sehingga terjadi peningkatan pH pada sistem kemasan, kemudian terdeteksi oleh indikator dan menyebabkan perubahan warna pada indikator pH yang mudah terlihat secara visual (Pacquit *et al.*, 2008). Indikator pH berbasis warna sering digunakan sebagai indikator metabolit mikroba untuk memonitor penurunan mutu atau kebusukan pangan (Kuswandi *et al.*, 2015). Umumnya indikator pH yang digunakan diimobilisasi pada membran polimer selulosa (Pacquit *et al.*, 2008). Penelitian kemasan cerdas telah dilakukan pada daging kerbau menggunakan indikator *Bromophenol blue* yang mengalami perubahan warna dari kuning ke biru selama penyimpanan (Shukla *et al.*, 2015). Penelitian lain telah dilakukan untuk mendeteksi kesegaran filet ikan kurisi oleh Riyanto, (2014) yang menggunakan indikator pH *bromothymol blue* (BTB), *bromocresol green* (BCG), *bromocresol purple* (BCP), serta campuran *bromocresol green* (BCG) dan *methyl red* (MR) yang diimobilisasi pada plastik perekat. Hasil respon indikator terbaik ditunjukkan BCG, BCP, dan campuran BCGMR. Perubahan warna indikator yang terjadi mudah diidentifikasi secara visual ketika kandungan TVBN dan TBC filet ikan

kurisi masing-masing mencapai $33,29 \pm 4,2$ mg N/100 g dan 106 cfu/gr. Kemasan aktif merupakan penggabungan senyawa aditif tertentu ke dalam film kemasan untuk mempertahankan atau meningkatkan umur simpan, menjamin keamanan produk, menjalankan peran dalam pengawetan pangan dan memberikan penghalang *inert* untuk kondisi (Dobrucka *et al.*, 2014; Rodrigues *et al.*, 2000). Kemasan aktif terbagi menjadi tiga kategori yaitu, (1) pelepas (etanol, sorbat, antioksidan, antimikroba, dan pengawet lain), (2) penangkap (oksigen, uap air, karbondioksida, etilen dan kontaminan bau), dan (3) pengatur, misalnya suhu (Atmaka *et al.*, 2016).

I. Analisa Total Volatile Bases Nitrogen (TVBN)

Pengujian *Total Volatile Bases Nitrogen* (TVBN) merupakan metode pengukuran yang dapat digunakan untuk menentukan tingkat kesegaran daging. Prinsip dari pengujian TVBN adalah senyawa basa volatile (ammonia, monodi, trimetilamin, dan lain-lain) yang terdapat pada daging diuapkan. Senyawa volatile tersebut sebagai hasil dekomposisi protein oleh enzim maupun mikroba, senyawa-senyawa tersebut kemudian diikat oleh asam borat dan dititrasi dengan HCL 0,02 N. Kadar TVBN pada daging dapat digunakan sebagai indikator penilaian terhadap penurunan kualitas daging (Campbell *et al.*, 2002).

Secara umum daging terdiri dari air dan bahan-bahan padat. Bahan padat daging terdiri dari bahan-bahan yang mengandung nitrogen, mineral, garam

dan abu. Lebih kurang 20% dari semua bahan padat dalam daging adalah protein (Muchtadi *et al.*, 2010). Kandungan protein yang ada pada daging akan dipecah menjadi senyawa yang lebih sederhana dan apabila proses ini berlanjut terus akan menghasilkan senyawa yang berbau busuk, seperti indol, skatol, merkaptan, aminamin dan H₂S. Di antara senyawa-senyawa tersebut hanya merkaptan dan H₂S yang bersifat asam lemah, selebihnya bersifat basa dan basa kuat, sehingga proses pembusukan ini akan diikuti oleh peningkatan pH, dan basa kuat yang terbentuk dapat dideteksi dengan cara pengukuran total volatile base (TVB). Oleh karena itu pengukuran pH dan nilai TVB dapat digunakan sebagai indikator pengukuran masa simpan daging (Suradi, 2005)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2019 sampai Maret 2020 bertempat di Laboratorium Pengolahan Pangan dan Laboratorium Kimia Analisa dan Pengawasan Mutu Pangan, Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin Makassar, Pusat Kegiatan Penelitian Universitas Hasanuddin, Laboratorium Politeknik Ujung Pandang dan Laboratorium Politeknik Negeri Lhokseumawe Aceh.

B. Alat dan Bahan

Alat yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu *Erlenmeyer* 500 ml, *pyrex glass rectangular roaster* 40x27cm, gelas kimia 500 ml, tabung reaksi, cawan petri, pipet volumetrik, kaca, pencetak kayu, desikator, cawan *conway*, pisau, blender, inkubator, vortex, autoklaf, pH meter, *colorimeter*, homogenizer, oven, *texture analyser* (Brookfield CT3 100), evaporator, *laminar air flow*, timbangan analitik, autoklaf, *hot plate*, *magnetic stirrer*, *hair dryer*, mikroskop digital dan kulkas.

Bahan yang digunakan pada penelitian yaitu daging sapi segar (tenderloin), *bromothymol blue* (BTB), *Phenol Red* (PR), kertas Whatman, aquades, pati tapioka, asam asetat 1%, bubuk kitosan, bawang putih, tween 80, agar bubuk, kertas *whatmann* no.1, asam asetat glasial, etanol 95%,

Styrofoam 1,05 cm³, film LDPE 0,9 g/cm³, buffer fosfat pH 7, aquades, TCA 7%, K₂CO₃, HCl 0,01 1 N, larutan fisiologis 0,85%, *Nutrien Agar* (NA), plastisin, kertas, kapas, label, plaster dan *aluminium foil*.

C. Metode Penelitian

a. Pembuatan Larutan Indikator

Larutan Indikator masing-masing dibuat sebanyak 1% (b/v) yang dilarutkan dengan etanol 95%. Selanjutnya masing-masing larutan indikator diatur pHnya menggunakan larutan asam asetat dan NaOH (Kuswandi dan Nurfawaidi, 2017).

b. Pembuatan Label Kemasan Cerdas

Kertas *Whatmann* no.1 dipotong dengan ukuran 2 x 4 cm, kemudian direndam ke dalam 10 ml larutan indikator selama 12 jam pada suhu (28±2°C). Kemudian label indikator dicuci dengan air mengalir untuk menghilangkan larutan indikator yang tidak terikat didalam selaput. Label indikator dikeringkan menggunakan *hair dryer*, kemudian disimpan pada wadah tertutup (Modifikasi Kuswandi *et al.*, 2017).

c. Pembuatan Ekstrak Bawang Putih

Pembuatan ekstrak bawang putih diawali dengan penyortiran bawang putih, kemudian kulit bawang putih dikupas. Setelah itu, 50 g bawang putih dihaluskan dan dimasukkan kedalam wadah berisi 250 ml alkohol 96%

dengan perendaman 3 x 24 jam. Selanjutnya dilakukan penyaringan untuk memisahkan filtrat dan endapannya. Filtrat yang diperoleh kemudian dievaporasi pada suhu 45°C hingga diperoleh bawang putih kental berwarna kuning kemerahan (Karina, 2013).

d. Pembuatan Kertas Aktif

Pembuatan kertas aktif menggunakan kertas *Whatman* 2 cm x 4 cm sebanyak 15 g yang direndam dalam aquades 250 ml selama 24 jam. Rendaman kertas dihancurkan dengan menggunakan blender selama 20 menit hingga menjadi pulp. Pulp kertas yang diperoleh diperas hingga airnya berkurang. Pati tapioka 30% (b/b) dilarutkan dalam 50 mL aquades, lalu dihomogenkan dengan pulp. Selanjutnya, 100 mL asam asetat 1% ditambahkan bubuk kitosan 0,45%, lalu dihomogenkan dengan blender. Ekstrak bawang putih dengan konsentrasi 15% dan 20% (b/b) terhadap kertas *Whatman* masing-masing ditambahkan 50 mL aquades, lalu ditambahkan tween 80 sebanyak 0,205 g yang diaduk hingga terbentuk emulsi. Adonan kertas dituang ke permukaan saringan dalam alat pencetak kayu 20 cm x 30 cm hingga rata dan terbentuk lembaran kertas basah. Lembaran kertas basah di atas permukaan saringan ditekan di antara permukaan kaca dengan beban 2 kg. Lembaran kertas basah dikeringkan pada suhu 30°C selama 48 jam, diselingi pembalikan kertas setelah 24 jam pengeringan (Wiastuti *et al.*, 2016)

e. Penerapan Kemasan Cerdas dan Aktif pada Daging Sapi Segar

Daging sapi segar (*tenderloin*) dengan pH normal (5,6-5,7) diperoleh dari tempat pemotongan RPH Tamangapa Makassar yang diambil pada saat waktu postmortem relatif sekitar 5 jam, dikemas menggunakan wadah plastik (PP) dan dimasukkan ke dalam kotak pendingin. Selanjutnya, sampel segera diangkut ke laboratorium dan dipreparasi secara steril menjadi potongan 250 gram/kemasan. Potongan daging kemudian dikemas dalam styrofoam (1,05 g/cm³) berlapis kertas aktif yang memenuhi seluruh dasar Styrofoam. Selanjutnya, masing-masing label indikator diletakkan di dalam kemasan dengan menempel pada permukaan film LDPE (0,9g/ cm³) yang digunakan sebagai penutup. Sampel disimpan pada suhu dingin (10±1°C). Dilakukan pengamatan selama penyimpanan 0, 3, 6, 9,12 dan 15 hari dengan 3 kali ulangan.

D. Parameter Pengamatan

a. Parameter Pengamatan Daging Sapi

- Total Bacterial Count (TBC)

Total bakteri dihitung berdasarkan metode hitungan cawan. Larutan sampel dibuat dari 1g daging yang dihomogenkan dengan 9 ml larutan fisiologi steril (NaCl 0,85%). Sebanyak 1 ml larutan sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi pertama yang berisi 9 ml larutan fisiologis hingga

homogen yang disebut sebagai pengenceran 10^{-1} . Sebanyak 1ml larutan dari hasil pengenceran 10^{-1} dipipet ke dalam tabung reaksi kedua yang berisi 9 ml larutan fisiologis hingga homogen yang disebut sebagai pengenceran 10^{-2} , kegiatan ini dilakukan hingga mencapai pengenceran 10^{-6} . Setiap pengenceran sampel digunakan pipet steril yang berbeda. Sebanyak 1 ml sampel dari pengenceran 10^{-4} , 10^{-5} , dan 10^{-6} dimasukkan ke dalam cawan petri steril yang berbeda secara duplo. Kemudian dituang media NA steril sebanyak \pm 15 ml dan diratakan. Setelah media memadat, cawan petri yang berisi media dan larutan sampel diinkubasi dalam posisi terbalik pada suhu 30°C selama 48 jam. Selanjutnya dilakukan perhitungan TBC yaitu mengalikan jumlah koloni rata-rata dengan faktor pengenceran yang digunakan dengan satuan *CFU/ml*

Selanjutnya, dilakukan perhitungan *Total Bacterial Count*.

$$N = \frac{\Sigma C}{[(1 \times n_1) + (0,1 \times n_2) + \dots] \times (D)}$$

Dimana: N = jumlah koloni per ml/ per gram produk
 ΣC = jumlah seluruh koloni yang dihitung
n1 = jumlah cawan pada pengenceran pertama
n2 = jumlah cawan pada pengenceran kedua
D = pengenceran pertama yang dihitung

- **pH**

Pengukuran pH dilakukan untuk mengukur pH awal dan akhir selama penyimpanan daging sapi segar, pH meter yang digunakan adalah pH meter digital (*Horiba Laquatwin Compact pH Meter P-33*) dengan akurasi 0,01%. Sebanyak 0,5 g sampel diletakkan diatas permukaan sensor pH meter hingga nilai pH sampel tertera dilayar pH meter.

- **Nilai *Total Volatile Bases Nitrogen (TVBN)***

Sampel daging ditimbang $10g \pm 0,1g$ ditambahkan 30 ml larutan TCA 7% dan diblender, sampel disaring hingga diperoleh filtrat. Larutan asam borat 1 ml dimasukkan ke dalam "inner chamber" cawan conway lalu tutup cawan diletakkan dengan posisi hampir menutupi cawan. Filtrat dimasukkan ke dalam *outer chamber* di sebelah kiri. Ditambahkan 1ml larutan K_2CO_3 jenuh ke dalam *outer chamber* sebelah kanan sehingga filtrat dan K_2CO_3 tidak tercampur.

Cawan segera ditutup dan digerakkan memutar sehingga kedua cairan di *outer chamber* tercampur. Larutan blanko dikerjakan dengan prosedur yang sama tetapi filtrat diganti dengan larutan TCA 7%. Kemudian, disimpan pada suhu $37^{\circ}C$ selama 2 jam. Selanjutnya, larutan asam borat dalam *inner chamber* yang berisi blanko dititrasi dengan HCl 0,01 N hingga berwarna merah muda. Selanjutnya, *cawan conway* berisi filtrat dititrasi dengan larutan

yang sama hingga berwarna merah muda seperti blanko. Rumus penentuan TVBN adalah (AOAC, 1995). Rumus penentuan TVBN adalah:

$$\text{kadar TVBN (mg/100g)} = \frac{V_c - V_b \times N \times 14.007 \times fp \times 100}{w}$$

Keterangan : V_c = volume larutan HCl pada titrasi sampel

V_b = volume larutan HCl pada titrasi blanko

N = normalitas larutan HCl

W = berat sampel (g)

14.007 = berat atom nitrogen

F_p = faktor pengenceran

- Nilai *Thio Barbituric Acid* (TBA)

Timbang bahan (sebaiknya diketahui kadar airnya) sebanyak kira-kira 3g dengan teliti, masukkan kedalam waring blender, tambahkan 50 ml aquades dan hancurkan selama 2 menit, Pindahkan secara kuantitatif kedalam labu destilasi 1000 ml sambil dicuci dengan 48,5 ml aquades. Tambahkan 1,5 ml (lebih kurang) kira- kira 4 N HCl. Tambahkan batu didih dan bahan pencegah buih (antifoam) sedikit dan pasangkanlah labu destilasi. Destilasi dijalankan dengan pemanasan setinggi mungkin sehingga diperoleh distilat sebanyak 50 ml selama pemanasan 10 menit, aduklah distilat yang diperoleh, saring dan pindahkan 5 ml reagen TBA : larutan 0,02 M *thiobarbituric-acid* dalam 90%

asam asetat glasial. Pelarut dipercepat dengan pemanasan diatas penangas air, campurlah larutan hingga homogen dan masukkan Erlenmeyer tertutup dalam air mendidih selama 35 menit, Buatlah larutan blanko (prosedur tanpa bahan), setelah didinginkan dengan air dingin, bacalah *Optical Density* dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 528 nm dengan larutan blanko sebagai titik nol (Tokur, 2007).

b. Parameter Pengamatan label indikator kemasan cerdas

- Warna Indikator

Warna indikator diukur dengan digital *colormeter tes* (T-135) untuk pengukuran nilai L (kecerahan), a (warna kromatik campuran merah-hijau), dan b (warna kromatik biru-kuning) dengan cara menempelkan sensor *colormeter* pada label indikator dan kuantifikasi warna indikator dilakukan menggunakan kamera digital untuk mengambil gambar indikator secara visual. Pengambilan gambar dilakukan dengan *setting* cahaya dan latar belakang yang sama, gambar diambil dari jarak ± 20 cm yang diletakkan dalam kotak (Kuswandi dan Maryska, 2013; Ramadhani, (2016). Nilai a dan b yang diperoleh dikonversi menjadi hue dengan rumus:

$$\text{Hue} = \text{arc tan } (b/a)$$

C. Parameter Pengamatan Kemasan Aktif

Pengamatan karakteristik kemasan aktif kemasan aktif terdiri dari :

- **Pengujian Aktivitas Antimikroba Kemasan Aktif**

Pengujian aktivitas antimikroba kemasan aktif dilakukan untuk mengetahui daya hambat dengan penambahan minyak esensial bawang putih berbagai konsentrasi terhadap pertumbuhan *Eschericia coli*, *Staphylococcus aureus*. dan *Pseudomonas aeruginosa*. Lembaran kertas aktif dengan diameter 5 mm diletakkan diatas media agar NA yang dipermukaannya telah disebar 0,1 ml kultur mikroorganisme yang mengandung 10⁶ CFU/ml. Cawan petri diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam. Setelah melalui masa inkubasi, akan muncul zona penghambatan dan dilakukan pengukuran diameter zona penghambat. Diameter daya hambat diukur dalam satuan millimeter (mm) menggunakan jangka sorong dengan cara diameter keseluruhan dikurangi diameter kertas aktif sebesar 5 mm (Cikrikci *et al*, 2008; Prihandani,2015).

E. Desain dan Analisis Data

Penelitian ini dibagi dalam dua tahapan. Tahapan pertama adalah penentuan larutan indikator terbaik sebagai elemen cerdas untuk memonitor mutu daging sapi segar, sebagai berikut:

A₁: *Bromothymol Blue* (BTB), pH 2,74

A₂: *Phenol Red* (PR), pH 2,66

A₃: *Bromothymol Blue* + *Phenol Red*/BTB + PR (1:1), pH 5

Tahapan kedua adalah penentuan kertas aktif terbaik pada berbagai konsentrasi ekstrak bawang putih, sebagai berikut:

B₀: Ekstrak bawang putih 0%

B₁: Ekstrak bawang putih 15%

B₂: Ekstrak bawang putih 20%

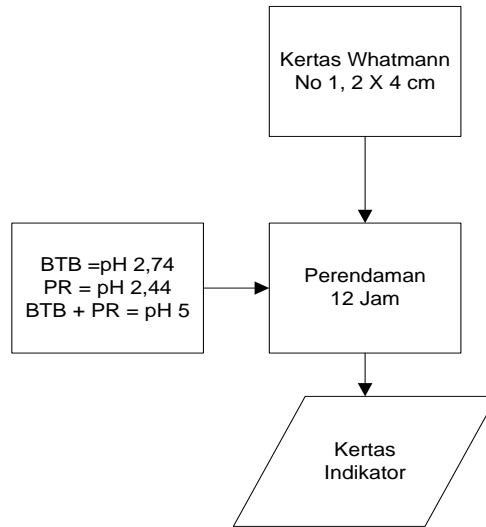
Hasil terbaik yang diperoleh dari kedua tahapan tersebut, diaplikasikan sebagai kombinasi elemen kemasan aktif dan cerdas dalam momonitor dan mempertahankan mutu daging sapi segar yang disimpan pada suhu dingin ($10\pm 1^{\circ}\text{C}$).

Data kuantifikasi indikator kemasan cerdas akan dibandingkan dengan data setiap uji kebusukan daging yang telah diberi kemasan aktif (data pH, TVBN, TBC, dan TBA) disajikan dalam satu grafik menggunakan *software* Sigma Plot.

