STIMULASI ARUS LISTRIK UNTUK MENGHAMBAT PERTUMBUHAN BAKTERI *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* SERTA TERHADAP JUMLAH KADAR LEMAK DAN PH PADA DAGING SAPI

SKRIPSI

Oleh:
MUHAMMAD ZAKI AL-MAHRUS
NIM. 14640007

JURUSAN FISIKA FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

STIMULASI ARUS LISTRIK UNTUK MENGHAMBAT PERTUMBUHAN BAKTERI *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* SERTA TERHADAP JUMLAH KADAR LEMAK DAN PH PADA DAGING SAPI

SKRIPSI

Diajukan Kepada:

Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Oleh:

MUHAMMAD ZAKI AL-MAHRUS
NIM. 14640007

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2020

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

HALAMAN PERSETUJUAN

STIMULASI ARUS LISTRIK UNTUK MENGHAMBAT PERTUMBUHAN BAKTERI *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* SERTA TERHADAP JUMLAH KADAR LEMAK DAN PH PADA DAGING SAPI

SKRIPSI

Oleh:
Muhammad Zaki Al-Mahrus
NIM. 14640007

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
Pada tanggal: 09 April 2020

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. H. M. Thono, M.Si	Ahmad Abtokhi, M.Pd
NIP. 19641211 199111 1 001	NIP. 19761003 200312 1 004

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

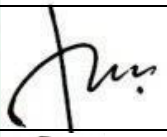
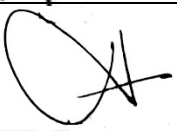
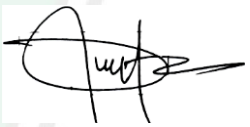
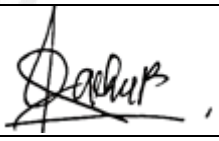
HALAMAN PENGESAHAN

STIMULASI ARUS LISTRIK UNTUK MENGHAMBAT PERTUMBUHAN BAKTERI *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* SERTA TERHADAP JUMLAH KADAR LEMAK DAN PH PADA DAGING SAPI

SKRIPSI

Oleh:
Muhammad Zaki Al-Mahrus
NIM. 14640007

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada tanggal: 23 April 2020

Penguji Utama	Farid Samsu Hananto, M.T NIP. 19740513 200312 1 001	
Ketua Penguji	Drs. Abdul Basid, M.Si NIP. 19650504 199003 1 003	
Sekretaris Penguji	Dr. H. M. Tirono, M.Si NIP. 19641211 199111 1 001	
Anggota Penguji	Ahmad Abtokhi, M.Pd NIP. 19761003200312 1 004	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika

Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	Muhammad Zaki Al-Mahrus
NIM	:	14640007
Jurusan	:	Fisika
Fakultas	:	Sains dan Teknologi
Judul Penelitian	:	Stimulasi Arus Listrik Untuk Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* Serta Terhadap Jumlah Kadar Lemak dan pH Pada Daging Sapi

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan, maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 23 April 2020
Yang membuat pernyataan,

Muhammad Zaki Al-Mahrus
NIM. 14640007

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

MOTTO

"Jadikanlah masa depanmu sebagai kebahagiaan orang tuamu.
Bahagiakan mereka dengan keberhasilanmu."

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil 'alamin.

Allah SWT,
all praise belongs only to You, The God of the universe and all that is in it.
Thank you for the gift and convenience that You have given, finally this skripsi
can be completed. Hopefully can provide benefits for others,
especially for myself.

Muhammad SAW,
The Great Prophet who is a role model in every life, blessings and greetings is
always poured out on Him. I hope we all get intercession at the end of the day.

This skripsi is dedicated to my parents,
Mr. Margianto and Mrs. Dewi Masitho,
and my twin sister,
Marisa Nur Vidyah and Mahilda Nur Vidyah.
Thank you for always be there for me when I need you the most.
Thank you for always supporting me when I'm down.
I'm sorry if during the study too much to give disappointment.
I know that I can't reply all your kindness,
but hopefully this skripsi will be a way for me to make you proud!

All lecturers,
who have given all their knowledge and experience.

All brothers and friends,
thank you for giving all your support and jokes.
Sorry if I can't mention one by one.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, taufiq dan hidayah-Nya. Sholawat serta salam semoga di limpahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabatnya yang senantiasa kita mengharap syafa'atnya kelak di hari kiamat. Atas ridho dan kehendak Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Stimulasi Arus Listrik Untuk Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* Serta Terhadap Jumlah Kadar Lemak dan pH Pada Daging Sapi** sebagai salah satu syarat untuk Sarjana Sains (S.Si) di Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan *jazakumullah ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada :

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si selaku dosen pembimbing I skripsi yang telah banyak memberikan masukan dan bimbingan serta pengarahan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Ahmad Abtokhi, M.Pd selaku dosen pembimbing II skripsi yang telah meluangkan waktu dan pikirannya yang sangat berarti.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

6. Segenap Dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika terima kasih atas ilmu dan bimbingannya.
7. Orang tua tercinta serta segenap keluarga yang selalu mendo'akan dan memberikan dukungannya.
8. Sahabat Rico, Hermawan serta Ryan yang selalu memberikan semangat, dukungan, bantuan serta candaan. Terima kasih telah memberikan arti sebuah pertemanan selama berada di dalam maupun di luar kampus.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berharap semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi. *Amiin Ya Rabbal 'Alamiin.*

Wassalamua'alaikumWr. Wb

Malang, 04 April 2020

Penulis

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGAJUAN ii
HALAMAN PERSETUJUAN iii
HALAMAN PENGESAHAN iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN v
MOTTO vi
HALAMAN PERSEMBAHAN vii
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR LAMPIRAN xiv
ABSTRAK xv
BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 5
1.3 Tujuan Penelitian 5
1.4 Manfaat Penelitian 5
1.5 Batasan Masalah 6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Arus Listrik 7
2.1.1 Arus Searah (Direct Current/DC) 9
2.2 Daging Sapi 11
2.2.1 Kontaminasi Daging Sapi Segar 12
2.3 Bakteri *Staphylococcus aureus* 14
2.3.1 Morfologi 15
2.3.2 Karakteristik 15
2.3.3 Membran Sel *Staphylococcus aureus* 17
2.3.4 Pengaruh Suhu Terhadap Pertumbuhan Bakteri 17
2.4 Lemak 19
2.4.1 Struktur Lemak 22
2.5 Interaksi Arus Listrik Dengan Bakteri 23
2.5.1 Efek Termal/Efek Joule 23
2.5.2 Elektrolisis 26
2.6 Interaksi Arus Listrik Dengan Lemak 27
2.6.1 Hidrolisis 27
2.6.2 Oksidasi 28
BAB III METODE PENELITIAN
3.1 Jenis Penelitian 30
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian 30
3.3 Alat dan Bahan 30
3.3.1 Alat 30
3.3.2 Bahan 31
3.4 Desain Penelitian 32
3.5 Prosedur Penelitian 33

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.5.1 Penyiapan Media NA 33
3.5.2 Penumbuhan Bakteri 34
3.5.3 Pencampuran Bakteri pada Daging Sapi 34
3.5.4 Perlakuan Stimulasi Arus Listrik 34
3.5.5 Perhitungan Koloni Bakteri 35
3.5.6 Pengambilan Data Kadar Lemak 36
3.5.7 Pengambilan Data pH 37
3.6 Teknik Pengumpulan Data 37
3.7 Teknik Analisa Data 38
BAB IV DATA HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1 Data Hasil Penelitian 39
4.1.1 Pengaruh Kuat Arus Listrik dan Waktu Untuk Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* Pada Daging Sapi 39
4.1.2 Pengaruh Kuat Arus Listrik dan Waktu Terhadap Kadar Lemak Daging Sapi 42
4.1.3 Pengaruh Kuat Arus Listrik dan Waktu Terhadap pH Daging Sapi 44
4.2 Pembahasan 46
4.2.1 Pengaruh Interaksi Arus Listrik dan Waktu Terhadap Bakteri 47
4.2.2 Pengaruh Interaksi Arus Listrik dan Waktu Terhadap Lemak 49
4.2.3 Pengaruh Interaksi Arus Listrik dan Waktu Terhadap pH 51
4.3 Integrasi Penelitian Dengan Al-Qur'an 52
BAB V PENUTUP
5.1 Kesimpulan 53
5.2 Saran 53
DAFTAR PUSTAKA

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Muatan Yang Mengalir Melalui Sebuah Kawat Penghantar Mengilustrasikan Definisi Coloumb 8
Gambar 2.2 Rangkaian Arus DC..... 10
Gambar 2.3 Bakteri *Staphylococcus aureus* 14
Gambar 2.4 Struktur Molekul Trigliserida..... 22
Gambar 2.5 Reaksi Hidrolisis Lemak 28
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian..... 33
Gambar 4.1 Penurunan Koloni Bakteri *Staphylococcus aureus* Terhadap Variasi Arus..... 40
Gambar 4.2 Penurunan Koloni Bakteri *Staphylococcus aureus* Terhadap Variasi Waktu 41
Gambar 4.3 Kadar Lemak Daging Sapi Terhadap Variasi Arus 43
Gambar 4.4 Kadar Lemak Daging Sapi Terhadap Variasi Waktu 44
Gambar 4.5 Nilai pH Daging Sapi Terhadap Variasi Arus 45
Gambar 4.6 Nilai pH Daging Sapi Terhadap Variasi Waktu 46

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Gizi Daging Sapi 12
Tabel 2.2 Persyaratan Mutu Batas Maksimum Cemaran Mikroba pada Daging Sapi Segar Menurut SNI 01/6366/2000 13
Tabel 3.1 Pengolahan Data Jumlah Bakteri 37
Tabel 3.2 Pengolahan Data Kadar Lemak dan Nilai pH 38
Tabel 4.1 Data Hasil Koloni Bakteri *Staphylococcus aureus* Daging Sapi 41
Tabel 4.2 Data Hasil Kadar Lemak Daging Sapi 42
Tabel 4.3 Data Hasil pH Daging Sapi 44

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Penelitian
Lampiran 2 Perhitungan
Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian Bakteri Pada Daging Sapi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ABSTRAK

Al-Mahrus, Muhammad Zaki. 2020. **Stimulasi Arus Listrik Untuk Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* Serta Terhadap Jumlah Kadar Lemak dan pH Pada Daging Sapi**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing (I): Dr. H. M. Tirono, M.Si (II) Ahmad Abtokhi M.Pd.

Kata Kunci: Stimulasi arus listrik, *Staphylococcus aureus*, Lemak, pH, Daging sapi.

Daging sapi merupakan media yang cocok bagi pertumbuhan mikroorganisme yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia yang mengkonsumsinya. Salah satunya adalah *Staphylococcus aureus*. Cara alternatif yang dilakukan adalah dengan stimulasi listrik, karena stimulasi listrik dapat memberikan efek thermal dan elektrolisis sehingga bakteri pada daging akan mati. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh stimulasi arus listrik serta variasi waktu untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* serta terhadap jumlah kadar lemak dan pH pada daging sapi. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorik. Alat yang digunakan adalah DC current. Pemberian stimulasi arus listrik pada sampel dilakukan dengan memvariasikan arus (40, 60 dan 80 mA) serta waktu (20, 40 dan 60 menit). Variabel yang diukur adalah koloni bakteri yang masih aktif, jumlah kadar lemak dan pH. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi arus dan waktu berpengaruh pada pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. Variasi arus dan waktu yang paling efektif adalah 80 mA selama 60. Stimulasi arus listrik juga berpengaruh pada jumlah kadar lemak dan pH.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ABSTRACT

Al-Mahrus, Muhammad Zaki. 2020. **Electric Current Stimulation To Inhibit *Staphylococcus aureus* Bacteria Growth And Against Amounts Of Fat Levels And pH In Beef**. Skripsi. Physics Department, Faculty of Science and Technology, State Islamic University (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Mentor (I): Dr. H. M. Tirono, M.Si (II) Ahmad Abtokhi M.Pd.

Keywords: Electric current stimulation, Staphylococcus aureus, fat, pH, beef.

Beef is a suitable medium for the growth of microorganisms that can cause health problems in humans who consume them. One of them is *Staphylococcus aureus*. An alternative way to do this is by electrical stimulation, because electrical stimulation can provide thermal and electrolytic effects so that bacteria in the meat will die. This study aims to determine the effect of electric current stimulation and time variations to inhibit the growth of *Staphylococcus aureus* bacteria and to the amount of fat and pH in beef. This research uses laboratory experimental methods. The tool used is DC current. Provision of electrical current stimulation is done by varying the current (40, 60 and 80 mA) and time (20, 40 and 60 minutes). The variables measured were active bacterial colonies, total fat content and pH. The results of this study indicate that current and time variations affect the growth of *Staphylococcus aureus* bacteria. The most effective variation of current and time is 80 mA for 60. Electrical current stimulation also affects the amount of fat content and pH.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ملخص

المحروس محمد زكي. 2020. **تحفيز التيار الكهربائي لمنع نمو بكتيريا المكورات العنقودية الذهبية ومقاومتها لمستويات الدهون ودرجة الحموضة في لحم البقر**. مقال. قسم الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، الجامعة الإسلامية الحكومية (UIN) مولانا مالك إبراهيم مالانج. المستشار (الأول): د. H. M. Tirono ، ماجستير (II) أحمد أبطوخى M.Pd.

الكلمات المفتاحية: تحفيز التيار الكهربائي ، المكورات العنقودية الذهبية ، الدهون ، الأس الهيدروجيني ، اللحم البقري.

لحم البقر هو وسيلة مناسبة لنمو الكائنات الحية الدقيقة التي يمكن أن تسبب مشاكل صحية لدى البشر الذين يستهلكونها. واحد منهم هو المكورات العنقودية الذهبية. طريقة بديلة للقيام بذلك هي عن طريق التحفيز الكهربائي ، لأن التحفيز الكهربائي يمكن أن يوفر تأثيرات حرارية وكهربائية حتى تموت البكتيريا في اللحم. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد تأثير التحفيز الكهربائي والتغيرات الزمنية لتثبيط نمو بكتيريا المكورات العنقودية الذهبية وكمية الدهون ودرجة الحموضة في لحم البقر. يستخدم هذا البحث الطرق التجريبية المختبرية. الأداة المستخدمة هي تيار مستمر. يتم توفير تحفيز التيار الكهربائي عن طريق تغيير التيار (40 و 60 و 80 مللي أمبير) والوقت (20 و 40 و 60 دقيقة). كانت المتغيرات التي تم قياسها مستعمرات بكتيرية نشطة ومحتوى دهني إجمالي ودرجة حموضة. تشير نتائج هذه الدراسة إلى أن التغيرات الحالية والزمنية تؤثر على نمو بكتيريا المكورات العنقودية الذهبية. أكثر الاختلافات فاعلية في التيار والوقت هي 80 مللي أمبير لمدة 60. يؤثر تحفيز التيار الكهربائي أيضًا على كمية محتوى الدهون ودرجة الحموضة.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daging merupakan bahan pangan yang penting dalam memenuhi kebutuhan gizi. Selain itu, daging memiliki kandungan asam amino esensial yang lengkap dan seimbang. Daging sapi merupakan salah satu bahan pangan yang memiliki nilai gizi tinggi. Selain itu, daging sapi merupakan bahan pangan yang dapat menjadi sarana potensial pertumbuhan dan penyebaran bakteri. Banyak faktor yang menyebabkan kontaminasi pada daging sapi salah satunya berasal dari kebersihan pekerja yang buruk, kandang sapi yang kotor dan kebersihan pada tahap pengepakan dan pendistribusian. Menurut Harsojo dkk (2005) daging segar yang tidak langsung diolah akan cepat mengalami pembusukan karena adanya aktivitas bakteri. Purwani dkk (2008) berhasil mengisolasi beberapa bakteri yang terdapat pada daging sapi segar yaitu *Acinetobacter calcoaciticus, E. coli, Salmonella, Pseudomonas aeruginosa, Bacillus alvei, Bacillus cereus* dan *Staphylococcus sp*.

Kerusakan yang menyebabkan penurunan mutu daging segar, terutama disebabkan oleh mikroorganisme. Suatu produk pangan hewani aman dikonsumsi jika tidak mengandung mikroba patogen, yaitu mikroba yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia yang mengkonsumsinya.

