

**PENGARUH PAPARAN RADIO-FREKUENSI UNTUK MENGHAMBAT
PERTUMBUHAN BAKTERI *ESCHERICHIA COLI* PADA DAGING SAPI**

SKRIPSI

Oleh:
RICO SUDONO
NIM. 13640041



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

**PENGARUH PAPARAN RADIO-FREKUENSI UNTUK MENGHAMBAT
PERTUMBUHAN BAKTERI *ESCHERICHIA COLI* 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:

**RICO SUDONO
NIM. 13640041**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

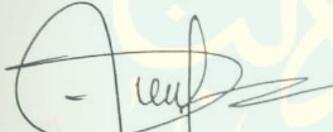
PENGARUH PAPARAN RADIO-FREKUENSI UNTUK MENGHAMBAT
PERTUMBUHAN BAKTERI *ESCHERICHIA COLI* PADA DAGING SAPI

SKRIPSI

Oleh:
Rico Sudono
NIM. 13640041

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
Pada tanggal 23 Mei 2019

Pembimbing I


Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si
NIP. 19641211 199111 1 001

Pembimbing II


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

Menyetujui,
Ketua Jurusan


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

HALAMAN PENGESAHAN

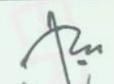
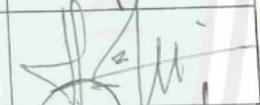
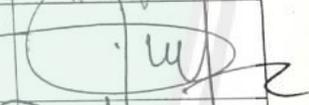
**PENGARUH PAPARAN RADIO-FREKUENSI UNTUK MENGHAMBAT
PERTUMBUHAN BAKTERI *ESCHERICHIA COLI* PADA DAGING SAPI**

SKRIPSI

Oleh:

Rico Sudono
NIM. 13640041

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi dan
dinyatakan diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada tanggal, 23 Mei 2019

| | | |
|--------------------|---|---|
| Penguji Utama | Farid Samsu Hananto, M.T NIP. 19740513 200312 1 001 |  |
| Ketua Penguji | <u>Khusnul Yakin, M.Si</u> NIDT. 19910103 2016080 1 073 |  |
| Sekretaris Penguji | <u>Dr. H. M. Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001 |  |
| Anggota Penguji | <u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003 |  |

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika


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



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rico Sudono
NIM : 13640041
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Pengaruh Paparan Radio-Frekuensi Untuk Menghambat
Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* 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 Mei 2019
Yang membuat pernyataan



Rico Sudono
NIM. 13640041

MOTTO



HALAMAN PERSEMBAHAN

*This thesis is dedicated to my parents,
Mr. R. Redy Sucahyo Gali and Mrs. S. Verni Handini,
my sister and my brother,
Mrs. Hervin Nurcahyana and Mr. Robin Suryo Kencono.
Thank you for always be there for me when I need you the most.
Thank you for always supporting me when I'm down.
Thank you for giving me what I want.
I know that I cannot reply your kindness,
But may this thesis be a way for me to make you happy*



UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan berjalan dengan lancar tanpa bantuan pihak-pihak yang terkait. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dan telah membantu penulis untuk menyelesaikan skripsi dengan baik, khususnya kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
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 Skripsi.
5. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Dosen Pembimbing Integrasi.
6. Kedua Orang tuaku Redy Suchayo dan S. Verni Handini, kakak-kakakku Hervin Nurcahyana dan Robin Suryo Kencono serta segenap keluarga yang senantiasa memberikan dukungan, doa dan semangat agar penulis diberikan kemudahan dalam mengerjakan segala hal.
7. Teman-teman terbaik penulis Hafis Setiawan dan Yazid Mahasin yang selalu memberikan semangat dan meluangkan waktu untuk membantu penulis dalam mengerjakan skripsi ini.
8. Adik tingkat yang sudah penulis anggap sebagai teman sendiri Muhammad Zaki Al-Mahrus, Rahadi Dwitama, Hermawan Muttamaqin yang sudah menjadi teman bermain serta teman berdiskusi yang sangat baik.
9. Teman-teman seperjuangan Fisika 13 yang senantiasa bahu membahu untuk menyelesaikan penulisan skripsi masing-masing. Terima kasih sudah mau berjuang bersama.
10. Keluarga besar Biofisika 12, Biofisika 13, dan Biofisika 14 yang telah membantu penulis.

11. Serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung demi kesuksesan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Malang, 17 Mei 2019

Penulis



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Paparan Radio-Frekuensi Untuk Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* Pada Daging Sapi” dengan lancar. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun manusia dari jaman jahiliyah menuju jaman yang terang benderang, yang pernah dengan ilmu pengetahuan yang luar biasa.

Penulis berharap semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi penulis dan semua pihak yang membaca laporan ini, dalam menambah wawasan ilmiah dan memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat penulis harapkan demi kebaikan bersama.

Malang, 17 Mei 2019

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGAJUAN | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iv |
| PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN | v |
| MOTTO | vi |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | vii |
| UCAPAN TERIMA KASIH | viii |
| KATA PENGANTAR | x |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xv |
| ABSTRAK | xvi |
| ABSTRACT | xvii |
| ملخص البحث | xviii |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.5 Batasan Masalah | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Efek Termal / Efek Joule | 5 |
| 2.2 Elektrolisis | 7 |
| 2.3 Hukum yang mendasari Arus Radio-Frekuensi (RF) | 8 |
| 2.4 Bakteri <i>Escherichia coli</i> | 10 |
| 2.5 Uji Kadar Lemak pada Daging Sapi | 11 |
| BAB III METODE PENELITIAN | |
| 3.1 Jenis Penelitian | 12 |
| 3.2 Waktu dan Tempat Pelaksanaan | 12 |
| 3.3 Desain Penelitian | 13 |
| 3.4 Rancangan Alat Penelitian | 14 |
| 3.5 Alat dan Bahan Penelitian | 15 |
| 3.5.1 Alat | 15 |
| 3.5.2 Bahan | 16 |
| 3.6 Langkah-langkah Penelitian | 16 |
| 3.6.1 Pembuatan Media NA | 16 |
| 3.6.2 Penumbuhan Bakteri | 17 |
| 3.6.3 Penanaman Bakteri pada Daging Sapi | 17 |
| 3.6.4 Paparan Radio-Frekuensi | 17 |
| 3.6.5 Perhitungan Koloni Bakteri | 18 |

| | |
|---|----|
| 3.7 Uji Kadar Lemak | 20 |
| BAB IV DATA HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1 Data Hasil Penelitian..... | 22 |
| 4.1.1 Pengaruh Paparan Radio-Frekuensi Untuk Menghambat Pertumbuhan Bakteri <i>Escherichia coli</i> Pada Daging Sapi..... | 22 |
| 4.1.2 Pengaruh Paparan Radio-Frekuensi Terhadap Kadar Lemak..... | 27 |
| 4.2 Pembahasan..... | 30 |
| 4.3 Kajian Integrasi Pengaruh Paparan Radio-Frekuensi Terhadap Penurunan Bakteri <i>Escherichia coli</i> Pada Daging Sapi..... | 32 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1 Kesimpulan..... | 36 |
| 5.2 Saran..... | 36 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |



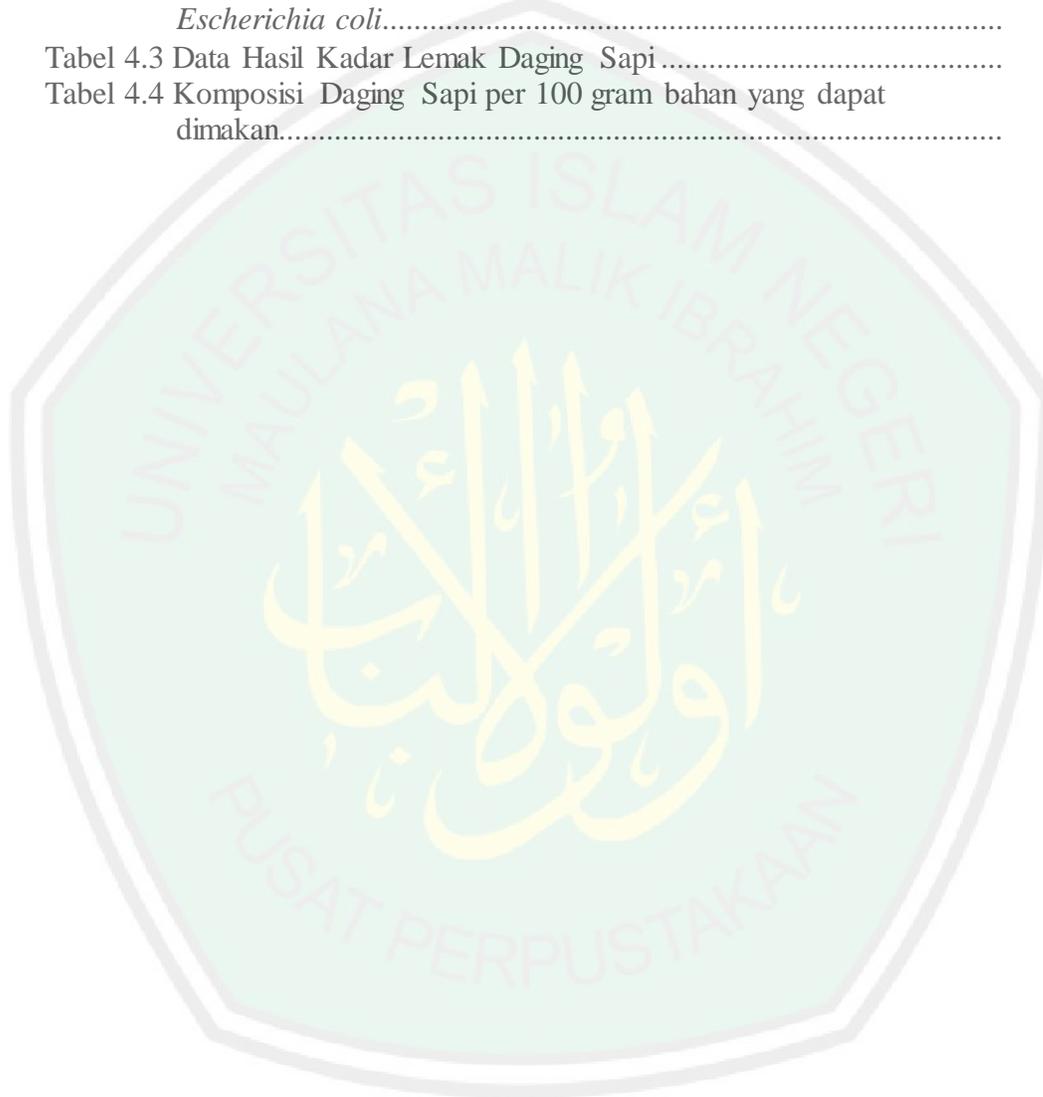
DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Bakteri <i>Escherichia coli</i> | 10 |
| Gambar 4.1 Diagram Penurunan Jumlah Koloni Bakteri <i>Escherichia coli</i> dengan Variasi Frekuensi dan Tegangan Radio-Frekuensi..... | 24 |
| Gambar 4.2 Diagram Penurunan Persentase Jumlah Koloni Bakteri <i>Escherichia coli</i> Pada Daging Sapi..... | 27 |
| Gambar 4.3 Grafik Kadar Lemak Daging Sapi dengan Variasi Frekuensi dan Tegangan Radio-Frekuensi..... | 29 |



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 3.1 Pengolahan Data Jumlah Koloni Bakteri Daging Sapi..... | 19 |
| Tabel 3.2 Pengolahan Data Kadar Lemak Daging Sapi..... | 20 |
| Tabel 4.1 Data Hasil Jumlah Koloni Bakteri <i>Escherichia coli</i> Daging Sapi..... | 23 |
| Tabel 4.2 Data Hasil Persentase Penurunan Jumlah Koloni Bakteri <i>Escherichia coli</i> | 26 |
| Tabel 4.3 Data Hasil Kadar Lemak Daging Sapi | 28 |
| Tabel 4.4 Komposisi Daging Sapi per 100 gram bahan yang dapat dimakan..... | 32 |



DAFTAR LAMPIRAN

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



ABSTRAK

Sudono, Rico. 2019. **Pengaruh Paparan Radio-Frekuensi Untuk Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* Pada Daging Sapi**. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. H. M. Tirono, M.Si (II) Drs. Abdul Basid, M.Si

Kata kunci: Radio-Frekuensi, Bakteri *Escherichia coli*, Daging Sapi.