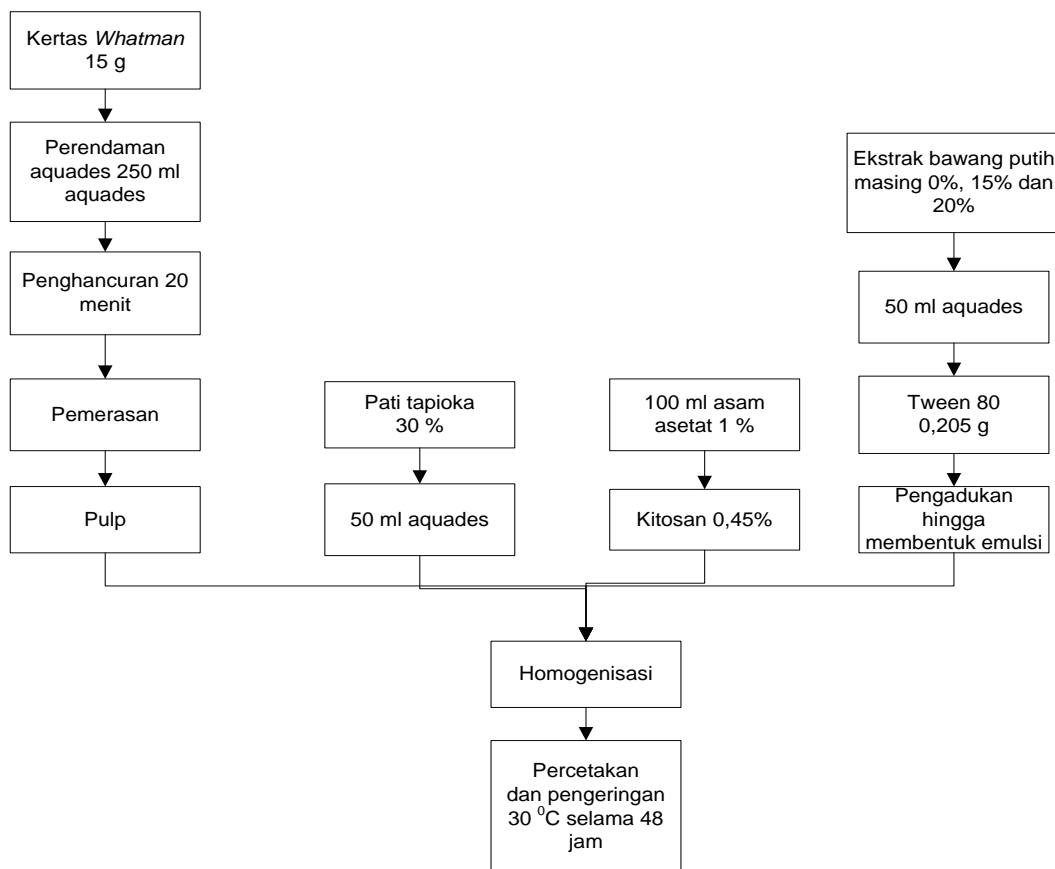
Semua parameter uji daging sapi (pH, TVBN, TBC, dan TBA), parameter indikator kemasan cerdas yaitu warna, serta parameter kemasan aktif (aktifitas antimikroba) akan diolah menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) dengan tiga kali ulangan, perbedaaan antar perlakuan diuji lanjut dengan *duncan*. Sedangkan, kuantifikasi warna indikator akan dikorelasikan dengan seluruh parameter yang dianalisa dengan ANOVA pada grafik regresi linear. Software yang digunakan untuk analisa data adalah Microsoft Excel 2016, SPSS versi 19, dan Sigma Plot.

F. Kerangka Berfikir

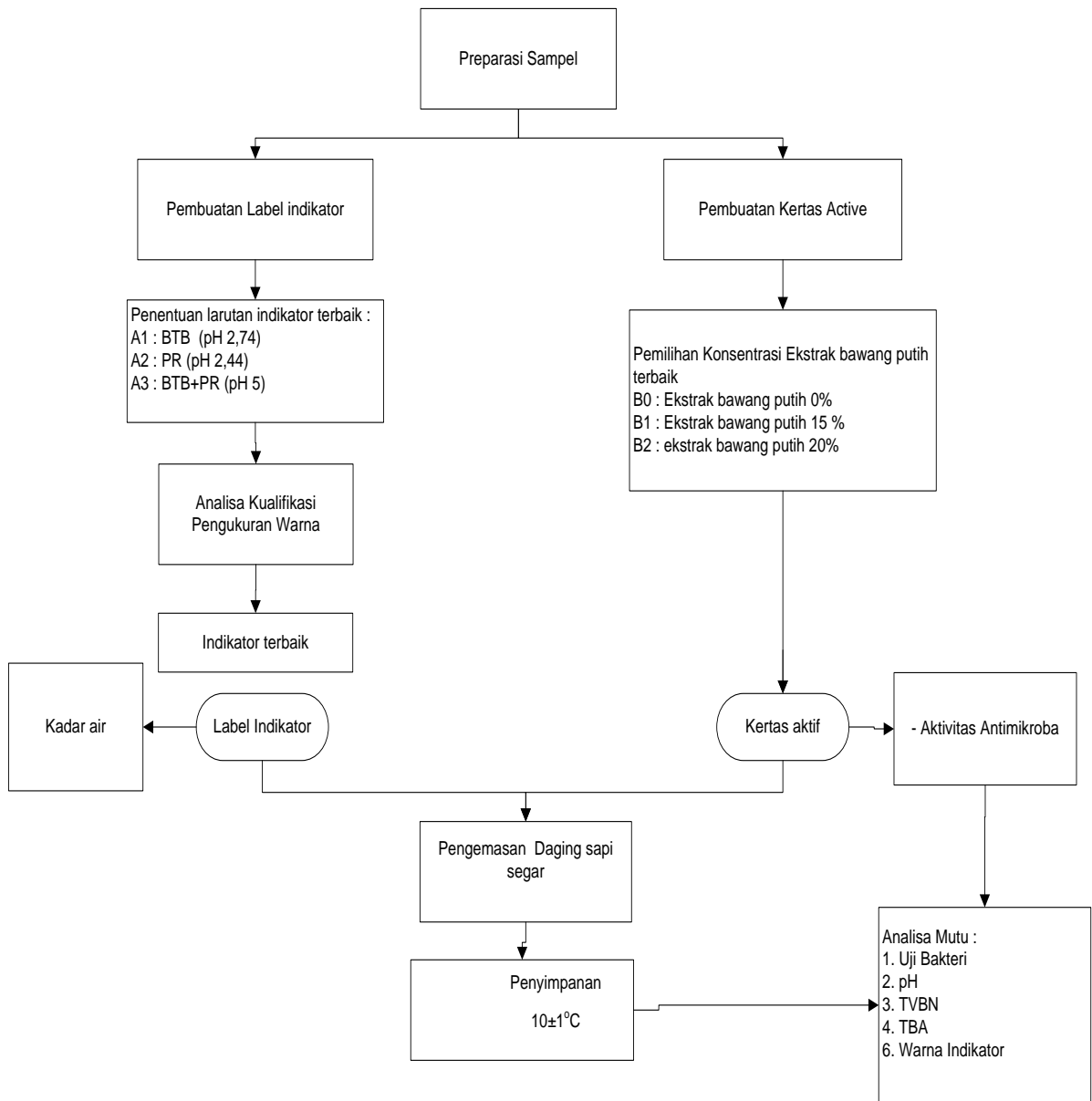
Pembuatan elemen kemasan kombinasi label indikator sebagai kemasan cerdas (*Smart Packaging*) dan kemasan aktif (*Active Packaging*) pada penyimpanan daging sapi pada suhu dingin dilakukan dengan beberapa tahap. Tahap pertama penentuan jenis larutan indikator yang tepat untuk diaplikasikan pada label indikator cerdas pada kemasan daging sapi. Setelah itu pembuatan kemasan aktif menggunakan pati dengan konsentrasi ekstrak bawang putih 0%, 15% dan 20% yang berperan sebagai antimikroba (*active packaging*). Parameter pengamatan daging sapi segar (TBC, pH, TVBN, dan nilai TBA) akan menjadi penentu efektivitas kinerja kemasan aktif dalam memperpanjang masa simpan daging sapi segar. Sedangkan uji efektivitas terhadap label indikator cerdas dilakukan dengan mengamati perubahan warna yang terjadi seiring penurunan mutu daging sapi yang telah dikemas dan disimpan pada suhu dingin.



Gambar 5. Diagram alir pembuatan indikator kemasan cerdas



Gambar 6. Diagram Alir Pembuatan Kertas Aktif



Gambar 7. Prosedur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN






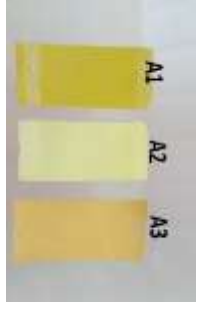



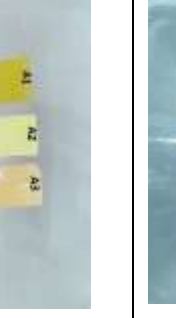
A. Penelitian Tahap 1

1. Uji Sensitivitas Indikator Kemasan Cerdas

Sensitivitas indikator kemasan merupakan salah satu faktor penting pada pembuatan kemasan cerdas. Indikator kemasan cerdas akan merespon penurunan kualitas produk yang dikemas yang ditandai dengan adanya perubahan warna pada indikator. Menurut Pacquit *et al.*, (2008) penentuan larutan indikator merupakan salah satu faktor penting pada pembuatan kemasan cerdas sehingga, indikator harus memiliki respon atau sensitivitas tinggi terhadap perubahan zat produk yang dikemas (Pacquit *et al.*, 2008) .

a. Uji sensitivitas Indikator terhadap kertas aktif, suhu dan lama penyimpanan

Uji sensitivitas Indikator terhadap kertas aktif suhu dan lama penyimpanan dilakukan untuk mengetahui adanya pengaruh kertas aktif, suhu dan lama penyimpanan pada proses aging atau perubahan warna indikator dalam kemasan. Uji sensitivitas Indikator terhadap suhu dan lama penyimpanan dapat dilihat pada gambar 8

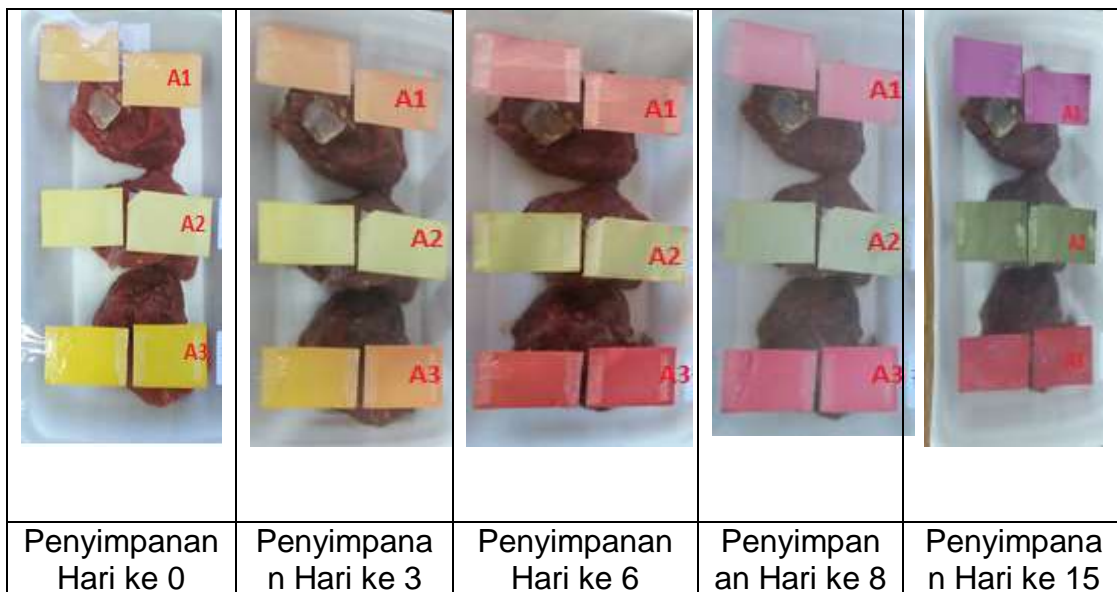
				
Lama Penyimpanan				
Hari 0	Hari 3	Hai 6	Hari 8	Hari 10
<p>Uji sensitivitas Indikator terhadap kertas aktif, suhu dan lama penyimpanan</p> <p><i>A₁ = Phenol Red (PR); A₂ = Bromothymol Blue (BTB) pH 2,74; A₃ = Phenol Red (PR) + Bromothymol Blue (BTB) (1:1) pH 5</i></p>				
				
Lama penyimpanan				
Hari 0	Hari 3	Hai 6	Hari 8	Hari 10
<p>Uji Sensitivitas Indikator terhadap suhu dan lama penyimpanan</p> <p><i>A₁ = Phenol Red (PR); A₂ = Bromothymol Blue (BTB) pH 2,74; A₃ = Phenol Red (PR) + Bromothymol Blue (BTB) (1:1) pH 5</i></p>				

Gambar 8. Uji sensitivitas Indikator terhadap kertas aktif, suhu dan lama penyimpanan

Berdasarkan gambar menunjukkan bahwa pengamatan secara visual pada Indikator tidak mengalami perubahan warna yang besar terhadap indikator kemasan tanpa produk ketika disimpan dalam lemari pendingin. Keadaan ini menunjukkan bahwa kertas aktif, suhu serta lama penyimpanan tidak memberi pengaruh nyata terhadap perubahan warna indikator.

b. Uji sensitivitas perubahan warna indikator

Uji sensitivitas perubahan warna indikator dilakukan untuk memperoleh indikator yang memiliki tingkat sensitivitas tinggi atau memiliki kemampuan perubahan warna yang paling muda diamati secara visual dan sesuai dengan penurunan mutu daging yang dikemas. Hasil uji sensitivitas indikator dapat dilihat pada gambar 9



Gambar 9. Perubahan warna pada Indikator kemasan cerdas A1 = Phenol Red (PR) + Bromothymol Blue (BTB) (1:1) pH 5; A2 = Bromothymol Blue (BTB) pH 2,74 A3 = Phenol Red (PR) pH 2,66

Pewarnaan indikator kemasan cerdas yang berbahan dasar kertas *Whatman* dan larutan indikator dengan pengaturan pH yang memberikan sifat reaktif terhadap perubahan kondisi produk yang dikemas. Larutan indikator yang digunakan pada tahapan ini yaitu *Phenol Red* (PR) dan *Bromothymol Blue* dan kombinasi dari larutan tersebut. Penentuan larutan indikator yang terbaik dilakukan secara kualitatif melalui penilaian visual dari perubahan warna label indikator yang telah terimobilisasi dalam kertas *whatman* seiring dengan penurunan mutu daging yang dikemas. Label indikator direkatkan pada permukaan plastik wrap yang digunakan sebagai penutup wadah Styrofoam yang selanjutnya disimpan pada suhu 10°C.

Berdasarkan gambar 9 diketahui bahwa Penggunaan indikator *Phenol Red* (PR)+*Bromothymol Blue* (BTB) pH 5 menunjukkan warna dasar orange kekuningan, *Bromothymol Blue* (BTB) pH 2,74 menunjukkan warna awal kuning pucat, serta *Phenol Red* (PR) pH 2,66 menunjukkan warna kuning pekat. Selama penyimpanan semua indikator mengalami perubahan warna akan tetapi indikator dengan kombinasi larutan *Phenol Red* dan *Bromothymol Blue* (BTB) menunjukkan perubahan warna yang paling mudah diamati secara visual.

B. Penelitian Tahap 2

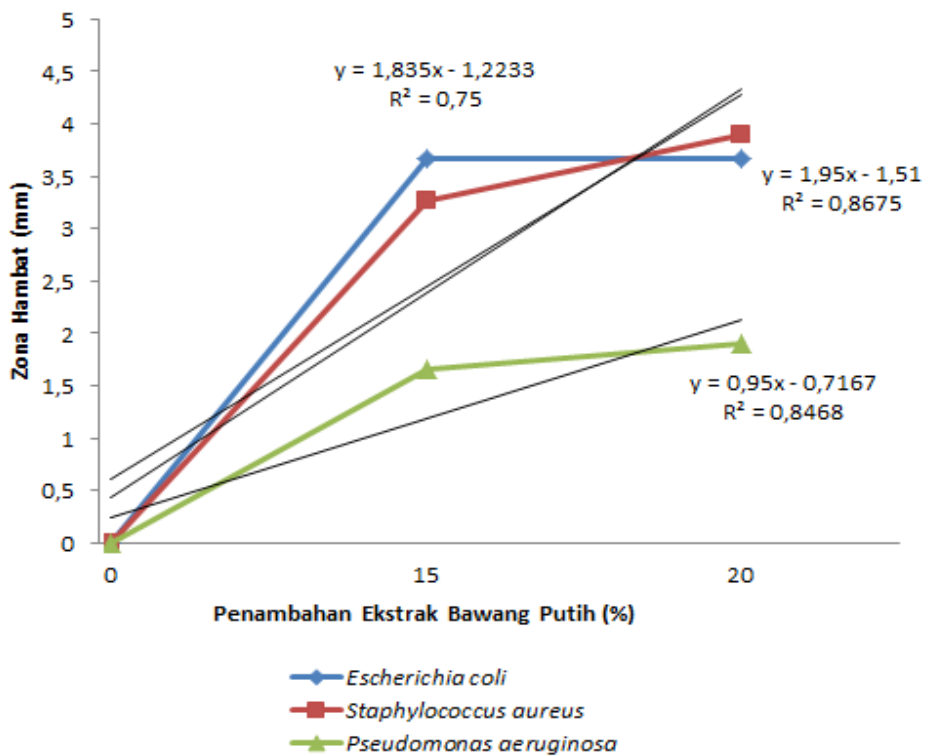
1. Aktivitas daya hambat bakteri pada kertas aktif

Kertas aktif merupakan komponen yang dapat digunakan sebagai pengatur daya hambat mikroorganisme, mempertahankan mutu, dan memberi keamanan pada produk yang dikemas. Menurut mane (2016), Kemasan aktif merupakan kemasan yang dapat menjaga kualitas sensoris dan meningkatkan umur simpan produk (Mane, 2016).