Salah satu bakteri patogen yang dapat mengkontaminasi daging sapi adalah *Staphylococcus aureus. Staphylococcus aureus* merupakan bakteri yang dapat menyebabkan sejumlah penyakit sebagai akibat dari infeksi pada jaringan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

tubuh. Beberapa infeksi yang diakibatkan dari bakteri ini antara lain infeksi kulit, infeksi organ dan infeksi tulang.

Proses pengawetan dilakukan untuk memperpanjang masa simpan daging sebelum dikonsumsi. Ada 3 macam metode pengawetan yaitu secara fisik, biologi dan kimia. Pengawetan secara fisik dilakukan dengan cara pelayuan atau proses penirisan darah selama 12 sampai 24 jam setelah disembelih, pemanasan dan pendinginan. Pengawetan secara biologi dilakukan dengan menggunakan mikroba yang menghasilkan zat antibakteri. Sedangkan, pengawetan secara kimia dibedakan menjadi pengawetan dari bahan aktif alamiah dan bahan kimia (garam dapur sodium nitrit, sodium asetat).

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh kuat arus listrik terhadap bakteri *Staphylococcus aureus.* Yaqin dan Ayu Dwi (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh kuat arus listrik terhadap pertumbuhan bakteri *Salmonella sp.* pada air minum isi ulang. Pada penelitian ini, alat penghantar listrik diberikan antena yang sebelumnya dibersihkan dengan alkohol terlebih dahulu. Antena dimasukkan ke dalam tempat penampungan air minum isi ulang yang berukuran 500 liter. Perlakuan menggunakan arus listrik sebesar 3 ampere selama 2 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, air minum isi ulang yang sudah dipapar arus listrik 3 ampere selama 2 jam mampu membunuh bakteri *Salmonella sp.*

Penelitian tentang stimulasi arus listrik juga dilakukan oleh Yetmaneli dan Susanti (2009). Penelitian ini menggunakan teknologi stimulasi arus listrik untuk meningkatkan kualitas daging pada daging sapi pesisir dan daging kambing kacang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, perlakuan stimulasi arus listrik

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dengan menggunakan tegangan 110 volt dan 220 volt dapat meningkatkan kualitas daging sapi pesisir, dapat dilihat dari peningkatan keempukan daging, penurunan pH cepat, penurunan kadar air dan kadar lemak. Sedangkan, perlakuan stimulasi listrik pada daging kambing kacang memberikan pengaruh yaitu semakin tinggi tingkat voltase stimulasi listrik akan menyebabkan turunnya nilai pH daging (6,62-5,70), menurunkan nilai kadar air daging (75,95%-73,01%) dan meningkatkan susut masak daging 25,13-28,31% (Astuti, 2009).

Kelemahan dari penelitian ini adalah penggunaan arus listrik ataupun voltase listrik masih terlalu besar dan memungkinkan dapat menurunkan kualitas dari daging yaitu kadar lemak. Oleh karena itu, untuk memperjelas penyebab terjadinya hambatan pertumbuhan bakteri dan kualitas kadar lemak perlu adanya variasi nilai arus listrik atau voltase listrik yang lebih rendah, yang diharapkan tidak hanya mampu menghambat pertumbuhan bakteri, namun mampu memperbaiki kualitas dari daging sapi.

Beberapa alternatif untuk menghambat pembiakkan bakteri telah mulai diteliti, salah satunya dengan cara memaparkan arus listrik pada daging sapi. Prinsip dari cara ini adalah dengan memberikan paparan arus listrik pada objek paparan yang mampu memecah membran sel bakteri, tetapi penggunaan voltase listrik menunjukkan semakin tinggi tegangan yang digunakan maka akan menurunkan presentase lemak daging.

Di dalam Al-Qur’an secara tersirat Allah SWT telah mengingatkan kita agar selalu memperhatikan makanan. Firman Allah SWT dalam Q.S. Abasa (80) ayat 24:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

فَلْيَنْظُرِ الإِنْسَانُ إِلَى طَعَامِهِ (٢٤)

"Maka hendaklah manusia itu memperhatikan makanannya" (Q.S. Abasa: 24).

Ayat Al-Qur'an diatas memerintahkan manusia agar selalu memperhatikan makanan yang dikonsumsinya. Dengan demikian manusia harus memperhatikan bahwa makanannya harus bersih, sehat, bisa dikonsumsi dan halal. Sebagaimana dalam Al-Qur'an surat Al-Maidah ayat 88 yang berbunyi:

وَكُلُوا مِمَّا رَزَقَكُمُ اللَّهُ حَلالا طَيِّبًا وَاتَّقُوا اللَّهَ الَّذِي أَنْتُمْ بِهِ مُؤْمِنُون (٨٨)

"Dan makanlah makanan yang halal lagi baik dari apa yang Allah telah rezekikan kepadamu dan bertakwalah kepada Allah yang kamu beriman kepada-Nya" (Q.S. Al-Maidah: 88).

Ayat diatas memerintahkan manusia untuk mengkonsumsi makanan yang halalan thayyiban dan berhati-hati dalam memilih makanan yang akan dikonsumsi, apakah makanan yang dikonsumsi baik untuk kesehatan atau tidak. Maka dari itu perlu dilakukan upaya agar makanan tetap halal dan baik melalui sanitasi yang benar terhadap makanan. Sanitasi ini dilakukan sebagai upaya pencegahan terhadap kemungkinan bertumbuh dan berkembang biaknya jasad renik pembusuk dan patogen dalam makanan yang dapat merusak makanan dan membahayakan kesehatan manusia (Oginawati, 2008).

Stimulasi arus listrik dengan variasi arus dan waktu mampu menghambat pertumbuhan bakteri, akan tetapi bakteri dalam daging masih ada yang hidup dan kadar lemak dalam daging juga belum dilakukan penelitian. Untuk itu, perlu adanya penelitian stimulasi arus listrik dengan menggunakan variasi arus yang lebih rendah, diharapkan mampu menghambat pertumbuhan bakteri lebih besar dari penelitian sebelumnya tanpa mengurangi kualitas daging. Pengukuran

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

terhadap kadar lemak juga perlu dilakukan, karena kadar lemak merupakan salah satu penentu kualitas daging yang baik atau tidak untuk dikonsumsi. Berdasarkan latar belakang di atas, maka dilakukan penelitian dengan judul "Stimulasi Arus Listrik Untuk Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* Serta Terhadap Jumlah Kadar Lemak dan pH Pada Daging Sapi".

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh kuat arus listrik dan lama stimulasi terhadap jumlah bakteri *Staphylococcus aureus* pada daging sapi?
2. Bagaimana pengaruh kuat arus listrik dan lama stimulasi terhadap kadar lemak pada daging sapi?
3. Bagaimana pengaruh kuat arus listrik dan lama stimulasi terhadap pH pada daging sapi?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh kuat arus listrik dan lama stimulasi terhadap jumlah bakteri *Staphylococcus aureus* pada daging sapi.
2. Untuk mengetahui pengaruh kuat arus listrik dan lama stimulasi terhadap kadar lemak pada daging sapi.
3. Untuk mengetahui pengaruh kuat arus listrik dan lama stimulasi terhadap pH pada daging sapi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan metode alternatif pengawetan daging sapi.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

1.5 Batasan Masalah

1. Bakteri yang digunakan hanya bakteri *Staphylococcus aureus*.
2. Penelitian menitik beratkan pada jumlah bakteri *Staphylococcus aureus* yang masih hidup setelah distimulasi arus listrik.
3. Kualitas daging sapi ditinjau dari kadar lemak.
4. Penentuan kadar lemak menggunakan soxhlet.
5. Penentuan jumlah pH menggunakan pH meter.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Arus Listrik

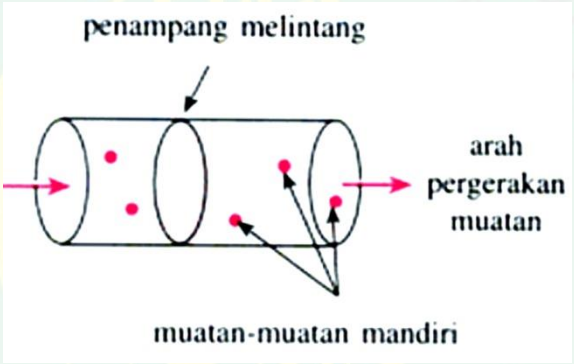
Arus listrik adalah aliran muatan negatif (elektron-elektron) dari kutub negatif ke kutub positif. Terjadinya arus listrik karena perpindahan elektron negatif ke daerah yang kekurangan elektron positif. Arus listrik memberikan energi pada alat elektronika dengan mengalirkan arusnya melalui rangkaian listrik (Bishop, 2004).

Ketika arus mengalir melalui suatu zat berbentuk gas atau melalui sebuah larutan, terdapat kemungkinan bahwa muatan-muatan listrik positif ikut mengalir. Muatan-muatan listrik positif ini dibawa oleh ion-ion positif, seperti misalnya neon (Ne^{+}), sodium (Na^{+}) tembaga (Cu^{++}). Elektron-elektron membawa muatan negatif dari kutub negatif ke kutub positif. Pada saat yang bersamaan, ion-ion positif membawa muatan positif dari kutub positif menuju kutub negatif. Hal ini mengidentifikasikan aliran muatan dua arah (Bishop, 2004).

Arus listrik di dalam cairan, khususnya larutan elektrolit adalah oleh ion-ion yang bergerak dari elektrode ke elektrode lainnya dan di dalam cairan tidak ada elektron bebas. Di lain pihak, arus listrik di dalam gas dihantarkan baik oleh elektron-elektron bebas hasil ionisasi maupun oleh ion-ion ionisasi molekul-molekul gas yang ditumbuk baik oleh elektron maupun oleh ion-ion yang bergerak dengan kecepatan tinggi. Sudah tentu daya hantar yang memberikan ukuran mudah-sukarnya arus listrik mengalir, ditentukan sepenuhnya oleh mudah-sukarnya pembawa-pembawa muatan listrik, yakni elektron ataupun ion-ion yang bergerak di dalam medium (Soedojo, 1999).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Arus yang muncul pada sebuah lintasan diskrit, misalnya kawat logam, memiliki nilai numerik sekaligus arah yang merupakan ukuran laju pergerakan muatan melewati sebuah titik referensi dalam suatu arah tertentu. Setelah kita menentukan sebuah arah referensi, kita dapat mengandaikan bahwa q(t) adalah muatan total yang melewati titik referensi sejak waktu t=0 dan bergerak dalam arah yang telah didefinisikan. Kontribusi pada muatan total akan bernilai negatif jika muatan negatif bergerak pada arah referensi atau jika muatan positif bergerak dalam arah yang berlawanan. Gambar 2.1 menunjukkan, riwayat dari muatan total q(t) yang melewati suatu titik referensi di dalam sebuah kawat penghantar (Hayt, 2005).



Gambar 2.1 Muatan Yang Mengalir Melalui Sebuah Kawat Penghantar Mengilustrasikan Definisi Coloumb (Hayt, 2005).

Cekdik dan Barlian (2013) mengemukakan bahwa, arus listrik didefinisikan sebagai laju aliran muatan listrik yang melalui luas penampang lintang *A*. Jika *q* adalah muatan yang mengalir melalui luas penampang lintang *A* dalam waktu *t*, maka persamaan listriknya adalah:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

dimana Δq adalah jumlah muatan yang melewati konduktor pada suatu lokasi selama jangka waktu Δt. Arus listrik diukur dalam coulomb per detik, satuan ini

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

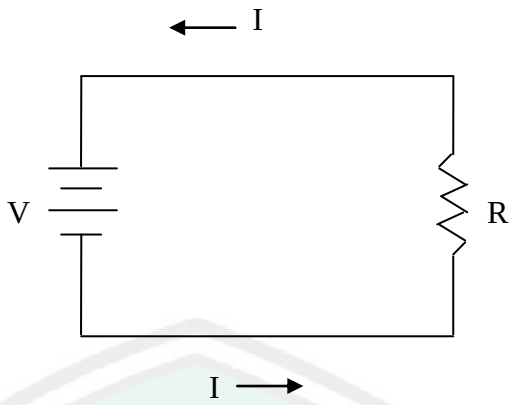
diberi nama khusus, ampere (disingkat amp atau A), dari nama fisikawan Perancis André Ampere (1775-1836). Berarti, 1 A = 1 C/det satuan-satuan terkecil yang sering kali digunakan adalah seperti miliampere (1 mA = 10 A) dan microampere (1 μA = 10 A) (Giancoli, 2001).

2.1.1 Arus Searah (Direct Current/DC)

Rangkaian DC (direct current) atau bisa disebut dengan arus searah merupakan rangkaian listrik dengan arus stasioner (dalam arti polaritas tetap) yang tidak berubah terhadap waktu. Besaran-besaran utama yang menjadi perhatian dalam listrik arus searah adalah kuat arus (I) dan beda tegangan (V) yang bekerja pada komponen resistif dengan sumber arus/tegangan konstan.

Arus listrik searah (*Direct Current* atau DC) adalah aliran elektron dari suatu titik yang energi potensialnya tinggi ke titik lain yang energi potensialnya lebih rendah. Arus searah dulu dianggap sebagai arus positif yang mengalir dari ujung positif sumber arus listrik ke ujung negatifnya. Pengamatan-pengamatan yang lebih baru menemukan bahwa sebenarnya arus searah merupakan arus negatif (elektron) yang mengalir dari kutub negatif ke kutub positif. Aliran elektron ini menyebabkan terjadinya lubang-lubang bermuatan positif, yang "tampak" mengalir dari kutub positif ke kutub negatif (Kurnia, 2013 dalam penelitian Nawangmulan, 2018).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 2.2 Rangkaian Arus DC (Kurnia, 2013 dalam penelitian Nawangmulan, 2018).

Listrik DC biasanya digunakan oleh perangkat elektronika. Meskipun ada sebagian beban selain perangkat elektronika yang menggunakan arus DC (contohnya motor listrik DC) namun kebanyakan arus DC digunakan untuk keperluan beban elektronika. Beberapa beban elektronika yang menggunakan arus listrik DC diantaranya lampu LED (Light Emiting Diode), komputer, laptop, TV, radio dan masih banyak lagi. Selain itu, listrik DC juga sering disimpan dalam suatu baterai, misalnya baterai yang digunakan untuk menghidupkan jam dinding, mainan mobil-mobilan dan masih banyak lagi. Intinya kebanyakan perangkat yang menggunakan listrik DC merupakan beban perangkat elektronika (Kurnia, 2013 dalam penelitian Nawangmulan, 2018).

Kilat merupakan satu dari sekian banyak kuasa Allah yang mampu menghasilkan listrik. Salah satu kebutuhan pokok bagi kelangsungan hidup manusia adalah listrik. Tanpa adanya listrik, manusia tentu akan merasa tidak nyaman dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Hal ini sesuai dengan firman Allah dalam Q.S. Ar-Ra'd (13) ayat 12:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

هُوَ الَّذِيْ يُرِيْكُمُ الْبَرْقَ خَوْفًا وَّطَمَعًا وَّيُنْشِئُ السَّحَابَ الثِّقَالَ (١٢)

"Dialah yang memperlihatkan kilat kepadamu, yang menimbulkan ketakutan dan harapan, dan Dia menjadikan mendung" (Q.S. Ar-Ra'd: 12).

Berdasarkan ayat Al-Qur'an diatas menunjukkan bahwa betapa besar kuasa Allah saat memperlihatkan kilatan cahaya di langit yang mampu menimbulkan perasaan takut dan juga harapan akan turunnya hujan. Salah satu cara untuk melindungi diri dan lingkungan dari sambaran petir yaitu dengan menggunakan penangkal petir. Manfaat dari penangkal petir antara lain menghindari kerusakan pada gedung pencakar langit dan meminimalkan resiko kebakaran akibat sambaran petir. Penangkal petir juga mampu menghindari kerusakan perangkat elektronik bahkan saat digunakan selama badai petir.