Penelitian biofisika tentang Radio-Frekuensi telah dilakukan untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada daging sapi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh Radio-Frekuensi terhadap jumlah koloni bakteri dan kadar lemak pada daging sapi. Radio-Frekuensi yang digunakan dalam penelitian dihasilkan dari *Audio Frekuensi Generator* (AFG) dengan frekuensi yang digunakan adalah 50 kHz, 100 kHz, 150 kHz dan tegangan 4 V dan 10 V. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan koloni bakteri yang signifikan terjadi pada frekuensi 150 kHz dengan tegangan 10 V, jumlah bakterinya adalah 29.102 CFU/ml dengan persentase penurunan jumlah koloni bakteri yaitu 80,4 % sehingga merusak kadar lemak daging sapi.

ABSTRACT

Sudono, Rico. 2019. **The Effect of Radio-Frequency Exposure to Inhibit the Growth of *Escherichia coli* Bacteria in Beef.** Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Tecknology of the State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor: (I) Dr. H. M. Tirono, M.Si (II) Drs. Abdul Basid, M.Si

Keywords: Radio-Frequency, *Escherichia coli* bacteria, Beef.

Biophysical research on Radio-Frequency has been done to inhibit the growth of *Escherichia coli* bacteria in beef. This research aims to determine the effect of Radio-Frequency on the number of bacterial colonies and fat content in beef. Radio-Frequency used in research is produced from Audio Frequency Generator (AFG) with a voltage of 4 V and 10 V and the frequency used is 50 kHz, 100 kHz, 150 kHz. The results showed that a significant decrease in bacterial colonies occurred at a frequency of 150 kHz with a voltage of 10 V, the number of bacteria was 29.102 CFU / ml with a percentage decrease in the number of bacterial colonies which was 80.4% thus damaging the fat content of beef.

ملخص البحث

سودونو، ريكو. 2019. تأثير تعرض الراديو-التردد لمنع نمو البكتيريا *Escherichia coli* للحم البقر. البحث الجامعي. شعبة الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف: الدكتور م. تيرونو، الحج الماجستير، وعبد الباسط، الماجستير

الكلمات الرئيسية: الراديو-التردد، بكتيريا *Escherichia coli*، اللحم البقر

قد قام البحث الاحياء والفيزياء عن الراديو-التردد لمنع نمو بكتيريا *Escherichia coli* للحم البقر. يهدف هذا البحث لان يحدد تأثير الراديو-التردد على عدد المستعمرات البكتيرية ومحتوى الدهون في اللحم البقر. حصل الراديو-التردد من مولد وظيفة الصوت (AFG) (*Audio Frekuensi Generator*) مع الترددات 50 كيلو هرتز ، 100 كيلو هرتز ، 150 كيلو هرتز و 4 فولت و 10 فولت ، دلت النتائج البحث أن انخفاض القبولونية البكتيرية الكبيرة في التردد 150 كيلو هرتز بجهد 10 فولت ، عدد البكتيريا هي 29.10^2 CFU (وحدة تشكيل المستعمرات) /مل مع انخفاض النسبة المئوية في عدد المستعمرات البكتيرية هي 80.4 % ، ويمكن أن يفسد محتوى الدهون للحم البقر.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daging sapi merupakan salah satu bahan pangan yang memiliki nilai gizi tinggi, terutama protein. Nilai gizi yang tinggi mengakibatkan bahan pangan ini disukai konsumen untuk memenuhi kebutuhan gizi sehari-hari, sehingga setiap harinya daging sapi diproduksi dalam jumlah yang banyak. Daging sapi termasuk salah satu bahan pangan yang sangat rentan terhadap kontaminasi mikroorganisme, karena kandungan gizinya yang cukup tinggi merupakan sumber makanan bagi mikroorganisme. Selain itu, tingginya kandungan air yang terdapat dalam daging sapi, juga menjadikan bahan pangan ini selama penyimpanan menjadi salah satu media yang sangat ideal bagi pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme. Daging sapi yang sudah terkontaminasi oleh mikroorganisme akan mengalami kerusakan dan penurunan daya simpan, sehingga menurunkan kualitas dari pada bahan pangan tersebut.

Banyak faktor yang menyebabkan kontaminasi pada daging sapi. Kontaminasi dapat berasal dari kebersihan pekerja yang buruk, kandang sapi yang kotor, serta 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 calcoaceticus*, *E. coli*, *Salmonella*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus alvei*, *Bacillus cereus*, dan *Staphylococcus sp.*

Proses pengawetan harus dilakukan secara aman tanpa menurunkan kualitas daging. Pengawetan bertujuan untuk memperpanjang masa simpan daging sebelum dikonsumsi. Metode pengawetan ada tiga yaitu secara fisik, biologi, dan kimia. Pengawetan secara fisik dengan cara pelayuan (penirisan darah selama 12-24 jam setelah disembelih), pemanasan, dan pendinginan. Pengawetan secara biologi 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, dll) (Salim, 2013).

Penelitian terdahulu yaitu penelitian yang dilakukan oleh Corio (2014) tentang Teknologi Sistem Plasma Radio-Frekuensi (RF) untuk menghilangkan Bakteri *Escherichia coli* pada air minum. Pada penelitian ini, frekuensi pada pembangkit plasma radio frekuensi yang digunakan yaitu 3 MHz, 3,3 MHz, dan 3,7 MHz. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pengujian air limbah 350.000 MPN (100 %), dengan frekuensi plasma 3,3 MHz dapat mendegradasi bakteri sampai 6 % dan dengan setingan frekuensi 3,7 MHz dapat mendegradasi bakteri hingga 0,07 %. Pada pengujian air sungai 23.000 MPN (100 %), dengan setingan frekuensi plasma 3,3 MHz dapat mendegradasi bakteri hingga 9 % dan dengan setingan frekuensi 3,7 MHz dapat mendegradasi bakteri hingga 6 % (Corio, 2014).

Tartila (2015) juga melakukan penelitian tentang Sistem Plasma Radio-Frekuensi (RF) yaitu Pengaruh Frekuensi Terhadap Efisiensi Penghilangan Mikroorganisme dengan Sistem Plasma Radio-Frekuensi. Pada penelitian ini, Reaktor yang digunakan mempunyai diameter 2 inci, panjang 30 cm dan ketebalan 2 mm. Reaktor ini dililit dengan kawat tembaga. Frekuensi pada pembangkit plasma radio frekuensi yang digunakan yaitu 3 MHz, 3,3 MHz, dan 3,7 MHz. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penghilangan *Fecal Coliform* dan *Total Coliform* masing-masing adalah 100 % dan 91.84 % untuk pemberian frekuensi 3.7 MHz selama 60 menit (Tartila, 2015).

Penelitian tentang Sistem Plasma Radio-Frekuensi (RF) juga dilakukan oleh Muhadi (2015), penelitian tentang Penghilang Kandungan Mikroorganisme pada air dengan menggunakan Sistem Plasma Radio-Frekuensi secara kontinyu. Pada penelitian ini, reaktor plasma yang terbuat dari kaca berdiameter 1, 2, dan 3 inci dengan ketebalan 2 mm dan panjang 30 cm yang dililit dengan kawat tembaga dan frekuensi pada generator plasma radio frekuensi yang digunakan yaitu 3 MHz. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada diameter 3 inci yang diberlakukan pada air sampel selama 180 menit dapat menghilangkan *Total Coliforms* sebesar 11,63 % dan *Fecal Coliforms* sebesar 8,22 %. Sedangkan pada diameter 2 inci, efisiensi penghilangan *Total Coliforms* sebesar 35 % dan *Fecal Coliforms* sebesar 13,51 %. Penurunan diameter reaktor plasma radio frekuensi menjadi 1 inci memberikan hasil bahwa efisiensi

penghilangan *Total Coliforms* sebesar 29,23 % dan *Fecal Coliforms* sebesar 16,46 %. Laju kematian (kD) *Fecal Coliform* 46 % lebih tinggi daripada *Total Coliform* (Muhadi, 2015).

Radio-Frekuensi (RF) dengan variasi frekuensi mampu menghambat pertumbuhan bakteri, akan tetapi bakteri dalam air minum masih ada yang hidup. Untuk itu perlu adanya penelitian Radio-Frekuensi dengan variasi frekuensi dan tegangan menggunakan elektroda, yang diharapkan mampu menghambat bakteri lebih besar dari penelitian sebelumnya. Akan tetapi, bahan yang digunakan kali ini bukanlah air minum, melainkan daging sapi dan dilihat kadar lemak. Pengukuran terhadap kadar lemak juga perlu dilakukan, karena kadar lemak sebagai penentu kualitas daging yang baik atau tidak untuk dikonsumsi.

يَا أَيُّهَا النَّاسُ كُلُوا مِمَّا فِي الْأَرْضِ حَلَالًا طَيِّبًا وَلَا تَتَّبِعُوا خُطُوَاتِ الشَّيْطَانِ ۚ إِنَّهُ لَكُمْ عَدُوٌّ مُّبِينٌ

“Hai sekalian manusia, makanlah yang halal lagi baik dari apa yang terdapat di bumi, dan janganlah kamu mengikuti langkah-langkah syaitan, karena sesungguhnya syaitan itu adalah musuh yang nyata bagimu” (QS. Al-Baqarah (2): 168).

Dalam surat Al-Baqarah ini menjelaskan serta menganjurkan kepada semua umat manusia untuk mengonsumsi makanan dan minuman yang halal dan baik terhadap kesehatan. Ayat ini menyebutkan bahwa makanlah yang halal dan baik, karena makanan yang halal belum tentu baik bagi kesehatan. Misalnya, daging sapi adalah makanan yang halal akan tetapi jika daging sapi mengandung banyak bakteri yang dapat menyebabkan penyakit maka makanan ini tidak baik bagi kesehatan. Ayat ini menganjurkan untuk mengonsumsi makanan atau minuman yang tidak hanya halal akan tetapi juga baik bagi kesehatan. Berdasarkan latar belakang diatas perlu adanya penelitian tentang pengaruh paparan Radio-Frekuensi (RF) untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada daging sapi.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh Radio-Frekuensi terhadap jumlah koloni bakteri pada daging sapi?
2. Bagaimana pengaruh Radio-Frekuensi terhadap kadar lemak pada daging sapi?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh Radio-Frekuensi terhadap jumlah koloni bakteri pada daging sapi.
2. Untuk mengetahui pengaruh Radio-Frekuensi terhadap kadar lemak pada daging sapi.

1.4 Manfaat Penelitian

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

1.5 Batasan Masalah

1. Bakteri yang digunakan hanya bakteri *Escherichia coli*.
2. Penelitian menitik beratkan pada jumlah bakteri *Escherichia coli* yang masih hidup setelah dipapari Radio-Frekuensi (RF).
3. Kualitas daging ditinjau dari kadar lemak.
4. Penentuan kadar lemak menggunakan Metode Soxhlet.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 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 (Zemansky, 2006).

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 (Zemansky, 2006):

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (2.1)$$

Arus bukanlah sebuah vektor. Dalam sebuah konduktor yang mengangkut arus, tidak peduli seberapa panjang atau melengkung, arus selalu mengalir. Hanya saja ada istilah arus positif ketika mengalir dalam satu arah. Satuan SI dari arus adalah ampere. Satu ampere didefinisikan sebagai satu coulomb per detik ($1A = 1C/s$) (Zemansky, 2006).