Pengujian daya hambat dilakukan untuk melihat efektivitas penggunaan kertas aktif dalam menghambat pertumbuhan bakteri pada daging. kertas aktif yang digunakan pada penelitian ini berupa kertas yang telah ditambahkan dengan ekstrak bawang putih yang mengandung senyawa anti mikroba. Aktivitas daya hambat bakteri yang terdapat pada kertas aktif dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Antibakteri Kertas Aktif

Bakteri Uji	Penambahan ekstrak bawang putih	Zona Hambat (mm)	Aktivitas zona hambat
<i>Escherichia coli</i>	0%	0 ^a	-
	15%	3,6 ^b	Sedang
	20%	3,6 ^b	Sedang
<i>Staphylococcus aureus</i>	0%	0 ^a	-
	15%	3,2 ^b	Sedang
	20%	3,9 ^c	Sedang
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0%	0 ^a	-
	15%	1,6 ^b	Lemah
	20%	1,9 ^c	Lemah



Gambar 10. Grafik Regresi Hasil Pengujian Antibakteri Kertas Aktif Berdasarkan table 2 dan gambar 10 menunjukkan bahwa penggunaan kertas aktif dengan konsentrasi ekstrak bawang putih sebanyak 15% dan 20% memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* serta *Pseudomonas aeruginosa* dengan diameter zona hambat berturut turut 3,6 mm, 3,2 mm dan 1,6 mm pada kertas aktif 15% dan 3,6 mm, 3,9 mm, dan 1,9mm pada kertas aktif 20%. Sedangkan, sampel tanpa penambahan ekstrak bawang putih (0%) tidak menunjukkan adanya zona hambat. Berdasarkan hasil uji statistik (Lampiran 1) menunjukkan bahwa penggunaan ekstrak bawang putih berpengaruh nyata terhadap daya hambat kemasan aktif terhadap pertumbuhan bakteri.

Hasil tersebut diketahui bahwa penambahan ekstrak bawang putih pada kertas aktif 0%, 15% dan 20 % yang diujikan pada bakteri *Staphylococcus aureus* serta *Pseudomonas aeruginosa* sangat berbedanya nyata. Sedangkan, pengujian pada bakteri *Escherichia coli* dengan penggunaan kertas aktif 0% berbeda nyata terhadap 15% dan 20% akan tetapi 15% dan 20% tidak berbeda nyata. Hal ini disebabkan karena penggunaan ekstrak bawang putih yang mengandung senyawa antibakteri yang bekerja dengan cara menghambat sintesis enzim protease yang merusak membrane sitoplasma pada dinding bakteri dan mengganggu metabolisme protein dan asam nukleat sehingga terjadi penghambatan pertumbuhan bakteri. Hal ini sesuai dengan pernyataan Pajan *et al.*, (2016) bahwa senyawa pada ekstrak bawang putih dapat meningkatkan permeabilitas dinding bakteri yang menyebabkan gugus sulfhidril dan disulfide hancur sehingga tidak terjadi proses poliferasi pada bakteri.

Berdasarkan tabel 2 jika dilihat dari tingkat aktivitas daya hambat menunjukkan bahwa penggunaan kertas aktif dengan penambahn ekstrak bawang putih 15% dan 20 % terhadap zona hambat bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* dikategorikan sedang karena menunjukkan data lebih besar 3mm, sedangkan untuk bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dikategorikan lemah karena menunjukkan data lebih kecil dari 3mm. Hal ini sesuai dengan pernyataan Pan *et al.*, (2009) bahwa respon daya hambat pertumbuhan bakteri yaitu aktivitas antibakteri dengan zona hambat yang

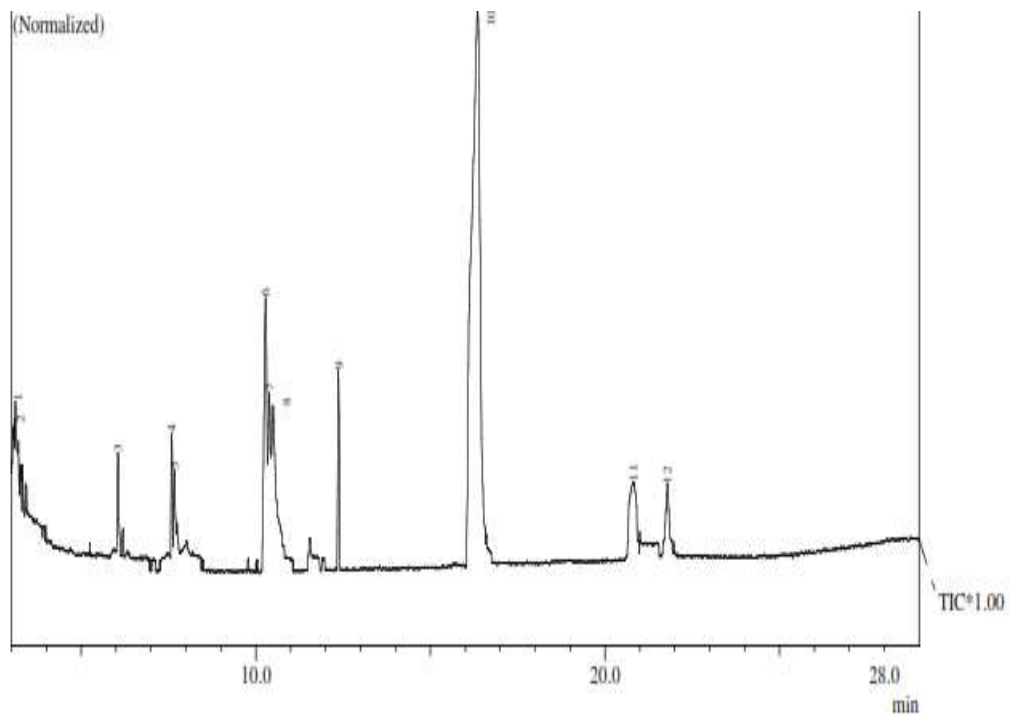
terbentuk > 6,00 mm dikategorikan kuat, 3-5 mm dikategorikan sedang dan < 3 mm dikategorikan lemah.

Perbedaan diameter zona hambat pada pengujian antibakteri disebabkan oleh beberapa faktor seperti tingkat kepekaan mikroba terhadap senyawa antibakteri yang digunakan dan laju pertumbuhan mikroorganisme dan konsentrasi antimikroba. Perbedaan tingkat kepekaan ini menyebabkan zona hambat bakteri *Staphylococcus aureus* lebih besar dibandingkan *Pseudomonas aeruginosa* dan *Escherichia coli*.

Menurut beberapa peneliti bakteri *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri gram positif dan memiliki sel bakteri yang bersifat polar, memiliki peptidoglikan dan polisakarida (asam teikoat) tebal yang terdiri dari gliserol, fosfat, ribitol gula alkohol dan sedikit lipid. Sedangkan, *Pseudomonas aeruginosa* dan *Escherichia coli* merupakan bakteri gram negatif, lapisan dinding sel yang dilapisi oleh membran luar yang terdapat protein, fosfolipid, dan lipopolisakarida dan ruang periplasmik yang berfungsi sebagai perlindungan dari senyawa-senyawa toksik yang akan masuk kedalam sel. (Karlina *et al.*, 2005; Purwantiningsih *et al.*, 2019). Kandungan lipid yang lebih banyak pada bakteri gram negatif mampu melindungi dari pengaruh lingkungan dan lisis peptidoglikan dinding sel, sehingga bakteri golongan Gram negatif lebih tahan terhadap lingkungan termasuk penggunaan antibakteri.

4.1. Analisis Minyak Atsiri Umbi Bawang Putih

Bawang putih (*Allium sativum* L.) merupakan bahan tradisional yang sering dimanfaatkan sebagai bahan tambahan pangan dan digunakan sebagai obat. Bawang putih mengandung beberapa komponen organosulfur yang bertanggung jawab terhadap rasa, aroma dan memiliki sifat farmakologi seperti antibakteri, antijamur dan antikanker. Komponen volatile aktif yang terdapat pada bawang putih akan terbentuk setelah dilakukan pengolahan. Berikut adalah hasil pengujian senyawa yang terdapat pada ekstrak bawang putih yang digunakan pada pembuatan kemasan aktif.



Gambar 11. Grafik analisa senyawa volatile ekstrak bawang putih

Tabel 3. Komposisi komponen volatile berdasarkan golongan komponen ekstrak bawang putih

Nama Komponen	Retention Time	Luas Area	Deskripsi aroma
<i>Sulfur containing compounds</i>			
<i>Allyl bromide</i>	3,117	2,24	<i>Garlic</i>
<i>Allyl disulfide</i>	6,056	1,98	<i>Garlic</i>
<i>Allyl sulfide</i>	12,369	3,78	<i>Pungen, Fresh Garlic</i>
<i>Nitrogen containing compound</i>			
<i>2,5-Dimethylpyrazine</i>	3,250	0,62	<i>Nutty</i>
<i>Acid</i>			
<i>Propanoic acid</i>	21,787	0,61	<i>Tengik</i>
<i>Alcohol</i>			
<i>Cyclopentanol</i>	16,355	60,59	-
<i>Monosulfides</i>			
<i>Methyl Allyl Trisulfide</i>	7,593	1,97	<i>Cabbage</i>
-	-	-	-
<i>5-Oxymethylfurfurole</i>	10,282	9,83	-
<i>5-Oxymethylfurfurole</i>	10,392	5,44	-
<i>5-Oxymethylfurfurole</i>	10,496	6,97	-

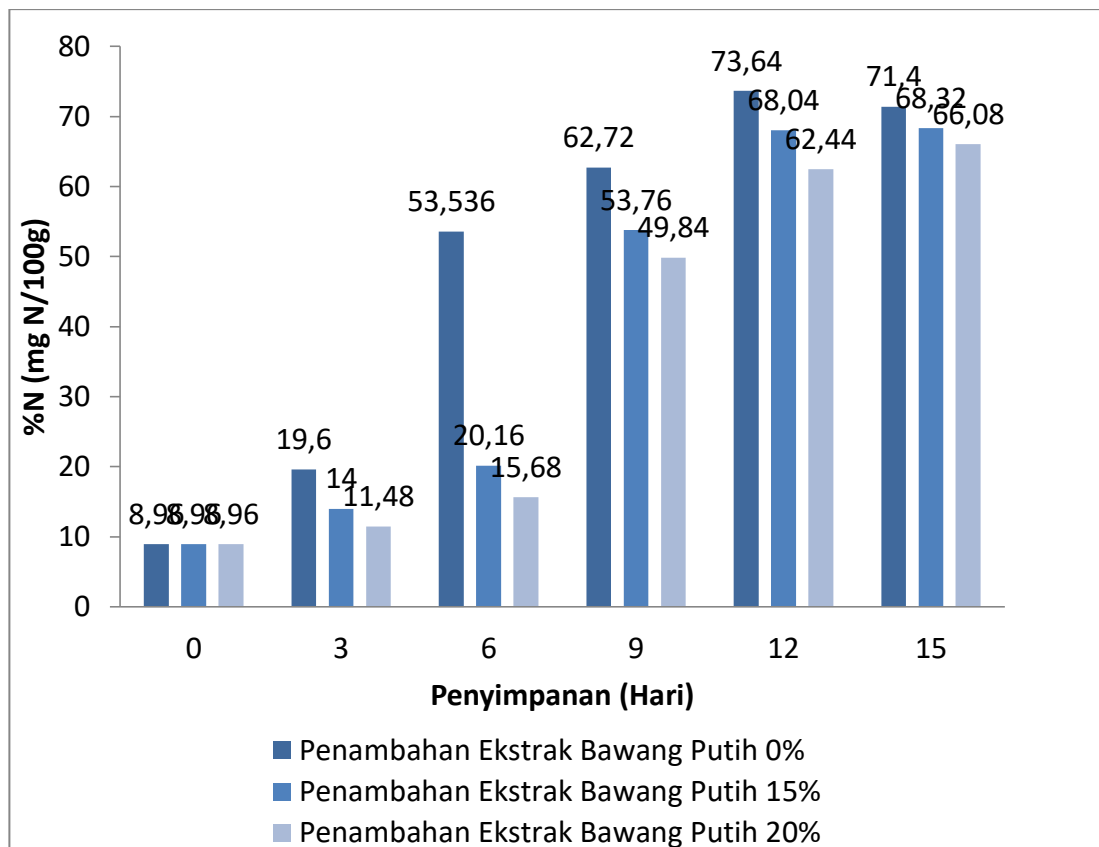
Berdasarkan tabel 3 hasil pengujian dengan GC-MS dengan menggunakan kolom RTx-5MS teridentifikasi sebanyak 10 komponen senyawa pada ekstrak bawang putih yang digunakan pada pembuatan kemasan aktif salah satu senyawa yang berperan dalam menghambat bakteri gram positif dan gram negatif adalah senyawa *Allicin*. *Allicin* merupakan precursor pembentukan *allil sulfida* seperti *Diallil disulfida* (DADS), *Diallil trisulfida* (DATS), *Diallil sulfida* (DAS), *metallil sulfida*, *dipropil sulfida*, *dipropil disulfida*, *allil merkaptan*, dan *allil metil sulfide* (Moulia et al., 2018). Berdasarkan tabel 3 diketahui bahwa senyawa *allyl sulfide* terdapat pada ekstrak bawang putih dengan area 3.78% Senyawa *allyl sulfide*, *Allyl bromide*,

dan *Allyl bromide* merupakan senyawa yang berfungsi sebagai penghambat pertumbuhan bakteri dengan cara meningkatkan permeabilitas dinding bakteri dan bilayer fosfolipid tidak terjadi karena tidak adanya produksi asam amino dan protein yang menyebabkan gugus SH (*sulfhidril* dan *disulfide*) hancur pada asam amino sistin dan sistein. Gugus SH yang hancur menghambat sintesis enzim protease yang merusak membran sitoplasma dinding bakteri dan mengganggu metabolisme protein dan asam nukleat sehingga terjadi poliferasi pada bakteri (Karupiah *et al.*, 2012; Moulia *et al.*, 2018; Pajan *et al.*, 2016).

4.2. TVBN

Total volatile basic-nitrogen (TVB-N) adalah amin biogenic yang terbentuk dalam makanan non-fermentasi pada produk selama penyimpanan dan suatu zat yang diproduksi dalam proses pembusukan daging sapi (Balica *et al.*, 14; Castro *et al.*, 2012). Dalam daging, nitrogen volatile terdiri dari ammonia yang dihasilkan daging selama masa simpan sebagai akibat dari dekomposisi protein oleh mikroba dan enzim (Kusmajadi, 2012). Pengujian masa simpan daging menggunakan uji TVBN dilakukan untuk mengetahui kualitas daging dan pengaruh penggunaan kemasan aktif terhadap nilai TVBN serta pengaruh TVBN terhadap perubahan warna kemasan. Nilai TVBN yang semakin tinggi menunjukkan rendahnya kualitas daging. TVBN digunakan sebagai batasan bahan pangan yang layak

dikonsumsi. Yunizal, (1998) menyatakan keadaan dan jumlah kadar TVBN tergantung pada mutu kesegaran daging, makin mundur mutu kadar TVBN akan meningkat jumlahnya. Sehingga hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin lama penyimpanan daging maka semakin rendah pula kualitas yang dimilikinya (Pajan, 2016; Pearson, 1968; Shobana *et al.*, 2009; Yunizal, 1998). Pengaruh kemasan terhadap nilai TVBN daging yang dikemas dengan kemasan cerdas dan aktif dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Grafik perubahan nilai TVBN daging sapi

Berdasarkan gambar 12 dapat disimpulkan bahwa terjadi peningkatan nilai TVBN selama penyimpanan untuk semua perlakuan. Penyimpanan daging sapi yang tidak diberi perlakuan penambahan ekstrak bawang putih memiliki nilai TVBN berturut turut 8,96 %N(mg N/100 g); 19,6 %N(mg N/100 g); 53,5 %N(mg N/100 g); 62,72%N (mg N/100 g); 73,64%N (mg N/100 g); dan 71,4 %N (mg N/100 g). dan nilai TVBN untuk sampel dengan perlakuan penambahan ekstrak bawang putih 15% berturut turut 8,96%N (mg N/100 g); 14%N (mg N/100 g); 20,16 %N (mg N/100 g); 53,76 %N(mg N/100 g); 68,04%N (mg N/100 g) dan 68,32%N (mg N/100 g). Sedangkan untuk perlakuan 20%N (mg N/100 g) yaitu memiliki nilai TVBN berturut turut 8,96%N (mg N/100 g); 11,48%N (mg N/100 g); 15,68%N (mg N/100 g); 49,84%N (mg N/100 g); 62,44%N (mg N/100 g); dan 66,08%N (mg N/100 g).

Peningkatan nilai TVBN daging sapi yang disimpan pada suhu dingin pada semua perlakuan disebabkan karena adanya penguraian protein oleh bakteri menjadi senyawa-senyawa nitrogen yang lebih sederhana seperti *trimethylamin*, *dimethylamin* dan *amonia*, hasil pemecahan protein bersifat volatil dan menimbulkan bau busuk seperti amonia. Hal ini sesuai dengan pernyataan Khairina, (1995) bahwa peningkatan kadar TVBN pada daging terjadi karena adanya kerja enzim proteolitik yang memutuskan protein menjadi ikatan peptida yang pendek dan asam amino yang selanjutnya menjadi senyawa amin dan ammonia yang memberikan bau tajam dan citarasa. Selain itu, menurut Pearson, (1968) daging sapi dinyatakan mulai

membusuk apabila nilai TVBN mencapai 20 mg N/100 g (Khairina, 1995; Pearson, 1968).

Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan bahwa penambahan ekstrak bawang putih pada kertas aktif berpengaruh nyata terhadap nilai TVBN daging dengan nilai signifikansi ($P\text{-Value} < 0,05$). Penambahan ekstrak bawang putih pada kertas aktif menunjukkan bahwa perlakuan penambahan ekstrak bawang putih (0%) berbeda nyata dengan perlakuan 15% dan 20%. namun penambahan ekstrak bawang putih 15% tidak berbeda nyata dengan penambahan ekstrak bawang putih 20%.

Berdasarkan gambar 11 diatas diketahui bahwa nilai TVBN daging sapi mengalami peningkatan selama penyimpanan berlangsung mulai dari hari ke-0 sebesar 8.96 %N sampai hari ke-15 yaitu 71,4 %N tanpa perlakuan. Sedangkan pada penambahan konsentrasi ekstrak bawang putih sebanyak 20% memiliki peningkatan kadar TVBN lebih lambat dibandingkan penambahan konsentrasi sebanyak 15% dan tanpa penambahan konsentrasi atau perlakuan. Perlakuan tanpa penambahan ekstrak bawang putih telah melewati ambang batas nilai TVBN pada penyimpanan hari ke 6 yaitu dengan nilai TVBN 53,5 %N (mg N/100g), Sedangkan untuk perlakuan penambahan ekstrak bawang putih 15% dan 20% melewati ambang batas pada penyimpanan hari ke sembilan.