Selain penangkal petir, metode alternatif dalam pemanfaatan listrik yaitu untuk pengawetan daging sapi. Pada penelitian ini proses pengawetan daging adalah dengan menggunakan alat stimulasi arus listrik dengan arus yang sudah ditentukan untuk distimulasikan pada daging sapi. Tujuan dilakukannya stimulasi listrik adalah untuk menghambat pertumbuhan bakteri penyebab pembusukan. Selain itu untuk menjaga kualitas daging agar aman untuk dikonsumsi dan tidak membahayakan kesehatan manusia.

2.2 Daging Sapi

Daging adalah sumber hewani yang kaya akan protein. Disamping itu, daging juga memiliki kandungan lemak berkisar antara 4-40%. Asam lemak jenuh daging sapi lebih besar dibandingkan dengan asam lemak jenuh pada daging ternak lain (45,34%) (Susilawati, 2011).

Komposisi gizi sapi sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh banyak faktor yaitu spesies, jenis kelamin dan tingkat kematangan (umur). Nilai pH merupakan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

salah satu kriteria dalam menentukan kualitas daging. Pada saat hewan masih dalam keadan hidup, nilai pH pada otot yaitu sekitar 7,0-7,2. pH daging sapi berkisar antara 5,46-6,29 (Yanti et al., 2008), menurut Abustam (2012) mengatakan bahwa pH daging sapi relatif asam yaitu 5,5 sampai 5,8.

Daging sapi merupakan komoditi pertanian yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi dan digunakan sebagai komoditi ekspor maupun untuk pemenuhan kebutuhan dalam negeri. Komposisi daging sapi terdiri dari 19% protein, 5% lemak, 70% air, 3,5% zat-zat non protein dan 2,5% mineral (Forrest et al., 1975). Sumber lain menyatakan bahwa daging sapi terdiri dari 75% air, 19% protein, 3,5% substansi non protein yang larut dan 2,5% lemak (Lawrie, 2003).

Tabel 2.1 Komposisi Gizi Daging Sapi (Anonim, 1981).

Komposisi	**Kadar per 100 g**
Kalori (kal)	207
Protein (g)	18,8
Lemak (g)	14,0
Karbohidrat (g)	0
Kalsium (mg)	11
Fosfor (mg)	170
Besi (mg)	2,8
Vit. A (SI)	30,0
Vit. B1 (mg)	0,08
Vit. C (mg)	0
Air (g)	66,0

2.2.1 Kontaminasi Daging Sapi Segar

Daging mudah sekali mengalami kerusakan oleh mikroba. Kerusakan daging ditandai oleh adanya perubahan bau dan timbulnya lendir yang biasanya terjadi jika jumlah mikroba menjadi jutaan atau ratusan juta sel atau lebih per 1 cm luas

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

permukaan daging. Permukaan daging yang baru disembelih biasanya mengandung kira-kira 102 sampai 104 bakteri per inci dan terutama terdiri dari bakteri mesofilik yang berasal dari saluran pencernaan dan permukaan luar hewan tersebut. Persyaratan mutu batas maksimum cemaran mikroba pada daging sapi menurut SNI 01/6366/2000 ditunjukkan tabel 2.2

Tabel 2.2 Persyaratan Mutu Batas Maksimum Cemaran Mikroba pada Daging Sapi Segar Menurut SNI 01/6366/2000 (Anonim, 2000).

Jenis Cemaran Mikroba	**Batas Maksimum Cemaran Mikroba (BMCM)**	
	Daging Segar/Beku	**Daging Tanpa Tulang**
Jumlah Total Kuman	1×10^4	1×10^4
Coliform	1×10^2	1×10^2
Eschericia coli (*)	5×10^1	5×10^1
Enterococci	1×10^2	1×10^2
Staphylococcus aureus	1×10^2	1×10^2
Clostridium sp	0	0
Salmonella sp (*)	Negatif	Negatif
Camphylobacter sp	0	0
Listeria sp	0	0

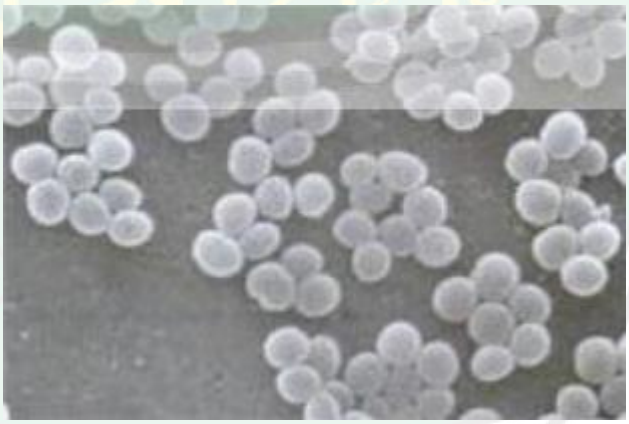
Keterangan:
(*) : dalam satuan MPN/gram
(**): dalam satuan kualitatif

Kerusakan mikroba pada daging terutama disebabkan oleh pertumbuhan bakteri pembusuk dengan ciri-ciri diantaranya yaitu pembentukan lendir, perubahan warna, perubahan rasa menjadi asam dan pahit karena pertumbuhan bakteri pembentuk asam dan senyawa pahit, terjadi ketengikan yang disebabkan pemecahan atau oksidasi lemak daging, serta perubahan bau menjadi busuk karena terjadi pemecahan protein dan terbentuknya senyawa-senyawa berbau busuk seperti ammonia, H_2S dan senyawa lainnya (Ho *et al*., 2004).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.3 Bakteri *Staphylococcus aureus*

Bakeri adalah mikroba prokariotik yang uniseluler dan berkembang biak dengan cara aseksual dengan pembelahan sel. Bakteri tidak berklorofil namun ada yang bersifat fotosintetik, kemudian bakteri hidup secara bebas, parasit, saprofit, sebagai patogen pada manusia, hewan dan tumbuhan. Habitatnya terdapat dimana-mana, misalnya di alam, tanah, laut, atmosfer dan di dalam lumpur. Bentuk tubuhnya ada yang bulat, spiral dan batang. Selain itu, bakteri merupakan struktursel yang tidak mempunyai membran inti, sedangkan komponen genetiknya terdapat di dalam molekul DNA tunggal yang terdapat di dalam sitoplasma. Ukuran sel-sel bakteri sangat bervariasi tergantung masing-masing spesiesnya, namun pada umumnya 0,5-1,0 x 2,0-5 μm. Hal tersebut sama halnya dengan 10.000 bakteri yang panjang selnya 1 μm dari satu ujung ke ujung lainnya (Ali, 2005).



Gambar 2.3 Bakteri *Staphylococcus aureus* (Aryulina dkk., 2006).

Staphylococcus berasal dari kata *staphyle* yang berarti kelompok buah anggur dan *coccus* yang berarti bulat. Bakteri ini pertama kali diamati dan dibiakkan oleh Pasteur dan Koch, kemudian diteliti lebih lanjut oleh Ogston dan Rosenbach pada tahun 1880-an. Nama genus *Staphylococcus* diberikan Ogston karena jika diamati dengan mikroskop bakteri ini terlihat seperti setangkai buah

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

anggur. Nama spesies *aureus* diberikan oleh Rosenbach karena pada biakkan murni (Yuwono, 2012).

2.3.1 Morfologi

Staphylococcus aureus merupakan bakteri Gram-positif berbentuk bulat berdiameter 0,7-1,2 μm, tersusun dalam kelompok-kelompok yang tidak teratur seperti buah anggur, fakultatif anaerob, tidak membentuk spora dan tidak bergerak. Bakteri ini tumbuh pada suhu optimum 37ºC, tetapi membentuk pigmen paling baik pada suhu kamar (20-25ºC). *Staphylococcus aureus* resisten terhadap pembekuan dan bertahan dengan baik dalam makanan yang disimpan di bawah suhu -20°C. Namun, kelangsungan hidup berkurang pada suhu -10 sampai 0°C. *Staphylococcus aureus* mudah mati dalam pasteurisasi atau dimasak. Pertumbuhannya terjadi pada pH optimal 7,4. Bakteri ini dapat tumbuh di kondisi aerobik dan anaerobik. Namun, pertumbuhan terjadi pada tingkat yang lebih lambat dalam kondisi anaerob. Koloni pada perbenihan padat berwarna abu-abu sampai kuning keemasan, berbentuk bundar, halus, menonjol dan berkilau. *S. aureus* mereproduksi secara seksual dengan pembelahan biner. Dua sel anak tidak sepenuhnya terpisah dan tetap melekat satu sama lain. Inilah sebabnya mengapa sel-sel yang diamati dalam kelompok (Adelberg et al., 2008).

2.3.2 Karakteristik

Lebih dari 90% isolat klinik menghasilkan *S. aureus* yang mempunyai kapsul polisakarida atau selaput tipis yang berperan dalam virulensi bakteri. Berbagai derajat hemolisis disebabkan oleh *S. aureus* dan kadang-kadang oleh spesies stafilokokus lainnya. *S. aureus* adalah katalase positif (yang berarti dapat menghasilkan enzim katalase). Katalase mengubah hidrogen peroksida

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

(H_2O_2) untuk air dan oksigen. Tes katalase aktivitas yang kadang-kadang digunakan untuk membedakan stafilokokus dari enterococci dan streptokokus. Sebelumnya, *S. aureus* dibedakan dari staphylococci lain oleh uji koagulase. Namun, sekarang diketahui bahwa tidak semua *S. aureus* adalah koagulase positif dan identifikasi spesies yang salah dapat berdampak pengobatan dan tindakan pengendalian yang efektif (Adelberg et al., 2008).

Staphylococcus aureus memiliki lapisan pelindung yang kuat dan memiliki tampakan seperti padatan amorf dengan ketebalan 20-40 nm. Padatan amorf adalah padatan seperti gelas yang tidak memiliki susunan yang tertata baik. Dibawah dinding sel bakteri ini terdapat sitoplasma yang ditutupi oleh membran sitoplasma. Komponen dasar dari dari dinding selnya adalah peptidoglikan yang menyebabkan massa dinding selnya meningkat sebanyak 50%. Inilah formasi dinding sel *Staphylococcus aureus* yang berlapis-lapis yang mampu menahan tekanan osmotik internal yang tinggi (Harris et al., 2002).

S. aureus mengandung polisakarida dan protein yang bersifat antigenik. Antigen ini merupakan kompleks peptidoglikan asam teikhoat yang dapat menghambat fagositosis dan bagian ini yang diserang bakteriofaga. *Staphylococcus aureus* dapat menyebabkan penyakit karena kemampuannya melakukan pembelahan dan menyebar luas ke dalam jaringan. Bakteri ini dapat menyebabkan infeksi baik pada manusia maupun hewan. *Staphylococcus aureus* ditemukan sebagai bakteri flora normal pada kulit dan selaput lendir manusia. Setiap jaringan tubuh yang terinfeksi akan menyebabkan timbulnya penyakit dengan tanda-tanda khas yaitu peradangan dan pembentukan abses (Warsa dkk., 1994).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.3.3 Membran Sel *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus termasuk bakteri bersel tunggal dengan struktur selnya hanya terdiri dari dinding sel, membran sel, ribosom dan bahan genetik (Yuwono, 2012). Terdapat lapisan permukaan yang disebut membran sel yang terdiri dari membran plasma tunggal yang dikelilingi dinding sel tebal berupa peptidoglikan. Membran sel adalah membran semipermeabel yang mengelilingi sitoplasma. Ini memberikan dukungan dan membantu mempertahankan bentuk sel. Fungsi utama membran sel yaitu memisahkan sel dengan lingkungan di luar sel, terutama untuk melindungi inti sel dan sistem kelangsungan hidup yang bekerja di dalam sitoplasma.

Struktur membran sel terdiri dari lapisan lemak dua lapis (*lipid bilayer*) bersama dengan protein. Lipid memberikan fleksibilitas pada membran, sedangkan protein berfungsi sebagai transporter dan reseptor. Fosfolipid merupakan komponen lipid utama dari membran sel. Mereka membentuk bilayer lipid dimana bagian hidrofilik dari molekul lipid disusun ke arah sitosilik dan ekstraseluler bagian sel. Bagian-bagian hidrofobik tersusun di dalam bilayer, membentuk inti hidrofobik. Karena sifat amfipatik (mengandung kedua bagian hidrofilik dan hidrofobik di bilayer) dari bilayer lipid, hanya molekul kecil hidrofobik yang diizinkan untuk melewati membran sel. Molekul hidrofilik besar lainnya dan ion diangkut oleh protein dalam membran sel. Protein integral dan protein perifer adalah dua komponen protein dari membran sel.

2.3.4 Pengaruh Suhu Terhadap Pertumbuhan Bakteri

Pertumbuhan mikroba pada umumnya sangat tergantung dan dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Perubahan faktor lingkungan dapat mengakibatkan perubahan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

sifat morfologi dan fisiologi. Suhu merupakan salah satu faktor penting dalam kehidupan mikroba. Beberapa mikroba dapat tumbuh pada kisaran suhu yang luas. Berkait dengan suhu pertumbuhan dikenal suhu minimum, optimum dan maksimum. Suhu minimum adalah suhu yang paling rendah dimana kegiatan mikroba masih berlangsung. Suhu optimum adalah suhu yang paling baik untuk kehidupan jasad. Sedangkan, suhu maksimum adalah suhu tertinggi yang masih dapat menumbuhkan mikroba tetapi pada tingkat kegiatan fisiologis yang paling rendah (Hidayat dkk., 2006).

Peranan suhu terhadap pertumbuhan mikroba merupakan petunjuk adanya pengaruh suhu terhadap enzim di dalam sel mikroba (Hidayat dkk., 2006). Menurut Garbutt (1997), rentang suhu optimum ditentukan oleh pengaruh suhu terhadap membran sel dan enzim, untuk organisme tertentu, pertumbuhan dibatasi oleh suhu dimana enzim dan membran sel dapat berfungsi.

Menurut Garbutt (1997), suhu memiliki pengaruh yang sangat penting terhadap fase adaptasi pertumbuhan mikroorganisme. Ketika suhu mendekati suhu minimum, tidak hanya mengurangi kecepatan pertumbuhan, tetapi juga memperpanjang fase adaptasi. Hal ini sangat penting dalam proses penyimpanan makanan pada suhu dingin. Jika makanan disimpan dibawah suhu minimum, maka sel-sel mikroorganisme akan tumbuh lambat. Dan jika makanan disimpan diatas suhu maksimum, maka sel-sel mikroorganisme akan mati dengan cepat (Ray, 2001).

Pada suhu diatas itu, bakteri mengalami kematian. Hal ini dikarenakan perlakuan suhu yang diberikan terlalu tinggi, sehingga menghambat proses pertumbuhan koloni bakteri. Karena pada suhu yang ekstrim tersebut protein,

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

asam nukleat dan komponen-komponen sel lainnya mengalami kerusakan yang permanen, sehingga bakteri mengalami kematian (Brooks dkk., 2005).

Stimulasi arus listrik yang diberikan mampu menimbulkan efek thermal atau efek panas yang mengakibatkan sel bakteri menjadi mati. Ketika terjadi gesekan antara suhu dengan daging dalam waktu yang lama, maka suhu daging akan meningkat. Gerakan elektron dalam suatu arus listrik dapat digambarkan sebagai tumbukan yang terjadi antar elektron mampu menimbulkan getaran partikel suatu konduktor. Ketika konduktor diberi perlakuan seperti pemberian beda potensial, maka tumbukan elektron-elektron akan semakin keras. Otomatis kecepatan tumbukan bertambah dan getaran partikel menjadi besar. Dari kejadian diatas timbulah panas yang disebabkan oleh arus. Panas yang dihasilkan akan membuat bakteri yang ada di dalam daging mati.