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 $Avd\Delta t$ dan banyaknya partikel $nAvd\Delta t$, sehingga arusnya (Serway, 2010):

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = nqAvd \quad (2.2)$$

Hambatan (R) yang dialiri arus listrik (I) akan menimbulkan beda tengangan V antar ujung-ujung berarti daya listriknya: $P = V.I$. Karena $V = I.R$ maka daya listriknya dapat dirumuskan menjadi: $P = (I.R) I = I^2.R$. 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 kemudian suhu air akan naik, ini disebabkan karena suhu bergesekan dengan air. Menurut Joule gerakan elektro dalam suatu penghantar dapat digambarkan sebagai serangkaian percepatan yang masing-masing akhirnya bertumbukan dengan salah satu partikel yang tetap dalam suatu penghantar, elektro 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:

$$W = Q \quad (2.3)$$

$$V.I.t = Q \quad (2.4)$$

Dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = V.I.t \quad (2.5)$$

$$Q = m.c.\Delta T \quad (2.6)$$

$$V.I.t = m.c.\Delta T \quad (2.7)$$

$$\Delta T = \frac{V.I.t}{m.c} \quad (2.8)$$

$$\Delta T = \frac{P.t}{m.c} = \frac{f^2.t}{m.c} = \frac{\left(\frac{v}{\lambda}\right)^2.t}{m.c} \quad (2.9)$$

dimana :

Q = panas yang ditimbulkan arus listrik (Joule atau Kalori).

V = tegangan listrik (volt).

I = arus listrik (A).

T = waktu (sekon).

m = massa zat (kg).

c = kalor jenis zat (Joule/kg $^{\circ}$ C).

$\Delta T = T - T_0$ = perubahan suhu ($^{\circ}$ C).

T = suhu mula-mula zat ($^{\circ}$ C).

T_0 = suhu akhir zat ($^{\circ}$ C).

Menurut hukum termodinamikon I dikatakan bahwa: jika kalor diubah menjadi bentuk energi lain atau jika bentuk energi lain diubah menjadi kalori, 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, 1994).

2.2 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 berlangsung melalui perpindahan elektron

langsung melalui penghantar dari potensial yang diterapkan. Dalam hal ini, atom-atom penyusun penghantar listrik tidak terlibat dalam proses tersebut. Akan tetapi penghantar elektrolitik yang mencakup larutan elektrolit dan lelehan garam-garam. Penghantaran berlangsung melalui perpindahan ion-ion baik positif maupun negatif menuju elektroda-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, 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 (Nurwachid, 2006).

2.3 Hukum yang mendasari Arus Radio-Frekuensi (RF)

Crumpton (2005) mengatakan bahwa mekanisme yang paling mungkin pengaruh radio-frekuensi terhadap kesehatan adalah adanya perubahan keseimbangan kadar radikal bebas dalam sistem biologi. Radikal bebas adalah kemungkinan yang paling besar karena radikal bebas dapat mentransduksi physical force, ada secara alami dalam tubuh, sangat rektif, dan mutagenik sebagai akibat dari arus listrik berfrekuensi tinggi yang menyebabkan aktif kerja suatu molekul-molekul dalam tubuh.

Penyerapan energi menurut hukum joule yang didefinisikan bahwa pada daerah sistem tampak menghasilkan perubahan yang disebabkan adanya interaksi pembawa muatan saat bertumbukan dengan atom logam dan kehilangan energi. Akibatnya pembawa muatan bergerak dengan kecepatan konstan, seperti rumus berikut (Sutrisno, 1979):

1. Hukum Ohm

Hukum Ohm menyatakan bahwa besarnya kuat arus yang mengalir pada sebuah penghantar berbanding lurus dengan beda potensial antara dua titik pada ujung penghantar dan berbanding terbalik dengan hambatan pada kedua ujung penghantar tersebut. Hukum Ohm berlaku jika besarnya hambatan pada penghantar bersifat tetap

dan tidak dipengaruhi oleh beda potensial yang diberikan pada penghantar, dengan persamaan (Sutrisno, 1979).

$$I = \frac{V}{R}$$

Arus listrik yang dialiri pada logam dapat memberikan energi pada logam. Hal ini dikarenakan tumbukan oleh pembawa muatan, sehingga logam menjadi panas, atom didalamnya makin keras bergetar. Marilah kita hitung berapa besar daya yang hilang menjadi getaran atom dalam logam, atau dengan kata lain, hilang sebagai kalor. Antara a dan b ada beda potensial V , atau $V_a - V_b = V$. Potensial $V(a)$ haruslah lebih besar daripada potensial $V(b)$ agar arus mengalir ke kanan. Karena arus i tetap harganya, laju di a dan di b sama pula besarnya. Bila sejumlah muatan dq bergerak di bawah pengaruh beda potensial V , muatan ini haruslah mendapat tambahan energi $dU = (dq)V$ (Sutrisno, 1979).

2. Hukum Joule

Aliran arus listrik dalam sebarang tahanan diikuti oleh pembuangan energi listrik, dengan kata lain, transformasi energi listrik menjadi energi thermal. Pembuangan energi ini akan menaikkan temperatur bahan penghantar kecuali energi yang jumlahnya sama diambil oleh perpindahan kalor. Dengan hukum ohm, $V = IR$. Laju pemanasan Joule adalah (Harahap, 1988):

$$Q_J = IV = I^2R$$

Persamaan menyatakan daya yang hilang atau daya disipasi pada konduktor dengan resistansi R bila dialiri arus i (Sutrisno, 1979).

Kalor disipasi dalam waktu dt adalah

$$dQ = I^2R dt$$

Kalor ini disebut kalor Joule (Sutrisno, 1979).

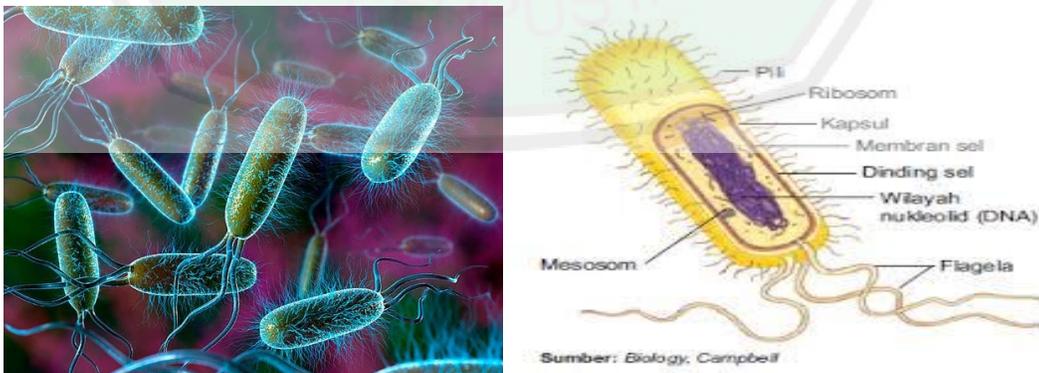
2.4 Bakteri *Escherichia coli*

Genus *Escherichia* dinamai demikian sebagai bentuk penghormatan bagi Theodor Escherich, seorang dokter anak yang pertama kali mengisolasi spesies *Escherichia coli*. Terdapat lima spesies pada genus *Escherichia* namun *Escherichia coli* yang paling pathogen. Klasifikasi bakteri *Escherichia coli* adalah sebagai berikut (Todar, 2008):

| | |
|---------|---------------------------|
| Kingdom | : Bacteria |
| Phylum | : Proteobacteria |
| Kelas | : Gamma Proteobacteria |
| Ordo | : Enterobacteriales |
| Family | : Enterobacteriaceae |
| Genus | : <i>Escherichia</i> |
| Spesies | : <i>Escherichia coli</i> |

Escherichia coli yaitu bakteri anaerob fakultatif gram negatif berbentuk batang yang termasuk dalam famili Enterobacteriaceae. Bakteri ini merupakan penghuni normal usus, selain berkembang biak di lingkungan sekitar manusia. Pertama dijumpai pada tahun 1885 (Arisman, 2009).

Bakteri *Escherichia coli* merupakan jasad indikator dalam substrat air dan bahan makanan. Yang mampu memfermentasikan laktosa pada temperature 37°C dengan membentuk asam dan gas di dalam waktu jam. Bakteri ini berpotensi pathogen karena pada keadaan tertentu dapat menyebabkan diare (Pelezar, 2007).



Gambar 2.1 Bakteri *Escherichia coli*

Sel *Escherichia coli* memiliki ukuran panjang 2,0-6,0 μm , tersusun tunggal berpasangan. *Escherichia coli* tumbuh pada suhu 10-40°C dengan suhu optimum 37°C. Bakteri ini mempunyai pH optimum untuk pertumbuhannya adalah 7,0-7,5. Bakteri ini sangat sensitif terhadap panas dan dapat diinaktifkan pada suhu pasteurisasi.

Bakteri *Escherichia coli* termasuk ke dalam bakteri anaerobik fakultatif, yang artinya bakteri ini secara terbatas dapat hidup dalam keadaan aerobik ataupun anaerobik serta merupakan bakteri Gram negatif dan dapat bertahan hidup hingga suhu 60°C selama 15 menit atau pada 55°C selama 60 menit (Pelezar, 2007).

Escherichia coli yang umumnya menyebabkan diare terjadi di seluruh dunia. Pelekatan pada sel epitel usus kecil atau usus besar sifatnya dipengaruhi oleh gen dalam plasmid. Sama halnya dengan toksin yang merupakan plasmid atau phage mediated (Brooks dkk, 2001).

2.5 Uji Kadar Lemak pada Daging Sapi

Untuk mengetahui kadar lemak pada daging sapi diukur menggunakan Metode Soxhlet. Kadar lemak dapat diketahui setelah melalui beberapa proses. Pertama-tama labu lemak dioven dan ditimbang, kemudian sampel ditimbang sebanyak 5 gram dan dimasukkan ke dalam selongsong kertas saring. Lalu, selongsong dimasukkan ke dalam alat soxhlet \pm 2 jam dan labu lemak yang telah diketahui bobotnya dipasang pada alat soxhlet. Dimasukkan 50 ml hexane ke dalam alat soxhlet, sampel di ekstrak dengan pelarut hexane. Setelah itu, labu lemak dikeringkan dalam oven 105°C selama 30 menit, hingga aroma hexane tidak tercium. Labu didinginkan dalam desikator selama 15 menit. Selanjutnya, labu lemak ditimbang untuk mendapatkan hasil kadar lemak. Persentase kadar lemak daging sapi dihitung dengan rumus:

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

Keterangan:

W1 = Bobot sampel (g)

W3 = Bobot labu lemak+lemak hasil (g)

W2 = Bobot labu lemak kosong (g)