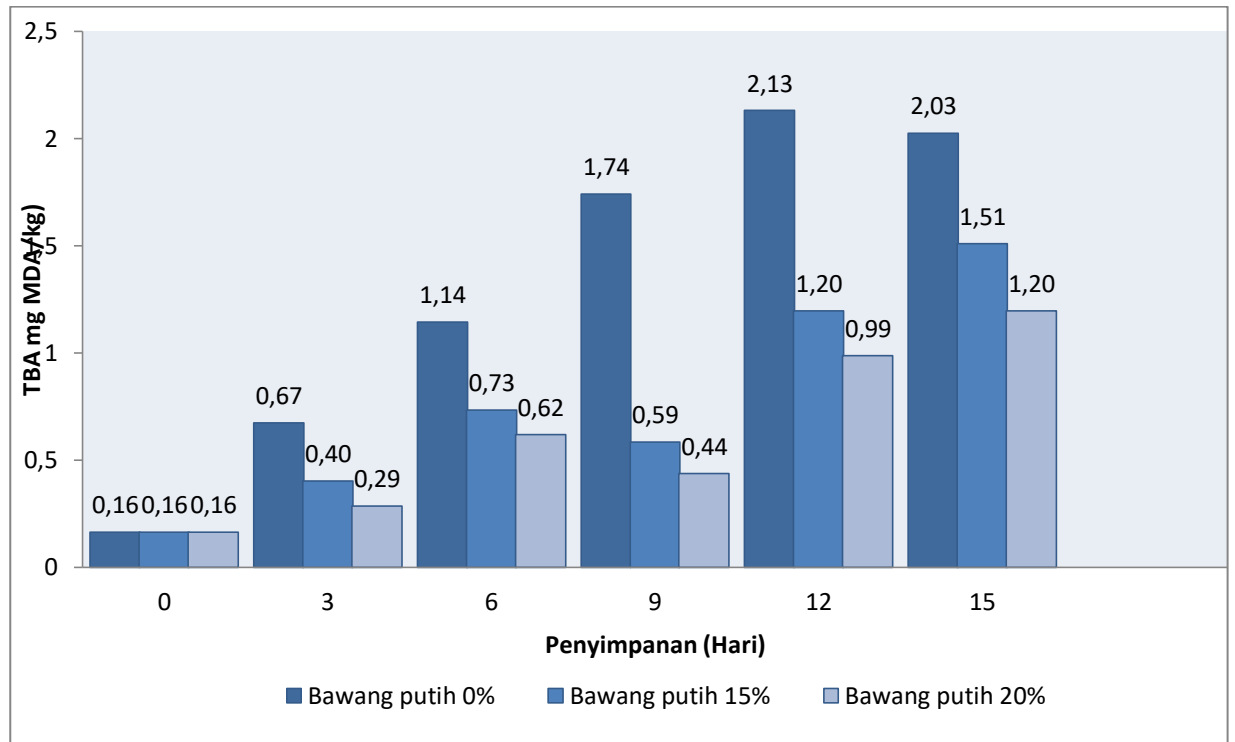
Data tersebut menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi ekstrak bawang putih yang ditambahkan pada kemasan maka peningkatan kadar

TVBN semakin rendah, hal ini disebabkan karena senyawa antimikroba pada bawang putih mampu menurunkan aktivitas bakteri yang dapat meningkatkan nilai TVBN. Hal ini sesuai dengan pernyataan Shobana *et al.*, (2009) dan Pajan *et al.*, (2016) bahwa ekstrak bawang putih memiliki bahan aktif yang bekerja sebagai zat antibakteri yang menyerang DNA, sintesis protein dan menghambat sintesis RNA bakteri sehingga lapisan fosfolipid pada dinding sel bakteri tidak dapat terbentuk yang menyebabkan bakteri tidak dapat membelah diri dan pertumbuhan bakteri pun terhambat.

4.3 TBA

Nilai *thiobarbituric acid* (TBA) digunakan untuk menghitung atau menentukan tingkat ketengikan bahan pangan seperti produk daging. ketengikan merupakan hasil oksidasi lemak yang akan menurunkan kualitas daging dan menghasilkan bau tengik (Purnamasari *et al.*,2012). Pengujian yang dilakukan berdasarkan atas terbentuknya pigmen berwarna merah muda sebagai hasil dari reaksi kondensasi antara 2 molekul TBA dengan 1 molekul *malonaldehid* (Sumpono *et al.*, 2017). Semakin banyak lemak jenuh pada jaringan daging sapi maka akan semakin banyak *malonaldehid* yang terbentuk. Besar kecilnya nilai TBA dipengaruhi oleh banyaknya *malonaldehid* yang terbentuk. Semakin banyak *malonaldehid* yang terbentuk maka semakin banyak pula *malonaldehid* yang akan bereaksi dengan reagent TBA. Hal ini bisa diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada

panjang gelombang 528 nm. Hasil pengujian nilai TBA pada daging dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Hasil Analisa senyawa TBA sampel daging segar pada kemasan cerdas dan aktif

Berdasarkan gambar 13. Menunjukkan bahwa nilai TBA pada daging sapi yang disimpan pada suhu dingin mengalami peningkatan TBA yang lebih lambat dibandingkan sampel tanpa perlakuan. Penyimpanan daging sapi yang tidak diberi perlakuan penambahan ekstrak bawang putih memiliki nilai TBA berturut turut 0,16, 0,67, 1,14, 1,74, 2,13, dan selanjutnya menurun menjadi 2,03, penurunan nilai TBA disebabkan karena angka peroksida akibat hasil oksidasi asam lemak tak jenuh telah mencapai titik maksimumnya

pada hari ke-12 sehingga produksi aldehida juga menurun. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ketoren, (1986) bahwa salah satu indikator proses ketengikan pada bahan yaitu ditandai dengan meningkatnya bilangan peroksida namun pada saat mencapai nilai maksimum maka akan terurai menjadi senyawa senyawa yang mudah menguap seperti aldehid, keton dan asam-asam lemak bebas (Ketoren, 1986).

Sedangkan sampel dengan perlakuan penambahan ekstrak bawang putih 15% memiliki nilai TBA berturut turut 0,16, 0,40, 0,73, 0,59,1,20, dan 1,51 dan sampel dengan perlakuan penambahn ekstrak bawang putih 20% memiliki nilai TBA berturut turut 0,16, 0,29, 0,62, 0,44, 0,99 dan 1,20. Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa semakin lama penyimpanan maka nilai TBA akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena durasi paparan oksigen sehingga menyebabkan oksidasi asam lemak tidak jenuh terus berlanjut (Song *et al.*, 2011).

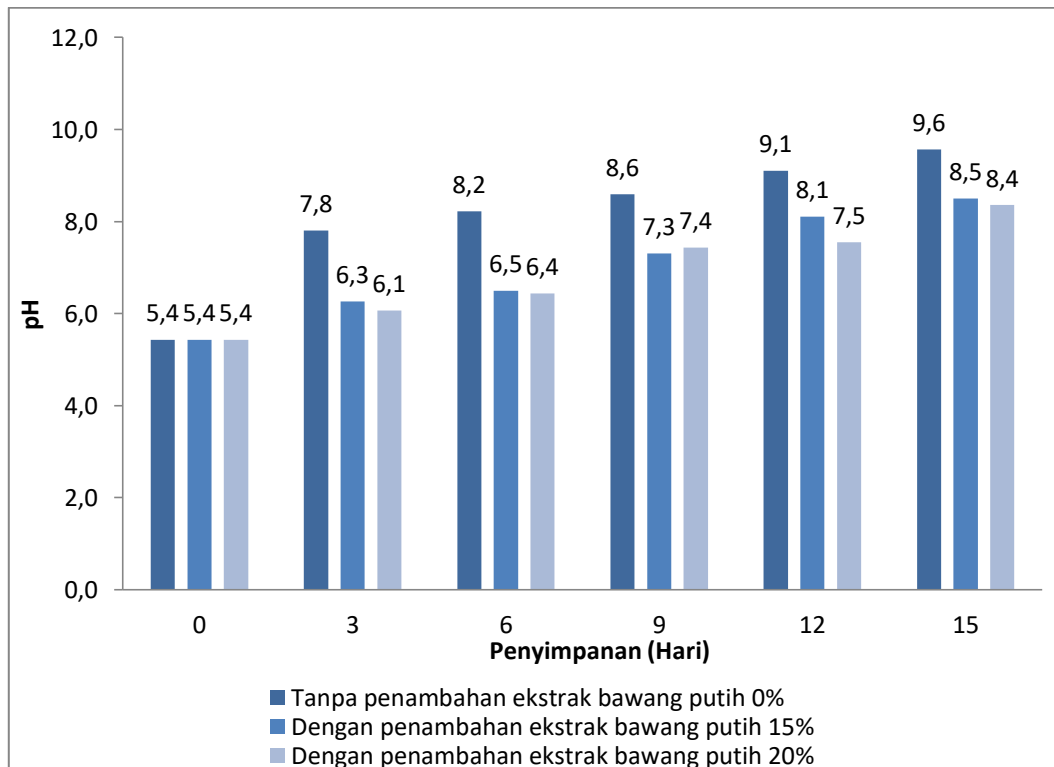
Berdasarkan hasil uji statistik (Lampiran 4) yang diperoleh menunjukkan bahwa penambahan ekstrak bawang putih pada kertas aktif berpengaruh nyata terhadap nilai TBA daging dengan nilai signifikansi ($P\text{-Value} < 0,05$). Sedangkan hasil uji lanjut Duncan terhadap pengaruh penambahan ekstrak bawang putih pada kertas aktif menunjukkan bahwa perlakuan tanpa penambahan ekstrak bawang putih (0%) berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, namun penambahan ekstrak bawang putih 15% tidak berbeda nyata dengan penambahan ekstrak bawang putih 20%.

Berdasarkan gambar 13 menunjukkan bahwa, perlakuan tanpa penambahan ekstrak bawang putih melewati ambang batas nilai TBA lebih cepat yaitu pada hari ke-3 dibandingkan perlakuan dengan penambahan 15% dan 20% ekstrak bawang putih. Hal ini dikarenakan adanya peran bakterisidal dan antioksidan yang terdapat pada bawang putih yang dapat menghambat oksidasi asam lemak tak jenuh. Hal ini sesuai dengan pernyataan Purnamasari *et al.*, (2012) bahwa senyawa yang bersifat *bactericidal* dan antioksidan dapat menghambat proses pembentukan lemak tak jenuh pada bahan pangan yang memicu terbentuknya proses ketengikan (Purnamasari *et al.*, 2012).

Bahan pangan dinyatakan mengalami ketengikan jika memiliki nilai TBA sekitar 0,6-2,0 mg malonaldehid/kg (Maftoonazad, 2005) Menurut Greene dan Cumuze, (1982) proses terbentuknya keteknikan pada daging disebabkan karena adanya degradasi atau kerusakan pada lemak yang menghasilkan senyawa *malonaldehid* pada daging. Secara umum senyawa *malonaldehida* dihasilkan dari pembentukan diperoksida pada gugus pentadiena yang disusul dengan pemutusan rantai molekul atau dengan cara oksidase lebih lanjut dari 2-enol yang dihasilkan dari penguraian monohidro peroksida dan *Malonaldehida* merupakan hasil pengoksidaan sekunder pada asam lemak tidak bebas yang mempunyai tiga atau lebih ikatan ganda dua (Greene *et al.*, 1982; Jo *et al.*, 2000; Ketaren, 2005)

4.4. pH

Power of hydrogen (pH) adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan suatu zat atau benda (Ngafifuddin *et al.*, 2017). Pengukuran pH juga merupakan salah satu metode untuk mengetahui tingkat kesegaran daging sapi. Berdasarkan standar SNI nilai pH pada daging sapi berkisar antara 5,4-5,8. Nilai pH sangat penting terhadap proses perubahan kualitas daging. Pengukuran pH dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan ekstrak bawang putih terhadap nilai pH daging sapi yang dikemas. Hasil pengujian pH daging yang dikemas disajikan pada gambar 14.



Gambar 14. Nilai pH Daging Sapi dalam Kemasan

Berdasarkan gambar 14 menunjukkan bahwa nilai pH daging yang dikemas mengalami peningkatan selama penyimpanan hari ke 0 hingga hari ke-15. Penyimpanan daging sapi yang tidak diberi perlakuan penambahan ekstrak bawang putih memiliki nilai pH berturut turut 5,43; 7,8; 8,21;8,59; 9,10; dan 9,56. Sedangkan sampel dengan perlakuan penambahan ekstrak bawang putih 15% memiliki nilai pH berturut turut 5,43; 6,26;6,5;7,3;8,1; dan 8,5 dan sampel dengan perlakuan penambahn ekstrak bawang putih 20% memiliki nilai pH berturut turut 5,43; 6,06, 6,43; 7,43; 7,54; dan 8,35.

Berdasarkan hasil uji statistik yang diperoleh (Lampiran 6) menunjukkan bahwa penambahan ekstrak bawang putih pada kertas aktif berpengaruh nyata terhadap nilai pH daging dengan nilai signifikansi $<0,05$. Sedangkan hasil uji lanjut Duncan terhadap pengaruh penambahan ekstrak bawang putih pada kertas aktif menunjukkan bahwa perlakuan tanpa penambahan ekstrak bawang putih (0%) berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, namun penambahan ekstrak bawang putih 15% tidak berbeda nyata dengan penambahan ekstrak bawang putih 20%.

PH daging sapi yang masih hidup berkisar 7.0-7.2, namun setelah hewan ternak disembelih pH daging akan mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan terjadi proses glikolisis anaerob akibat dari terhentinya penyaluran oksigen ke otot daging. Pada proses glikolisis tersebut cadangan glikogen dikonversi menjadi asam laktat sehingga terjadi penurunan pH, proses tersebut akan berhenti bilamana kadar glikogen sudah habis. Setelah

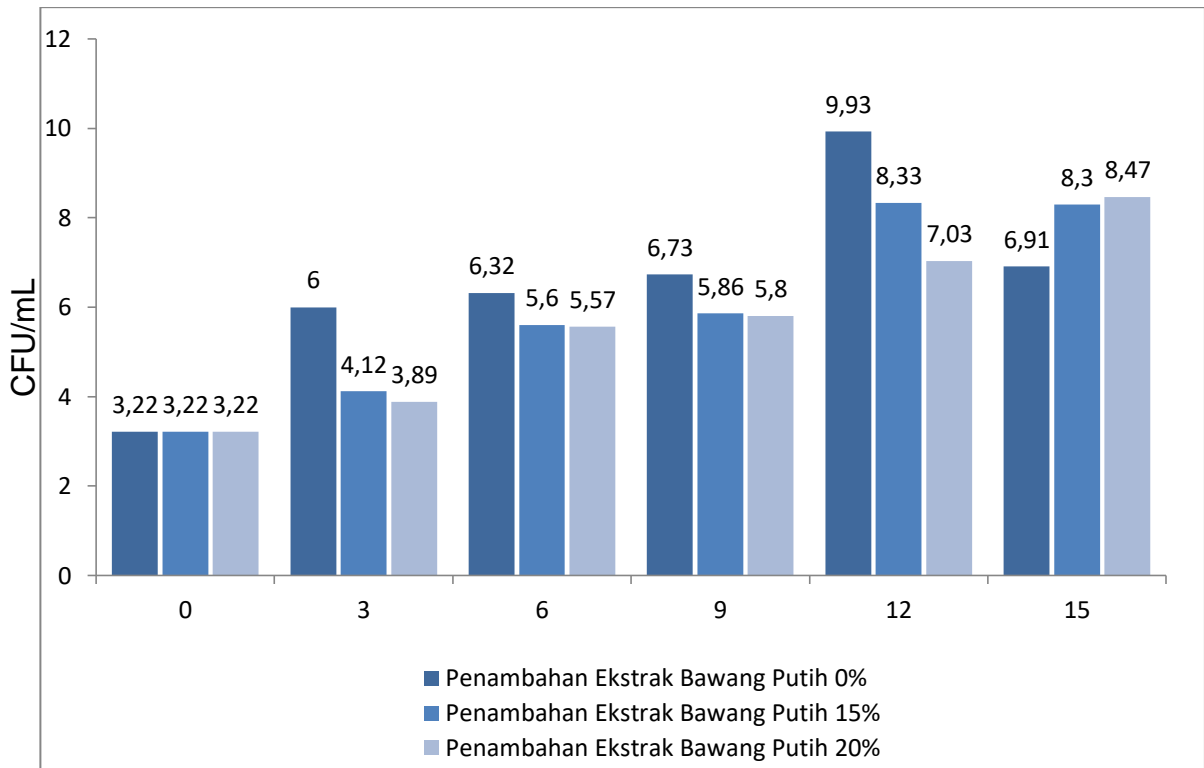
kadar glikogen habis, maka pH daging akan terus mengalami peningkatan selama penyimpanan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang diperoleh selama penyimpanan yang mana pH daging terus mengalami peningkatan selama penyimpanan. Terdapat dugaan bahwa pada selang penyimpanan dari hari pertama (pengujian 1) ke hari ketiga pengujian (pengujian 2) terjadi penurunan pH dari pH awal daging, namun pada hari kedua tersebut tidak dilakukan pengujian. Sehingga pada hari ketiga pH daging telah meningkat. Terjadinya penurunan pH yang singkat sebagai akibat dari tingkat stress dan kelelahan yang dialami oleh hewan ternak sebelum penyembelihan yang menyebabkan kadar glikogen berkurang sehingga proses glikolisis anaerob berlangsung lebih singkat. Oleh karena itu pada hari ketiga, pH daging telah mengalami peningkatan dan terus berlangsung hingga penyimpanan terakhir (hari ke-15). Hal ini didukung oleh Weglarz, (2010) yang menyatakan bahwa glikogen pada otot akan terus terkonversi menjadi asam laktat selama proses glikolisis anaerob hingga kadar glikogen telah habis dan kemudian akan dilanjutkan dengan proses netralisasi senyawa basa sebagai hasil dekomposisi protein oleh mikroorganisme sehingga pH daging akan terus mengalami peningkatan yang menandakan bahwa daging tersebut telah busuk. Hal ini juga dipertegas oleh Lawrie, (2003) yang menyatakan bahwa penurunan pH pada daging dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti glikogen otot dan spesies (intrinsik), temperature lingkungan, perlakuan pra sembelih dan juga stress sebelum pemotongan, (Lawrie, 2003; Węglarz, 2010).

Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa terdapat perbedaan peningkatan pH daging, hal ini dikarenakan konsentrasi ekstrak bawang putih yang ditambahkan pada kertas aktif bervariasi. Penambahan ekstrak bawang putih dengan konsentrasi 20% memiliki peningkatan pH yang kurang signifikan dibandingkan dengan konsentrasi 15% dan 0%. Hal ini dikarenakan ekstrak bawang putih memiliki senyawa *allicin* yang dapat bertindak sebagai bahan antimikroba khususnya pada beberapa mikroba pembusuk daging seperti *Bacillus cereus* dan *Staphylococcus aureus*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Muslim, (2009) yang menyatakan bahwa bawang putih (*Allium sativum*) mengandung senyawa *allicin* yang memiliki permeabilitas yang cukup tinggi dalam menembus dinding sel bakteri dengan cara melakukan penghancuran pada gugus sifidridil bakteri yang merupakan penyusun membrane sel bakteri sehingga pertumbuhan bakteri akan terhambat (Muslim *et al.*,2009).

4.5. Total bacterial counts (TBC)

Analisis menggunakan metode TBC merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengetahui tingkat kesegaran suatu daging. Total bacterial counts (TBC) memiliki prinsip kerja dengan cara menghitung jumlah koloni bakteri yang ada dalam sampel. Cemaran bakteri pada produk pangan yang dapat dijadikan sebagai indikator kebusukan, kualitas, dan daya simpan bahan pangan berdasarkan jumlah kontaminan. Pengujian total bakteri

dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan kertas aktif terhadap pertumbuhan bakteri daging yang dikemas. Hasil pengujian TBC dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Grafik Nilai TBC Daging Sapi Selama Penyimpanan

Berdasarkan data kuantitatif perubahan nilai TBC selama penyimpanan menunjukkan hasil bahwa penambahan ekstrak bawang putih dengan konsentrasi yang berbeda berpengaruh terhadap peningkatan nilai TBC selama penyimpanan. Pada hari ke-0, nilai TBC daging sapi sebesar 3,22 CFU/mL yang dikategorikan sebagai daging segar berdasarkan mutu mikrobiologi. Selama penyimpanan berlangsung, nilai TBC daging sapi terus

mengalami peningkatan hingga penyimpanan hari ke-12 sebesar 9,93 CFU/mL, 8,33 CFU/ml, dan 7,03 CFU/mL untuk masing-masing penambahan ekstrak bawang putih 0%, 15% dan 20%. Persyaratan mutu karkas dan daging sapi telah diatur dalam SNI 3932:2008 yaitu batas jumlah mikroba TBC pada daging sebesar 1×10^6 atau setara dengan 6 CFU/ml. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daging sapi yang diberi perlakuan tanpa penambahan ekstrak bawang putih (0%) dikategorikan sudah tidak layak untuk dikonsumsi pada hari ke-6 dengan nilai TBC sebesar 6,32 CFU/mL. Sedangkan, untuk sampel daging yang diberi perlakuan penambahan ekstrak bawang putih 15% dan 20% dikategorikan sudah memiliki tanda peringatan untuk dikonsumsi secepatnya pada hari ke-9 dengan nilai 5,86 CFU/mL dan 5,80 CFU/mL. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan ekstrak bawang putih 15% dan 20% pada kemasan daging berpengaruh dalam menghambat pertumbuhan mikroba dan memperpanjang masa simpan daging hingga 3 hari lebih lama dibandingkan sampel daging yang tanpa diberi penambahan ekstrak bawang putih. Selanjutnya, untuk mengetahui lebih lanjut ada tidaknya perbedaan nyata penambahan ekstrak bawang putih dengan konsentrasi berbeda terhadap nilai TBC daging sapi maka dilakukan uji sidik ragam.

Hasil uji statistik (lampiran 8) menunjukkan bahwa penambahan ekstrak bawang putih pada kertas aktif berpengaruh nyata terhadap nilai TBC daging dengan nilai signifikansi $< 0,05$. Sedangkan untuk hasil uji lanjut

Duncan terhadap pengaruh penambahan ekstrak bawang putih pada kertas aktif menunjukkan bahwa perlakuan tanpa penambahan ekstrak bawang putih (0%) berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, namun penambahan ekstrak bawang putih 15% tidak berbeda nyata dengan penambahan ekstrak bawang putih 20% pada taraf kepercayaan 5%. Adanya perbedaan peningkatan nilai TBC pada daging disebabkan oleh penambahan ekstrak bawang putih. Ekstrak bawang putih yang ditambahkan pada kertas aktif dapat menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif dan bakteri gram positif yang disebabkan karena bawang putih mengandung senyawa antimikroba berupa Allicin. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Rybak, *et al.* 2004) bahwa bawang putih mengandung senyawa aktif Allicin dengan konsentrasi rata-rata 3,4-4,6 mg/Allicin per gram bawang putih segar. Ekstrak bawang putih yang diaplikasikan pada kertas aktif akan berdifusi ke seluruh permukaan daging sapi sehingga dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Proses penghambatan bakteri melalui penghambatan secara total sintesis RNA dan menghambat secara parsial sintesis DNA dan protein. Allicin tersebut akan bekerja dengan memblok enzim bakteri yang memiliki gugus thiol yang akhirnya menghambat pertumbuhan bakteri. Hal ini sesuai dengan pernyataan Boboye, (2008), bahwa mekanisme bawang putih menghambat pertumbuhan bakteri dengan cara menghambat secara total RNA, sintesis DNA dan protein bakteri. Mardiya, (2018), juga menegaskan bahwa efektivitas ekstrak bawang putih dengan konsentrasi 25%, 50% dan 100%

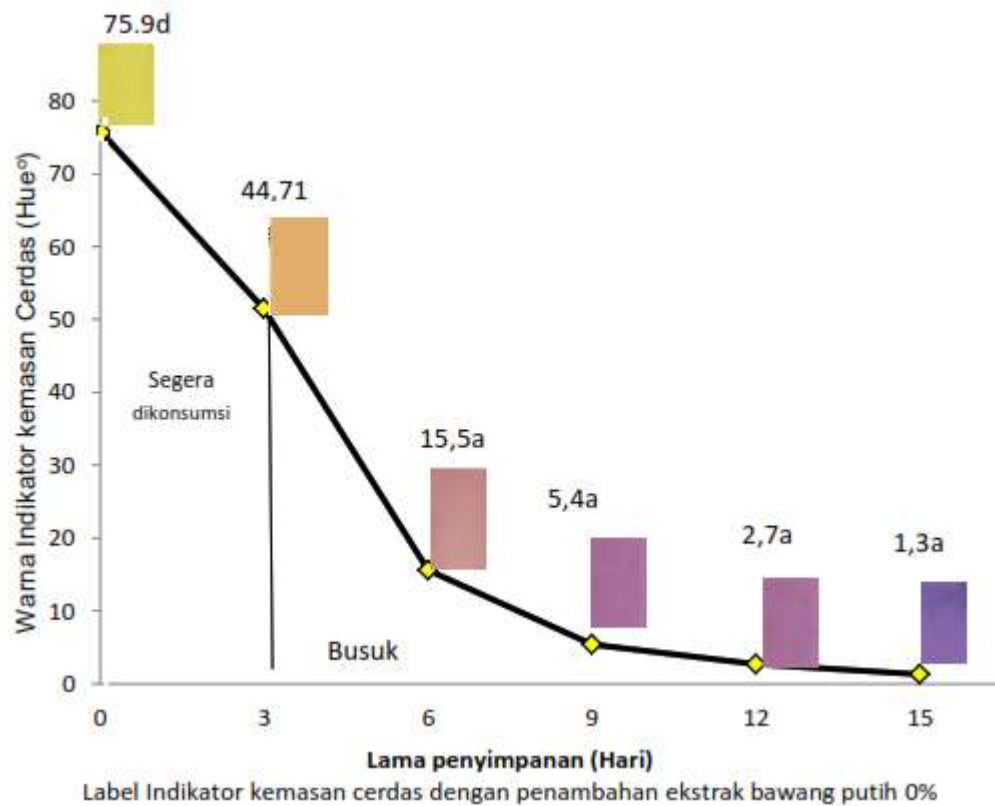
sangat efektif dalam membunuh bakteri *Stapylococcus aureus* dan bersifat sebagai baktriosidal, sedangkan ekstrak bawang putih dengan konsentrasi 12,5% dinyatakan sebagai daya hambat pertumbuhan bakteri (bakteriostatik), namun kurang efektif untuk membunuh bakteri (*bakteriosidal*) (Mardiyah, 2018).

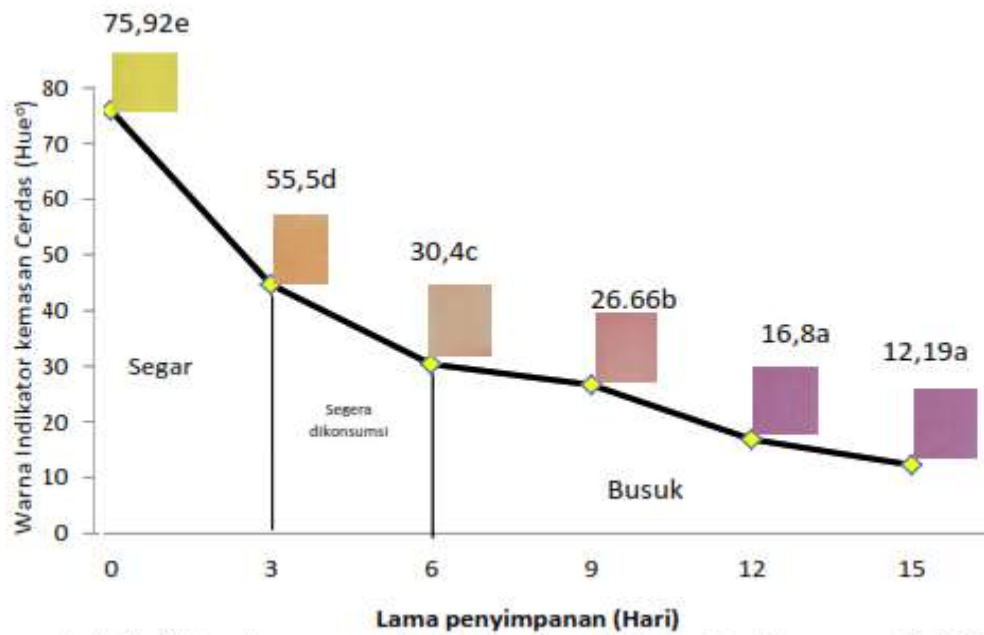
Selain penambahan senyawa antibakteri pada kemasan daging sapi. Suhu penyimpanan daging sapi juga dapat mempengaruhi nilai TBC dari daging. Sel-sel daging pada fase postmortem masih melakukan reaksi-reaksi metabolisme, kecepatan reaksi metabolisme daging sangat bergantung pada suhu penyimpanan. Menurut Kristanti, (2005) semakin rendah suhu penyimpanan maka semakin lambat terjadi reaksi metabolisme dalam daging dan semakin lama pula daging dapat disimpan. Hal ini di dukung oleh hasil penelitian Kuswandi dan Nurfawaidi (2017), bahwa daging sapi yang memiliki nilai TPC 6,961 CFU/mL sudah tidak layak dikonsumsi. (Kristanti *et al.*, 2015; Kuswandi dan Nurfawaidi, 2017)

4.6. Respon Indikator Kemasan Cerdas terdapat produk yang dikemas

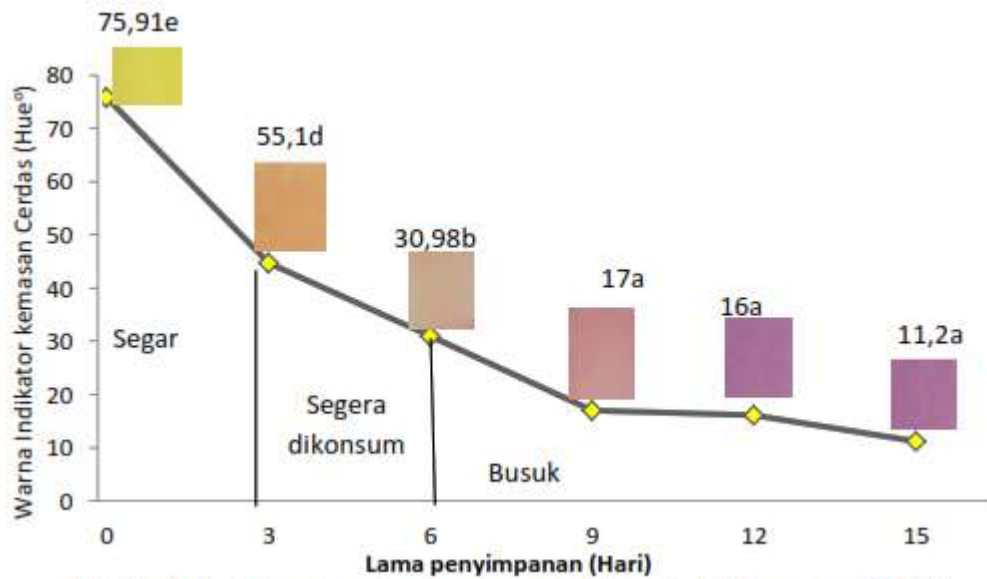
Kemasan cerdas (*Smart packaging*) merupakan kemasan yang dilengkapi dengan label indikator yang berfungsi sebagai sumber informasi mengenai kondisi produk yang dikemas. Analisa perubahan warna indikator dilakukan untuk mengetahui fase perubahan warna indikator kemasan cerdas. Berdasarkan hasil uji sensitivitas indikator kemasan cerdas maka digunakan

indikator dengan penambahan larutan *Phenol Red* (PR) dan *Bromothymol Blue* (BTB) (1:1). Pengukuran indikator kemas cerdas dilakukan menggunakan alat *kingwell JZ-300 colorimeter* yang menunjukkan nilai I, a, b yang merupakan standar pengukuran internasional yang diterbitkan oleh *Hunterlab Association Laboratory, (2008)*. Nilai I, a, b yang diperoleh selanjutnya dikonversi untuk memperoleh nilai $^{\circ}Hue$ dan nilai *chroma*. Hasil respon indikator kemas cerdas dapat dilihat pada gambar 16.





Label Indikator kemasan cerdas dengan penambahan ekstrak bawang putih 15%



Label Indikator kemasan cerdas dengan penambahan ekstrak bawang putih 20%

Gambar 16. Hasil Respon Indikator Kemasan Cerdas Terhadap Daging Sapi yang Disimpan pada Suhu Dingin

Berdasarkan gambar 16 diketahui bahwa indikator kemasan cerdas dengan penambah berbagai konsentrasi ekstrak bawang putih mengalami perubahan warna selama penyimpanan berlangsung, indikator pada kemasan cerdas dan aktif dengan penambahan ekstrak bawang putih 0% yang disimpan dari hari ke 0 sampai hari ke- 15 berturut turut yaitu 75,9, 44,7, 15,5, 5,4, 2,7 dan 1,5 °hue sedangkan penambahan ekstrak bawang putih 15% yang disimpan dari hari ke 0 sampai hari ke- 15 berturut turut yaitu 75,92, 51,7, 30,39,26,6, 16,8 dan 12,19 °hue dan indikator dengan penambahan ekstrak bawang putih 20 % yang disimpan dari hari ke 0 sampai hari ke- 15 berturut turut yaitu 75,9, 51,7, 30,9, 16,9, 16,0 dan 11,2.

Secara visual terdapat beberapa fase perubahan warna indikator yang yaitu fase I pada penyimpanan daging sapi yang dikemas pada hari 0 hingga hari 3 berwarna kuning pekat yang menunjukkan daging masih segar, fase II yaitu pada penyimpanan hari ke 3 sampai hari ke 6 berwarna orange menunjukkan daging harus segera dikonsumsi, dan fase III yaitu penyimpanan pada hari ke 9 hingga hari ke 15 berwarna merah pudar hingga keungu menunjukkan daging sudah mengalami kerusakan dan tidak layak lagi untuk dikonsumsi.

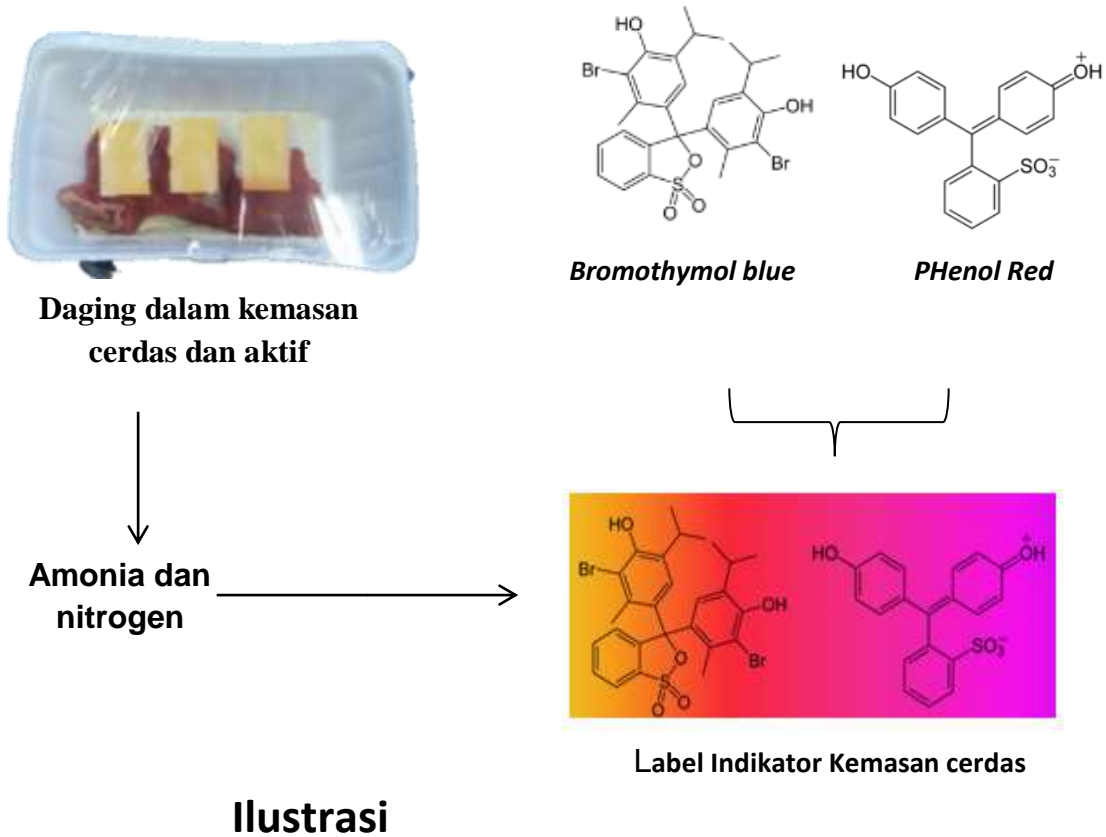
Perubahan warna yang terjadi merupakan tanda hasil respon kondisi mutu daging sapi yang dikemas. Terjadinya perubahan warna pada label indikator cerdas erat kaitannya dengan terjadinya peningkatan jumlah mikroba dan enzim pada daging sapi selama penyimpanan. Mikroba dan enzim pada

daging menyebabkan terjadinya dekomposisi komponen zat gizi daging oleh enzim dan mikroba sehingga menghasilkan senyawa-senyawa basa volatil. Senyawa volatil akan terakumulasi dalam kemasan yang menyebabkan peningkatan nilai pH dan total volatile bases nitrogen. Semakin banyak senyawa basa volatil yang terakumulasi dalam kemasan menyebabkan perubahan warna pada label indikator cerdas dari kuning pekat menjadi merah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Prajitna, (2011) bahwa keberadaan senyawa volatil pada daging dapat meningkatkan pH daging yang selanjutnya dideteksi oleh indikator dengan mengalami perubahan indikator secara bertahap (Prajitna, 2011).

Peningkatan pH daging disebabkan karena amonia bereaksi dengan ion H^+ air dalam daging yang menghasilkan ion H^- . Semakin banyak ion OH^- dalam kemasan daging maka semakin meningkat nilai pH daging sapi yang akan berpengaruh pada perubahan label indikator cerdas. Menurut De Meyer, (2014) larutan *Bromo Thimol Blue* jika berada pada kondisi terprotonasi akan menghasilkan warna kuning dan selanjutnya akan mengalami perubahan warna biru atau biru kehijauan, sedangkan menurut Melati, (2016) larutan *Phenol Red* akan mengalami perubahan warna menjadi kuning pada pH 6.5 dan merah pada pH 8,1. (De Meyer *et al.*, 2014; Melati, 2017).

Berikut adalah bentuk simulasi proses perubahan warna kemasan indikator yang disebabkan oleh adanya senyawa amonia dan nitrogen yang

menghasilkan sifat basa *volatile* hasil dari dekomposisi komponen zat gizi daging yang bereaksi dengan indikator kemasan cerdas yang menjadi penanda kualitas mutu daging yang dikemas.



Gambar 17. Mekanisme perubahan warna indikator kemasan cerdas akibat dekomposisi zat gizi daging sapi yang dikemas.

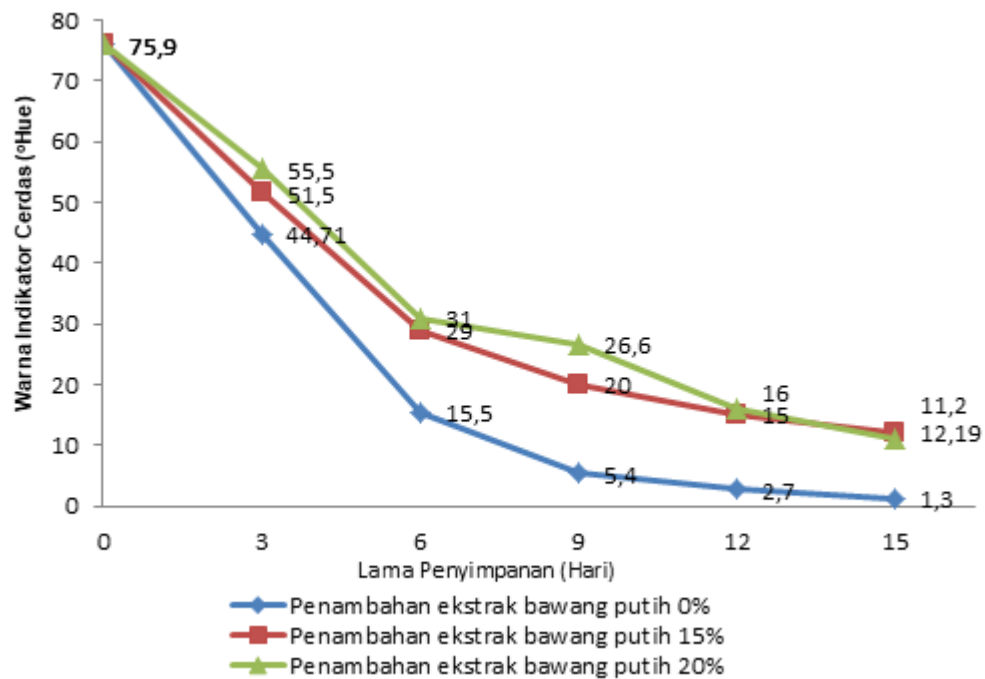
Berdasarkan gambar 17, menunjukkan bahwa daging sapi yang dikemas dan disimpan pada suhu dingin akan melepaskan senyawa amoniak dan nitrogen basa sebagai hasil dari dekomposisi zat gizi yang terdapat pada daging yang selanjutnya terikat atau bereaksi dengan senyawa

Bromophenol blue dan *Phenol red* yang dijadikan sebagai larutan pada indikator kemasan cerdas. Senyawa amoniak dan nitrogen yang berikatan dengan label indikator menyebabkan terjadinya perubahan warna dari kuning hingga ke warna merah keunguan.

Selama proses penyimpanan daging sapi akan mengalami proses proses souring yang berkaitan dengan bau dan rasa pada daging dan putrefaction dimana pada proses putrefaction terjadi dekomposisi protein senyawa-senyawa yang berbau busuk, seperti H_2S , merkaptan, indol, skatol, amonia dan amin. Enzim yang berperang pada proses pembusukan adalah eksoenzim proteolitik maupun lipolitik.

a. Nilai °Hue

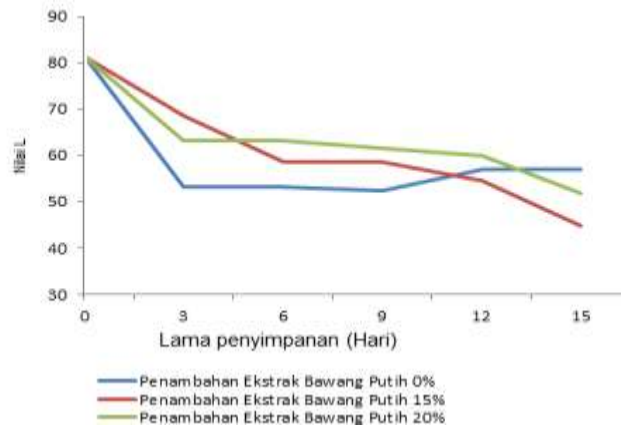
Nilai °Hue warna indikator dapat digunakan untuk melihat secara keseluruhan perubahan warna pada label indikator selama penyimpanan. Nilai °Hue ini diperoleh dari hasil perhitungan invers tangen perbandingan nilai b dan a dari alat colorimeter. Hasil nilai °Hue indikator kemasan cerdas dapat dilihat pada gambar 18.



Gambar 18. Grafik °Hue Label Indikator Cerdas Selama Penyimpanan di Suhu Dingin

Berdasarkan Gambar 18, terlihat bahwa nilai °Hue pada label indikator cerdas mengalami penurunan selama penyimpanan. Terjadinya penurunan warna disebabkan karena label indikator cerdas mengalami perubahan warna dari kuning pekat menjadi merah keunguan. Pada penyimpanan hari ke 0, diperoleh nilai °Hue 75,9° yang merupakan nilai yang masuk dalam kisaran warna kuning yang selanjutnya terus mengalami penurunan hingga hari ke 15 dengan nilai °Hue 12,19°. Penurunan nilai hue disebabkan karena warna kemasan cerdas berubah dari warna kuning menjadi merah keunguan yang diakibatkan oleh perubahan mutu daging yang dikemas.

b. Nilai L



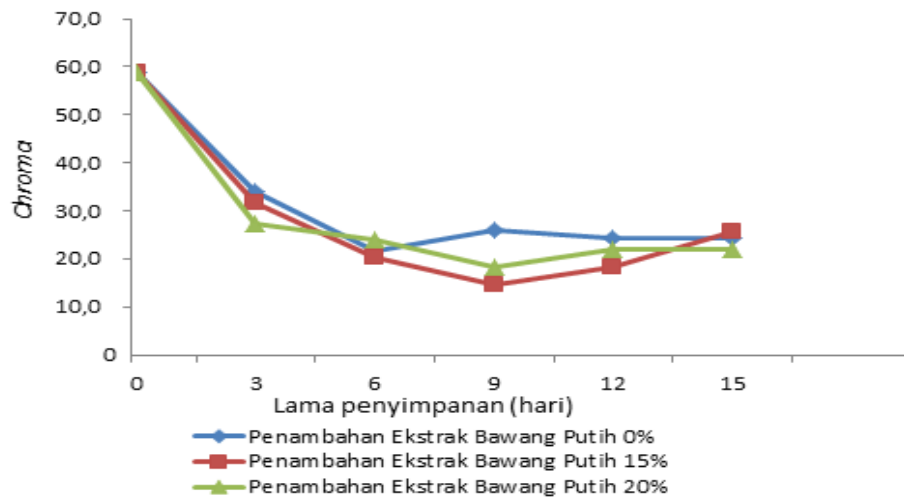
Gambar 19 Nilai L Label Indikator Cerdas Selama Penyimpanan di Suhu Dingin

Berdasarkan gambar 19, diperoleh hasil bahwa nilai L pada label indikator cerdas mengalami penurunan selama penyimpanan di suhu dingin. Pada penyimpanan hari ke-0 nilai L label indikator cerdas sebesar 81,26. Nilai L tersebut terus mengalami penurunan hingga penyimpanan hari ke-15 dengan nilai L sebesar 56,8; 44,75 dan 51,9 untuk masing-masing penambahan konsentrasi ekstrak bawang putih sebanyak 0%, 15%, dan 20%. Penurunan nilai L selama penyimpanan disebabkan karena label indikator cerdas mengalami perubahan warna dari kuning pekat menjadi merah pudar yang memiliki tingkat kecerahan lebih rendah. Penurunan nilai L pada label indikator cerdas merupakan hasil respon dari penurunan mutu daging sapi yang dikemas. Penurunan nilai L disebabkan oleh peningkatan nilai pH daging selama penyimpanan. Peningkatan nilai pH ini terjadi akibat

meningkatnya produksi komponen volatil yang bersifat basa yang diikuti dengan perubahan tingkat kecerahan pada label indikator cerdas.

c. Nilai chroma

Nilai chroma merupakan nilai yang digunakan untuk menentukan tingkat ketajaman suatu warna yang ditentukan berdasarkan nilai hitung akar a^2 ditambah b^2 . Grafik nilai *chroma* pada perubahan warna label indikator kemasan cerdas dapat dilihat pada gambar 20.

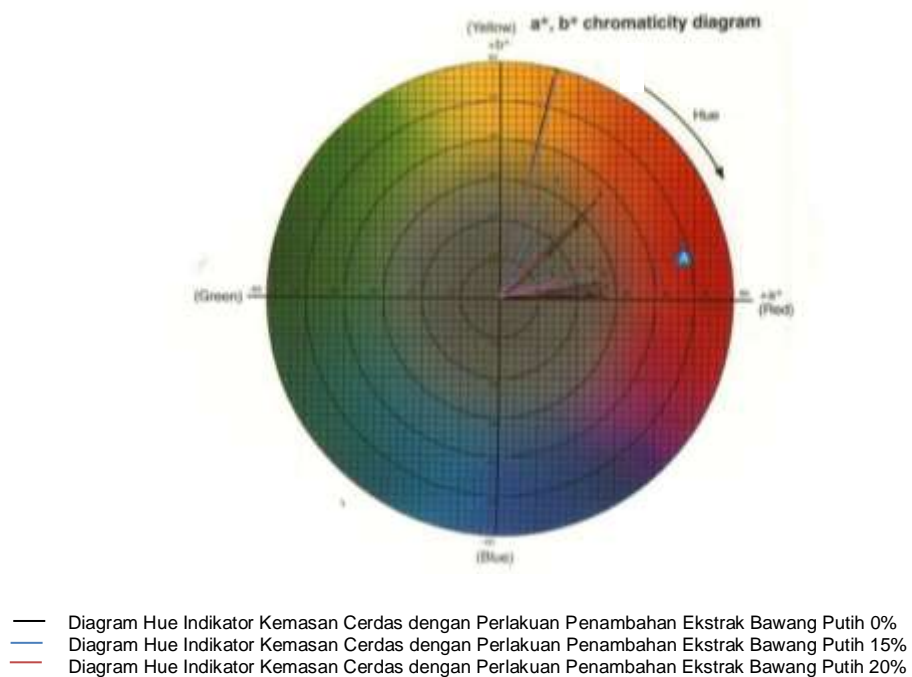


Gambar 20. Nilai Chroma Label indikator kemasan cerdas selama penyimpanan

Berdasarkan gambar 20, menunjukkan bahwa nilai Chroma pada sampel mengalami penurunan selama penyimpanan. pada hari ke 0 label indikator kemasan cerdas sebesar 59. Nilai Chroma tersebut terus mengalami penurunan hingga penyimpanan ke hari ke 15 dengan nilai *chroma* berturut turut untuk penambahan ekstrak bawang putih 0%,15% dan 20% yaitu 24,2;

25,6; dan 22,0. Hal ini menunjukkan bahwa indikator mengalami penurunan tingkat ketajaman warna.

Berdasarkan diagram pada gambar 21 juga menunjukkan perubahan warna nilai *chroma* dan ⁰Hue berdasarkan pergerakan kuadrat perubahan warna secara signifikan.



Gambar 21. Diagram Hue Indikator Kemasan Cerdas dengan Perlakuan Penambahan Ekstrak Bawang Putih 0%, 15% dan 20%

Diagram Hue dan Chroma pada gambar 21 menunjukkan adanya pergerakan garis warna oleh semua perlakuan penambahan ekstrak bawang putih selama penyimpanan. Garis warna tersebut bergerak dari wilayah kuadran I menuju wilayah kuadran IV. Label indikator pada hari 0 berada pada kuadran I dengan warna merah kuning kemudian koordinat warna

bergerak menuju kuadran IV namun masih di wilayah kuadran I sehingga warna yang dihasilkan adalah warna kuning. Pada perlakuan kontrol untuk titik koordinat pengamatan hari ke-9 hingga hari ke 15 mencapai wilayah kuadran IV sehingga warna yang dihasilkan adalah ungu. Hal yang sama ditemukan pada perlakuan penambahan ekstrak bawang putih 15% dan 20%. Titik koordinat warna pada pengamatan hari ke-15 hampir mencapai wilayah kuadran II sehingga warna yang dihasilkan berwarna hijau. Hal ini sesuai dengan data hasil penentuan nilai hue label indikator selama penyimpanan.

Penurunan nilai L, Hue dan *chroma* disebabkan oleh peningkatan nilai pH sampel selama penyimpanan. Peningkatan nilai pH terjadi akibat meningkatnya produksi komponen volatil yang bersifat basa sehingga indikator warna yang berada pada label indikator berubah warna mengikuti peningkatan produksi komponen volatil. Label indikator berubah warna dari kuning menjadi merah pudar hingga keunguan seiring penurunan mutu daging. Komponen volatil amonia (NH_3) akan bereaksi dengan H_2O yang diperoleh dari uap air dari produk selama penyimpanan sehingga menghasilkan NH_4^+ dan OH^- . OH^- yang terlepas ini yang kemudian ditangkap oleh label indikator (Ramadhani, 2016).

4.7. Korelasi antara Respon Sensor Label Indikator dengan Berbagai Parameter Kemunduran Mutu daging segar yang dikemas

Korelasi hubungan respon perubahan warna label indikator cerdas dan aktif dengan semua parameter pengujian pada daging sapi seperti total

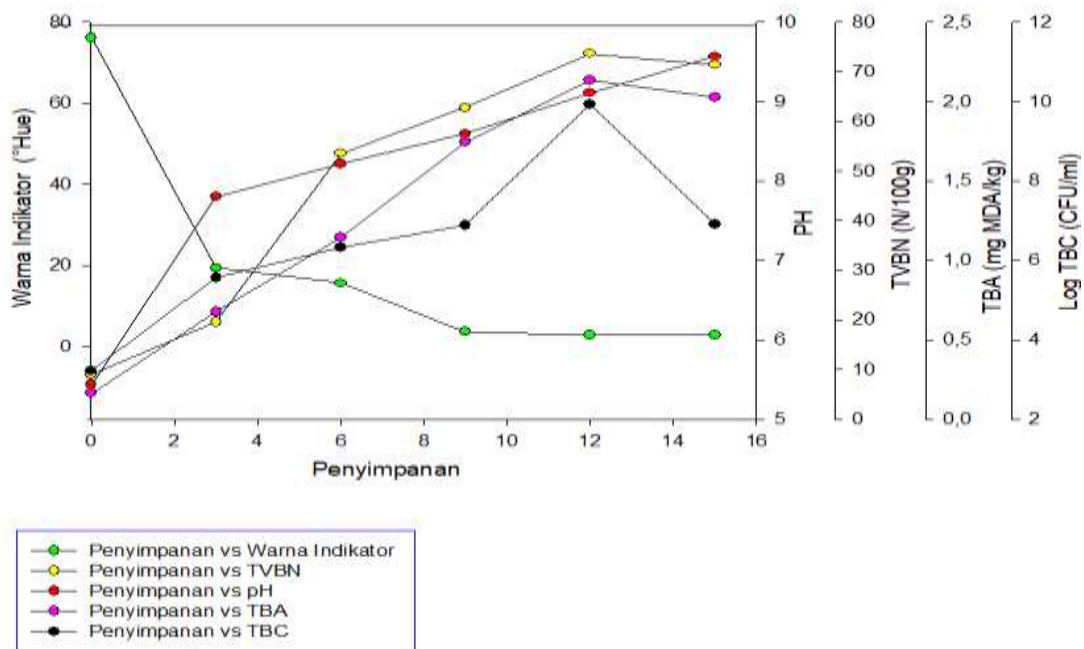
volatile bases nitrogen (TVBN), *total bacteri count* (TBC), dan pH dilakukan untuk mengetahui sensitivitas label indikator cerdas dalam mendeteksi kemunduran mutu daging sapi untuk memperoleh sinkronisasi antara perubahan warna label indikator cerdas dan aktif terhadap kemunduran mutu daging sapi. Perbandingan perubahan warna label indikator cerdas dengan parameter pengujian kemunduran mutu daging dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Data Analisis Respon Label Indikator Cerdas dengan Parameter Kemunduran Mutu Daging Sapi

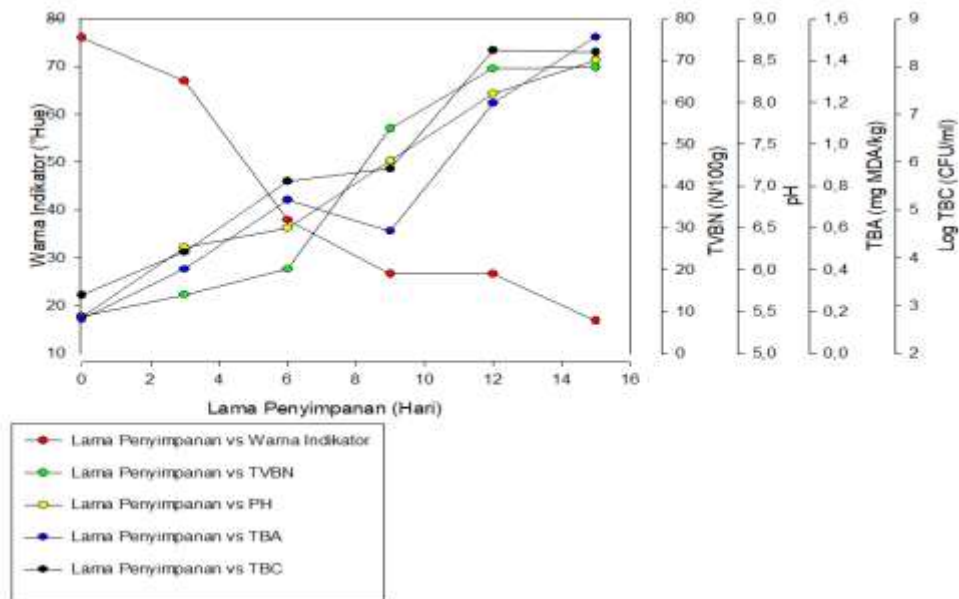
Perlakuan (%)	Lama penyimpanan (Hari)	Warna Indikator (°Hue)	TVBN (N/100g)	pH	TBA	Log TBC (CFU/ml)
0	0	76,03	8,96	5,43	0,16	3,22
	3	19,3	19,60	7,80	0,67	6,00
	6	15,57	53,53	8,22	1,14	6,32
	9	3,60	62,72	8,59	1,74	6,73
	12	2,70	73,64	9,11	2,13	9,93
	15	2,70	71,40	9,57	2,02	6,91
15	0	76,03	8,96	5,43	0,16	3,22
	3	66,95	14,00	6,27	0,40	4,12
	6	37,92	20,16	6,50	0,73	5,60
	9	26,67	53,76	7,30	0,58	5,86
	12	26,67	68,04	8,10	1,19	8,33
	15	16,90	68,32	8,50	1,51	8,30
20	0	75,90	8,96	5,43	0,16	3,22
	3	44,72	11,48	6,07	0,28	3,89
	6	30,96	15,68	6,43	0,61	5,57
	9	15,82	49,84	7,43	0,43	5,80
	12	16,06	62,44	7,55	0,98	7,03
	15	16,93	66,08	8,36	1,19	8,47

Sumber : *Data Primer Penelitian 2020*

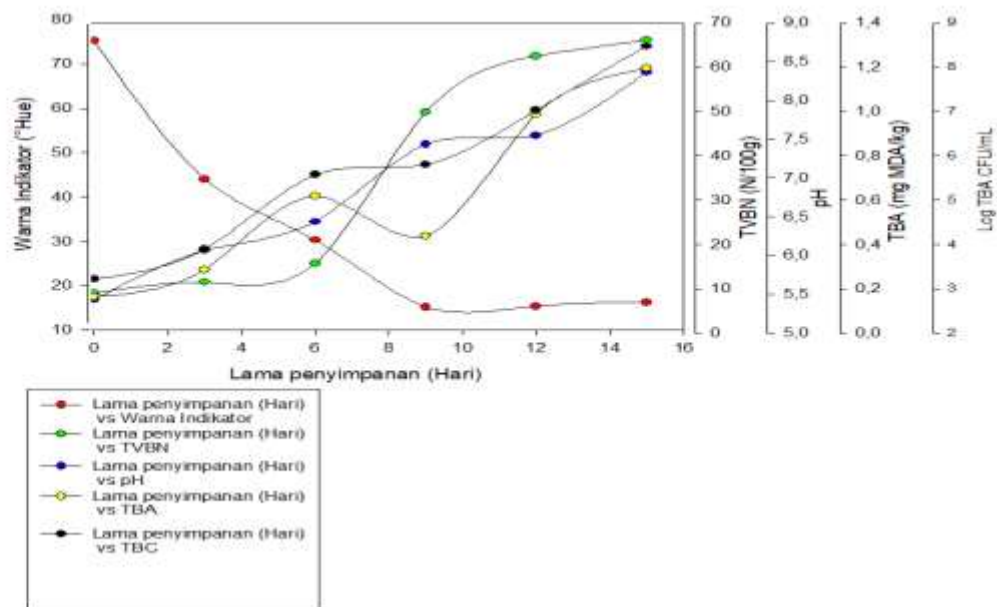
Berdasarkan data hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa perubahan warna label indikator dari kuning menjadi Merah pudar kemudian keunguan (hue bernilai negatif) berkorelasi secara positif dengan parameter-parameter penurunan mutu daging segar. File daging yang masih layak konsumsi akan menunjukkan warna label berwarna kuning dan menjadi tidak layak dikonsumsi ketika berubah warna menjadi merah pudar hingga keunguan. Peningkatan nilai TBC, TVBN, pH, dan TBA menunjukkan penurunan mutu daging segar selama penyimpanan. Grafik hubungan korelasi warna label indikator cerdas dengan semua parameter kemunduran mutu daging sapi untuk semua perlakuan dapat dilihat pada Gambar 22, 23 dan 24.



Gambar 22. Korelasi Hubungan Perubahan Warna Label Indikator Cerdas dengan Semua Parameter Kebusukan Daging Sapi dengan Penambahan Ekstrak Bawang Putih (0%)



Gambar 23. Korelasi Hubungan Perubahan Warna Label Indikator Cerdas dengan Semua Parameter Kebusukan Daging Sapi dengan Penambahan Ekstrak Bawang Putih (15%)



Gambar 24. Korelasi Hubungan Perubahan Warna Label Indikator Cerdas dengan Semua Parameter Kebusukan Daging Sapi dengan Penambahan Ekstrak Bawang Putih (20%)

Berdasarkan Gambar 22, 23, dan 24 menunjukkan bahwa daging sapi yang disimpan dengan perlakuan tanpa penambahan ekstrak bawang putih (0%) diperoleh hasil bahwa terjadi peningkatan yang cepat dibandingkan dengan perlakuan penambahan ekstrak bawang putih (15% dan 20 %) terhadap nilai TVBN, TPC, TBA dan pH daging sejalan dengan penurunan nilai warna indikator kemasan cerdas. Perbedaan peningkatan nilai parameter kemunduran mutu daging sapi untuk setiap perlakuan disebabkan karena adanya penambahan ekstrak bawang putih sebagai kemasan aktif dalam kemasan. Ekstrak bawang putih memiliki senyawa bioaktif berupa *Allicin* yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba. Senyawa *Allicin* ini dalam kemasan akan berdifusi ke seluruh permukaan daging sehingga dapat menekan pertumbuhan mikroba yang menyebabkan kemunduran mutu daging sapi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Prihandani, (2015), bahwa bawang putih memiliki senyawa bioaktif berupa *Allicin* yang bersifat volatil. Juga dipertegas oleh Deresse (2010), bahwa *Allicin* bekerja dengan menghambat secara total sintesis RNA bakteri serta menghambat sintesis DNA dan protein. Pola hubungan antara parameter kemunduran mutu daging sapi dengan nilai analisis warna label indikator juga sejalan dengan Kuswandi *et al.* (2017), yang juga mendapatkan pola hubungan yang linear terhadap parameter tingkat kesegaran daging sapi dengan perubahan intensitas warna label pintar *bromocresol purple* dan *methyl red*. Selain itu, penyimpanan pada suhu dingin juga mempengaruhi masa simpan daging sapi. Pada penelitian

ini daging sapi yang diberi perlakuan tanpa penambahan ekstrak bawang putih, diperoleh hasil bahwa daging telah mengalami penurunan mutu dan tidak layak dikonsumsi pada hari ke-6, sedangkan dengan penambahan ekstrak bawang putih konsentrasi 15% dan 20% daging rusak dan tidak layak untuk dikonsumsi pada penyimpanan hari ke-9. Hal tersebut menandakan bahwa penyimpanan daging pada suhu dingin dan dengan penambahan ekstrak bawang putih dapat memperpanjang masa simpan daging karena sifat dari *Allicin* yang mampu menghambat pertumbuhan mikroba penyebab kerusakan pada daging sapi. Hal ini sesuai dengan Suradi, (2005), bahwa daging sapi yang disimpan pada suhu refrigerasi (5°C) tanpa adanya penambahan komponen aktif memiliki masa simpan berdasarkan nilai TVB selama 195 jam 43 menit. Secara visual, label indikator cerdas dengan menggunakan bahan dasar kertas whatmann no.1 dan indikator BTB + PR (pH 5,00) yang digunakan pada kemasan cerdas dapat diaplikasikan sebagai indikator kesegaran daging sapi yang memiliki perubahan warna dari kuning (awal) menjadi merah pudar yang berlanjut kewarna ungu (akhir) yang dapat memudahkan konsumen untuk melihat kesegaran daging sapi tanpa menyentuh tekstur daging maupun membuka kemasan.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini, yaitu:

1. Label Indikator kemasan cerdas mengalami perubahan warna seiring dengan penurunan mutu daging yang dikemas. Indikator kemasan cerdas dengan penambahan ekstrak bawang putih 0% mengalami perubahan warna dari kuning ke merah pudar pada penyimpanan hari ke tiga yang menandakan sampel telah busuk. Sedangkan, Indikator kemasan cerdas dengan penambahan ekstrak bawang putih 15% dan 20% mengalami perubahan warna kuning menandakan daging masih segar, selanjutnya berubah menjadi warna oranye pada hari ke tiga menandakan daging harus segera dikonsumsi dan pada penyimpanan hari keenam indikator berubah menjadi warna merah pudar yang menandakan indikator telah busuk.
2. Ekstrak bawang putih dengan konsentrasi 15% dapat berfungsi sebagai zat antimikroba yang ditambahkan kedalam kemasan karena dapat menekan pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* dengan aktifitas zona hambat sedang sedangkan untuk bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dengan aktifitas zona hambat lemah
3. Perubahan warna label indikator cerdas dengan kombinasi *Bromothymol Blue* dan *Phenol Red* terhadap nilai *total bacterial count* (TBA), *Total*

Volatile Bases Nitrogen (TVBN), pH, dan *Thio barbituric acid* (TBA) menunjukkan korelasi yang linear dan positif dalam mendeteksi tingkat kebusukan daging sapi selama penyimpanan.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian tambahan mengenai uji konsentrasi amonia atau basa volatile yang dilepaskan bahan selama penyimpanan, pengujian daya hambat bakteri yang dilakukan pada penyimpanan suhu dingin dan pengujian konsentrasi senyawa volatile pada kemasan aktif untuk masing-masing konsentrasi ekstrak bawang putih yang digunakan serta pengujian senyawa volatil yang terdapat pada daging sapi yang dikemas.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. (1995). Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemist. AOAC International. Virginia USA
- Aberle, H. B., Forrest, J. C., Hendrick., E. D., Judge, M. D., & Merkel, R. A. (2001). *Principle of Meat Science*. Iowa: Hunt Publishing.
- Atmaka, W., Manuhara, G. J., Destiana, N., K., Khasanah, L. U., & Utai, R. (2016). Karakterisasi pengemas kertas aktif dengan penambahan oleoresin dari ampas pengepresan rimpang temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb). *Reaktor*, 1, 32–40.
- Badan Standar Nasional Indonesia (2008). *Mutu karkas dan daging sapi*.
- Balica, S. F., Popescu, I., Beevers, L., & Wright, N. G. (2014). Determination of Quality of Marine Fishes Based on Total Volatile Base Nitrogen test (TVB-N). *Nature and Science*, 12(5), 1–2. <https://doi.org/10.1038/132817a0>
- Beltrán, J. A., Roncalés, P., & Bellés, M. (2019). Biochemical Reactions During Fresh Meat Storage. *Encyclopedia of Food Chemistry*, 2, 224–232. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21634-X>
- Boboye, B. . and A. J. A. (2008). Boboye, B.E and A.J. Alli. *Research Journal of Medical Plant*, 2(2), 79–85.
- Campbell, Reece, & mitchell. (2002). *Biologi* (Alih bahas). Jakarta: Erlangga.
- Castro, P., Millán, R., Penedo, J. C., Sanjuán, E., Santana, A., & Caballero, M. J. (2012). Effect of storage conditions on total volatile base nitrogen determinations in fish muscle extracts. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 21(5), 519–523. <https://doi.org/10.1080/10498850.2011.610917>
- Cikrikci, S., Mozioglu, E., & Yilmaz, H. (2008). Biological activity of curcuminoids isolated from *Curcuma longa*. *Records of Natural Products*, 2(1), 19.
- Departemen Kesehatan RI., 1996. Daftar Komposisi Bahan Makanan. Penerbit Bhratara, Jakarta
- De Meyer, T., Hemelsoet, K., Van Speybroeck, V., & De Clerck, K. (2014).

Substituent effects on absorption spectra of pH indicators: An experimental and computational study of sulfonphthaleine dyes. *Dyes and Pigments*, 102, 241–250.

Deresse D. Antibacterial effect of garlic (*Allium sativum*) on *Staphylococcus aureus*: An in vitro study. *Asian J Med Sci.* [serial online] 2010 Oct 11 [cited 2014 Sep 20]; 2: [62-65

Dobrucka, R., & Cierpiszewski, R. (2014). Active and Intelligent Packaging Food – Research and Development – A Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 63(1), 49–54. <https://doi.org/10.2478/v10222>

Fang, Z., Zhao, Y., & Zhang, M. (2015). Current Practice and Innovations in Meat Packaging. *Current Practice and Innovtions in Meat Pckaging*, 1–97.

Febrianti, M., Pertiwi, D., & Susanto, W. H. (2014). *Pengaruh Proporsi (Buah : Sukrosa) Dan Lama Osmosis Terhadap Kualitas Sari Buah Stroberi (Fragaria vesca L) The Influenceof Proportion (Fruit : Sucrose) and Osmosis Time on The Qualityof Strawberry Juice (Fragaria vesca L).* 2(2), 82–90.

Feiner, G. (2006). *Meat Products Handbook, Practical Science and Technology.* Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

Greene, B. E., & Cumuze, T. H. (1982). Relationship between TBA numbers and inexperienced panelists' assessments of oxidized flavor in cooked beef. *Journal of Food Science*, 47(1), 52–54.

Hunterlab. (2008) Calorimeter vs Spektometer Technical Services. Department Hunter Association laboratory, Inc. Virginia

Hardana, H., Salim, U., Studi, P., Dokter, P., Kedokteran, F., Lampung, U., & Lampung, B. (2016). *Pengaruh Aktivitas Antimikroba Ekstrak Bawang Putih (Allium Sativum) Terhadap Bakteri Gram Positif (Staphylococcus Aureus) Dan Gram Negatif (Escherichia Coli) Secara In Vitro Abstract Antimicrobial Activity Of Garlic Extract (Allium Sativum) On Gr.*

Health, N. I. of. (2004). US National Library of Medicine. *US National Library of Medicine.*

Iriani, E. S., Widayanti, S. M., Miskiyah, & Juniawati. (2014). Pengaruh Ekstrak Bawang Putih Terenkapsulasi Terhadap Karakteristik Kemasan Antimikroba. *J. Kimia Dan Kemasan*, 36(2), 1–6.

- Jo, C., & Ahn, D. U. (2000). Volatiles and oxidative changes in irradiated pork sausage with different fatty acid composition and tocopherol content. *Journal of Food Science*, 65(2), 270–275.
- Karina (2013) pengaruh ekstrak bawang putih (*allium sativum*) terhadap struktur pertumbuhan bakteri *streptococcus mutans* secara in vitro
- Karlina, C. Y., Ibrahim, M., & Trimulyono, G. (2005). *Aktivitas Antibakteri Ekstrak Herba Krokot (Portulaca oleracea L .) terhadap Staphylococcus aureus dan Escherichia coli.*
- Karuppiyah, P., & Rajaram, S. (2012). Antibacterial effect of *Allium sativum* cloves and *Zingiber officinale* rhizomes against multiple-drug resistant clinical pathogens. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(8), 597–601. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(12\)60104-X](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(12)60104-X)
- Kerry, J. P., O’Grady, M. N., & Hogan, S. A. (2006). Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. *Meat Science*, 74(1), 113–130. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.024>
- Ketaren, S. (2005). *Pengantaran teknologo minyak dan lemak pangan.* Jakarta, Indonesia: universitas Indoonesia.
- Ketoren, S. (1986). *Pengantar Teknologi: Lemak dan Minyak Pangan.* Jakarta: UI Press.
- Khairina. (1995). *Laporan Penelitian Percobaan Perbaikan Kualitas Terasi Secara Mikrobiologis.* Banjarbaru: Universitas Lampung.
- Kristanti, K., Rahardjo, E., & Widjanarko, S. B. (2015). Biosensor pH Berbasis Antosianin Stoberi dan Klorofil Daun Suji Sebagai Pendeteksi Kebusukan Fillet Daging Ayam. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(2), 333–344.
- Kusmajadi, S. (2012). Perubahan Nilai pH , TVB dan Total Bakteri Daging Kerbau (Effect of Storage Length in the Room Temperature on pH , TVB , and Total Bacteria Changes of Buffalo Meat). *Jurnal Ilmu Ternak*, 12(2), 9–12.
- Kuswandi, B., Damayanti, F., Jayus, J., Abdullah, A., & Heng, L. Y. (2015). Simple and Low-Cost On-Package Sticker Sensor based on Litmus Paper for Real-Time Monitoring of Beef Freshness. *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*, 47(3), 236–251.

- Kuswandi, B., Maryska, C., Abdullah, A., & Heng, L. Y. (2013). Real time on-package freshness indicator for guavas packaging. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 7(1), 29-39.
- Kuswandi, B., & Nurfawaidi, A. (2017). On-package dual sensors label based on pH indicators for real-time monitoring of beef freshness. *Food Control*. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.06.028>
- Kuswandi, B., Wicaksono, Y., Jayus, Abdullah, A., Heng, L. Y., & Ahmad, M. (2011). Smart packaging: Sensors for monitoring of food quality and safety. *Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety*, 5(3-4), 137-146.
- Lawrie, R. (2003). *Ilmu Daging*. Jakarta.: Universitas Indonesia Press.
- Lukman. (2009). *Higiene Pangan*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Maftoonazad, N., & Ramaswamy, H. S. (2005). Postharvest shelf-life extension of avocados using methyl cellulose-based coating. *LWT - Food Science and Technology*, 38(6), 617-624. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.08.007>
- Mane, K. A. (2016). A Review on Active Packaging : An Innovation in Food Packaging. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 1(3), 544-549.
- Mardiyah, S. (2018). Efek Anti Oksidan Bawang Putih terhadap Penurunan Bilangan Peroksida Minyak Jelantah. *The Journal Of Muhammadiyah Medical Laboratory Technologist*, 1(2), 98-110.
- McQuarrie, & John. (1997). *Physical Chemistry: A Molecular Approach*. USA: *University Science Books*.
- Melati Pratama, E. W. dan L. H. (2017). Kinerja Label Untuk Memprediksi Umur Simpan Pempek Pada Berbagai Kondisi Penyimpanan. *Journal of Agroindustrial Technology*, 26(3), 321-332.
- Moulia, M. N., Syarief, R., Iriani, E. S., & Kusumaningrum, H. D. (2018). *Antimikroba Ekstrak Bawang Putih*. 55-66.
- Muchtadi. (1989). *Evaluasi Nilai Gizi Pangan*. Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor.