2.4 Lemak

Lipid atau lemak berasal dari bahasa Yunani *Lipos*. Lemak merupakan penyusun tumbuhan atau hewan yang dicirikan oleh sifat kelarutannya. Terutama lipid tidak bisa larut dalam air, tetapi larut dalam larutan non polar seperti eter. Lemak atau minyak ialah triester dari gliserol dan disebut trigliserida. Dalam pembentukannya, trigliserida merupakan hasil proses kondensasi satu molekul gliserol dan tiga molekul asam lemak (umumnya ketiga asam lemak tersebut berbeda-beda), yang membentuk satu molekul trigliserida dan satu molekul air. Bila minyak atau lemak di didihkan dengan alkali, kemudian mengasamkan larutan yang dihasilkan, maka akan didapatkan gliserol dan campuran asam lemak. Reaksi ini disebut penyabunan (Hart dkk., 2003).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lemak merupakan bagian dari lipid yang mengandung asam lemak jenuh bersifat padat. Lemak merupakan senyawa organik yang terdapat di alam serta tidak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut organik nonpolar, misalnya dietil eter ($C_2H_5OC_2H_5$), kloroform ($CHCl_3$), benzena, hexana dan hidrokarbon lainnya. Lemak dapat larut dalam pelarut tersebut karena lemak mempunyai polaritas yang sama dengan pelarut (Lehninger, 1982).

Asam lemak adalah asam organik berantai panjang dengan atom karbon 4 sampai 24, memiliki gugus karboksil tunggal (hidrofilik) dan ekor hidrokarbon non polar yang panjang (hidrofobik). Asam lemak tidak terdapat secara bebas dalam sel atau jaringan, namun dalam bentuk terikat secara kovalen. Asam lemak dapat bebas dari ikatan ini oleh hidrolisis kimia atau enzimatik (Lehninger, 1982).

Asam lemak tidak lain adalah asam alkanoat atau asam karboksilat berderajat tinggi (rantai C lebih dari 6). Karena berguna dalam mengenal ciri-cirinya. Asam lemak dibedakan menjadi asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Asam lemak jenuh hanya memiliki ikatan tunggal di antara atom-atom karbon penyusunnya, sementara asam lemak tak jenuh memiliki paling sedikit satu ikatan ganda di antara atom-atom karbon penyusunnya (Nurul, 2009).

Asam lemak, bersama-sama dengan gliserol, merupakan penyusun utama minyak nabati atau lemak dan merupakan bahan baku untuk semua lipida pada makhluk hidup. Asam ini mudah dijumpai dalam minyak masak (goreng), margarin atau lemak hewan dan menentukan nilai gizinya. Secara alami, asam lemak bisa berbentuk bebas (karena lemak yang terhidrolisis) maupun terikat sebagai gliserida (Nurul, 2009).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lemak secara khusus menjadi sebutan bagi minyak hewani pada suhu ruang, lepas dari wujudnya yang padat maupun cair, yang terdapat pada jaringan tubuh yang disebut adiposa. Secara umum dapat dikatakan bahwa, lemak memenuhi fungsi dasar bagi manusia, yaitu (Martoharsono, 2008):

1. Menjadi cadangan energi dalam bentuk sel lemak. 1 gram lemak menghasilkan 39,06 kjoule atau 9,3 kcal.
2. Lemak mempunyai fungsi selular dan komponen struktural pada membran sel yang berkaitan dengan karbohidrat dan protein demi menjalankan aliran air, ion dan molekul lain, keluar dan masuk ke dalam sel.
3. Menopang fungsi senyawa organik sebagai penghantar sinyal, seperti pada prostaglandin dan steroid hormon dan kelenjar empedu.
4. Menjadi suspensi bagi vitamin A, D, E dan K yang berguna untuk proses biologis.
5. Berfungsi sebagai penahan goncangan demi melindungi organ vital dan melindungi tubuh dari suhu luar yang kurang bersahabat. Lemak juga merupakan sarana sirkulasi energi di dalam tubuh dan komponen utama yang membentuk membran semua jenis sel.

Kadar lemak dapat ditentukan dengan beberapa uji kadar lemak sebagai berikut (Wahyuni, 2009):

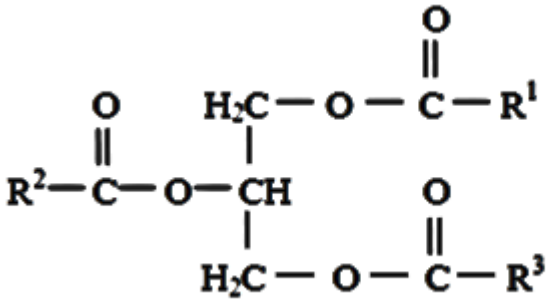
1. Pengujian kimia dengan penentuan kadar total untuk meningkatkan jaminan mutu dan keamanan pangan.
2. Pengekstrasian merupakan suatu proses pemisahan atau substansi tertentu dari suatu bahan dengan pelarut organik, air.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3. Evaporasi merupakan suatu proses penguapan untuk memisahkan pelarut (solvent) dengan zat terlarut (solute). Kandungan kalori yang berasal dari lemak tidak lebih dari 30% total kalori. Lemak dibedakan menjadi lemak jenuh dan lemak tidak jenuh. Manusia juga membutuhkan asam lemak tak jenuh ganda tertentu. Konsumsi lemak perlu dibatasi khususnya mengurangi lemak jenuh dengan makanan. Kelebihan lemak dalam tubuh terutama lemak dengan kandungan kolesterol yang tinggi akan menyebabkan kegemukan dan penyakit seperti jantung, ginjal, diabetes dan hipertensi.

2.4.1 Struktur Lemak

Komponen lemak memegang peranan penting yang menentukan karakteristik fisik keseluruhan, seperti aroma, tekstur, rasa dan penampilan. Struktur umum lemak adalah R1, R2, R3 adalah gugus alkil mungkin saja sama atau juga beda. Gugus alkil tersebut dibedakan sebagai gugus alkil jenuh (tidak terdapat ikatan rangkap) dan tidak jenuh (terdapat ikatan rangkap) (Hart dkk., 2003).



Gambar 2.4 Struktur Molekul Trigliserida (Hart dkk., 2003).

Adapun struktur lemak kimia yaitu komponen penyusun lemak menggambungkan karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O) dan sekali dalam fosfor sementara (P) dan nitrogen (N). Partikel lemak terdiri dari empat bagian, khususnya satu atom gliserol dan tiga partikel lemak tak jenuh. Asam terdiri dari rantai hidrokarbon (CH) dan karboksil mengumpulkan (-COOH). Molekul

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

gliserol memiliki tiga hidroksil banyak (OH) dan masing-masing interface dengan hidroksil yang pertemuan sekelompok karboksil dari lemak tak jenuh. Dengan mempertimbangkan potongan senyawa lemak dipisahkan menjadi tiga antara lain: lemak sederhana, lemak campuran dan lemak awal.

2.5 Interaksi Arus Listrik Dengan Bakteri

2.5.1 Efek Termal/Efek Joule

Arus merupakan gerak muatan-muatan dari satu daerah ke daerah lainnya. Bila gerakan-gerakan tersebut berlangsung di dalam sebuah lintasan konduksi yang membentuk sebuah simpal tertutup, maka lintasan itu dapat disebut dengan rangkaian listrik. Analisa muatan dapat dicontohkan pada sebuah konduktor. Konduktor berupa logam misalnya akan memiliki muatan yang tidak akan diam walau medan listrik nol maupun tidak ada arus. Elektron pada partikel konduktor akan bergerak secara acak seperti perumpamaan molekul-molekul gas (Sears, 2001).

Tumbukan yang terjadi antar elektron menimbulkan getaran partikel suatu konduktor. Ketika konduktor diberi perlakuan seperti pemberian beda potensial, maka tumbukan elektron-elektron akan semakin keras. Otomatis kecepatan tumbukan bertambah dan getaran partikel menjadi besar. Dari kejadian diatas timbulah panas yang disebabkan oleh arus. Arus listrik didefinisikan sebagai jumlah total muatan yang melewati suatu konduktor per satuan waktu. Atau dapat ditulis (Sears, 2001):

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Arus bukanlah sebuah vektor. Dalam sebuah konduktor yang mengangkut arus, tidak peduli seberapa panjang atau melengkung, arus selalu mengalir. Hanya saja

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ada istilah arus positif mengalir ketika dalam satuarah. Satuan SI dari arus adalah ampere. Satu ampere didefinisikan sebagai satu coulomb per detik (1A = 1C/s) (Sears, 2001).

Menurut konvensi, arus searah dengan muatan positif atau istilahnya proton. Sedangkan, muatan-muatan yang bergerak sampai bertumbukan adalah suatu elektron atau muatan negatif. Jadi, arah arus berlawanan dengan muatan bergerak pada partikel suatu konduktor.

Arus dapat dinyatakan dalam kecepatan menyimpang dari muatan yang bergerak. Dimisalkan sebuah konduktor (kawat penghantar) memiliki luas penampang A. Lalu n adalah jumlah partikel-partikel pembawa muatan bebas per satuan volume. Diumpamakan partikel membawa muatan q dan kecepatan alir vd. Dalam waktu Δt, partikel mengalir ke dalam silinder dengan volume AvdΔt dan banyaknya partikel nAvdΔt, sehingga arusnya (Raymond dkk., 2010):

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = nqAvd$$

Hambatan (R) yang dialiri arus listrik (I) akan menimbulkan beda tengangan V antar ujung-ujung berarti daya listriknya yaitu P = V.I. Karena V = I.R maka, daya listriknya dapat dirumuskan menjadi P = (I.R) I = I^2 dengan P = Daya listrik (watt). Bila arus listrik mengalir selama t detik, energi listrik yang terpakai ialah W = I^2.R.t dengan t = Waktu (dt). Sedangkan, bunyi hukum joule "Pembentukan panas persatuan waktu berbanding langsung dengan kuadrat arus". Hukum joule menuliskan bagaimana tenaga diubah kedalam tenaga termal, yang didalam suatu penghantar merupakan suatu proses yang tidak dapat dibalik (hanya berlangsung satu arah). Dalam percobaannya, Joule menggunakan air susu sapi segar didalam sebuah wadah yang diradiasi dengan alat radio-frekuensi. Beberapa lama

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

kemudian suhu air akan naik, ini disebabkan karena suhu bergesekan dengan air. Menurut Joule, gerakan elektron dalam suatu penghantar dapat digambarkan sebagai serangkaian percepatan yang masing-masing akhirnya bertumbukan dengan salah satu partikel yang tetap dalam suatu pengahantar, elektron itu akan mendapatkan tenaga kinetik pada setiap tumbukan dan tenaga itu berubah menjadi panas. Panas yang dihasilkan akan membuat bakteri yang ada didalam air susu sapi segar mati. Joule juga merumuskan perbandingan jumlah satuan usaha dengan jumlah satuan panas yang dihasilkan selalu sama, sehingga:

$$W = Q$$

$$V.I.t = Q$$

dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = V.I.t$$

$$Q = m.c.\Delta T$$

$$V.I.t = m.c.\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{V.I.t}{m.c}$$

$$\Delta T = \frac{I^2.R.t}{m.c}$$

dimana:

Q = panas yang ditimbulkan arus listrik (Joule atau kalor)

V = tegangan listrik (volt)

R = hambatan

I = arus listrik (A)

T = waktu (detik)

m = massa zat (kg)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

c = kalor jenis zat (Joule/kg^{o}C)

$\Delta T = T-T_o$ = perubahan suhu (^{o}C)

T = suhu mula-mula zat (^{o}C)

T_o= suhu akhir zat (^{o}C)

Menurut hukum termodinamika I dikatakan bahwa, " Jika kalor diubah menjadi bentuk energi lain atau jika bentuk energi lain diubah menjadi kalor maka, energi sebelumnya selalu konstan". Karena kalor adalah suatu bentuk energi, maka usaha selalu dapat diubah menjadi panas atau sebaliknya.

Menjaga agar arus tetap mengalir dalam suatu konduktor memerlukan pengeluaran energi. Energi juga harus diberikan untuk mempercepat suatu ion dalam sebuah akselerator atau tabung elektron, tetapi ada perbedaannya. Dalam akselerator, energi yang diberikan digunakan untuk mempercepat ionnya. Dalam suatu konduktor, karena adanya interaksi antara elektron-elektron dan ion-ion positif dari lattice kristal, energi yang dipasok ke elektron-elektron dipindahkan ke lattice kristal sehingga memperbesar energi penggetar lattice tersebut. Akibatnya, suhu material akan naik dan ini adalah efek pemanasan arus yang telah diketahui dengan baik dan disebut efek joule (Alonso dan Edward, 1994).

2.5.2 Elektrolisis

Elektrolisis adalah peristiwa berlangsungnya reaksi kimia oleh arus listrik. Aliran listrik melalui suatu konduktor (penghantar) melibatkan perpindahan elektron dari potensial negatif tinggi ke potensial lainnya yang lebih rendah. Mekanisme dari transfer ini tidak sama untuk berbagai konduktor. Dalam penghantar elektronik seperti padatan dan lelehan logam, penghantaran terjadi melalui perpindahan elektron langsung melalui penghantar dari potensial yang

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

diterapkan. Dalam hal ini, atom-atom penyusun penghantar listrik tidak terlibat dalam proses tersebut. Akan tetapi, penghantar elektrolistik yang mencakup larutan elektrolit dan lelehan garam-garam. Penghantaran berlangsung melalui perpindahan ion-ion positif maupun negatif menuju elektroda. Migrasi ini tidak hanya melibatkan perpindahan listrik dari suatu elektroda ke elektroda lainnya, tetapi juga melibatkan adanya transport materi dari suatu bagian konduktor ke bagian lainnya (Mulyati dan Hendrawan, 2003).

Alat elektrolisis terdiri atas sel elektrolitik yang berisi elektrolit (larutan atau leburan) dan dua elektroda, anoda dan katoda. Pada anoda terjadi reaksi oksida, sedangkan pada elektroda katoda terjadi reaksi reduksi. Pada suatu percobaan elektrolisa, reaksi yang terjadi pada katoda bergantung pada kecenderungan terjadinya reaksi reduksi (Mulyati dan Hendrawan, 2003).

Persamaan reaksi:

$$\text{Katoda}: 2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} + 2OH^+_{(aq)}$$

2.6 Interaksi Arus Listrik Dengan Lemak

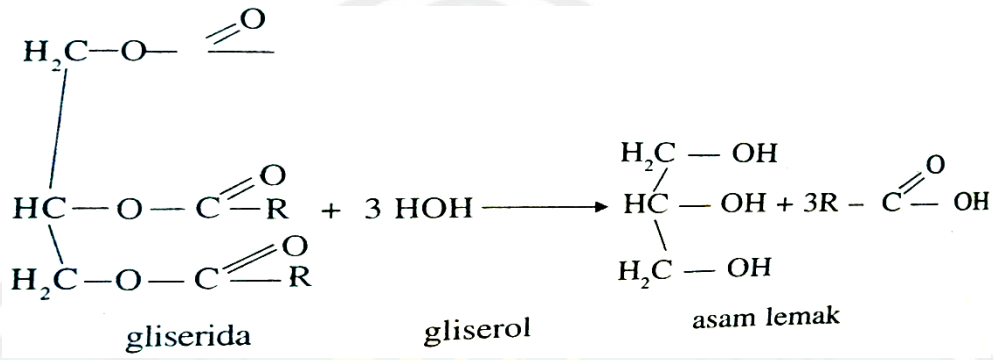
2.6.1 Hidrolisis

Hidrolisis adalah proses terjadinya reaksi kimia yang memecah molekul air (H_2O) menjadi kation hidrogen (H^+) dan anion hidroksida (OH^-). Reaksi hidrolisis terjadi ketika suatu asam bertemu dengan basa yang akan menghasilkan garam dan air yang merubah pH dari campuran tersebut. Dalam reaksi hidrolisis, terjadi penarikan H^+ dan OH^- dari senyawa asam dan basa. H^+ dan OH^- berikatan menjadi air. Sedangkan, pembentuk senyawa asam dan basa yang lain bersatu membentuk dari garam campuran asam basa tersebut. Garam tersebut dapat bersifat asam, basa atau netral tergantung dari sifat-sifat pada campurannya

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

apakah asam kuat, asam lemah, basa kuat atau basa lemah (Djatmiko dan Pandjiwidjaja, 1985).

Pada reaksi hidrolisis akan dihasilkan gliserida dan asam lemak bebas dengan rantai pendek (C4-C12). Saat reaksi hidrolisis, lemak dan minyak akan diubah menjadi asam-asam lemak bebas dan gliserol.



Gambar 2.5 Reaksi Hidrolisis Lemak (Djatmiko dan Pandjiwidjaja, 1985).