BAB III METODE PENELITIAN

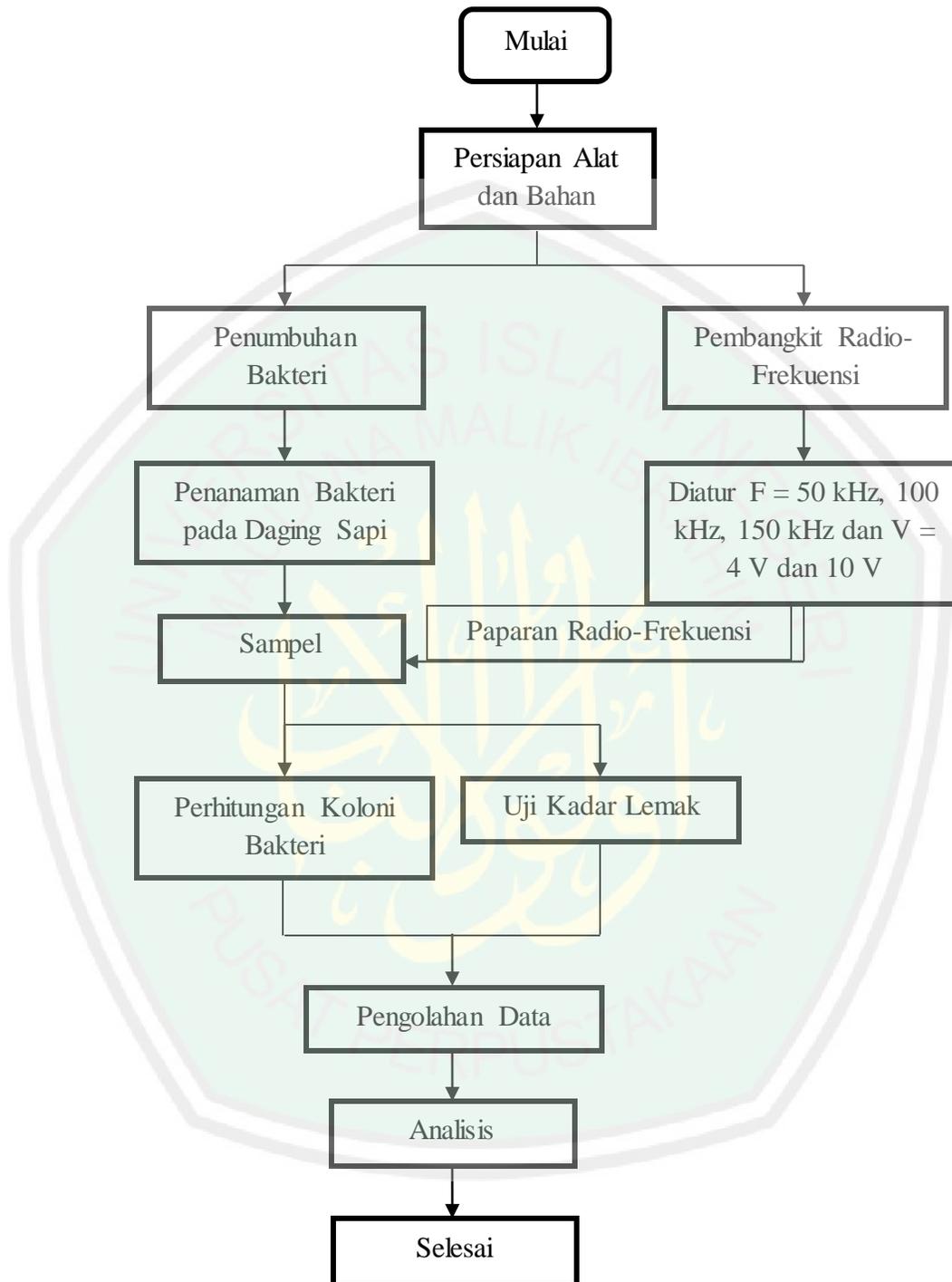
3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental, yang diteliti di Laboratorium Elektronika, Laboratorium Akustik, dan Laboratorium Riset Material Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang, dan Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Muhammadiyah Malang.

3.2 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini akan dilaksanakan pada Bulan November 2018 – selesai di Laboratorium Elektronika, Laboratorium Akustik, dan Laboratorium Riset Material Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang, dan Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Muhammadiyah Malang.

3.3 Desain Penelitian



3.4 Rancangan Alat Penelitian



Penelitian ini dilaksanakan dengan dua tahap, tahap pertama yaitu untuk mengetahui jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* sebelum dan setelah dipapari oleh Radio-Frekuensi (RF) terhadap daging sapi dengan menggunakan Coloni Counter dan Hand Counter dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan. Tahap kedua yaitu mengetahui pengaruh Radio-Frekuensi (RF) terhadap kadar lemak daging sapi. Kemudian dari dua tahap tersebut, didapat sebuah data yang diolah. Lalu setelah itu, data dianalisis.

Adapun tahapan dalam penelitian adalah pengaruh paparan Radio-Frekuensi untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada daging sapi, yang terdiri dari 4 perlakuan, yaitu:

P1 : Tidak diberi tegangan.

P2 : Pemberian frekuensi sebesar 50 kHz dengan masing-masing tegangan sebesar 4 V (minimum) dan 10 V (maksimum) selama 60 menit.

P3 : Pemberian frekuensi sebesar 100 kHz dengan masing-masing tegangan sebesar 4 V (minimum) dan 10 V (maksimum) selama 60 menit.

P4 : Pemberian frekuensi sebesar 150 kHz dengan masing-masing tegangan sebesar 4 V (minimum) dan 10 V (maksimum) selama 60 menit.

3.5 Alat dan Bahan Penelitian

3.5.1 Alat

1. Jarum Ose 1 buah.
2. Erlenmeyer 250 ml 2 buah.
3. Cawan Petri 27 buah.
4. Gelas Ukur 50 ml 2 buah.
5. Bunsen 1 buah.
6. Timbangan Analitik 1 buah.
7. Autoklaf 1 buah.
8. Coloni Counter 1 buah.
9. Inkubator 1 buah.
10. Korek Api 1 buah.
11. Botol Semprot 1 buah.
12. Pipet Tetes 2 buah.
13. Pembangkit Generator Radio-Frekuensi / AFG 1 buah.
14. Tabung Reaksi 4 buah.
15. LAF (Laminar Air Flow) 1 unit.
16. Hot Plate.
17. Magnetic Stirrer.

18. Botol Flakon 60 buah.
19. Vorteks 1 buah.
20. Labu Lemak 1 buah.
21. Oven 1 buah.
22. Alat Soxhlet 1 buah.
23. Desikator 1 buah.

3.5.2 Bahan

1. Bakteri *Escherichia coli*.
2. Daging Sapi 1x1x1 cm.
3. Media NA 10 gram.
4. Spertus.
5. Kapas secukupnya.
6. Plastik Warp secukupnya.
7. Hexane 50 ml.
8. NaOH 0,9 %.
9. Aquades 13 liter.

3.6 Langkah-Langkah Penelitian

3.6.1 Pembuatan Media NA

a) Untuk Penumbuhan Bakteri

1. Dimasukkan 15 ml aquades ke dalam tabung Erlenmeyer.
2. Dipanaskan diatas hot plate dengan suhu 50°C sambil diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 7 hingga mengembun.
3. Media NA ditimbang sebanyak 0,4 gram, lalu dimasukkan ke dalam tabung Erlenmeyer ketika sudah mengembun dan dibiarkan hingga mendidih serta homogen.
4. Tabung Erlenmeyer ditutup dengan kertas, lalu diikat dengan karet gelang.
5. Dipipet sebanyak 5 ml media NA yang ada di dalam tabung Erlenmeyer dan dimasukkan ke dalam 1 tabung reaksi. Tabung reaksi yang digunakan untuk pembuatan media NA berjumlah 3 buah.

b) Untuk Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri

1. Dimasukkan 315 ml aquades ke dalam tabung Erlenmeyer.
2. Dipanaskan diatas hot plate dengan suhu 50°C sambil diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 7 hingga mengembun.
3. Media NA ditimbang sebanyak 8,8 gram, lalu dimasukkan ke dalam tabung Erlenmeyer ketika sudah mengembun dan dibiarkan hingga mendidih serta homogen.
4. Tabung Erlenmeyer ditutup dengan kertas, lalu diikat dengan karet gelang.
5. Dimasukkan 15 ml media NA yang ada di dalam tabung Erlenmeyer ke dalam 1 cawan petri. Cawan petri yang digunakan untuk pembuatan media NA berjumlah 21 buah.

3.6.2 Penumbuhan Bakteri

1. Sterilisasi alat dengan cara dibungkus dengan plastik tahan panas kemudian dimasukkan ke dalam autoklaf.
2. Diambil 1 ose biakan murni bakteri *Escherichia coli* dan digoreskan secara zig-zag ke dalam media NA miring dalam tabung reaksi.
3. Langkah yang tadi diulangi terus sampai diperoleh biakan murni, kemudian diinkubasi selama 24 jam dengan suhu 37°C.

3.6.3 Penanaman Bakteri pada Daging Sapi

1. Disiapkan cawan petri tempat penumbuhan bakteri pada daging.
2. Diisi cawan petri dengan daging dengan ukuran 1x1x1 cm.
3. Diambil 1 ose bakteri dari media NA dan dimasukkan ke dalam cawan petri berisi daging.
4. Diinkubasi selama 24 jam pada inkubator dengan suhu 37°C.

3.6.4 Paparan Radio-Frekuensi

a) Bakteri Sebelum dipapari

1. Cawan petri yang berisi suspensi sampel tanpa dipapari Radio-Frekuensi diberi label “Kontrol”.
2. Dihitung jumlah koloni bakteri dengan Coloni Counter.

b) Sampel yang dipapari Radio-Frekuensi

1. Dipasang elektroda-elektroda ke dalam cawan petri yang berisi suspensi sampel.
2. Disambungkan kabel penghubung dari pembangkit Radio-Frekuensi ke elektroda yang ada di dalam cawan petri yang berisi suspensi sampel.
3. Diatur frekuensi pada Pembangkit Radio-Frekuensi dengan variasi $f = 50$ kHz, 100 kHz, 150 kHz.
4. Diatur tegangan dengan variasi $V = 4$ V dan 10 V untuk tiap frekuensi pada Pembangkit Radio-Frekuensi.
5. Diatur waktu selama 60 menit.
6. Dihidupkan Pembangkit Radio-Frekuensi.
7. Dihitung jumlah koloni bakterinya.
8. Diulang kembali langkah diatas dengan 3 kali pengulangan.

3.6.5 Perhitungan Koloni Bakteri

1. Daging sapi yang belum maupun telah diberi perlakuan berupa paparan Radio-Frekuensi dimasukkan ke dalam 10 ml NaCl 0,9 % pada botol flakon.
2. Botol flakon divorteks selama 1 menit untuk melepas bakteri dari sampel daging.
3. Suspensi dari botol flakon yang sudah diberi perlakuan berupa arus listrik kemudian dimasukkan ke dalam botol flakon steril yang berisi 9 ml aquades sebanyak 1 ml dan diberi tanda 10^{-1} .
4. Suspensi 10^{-1} yang sudah dihomogenkan kemudian dimasukkan ke dalam botol flakon steril yang berisi 9 ml aquades sebagai pengenceran kedua dan diberi tanda 10^{-2} .
5. Pengenceran dilakukan sampai pengenceran kedua.
6. Semua proses diatas dilakukan secara aseptis yaitu di dekat api bunsen.
7. Suspensi pada pengenceran 10^{-2} sebanyak 1 ml dituangkan ke dalam cawan petri steril kemudian dituangkan media NA cair kira-kira sebanyak 15 ml. Setelah itu dihomogenkan.

8. Media NA yang ada di cawan petri kemudian dimasukkan ke dalam inkubator dengan posisi terbalik (bagian tutup berada di bawah) setelah media tersebut membeku. Media NA diinkubasi selama 24 jam.
9. Koloni dari bakteri *Escherichia coli* kemudian dihitung dan diberi tanda dengan spidol untuk menghindari perhitungan ulang.

I. Teknik Pengolahan Data Jumlah Koloni Bakteri

Data yang diambil dari penelitian ini adalah jumlah bakteri yang masih aktif sebelum dan setelah dipapari radio-frekuensi dengan variasi frekuensi sebesar 50 kHz, 100 kHz, 150 kHz dan variasi tegangan sebesar 4 V dan 10 V untuk masing-masing frekuensinya serta waktu selama 60 menit. Jumlah bakteri yang dihitung dicatat pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Pengolahan Data Jumlah Koloni Bakteri Daging Sapi

| Frekuensi (kHz) | Tegangan (V) | Jumlah Koloni Bakteri | | | Rata-rata |
|--------------------|-----------------|-----------------------|---|---|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| Kontrol | | | | | |
| 50 kHz | 4 V | | | | |
| | 10 V | | | | |
| 100 kHz | 4 V | | | | |
| | 10 V | | | | |
| 150 kHz | 4 V | | | | |
| | 10 V | | | | |

II. Teknik Analisa Data

Dalam penelitian ini data yang diperoleh adalah jumlah bakteri yang masih hidup sebelum dan setelah diberi perlakuan variasi frekuensi dan variasi tegangan untuk masing-masing frekuensinya dari radio-frekuensi. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan menggunakan diagram yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh paparan radio-frekuensi dengan variasi frekuensi dan variasi tegangan untuk

masing-masing frekuensinya yang paling efektif dalam menghambat pembiakan bakteri *Escherichia coli*.

3.7 Uji Kadar Lemak

1. Labu lemak dioven dan ditimbang.
2. Sampel ditimbang sebanyak 5 gram dan dimasukkan ke dalam selongsong kertas saring.
3. Selongsong dimasukkan ke dalam alat soxhlet \pm 2 jam dan labu lemak yang telah diketahui bobotnya dipasang pada alat soxhlet.
4. Dimasukkan 50 ml hexane ke dalam alat soxhlet.
5. Sampel di ekstrak dengan pelarut hexane.
6. Labu lemak dikeringkan dalam oven 105°C selama 30 menit, hingga aroma hexane tidak tercium.
7. Labu didinginkan dalam desikator selama 15 menit.
8. Labu lemak ditimbang.