- Muchtadi, T. R., & Ayustaningwarno, F. (2010). Teknologi proses pengolahan pangan. Alfabeta. Bandung, 246.
- Muslim, M., Maraulina, H., & Widjajanti, H. (2009). The Usage of Garlic Extract (*Allium sativum*) to Cure Pangasius Fish (*Pangasius hypophthalmus*) Infected by *Aeromonas hydrophylla*. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 8(1), 91–100.
- Nahhal, I. M., Zourab, S. M., Kodeh, F. S., & Qudaih, A. I. (2012). Thin film optical BTB pH sensors using sol–gel method in presence of surfactants. *International Nano Letters*, 2(1), 16.
- Ngafifuddin, M., & Sunarno, S. (2017). *Penerapan Rancang Bangun Ph Meter Berbasis Arduino Pada Mesin Pencuci Film Radiografi Sinar-X Application Design Of Ph-Meter Based On Arduino To Washing Machine Of X-Ray Radiograph Film*. 6(1), 66–70.
- O'Neil, Maryadele J (2006). The Merck Index. Merck Research Laboratory. hlm. 1445.
- Pacquit, A., Crowley, K., & Diamond, D. (2008). Smart Packaging Technologies for Fish and Seafood Products. In J. Kerry (Ed.), *Smart Packaging Technologies for Fast Moving Consumer Goods* (pp. 75–98). <https://doi.org/10.1002/9780470753699.ch5>
- Pajan, S. A. (2016). Potensi antibakteri air perasan bawang putih (*Allium sativum* L) terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. *PHARMACON*, 5(4).
- Pajan, S. A., Waworuntu, O., & Leman, M. A. (2016). Potensi Antibakteri Air Perasan Bawang Putih (*Allium Sativum* L) Terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. *Ilmiah Farmasi*, 5(4), 77–89.
- Pan, X., F. Chen, T. Wu, H. Tang and Zhao, S. 2009. The Acid, Bile Tolerance and Antimicrobial Property of *Lactobacillus acidophilus* NIT. *J. Food Control*. 20: 598-602.
- Pearson. (1968). *Assesment of Meat Freshness in Quality Control Employing Chemical Techniques a Review*. 19, 357–362.
- Prajitna, S. (2011). Evaluation and Analysis of Beef Contamination By Low Levels of Ammonia. *Dissertations, Theses, & Student Research in Food Science and Technology*.

- Prihandani (2015), Antibacterial Activity Test Of Garlic (*Allium Sativum L.*) Powder Against *Staphylococcus Aureus*, *Escherichia Coli*, *Salmonella Typhimurium* And *Pseudomonas Aeruginosa* For Improving Food Safety. *Informatika Pertanian* 24: 53-58
- Purnamasari, E., Nurhasni, N., & Zain, W. N. H. (2012). Nilai Thiobarbituric Acid (Tba) Dan Kadar Lemak Dendeng Daging Kambing Yang Direndam Dalam Jus Daun Sirih (*Piper Betle L.*) Pada Konsentrasi Dan Lama Penyimpanan Yang Berbeda. *Jurnal Peternakan*, 9(2).
- Purwantiningsih, T. I., Rusae, A., & Freitas, Z. (2019). Uji In Vitro Antibakteri Ekstrak Bawang Putih sebagai Bahan Alami untuk Menghambat Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* Garlic Extract Antibacterial In Vitro Test as Nature Ingredient to Inhibit *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Sains Peternakan: Jurnal Penelitian Ilmu Peternakan*, 17(1), 1–4.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2016). *Outlook Daging Sapi*.
- Ramadhani, K. (2016). *Label Cerdas Pendeteksi Kesegaran Ikan Berbasis Indikator Warna Bromocresol Purple*. Institut Pertanian Bogor.
- Riyanto, R., Hermana, I., & Wibowo, S. (2014). Characteristics of Plastic Indicator for Early Warning Indicator of Fish Freshness in a Plastic Packaging. *JPB PERikanan*, 9(2), 153–163.
- Rodrigues, E. T., & Han, J. H. (2000). Antimicrobial whey protein films against spoilage and pathogenic bacteria. In *Book Of Abstract IFT Annual Meeting* (p. 191). Chicago: Institute Of Food Technologist.
- Rukchon, C., Nopwinyuwong, A., Trevanich, S., Jinkarn, T., & Suppakul, P. (2014). Development of a food spoilage indicator for monitoring freshness of skinless chicken breast. *Talanta*, 130. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2014.07.048>
- Rybak, M. E., Calvey, E. M., & Harnly, J. M. (2004). Quantitative Determination of Allicin in Garlic: Supercritical Fluid Extraction and Standard Addition of Alliin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(4), 682–687. <https://doi.org/10.1021/jf034853x>
- Sabnis, R. W. (2007). *Handbook of acid-base indicators*. CRC Press.
- Sabnis, R. W. (2010). *Handbook of biological dyes and stains: synthesis and industrial applications*. John Wiley & Sons.

- Sahoo, Mulla, Ansari, & Mohandass. (2012). Antibacterial Activity of Mangrove Leaf Extracts against Human Pathogens. *Indian J. of Pharm.*, 74, 348–351.
- Setiautami, A. (2013). *Pembuatan Kemasan Cerdas Indikator Warna dengan Pewarna Bit (B. vulgaris L. var cicla L.)*.
- Shmaefsky. (2006). *Biotechnology 101*. USA. Greenwood Publishing Group.
- Shobana, S., Vidhya, V. G., & Ramya, M. (2009). Antibacterial activity of garlic varieties (ophioscordon and sativum) on enteric pathogens. *Current Research Journal of Biological Sciences*, 1(3), 123–126.
- Shukla, V., Kandeepan, G., & Vishnuraj, M. R. (2015). Development of On-Package Indicator Sensor for Real-Time Monitoring of Buffalo Meat Quality During Refrigeration Storage. *Food Analytical Methods*. <https://doi.org/10.1007/s12161-014-0066-6>
- Singh, V. K., & Singh, D. K. (2008). *Pharmacological Effects of Garlic (Allium sativum L .)*. 6–26.
- Suradi, K. 2005. Aplikasi Model Arrhenius Untuk Pendugaan Penurunan Masa Simpan Daging Sapi Pada Penyimpanan Suhu Ruang dan Refrigerasi Berdasarkan Nilai TVB dan pH. Fakultas Peternakan. Universitas Padjadjaran. Bandung
- Soeparno. (2005). *Ilmu dan Teknologi Daging*. Yogyakarta.: Press, Gadjah Mada University.
- Soeparno. (2011). *Ilmu Nutrisi dan Gizi Daging*. Yogyakarta.: Gadjah Mada University Press.
- Song, Y., Liu, L., Shen, H., You, J., & Luo, Y. (2011). Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). *Food Control*, 22(3–4), 608–615.
- Soputan J E M. 2000. Perubahan Mutu Dendeng Sapi selama Penyimpanan pada Suhu Kamar. Tesis PPs. Unsrat, Manado
- Soputan. (2004). *Dendeng Sapi Sebagai Alternatif Pengawetan Daging. Makalah pribadi Pengantar ke Falsafah Sains*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

- Sumpono, Putri, D. H., & Sri, L. R. (2017). Prosiding Seminar Nasional Kimia UNY 2017 Sinergi Penelitian dan Pembelajaran untuk Mendukung Pengembangan Literasi Kimia pada Era Global. *Prosiding Seminar Nasional Kimia UNY 2017*, 215–228. Yogyakarta.
- Tamaru, M., Inoue, J., Hanai, R., & Tachikawa, S. (1997). Studies of the New Herbicide KIH-6127. 4. Crystal Structure of KIH-6127 and Quantitative Structure– Activity Relationship of the Iminoxy Moiety of KIH-6127 Derivatives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(7), 2777-2783.
- Tokur, B. dan Korkmaz, K. (2007). The effects of an iron-catalyzed oxidation system on lipids and proteins of dark muscle fish. *Food Chemistry* 104 (2): 754-760
- Waldingga, H. Y. (2009). *Pengembangan Kemasan Cerdas (Smart Packaging) dengan Sensor Berbahan Dasar Chitosan-Asetat, Polivinil Alkohol, dan Pewarna Indikator Bromthymol Blue sebagai Pendeteksi Kebusukan Fillet Ikan Nila.*
- Węglarz, A. (2010). Meat quality defined based on pH and colour depending on cattle category and slaughter season. *Czech J. Anim. Sci*, 55(12), 548–556.
- Wiastuti, T., Khasanah, L. U., Kawiji, W. A., Manuhara, G. J., & Utami, R. (2016). Characterization of active paper packaging incorporated with ginger pulp oleoresin. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 107(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/107/1/012057>
- Wiryawan, S Suharti, M. Bintang, K. G. (2005). *Kajian Antibakteri Temulawak, Jahe dan Bawang Putih terhadap Salmonella typhimurium serta Pengaruh Bawang Putih terhadap Performans dan Respons Imun Ayam Pedaging.* 2(2).
- Yamaguchi, I., & Zhang, T. (1997). Phase-shifting digital holography. *Optics letters*, 22(16), 1268-1270.
- Yolanda, D. S. (2018). *Pembuatan Elemen Kemasan Kombinasi Smart Dan Active Sebagai Pelengkap Fungsi Kemasan Dalam Mengevaluasi Dan Mempertahankan Kualitas Fillet Ikan Tuna (Thunnus Sp.).* Universitas Hasanuddin.

Yunizal. (1998). *Penanganan Ikan Segar*. Jakarta, Indonesia: Instalasi Penelitian Perikanan Laut Sipil.

Zhang, B., Looi, C.-K., Seow, P., Chia, G., Wong, L.-H., Chen, W., ... Norris, C. (2010). Deconstructing and reconstructing: Transforming primary science learning via a mobilized curriculum. *Computers & Education*, 55(4), 1504–1523.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Uji Statistik daya hambat kertas aktif

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Escherichia	Between Groups	17.521	2	8.760	3504.167	.000
	Within Groups	.008	3	.003		
	Total	17.528	5			
Staphylococcus	Between Groups	17.531	2	8.765	3506.167	.000
	Within Groups	.007	3	.002		
	Total	17.538	5			
Pseudomonas	Between Groups	4.248	2	2.124	566.333	.000
	Within Groups	.011	3	.004		
	Total	4.259	5			

Escherichia coli				
		N	Subset for alpha = 0.05	
	perlakuan		1	2
Duncan ^a	0%	2	.0500	
	15%	2		3.6750
	20%	2		3.6750
	Sig.		1.000	1.000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.				
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,000.				

Staphylococcus aureus					
	perlakua n	N	Subset for alpa = 0.05		
			1	2	3
Duncan a	0%	2	.0500		
	15%	2		3.2750	
	20%	2			3.9750
	Sig.		1.000	1.000	1.000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.					
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,000.					
Pseudomonas aeruginosa					
	perlakua n	N	Subset for alpa = 0.05		
			1	2	3
Duncan a	0%	2	.0500		
	15%	2		1.6500	
	20%	2			1.9750
	Sig.		1.000	1.000	1.000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.					
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,000.					

Lampiran 2. Data Hasil Pengujian TVBN

Penyimpanan (Hari)	Perlakuan		
	Penambahan Ekstrak Bawang Putih 0%	Penambahan Ekstrak Bawang Putih 15%	Penambahan Ekstrak Bawang Putih 20%
0	8,96	8,96	8,96
3	19,6	14	11,48
6	53,536	20,16	15,68
9	62,72	53,76	49,84
12	73,64	68,04	62,44
15	71,4	68,32	66,08

Sumber: Data Primer Hasil Penelitian (2020)

Lampiran 3. Data Hasil Pengujian TBA

Penyimpanan (Hari)	Tanpa penambahan ekstrak bawang putih 0%	Dengan penambahan ekstrak bawang putih 15%	Dengan penambahan ekstrak bawang putih 20%
0	0,1638	0,1638	0,1638
3	0,6734	0,403	0,286
6	1,144	0,7332	0,6188
9	1,742	0,585	0,4368
12	2,132	1,196	0,988
15	2,0254	1,5106	1,196

Sumber: Data Primer Hasil Penelitian (2020)

Lampiran 4. Hasil Uji Statistik Nilai *thiobarbituric acid* (TBA)

Nilai TBA

	Penambahan Ekstrak Bawang putih	N	Subset	
			1	2
Duncan ^{a,b}	20%	18	.6115	
	15%	18	.7615	
	0%	18		1.3109
	Sig.		.169	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,103.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,000.

b. Alpha = ,05.

Nilai TBA

	Lama penyimpanan	N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan ^{a,b}	Hari 1	9	.3160			
	Hari 2	9	.5644	.5644		
	Hari 3	9		.7952	.7952	
	Hari 4	9			.9611	
	Hari 5	9				1.3444
	Hari 6	9				1.3866
	Sig.			.109	.136	.280
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square(Error) = ,103.						
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.						
b. Alpha = ,05.						

Lampiran 5. Data Hasil Pengujian pH

Penyimpanan (Hari)	Tanpa penambahan ekstrak bawang putih 0%	Dengan penambahan ekstrak bawang putih 15%	Dengan penambahan ekstrak bawang putih 20%
0	5,4	5,4	5,4
3	7,8	6,3	6,1
6	8,2	6,5	6,4
9	8,6	7,3	7,4
12	9,1	8,1	7,5
15	9,6	8,5	8,4

Sumber: Data Primer Hasil Penelitian (2020)

Lampiran 6. Hasil Uji Statistik Nilai pH

Nilai PH				
Duncan ^{a,b}				
Lama penyimpanan	N	Subset		
		1	2	3
Hari 1	9	5.7456		
Hari 2	9		6.9222	
Hari 3	9		7.0200	
Hari 4	9			7.7411
Hari 5	9			8.1622
Hari 6	9			8.4367
Sig.		1.000	.767	.051
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square(Error) = .483.				
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.				
b. Alpha = ,05.				

Nilai PH				
Duncan ^{a,b}				
Lama penyimpanan (Hari)	N	Subset		
		1	2	3
Hari 1	9	5.7456		
Hari 2	9		6.9222	
Hari 3	9		7.0200	
Hari 4	9			7.7411
Hari 5	9			8.1622
Hari 6	9			8.4367
Sig.		1.000	.767	.051
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square(Error) = .483.				
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.				

b. Alpha = ,05.

Lampiran 7. Hasil Uji Nilai TBC

Lama penyimpanan (Hari)	Penambahan Ekstrak Bawang Putih 0%	Penambahan Ekstrak Bawang Putih 15%	Penambahan Ekstrak Bawang Putih 20%
0	3,22	3,22	3,22
3	6	4,12	3,89
6	6,32	5,6	5,57
9	6,73	5,86	5,8
12	9,93	8,33	7,03
15	6,91	8,3	8,47

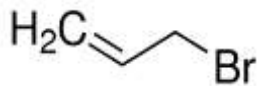
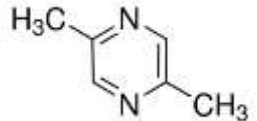
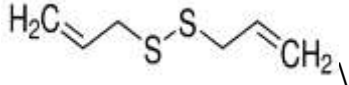
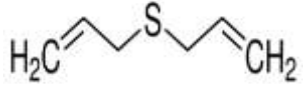
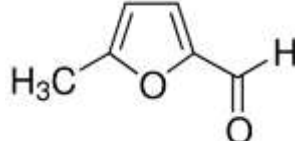
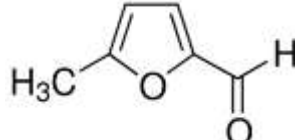
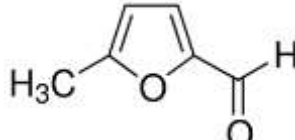
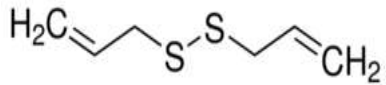
Sumber: *Data Primer Hasil Penelitian (2020)*

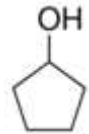
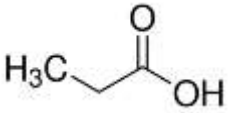
Lampiran 8. Hasil Uji Statistik TBC

Nilai TBC			
Duncan ^{a,b}			
daging dengan perlakuan	N	Subset	
		1	2
15%	18	5.25	
10%	18	5.50	
0%	18		6.72
Sig.		.590	1.000
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square(Error) = 1.873.			
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18.000.			
b. Alpha = ,05.			

Nilai TBC					
Duncan ^{a,b}					
Lama penyimpanan	N	Subset			
		1	2	3	4
Hari 1	9	4.01			
Hari 2	9	5.10	5.10		
Hari 3	9		5.69	5.69	
Hari 4	9		5.77	5.77	
Hari 6	9			6.69	6.69
Hari 5	9				7.67
Sig.		.101	.334	.152	.137
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square(Error) = 1.873.					
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.					
b. Alpha = ,05.					

Lampiran 9. Senyawa ekstrak bawang putih

Peak	R. time	Area%	CAS (Chemica Abstacts Service)	Name
1	3.117	2.24	106-95-6	 <i>Allyl bromide</i>
2	3.250	0.62	123-32-0	 2,5-Dimethylpyrazine
3	6.056	1.98	2179-57-9	 <i>Allyl disulfide</i>
4	7.593	1.97	592-88-1	 <i>Methyl Allyl Trisulfide</i>
5	10.282	9.83	620-02-0	 <i>5-Oxymethylfurfurole</i>
6	10.392	5.44	620-02-0	 <i>5-Oxymethylfurfurole</i>
7	10.496	6.97	620-02-0	 <i>5-Oxymethylfurfurole</i>
8	12.369	3.78	2179-57-9	 <i>Allyl sulfide</i>

9	16.355	60.59	96-41-3	 <i>Cyclopentanol</i>
10	21.787	0.61	79-09-4	 <i>Propanoic acid</i>

Lampiran 10 Dokumentasi Penelitian

	
<p>Pembelian Sampel Daging Sapi</p>	<p>Pembuatan Ekstrak Bawang Putih</p>
	
<p>Bawang Putih dengan Penambahan Alkohol 98%</p>	<p>Penyaringan Ekstrak Bawang Putih</p>
	
<p>Proses Penanaman Mikroba untuk Analisa Daya Hambat Mikroba</p>	<p>Proses Pengemasan Daging Sapi</p>



Uji Total Volatil Basic Nitrogen



Uji pH



Proses Ekstraksi Bawang putih



Hasil Maserasi



Proses Analisa GC MS



Peralatan Alat Gc MS



Alat Gc MS



Kode kolom Alat Gc MS



Pembelian daging sapi di RPH



Kertas Indikator



Pengeringan Indikator



Perendaman kertas whatmann dengan larutan



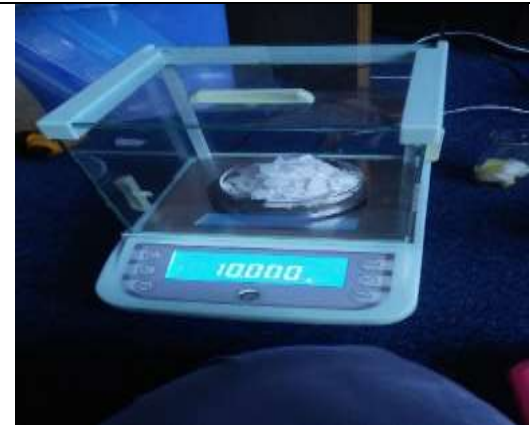
Pengeringan Kertas aktif



Pencetakan kertas aktif



Pure kertas *whatman*









Penimbangan kertas *whatman*



Pembuatan kertas aktif



Ekstrak bawang putih setelah dievaporasi

	
<p>Evaporasi ekstrak bawang putih</p>	<p>Ekstrak bawang putih setelah perendaman 3 x 24 jam</p>
	
<p>Pemisahan ambas dan filtrat</p>	<p>Perendaman bawang putih untuk menghasilkan ekstrak</p>
	
<p>Pengujian pH</p>	<p>Pengujian TVBN</p>