Reaksi hidrolisis mengakibatkan kerusakan lemak dan minyak. Ini terjadi karena terdapat sejumlah air dalam lemak dan minyak tersebut. Reaksi ini akan mengakibatkan ketengikan hidrolisa (Djatmiko dan Pandjiwidjaja, 1985).

Arus listrik dapat menyebabkan terjadinya hidrolisa atau hidrolisis. Kombinasi lama stimulasi arus listrik dan suhu yang tinggi akan mempercepat peningkatan asam lemak bebas.

2.6.2 Oksidasi

Oksidasi menurut Winarno (2008) merupakan reaksi berantai pembentukan radikal yang melepaskan hidrogen. Reaksi tersebut akan menimbulkan kerusakan lemak yang disebabkan oleh otooksidasi asam lemak tak jenuh. Molekul-molekul lemak yang mengandung radikal asam lemak tak jenuh mengalami oksidasi. Oksidasi dimulai dengan pembentukan peroksida dan hidroperoksida. Selanjutnya, asam-asam lemak akan terurai disertai dengan konversi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

hidroperoksida menjadi aldehid dan keton serta asam-asam lemak bebas. Proses oksidasi termal terjadi karena pemanasan pada suhu tinggi dan ada kontak langsung antara oksigen dengan lemak. Reaksi oksidasi termal terjadi pada rantai asam lemak tidak jenuh trigliserida. Pada reaksi ini akan mengakibatkan rusaknya asam lemak tak jenuh (Ketaren, 2005). Temperatur yang tinggi akan menginduksi terjadinya peningkatan laju reaksi oksidasi yang menghasilan produk-produk oksidatif, baik senyawa dimer maupun polimer (Gutierrez et al., 1988).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorik, karena data yang dibutuhkan merupakan data yang langsung diambil dari objek penelitian.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2019 di Laboratorium Termodinamika, Laboratorium Akustik, Laboratorium Optik dan Laboratorium Riset Material Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dan Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Muhammadiyah Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

1. Jarum oose 1 buah
2. Autoklaf 1 buah
3. Cawan petri
4. Erlenmeyer 250 ml 2 buah
5. Hot plate
6. Colony counter 1 buah
7. Oven
8. Inkubator 1 buah
9. Tabung reaksi 4 buah

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

10. Laminar Air Flow 1 unit
11. Bunsen 1 buah
12. Timbangan analitik
13. Magnetic stirrer
14. Botol flakon 60 buah
15. Beaker glass 500 ml 1 buah
16. Desikator
17. Botol semprot 1 buah
18. Korek api
19. Gelas ukur 50 ml 2 buah
20. pH meter
21. Set arus listrik 1 unit
22. Power supply
23. Spertus
24. Tisu
25. Kapas
26. Alumunium foil
27. Soxhlet
28. Pipet tetes 2 buah

3.3.2 Bahan

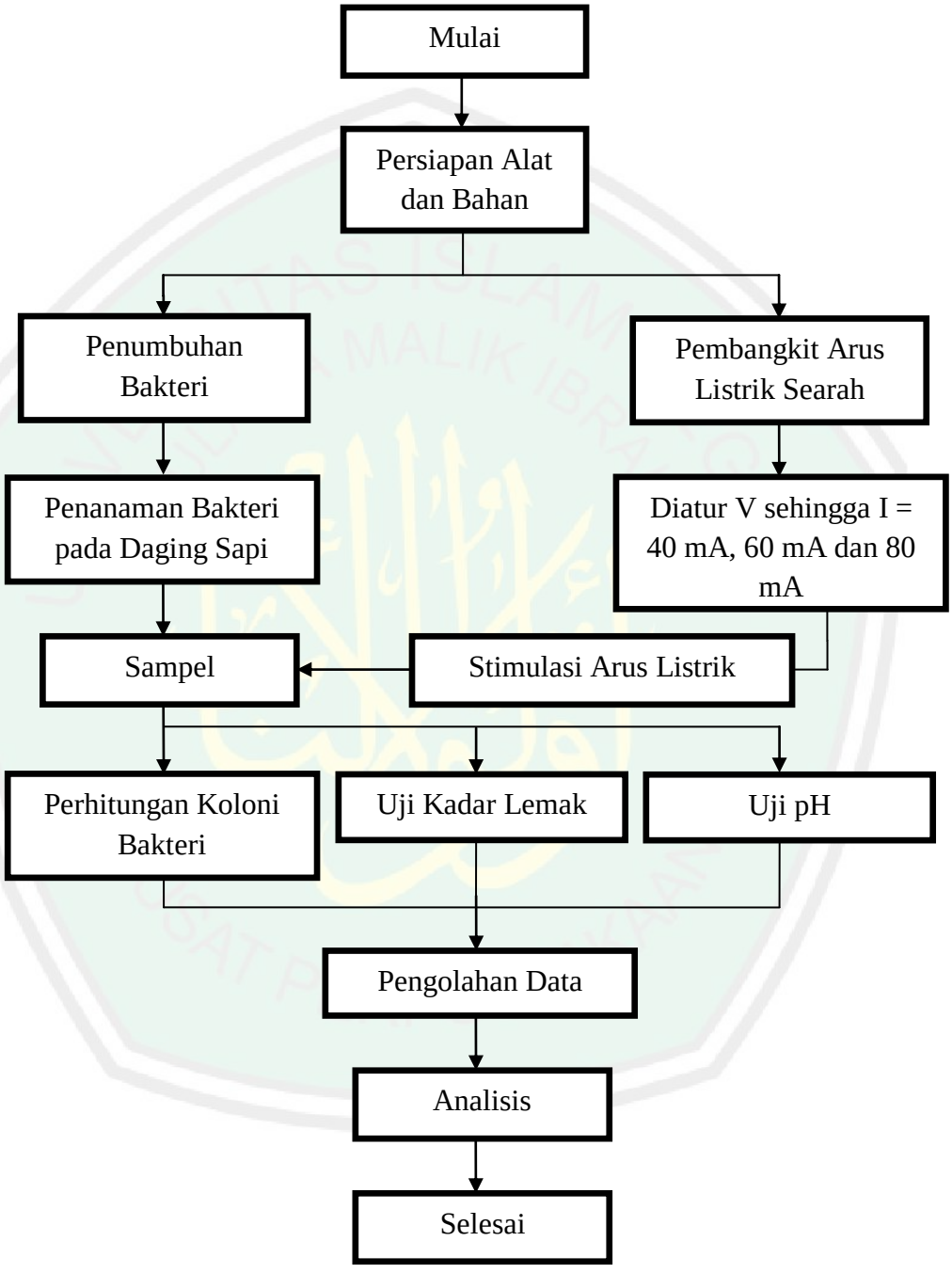
1. Bakteri *Staphylococcus aureus*
2. Media NA (Nutrien Agar) 10 gr
3. Aquades
4. Daging sapi 2x2x1 cm^2.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

5. Natrium hidroksida 0,9%

6. Hexane 50 ml

3.4 Desain Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat dua tahap, tahap pertama yaitu untuk mengetahui jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* sebelum dan sesudah

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

distimulasi arus listrik terhadap daging sapi dengan menggunakan Colony Counter. Tahap kedua yaitu untuk mengetahui pengaruh stimulasi arus listrik terhadap kadarlemak pada daging sapi. Sedangkan, tahap ketiga yaitu untuk mengetahui pengaruh stimulasi arus listrik terhadap pH pada daging sapi. Dari tiga tahap diatas, diperoleh data yang dapat diolah. Setelah itu, data dianalisis.

Adapun tahapan dalam penelitian adalah pengaruh stimulasi arus listrik untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* pada daging sapi, yang terdiri dari 5 perlakuan yaitu, pertama sampel tanpa dialiri arus listrik. Kedua, sampel dialiri arus listrik sebesar 40 mA, 60 mA dan 80 mA dengan variasi waktu selama 20 menit, 40 menit dan 60 menit.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Penyiapan Media NA

1. Ditimbang media NA sebanyak 5 gram dan dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer.
2. Ditambahkan 250 ml aquades ke dalam tabung erlenmeyer berisi media NA.
3. Dipanaskan diatas hot plate hingga mendidih sambil diaduk menggunakan magnetic stirrer sampai homogen, lalu dibiarkan beberapa saat.
4. Diambil sebanyak 5 ml menggunakan pipet dan dimasukkan ke dalam 3 buah tabung reaksi.
5. Ditutup tabung reaksi dengan kertas, lalu dibungkus dengan plastik yang diikat dengan karet gelang.
6. Dimasukkan ke dalam autoklaf dan disterilkan selama 15 menit pada suhu 121^{o}C.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.5.2 Penumbuhan Bakteri

1. Disterilisasi alat dengan cara dibungkus plastik tahan panas, kemudian dimasukkan kedalam autoklaf.
2. Diambil 1 oose biakan murni bakteri *Staphylococcus aureus* dan digoreskan secara zig-zag kedalam media NA miring dalam tabung reaksi.
3. Diulangi sampai diperoleh biakan murni, kemudian diinkubasi selama 24 jam dengan suhu 37°C.

3.5.3 Pencampuran Bakteri pada Daging Sapi

1. Dicuci dan disterilkan cawan petri.
2. Diisi cawan petri dengan daging sapi dengan ukuran 2x2x1 cm^2.
3. Diambil 1 oose bakteri dari media NA dan dimasukkan ke dalam cawan petri berisi daging sapi.
4. Diinkubasi selama 24 jam pada inkubator dengan suhu 37°C.

3.5.4 Perlakuan Stimulasi Arus Listrik

a. Bakteri Sebelum Distimulasi

   1. Cawan petri yang berisi suspensi sampel tanpa distimulasi arus listrik diberi label “kontrol”.
   2. Dihitung jumlah koloni bakteri dengan Colony Counter.

b. Sampel yang Distimulasi Arus Listrik

   1. Disiapkan stimulator dan bakteri yang akan distimulasi.
   2. Dipastikan kutub positif dari sumber tegangan listrik dan hubungkan kutub positif tersebut pada stimulator sehingga arus nantinya melalui yang ada pada stimulator.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3. Dihubungkan kutub negatif dari sumber tegangan listrik ke kutub negatif pada stimulator.
4. Dihubungkan masing-masing kabel kutub positif dan negatif dari sumber stimulator ke masing-masing ujung yang akan distimulasi.
5. Di on-kan sumber tegangan dengan variasi waktu selama 20 menit (sub kelompok 1), 40 menit (sub kelompok 2) dan 60 menit (sub kelompok 3).
6. Disetiap sub kelompok dilakukan stimulasi arus listrik 40 mA, 60 mA, 80 mA.
7. Setelah bakteri distimulasi, kemudian dihitung jumlah koloni bakteri.
8. Diulangi langkah diatas dengan 3 kali pengulangan.

3.5.5 Perhitungan Koloni Bakteri

1. Daging sapi sebelum maupun sesudah distimulasi arus listrik dimasukkan ke dalam 10 ml NaCl 0,9 % pada botol flakon.
2. Divorteks botol flakon selama 1 menit dengan tujuan melepas bakteri dari sampel daging.
3. Diambil 1 ml suspensi dari botol flakon yang sudah distimulasi arus listrik kemudian dimasukkan 1 ml suspensi ke dalam botol flakon steril yang berisi 9 ml aquades sebagai pengenceran 10^{-1}.
4. Diambil kembali 1 ml dari suspensi 10^{-1} yang sudah dihomogenkan kemudian dimasukkan ke dalam botol flakon yang berisi 9 ml aquades sebagai pengenceran 10^{-2}.
5. Sampel hasil pengenceran 10^{-2} yang sudah dihomogenkan diambil 1 ml suspensi kemudian dimasukkan 1 ml suspensi ke dalam botol flakon yang berisi 9 ml aquades sebagai pengenceran 10^{-3}.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

6. Pengenceran diatas diulangi sampai pengenceran ke 10^{-3}.
7. Suspensi pada pengenceran 10^{-3} dituangkan 1 ml dituangkan ke dalam cawan petri steril kemudian diisi media NA sebagai media untuk hidup.
8. Semua proses diatas dilakukan secara aseptik, yaitu di dekat api bunsen.
9. Setelah media membeku, cawan petri dimasukkan ke dalam inkubator dengan posisi terbalik (bagian tutup berada dibawah). Suhu selama inkubasi yaitu 37°C selama 24 jam.

3.5.6 Pengambilan Data Kadar Lemak

1. Dioven dan ditimbang labu lemak, kemudian sampel ditimbang sebanyak 5 gram dan dimasukkan ke dalam selongsong kertas saring.
2. Dimasukkan selongsong ke dalam soxhlet ± 2 jam dan labu lemak yang telah diketahui bobotnya dipasang pada soxhlet.
3. Dimasukkan 50 ml hexane ke dalam soxhlet, sampel diekstrak dengan pelarut hexane.
4. Dikeringkan labu lemak di dalam oven dengan suhu 105^{o}C selama 30 menit hingga aroma hexane tidak tercium.
5. Didinginkan di dalam desikator selama 15 menit.
6. Ditimbang labu lemak untuk mendapatkan hasil kadar lemak.
7. Dihitung persentase kadar lemak dengan rumus sebagai berikut berikut :

$$\% \text{ lemak} = \frac{W3-W2}{W1} \text{ x } 100\ \%$$

Keterangan :
W1: Bobot sampel (gr)
W2: Bobot labu lemak kosong (gr)
W3: Bobot labu lemak+lemak hasil (gr)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.5.7 Pengambilan Data pH

Karena daging bukan suatu larutan yang mudah diketahui pH-nya, maka dilakukan proses pengukuran pH menggunakan pH meter. Sebelum pH meter digunakan, dikalibrasi terlebih dahulu pH meter dengan larutan asam pH 4, kemudian dinetralkan dengan larutan netral pH 7. Dimasukkan daging ke dalam beaker glass, selanjutnya diberi air sebanyak 30 ml dan diaduk dengan magnetic stirrer diatas hot plate selama 10 menit. Diukur pH dengan menggunakan pH meter yang sudah dikalibrasi.

3.6 Teknik Pengumpulan Data

Data yang diambil dari penelitian ini yaitu jumlah bakteri yang masih aktif sebelum dan sesudah distimulasi arus listrik dengan variasi waktu dan variasi arus listrik kemudian diolah dan dicatat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Pengolahan Data Jumlah Bakteri

Arus Listrik (mA)		**Jumlah Bakteri**			**Rata-rata**
		1	**2**	**3**	
Kontrol					
20 menit	**40 mA**				
	60 mA				
	80 mA				
40 menit	**40 mA**				
	60 mA				
	80 mA				
60 menit	**40 mA**				
	60 mA				
	80 mA				

Sedangkan pada pengujian kadar lemak dan nilai pH data yang telah diperoleh yang berupa hasil jumlah kadar lemak dan nilai pH dari sampel sebelum dan sesudah distimulasi arus listrik dengan variasi waktu dan variasi arus listrik kemudian diolah dan dicatat pada tabel 3.2

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 3.2 Pengolahan Data Kadar Lemak dan Nilai pH

Arus Listrik (mA)		Kadar Lemak	pH
Kontrol			
20 menit	**40 mA**		
	60 mA		
	80 mA		
40 menit	**40 mA**		
	60 mA		
	80 mA		
60 menit	**40 mA**		
	60 mA		
	80 mA		

3.7 Teknik Analisa Data

Dalam penelitian ini, data yang diperoleh adalah jumlah bakteri yang masih hidup sebelum dan sesudah diberi perlakuan variasi waktu dan variasi arus listrik. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan menggunakan grafik yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh stimulasi arus listrik dengan variasi waktu dan variasi arus listrik yang paling efektif dalam menghambat pembiakan bakteri *Staphylococcus aureus.*

Selanjutnya, data yang diperoleh yaitu jumlah kadar lemak dan nilai ph dari sampel sebelum dan sesudah distimulasi arus listrik dengan variasi waktu dan variasi arus listrik. Kemudian, data hasil kadar lemak dan nilai pH sesudah diberi perlakuan dibandingkan dengan sampel yang belum diberi perlakuan untuk mengetahui adanya pengaruh stimulasi arus listrik dengan variasi waktu dan variasi arus listrik terhadap kadar lemak dan jumlah pH. Kemudian, dianalisa dengan menggunakan grafik.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB IV
DATA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Preparasi sampel dilakukan di laboratorium Riset Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Sampel yang digunakan adalah bakteri *Staphylococcus aureus* yang di inokulasikan pada daging dengan ukuran 2x2x1 cm^2. Penelitian ini dilakukan dengan memberikan stimulasi arus listrik pada sampel. Alat yang digunakan adalah DC current yang berfungsi untuk mengurangi koloni bakteri pada daging sapi. Variasi arus yang digunakan pada penelitian ini 40, 60 dan 80 mA dengan variasi waktu yang digunakan 20, 40 dan 60 menit.