I. Teknik Pengolahan Data

Data yang diambil dari penelitian ini sampel daging sebelum dan setelah dipapari radio-frekuensi, ditentukan kadar lemaknya. Jumlah lemak yang didapat dicatat pada tabel berikut.

Tabel 3.2 Pengolahan Data Kadar Lemak Daging Sapi

| Frekuensi (kHz) | Tegangan (V) | Kadar Lemak |
|-----------------|--------------|-------------|
| Kontrol | | |
| 50 kHz | 10 V | |
| 100 kHz | 10 V | |
| 150 kHz | 10 V | |

II. Teknik Analisa Data

Dalam penelitian ini data yang diperoleh adalah kadar lemak sebelum dan setelah diberi perlakuan arus dan variasi tegangan radio-frekuensi. Kemudian dianalisa dengan grafik.



BAB IV DATA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Penelitian paparan radio-frekuensi untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada daging sapi ini terdiri dari beberapa tahap. Tahap pertama adalah sterilisasi alat dan penyiapan media Natrium Agar (NA) untuk penumbuhan bakteri dan untuk perhitungan jumlah koloni bakteri. Tahap selanjutnya adalah penanaman bakteri pada sampel daging sapi. 15 ml media NA yang telah ditumbuhi bakteri *Escherichia coli* dimasukkan ke dalam sampel daging sapi yang telah dipotong dengan ukuran 1x1x1 cm, kemudian diinkubasi pada inkubator dengan suhu 37°C selama 24 jam. Sampel daging sapi yang telah diinkubasi selama 24 jam kemudian diberi paparan radio-frekuensi dengan variasi frekuensi sebesar 50 kHz, 100 kHz, 150 kHz dan variasi tegangan sebesar 4 V dan 10 V untuk masing-masing frekuensinya dengan waktu yang konstan yaitu 60 menit. Perlakuan dan perhitungan sampel dilakukan masing-masing sebanyak 3 kali pengulangan. Hasil pengulangan tersebut bertujuan untuk mendapatkan hasil yang akurat. Sampel daging sapi yang telah diberikan paparan radio-frekuensi kemudian dimasukkan dalam 10 ml NaCl 0,9 % dan divortex selama 1 menit untuk melepas sel bakteri dari sampel daging sapi. Tahap selanjutnya adalah dilakukan pengenceran bakteri sampai pada pengenceran kedua di ruang *Laminar Air Flow* (LAF) kemudian diambil 1 ml suspensi dengan menggunakan pipet tetes. Suspensi tersebut dimasukkan ke dalam cawan petri yang telah diberi media NA padat sebagai media untuk hidup. Kemudian cawan petri yang berisi bakteri diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Proses selanjutnya yaitu perhitungan jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* dengan menggunakan *coloni counter*, pengujian kadar lemak sampel daging sapi.

4.1.1 Pengaruh Paparan Radio-Frekuensi Untuk Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* Pada Daging Sapi

Bakteri yang telah diinkubasi kemudian dipapari dengan paparan radio-frekuensi, setelah terpapar selanjutnya sampel daging sapi dimasukkan dalam 10 ml

NaCl 0,9 % dan divorteks selama 1 menit untuk melepas sel bakteri dari sampel daging sapi. Perlakuan dan perhitungan sampel dilakukan masing-masing sebanyak 3 kali pengulangan. Setelah dilakukan 3 kali pengulangan diambil rata-rata dari hasil penelitian. Kemudian dilakukan pengenceran dan dihitung jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* dengan menggunakan *coloni counter*. Untuk mengetahui jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* dihitung dengan menggunakan persamaan:

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

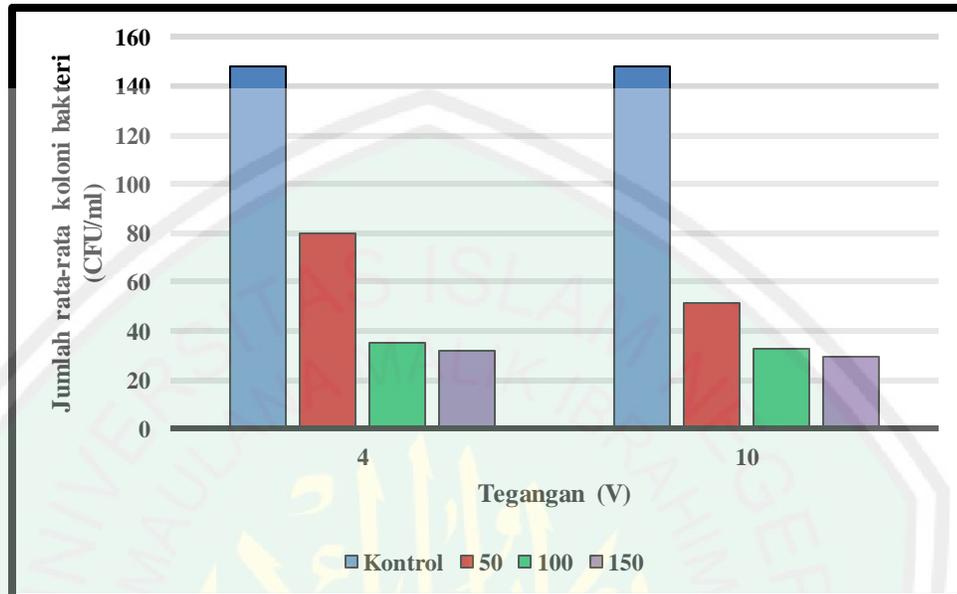
Tabel 4.1 Data Hasil Jumlah Koloni Bakteri *Escherichia coli* Daging Sapi

| Frekuensi (kHz) | Tegangan (V) | Jumlah Koloni Bakteri (CFU/ml) | | | Rata-rata (CFU/ml) |
|--------------------|-----------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| Kontrol | | 105.10 ² | 120.10 ² | 220.10 ² | 148.10 ² |
| 50 kHz | 4 V | 89.10 ² | 75.10 ² | 76.10 ² | 80.10 ² |
| | 10 V | 28.10 ² | 57.10 ² | 68.10 ² | 51.10 ² |
| 100 kHz | 4 V | 26.10 ² | 25.10 ² | 55.10 ² | 35.10 ² |
| | 10 V | 48.10 ² | 20.10 ² | 30.10 ² | 33.10 ² |
| 150 kHz | 4 V | 39.10 ² | 22.10 ² | 35.10 ² | 32.10 ² |
| | 10 V | 41.10 ² | 31.10 ² | 14.10 ² | 29.10 ² |

Berdasarkan tabel 4.1 diketahui bahwa paparan Radio-Frekuensi dengan variasi frekuensi dan tegangan dapat menurunkan jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* pada daging sapi. Jumlah rata-rata koloni bakteri sebelum diberi Radio-Frekuensi adalah 148.10² CFU/ml. Setelah sampel diberi Radio-Frekuensi dengan frekuensi sebesar 50 kHz pada tegangan sebesar 4 V selama 60 menit, jumlah koloni bakteri yang masih aktif adalah 80.10² CFU/ml. Ketika frekuensi ditingkatkan menjadi 100 kHz dengan tegangan sebesar 4 V jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* adalah 35.10² CFU/ml. Lalu, jumlah koloni bakteri semakin menurun ketika sampel diberi Radio-Frekuensi dengan frekuensi sebesar 150 kHz pada tegangan sebesar 4 V yaitu 32.10² CFU/ml.

Berdasarkan data tabel 4.1 dapat diketahui bahwa paparan Radio-Frekuensi dengan variasi frekuensi dan tegangan dapat berpengaruh terhadap penurunan jumlah

koloni bakteri *Escherichia coli* pada daging sapi. Untuk mengetahui pola pengaruhnya, data tersebut dapat dianalisa dengan menggunakan diagram yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4.1 Diagram Penurunan Jumlah Koloni Bakteri *Escherichia coli* dengan Variasi Frekuensi dan Tegangan Radio-Frekuensi

Grafik pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa pemberian paparan Radio-Frekuensi dengan variasi frekuensi dapat memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada daging sapi. Seperti pada gambar 4.1 pada frekuensi sebesar 50 kHz dari tegangan sebesar 4 V ke 10 V serta dari frekuensi sebesar 50 kHz ke 100 kHz pada tegangan sebesar 4 V dan 10 V terjadi penurunan yang signifikan, tetapi pada frekuensi sebesar 100 kHz dan 150 kHz dari tegangan sebesar 4 V ke 10 V serta dari frekuensi sebesar 100 kHz ke 150 kHz pada tegangan sebesar 4 V dan 10 V terjadi penurunan namun tidak terlalu signifikan. Hal ini terjadi karena banyak bakteri yang mati ketika diberi perlakuan frekuensi sebesar 50 kHz dari tegangan sebesar 4 V ke 10 V serta dari frekuensi sebesar 50 kHz ke 100 kHz pada tegangan sebesar 4 V dan 10 V, sedangkan ketika diberi perlakuan frekuensi sebesar 100 kHz dan 150 kHz dari tegangan sebesar 4 V ke 10 V serta dari frekuensi sebesar 100 kHz ke 150 kHz pada tegangan sebesar 4 V dan 10 V hanya membunuh bakteri yang tersisa. Dari data tersebut menunjukkan bahwa variasi frekuensi yang diberikan dapat mempengaruhi

pola pertumbuhan dan mempengaruhi jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* pada daging sapi. Pengaruh paparan radio-frekuensi dengan tegangan yang besar dapat menyebabkan rusaknya dinding sel sehingga sel bakteri akan mati.

Hal ini disebabkan variasi frekuensi dapat mengakibatkan terjadinya proses tumbukan antar molekul yang menyebabkan rusaknya dinding sel sehingga sel bakteri mati. Semakin besar frekuensi, maka semakin cepat tumbukan yang terjadi antar molekul. Sedangkan variasi tegangan dapat mengakibatkan terjadinya proses nekrosis sehingga membran mengalami pelepasan. Semakin besar tegangan, maka semakin besar panas yang ditimbulkan oleh Radio-Frekuensi yang mengenai jaringan. Kemudian dengan pemaparan Radio-Frekuensi yang diberikan, menimbulkan kenaikan suhu pada daging yang disebabkan karena suhu bergesekan dengan daging. Gerakan elektro dalam suatu penghantar dapat digambarkan sebagai serangkaian percepatan yang masing-masing bertumbukan dengan salah satu partikel yang tetap dalam suatu penghantar, elektro itu akan mendapatkan tenaga kinetik pada setiap tumbukan dan tenaga itu berubah menjadi panas. Panas yang dihasilkan akan membuat bakteri yang ada didalam daging mati.

Hasil paparan Radio-Frekuensi dengan variasi frekuensi dan tegangan menghasilkan penurunan jumlah koloni bakteri *Escherichia coli*. Variasi frekuensi dan tegangan yang optimal dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada daging sapi yaitu pada frekuensi sebesar 150 kHz dengan tegangan sebesar 10 V penurunan jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* adalah 29.10^2 CFU/ml.