4.1.1 Pengaruh Kuat Arus Listrik dan Waktu Untuk Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* Pada Daging Sapi

Daging sapi yang sudah ditumbuhi bakteri distimulasi arus listrik, kemudian dihitung jumlah bakteri dengan colony counter. Untuk mengetahui rata-rata koloni bakteri *Staphylococcus aureus* dihitung dengan menggunakan persamaan:

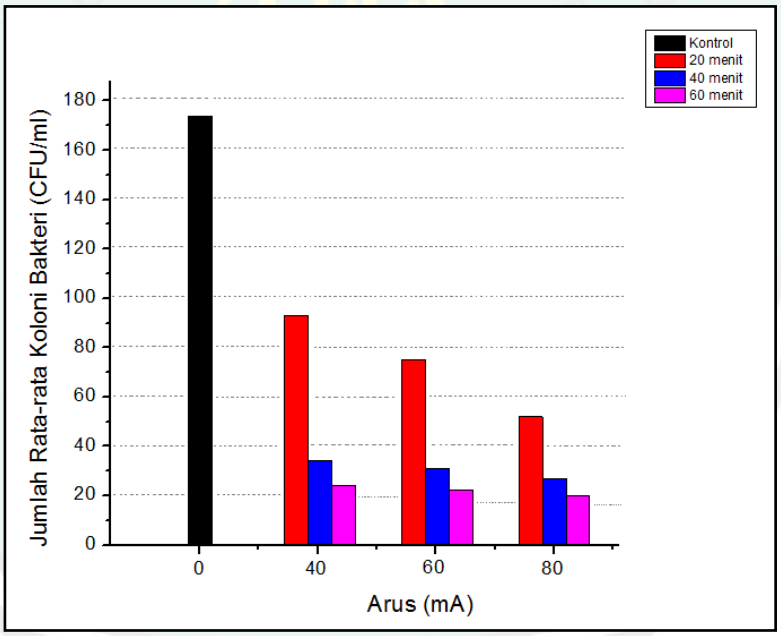
$$\Sigma \text{ sel/ml} = \Sigma \text{ koloni x } \frac{1}{10^{-n}} \text{CFU/ml}$$

Tabel 4.1 Data Hasil Koloni Bakteri *Staphylococcus aureus* Daging Sapi

Waktu (menit)	Arus Listrik (mA)	Koloni Bakteri (CFU/ml)			Rata-rata (CFU/ml)
		1	2	3	
Kontrol		210.10^3	167.10^3	147.10^3	174.10^3
20 menit	40 mA	105.10^3	86.10^3	88.10^3	93.10^3
	60 mA	80.10^3	69.10^3	74.10^3	75.10^3
	80 mA	48.10^3	45.10^3	61.10^3	52.10^3
40 menit	40 mA	26.10^3	40.10^3	36.10^3	34.10^3
	60 mA	20.10^3	35.10^3	40.10^3	31.10^3
	80 mA	23.10^3	17.10^3	42.10^3	27.10^3
60 menit	40 mA	21.10^3	20.10^3	30.10^3	24.10^3
	60 mA	18.10^3	23.10^3	26.10^3	22.10^3
	80 mA	16.10^3	20.10^3	24.10^3	20.10^3

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 4.1 menunjukkan penurunan koloni bakteri *Staphylococcus aureus* pada daging sapi yang signifikan. Rata-rata koloni bakteri sebelum distimulasi arus listrik sebesar 174.10^3 CFU/ml. Setelah dilakukan stimulasi dengan arus listrik 40 mA selama 20 menit rata-rata jumlah bakteri menurun menjadi 93.10^3 CFU/ml. Kemudian arus ditingkatkan sampai 80 mA menurun menjadi 52.10^3 CFU/ml. Pada arus 40 mA selama 40 menit rata-rata koloni bakteri menurun menjadi 34.10^3 CFU/ml. Kemudian arus ditingkatkan sampai 80 mA menurun menjadi 27.10^3 CFU/ml. Pada arus 40 mA selama 60 menit rata-rata jumlah bakteri menurun menjadi 24.10^3 CFU/ml. Kemudian arus ditingkatkan sampai 80 mA menurun menjadi 20.10^3 CFU/ml. Hal ini ditunjukkan pada gambar 4.1.

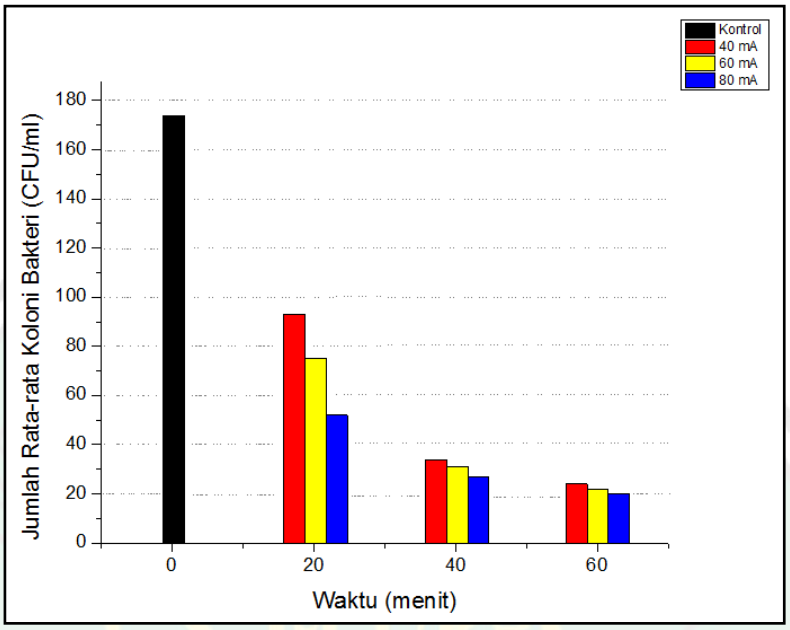


Gambar 4.1 Penurunan Koloni Bakteri *Staphylococcus aureus* Terhadap Variasi Arus

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa pemberian variasi arus dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* pada daging sapi. Arus listrik 80 mA dengan waktu 60 menit menunjukkan penurunan koloni bakteri yang paling banyak dibandingkan dengan variasi arus lainnya. Pengaruh variasi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

arus listrik yang semakin besar mampu meningkatkan panas yang menyebabkan rusaknya dinding sel. Besarnya arus listrik mempengaruhi cepat tumbukan yang terjadi antar elektron.



Gambar 4.2 Penurunan Koloni Bakteri *Staphylococcus aureus* Terhadap Variasi Waktu

Gambar 4.2 menunjukkan penurunan koloni bakteri dengan waktu 20, 40 dan 60 menit. Berdasarkan gambar tersebut menunjukkan bahwa variasi waktu dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* pada daging sapi. Waktu yang semakin lama dapat menurunkan koloni bakteri pada daging sapi. Variasi arus dan waktu yang optimal dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* pada daging sapi yaitu pada arus 80 mA selama 60 menit, yaitu bakteri *Staphylococcus aureus* mengalami penurunan menjadi 20.10^3 CFU/ml.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

4.1.2 Pengaruh Kuat Arus Listrik dan Waktu Terhadap Kadar Lemak Daging Sapi

Sampel daging sapi yang sudah distimulasi arus listrik, diukur kadar lemaknya dengan menggunakan metode Soxhlet. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.2.

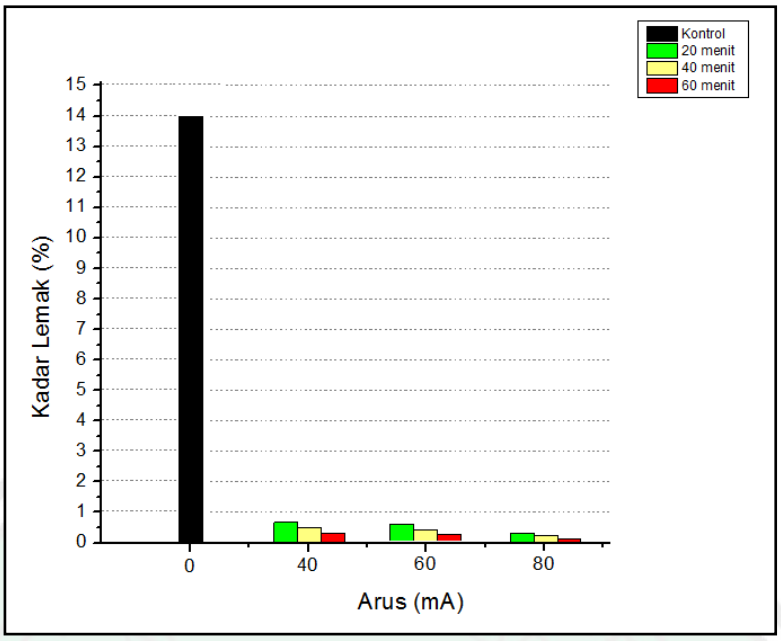
Tabel 4.2 Data Hasil Kadar Lemak Daging Sapi

Waktu (menit)	Arus Listrik (mA)	Kadar Lemak
Kontrol		14%
20 menit	40 mA	0,67%
	60 mA	0,59%
	80 mA	0,32%
40 menit	40 mA	0,48%
	60 mA	0,40%
	80 mA	0,25%
60 menit	40 mA	0,32%
	60 mA	0,25%
	80 mA	0,14%

Tabel 4.2 menunjukkan kadar lemak daging sapi setelah distimulasi arus listrik dengan variasi arus dan waktu. Kadar lemak daging sapi dengan ukuran 2x2x1 cm tanpa distimulasi arus listrik dan setelah distimulasi arus listrik mengalami penurunan. Daging sapi dengan berat 100 gram menurut ketentuan dari Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (2009) tanpa distimulasi arus listrik kadar lemaknya 14%. Pada sampel yang distimulasi arus listrik sebesar 40 mA selama 20 menit kadar lemaknya 0,67%. Ketika arus dan waktu ditingkatkan menjadi 80 mA selama 60 menit didapatkan kadar lemak yang mengalami penurunan menjadi 0,14%.

Hasil dari pengukuran kadar lemak daging sapi pada tabel 4.2 dapat diamati pada gambar 4.3.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

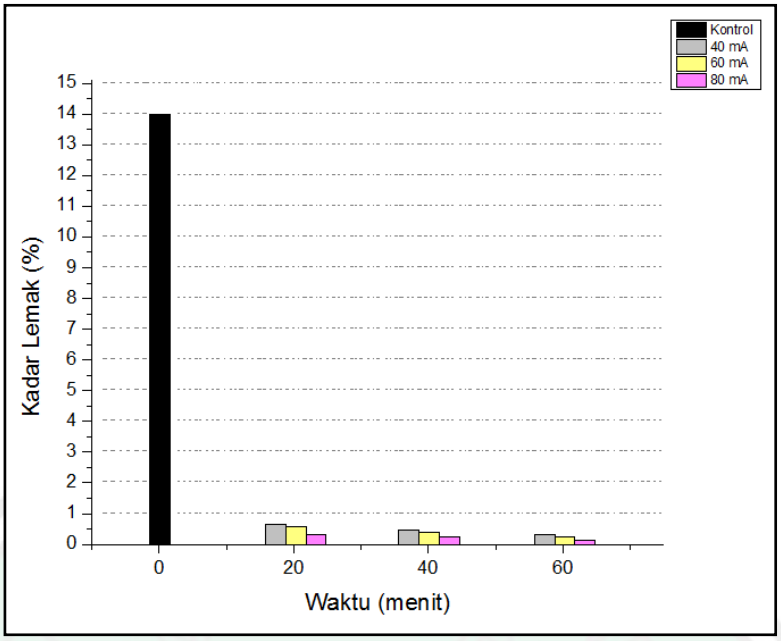


Gambar 4.3 Kadar Lemak Daging Sapi Terhadap Variasi Arus

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa pemberian variasi arus dapat berpengaruh terhadap kadar lemak daging sapi. Arus listrik 80 mA dengan waktu 60 menit menunjukkan penurunan kadar lemak yang paling banyak dibandingkan dengan variasi arus lainnya. Hal ini dikarenakan arus listrik yang semakin besar mampu meningkatkan panas yang menyebabkan rusaknya kandungan lemak pada daging sapi.

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa variasi waktu dapat berpengaruh terhadap kadar lemak pada daging sapi. Arus listrik 80 mA dengan waktu 60 menit menunjukkan penurunan kadar lemak yang paling banyak dibandingkan dengan variasi arus lainnya. Variasi waktu yang semakin lama mampu mempercepat turunnya jumlah kadar lemak pada daging sapi.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 4.4 Kadar Lemak Daging Sapi Terhadap Variasi Waktu

4.1.3 Pengaruh Kuat Arus Listrik dan Waktu Terhadap pH Daging Sapi

Sampel daging sapi yang sudah distimulasi arus listrik, diukur pH dengan menggunakan pH meter. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Hasil pH Daging Sapi

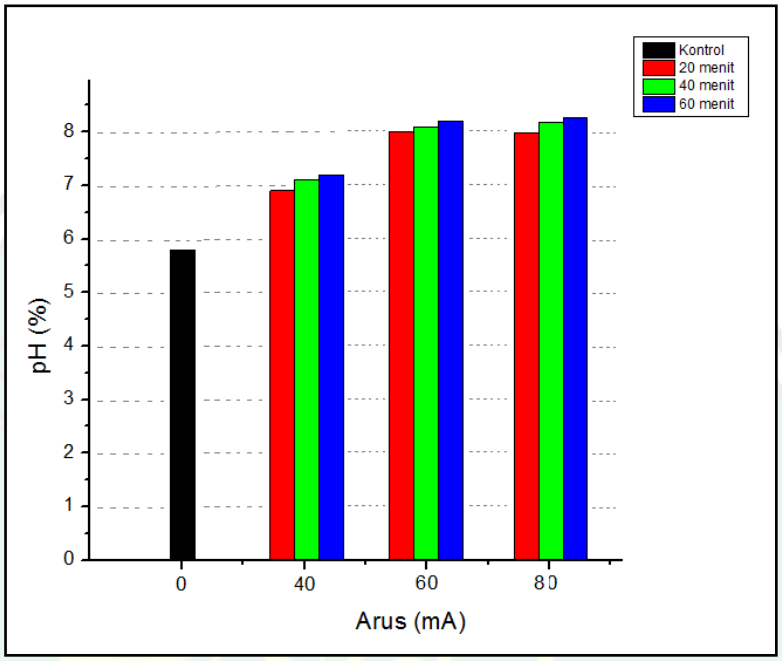
Waktu (menit)	Arus Listrik (mA)	pH
Kontrol		5,8
20 menit	40 mA	6,9
	60 mA	8,0
	80 mA	8,0
40 menit	40 mA	7,1
	60 mA	8,1
	80 mA	8,2
60 menit	40 mA	7,2
	60 mA	8,2
	80 mA	8,3

Tabel 4.3 menunjukkan nilai pH daging sapi setelah distimulasi dengan variasi arus dan waktu mengalami perubahan signifikan. Hasil dari perhitungan pH yang ditunjukkan pada tabel 4.3 menjelaskan bahwa sebelum distimulasi arus listrik pH daging sapi diperoleh sebesar 5,8. Pada sampel daging sapi yang distimulasi arus

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

listrik sebesar 40 mA selama 20 menit diperoleh pH sebesar 6,9. Ketika arus dan waktu ditingkatkan menjadi 80 mA selama 60 menit didapatkan pH sebesar 8,3.

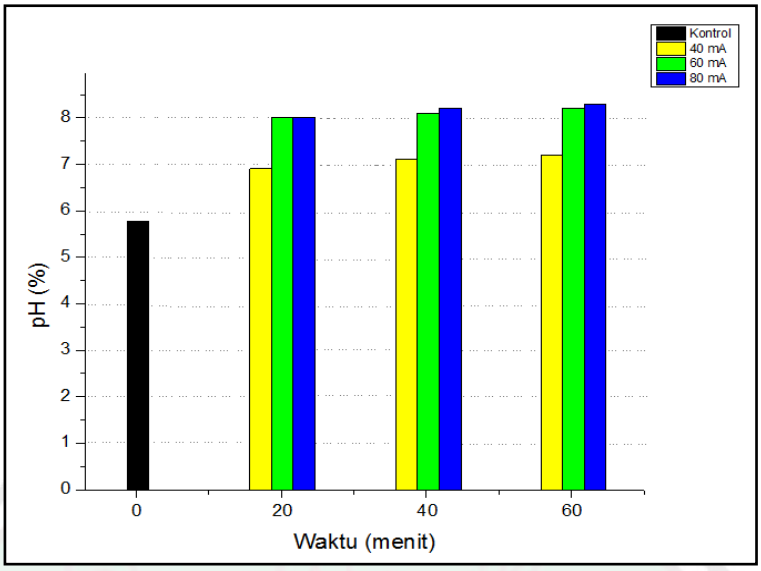
Hasil dari pengukuran pH daging sapi pada tabel 4.3 dapat diamati pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Nilai pH Daging Sapi Terhadap Variasi Arus

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa variasi arus dapat berpengaruh terhadap pH daging sapi. Arus listrik 80 mA dengan waktu 60 menit menunjukkan peningkatan pH yang paling banyak dibandingkan dengan variasi arus lainnya. Pengaruh variasi arus listrik yang semakin besar mampu meningkatkan jumlah pH pada daging sapi.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 4.6 Nilai pH Daging Sapi Terhadap Variasi Waktu

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa pemberian variasi waktu dapat berpengaruh terhadap pH daging sapi. Arus listrik 80 mA dengan waktu 60 menit menunjukkan peningkatan pH yang paling banyak dibandingkan dengan variasi arus lainnya. Pengaruh variasi waktu yang semakin lama mampu mempercepat naiknya jumlah pH pada daging sapi. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme pada daging ada dua macam, yaitu faktor intrinsik termasuk nilai nutrisi daging, keadaan air, pH, potensi oksidasi-reduksi dan ada tidaknya substansi penghalang atau penghambat. Kemudian, faktor ekstrinsik misalnya temperatur, kelembaban relatif, ada tidaknya oksigen dan bentuk atau kondisi daging (Fardiaz, 1992).

4.2 Pembahasan

Penelitian ini menggunakan sampel bakteri *Staphylococcus aureus* yang di inokulasikan pada daging sapi dengan ukuran 2x2x1 cm^2. Daging sapi merupakan jenis daging yang mudah terkontaminasi oleh bakteri dan menjadi media yang cocok bagi pertumbuhan mikroorganisme. Mikroorganisme dapat berkembang

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dengan baik pada daging sapi yang menyebabkan kerusakan pada daging, salah satunya bakteri *Staphylococcus aureus.*

Bakteri *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri gram-positif yang tumbuh pada suhu antara 20-25°C dengan suhu optimum 37°C. Jika bakteri *Staphylococcus aureus* dalam suhu minimum pada suhu -10 sampai 0°C maka sel-sel bakteri akan tumbuh lambat dan memperpanjang fase adaptasi. Tetapi, jika suhu diatas maksimum maka sel-sel akan mati dengan cepat. Pada suhu yang sama, waktu pemanasan yang lama akan mempengaruhi kematian sel mikroba. semakin tinggi suhu pemanasan, kematian sel mikroba semakin besar.

Persentase kadar lemak bakteri kontrol diambil dari komposisi daging sapi di beberapa sumber. Komposisi daging sapi terdiri dari 19% protein, 5% lemak, 70% air, 3,5% zat-zat non protein dan 2,5% mineral (Forrest et al., 1975). Sumber lain menyatakan bahwa daging sapi terdiri dari 75% air, 19% protein, 3,5% substansi non protein yang larut dan 2,5% lemak (Lawrie, 2003).

4.2.1 Pengaruh Interaksi Arus Listrik dan Waktu Terhadap Bakteri

Pertumbuhan mikroba pada daging umumnya dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Perubahan faktor lingkungan dapat mengakibatkan perubahan sifat morfologi dan fisiologi. Suhu merupakan salah satu faktor penting dalam kehidupan mikroba. Suhu minimum adalah suhu yang paling rendah dimana kegiatan mikroba masih berlangsung. Sedangkan, suhu maksimum adalah suhu tertinggi yang masih dapat menumbuhkan mikroba tetapi pada tingkat aktivitas fisiologis yang paling rendah (Hidayat dkk., 2006).

Ketika mendekati suhu minimum, tidak hanya mengurangi kecepatan pertumbuhan, tetapi juga memperpanjang fase adaptasi. Hal ini sangat penting

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dalam proses penyimpanan makanan pada suhu dingin. Jika makanan disimpan dibawah suhu minimum, maka sel-sel mikroorganisme akan tumbuh lambat. Dan jika makanan disimpan diatas suhu maksimum, maka sel-sel mikroorganisme akan mati dengan cepat (Ray, 2001).

Berdasarkan analisis data dan grafik yang diperoleh dengan arus yaitu 40, 60 dan 80 mA menunjukkan adanya pengaruh terhadap penurunan bakteri *Staphylococcus aureus.* Ketika arus yang diberikan semakin tinggi maka penurunan koloni bakteri juga semakin banyak. Adanya waktu 20, 40, dan 60 menit menunjukkan bahwa semakin lama waktu stimulasi arus listrik maka penurunan koloni bakteri juga semakin banyak. Pada penelitian ini hasil yang efektif ditunjukan pada arus 80 mA dengan waktu 60 menit, daging yang distimulasi dengan arus dan waktu tersebut menunjukkan koloni bakteri paling sedikit dibandingkan dengan variasi lainnya.

Stimulasi arus listrik yang diberikan mampu menimbulkan efek thermal atau efek panas yang mengakibatkan sel bakteri menjadi mati. Ketika terjadi gesekan antara suhu dengan daging dalam waktu yang lama, maka suhu daging akan meningkat. Gerakan elektron dalam arus listrik dapat digambarkan sebagai tumbukan yang terjadi antar elektron mampu menimbulkan getaran partikel suatu konduktor. Ketika konduktor diberi perlakuan seperti pemberian beda potensial, maka tumbukan elektron-elektron akan semakin keras. Sehingga kecepatan tumbukan bertambah dan getaran partikel menjadi besar. Berdasarkan proses tersebut menghasilkan panas yang membuat bakteri pada daging mati.

Stimulasi listrik juga menimbulkan proses elektrolisis. Elektrolisis adalah peristiwa berlangsungnya reaksi kimia oleh arus listrik. Proses elektrolisis terjadi

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ketika aliran listrik melalui suatu konduktor arus listrik melibatkan perpindahan elektron dari potensial negatif tinggi ke potensial lainnya yang lebih rendah. Elektron yang dilepaskan dari konduktor arus listrik sebagai anoda yang menyebabkan terjadi reaksi oksidasi, sedangkan daging sapi yang menerima elektron sebagai katoda yang menyebabkan terjadi reaksi reduksi.

4.2.2 Pengaruh Interaksi Arus Listrik dan Waktu Terhadap Lemak

Lemak merupakan salah satu kriteria dalam penentuan kualitas daging sapi. Kandungan lemak pada daging sapi berkisar antara 4-40%. Disamping itu terdapat kandungan asam lemak jenuh daging sapi yang lebih besar jika dibandingkan dengan kandungan asam lemak jenuh pada daging ternak lain yaitu sebesar 45,34%. Komposisi lemak pada daging dipengaruhi oleh spesies hewan, umur, jenis kelamin dan jenis pakan (Susilawati, 2011).

Berdasarkan analisis data dan grafik yang diperoleh dengan arus yaitu 40, 60 dan 80 mA menunjukkan adanya pengaruh terhadap penurunan kadar lemak. Ketika arus yang diberikan semakin tinggi maka penurunan kadar lemak juga semakin banyak. Adanya waktu 20, 40, dan 60 menit menunjukkan bahwa semakin lama waktu stimulasi arus listrik maka penurunan kadar lemak juga semakin banyak. Pada penelitian ini hasil yang efektif ditunjukan pada arus 80 mA dengan waktu 60 menit, daging yang distimulasi dengan arus dan waktu tersebut menunjukkan kadar lemak paling sedikit dibandingkan dengan variasi lainnya.

Interaksi arus listrik terhadap lemak menyebabkan terjadinya proses hidrolisis dan oksidasi thermal. Yuanita (2006) menyatakan bahwa hidrolisis lemak dipengaruhi oleh suhu, kadar air dan kelembaban tinggi. Hidrolisis merupakan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

reaksi kimia yang memecah molekul air (H_2O) menjadi kation hidrogen (H^+) dan anion hidroksida (OH^-). Reaksi hidrolisis terjadi ketika suatu asam bertemu dengan basa yang menghasilkan garam dan air yang merubah pH dari campuran tersebut. Dalam reaksi hidrolisis, terjadi penarikan H^+ dan OH^- dari senyawa asam dan basa. H^+ dan OH^- berikatan menjadi air. Sedangkan, pembentuk senyawa asam dan basa yang lain bersatu membentuk dari garam campuran asam basa tersebut.

Reaksi hidrolisis akan dihasilkan gliserida dan asam lemak bebas dengan rantai pendek (C4-C12). Saat reaksi hidrolisis, lemak dan minyak akan diubah menjadi asam-asam lemak bebas dan gliserol. Reaksi hidrolisis mengakibatkan kerusakan lemak dan minyak. Ini terjadi karena terdapat sejumlah air dalam lemak dan minyak tersebut. Arus listrik juga dapat menyebabkan terjadinya hidrolisis. Kombinasi lama stimulasi arus listrik dan suhu yang tinggi akan mempercepat peningkatan asam lemak bebas.

Salah satu faktor yang dapat mempercepat oksidasi lemak adalah suhu tinggi. Kecepatan proses oksidasi juga tergantung dari tipe lemak dan kondisi penyimpanannya. Proses oksidasi yaitu reaksi berantai pembentukan radikal yang melepaskan hidrogen. Reaksi tersebut akan menimbulkan kerusakan lemak yang disebabkan oleh otooksidasi asam lemak tak jenuh. Molekul-molekul lemak yang mengandung radikal asam lemak tak jenuh mengalami oksidasi.

Oksidasi dimulai dengan pembentukan peroksida dan hidroperoksida. Selanjutnya, asam-asam lemak akan terurai disertai dengan konversi hidroperoksida menjadi aldehid dan keton serta asam-asam lemak bebas. Proses oksidasi termal terjadi karena pemanasan pada suhu tinggi dan ada kontak

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

langsung antara oksigen dengan lemak. Temperatur yang tinggi akan menginduksi terjadinya peningkatan laju reaksi oksidasi yang menghasilan produk-produk oksidatif, baik senyawa dimer maupun polimer. Pada reaksi ini akan mengakibatkan rusaknya asam lemak tak jenuh.

4.2.3 Pengaruh Interaksi Arus Listrik dan Waktu Terhadap pH

pH merupakan salah satu faktor penting dalam penentuan kualitas pada daging sapi. Nilai pH daging sapi yang masih hidup sekitar 7,0-7,2 (pH netral). Penurunan nilai pH akan terjadi setelah hewan ternak disembelih (postmortem) yaitu pada saat jantung berhenti memompa darah, sehingga jaringan otot dan jaringan lainnya tidak lagi mendapat pasokan darah. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme pada daging ada dua macam, yaitu faktor intrinsik termasuk nilai nutrisi daging, keadaan air, pH, potensi oksidasi-reduksi dan ada tidaknya substansi penghalang atau penghambat. Kemudian, faktor ekstrinsik misalnya temperatur, kelembaban relatif, ada tidaknya oksigen dan bentuk atau kondisi daging (Fardiaz, 1992).

Berdasarkan analisis data dan grafik yang diperoleh dengan arus yaitu 40, 60 dan 80 mA menunjukkan adanya pengaruh terhadap kenaikan jumlah pH. Ketika arus yang diberikan semakin tinggi maka kenaikan jumlah pH juga semakin banyak. Adanya waktu 20, 40, dan 60 menit menunjukkan bahwa semakin lama waktu stimulasi arus listrik maka kenaikan jumlah pH juga semakin banyak. Pada penelitian ini hasil yang efektif ditunjukan pada arus 80 mA dengan waktu 60 menit, daging yang distimulasi dengan arus dan waktu tersebut menunjukkan jumlah pH paling banyak dibandingkan dengan variasi lainnya.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Interaksi arus listrik terhadap pH menyebabkan terjadi proses hidrolisis. Ketika asam bereaksi dengan basa maka akan menghasilkan senyawa ionik yang disebut garam. Hal ini dikarenakan terjadinya hidrolisis garam, yaitu reaksi dari suatu kation, anion atau keduanya dengan air yang menghasilkan ion H^+ atau OH^-. Larutan garam dapat bersifat netral, asam ataupun basa tergantung dari sifat-sifat campurannya antara lain asam kuat, asam lemah, basa kuat dan basa lemah. Arus listrik juga dapat meningkatkan jumlah pH dengan kombinasi lama stimulasi dan suhu yang tinggi akan mempercepat peningkatan jumlah pH.

4.3 Integrasi Penelitian Dengan Al-Qur'an

Akal sehat merupakan salah satu nikmat dari Allah SWT yang sangat besar. Manusia yang memiliki akal sehat mampu membedakan baik dan buruknya nasihat, menerima yang baik dan mengamalkannya. Hal ini sesuai dengan firman Allah dalam Q.S. Az-Zumar (39) ayat 18:

الَّذِيْنَ يَسْتَمِعُوْنَ الْقَوْلَ فَيَتَّبِعُوْنَ اَحْسَنَهٗ اُولٰۤىِٕكَ الَّذِيْنَ هَدٰىهُمُ اللّٰهُ وَاُولٰۤىِٕكَ هُمْ اُولُوا الْاَلْبَابِ (١٨)

"(yaitu) mereka yang mendengarkan perkataan lalu mengikuti apa yang paling baik di antaranya. Mereka itulah orang-orang yang telah diberi petunjuk oleh Allah dan mereka itulah orang-orang yang mempunyai akal sehat" (Q.S. Az-Zumar: 18).

Berdasarkan ayat Al-Qur'an diatas menunjukkan bahwa manusia yang memiliki akal sehat mampu memilih anjuran yang baik kemudian mengaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari. Salah satunya yaitu dengan mengambil sisi positif yang bermanfaat dari sebuah penelitian. Pada penelitian ini terdapat metode alternatif untuk pengawetan daging sapi. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk menghambat pertumbuhan bakteri pada daging penyebab pembusukan yang dapat membahayakan kesehatan manusia.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, stimulasi arus listrik dengan variasi arus dan waktu terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* serta kadar lemak dan pH pada daging sapi, dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi arus dan waktu berpengaruh pada penurunan koloni bakteri *Staphylococcus aureus* pada daging sapi. Semakin besar arus dan waktu yang lama maka penurunan koloni bakteri akan semakin banyak. Penurunan terbanyak terjadi pada arus 80 mA dengan waktu 60 menit menjadi 20.10^3 CFU/ml.
2. Sampel diberi perlakuan stimulasi dengan variasi arus dan waktu dapat berpengaruh pada penurunan kadar lemak. Semakin besar arus dan waktu yang lama maka penurunan kadar lemak juga semakin besar. Penurunan terbesar terjadi pada arus 80 mA dengan waktu 60 menit menjadi 0,14%.
3. Pada pengambilan pH daging sapi, data distimulasi dengan variasi arus dan waktu dapat berpengaruh pada kenaikan jumlah pH. Semakin besar arus dan waktu yang lama maka kenaikan jumlah pH juga semakin banyak. Kenaikan terbanyak terjadi pada arus 80 mA dengan waktu 60 menit menjadi 8,3.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat penulis berikan yaitu:

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

1. Alat yang digunakan untuk penelitian diusahakan steril, supaya tidak terkontaminasi oleh bakteri lain.
2. Perlu diperhatikan ketika pembuatan media NA baik alat dan bahan yang akan digunakan, karena terdapat banyak kegagalan ketika media NA tidak sesuai prosedur, salah satunya adalah tumbuh jamur pada media NA.
3. Penelitian dapat dilanjutkan dengan penggunaan waktu stimulasi yang lebih lama.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR PUSTAKA

Abustam, E. 2012. *Ilmu Daging*. Masagena Press: Makassar.