Untuk mengetahui persentase penurunan jumlah koloni bakteri ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Persentase penurunan jumlah koloni bakteri} = \frac{N_o - N}{N_o} \times 100 \%$$

Dengan:

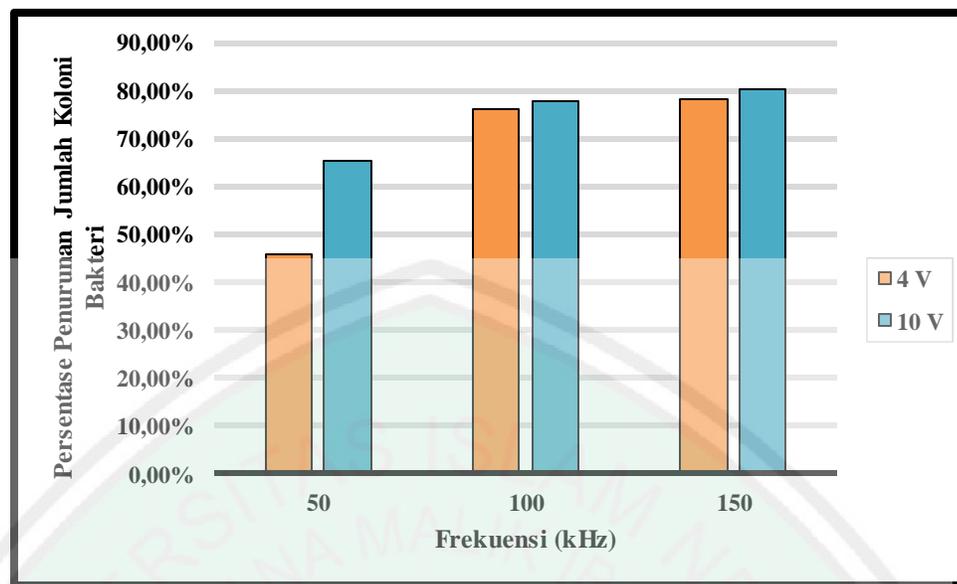
N_o = Jumlah rata-rata koloni bakteri sebelum dipapari radio-frekuensi

N = Jumlah rata-rata koloni bakteri setelah dipapari radio-frekuensi

Tabel 4.2 Data Hasil Persentase Penurunan Jumlah Bakteri *Escherichia coli*

| Frekuensi (kHz) | Tegangan (V) | Persentase Penurunan Jumlah Koloni Bakteri |
|-----------------|--------------|--|
| 50 kHz | 4 V | 45,9 % |
| | 10 V | 65,5 % |
| 100 kHz | 4 V | 76,3 % |
| | 10 V | 77,7 % |
| 150 kHz | 4 V | 78,3 % |
| | 10 V | 80,4 % |

Berdasarkan data persentase penurunan jumlah koloni bakteri pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa paparan radio-frekuensi dengan frekuensi sebesar 150 kHz pada tegangan sebesar 4 V, persentase penurunan jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* adalah 78,3 %. Paparan radio-frekuensi dengan tegangan yang ditingkatkan menjadi 10 V pada frekuensi sebesar 150 kHz, persentase penurunan jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* adalah 80,4 %. Hal ini menunjukkan bahwa paparan radio-frekuensi dengan tegangan yang besar dapat mempengaruhi persentase penurunan jumlah koloni bakteri *Escherichia coli*. Variasi frekuensi juga mempengaruhi penurunan jumlah koloni bakteri *Escherichia coli*. Hal ini dapat dilihat dari paparan radio-frekuensi dengan frekuensi sebesar 50 kHz pada tegangan sebesar 4 V persentase penurunan jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* adalah 45,9 %. Ketika frekuensi ditingkatkan menjadi 150 kHz dengan tegangan sebesar 4 V, persentase penurunan jumlah koloni bakteri adalah 80,4 %.



Gambar 4.2 Diagram Persentase Penurunan Jumlah Koloni Bakteri *Escherichia coli* Pada Daging Sapi

Grafik pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa pemberian paparan Radio-Frekuensi dengan variasi tegangan dapat memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada daging sapi. Semakin besar persentase penurunan jumlah koloni bakteri, maka semakin besar bakteri yang mati. Ketika frekuensi bertambah maka persentase penurunan jumlah koloni bakteri juga bertambah, akan tetapi dari frekuensi sebesar 50 kHz ke 100 kHz terjadi kenaikan persentase yang signifikan sedangkan dari frekuensi sebesar 100 kHz ke 150 kHz terjadi kenaikan persentase tetapi tidak terlalu signifikan. Hal ini terjadi karena pada saat dipapari dari frekuensi sebesar 50 kHz ke 100 kHz banyak bakteri yang mati, maka pada saat dipapari dari frekuensi sebesar 100 kHz ke 150 kHz hanya membunuh bakteri yang tersisa.

4.1.2 Pengaruh Paparan Radio-Frekuensi Terhadap Kadar Lemak

Setelah sampel daging sapi dipapari Radio-Frekuensi, sampel diukur kadar lemak daging dengan metode Soxhlet. Kadar lemak dapat diketahui setelah melalui beberapa proses. Pertama-tama labu lemak di oven dan ditimbang, kemudian sampel ditimbang sebanyak 5 gram dan dimasukkan ke dalam selongsong kertas saring. Lalu, selongsong dimasukkan ke dalam alat soxhlet \pm 2 jam dan labu lemak yang telah diketahui bobotnya dipasang pada alat soxhlet. Dimasukkan 50 ml hexane ke dalam

alat soxhlet, sampel di ekstrak dengan pelarut hexane. Setelah itu, labu lemak dikeringkan dalam oven 105°C selama 30 menit, hingga aroma hexane tidak tercium. Labu didinginkan dalam desikator selama 15 menit. Selanjutnya, labu lemak ditimbang untuk mendapatkan hasil kadar lemak. Sehingga diperoleh data kadar lemak seperti pada tabel 4.3.

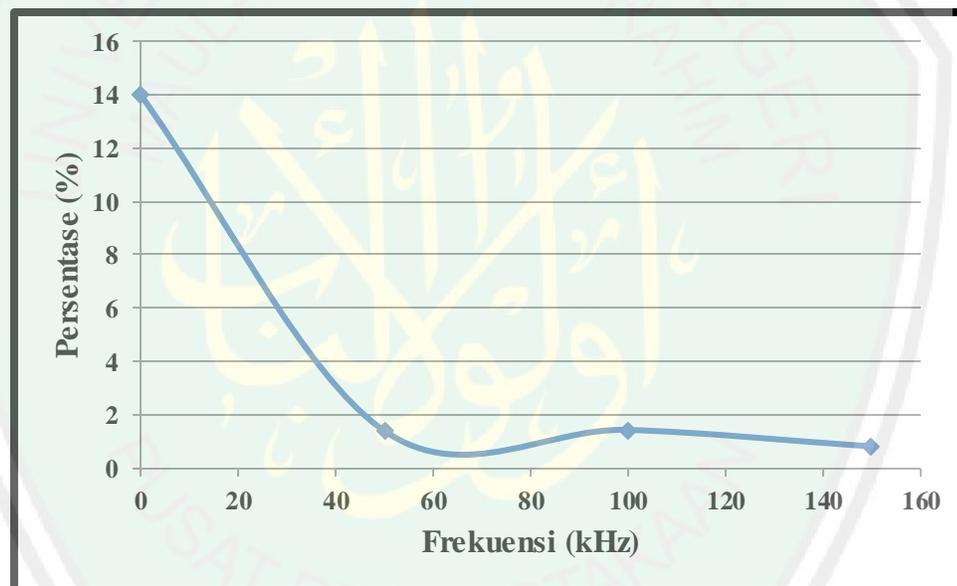
Tabel 4.3 Data Hasil Kadar Lemak Daging Sapi

| Frekuensi (kHz) | Tegangan (V) | Kadar Lemak |
|-----------------|--------------|-------------|
| Kontrol | | 14 % |
| 50 kHz | 10 V | 1,4 % |
| 100 kHz | 10 V | 1,43 % |
| 150 kHz | 10 V | 0,81 % |

Tabel 4.3 menunjukkan Kadar Lemak Daging Sapi setelah dipapari Radio-Frekuensi dengan variasi frekuensi dan tegangan. Hasil dari perhitungan kadar lemak yang ditunjukkan pada tabel 4.2 menjelaskan bahwa kadar lemak daging sapi tanpa menggunakan variasi frekuensi dan tegangan dengan yang menggunakan variasi frekuensi dan tegangan mengalami penurunan kadar lemak. Daging sapi dengan berat 100 gram ketentuan dari Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (2009) tanpa diberi radio-frekuensi kadar lemak yang diperoleh sebesar 14 %. Daging sapi dengan berat 10 gram yang diberi radio-frekuensi dengan frekuensi sebesar 50 kHz pada tegangan sebesar 10 V kadar lemak yang diperoleh sebesar 1,4 %, bila disesuaikan dengan ketentuan dari Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (2009) daging sapi dengan berat 100 gram kadar lemak yang diperoleh sebesar 14 %. Kemudian, daging sapi dengan berat 10 gram frekuensi sebesar 100 kHz pada tegangan sebesar 10 V kadar lemak yang diperoleh sebesar 1,43 %, bila disesuaikan dengan ketentuan dari Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (2009) daging sapi dengan berat 100 gram kadar lemak yang diperoleh sebesar 14,3 %. Lalu, daging sapi dengan berat 10 gram frekuensi sebesar 150 kHz pada tegangan sebesar 10 V kadar lemak yang diperoleh sebesar 0,81 %, bila disesuaikan dengan ketentuan dari Direktorat Gizi Departemen

Kesehatan RI (2009) daging sapi dengan berat 100 gram kadar lemak yang diperoleh sebesar 8,1 %. Data pada tabel 4.2 diambil pada waktu paparan selama 60 menit. Pengujian kadar lemak diambil pada waktu paparan yang sama dimaksudkan agar mengetahui hasil yang akurat. Pada saat frekuensi 100 kHz persentase kadar lemak menjadi bertambah, hal itu disebabkan karena adanya kerusakan pada alat yang digunakan. Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan, pada saat tidak diberi perlakuan radio-frekuensi dengan yang diberi perlakuan radio-frekuensi mengalami perubahan yang signifikan, tetapi ketika diberi perlakuan radio-frekuensi antara frekuensi satu dengan frekuensi lainnya hanya mengalami sedikit perubahan.

Hasil dari pengukuran kadar lemak daging sapi pada tabel 4.3 dapat dianalisa dengan menggunakan grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Kadar Lemak Daging Sapi Dengan Variasi Frekuensi dan Tegangan Radio-Frekuensi

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa paparan Radio-Frekuensi dengan variasi frekuensi dan tegangan memberikan pengaruh terhadap kadar lemak daging sapi. Seperti yang digambarkan diatas bahwa daging sapi dengan berat 100 gram ketentuan dari Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (2009) sebelum diberi Radio-Frekuensi kadar lemak yang diperoleh sebesar 14 %. Daging Sapi dengan berat 10 gram setelah diberikan Radio-Frekuensi frekuensi sebesar 50 kHz pada tegangan sebesar 10 V kadar

lemak yang diperoleh sebesar 1,4 %, bila disesuaikan dengan ketentuan dari Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (2009) daging sapi dengan berat 100 gram kadar lemak yang diperoleh sebesar 14 %. Kemudian, daging sapi dengan berat 10 gram frekuensi sebesar 100 kHz pada tegangan sebesar 10 V kadar lemak yang diperoleh sebesar 1,43 %, bila disesuaikan dengan ketentuan dari Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (2009) daging sapi dengan berat 100 gram kadar lemak yang diperoleh sebesar 14,3 %. Lalu, daging sapi dengan berat 10 gram frekuensi sebesar 150 kHz pada tegangan sebesar 10 V kadar lemak yang diperoleh sebesar 0,81 %, bila disesuaikan dengan ketentuan dari Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (2009) daging sapi dengan berat 100 gram kadar lemak yang diperoleh sebesar 8,1 %. Hasil kadar lemak daging sapi menunjukkan bahwa pada saat tidak diberi perlakuan radio-frekuensi dengan yang diberi perlakuan radio-frekuensi mengalami perubahan yang signifikan, tetapi ketika diberi perlakuan radio-frekuensi antara frekuensi satu dengan frekuensi lainnya hanya mengalami sedikit perubahan.

4.2 Pembahasan

Penelitian ini menggunakan sampel daging sapi dengan ukuran 1x1x1 cm yang telah ditumbuhi bakteri *Escherichia coli*. Daging sapi merupakan salah satu sumber makanan yang banyak digemari masyarakat. Kemudian daging sapi juga merupakan salah satu jenis daging yang mudah terkontaminasi oleh bakteri dan media yang cocok bagi pertumbuhan mikroorganismenya. Beberapa mikroorganismenya dapat berkembang dengan baik pada daging sapi, mikroorganismenya tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada daging sehingga membuat daging sapi tidak bertahan lama. Salah satunya yaitu *Escherichia coli*. Bakteri *Escherichia coli* merupakan bakteri anaerob fakultatif gram negatif yang dapat tumbuh pada suhu antara 10-40°C dengan suhu optimum 37°C. Jika bakteri *Escherichia coli* dalam suhu minimum maka sel-sel bakteri akan tumbuh lambat dan memperpanjang fase adaptasi. Namun, jika pada suhu di atas maksimum maka sel-sel akan mati dengan cepat. Pada suhu yang sama, waktu pemanasan yang lebih lama akan meningkatkan kematian sel mikroba, semakin tinggi suhu pemanasan, kematian

sel mikroba semakin besar. Pada suhu yang lebih tinggi, waktu pemanasan yang diperlukan untuk membunuh sejumlah sel semakin singkat.

Paparan Radio-Frekuensi yang diberikan dapat menimbulkan efek termal atau efek panas yang mengakibatkan sel menjadi mati. Hukum joule menuliskan bagaimana tenaga diubah kedalam tenaga termal, yang didalam suatu penghantar merupakan suatu proses yang tidak dapat dibalik (hanya berlangsung satu arah). Ketika terjadi gesekan antara suhu dengan daging dalam waktu yang lama, maka suhu daging akan naik. Gerakan elektro dalam suatu penghantar Radio-Frekuensi dapat digambarkan sebagai serangkaian percepatan yang masing-masing akhirnya bertumbukan dengan salah satu partikel yang tetap dalam suatu penghantar Radio-Frekuensi, elektro itu akan mendapatkan tenaga kinetik pada setiap tumbukan dan tenaga itu berubah menjadi panas. Panas yang dihasilkan akan membuat bakteri yang ada didalam daging mati. Pada saat proses pemaparan berlangsung, terjadi juga proses elektrolisis. Proses elektrolisis terjadi, ketika aliran listrik melalui suatu konduktor (penghantar) Radio-Frekuensi melibatkan perpindahan elektron dari potensial negatif tinggi ke potensial lainnya yang lebih rendah. Elektron yang dilepaskan dari konduktor (penghantar) Radio-Frekuensi sebagai anoda yang menyebabkan terjadi reaksi oksidasi, sedangkan daging sapi yang menerima elektron sebagai katoda yang menyebabkan terjadi reaksi reduksi.

Untuk persentase kadar lemak bakteri kontrol diambil dari komposisi daging menurut Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (2009) dalam Soputan (2004) dalam 100 gram daging dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Komposisi Daging Sapi per 100 gram bahan yang dapat dimakan (Departemen Kesehatan RI, 2009).

| Komposisi | Kandungan |
|---|-----------|
| Kalori (Kal) | 207 |
| Protein (gram) | 18,8 |
| Air (gram) | 66 |
| Lemak (gram) | 14,0 |
| Kalsium (mg/gram) | 11,0 |
| Fosfor (mg/gram) | 170 |
| Besi (mg/gram) | 3,0 |
| Vitamin A ($\mu\text{g}/\text{gram}$) | 30 |
| Vitamin B ($\mu\text{g}/\text{gram}$) | 0,08 |

4.3 Kajian Integrasi Pengaruh Paparan Radio-Frekuensi Terhadap Penurunan Bakteri *Escherichia coli* Pada Daging Sapi

Ajaran Islam mencakup seluruh aspek kehidupan, tak terkecuali masalah makanan. Dalam Islam, makanan merupakan tolak ukur yang dapat mempengaruhi dari segala perilaku kehidupan sehari-hari. Makanan tidak hanya sekedar lahiriyah tetapi juga sebagai kebutuhan spiritual yang berkaitan dengan rohani, iman dan ibadah juga identitas diri bahkan dengan perilaku. Beberapa ayat dalam Al Qur'an secara spesifik membahas tentang makanan termasuk didalamnya regulasi pengawasan makanan. Seperti dalam firman Allah SWT dalam Q.S Al Maidah (5): 88.

وَكُلُوا مِمَّا رَزَقَكُمُ اللَّهُ حَلَالًا طَيِّبَاتٍ وَاتَّقُوا اللَّهَ الَّذِي أَنْتُمْ بِهِ مُؤْمِنُونَ

“Dan makanlah makanan yang halal lagi baik (thayib) dari apa yang telah dirizkikan kepadamu dan bertaqwalah kepada Allah dan kamu beriman kepada-Nya” (Q.S Al Maidah (5): 88).

Dalam Surat Al-Maidah ini menjelaskan bahwa Allah memerintahkan kita untuk memakan makanan yang bukan cuma halal, tapi juga baik (Halalan *Thayyiban*) agar tidak membahayakan tubuh kita. Bahkan perintah ini disejajarkan dengan

bertaqwa kepada Allah, sebagai sebuah perintah yang sangat tegas dan jelas. Istilah *thayyiban* artinya makanan yang baik, yaitu yang mengandung nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh dan tidak menimbulkan efek yang berbahaya bagi kesehatan seperti adanya bakteri berbahaya dalam makanan. Kepedulian Allah SWT sangat besar terhadap soal makanan dan aktifitas makan untuk makhluknya. Hal ini tercermin dari firmanNya dalam Al-Qur'an mengenai kata *a'am* yang berarti "makanan" yang terulang sebanyak 48 kali dalam berbagai bentuknya. Ditambah pula dengan kata *akala* yang berarti "makan" sebagai kata kerja yang tertulis sebanyak 109 kali dalam berbagai derivasinya, termasuk perintah "makanlah" sebanyak 27 kali. Sedangkan kegiatan yang berhubungan dengan makan yaitu "minum" yang dalam bahasa Al-Qur'an disebut *syariba* terulang sebanyak 39 kali (Winata, 2006).

Sedangkan menurut ilmu kesehatan, makanan sehat adalah makanan yang mengandung zat-zat yang dibutuhkan oleh tubuh dan harus memiliki beberapa syarat, yaitu higienis, bergizi dan berkecukupan, akan tetapi tidak harus makanan mahal dan enak. Makanan higienis adalah makanan yang tidak terkena kuman atau zat yang dapat mengganggu kesehatan. Makanan bergizi adalah makanan yang memiliki jumlah kandungan karbohidrat, protein, lemak, dan vitamin yang cukup untuk tubuh. Sedangkan makanan berkecukupan adalah makanan yang sesuai dengan kebutuhan berdasarkan usia dan kondisi tubuh. Selain persyaratan di atas, makanan sehat itu dipengaruhi oleh cara memasaknya, suhu makanan pada saat penyajian dan bahan makanan yang mudah dicerna. Tujuan dari mengonsumsi makanan yang sehat bagi tubuh adalah untuk menjaga agar badan tetap sehat, tumbuh dan berkembang dengan baik. Sedangkan apabila terpenuhi syarat-syarat tersebut, bukan kesehatan yang didapat tetapi malah terbentuknya penyakit (Voldman, 2006).

Radio-Frekuensi dengan variasi frekuensi dan tegangan menimbulkan efek termal dan proses elektrolisis sehingga elektron-elektron yang bertumbukan yang mampu berinteraksi dengan membran sel bakteri hingga dapat memecahkan membran sel dan menghambat atau menonaktifkan bakteri *Escherichia coli*. Jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* yang masih aktif sebelum dipapari radio-frekuensi dengan variasi frekuensi dan tegangan selama 60 menit adalah 148.10^2 CFU/ml. Untuk jumlah

koloni bakteri *Escherichia coli* yang masih aktif dengan frekuensi sebesar 50 kHz pada tegangan sebesar 4 V dan 10 V adalah 80.10^2 CFU/ml dan 51.10^2 CFU/ml, sedangkan untuk persentase penurunan jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* adalah 45,9 % dan 65,5 %. Lalu, untuk jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* yang masih aktif dengan frekuensi sebesar 100 kHz pada tegangan sebesar 4 V dan 10 V adalah 35.10^2 CFU/ml dan 33.10^2 CFU/ml, sedangkan untuk persentase penurunan jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* adalah 76,3 % dan 77,7 %. Kemudian, untuk jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* yang masih aktif dengan frekuensi sebesar 150 kHz pada tegangan sebesar 4 V dan 10 V adalah 32.10^2 CFU/ml dan 29.10^2 CFU/ml, sedangkan untuk persentase penurunan jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* adalah 78,3 % dan 80,4 %. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar frekuensi dan tegangan yang diberikan oleh radio-frekuensi maka semakin kecil jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* yang masih aktif sedangkan presentase penurunan jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* mengalami peningkatan.

Paparan Radio-Frekuensi dengan variasi tegangan memberikan pengaruh juga terhadap kadar lemak daging sapi. Daging sapi dengan berat 100 gram ketentuan dari Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (2009) sebelum dipapari radio-frekuensi variasi frekuensi dan tegangan menghasilkan kadar lemak sebesar 14 %. Lalu, daging sapi dengan 10 gram dipapari radio-frekuensi dengan frekuensi sebesar 50 kHz pada tegangan sebesar 10 V menghasilkan kadar lemak sebesar 1,4 %, bila disesuaikan dengan ketentuan dari Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (2009) daging sapi dengan berat 100 gram kadar lemak yang diperoleh sebesar 14 %. Ketika daging sapi dengan berat 10 gram frekuensi dinaikkan sebesar 100 kHz dengan tegangan sebesar 10 V menghasilkan kadar lemak sebesar 1,43 %, bila disesuaikan dengan ketentuan dari Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (2009) daging sapi dengan berat 100 gram kadar lemak yang diperoleh sebesar 14,3 %. Lalu, daging sapi dengan berat 10 gram frekuensi dinaikkan lagi sebesar 150 kHz dengan tegangan sebesar 10 V menghasilkan kadar lemak sebesar 0,81 %, bila disesuaikan dengan ketentuan dari Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (2009) daging sapi dengan berat 100 gram kadar lemak yang diperoleh sebesar 8,1 %. Kemudian penambahan frekuensi

mengakibatkan suhu juga semakin meningkat. Suhu yang meningkat terjadi karena molekul udara yang masuk dalam tabung yang terisolasi mengalami tabrakan dan gesekan, sehingga ketika intensitas radio-frekuensi tersebut mengenai suatu permukaan jaringan akan terjadi perpindahan energi kalor yang menyebabkan timbul efek termal pada jaringan. Efek termal yang terjadi mengakibatkan perubahan temperatur, bakteri akan tumbuh optimal pada suhu tubuh $\pm 37^{\circ}\text{C}$ (Gibson, 1996). Data penelitian diatas juga menunjukkan penurunan jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* karena perubahan suhu yang terjadi akibat penambahan frekuensi. Hal ini menunjukkan bahwa pemaparan radio-frekuensi dengan variasi frekuensi dan tegangan memberikan pengaruh terhadap pola pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan perubahan kadar lemak daging sapi.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai efek paparan radio-frekuensi dengan variasi frekuensi dan tegangan terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* serta kadar lemak pada daging sapi dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Radio-Frekuensi dengan frekuensi sebesar 50 kHz, 100 kHz, dan 150 kHz pada tegangan sebesar 4 V dan 10 V untuk masing-masing frekuensinya dapat menghambat pertumbuhan jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* pada daging sapi. Penurunan koloni bakteri yang signifikan terjadi pada frekuensi sebesar 150 kHz dengan tegangan sebesar 10 V, jumlah bakterinya adalah 29.10^2 CFU/ml dengan persentase penurunan jumlah koloni bakteri yaitu 80,4 %.
2. Pada saat tidak diberi perlakuan radio-frekuensi dengan yang diberi perlakuan radio-frekuensi mengalami perubahan yang signifikan, tetapi ketika diberi perlakuan radio-frekuensi antara frekuensi satu dengan frekuensi lainnya hanya mengalami sedikit perubahan sehingga merusak kadar lemak daging sapi.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, maka disarankan:

1. Penelitian ini bisa dilanjutkan dengan menggunakan jenis bakteri lain.
2. Penelitian ini bisa dilanjutkan dengan variasi lama waktu paparan radio-frekuensi.
3. Penelitian tentang kadar lemak disarankan agar waktu antara paparan radio-frekuensi dengan perhitungan kadar lemak tidak terlalu lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Alonso, Marcelo. 1994. *Fundamental Physics of University*. Jakarta: Airlangga.
- Al-Qur'an. 2009. *Al-Qur'an dan Terjemahnya*. Jakarta: Departemen Agama RI.
- Arisman. 2009. *Buku Ajar Ilmu Gizi Keracunan Makanan*. Jakarta: EGC.
- Brooks, Geo F, et al. 2001. *Medical Microbiology Twenty Second Edition*. McGraw-Hill Inc.
- Corio, Dean dkk. 2014. *Teknologi Sistem Plasma Radio-Frekuensi (RF) untuk Menghilangkan Bakteri Escherichia coli pada Air Minum*. Padang: Universitas Andalas dan Universitas Bung Hatta.
- Crumpton, M.J. 2005. *The Bernal Lecture 2004 Are low-frequency electromagnetic fields a health hazard?*. Phi. Trans. R. Soc.B.360: 1223-1230.
- Departemen Kesehatan RI. 2009. *Pedoman Pelayanan Antenatal di Tingkat Pelayanan Dasar*. Jakarta: Depkes RI.
- Gibson, Ivancevich, Donnelly. 1996. *Organisasi, Perilaku, Struktur, Proses*. Jakarta: Penerbit Binarupa Aksara.
- Harahap IS, Tjahjono B. 1988. *Pengendalian Hama Penyakit Padi*. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
- 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.
- Muhadi, Zulki dkk. 2015. *Penghilangan Kandungan Mikroorganisme pada Air dengan Menggunakan Sistem Plasma Radio-Frekuensi secara Kontinyu*. Padang: Universitas Bung Hatta.
- Mulyati, Sri dan Hendrawan. 2003. *Kimia Fisika II*. IMSTEP JICA.
- Muslim, Choirul., Hawa, La Choviya., Argo, Dwi Bambang. 2013. *Pasteurisasi Non-Termal Pada Susu Sapi Segar untuk Inaktivasi Bakteri Staphylococcus aureus Berbasis Pulse Electric Field (PEF)*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Nurwachid dan Santosa, Budi. 2006. *Kimia Fisika II*. Semarang: Jurusan Kimia FMIPA UNNES.

- Pelezar, M.J, Chan, E.C.S. 2007. *Dasar-dasar Mikrobiologi Jilid ke-1*. Hadioetomo, R. S., Imas, T., Tjitrosomo, S. S., Angka, S. L., penerjemah. Jakarta: UI Press. Terjemahan dari Elements of Microbiology.
- Purwani, E., Retnaningtyas, Dyah Widowati. 2008. *Pengembangan Pengawet Alami dari Ekstrak Lengkuas, Kunyit, dan Jahe pada Daging dan Ikan Segar*. Surakarta: Laporan Penelitian Fakultas Ilmu Kedokteran Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Salim, Emil. 2013. *Sukses Bisnis dan Beternak Sapi Potong*. Yogyakarta: ANDI OFFSET.
- Serway, A. Raymond. 2010. *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*. USA: Dartmouth Publishing, inc.
- Sutrisno. 1979. *Fisika Dasar Gelombang dan Optik*. Bandung: ITB.
- Tartila, dkk. 2015. *Pengaruh Frekuensi Terhadap Efisiensi Penghilangan Mikroorganisme dengan Sistem Plasma Radio Frekuensi*. Padang: Universitas Bung Hatta dan Universitas Andalas.
- Todar, K. 2008. *Staphylococcus aureus and Staphylococcal Disease*. USA.
- Voldman, J. 2006. *Electrical forces for microscale cell manipulation, Annu Rev, Biomed. Eng*, 8:425-454.
- Winata, Tiench Tirta. 2006. *Makanan Dalam Perspektif Al-Qur'an Dan Ilmu Gizi*. Jakarta: Balai Penerbit FKUI.
- Zemansky dan Sears. 2006. *Fisika Universitas*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Lampiran 1 Data Hasil Penelitian1. Data Hasil Jumlah Koloni Bakteri *Escherichia coli* Daging Sapi

| Frekuensi (kHz) | Tegangan (V) | Jumlah Koloni Bakteri (CFU/ml) | | | Rata-rata (CFU/ml) |
|-----------------|--------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| Kontrol | | 105.10 ² | 120.10 ² | 220.10 ² | 148.10 ² |
| 50 kHz | 4 V | 89.10 ² | 75.10 ² | 76.10 ² | 80.10 ² |
| | 10 V | 28.10 ² | 57.10 ² | 68.10 ² | 51.10 ² |
| 100 kHz | 4 V | 26.10 ² | 25.10 ² | 55.10 ² | 35.10 ² |
| | 10 V | 48.10 ² | 20.10 ² | 30.10 ² | 33.10 ² |
| 150 kHz | 4 V | 39.10 ² | 22.10 ² | 35.10 ² | 32.10 ² |
| | 10 V | 41.10 ² | 31.10 ² | 14.10 ² | 29.10 ² |

2. Data Hasil Persentase Penurunan Jumlah Bakteri *Escherichia coli*

| Frekuensi (kHz) | Tegangan (V) | Persentase Penurunan Jumlah Koloni Bakteri |
|-----------------|--------------|--|
| 50 kHz | 4 V | 45,9 % |
| | 10 V | 65,5 % |
| 100 kHz | 4 V | 76,3 % |
| | 10 V | 77,7 % |
| 150 kHz | 4 V | 78,3 % |
| | 10 V | 80,4 % |

3. Data Hasil Kadar Lemak Daging Sapi

| Frekuensi (kHz) | Tegangan (V) | Kadar Lemak |
|-----------------|--------------|-------------|
| Kontrol | | 14 % |
| 50 kHz | 10 V | 1,4 % |
| 100 kHz | 10 V | 1,43 % |
| 150 kHz | 10 V | 0,81 % |

Lampiran 2 Perhitungan

1.1 Hasil Jumlah Koloni Bakteri *Escherichia coli* Daging Sapi

1. Rata-rata jumlah koloni bakteri pada bakteri kontrol

Cara Menghitung: $\Sigma \text{ sel/ml} = \Sigma \text{ koloni} \times \frac{1}{10^{-n}} = 148 \times \frac{1}{10^{-2}} = 148 \times 10^2 \text{ CFU/ml}$

2. Rata-rata jumlah koloni bakteri pada frekuensi 50 kHz dan tegangan 4 V

Cara Menghitung: $\Sigma \text{ sel/ml} = \Sigma \text{ koloni} \times \frac{1}{10^{-n}} = 80 \times \frac{1}{10^{-2}} = 80 \times 10^2 \text{ CFU/ml}$

3. Rata-rata jumlah koloni bakteri pada frekuensi 50 kHz dan tegangan 10 V

Cara Menghitung: $\Sigma \text{ sel/ml} = \Sigma \text{ koloni} \times \frac{1}{10^{-n}} = 51 \times \frac{1}{10^{-2}} = 51 \times 10^2 \text{ CFU/ml}$

4. Rata-rata jumlah koloni bakteri pada frekuensi 100 kHz dan tegangan 4 V

Cara Menghitung: $\Sigma \text{ sel/ml} = \Sigma \text{ koloni} \times \frac{1}{10^{-n}} = 35 \times \frac{1}{10^{-2}} = 35 \times 10^2 \text{ CFU/ml}$

5. Rata-rata jumlah koloni bakteri pada frekuensi 100 kHz dan tegangan 10 V

Cara Menghitung: $\Sigma \text{ sel/ml} = \Sigma \text{ koloni} \times \frac{1}{10^{-n}} = 33 \times \frac{1}{10^{-2}} = 33 \times 10^2 \text{ CFU/ml}$

6. Rata-rata jumlah koloni bakteri pada frekuensi 150 kHz dan tegangan 4 V

Cara Menghitung: $\Sigma \text{ sel/ml} = \Sigma \text{ koloni} \times \frac{1}{10^{-n}} = 32 \times \frac{1}{10^{-2}} = 32 \times 10^2 \text{ CFU/ml}$

7. Rata-rata jumlah koloni bakteri pada frekuensi 150 kHz dan tegangan 10 V

Cara Menghitung: $\Sigma \text{ sel/ml} = \Sigma \text{ koloni} \times \frac{1}{10^{-n}} = 29 \times \frac{1}{10^{-2}} = 29 \times 10^2 \text{ CFU/ml}$

1.2 Hasil Persentase Penurunan Jumlah Bakteri *Escherichia coli*

1. Persentase Penurunan Jumlah Bakteri *Escherichia coli* pada frekuensi 50 kHz dan tegangan 4 V

Cara Menghitung: $\% = \frac{N_o - N}{N_o} \times 100 \% = \frac{14800 - 8000}{14800} \times 100 \% = 45,9 \%$

2. Persentase Penurunan Jumlah Bakteri *Escherichia coli* pada frekuensi 50 kHz dan tegangan 10 V

Cara Menghitung: $\% = \frac{N_o - N}{N_o} \times 100 \% = \frac{14800 - 5100}{14800} \times 100 \% = 65,5 \%$

3. Persentase Penurunan Jumlah Bakteri *Escherichia coli* pada frekuensi 100 kHz dan tegangan 4 V

Cara Menghitung: $\% = \frac{N_o - N}{N_o} \times 100 \% = \frac{14800 - 3500}{14800} \times 100 \% = 76,3 \%$

4. Persentase Penurunan Jumlah Bakteri *Escherichia coli* pada frekuensi 100 kHz dan tegangan 10 V

Cara Menghitung: $\% = \frac{N_o - N}{N_o} \times 100 \% = \frac{14800 - 3300}{14800} \times 100 \% = 77,7 \%$

5. Persentase Penurunan Jumlah Bakteri *Escherichia coli* pada frekuensi 150 kHz dan tegangan 4 V

Cara Menghitung: $\% = \frac{N_o - N}{N_o} \times 100 \% = \frac{14800 - 3200}{14800} \times 100 \% = 78,3 \%$

6. Persentase Penurunan Jumlah Bakteri *Escherichia coli* pada frekuensi 150 kHz dan tegangan 10 V

Cara Menghitung: $\% = \frac{N_o - N}{N_o} \times 100 \% = \frac{14800 - 3200}{14800} \times 100 \% = 80,4 \%$

Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian Bakteri Pada Daging Sapi



Pembuatan Media NA



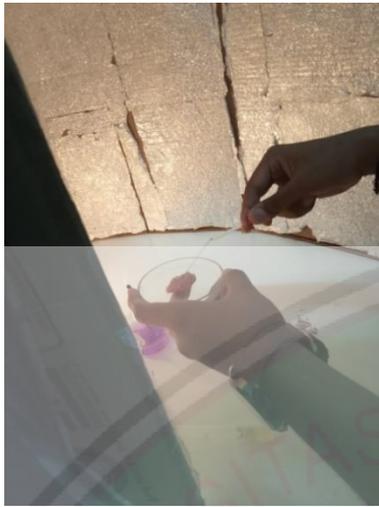
Penumbuhan Bakteri pada Media NA



Media NA yang ditumbuhi Bakteri



Diinkubasi pada Inkubator



Penanaman Bakteri pada Daging Sapi



Diinkubasi pada Inkubator



Daging Sapi yang ditumbuhi Bakteri



Daging Sapi dipapari Radio-Frekuensi



Pengenceran Bakteri pada Daging Sapi



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

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Rico Sudono
NIM : 13640041
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Fisika
Judul Skripsi : Pengaruh Paparan Radio-Frekuensi Untuk Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* Pada Daging Sapi
Pembimbing I : Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si
Pembimbing II : Drs. Abdul Basid, M.Si

| NO | TANGGAL | MATERI | TANDA TANGAN |
|----|------------------|---------------------------------------|--------------|
| 1 | 27 November 2018 | Konsultasi Bab I, II, dan III | |
| 2 | 15 Maret 2019 | Konsultasi Data | |
| 3 | 18 April 2019 | Konsultasi Pengolahan Data | |
| 4 | 10 Mei 2019 | Konsultasi Hasil Analisa | |
| 5 | 29 Mei 2019 | Konsultasi Kajian Agama | |
| 6 | 17 Juni 2019 | Konsultasi Bab IV dan V | |
| 7 | 20 Juni 2019 | Konsultasi Kajian Agama dan Acc | |
| 8 | 21 Juni 2019 | Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan Acc | |

Malang, 20 Juni 2019
Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

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