Adelberg, Jawetz, Melnick. 2008. *Medical Microbiology. Edisi 23*. EGC: Jakarta.

Ali, Alimuddin. 2005. *Mikrobiologi Dasar*. *Jilid I. Cet. 1*. UNM Press: Makassar.

Alonso, M & Edward J. F. 1994. *Dasar-Dasar Fisika Universitas Edisi Kedua*. Penerjemah: Dra. Lea Prasetyo & Ir. Kusnul Hadi. Jakarta: Erlangga.

Al-Qur'an dan terjemahnya. 2008. Departemen Agama RI. Bandung: Diponegoro.

Anonim. 1981. *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Bhratara Karya Aksara: Jakarta.

Anonim. 2000. Standar Nasional Indonesia (SNI) 01/6366/2000. *Batas Maksimum Cemaran Mikroba dan Batas Maksimum Residu Dalam Bahan Makanan Asal Hewan.* Dewan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Aryulina dkk. 2006. *Biologi*. ESIS: Jakarta.

Astuti, Puji. 2009. *Pengaruh Bahagian Otot Paha dan Stimulasi Listrik Terhadap pH, Kadar Air dan Susut Masak Daging Kambing Kacang*. Skripsi. Universitas Andalas. Padang.

Bishop, Owen. 2004. *Dasar-Dasar Elektronika*. Erlangga: Jakarta.

Brooks, G. F., Butel, J. S., and Morse, S. A. 2005. *Medical Microbiology*. Terjemahan oleh Bagian Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga. Salemba Medika: Jakarta.

Cekdik, Cekmas. Barlian, Taufik. 2013. *Rangkaian Listrik*. Andi: Yogyakarta.

Departemen Kesehatan RI. 2009. *Pedoman Pelayanan Antenatal di Tingkat Pelayanan Dasar*. Jakarta: Depkes RI.

Djatmiko, B. & A. Pandjiwidjaja. 1985. *Teknologi Lemak dan Minyak 1*. Agro Industri Press. Fateta-IPB. Hlm 92.

Fardiaz, S. 1992. *Mikrobiologi Pangan 1*. Jakarta: Gramedia.

Garbutt, J. 1997. *Essentials of Food Microbiology*. London: Arnold.

Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid I.* Jakarta: Erlangga.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Gibson, Ivancevich, Donnelly. 1996. *Organisasi, Perilaku, Struktur, Proses*. Jakarta: Penerbit Binarupa Aksara.

Gutierrez R, O Gonzales, Dobarganes MC. 1988. *Analytical procedures for the evaluation of frying fats*. Di dalam: Varela G, Bender AE, Morton ID (eds). Frying of Food: Principles, Changes, New approaches. London: VCH.

Harris, L. G., Foster, S. J., dan Richards, R. G. 2002. *An Introduction to Staphylococcus aureus and Techniques for Identifying and Quantifying S. aureus Adhesins in Relation to Adhesion to Biomaterials*, *Eur Cell Mater*. Vol 31: 39-60.

Harsojo, Andini, L. S., dan Trimey, R. S. 2005. *Dekontaminasi Bakteri Patogen pada Daging dan Jeroan Kambing dengan Iridiasi Gamma*. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner.

Hart, H., Craine, L. E. and Hart, D. J. 2003. *Kimia Organik Edisi Kesebelas*. Erlangga: Jakarta.

Hayt, William H, Jack E. Kemmerly, Steven M. Durbin. 2005. *Rangkaian Listrik Edisi Keenam Jilid I*. Jakarta: Erlangga.

Hidayat, dkk. 2006. *Mikrobiologi Industri*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.

Ho, C. P., Huang, N. Y., and Chen, B. J. 2004. *A Survey of Microbial Contamination of Food Contact Surfaces at Broiler Slaughter Plants in Taiwan*. J. of Food Protection. (67) 12: 2809-2811.

Ketaren, S. 2005. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Universitas Indonesia Press: Jakarta.

Lawrie, R. A. 2003. *Ilmu Daging*. Terjemahan Aminuddin P. Universitas Indonesia Press: Jakarta.

Lehninger, A. L. 1982. *Dasar-dasar Biokimia Jlilid 1*. Alih bahasa: Maggi Thenawijaya. Erlangga: Jakarta.

Martoharsono, S. 2008. *Biokimia Jilid 1*. Universitas Gadjah Mada Press: Yogyakarta.

Mulyati, Sri dan Hendrawan. 2003. *Kimia Fisika 2*. Bandung: JICA IMSTEP.

Nawangmulan, Eva. 2018. *Pengaruh Rangsangan Kelistrikan Otot Terhadap Ukuran Lingkar Perut*. Universitas Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Nurul, A. 2009. *Lap. Biokim Uji Lemak/Minyak.* Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro. Semarang.

Oginawati., K. 2008. *Penentuan Total Asupan Harian Unsur Gizi Mikro Dalam Makanan Anak-Anak Sekolah Asar di Bandung Dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom* (SSA). ITS.

Purwani, E., Retnaningtyas, Dyah Widowati. 2008. *Pengembangan Pengawet Alami dari Ekstrak Lengkuas, Kunyit dan Jahe pada Daging dan Ikan Segar*. Laporan penelitian Fakultas Ilmu Kedokteran Universitas Muhammadiyah. Surakarta.

Ray, B. 2001. *Fundamental Food Microbiology 2nd Ed*. CRC Press: Boca Raton.

Raymond A, Serway, John W. Jewett, Jr. 2010. Fisika *Untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Salemba Teknika.

Sears, Zemansky. 2001. *Fisika Untuk Universtias Edisi Kesepuluh Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

Soedojo, Peter. 1999. *Fisika Dasar*. Andi: Yogyakarta.

Susilawati, T. 2011. *Tingkat Keberhasilan Inseminasi Buatan dengan Kualitas dan Deposisi Semen yang Berbeda pada Sapi Peranakan Ongole*. J. Ternak Tropika Vol. 12, No. 2: 15-24.

Voldman, J. 2006. *Electrical forces for microsale cell manipulation, Annu Rev, Biomed*. Eng, 8: 425-454.

Wahyuni, Sri. 2009. *Biogas*. Penebar Swadaya: Jakarta.

Warsa., Usman Chatib., Karsinah, Lucky HM., Suharto dan Mardiastuti HW. 1994. *Mikrobiologi Kedokteran*. GGC: Jakarta.

Winarno, F. G. 2008. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.

Winata, Tiench Tirta. 2006. *Makanan Dalam Perspektif Al-Qur'an Dan Ilmu Gizi*. Jakarta: Balai Penerbit FKUI.

Yanti, H., Hidayati, dan Elfawati. 2008. *Kualitas daging sapi dengan kemasan plastik PE dan plastik PP di pasar Arengka kota Pekanbaru*. Jurnal Peternakan Vol. 5 No. 1 Februari 2008 (22-27).

Yaqin, Nur., Ayu Dwi Elfitri. 2016. *Pengaruh Kuat Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri Salmonella sp. pada Air Minum Isi Ulang*. Jurnal Sains, 6: 35-36.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Yetmaneli dan H. Susanti. 2009. *Peningkatan Kualitas Daging Sapi Melalui Penerapan Teknologi Stimulasi Listrik*. Lembaga Penelitian Universitas Andalas. Padang.

Yuanita, L. 2006. *Oksidasi asam lemak daging sapi dan ikan pada penggunaan natrium tripolifosfat: pemasakan dan penyimpanan*. Jurnal Ilmu Dasar 7(2): 194-200.

Yuwono. 2012. *Staphylococcus aureus dan Methicilin-Resistant Staphylococcus aureus (MRSA)*. Departemen Mikrobiologi FK Unsri. Palembang.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

LAMPIRAN

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 1 Data Hasil Penelitian

1. Data Hasil Koloni Bakteri *Staphylococcus aureus* Daging Sapi

Waktu (menit)	Arus Listrik (mA)	Koloni Bakteri (CFU/ml)			Rata-rata (CFU/ml)
		1	2	3	
Kontrol		210.10^3	167.10^3	147.10^3	174.10^3
20 menit	40 mA	105.10^3	86.10^3	88.10^3	93.10^3
	60 mA	80.10^3	69.10^3	74.10^3	75.10^3
	80 mA	48.10^3	45.10^3	61.10^3	52.10^3
40 menit	40 mA	26.10^3	40.10^3	36.10^3	34.10^3
	60 mA	20.10^3	35.10^3	40.10^3	31.10^3
	80 mA	23.10^3	17.10^3	42.10^3	27.10^3
60 menit	40 mA	21.10^3	20.10^3	30.10^3	24.10^3
	60 mA	18.10^3	23.10^3	26.10^3	22.10^3
	80 mA	16.10^3	20.10^3	24.10^3	20.10^3

2. Data Hasil Kadar Lemak Daging Sapi

Waktu (menit)	Arus Listrik (mA)	Kadar Lemak
Kontrol		14%
20 menit	40 mA	0,67%
	60 mA	0,59%
	80 mA	0,32%
40 menit	40 mA	0,48%
	60 mA	0,40%
	80 mA	0,25%
60 menit	40 mA	0,32%
	60 mA	0,25%
	80 mA	0,14%

3. Data Hasil pH Daging Sapi

Waktu (menit)	Arus Listrik (mA)	pH
Kontrol		5,8
20 menit	40 mA	6,9
	60 mA	8,0
	80 mA	8,0
40 menit	40 mA	7,1
	60 mA	8,1
	80 mA	8,2
60 menit	40 mA	7,2
	60 mA	8,2
	80 mA	8,3

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 2 Perhitungan

1. Hasil Koloni Bakteri *Staphylococcus aureus* Daging Sapi

   a. Rata-rata koloni bakteri pada bakteri kontrol

      Σ sel/ml = Σ koloni x $\frac{1}{10^{-n}}$ = 174 x $\frac{1}{10^{-3}}$ = 174 x 10^3 CFU/ml

   b. Rata-rata koloni bakteri pada arus 40 mA selama 20 menit

      Σ sel/ml = Σ koloni x $\frac{1}{10^{-n}}$ = 93 x $\frac{1}{10^{-3}}$ = 93 x 10^3 CFU/ml

   c. Rata-rata koloni bakteri pada arus 60 mA selama 20 menit

      Σ sel/ml = Σ koloni x $\frac{1}{10^{-n}}$ = 75 x $\frac{1}{10^{-3}}$ = 75 x 10^3 CFU/ml

   d. Rata-rata koloni bakteri pada arus 80 mA selama 20 menit

      Σ sel/ml = Σ koloni x $\frac{1}{10^{-n}}$ = 52 x $\frac{1}{10^{-3}}$ = 52 x 10^3 CFU/ml

   e. Rata-rata koloni bakteri pada arus 40 mA selama 40 menit

      Σ sel/ml = Σ koloni x $\frac{1}{10^{-n}}$ = 34 x $\frac{1}{10^{-3}}$ = 34 x 10^3 CFU/ml

   f. Rata-rata koloni bakteri pada arus 60 mA selama 40 menit

      Σ sel/ml = Σ koloni x $\frac{1}{10^{-n}}$ = 31 x $\frac{1}{10^{-3}}$ = 31 x 10^3 CFU/ml

   g. Rata-rata koloni bakteri pada arus 80 mA selama 40 menit

      Σ sel/ml = Σ koloni x $\frac{1}{10^{-n}}$ = 27 x $\frac{1}{10^{-3}}$ = 27 x 10^3 CFU/ml

   h. Rata-rata koloni bakteri pada arus 40 mA selama 60 menit

      Σ sel/ml = Σ koloni x $\frac{1}{10^{-n}}$ = 24 x $\frac{1}{10^{-3}}$ = 24 x 10^3 CFU/ml

   i. Rata-rata koloni bakteri pada arus 60 mA selama 60 menit

      Σ sel/ml = Σ koloni x $\frac{1}{10^{-n}}$ = 22 x $\frac{1}{10^{-3}}$ = 22 x 10^3 CFU/ml

   j. Rata-rata koloni bakteri pada arus 80 mA selama 60 menit

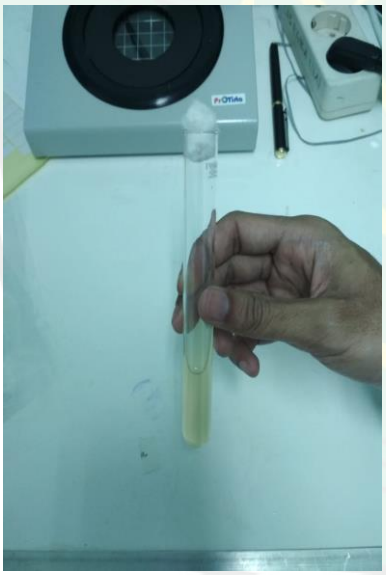
      Σ sel/ml = Σ koloni x $\frac{1}{10^{-n}}$ = 20 x $\frac{1}{10^{-3}}$ = 20 x 10^3 CFU/ml

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian Bakteri Pada Daging Sapi

Penyiapan sterilisasi alat

Autoklaf

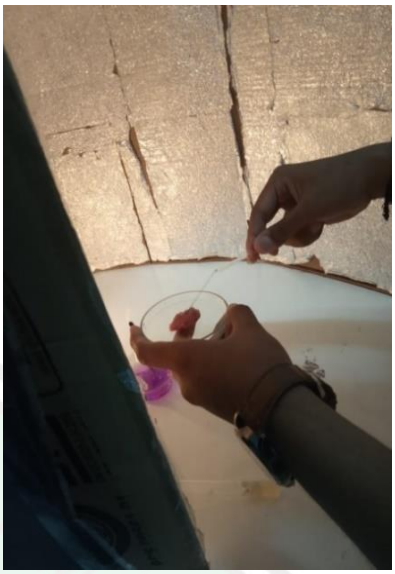


Pembuatan media NA

Penumbuhan bakteri pada media NA

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Media NA berbakteri diinkubasi

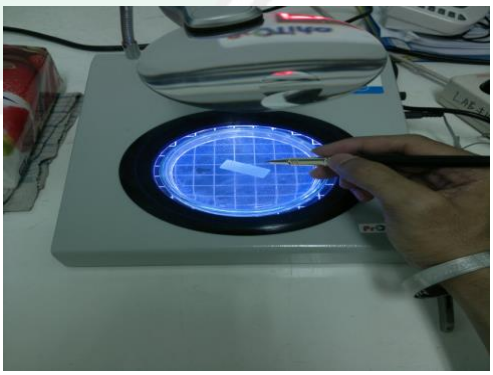


Penanaman bakteri pada daging sapi

Daging sapi berbakteri distimulasi arus listrik

Pengenceran bakteri pada daging sapi

Media NA baru setelah diberi hasil pengenceran, diinkubasi



Perhitungan koloni bakteri menggunakan colony counter

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JalanGajayana No. 50 Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : **Muhammad Zaki Al-Mahrus**
NIM : **14640007**
Fakultas/Jurusan : **Sains dan Teknologi/Fisika**
Judul Skripsi : **Stimulasi Arus Listrik Untuk Menghambat Pertumbuhan Bakteri Staphylococcus *aureus* Serta Terhadap Jumlah Kadar Lemak dan pH Pada Daging Sapi**
Pembimbing I : **Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si**
Pembimbing II : **Ahmad Abtokhi, M.Pd**

NO	TANGGAL	MATERI	TANDA TANGAN
1	26 September 2018	Konsultasi Bab I, II, dan III	
2	29 September 2019	Konsultasi Data	
3	3 Oktober 2019	Konsultasi Pengolahan Data	
4	10 Oktober 2019	Konsultasi Hasil Analisa	
5	14 Oktober 2019	Konsultasi Kajian Agama	
6	17 Oktober 2019	Konsultasi Bab IV dan V	
7	23 Desember 2019	Konsultasi Kajian Agama dan Acc	
8	23 April 2020	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan Acc	

Malang, 06 Mei 2020
Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG