

**PENGARUH PAPARAN GELOMBANG ULTRASONIK TERHADAP
PERTUMBUHAN BAKTERI *Escherichia coli*, KADAR PROTEIN DAN PH
PADA DAGING SAPI**

SKRIPSI

Oleh:
FARHATUS SYANIAH AGUSTINA
NIM. 18640015



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

HALAMAN PENGAJUAN

**PENGARUH PAPARAN GELOMBANG ULTRASONIK TERHADAP
PERTUMBUHAN BAKTERI *Escherichia coli*, KADAR PROTEIN 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 (S.Si)**

Oleh:

**Farhatus Syaniah Agustina
NIM. 18640015**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH PAPARAN GELOMBANG ULTRASONIK TERHADAP
PERTUMBUHAN BAKTERI *Escherichia coli*, KADAR PROTEIN DAN PH
PADA DAGING SAPI**

SKRIPSI

Oleh:
Farhatus Syaniah Agustina
NIM. 18640015

Telah diperiksa dan disetujui untuk Diuji:
Pada tanggal, 18 April 2022

Pembimbing I



Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes.
NIP. 19750808 199903 1 003

Pembimbing II



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

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si.
NIP. 19740730 200312 1 002

HALAMAN PENGESAHAN

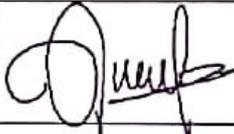
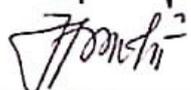
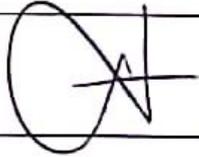
PENGARUH PAPARAN GELOMBANG ULTRASONIK TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI *Escherichia coli*, KADAR PROTEIN DAN PH PADA DAGING SAPI

SKRIPSI

Oleh:

Farhatu Svaniah Agustina
NIM. 18640015

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 18 Mei 2022

Penguji Utama	<u>Dr. H. M. Tirono, M.Si.</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Ketua Penguji	<u>Ahmad Luthfin, S.Si., M.Si.</u> NIP. 19860504 201903 1 009	
Sekretaris Penguji	<u>Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes.</u> NIP. 19750808 199903 1 003	
Anggota Penguji	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si.</u> NIP. 19650504 1990031 003	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si.
NIP. 19740730 200312 1 002

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Farhatus Syaniah Agustina
NIM : 18640015
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik Terhadap
Pertumbuhan Bakteri *Escherechia coli*, Kadar Protein 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 mempertanggungjawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 5 Mei 2022

Yang Membuat Pernyataan,



Farhatus Syaniah Agustina
NIM. 18640015

MOTTO

Sabar, Ikhlas dan Tawakkal

Sesungguhnya

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”.

(Q.S. Al-Baqarah: 286)

Karena

"Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan". (Q.S. Al-Insyirah: 8)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Pertama puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT dengan segala nikmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar. Skripsi ini saya persembahkan kepada :

- Bapak Abdul Kholiq, B.A dan ibu Fulatul Anifah yang telah mendoakan serta memberikan semangat serta motivasi berupa apapun itu kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
- Kepada kakak (Nur Fatihatul Ikmala) dan adik-adik (Abdullah Hasan, Moh. Zuliardi Adnan dan Nafisatun Nufus) yang selalu mensupport penulis demi kelancaran terselesainya skripsi ini.
- Kepada keluarga besar penulis terimakasih atas dukungan serta hiburannya sehingga penulis dapat semangat menyelesaikan skripsi ini.
- Kepada teman-teman fisika terkhusus teman-teman Biofisika 2018 yang sama-sama berjuang dan saling menyemangati.
- Teman-teman kost mama lalin (Andina, Andini, Uti dan Nadia) yang sudah mau direpotkan dalam hal apapun itu.

Semoga do'a, motivasi dan semangat yang telah kalian berikan kepada penulis dapat menjadi amal kebaikan kepada kalian semua.

Amiin ya rabbal alamiin

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kepada Allah SWT dengan segala nikmat dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherechia coli*, Kadar Protein dan pH pada Daging Sapi**” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu terselesainya skripsi ini, ucapan terimakasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A 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. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes selaku Dosen Pembimbing skripsi yang telah bersedia meluangkan banyak waktunya dan memberi kritik serta sarannya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Dosen Pembimbing Integrasi yang telah bersedia meluangkan waktu waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi Sains dan Al-Qur'an.
6. Segenap Dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengamalkan ilmunya, membimbing dan memberikan pengarahan serta membantu selama proses skripsi.

7. Kedua orangtua Bapak Abdul Kholiq, B.A dan Ibu Fulatul Anifah dan keluarga besar yang selalu mendukung dan memberikan do'a serta semangat sehingga skripsi ini dapat terselesaikan tepat waktu.
8. Teman seperjuangan Fisika 2018 yang telah membantu dan memberikan energi positif sehingga penulis bersemangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Semua pihak yang telah membantu penulis saat membutuhkan bantuan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat, tambahan ilmu dan dapat menjadikan inspirasi kepada para pembaca *Amiin Ya Rabbal Alamiin*.

Wassalamuailakum Wr.Wb.

Malang, 5 Mei 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	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
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Manfaat Penelitian	8
1.5 Batasan Masalah	9
BAB II KAJIAN PUSTAKA	10
2.1 Gelombang Ultrasonik	10
2.1.1 Hubungan Gelombang Ultrasonik Terhadap Energi dan Intensitas	11
2.1.2 Hubungan Intensitas Gelombang Ultrasonik Terhadap Amplitudo dan Frekuensi	12
2.1.3 Hubungan Intensitas Gelombang Ultrasonik Terhadap Jarak	13
2.1.4 Hubungan Gelombang Ultrasonik Terhadap Suhu pada Jaringan	14
2.1.5 Hubungan Gelombang Ultrasonik Terhadap Kavitasasi pada Jaringan ..	16
2.1.6 Sifat Gelombang Ultrasonik	17
2.2 Bakteri	19
2.2.1 Struktur Bakteri	20
2.2.2 Bakteri Escherechia coli	21
2.2.3 Karakteristik Bakteri Escherechia coli	23
2.2.4 Patogenitas	25
2.2.5 Pengaruh Gelombang Ultrasonik Terhadap Pertumbuhan Bakteri	26
2.2.6 Pengaruh Suhu Terhadap Pertumbuhan Bakteri	28
2.3 Daging Sapi	31
2.3.1 Komposisi Kimia Daging	32
2.3.2 Denaturasi Protein	34
2.3.3 Penurunan pH	35
2.3.4 Pencemaran Oleh Mikroorganisme	35
BAB III METODE PENELITIAN	37
3.1 Jenis Penelitian	37
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	37
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	37

3.3.1	Alat	37
3.3.2	Bahan	38
3.4	Diagram Alir	40
3.5	Langkah Penelitian.....	41
3.5.1	Sterilisasi Daging Sapi	41
3.5.2	Penumbuhan Bakteri <i>Escherechia coli</i>	41
3.5.3	Pemindahan Bakteri <i>Escherechia coli</i> ke Permukaan Daging Sapi	41
3.5.4	Merangkai Alat Gelombang Ultrasonik	42
3.5.5	Pemaparan Gelombang Ultrasonik.....	42
3.5.6	Pengenceran.....	43
3.5.7	Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri	44
3.5.8	Pengukuran Kadar Protein.....	44
3.5.9	Pengukuran Nilai pH	45
3.6	Teknik Pengumpulan Data.....	45
3.6.1	Teknik Pengumpulan Data Jumlah Bakteri	45
3.6.2	Teknik Pengumpulan Data Kadar Protein	46
3.6.3	Teknik Pengumpulan Data Nilai pH	46
3.7	Teknik Analisis Data.....	47
3.7.1	Teknik Analisis Data Jumlah Bakteri	47
3.7.2	Teknik Analisis Data Kadar Protein	47
3.7.3	Teknik Analisis Data Nilai pH	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		48
4.1	Data Hasil Penelitian.....	48
4.1.1	Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Escherechia coli</i>	48
4.1.2	Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Kadar Protein	55
4.1.3	Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik Terhadap pH Daging Sapi.	58
4.2	Pembahasan.....	62
4.2.1	Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Escherechia coli</i>	62
4.2.2	Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Kadar Protein	65
4.2.3	Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik Terhadap pH Daging Sapi.	66
4.2.4	Makanan Thayyiban dalam Pandangan Islam	67
BAB V PENUTUP		69
5.1	Kesimpulan	69
5.2	Saran	70
DAFTAR PUSTAKA		71
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Gelombang ultrasonik datang normal pada bidang batas medium 1 dan medium 2	18
Gambar 2. 2	Bentuk Bakteri <i>Escherechia coli</i>	22
Gambar 2. 3	Kurva Suhu Optimum Pertumbuhan Bakteri	29
Gambar 2. 4	Kurva Pengaruh Suhu Terhadap Pertumbuhan Bakteri.....	30
Gambar 3. 1	Diagram Alir Penelitian.....	40
Gambar 3. 2	Proses Pengenceran dalam Metode Total Coloni (TPC).....	44
Gambar 4. 1	Grafik Pengaruh Pertumbuhan Bakteri <i>Escherechia coli</i> Terhadap Paparan Gelombang Ultrasonik.....	51
Gambar 4. 2	Grafik Pertumbuhan Jumlah Bakteri Terhadap Paparan Gelombang Ultrasonik dengan Variasi Frekuensi dan Waktu Paparan	53
Gambar 4. 3	Grafik Penurunan Kadar Protein Daging Sapi setekah dipapari Gelombang Ultrasonik.....	58
Gambar 4. 4	Diagram Penurunan Nilai pH	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Komposisi Daging Sapi per 100 gr bahan yang dapat dimakan (Departemen Kesehatan RI, 2009).....	33
Tabel 3. 1	Pengumpulan Data Jumlah Bakteri.....	45
Tabel 3. 2	Pengumpulan Data Kadar Protein Daging Sapi.....	46
Tabel 3. 3	Pengumpulan Data Nilai pH Daging Sapi	47
Tabel 4. 1	Data Hasil Paparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Escherechia coli</i>	50
Tabel 4. 2	Data Hasil Prosentase Penurunan Jumlah Bakteri	52
Tabel 4. 3	Hasil Uji ANOVA pada Penurunan Jumlah Bakteri	54
Tabel 4. 4	Hasil Uji DMRT Variasi Frekuensi pada Jumlah Bakteri	54
Tabel 4. 5	Hasil Uji DMRT Variasi Lama Paparan pada Jumlah Bakteri.....	55
Tabel 4. 6	Data Hasil Paparan Gelombang Ultrasonik terhadap Kadar Protein	56
Tabel 4. 7	Data Hasil Paparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Nilai pH pada Daging Sapi.....	59
Tabel 4. 8	Hasil Uji ANOVA terhadap Nilai pH.....	61
Tabel 4. 9	Hasil Uji DMRT Variasi Frekuensi pada Nilai pH.....	61
Tabel 4. 10	Hasil Uji DMRT Variasi Lama Paparan pada Nilai pH	61

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Data Jumlah Koloni Bakteri *Escherechia coli* pada Daging Sapi
- Lampiran 2. Gambar Penelitian
- Lampiran 3. Hasil Analisis Uji Anova
- Lampiran 4. Hasil Analisis Uji Lanjutan DMRT
- Lampiran 5. Bukti Konsultasi Skripsi

ABSTRAK

Agustina, Farhatus Syaniah. 2022. **Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli*, Kadar Protein Dan pH pada Daging Sapi**. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes (II) Dr. Abdul Basid, M.Si

Kata kunci: Gelombang Ultrasonik, Frekuensi, Bakteri *Escherichia coli*, dan Daging Sapi.

Bakteri *Escherichia coli* merupakan salah satu bakteri yang hidup didalam daging sapi, keberadaan bakteri *Escherichia coli* dapat mempercepat proses pembusukan daging sapi. Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk pengawetan daging sapi yaitu dengan menggunakan gelombang ultrasonik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh paparan gelombang ultrasonik terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*, kadar protein dan pH pada daging sapi. Frekuensi yang digunakan yaitu 750 KHz, 800 KHz dan 850 KHz dengan variasi waktu 10 menit, 20 menit dan 30 menit. Metode yang dilakukan adalah dengan cara memapari sampel (daging sapi) menggunakan gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi dan lama paparan, kemudian dilakukan Total Plate Coloni (TPC) dan dihitung jumlah koloni bakteri, kadar protein dan pH. Data hasil penelitian jumlah bakteri, kadar protein dan pH dianalisis menggunakan grafik. Hasil analisis menunjukkan bahwa jumlah bakteri *Escherichia coli*, kadar protein dan pH daging sapi menurun setelah dipapari gelombang ultrasonik. Penurunan jumlah bakteri yang paling optimal terjadi pada frekuensi 850 KHz dengan lama paparan 30 menit yaitu $46,7 \cdot 10^7$ CFU/ml. Sedangkan kadar protein dan pH daging sapi tidak banyak mempengaruhi penurunan akibat paparan gelombang ultrasonik sehingga pengaruh paparan gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi dan lama paparan terhadap kadar protein dan pH daging sapi tidak terlalu signifikan penurunannya.

ABSTRACT

Agustina, Farhatus Syaaniah. 2022. **Effect of Ultrasonic Wave Exposure on *Escherichia coli* Bacteria Growth, Protein Levels and pH in Beef**. Essay. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Supervisor: (I) Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes (II) Dr. Abdul Basid, M. Si

Keywords: Ultrasonic Waves, Frequency, *Escherichia coli* Bacteria and Beef.

Escherichia coli bacteria are one of the bacteria that live in beef, the presence of *Escherichia coli* bacteria can accelerate the process of spoilage of beef. One alternative that can be used for beef preservation is using ultrasonic waves. This study aims to determine the effect of exposure to ultrasonic waves on the growth of *Escherichia coli* bacteria, protein content and pH in beef. The frequencies used are 750 KHz, 800 KHz and 850 KHz with time variations of 10 minutes, 20 minutes and 30 minutes. The method used is by exposing the sample (beef) using ultrasonic waves with variations in frequency and duration of exposure, then Total Plate Colony (TPC) is performed and the number of bacterial colonies, protein content and pH is calculated. The data from the research on the number of bacteria, protein content and pH were analyzed using graphs. The results of the analysis showed that the number of *Escherichia coli* bacteria, protein content and pH of beef decreased after being exposed to ultrasonic waves. The most optimal decrease in the number of bacteria occurred at a frequency of 850 KHz with an exposure duration of 30 minutes, which was $46.7 \cdot 10^7$ CFU/ml. While the protein content and pH of beef did not significantly affect the decrease due to exposure to ultrasonic waves so that the effect of exposure to ultrasonic waves with variations in frequency and duration of exposure to protein content and pH of beef was not significantly decreased.

مستخلص البحث

أغوستينا، فرحة الثانية. 2022. تأثير التعرض للموجات فوق الصوتية على نمو بكتيريا الإشريكية القولونية ومستويات البروتين ودرجة الحموضة في لحم البقر. البحث الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الحكومية الإسلامية مالانج. المشرف: (I) أغوس موليونو الماجستير (2) عبد الباسيد الماجستير

الكلمات الرئيسية: الموجات فوق الصوتية ، التردد ، بكتيريا الإشريكية القولونية و لحم البقر.

تعد بكتيريا الإشريكية القولونية إحدى البكتيريا التي تعيش في لحم البقر ، ويمكن أن يؤدي وجود بكتيريا الإشريكية القولونية إلى تسريع عملية تلف لحم البقر. صلاح ساتو البديل بانغ دابات ديجوناكان إلى بينجاويتان داجينج سابي يابيتو دينجان مينجونانجان جيلومبانج أولتراسونيك. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد تأثير التعرض للموجات فوق الصوتية على نمو بكتيريا الإشريكية القولونية ومحتوى البروتين ودرجة الحموضة في لحم البقر. الترددات المستخدمة هي 750 كيلو هرتز و 800 كيلو هرتز و 850 كيلو هرتز بتغيرات زمنية تبلغ 10 دقائق و 20 دقيقة و 30 دقيقة. الطريقة المستخدمة هي تعريض العينة (لحم البقر) باستخدام الموجات فوق الصوتية مع تغيرات في وتيرة ومدة التعرض ، ثم يتم إجراء مستعمرة الصفائح الكلية (TPC) وحساب عدد المستعمرات البكتيرية ومحتوى البروتين ودرجة الحموضة. تم تحليل البيانات من البحث عن عدد البكتيريا ومحتوى البروتين ودرجة الحموضة باستخدام الرسوم البيانية. أظهرت نتائج التحليل أن عدد بكتيريا الإشريكية القولونية ومحتوى البروتين ودرجة الحموضة في لحم البقر انخفض بعد تعرضه للموجات فوق الصوتية. حدث الانخفاض الأمثل في عدد البكتيريا عند تردد 850 كيلو هرتز مع مدة تعرض لمدة 30 دقيقة ، والتي كانت $46,7 \cdot 10^7$ CFU/ml. بينما لم يؤثر محتوى البروتين ودرجة الحموضة في لحم البقر بشكل كبير على الانخفاض بسبب التعرض للموجات فوق الصوتية بحيث لم ينخفض تأثير التعرض للموجات فوق الصوتية مع تغيرات في وتيرة ومدة التعرض لمحتوى البروتين ودرجة حموضة اللحم البقري بشكل ملحوظ.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daging sapi merupakan salah satu penghasil protein hewani dan asam amino yang dibutuhkan oleh tubuh untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya. Tidak hanya protein dan asam amino yang dihasilkan, daging sapi juga kaya akan air, lemak, dan komponen organik lainnya. Kebutuhan daging sapi untuk dikonsumsi terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk, perkembangan ekonomi, perubahan gaya hidup, kesadaran gizi dan meningkatnya tingkat pendidikan karena daging sapi merupakan protein hewani dengan nilai gizi yang tinggi dengan komposisi 75% air, 18% protein, 3,5% zat-zat non protein yang dapat larut.

Nilai gizi baik yang terdapat pada daging sapi sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme yang hidup di dalamnya. Akibat dari adanya pertumbuhan mikroorganisme tersebut dapat menyebabkan dampak pada kandungan gizi yang ada di dalam daging sapi. Kadar bakteri atau mikroorganisme pada daging sapi akan terus meningkat dari waktu ke waktu. Karena peningkatan bakteri pada daging sapi akan menurunkan kualitas daging sapi tersebut dan apabila dikonsumsi oleh masyarakat dapat menyebabkan masalah kesehatan.

Telah dijelaskan dalam al-qur'an bahwa manusia harus memperhatikan makanannya sebelum mengkonsuminya. Allah berfirman dalam surat 'Abasa ayat 24 yang berbunyi:

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ إِلَى طَعَامِهِ ۚ

“Maka hendaklah manusia itu memperhatikan makanannya” (Q.S. ‘Abasa [80]:24).

Surat diatas, Allah telah menjelaskan bahwa hendaklah manusia mencermati makanan mereka, bagaimana Kami mengatur dan memudahkan mereka untuk mendapatkannya? Kami menurunkan hujan deras dari langit, kemudian Kami membelah tanah dan mengeluarkan tumbuhan; di bumi Kami telah menumbuhkan biji-bijian, pohon-pohon anggur, rerumputan, pohon zaitun, pohon kurma, dan kebun-kebun yang memiliki pepohonan besar dan buah yang lebat; kalian dapat memanfaatkannya bagi diri kalian sendiri dan bagi binatang ternak kalian hingga beberapa waktu.

Allah juga telah menjelaskan dalam al-qur'an surat An-nahl ayat 114 yang berisi anjuran bagi kaum muslimin agar makan makanan yang halal lagi baik dari rezeki yang telah diberikan oleh Allah SWT.

فَكُلُوا مِمَّا رَزَقَكُمُ اللَّهُ حَلَالًا طَيِّبًا وَاشْكُرُوا نِعْمَتَ اللَّهِ إِنَّ كُنْتُمْ لِيَآئِهِ تَعْبُدُونَ

“Maka makanlah yang halal lagi baik dari rezeki yang telah diberikan Allah kepadamu; dan syukurilah nikmat Allah, jika kamu hanya menyembah kepada-Nya” (Q.S. An-nahl [16]: 114).

Dalam ayat diatas, Allah telah mengharamkan atas kalian bangkai yang tidak disembelih sesuai syariat yaitu selain bangkai hewan laut dan belalang. Dan Allah mengharamkan bagi kalian darah yang memancar kecuali hati dan limpa, dan juga mengharamkan daging babi dan hewan yang disembelih untuk selain Allah. Dan barang siapa yang berada dalam keadaan yang sangat lapar namun tidak mendapatkan makanan halal sedikitpun sehingga memaksanya memakan makanan-makanan yang haram tersebut tanpa berlebih-lebihan dan melewati batas kedaruratannya, maka tidak berdosa baginya memakan makanan tersebut. Sungguh Allah maha mengampuni dosa-dosa para hamba-Nya dan maha mengasihi mereka.

Sebagai penghasil protein terbesar daging sapi merupakan komoditas pangan utama di Indonesia. Dikarenakan banyaknya peternakan sapi, Indonesia menjadi

rentan terhadap penyakit menular atau infeksi yang disebabkan oleh bakteri. Peningkatan keamanan pangan produk pangan yang berasal dari hewan, seperti daging sapi dan olahannya sangat penting untuk ditingkatkan. Hal ini bertujuan untuk menjamin kualitas pangan yang dikonsumsi masyarakat sehingga layak dan aman dikonsumsi untuk mencegah dan mengurangi prevalensi patogen bawaan makanan.

Daging sapi mempunyai kualitas yang baik jika sapi yang disembelih sudah mempunyai ciri-ciri yang telah ditentukan oleh Allah SWT dalam surat Al-baqarah ayat 68 yang berbunyi:

قَالُوا ادْعُ لَنَا رَبَّكَ يُبَيِّنْ لَنَا مَا هِيَ ۚ قَالَ إِنَّهُ يَقُولُ إِنَّهَا بَقَرَةٌ لَا فَارِضٌ وَلَا بُكْرٌ ۖ عَوَانٌ بَيْنَ ذَلِكَ ۚ فَافْعَلُوا مَا تُؤْمَرُونَ

“Mereka menjawab: “Mohonkanlah kepada tuhanmu untuk kami, agar Dia menerangkan kepada kami; sapi betina apakah itu”. Musa menjawab: “Sesungguhnya Allah berfirman bahwa sapi betina itu adalah sapi betina yang tidak tua dan tidak muda; pertengahan antara itu; maka kerjakanlah apa yang diperintahkan kepadamu” (Q.S. Al-baqarah [1]: 68).

Dari surat al-baqarah diatas, Allah SWT menjelaskan tentang daging sapi yang baik menurut agama. Dalam tafsir: Namun mereka tetap mengulangi sifat keras kepala mereka dan berkata: “Mintalah kepada Tuhanmu agar memperjelas ciri dari sapi betina ini”. Musa menjawab: “Allah telah memberitahukanku bahwa sapi itu bukanlah sapi yang tua dan bukan pula yang masih kecil, namun pertengahan diantara keduanya. Maka laksanakanlah perintah itu”.

Kontaminasi bakteri daging sapi dapat terjadi pada saat penyembelihan hewan atau saat daging sapi dijual dipasar tradisional, karena penjualan daging sapi yang ada di pasaran dilakukan dengan cara menjual kiloan sesuai permintaan konsumen, hal ini membuat banyaknya potongan-potongan atau sayatan pada daging yang digantung sehingga membuat luas permukaan daging bertambah dan

mendorong pertumbuhan mikroba atau bakteri. Situasi pasar tradisional dengan segala aktivitas dan kondisi lingkungan sangat berpotensi terjadinya pencemaran terhadap daging sapi yang dipasarkan. Penjualan daging di pasar tradisional dilakukan dalam keadaan terbuka (tidak ada penutup). Daging sapi disajikan di tempat yang kebersihan dan suhu udara tidak terjamin (suhu kamar). Mikroba patogen dapat berkembang biak dengan cepat dalam kondisi ini, salah satu bakteri atau mikroba yang dapat berkembang biak pada daging sapi adalah bakteri *Escherechia coli* atau biasa disebut dengan bakteri *Escherechia coli*. Penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Escherechia coli* adalah diare.

Menurut Widiyanti dan Ristiati (2004), bakteri *Escherechia coli* merupakan bakteri indikator kebersihan atau sanitasi. Bakteri indikator sanitasi adalah bakteri yang keberadaannya dalam pangan menunjukkan bahwa air atau makanan tersebut terkontaminasi oleh feses. Bakteri-bakteri indikator sanitasi umumnya merupakan bakteri yang banyak ditemukan dan hidup pada usus manusia, jadi dengan kehadiran bakteri tersebut dalam air atau makanan menunjukkan bahwa dalam satu arah atau lebih tahap pengolahannya penuh mengalami kontak feses yang berasal dari usus manusia dan mungkin mengandung bakteri patogen lain yang berbahaya (Widiyanti, 2004).

Bakteri *Escherechia coli* dapat sangat cepat berkembang biak pada suhu lingkungan yang hangat, kaya nutrisi dan lingkungan yang bersifat anaerob. Jumlah bakteri *Escherechia coli* di lingkungan tersebut lebih banyak dan akan menyebabkan masalah kesehatan seperti diare. Berbeda apabila bakteri *Escherechia coli* yang hidup di lingkungan yang dingin dan nutrisi yang sangat sedikit serta lingkungan yang bersifat aerobik, jumlah bakteri *Escherechia coli*

yang hidup dilingkungan ini akan lebih sedikit dan kemungkinan kecil dapat menyebabkan masalah kesehatan.

Dalam kehidupan sehari-hari, daging sapi sering disimpan dengan cara didinginkan dengan bantuan lemari es (*refrigerator*). Namun, hal ini menyebabkan daging sapi tersebut mengalami penurunan kandungan gizi yang terkandung didalamnya. Menggunakan suhu rendah untuk menyimpan daging tidak akan membunuh bakteri. Jadi ketika daging sapi tersebut dibekukan dan dikeluarkan dari penyimpanan dan dicairkan kembali maka bakteri atau mikroorganisme dalam daging akan tumbuh cepat seperti sebelum dibekukan. Pendinginan dan pembekuan masing-masing juga memiliki pengaruh yang berbeda terhadap rasa, tekstur, nilai gizi, dan sifat-sifat lainnya. Beberapa makanan, termasuk daging sapi, akan rusak jika suhu penyimpanan yang terlalu rendah. Akan tetapi, penggunaan panas saat memanaskan kembali daging sapi juga berdampak besar pada nilai gizinya.

Karakteristik kandungan daging sapi yang baik untuk dikonsumsi yaitu mengandung kalori 207 kal, protein 18,8 gram, air 66 gram, lemak 14 gram, kalsium 11 mg/gram, fosfor 170 mg/gram, besi 3 mg/gram, Vit A 30 µg/gram dan Vit B 0,08 µg/gram. Hal yang harus diperhatikan saat melakukan proses pengawetan daging sapi adalah dengan cara mempertahankan kandungan gizi yang terdapat pada daging sapi. Salah satu caranya adalah dengan mempertahankan kadar protein dan nilai pH pada daging sapi agar saat proses pengawetan tidak terjadi penurunan yang secara signifikan terhadap kadar protein dan pH pada daging sapi.

Beberapa tahun yang lalu gelombang ultrasonik banyak digunakan dan diaplikasikan pada berbagai produk pangan yang digunakan untuk menjaga kesegaran produk melalui inaktivasi mikroba, namun penerapannya hanya pada

produk perikanan. Pada penelitian ini akan diuji cobakan pada daging sapi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh paparan gelombang ultrasonik terhadap parameter kesegaran. Teknologi pangan saat ini berkembang pesat, dan inovasi-inovasi yang diterapkan juga bertujuan untuk menjaga kualitas produk yang akan dipasarkan agar dapat memenuhi permintaan konsumen. Salah satu industri pangan adalah daging olahan, dalam hal ini memerlukan teknologi yang sederhana dan efisien untuk dapat digunakan dalam produk yang berkualitas tinggi, misalnya pada daging sapi. Sifat dari daging sapi yang sangat mudah rusak memerlukan teknologi alternatif yang dapat membantu menjaga kesegaran dan kualitasnya. Teknologi alternatif yang mudah dan efisien untuk mempertahankan kesegaran dan kualitas daging sapi adalah menggunakan gelombang ultrasonik.

Penelitian sebelumnya oleh Mansyur (2010), yaitu meneliti tentang Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik terhadap Kematian Bakteri *Escherichia coli* dan Optimalisasi Frekuensi Paparan Gelombang Ultrasonik untuk Membunuh Bakteri *Escherichia coli*. Penelitian diatas menunjukkan bahwa gelombang ultrasonik dibangkitkan oleh generator dengan daya 0,42 Watt, frekuensi optimal yang dapat membunuh bakteri *Escherichia coli* adalah 1,05 MHz yang dapat membunuh 40% bakteri dengan lama paparan 15,70 menit.(Mansyur et al., 2010).

Dari penelitian yang dilakukan oleh Mansyur (2010) diatas, menunjukkan bahwa gelombang ultrasonik dapat digunakan sebagai metode alternatif untuk membunuh bakteri yang memiliki manfaat ramah lingkungan, dapat membunuh bakteri melalui metode mekanik dan kavitasi, dan memiliki sifat desinfektan. Namun penelitian ini belum mampu secara maksimal menghambat pertumbuhan

bakteri, hal ini terbukti jika gelombang ultrasonik hanya mampu membunuh bakteri di 40%.

Penelitian lain tentang gelombang ultrasonik juga dilakukan oleh Suwandi (2015) yang menggunakan metode gelombang ultrasonik dengan memberi paparan gelombang ultrasonik untuk membunuh bakteri atau mikroorganisme. Frekuensi sonikasi yang digunakan adalah 20 kHz dalam waktu 6, 9, dan 12 menit. Hasil pengujian gelombang ultrasonik mempengaruhi nilai pH dan TPC pada *fillet* ikan. Hasil uji nilai TPC menunjukkan bahwa sampel dengan durasi waktu 9 menit ($5,2 \times 10^4$ koloni/g) memiliki jumlah mikroba yang lebih rendah dibandingkan sampel tanpa sonikasi ($9,2 \times 10^4$ koloni/g). Kemudian sampel yang disonikasi dengan gelombang ultrasonik mampu menjaga *fillet* ikan tetap segar. Namun, tidak ada pengukuran kandungan protein yang dilakukan dalam penelitian ini. Pengukuran kadar protein juga perlu dilakukan, karena kadar protein penentu kualitas daging yang baik atau tidak untuk dikonsumsi (Suwandi et al., 2015).

Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Mansyur (2010) dan Suwandi (2015) diatas, dapat disimpulkan bahwa penelitian yang dilakukan oleh Mansyur (2010) menggunakan frekuensi gelombang ultrasonik yang sangat tinggi dan hanya bisa membunuh bakteri sekitar 40% dan menyebabkan denaturasi protein akibat tingginya frekuensi yang digunakan. Akan tetapi, penelitian yang telah dilakukan oleh Suwandi (2015) hanya menggunakan frekuensi gelombang ultrasonik yang rendah dan sedikit membunuh bakteri didalam *fillet* ikan nila tanpa mengukur berapa kadar protein yang terdenaturasi.

Berdasarkan pernyataan latar belakang diatas, penulis berinisiatif melakukan penelitian dengan menggunakan frekuensi gelombang ultrasonik yang dapat

membunuh bakteri secara maksimal, akan tetapi tidak banyak menyebabkan denaturasi protein dan penurunan pH yaitu dengan menggunakan variasi frekuensi (750 KHz, 800 KHz dan 850 KHz) dan lama paparan (10 menit, 20 menit dan 30 menit).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh frekuensi dan lama paparan gelombang ultrasonik terhadap pertumbuhan bakteri *Escherechia coli*?
2. Bagaimana pengaruh frekuensi dan lama paparan gelombang ultrasonik terhadap kadar protein pada daging sapi?
3. Bagaimana pengaruh frekuensi dan lama paparan gelombang ultrasonik terhadap nilai pH pada daging sapi?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh frekuensi dan lama paparan gelombang ultrasonik terhadap pertumbuhan bakteri *Escherechia coli*.
2. Untuk mengetahui pengaruh frekuensi dan lama paparan gelombang ultrasonik terhadap kadar protein pada daging sapi.
3. Untuk mengetahui pengaruh frekuensi dan lama paparan gelombang ultrasonik terhadap nilai pH pada daging sapi.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Untuk menambah ilmu pengetahuan dan wawasan mengenai pengaruh paparan gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi dan lama paparan terhadap pertumbuhan bakteri *Escherechia coli*, kadar protein dan pH pada daging sapi.

2. Manfaat bagi Mahasiswa

Untuk menambah pengetahuan tentang pengaruh paparan gelombang ultrasonik jika digunakan sebagai salah satu metode alternatif dalam pengawetan daging sapi.

3. Manfaat bagi Masyarakat

Untuk memberikan pelayanan masyarakat dalam mempermudah proses pemasaran atau pengiriman daging sapi yang akan dipasarkan oleh produsen.

1.5 Batasan Masalah

1. Bakteri yang digunakan hanya bakteri *Escherechia coli*.
2. Sampel yang digunakan adalah daging sapi.
3. Penelitian dilakukan untuk menghitung jumlah koloni bakteri *Escherechia coli*, kadar protein dan nilai pH pada daging sapi.
4. Penelitian ini menitikberatkan pada jumlah bekteri *Escherechia coli* yang masih aktif (hidup) setelah dipapari gelombang ultrasonik.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang bunyi yg dirambatkan menjadi gelombang mekanik yang bisa menjalar pada medium padat, cair, serta gas (Sutrisno,1979). Gelombang ultrasonik ini adalah getaran molekul-molekul zat yang saling beradu satu sama lain tetapi demikian zat tadi terkoordinasi membentuk gelombang dan mentransmisikan tenaga bahkan tanpa terjadi perpindahan partikel (Resnick dan Halliday, 1978).

Gelombang ultrasonik adalah gelombang mekanik yang menggunakan frekuensi di atas 20 kHz. Gelombang ini bisa merambat pada medium padat, cair serta gas, hal ini ditimbulkan sebab gelombang ultrasonik adalah rambatan energi atau tenaga serta momentum mekanik yang menjadi hubungan dengan molekul serta sifat enersia medium yang dilaluinya (Bueche, 1986).

Ciri-ciri gelombang ultrasonik yang melalui medium menyebabkan getaran partikel dengan medium amplitudo sejajar menggunakan arah rambat secara longitudinal sehingga mengakibatkan partikel medium menghasilkan rapatan (*strain*) serta tegangan (*stress*). Proses kontinu yang mengakibatkan terjadinya rapatan serta regangan di dalam medium disebabkan oleh getaran partikel secara periodik selama gelombang ultrasonik yang melaluinya (Resnick dan Halliday, 1978).

Gelombang ultrasonik ini tak jarang digunakan untuk investigasi kualitas produksi di dalam industri. Di bidang kedokteran, frekuensi yang tinggi berasal gelombang ultrasonik ini memiliki daya tembus jaringan yang sangat kuat sebagai

akibatnya tak jarang dipergunakan untuk diagnosis, penghancuran, serta pengobatan (Cameron dan Skofronick, 1978).

Gelombang ultrasonik merupakan salah satu sumber radiasi yang aman untuk keperluan medis, karena gelombang ini bersifat *non-invasive* sehingga tidak perlu pembedahan karena penggunaannya di luar tubuh. Sifat gelombang ultrasonik yang lain yaitu *non-traumatic* yang artinya tidak menimbulkan rasa sakit (Syafrudin, 2008).

2.1.1 Hubungan Gelombang Ultrasonik Terhadap Energi dan Intensitas

Apabila gelombang ultrasonik berjalan dalam suatu medium, maka partikel medium mengalami perpindahan energi. Besarnya energi gelombang ultrasonik yang dimiliki partikel medium adalah (Giancoli, 1998):

$$E = E_p + E_k \quad (2.1)$$

Dimana:

E_p = Energi potensial (Joule);

E_k = Energi Kinetik (Joule).

Untuk menghitung intensitas gelombang ultrasonik harus memahami energi yang dibawa oleh gelombang ultrasonik terlebih dahulu. Intensitas gelombang ultrasonik (I) merupakan energi yang berjalan melewati luas permukaan medium $1m^2/s$ atau $Watt/m^2$ pada sebuah permukaan, intensitas gelombang ultrasonik atau (I) diberikan dalam bentuk persamaan (Cameron dan Skofronick, 1978):

$$I = 1/2\rho VA^2(2\pi f)^2 = 1/2 Z(A\omega)^2 \quad (2.2)$$

Dengan:

ρ = massa jenis medium/jaringan (Kg/m^3);

f = frekuensi (Hz);

v = kecepatan gelombang ultrasonik (m/s^2);

V = volume (m^3);

A = amplitudo maksimum (m);

$Z = \rho v$ = impedansi akustik ($\text{kg/m}^2\text{s}$);

$\omega = 2\pi f$ = frekuensi sudut (rad/s).

2.1.2 Hubungan Intensitas Gelombang Ultrasonik Terhadap Amplitudo dan Frekuensi

Gelombang ultrasonik berjalan membawa energi dari satu medium ke medium lainnya, energi yang dibawa sebagai energi getaran dari satu partikel ke partikel yang lain pada medium tersebut. Besarnya energi yang dibawa partikel tersebut adalah:

$$E = \frac{1}{2}kA^2 \quad (2.3)$$

Dengan:

k = konstan = $4\pi^2m/T^2 = 4\pi^2mf^2$;

T = periode (s);

A = amplitude geraknya (m);

m = massa partikel pada medium (Kg).

Kemudian:

$$E = 2\pi^2mf^2A^2 \quad (2.4)$$

Jika:

$m = \rho v = \rho Sl = \rho Svt$ = massa (kg);

V = volume = luas · tebal = $S l$ (m^3);

S = luas permukaan penampang lintang yang dilalui gelombang (m^2);

$l = vt$ = jarak yang ditempuh gelombang dalam waktu t (m);

v = laju gelombang (m/s);

t = waktu (s).

Maka:

$$E = 2\rho\pi^2 Svt f^2 A^2 \quad (2.5)$$

Dari persamaan (2.5) didapatkan hasil bahwa energi yang dibawa oleh gelombang ultrasonik sebanding dengan kuadrat amplitudo. Besarnya daya yang dibawa gelombang ultrasonik (P) adalah:

$$P = \frac{E}{t} = 2\pi^2 \rho S v f^2 A^2 \quad (2.6)$$

Intensitas gelombang ultrasonik merupakan daya yang dibawa melalui luas permukaan yang tegak lurus terhadap aliran energi (Giancoli, 1998), maka:

$$I = \frac{P}{S} = 2\pi^2 \rho v f^2 A^2 \quad (2.7)$$

Persamaan (2.7) menyatakan hubungan secara eksplisit bahwa intensitas gelombang ultrasonik sebanding dengan kuadrat amplitudo (A) dan dengan kuadrat frekuensi (f).

2.1.3 Hubungan Intensitas Gelombang Ultrasonik Terhadap Jarak

Gelombang ultrasonik yang terpancar dari sumber transduser merambat keluar ke seluruh arah dalam arah tiga dimensi. Gelombang ultrasonik merambat keluar energi yang di bawanya tersebar ke seluruh permukaan yang semakin lama semakin luas, karena merambat dalam arah tiga dimensi, maka luas permukaan adalah luasan permukaan bola dengan radius r adalah $4\pi r^2$. Sehingga intensitas gelombang ultrasonik adalah:

$$I = \frac{\text{Daya}}{\text{Luas}} = \frac{P}{4\pi R^2} \quad (2.8)$$

Apabila keluaran daya P dari sumber konstan, maka intensitas berkurang sebagai kebalikan dari kuadrat jarak dari sumber:

$$I = \frac{1}{r^2} \quad (2.9)$$

Apabila kita ambil dua titik dengan jarak r_1 dan r_2 dari sumber, maka $I_1 = P/4\pi r_1^2$ dan $I_2 = P/4\pi r_2^2$, maka:

$$\begin{aligned} I_2 &= r_1^2 \\ I_1 &= r_2^2 \end{aligned} \quad (2.10)$$

Maka dari itu, jika jarak digandakan misalnya ($\frac{r_1}{r_2} = 2$), maka intensitas menjadi $\frac{1}{4}$ dari nilai mula-mula ($I_2 / I_1 = 1/2^2 = \frac{1}{4}$). Apabila amplitudo gelombang ultrasonik berkurang dengan jarak, maka amplitudo gelombang ultrasonik menjadi semakin kecil sebesar $1/r$ (Giancoli, 1998). Karena intensitas sebanding dengan amplitudo maka akan sebanding dengan kebalikan dari kuadrat jarak, sehingga:

$$A = \frac{1}{r} \quad (2.11)$$

Jika kita ambil dua jarak yang berbeda dari sumber transduser, r_1 dan r_2 maka:

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{r_1}{r_2} \quad (2.12)$$

Ketika gelombang ultrasonik dua kali lipat lebih jauh dari sumber transduser, maka amplitudo akan menjadi setengahnya (Giancoli, 1998).

2.1.4 Hubungan Gelombang Ultrasonik Terhadap Suhu pada Jaringan

Gelombang ultrasonik yang terpancar keluar dari sebuah sumber transduser akan memancarkan intensitas gelombang ultrasonik ke semua arah. Besarnya intensitas gelombang ultrasonik yang dipancar sumber transduser adalah:

$$I = \frac{R}{A_0} = 1/2\rho VA^2(2\pi f)^2 \quad (2.13)$$

Apabila intensitas gelombang ultrasonik tersebut mengenai suatu permukaan jaringan akan terjadi perpindahan energi kalor yang menyebabkan pada jaringan

timbul efek termal. Besarnya energi kalor yang diterima jaringan akibat intensitas gelombang ultrasonik adalah:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{k T_1 - T_2}{T} = \frac{k \Delta T}{l} \quad (2.14)$$

Sehingga intensitas gelombang ultrasonik yang diterima jaringan akan sama dengan energi kalor yang diterima jaringan yaitu:

$$\frac{\Delta E}{S \Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

$$\frac{1}{2 \rho V A^2 (2 \pi f)^2} = k \frac{\Delta T}{l}$$

Maka diperoleh besar ΔT adalah:

$$\Delta T = \frac{\rho v f^2 A^3 l}{k} \quad (2.15)$$

Dengan:

ΔT = perubahan/kenaikan suhu ($^{\circ}\text{C}$);

ρ = massa jenis medium/jaringan (kg/m^3);

f = frekuensi (Hz);

v = kecepatan gelombang ultrasonik di udara (m/s);

A = amplitudo maksimum (m);

V = volume (m^3);

$\omega = 2\pi f$ = frekuensi sudut (rad/s);

k = konduktivitas termal jaringan ($\text{J}/\text{s} \cdot \text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}$);

$l = x$ = tebal jaringan (m).

Kenaikan suhu pada jaringan akibat energi kalor yang diterima jaringan juga dipengaruhi koefisien absorpsi yang dinyatakan dengan besarnya intensitas gelombang ultrasonik yang menetap pada jaringan yang dinyatakan pada persamaan (2.15).

Intensitas gelombang ultrasonik pada jaringan akan mengalami gesekan internal yang disebut dengan viskositas. Viskositas pada jaringan muncul karena ada tumbuan antara partikel di dalam jaringan. Besarnya viskositas pada suatu jaringan ditentukan oleh suatu konstanta pembanding yang didefinisikan sebagai koefisien viskositas (Giancoli, 1998) yang dinyatakan dalam persamaan:

$$\Pi = \frac{F1}{vS} \quad (2.16)$$

Dengan:

F = gaya tumbukan antar molekul (N)

S = luas permukaan jaringan (m²)

v = kecepatan partikel didalam jaringan (m/s)

l = jarak tumbuan antara molekul didalam jaringan (m)

Π = koefisien viskositas (N.s/m²)

Dari persamaan (2.14), (2.15) dan (2.16) menyatakan bahwa efek termal terjadi karena adanya perubahan suhu yang dipengaruhi oleh massa jenis, impedansi jaringan, frekuensi gelombang ultrasonik dan tergantung kepada konduktivitas jaringan, koefisien absorpsi jaringan serta viskositas jaringan.

2.1.5 Hubungan Gelombang Ultrasonik Terhadap Kavitas pada Jaringan

Gelombang ultrasonik yang berjalan ke dalam jaringan atau zat cair akan mengalami efek kavitas. Efek kavitas dapat terjadi karena adanya tekanan lokal pada gelombang ultrasonik yang menurun sampai nilai yang cukup rendah. Besar tekanan gelombang ultrasonik tersebut dinyatakan:

$$p = P - P_0 \quad (2.17)$$

Dengan:

p = tekanan gelombang ultrasonik (N/m²)

P = tekanan lokal/total sesaat (N/m^2)

P_0 = tekanan lokal rata-rata/ keseimbangan (N/m^2)

Intensitas gelombang ultrasonik yang berjalan akan membawa energi pada suatu luas permukaan per satuan waktu (Giancoli, 1998). Apabila energi gelombang ultrasonik tersebut berjalan melalui jaringan akan melepaskan energi kalor sehingga terjadi pemanasan yang mengakibatkan suhu jaringan meningkat yang kemudian akan menimbulkan efek kavitasi. Besarnya pemanasan tergantung pada variasi tekanan gelombang ultrasonik dan kecepatan partikel terhadap energi yang diberikan (Ackerman et al., 1988).

Hubungan perubahan antara intensitas dan tekanan gelombang ultrasonik yang mempengaruhi terjadinya efek kavitasi pada jaringan dinyatakan:

$$I = \frac{p^2}{2\rho v} \quad (2.18)$$

Dengan:

I = intensitas gelombang ultrasonik (W/m^2)

p = tekanan gelombang ultrasonik (N/m^2)

P = tekanan lokal/ total sesaat (N/m^2)

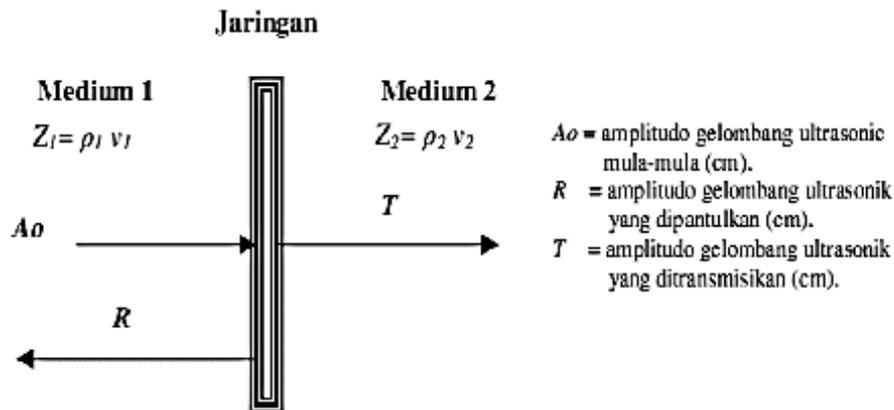
v = kecepatan gelombang ultrasonik (m/s)

Persamaan (2.18) menyatakan bahwa terjadinya pemanasan lokal akibat efek kavitasi pada jaringan tergantung pada intensitas gelombang ultrasonik dan adanya tekanan yang bervariasi.

2.1.6 Sifat Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik mempunyai sifat memantul, diteruskan dan juga diserap oleh suatu medium atau jaringan. Jika gelombang ultrasonik mengenai permukaan jaringan, maka sebagian dari gelombang ultrasonik ini akan dipantulkan

dan sebagian lagi akan diteruskan atau ditransmisikan (Cameron dan Skofronick, 1978).



Gambar 2. 1 Gelombang ultrasonik datang normal pada bidang batas medium 1 dan medium 2

Pemantulan terjadi pada permukaan jaringan yang memiliki perbedaan impedansi akustik dari material yang bersebelahan. Ketika gelombang datang tegak lurus terhadap permukaan, maka sebagian dari gelombang yang dipantulkan secara langsung kembali ke sumber dan sebagian lagi ditransmisikan kontinu sesuai arah asalnya. Pada materi atau jaringan yang lunak, hanya sebagian kecil gelombang yang di refleksikan (dipantulkan). Untuk jaringan yang keras seperti tulang dan batu ginjal, gelombang yang direfleksikan sangat besar.

Akibat adanya peristiwa-peristiwa pemantulan, hambatan dan penyerapan, gelombang ultrasonik mengalami attenuasi (berkurangnya intensitas) selama perambatannya dalam medium. Ada dua faktor yang mempengaruhi peristiwa attenuasi gelombang ultrasonik yaitu (Syafrudin, 2008):

a. Hamburan

Apabila suatu energi dari gelombang ultrasonik menabrak dimensi-dimensi permukaan yang lebih kecil dari panjang gelombang, maka gelombang yang datang akan tersebar ke segala arah (Heagen, 1978). Hamburan yang terjadi

bergantung pada perubahan impedansi akustik pada sasaran atau partikel, ukuran partikel dari medium serta panjang gelombang energi datang. Nilai intensitas gelombang yang terhambur akan meningkat dengan cepat bersama frekuensi dan sebanding dengan kuadrat frekuensi. Oleh karena itu, frekuensi tinggi lebih mudah mengalami hamburan dari pada frekuensi rendah (Syafrudin, 2008).

b. Penyerapan (Absorpsi)

Penyerapan gelombang ultrasonik dalam medium merupakan hasil dari gaya gesekan yang berlawanan dengan gerakan partikel-partikel di dalamnya. Energi mekanik dari suara ultrasonik berubah menjadi energi panas. Selama mengalami absorpsi, intensitas dan amplitude gelombang ultrasonik berkurang secara eksponensial (Syafrudin, 2008).

2.2 Bakteri

Bakteri merupakan organisme prokariotik. Umumnya ukuran bakteri sangat kecil, bentuk tubuh bakteri baru dapat dilihat menggunakan mikroskop dengan pembesaran 1.000 X atau lebih (Waluyo, 2004). Bakteri, dari kata lain *Bacterium* (jamak, *bacteria*) adalah kelompok terbanyak dari organisme hidup. Mereka sangat kecil (Mikroskopik) dan kebanyakan uniseluler (ber sel tunggal), dengan struktur sel yang relatif sederhana tanpa nukleus atau inti sel, cytoskeleton, dan organel lain seperti mitokondria dan kloroplas. Struktur sel mereka dijelaskan lebih lanjut dalam artikel mengenai prokariota, karena bakteri merupakan prokariota, untuk membedakan mereka dengan organisme yang memiliki sel lebih kompleks disebut eukariota. Istilah “Bakteri” telah ditetapkan untuk semua prokariota atau untuk kelompok besar mereka, tergantung pada gagasan mengenai hubungan mereka (Campbell, 2002).

Bakteri adalah yang paling berkelebihan dari semua organisme. Mereka tersebar di tanah, air, dan sebagai simbiosis dari organisme lain. Biasanya hanya berukuran 0,5 - 5 μm . Mereka umumnya memiliki dinding sel seperti sel hewan dan jamur, tetapi dengan komposisi yang sangat berbeda (peptidoglikan). Banyak yang bergerak menggunakan flagella, yang berbeda dalam strukturnya dari flagella kelompok lain (Campbell, 2002).

Bakteri termasuk dalam golongan prokariota yaitu merupakan bentuk sel yang paling sederhana yang memiliki ukuran dengan diameter dari 1 hingga 10 μm . Ciri yang membedakan prokariotik dengan eukariotik adalah inti sel dimana sel prokariotik tidak mempunyai membran inti sel atau nukleus yang jelas. Bakteri memiliki 2 bagian struktur yaitu (Campbell, 2002):

- 1) Struktur dasar (dimiliki oleh hampir semua jenis bakteri) meliputi: membran sel, membran plasma, sitoplasma, ribosom, DNA, dan granula penyimpanan.
- 2) Struktur tambahan (dimiliki oleh jenis bakteri tertentu) meliputi: kapsul, flageum, pilus (phili), klorosom, vakuola gas dan endospora.

2.2.1 Struktur Bakteri

Struktur dasar yang hampir dimiliki oleh hampir semua jenis bakteri meliputi: dinding sel, membran plasma, sitoplasma, ribosom, DNA, dan granula penyimpanan (Wildan Yatim dan Aryani, 1980).

1) Dinding sel

Kebanyakan bakteri mempunyai dinding sel, dinding sel tersebut terdiri dari berbagai bentuk dan ukuran. Dinding sel ini berfungsi sebagai pertahanan bakteri agar dapat bertahan hidup dalam lingkungannya serta mempertahankan tekanan osmotik bakteri. Isi sel berupa protoplasma dan membran plasma.

2) Membran plasma

Membran sitoplasma sangatlah penting karena mengendalikan lalu lalangnya substansi kimiawi dalam larutan, masuk ke dalam dan keluar sel. Sangat menakjubkan bahwa sel mikroskopis, mengapung seperti itu dalam lingkungan kimiawi yang sangat kompleks dan selalu berubah, mampu mengambil dan menahan nutrisi dalam jumlah yang sesuai dan membuang kelebihan nutrisi dan produk-produk buangnya.

3) Sitoplasma (cairan sel)

Sitoplasma merupakan cairan yang mengisi sel yang mengandung berbagai zat yang koloid. Fungsi kehidupan utama berlangsung di sitoplasma. Di dalam sitoplasma terdapat organel-organel yang melayang-layang dalam cairan kental. Koloid sitoplasma bukan merupakan cairan yang serba sama (homogen), melainkan cairan yang beraneka ragam (heterogen). Koloid ini terdiri dari air, senyawa organik yaitu protein, gula, lemak, enzim, hormon, dan garam mineral. Sitoplasma berfungsi sebagai tempat berlangsungnya reaksi metabolisme sel.

2.2.2 Bakteri *Escherechia coli*

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

Kingdom : *Bacteria*

Filum : *Proteobacteria*

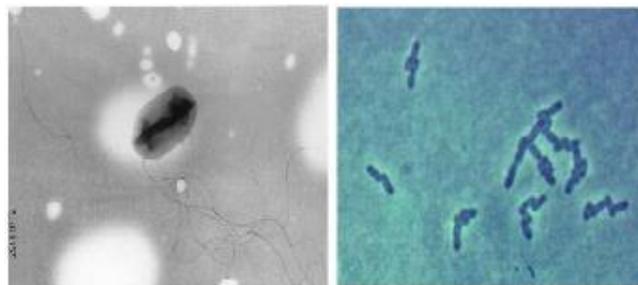
Kelas : *Gamma Proteobacteria*

Ordo : *Enterobacteriales*
Famili : *Enterobacteriaceae*
Genus : *Escherechia*
Spesies : *Escherechia coli*

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

Sel *Escherechia coli* memiliki ukuran panjang 2,0 - 6,0 µm, tersusun tunggal berpasangan. *Escherechia 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 pasterisasi (Supardi dan Sukamto, 1999).



Gambar 2. 2 Bentuk Bakteri *Escherechia coli*

Bakteri *Escherechia coli* termasuk kedalam bakteri anaerobik fakultatif, yang artinya bakteri ini secara terbatas dapat hidup dalam 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).

Escherechia coli dapat tumbuh dalam suhu 10- 400° C dengan suhu optimal 370° C, dengan pH optimum 7,0-7,5 dan dapat hidup di tempat yang lembab. Bakteri *Escherechia coli* dapat mati dengan cara pasteurisasi. *Escherechia coli* dapat meragi glukosa menjadi asam disertai dengan pembentukan gas, serta dapat meragi laktosa, menghasilkan nitrit hasil reduksi dari nitrat, membentuk indol maupun tidak dan pada tes uji sitrat menghasilkan hasil (-) (Lubis, 2015).

Escherechia coli dapat terbunuh oleh antibiotika, sinar Ultraviolet (UV), atau suhu tinggi lebih dari 10000°C. Suhu tinggi tersebut dapat merusak protein yang ada di dalam sel yang membuat *Escherechia coli* tidak dapat hidup kembali. *Escherechia coli* dapat bertahan hidup pada pendinginan maupun pembekuan (Girard et al., 2003).

Escherechia coli yang umumnya menyebabkan diare terjadi diseluruh 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 et al., 2001).

2.2.3 Karakteristik Bakteri *Escherechia coli*

Genus *Escherichia* merupakan bagian dari *Escherichiae* yang termasuk pada famili Enterobacteriaceae dan pertama kali diisolasi pada tahun 1885 oleh seorang bakteriologis asal Jerman bernama Theodor Escherich (Manning, 2010). *Escherichia coli* merupakan bakteri Gram negatif berbentuk batang dengan ukuran berkisar antara 1,0-1,5 µm × 2,0-6,0 µm, tidak motil atau motil dengan flagela serta dapat tumbuh dengan atau tanpa oksigen, bersifat fakultatif anaerobik dan dapat

tahan pada media yang miskin nutrisi. Karakteristik biokimia *Escherechia coli* lainnya adalah kemampuannya untuk memproduksi indol, kurang mampu memfermentasi sitrat, bersifat negatif pada analisis *urease*.

Bakteri *Escherechia coli* umum hidup di dalam saluran pencernaan manusia atau hewan. Secara fisiologi, *Escherechia coli* memiliki kemampuan untuk bertahan hidup pada kondisi lingkungan yang sulit. *Escherichia coli* tumbuh dengan baik di air tawar, air laut, atau di tanah. Pada kondisi tersebut *Escherechia coli* terpapar lingkungan abiotik dan biotik (Anderson et al., 2005). Penyakit yang ditimbulkan oleh *Escherechia coli* disebabkan karena kemampuannya untuk beradaptasi dan bertahan pada lingkungan yang berbeda. Ada beberapa jenis kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan bagi *Escherechia coli* untuk dapat tetap bertahan, misalnya lingkungan asam (pH rendah) seperti pada saluran pencernaan manusia, perubahan suhu, serta tekanan osmotik. Kemampuan *Escherechia coli* untuk bertahan hidup selama pendinginan dan pembekuan telah terbukti menjadikan *Escherechia coli* toleran terhadap kondisi kering.

Escherichia coli dapat hidup dan bertahan pada tingkat keasaman yang tinggi di dalam tubuh manusia. *Escherechia coli* juga dapat hidup dan bertahan di luar tubuh manusia yang penyebarannya melalui feses. Kedua habitat hidup *Escherechia coli* ini cukup berlawanan. Saluran pencernaan manusia merupakan habitat yang relatif stabil, hangat, bersifat anaerob, dan kaya nutrisi. Sementara itu, di luar saluran pencernaan, kondisi lingkungan dapat sangat beragam, jauh lebih dingin, aerobik, serta kandungan nutrisi yang lebih sedikit.

Escherichia coli memiliki waktu generasi sekitar 30 sampai 87 menit bergantung pada suhu. Waktu generasi merupakan waktu yang dibutuhkan bagi sel

Escherechia coli untuk membelah diri menjadi dua kali lipat. Suhu optimum bagi pertumbuhan *Escherechia coli* adalah 37 °C dengan waktu generasi tersingkat, yaitu selama 30 menit.

2.2.4 Patogenitas

Bakteri *Escherechia coli* adalah salah satu bakteri yang digunakan sebagai indikator adanya kontaminasi feses dan kondisi sanitasi yang tidak baik terhadap air, makanan dan minuman. *Escherechia coli* menjadi patogen jika jumlah bakteri dalam saluran pencernaan meningkat atau berada di luar usus, menghasilkan enterotoksin sehingga menyebabkan terjadinya beberapa infeksi yang berasosiasi dengan enteropatogenik kemudian menghasilkan enterotoksin pada sel epitel. Manifestasi klinik infeksi oleh *Escherechia coli* bergantung pada tempat infeksi dan tidak dapat dibedakan dengan gejala infeksi yang disebabkan oleh bakteri lain (Ismail, 2012).

Berdasarkan sifat virulensinya, dan dapat menyebabkan penyakit diare dengan mekanisme yang berbeda. Beberapa golongan tersebut yaitu (Ismail, 2012):

- a. *Escherechia coli Enteropatogenik* (EPEC) menyebabkan diare cair yang sering terjadi dan dapat pula menjadi kronik, lamanya diare ini dapat dipersingkat dengan pemberian antibiotik.
- b. *Escherechia coli Enterotoksigenik* (ETEC) menyebabkan diare pada orang yang berpergian sehingga dikenal dengan *traveller's diarrhea*. ETEC mengeluarkan enterotoksin LT pada suhu 60°C dalam 30 menit yang menyebabkan diare cair.
- c. *Escherechia coli Enteroinvasive* (EIEC) yang menyebabkan diare seperti disentri. EIEC menginvasi sel epitel mukosa usus yang menyebabkan ulkus, lesi inflamasi.

- d. *Escherichia coli* *Enterohemoragik* (EHEC) penyebab diare ringan hingga nyeri abdomen EHEC menghasilkan verotoksin yang sifatnya hampir sama dengan toksin sehingga pada *shigella dysentiae*, meskipun secara antigenik dan genetik berbeda.
- e. *Escherichia coli* *Enteroaggregative* (EA_gEC/EAEC) merupakan penyebab diare akut dan kronik yang lebih dari > 14 hari. EAEC memproduksi hemolisisin dan ST enterotoksin seperti yang dikeluarkan oleh ETEC.

2.2.5 Pengaruh Gelombang Ultrasonik Terhadap Pertumbuhan Bakteri

Gelombang ultrasonik yang dipancarkan dapat menimbulkan peningkatan temperatur, sehingga semakin besar frekuensi maka semakin tinggi temperaturnya. Kenaikan temperatur akan mempengaruhi lingkungan tumbuh bakteri sehingga mengakibatkan bakteri tidak dapat tumbuh dengan baik pada temperatur optimal. Kenaikan temperatur juga dapat merusak enzim bakteri yang berfungsi untuk mengkatalisis reaksi-reaksi yang berhubungan dengan proses kehidupan bakteri. Enzim ini akan mengalami penurunan aktivitas sehingga proses metabolisme bakteri akan terganggu dan pada akhirnya komponen sel serta proses pertumbuhan bakteri juga akan mengalami gangguan. Peningkatan temperatur dapat mengakibatkan terbukanya dinding sel bakteri, sehingga mempengaruhi aktivitas ekstraseluler (Fransiska et al., 2012).

Mekanisme gelombang ultrasonik juga dapat menimbulkan efek nontermal. Efek nontermal ini terbagi menjadi 2 macam yaitu *acoustic microstreaming* dan *cavitation*. *Acoustic microstreaming* merupakan pergerakan cairan yang ditimbulkan oleh gelombang ultrasonik. Komponen yang juga penting yaitu adanya *microstreaming* yang terjadi berdekatan dengan dengan sumber aliran dan biasanya

berhubungan dengan keberadaan *cavitation*. *Microstreaming* ini terjadi di dekat *microbubbles* (berdiameter 2-5 micron). *Acoustic microstreaming* pada percobaan *in-vitro* dapat mengakibatkan membran rusak sehingga terjadi perubahan permeabilitas membran *in vitro*. *Microstreaming* akan membagi tekanan pada daerah sekitar daerah membran sel sehingga menciptakan porus dan makromolekuler dapat masuk ke dalam sel. *Cavitation* merupakan kumpulan dari gelembung-gelembung gas kecil yang terdapat pada jaringan sebagai hasil dari getaran gelombang ultrasonik. *Cavitation* tidak stabil dapat melepaskan radikal bebas selama gelombang dihasilkan dan dalam waktu bersamaan pula terjadi hidrolisis dengan merusak struktur sel (Fransiska et al., 2012).

Penurunan jumlah bakteri dicurigai karena gelombang ultrasonik dapat merusak dinding sel bakteri hingga sel lisis. Gelombang ultrasonik dengan intensitas tinggi mempunyai kemampuan untuk memecahkan sel bakteri melalui proses *cavitation*. Jika terjadi *cavitation* maka akan terdapat gerak yang amat hebat di dekat gelembung. Bakteri akan mengalami tegangan mekanik yang besar dan dindingnya akan mengalami peregangan yang besar dan jika elastisitasnya terlampaui akan robek sehingga bakteri mati. Selain itu, di dekat *cavitation* terdapat turbulensi yang berputar dengan hebat. Dinding sel dapat dirusak dengan tegangan geser yang ditimbulkan oleh turbulensi ini. *Cavitation* yang berasal dari gelombang ultrasonik juga dapat menyebabkan porositas pada membran sel melebar sehingga menyebabkan masuknya gelembung *cavitation*. Gelembung *cavitation* akan mempengaruhi kinerja enzim *capcase-3* sehingga terjadi proses apoptosis sel bakteri. Mekanisme lain adalah terjadinya degradasi nukleus dan mengakibatkan sel lisis (Fransiska et al., 2012).

Salah satu efek biologis dari pengaruh gelombang ultrasonik dan suhu terhadap bakteri adalah kerusakan sel. Kerusakan sel ini akan berpengaruh aktivitas didalam sel, seperti aktivitas metabolisme di dalam sel. Membran sel akan mengalami kerusakan jika diberikan perlakuan suhu yang ekstrim, suhu lingkungan yang berada lebih tinggi dari suhu yang dapat ditoleransi akan menyebabkan denaturasi protein dan komponen sel esensial lainnya sehingga akan mati. Demikian pula jika suhu dilingkungannya berada di bawah batas toleransi, membran sitoplasma tidak akan berwujud cair sehingga transportasi nutrisi akan terhambat dan proses kehidupan sel akan berhenti (Clark, 2009).

Mekanisme kerusakan sel terlebih dahulu mengalami proses nekrosis diawali dengan kerusakan membran yakni proses pelepasan membran sel. Tingkat keparahan kerusakan membran ini juga merusak lisosom, sehingga membuat organel pencernaan tersebut mengeluarkan enzimnya kedalam cairan sel (sitoplasma), sehingga seluruh organel dan komponen sel “dikunyah” oleh enzim tersebut. Sedangkan proses apoptosis adalah kebalikannya, kerusakan justru berawal dari satuan terkecilnya yaitu kerusakan DNA dan larutan inti sel. Selanjutnya sel tersebut terpecah menjadi pigmen-pigmen kecil dan mengalami fagositosis (Clark, 2009).

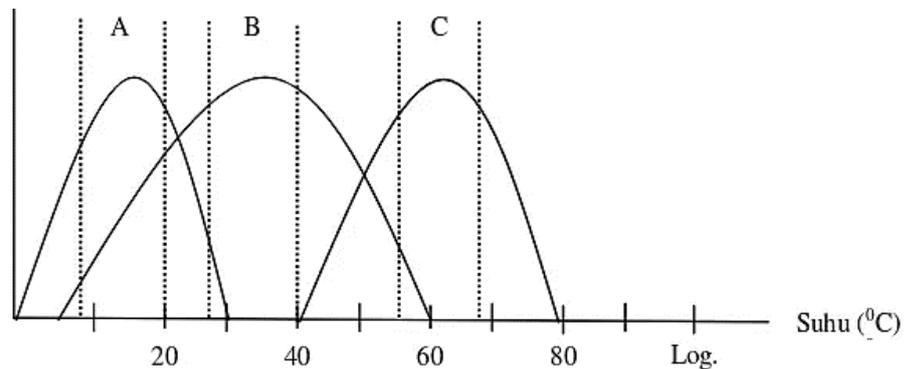
2.2.6 Pengaruh Suhu Terhadap Pertumbuhan Bakteri

Menurut Gaman dan Sherrington (1994), tiap-tiap mikroorganisme memiliki suhu pertumbuhan maksimum, minimum dan optimum. Suhu maksimum yaitu suhu tertinggi, diatas suhu tersebut mikroba tidak dapat tumbuh. Suhu minimum adalah suhu terendah, dibawah suhu tersebut mikroba tidak dapat tumbuh. Suhu optimum yaitu suhu dimana mikroba tumbuh sangat baik. Ini berarti suhu

memberikan kesempatan pertumbuhan yang sangat cepat dan menghasilkan jumlah sel yang maksimal (Muchtadi dan Betty, 1980).

Berdasarkan suhu pertumbuhannya, bakteri dapat digolongkan sebagai berikut (Muchtadi dan Betty, 1980):

- Bakteri termofil, yang memerlukan suhu tinggi untuk dapat tumbuh dengan baik. Suhu optimumnya diatas 50°C .
- Bakteri mesofil, yang mempunyai suhu optimum antara $20 - 45^{\circ}\text{C}$
- Bakteri psikhrofil, yang tumbuh pada suhu rendah yaitu antara $5 - 10^{\circ}\text{C}$, tetapi sebenarnya mempunyai suhu optimum di atas 20°C .



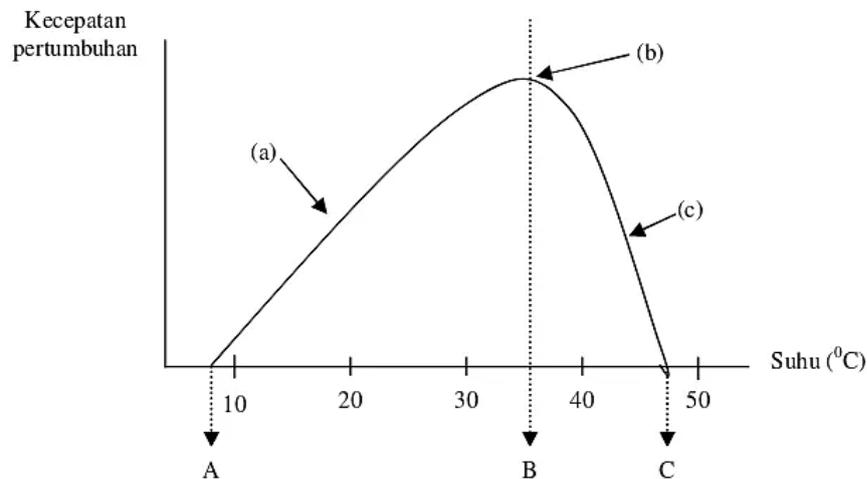
Gambar 2. 3 Kurva Suhu Optimum Pertumbuhan Bakteri

Keterangan:

- Phikhrofil
- Mesofil
- Termofil

Peranan suhu terhadap pertumbuhan mikroba sebenarnya merupakan petunjuk adanya pengaruh suhu terhadap enzim di dalam sel mikroba (Muchtadi dan Betty, 1980). 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.

Hubungan antara pertumbuhan dan suhu untuk berbagai organisme dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Kurva Pengaruh Suhu Terhadap Pertumbuhan Bakteri

Keterangan:

A = suhu minimum, pada suhu ini tidak terjadi pertumbuhan.

B = suhu optimum, pada suhu ini mikroorganisme tumbuh sangat cepat.

C = suhu maksimum, pada suhu ini mikroorganisme tidak tumbuh.

Keterangan lain:

- a. Menunjukkan bahwa pertumbuhan meningkat seiring dengan peningkatan reaksi katalisasi enzim.
- b. Menunjukkan bahwa reaksi katalisasi mencapai maksimum.
- c. Menunjukkan bahwa pertumbuhan menurun seiring dengan denaturasi enzim dan kerusakan membran sel.

Menurut Garbutt (1997), suhu memiliki pengaruh yang sangat penting terhadap fase adaptasi pertumbuhan mikroorganisme. Ketika 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 dengan lambat. Dan jika makanan disimpan di atas suhu maksimum, maka sel-sel mikroorganisme tersebut akan mati dengan cepat (Ray, 2001).

Menurut Jay (1997), penggunaan suhu rendah untuk menyimpan makanan didasarkan atas fakta bahwa aktivitas mikroorganisme dapat diperlambat dan/atau dihentikan pada suhu di atas suhu beku dan biasanya berhenti pada suhu dibawah titik beku. Hal ini disebabkan karena semua reaksi metabolisme mikroorganisme dikatalisasi oleh enzim dan tingkat reaksi katalisasi enzim tergantung pada suhu (Jay, 1997).

2.3 Daging Sapi

Daging merupakan bahan yang penting dalam memenuhi kebutuhan gizi, karena daging mengandung protein yang cukup tinggi dengan kandungan asam amino esensial yang lengkap. Selain itu, daging merupakan salah satu komoditi pertanian yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan gizi.

Daging sapi merupakan salah satu tanda-tanda kekuasaan Allah SWT, sebagaimana yang telah disebutkan dalam Al-qur'an surat An-Nahl ayat 5:

وَالْأَنْعَامَ خَلَقَهَا لَكُمْ فِيهَا دِفْءٌ وَمَنَافِعُ وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ

“Dan Dia telah menciptakan binatang ternak untuk kamu; padanya ada (bulu) yang menghangatkan dan berbagai-bagai manfaat, dan sebagaimana yang kamu makan” (Q.S. An-Nahl [16]: 5).

Allah SWT menjelaskan dalam ayat diatas, Allah telah memberi karunia kepada hamba-hamba-Nya berupa apa yang telah Dia ciptakan bagi mereka seperti unta, sapi, kambing, domba, dan segala hal yang dapat mereka manfaatkan darinya. Mereka dapat membuat pakaian dan karpet dari bulu dan rambut hewan-hewan tersebut, dapat meminum air susunya dan memakan dagingnya; mereka juga dapat

menikmati keindahan ketika mereka kembali memasukkan hewan-hewan tersebut ke dalam kandangnya dari tempat penggembalaan pada sore hari, dan ketika mereka mengeluarkannya pada pagi hari.

Daging yang terutama dikonsumsi adalah daging sapi. Meskipun di beberapa daerah orang mengonsumsi daging kerbau, kelinci, rusa dan bahkan kangguru. Daging didefinisikan sebagai urat daging atau otot yang melekat pada rangka, kecuali urat daging atau otot yang melekat pada rangka, kecuali urat daging pada bagian bibir, hidung dan telinga yang berasal dari hewan yang sehat sewaktu dipotong (Anjarsari, 2010).

Soputan (2004) menyatakan bahwa jaringan otot, jaringan lemak, jaringan ikat, tulang dan tulang rawan merupakan komponen fisik utama daging. Jaringan otot terdiri dari jaringan otot bergaris melintang, jaringan otot licin, dan jaringan otot spesial. Sedangkan jaringan lemak pada daging dibedakan menurut lokasinya, yaitu lemak subkutan, lemak intermuskular, lemak intramuskular, dan lemak intraseluler. Jaringan ikat yang penting adalah serabut kolagen, serabut elastin, dan serabut retikulin. Secara garis besar struktur daging terdiri atas satu atau lebih otot yang masing-masing disusun oleh banyak kumpulan otot, maka serabut otot merupakan unit dasar struktur daging (Soputan, 2004).

2.3.1 Komposisi Kimia Daging

Daging sebagai sumber protein hewani memiliki nilai hayati (*biological value*) yang tinggi, mengandung 19 % protein, 5 % lemak, 70 % air, 3,5 % zat-zat non protein dan 2,5 % mineral dan bahan-bahan lainnya (Forrest et al., 1992). Komposisi daging menurut Lawrie (1991) terdiri atas 75 % air, 18 % protein, 3,5% lemak dan 3,5 % zat-zat non protein, 9 % lemak dan 1 % abu. Jumlah ini akan

berubah bila hewan digemukkan yang akan menurunkan presentasi air dan protein serta meningkatkan presentase lemak (Romans et al., 1994).

Daging sapi memiliki warna merah terang, mengkilap, dan tidak pucat. Secara fisik daging elastis, sedikit kaku dan tidak lembek. Jika dipegang masih terasa basah dan tidak lengket ditangan. Dari segi aroma, daging sapi sangat khas (gurih). Sapi pedaging dapat dibedakan dari jenis kelamin dan umur, dimana dengan perbedaan tersebut akan membedakan mutu dari daging sapi. Pada saat hewan dipotong akan diperoleh karkas dan non karkas. Dari seekor sapi yang beratnya 500 kg, akan diperoleh 350 kg karkas dan 270 kg daging (Soputan, 2004). Komposisi daging menurut Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (2009) dalam soputan (2004), dalam 100 gram daging dapat dilihat pada tabel 1.

Komposisi 100 gr daging sapi dan jumlah kandungan didalamnya menurut Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI (2009) akan dijelaskan dalam tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Komposisi Daging Sapi per 100 gr 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

2.3.2 Denaturasi Protein

Salah satu penyebab denaturasi protein adalah suhu. Suhu yang panas dapat digunakan untuk mengacaukan ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik non polar. Hal ini terjadi karena suhu tinggi dapat meningkatkan energi kinetik dan menyebabkan molekul penyusun protein bergerak atau bergetar sangat cepat sehingga mengacaukan ikatan molekul tersebut. Protein telur mengalami denaturasi dan terkoagulasi selama pemasakan. Beberapa makanan dimasak untuk mendenaturasi protein yang dikandung supaya memudahkan enzim pencernaan dalam mencerna protein tersebut. Pemanasan akan membuat protein bahan terdenaturasi sehingga kemampuan mengikat airnya menurun. Hal ini terjadi karena energi panas akan mengakibatkan terputusnya interaksi non-kovalen yang ada pada struktur alami protein tapi tidak memutuskan ikatan kovalennya yang berupa ikatan peptida. Proses ini biasanya berlangsung pada kisaran suhu yang sempit (Ophart C.E., 2003).

Denaturasi akibat panas menyebabkan molekul-molekul yang menyusun protein bergerak dengan sangat cepat. Sehingga sifat protein yaitu hidrofobik menjadi terbuka. Akibatnya, semakin panas molekul akan bergerak semakin cepat dan memutuskan ikatan hidrogen didalamnya. Denaturasi akibat asam atau basa terjadi ketika adanya penambahan kadar asam atau basa pada garam protein yang dapat memutuskan kandungan struktur dari protein tersebut karena terjadi substitusi ion negatif dan positif pada garam dengan ion positif dan negatif pada asam atau basa (Vladimir, 2007).

2.3.3 Penurunan pH

Setelah hewan dipotong dan mati, metabolisme aerobik tidak terjadi karena sirkulasi darah ke jaringan otot terhenti, sehingga metabolisme berubah menjadi sistem anaerobik yang menyebabkan terbentuknya asam laktat. Adanya penimbunan asam laktat dalam daging menyebabkan turunnya pH jaringan otot dan penurunan pH ini terjadi karena perlahan-lahan. pH dalam keadaan normal yaitu 7,2–7,4 menjadi pH akhir 3,5–5,7. Kecepatan penurunan pH sangat cepat demikian pula sebaliknya, bila suhu rendah mengakibatkan penurunan pH akan lambat. Pada saat pemaparan gelombang ultrasonik akan terjadi proses kavitasi yang akan menyebabkan pemanasan lokal, dari pemanasan lokal tersebut daging sapi setelah dipapari gelombang ultrasonik akan mengalami penurunan pH. Bakteri *Escherechia coli* sangat sensitif terhadap panas dan dapat diinaktifkan pada suhu pasterisasi.

Bakteri *Escherechia coli* mempunyai pH optimum untuk pertumbuhannya adalah 7,0 - 7,5. Apabila lingkungan bakteri *Escherechia coli* mempunyai pH rendah maka bakteri tersebut akan mati dan tidak dapat berkembang biak. Menurut Lawrie (1995) bahwa pH akhir daging yang dicapai merupakan petunjuk untuk mengetahui mutu daging yang baik. Daging yang mempunyai pH antara 5,5-5,7 (pH normal) memberikan warna merah cerah. Dengan penurunan pH tersebut akan menyebabkan terjadinya perubahan warna daging, dimana dengan menurunnya pH warna daging akan berwarna lebih pucat. (Anjarsari, 2010).

2.3.4 Pencemaran Oleh Mikroorganisme

Jumlah dan jenis mikroorganisme yang mencemari permukaan karkas ditentukan oleh pengelolaan sebelum penyembelihan dan tingkat pengendalian

higienis yang dilaksanakan selama penanganan pada saat penyembelihan dan pembersihan karkas. Dalam kondisi pembunuhan ternak di Australia, pencemaran awal lebih dari 99% disebabkan oleh bakteri yang dapat hidup pada suhu 20°C. Populasi ini mengandung kurang dari 1°C. Walaupun ragi dan jamur terdapat lebih banyak pada suhu -1°C dari pada suhu 20°C. Untuk menjaga kandungan yang terdapat pada daging sapi maka sering dilakukan beberapa langkah pengawetan yang diantaranya dengan pengeringan (*dehydration, drying*), pendingin (*refrigeration*), pengasapan (*smoking*), penggaraman (*salting*), pengalengan (*canning*) dan pembekuan (*freezing*) (Hafriyanti dkk, 2008).

Penurunan kualitas daging diindikasikan melalui perubahan warna, rasa, aroma bahkan pembusukan. Sebagian besar kerusakan daging disebabkan oleh penanganan yang kurang baik sehingga memberikan peluang hidup bagi pertumbuhan dan perkembangan mikroba perusak yang berdampak pada penurunan daya simpan dan nilai gizi daging.

Kontaminasi bakteri dapat menyebabkan perubahan warna dan bau. Selama proses memasak, warna daging dapat mengalami perubahan dan kurang menarik. Warna daging segar adalah warna merah terang dari oksimioglobin, warna daging yang dimasak adalah warna coklat dari globin hemikromogen, warna daging yang ditambahkan nitrit adalah warna merah gelap dari nitritoksida myoglobin dan apabila dimasak (Soeparno, 1994).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif dengan bentuk eksperimen (penelitian eksperimental) dan menggunakan RAL atau Rancangan Acak Lengkap (*Completely Randomized Design*).

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari - Februari 2022 di Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat

1. Power supply
2. Transduser
3. Kabel penghubung
4. Inkubator
5. Laminar Air Flow
6. Jarum ose
7. Tabung reaksi
8. Botol flakon
9. Bunsen
10. Blue tip
11. Mikropipet
12. Gelas ukur

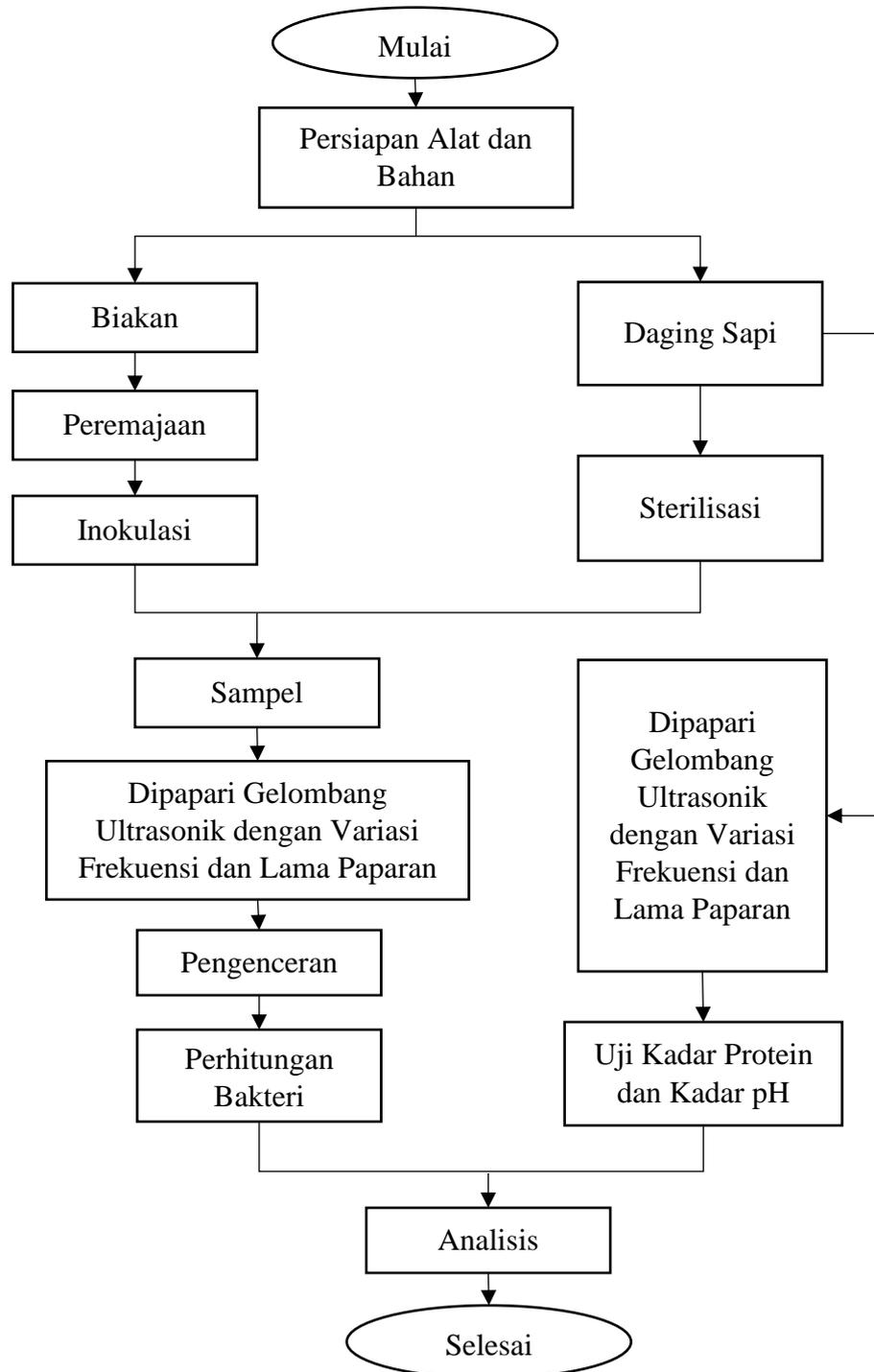
13. Cawan petri
14. Korek api
15. Coloni counter
16. Spidol
17. Erlemenyer
18. Timbangan analitik
19. Autoklaf
20. Pengaduk kaca
21. Beaker glass
22. Rak tabung reaksi
23. Pipet ukur
24. Pinset
25. Spatula
26. pH meter
27. Hot plate
28. Strirrer

3.3.2 Bahan

1. Bakteri *Escherechia Coli*
2. Media NA (*Nutrient Agar*)
3. Media NB (*Nutrient Broth*)
4. Daging Sapi (bagian punggung)
5. Aquades
6. Alkohol 70%
7. HCl

8. Selenium
9. Larutan NaOH
10. Indikator PP
11. Larutan H₂SO₄
12. Spertus
13. Kapas
14. Tissue
15. Plastik
16. Plastik wrap
17. Alumunium foil
18. Karet gelang

3.4 Diagram Alir



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Langkah Penelitian

3.5.1 Sterilisasi Daging Sapi

1. Daging sapi yang telah dibeli dari salah satu pasar di kota Malang langsung dibawa ke laboratorium Biofisika untuk diteliti.
2. Sebelum dilakukan penelitian, daging sapi disterilisasi terlebih dahulu dengan cara disemprot menggunakan cairan alkohol 70%.
3. Kemudian daging sapi diletakkan di atas wadah yang sebelumnya juga sudah disterilisasi.

3.5.2 Penumbuhan Bakteri *Escherechia coli*

1. Diambil 1 ose biakan murni bakteri *Escherechia coli* kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi media NA miring dan diinkubasi selama 1×24 jam.
2. Setelah bakteri tumbuh, diambil 1 ml kultur bakteri yang tumbuh di media NA dan dimasukkan ke dalam botol yang berisi 20 ml media NB dan diinkubasi selama 1×24 jam.
3. Proses ini dilakukan secara aseptik yaitu didekat api bunsen untuk menghindari kontaminasi bakteri.

3.5.3 Pemindahan Bakteri *Escherechia coli* ke Permukaan Daging Sapi

1. Disiapkan 30 cawan petri yang sudah steril (3 cawan sebagai tempat sampel kontrol dan 27 cawan sebagai sampel eksperimen).
2. Disiapkan 30 potong daging sapi dengan ukuran 2×1×1 cm sebagai sampel.
3. Disiapkan kultur bakteri yang telah diinkubasi 1×24 jam.
4. Disiapkan Bunsen, blue tip, dan mikropipet
5. Blue tip dipasangkan pada ujung mikropipet, diatur dengan volume 1 ml.

6. Diletakkan potongan daging pada tiap-tiap cawan petri.
7. Diambil 1 ml kultur bakteri dengan menggunakan mikropipet.
8. Ditanamkan bakteri dipermukaan sampel daging sapi.
9. Dibiakkan bakteri pada daging sapi dan diinkubasi dalam inkubator selama 18 jam.

3.5.4 Merangkai Alat Gelombang Ultrasonik

1. Disiapkan power supply, transduser dan kabel-kabel penghubung.
2. Power supply dihubungkan dengan transduser menggunakan kabel penghubung.
3. Diatur tombol pada generator dengan frekuensi 750 KHz, 800 KHz, dan 850 KHz.
4. Diatur amplitudo pada generator, untuk daya yaitu 30 Watt.
5. Proses pemaparan sampel dilakukan didalam *laminar air flow*.

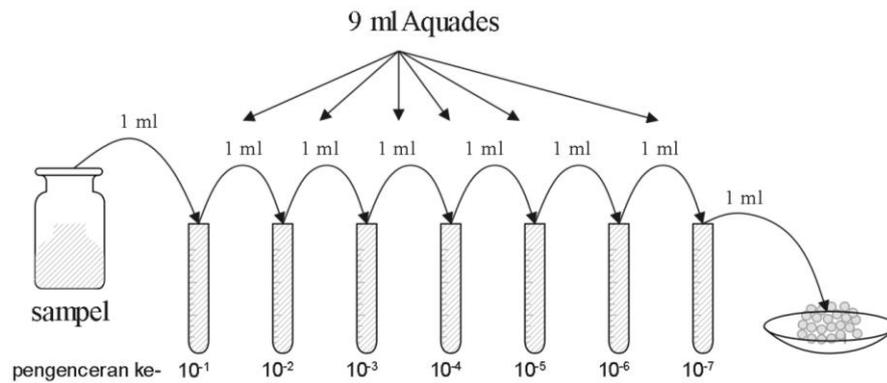
3.5.5 Pemaparan Gelombang Ultrasonik

1. Cawan petri yang berisi daging sapi diletakkan dibawah transduser dengan jarak 5 cm.
2. Diatur frekuensi dan daya pada pembangkit gelombang bunyi dengan $f = 750$ KHz kemudian Gelombang ultrasonik dihidupkan.
3. Variasi waktu masing-masing frekuensi adalah 10 menit, 20 menit dan 30 menit.
4. Diambil sampel dan diberi label “ $f = 750$ kHz, $t = 10$ menit; $f = 750$ kHz, $t = 20$ menit; $f = 750$ kHz, $t = 30$ menit”.
5. Langkah nomor 4 diatas diulang kembali dengan frekuensi 800 kHz dan 850 KHz masing-masing variasi waktu 10 menit, 20 menit dan 30 menit.

6. Dilakukan kembali pemaparan diatas sebanyak 3 kali pengulangan.

3.5.6 Pengenceran

1. Daging sapi yang telah diberi perlakuan paparan gelombang dengan variasi frekuensi (750 kHz, 800 kHz dan 850 kHz) dan lama paparan (10 menit, 20 menit dan 30 menit) dimasukkan ke dalam 10 ml larutan NaCl 0,9% pada botol flakon.
2. Botol flakon divorteks selama 1 menit untuk melepas bakteri dari sampel daging sapi.
3. Diambil 1 ml suspensi dari botol flakon dan dimasukkan kedalam botol flakon steril yang berisi 9 ml aquades sebagai pengenceran 10^{-1} .
4. Diambil kembali 1 ml dari suspensi 10^{-1} yang sudah di homogenkan kemudian dimasukkan kedalam botol flakon yang berisi 9 ml sebagai pengenceran 10^{-2} .
5. Dari sampel hasil pengenceran 10^{-2} yang sudah dihomogenkan diambil 1 ml suspensi dan dimasukkan kedalam botol flakon yang berisi 9 ml aquades sebagai pengenceran 10^{-3} .
6. Pengenceran diatas diulangi sampai pengenceran ke 10^{-7} .
7. Diambil 1 ml suspensi pada pengenceran 10^{-7} dan dituangkan kedalam cawan petri steril kemudian dituangkan media NA cair sebagai media hidup. Setelah itu dihomogenkan.
8. Semua proses diatas dilakukan secara aseptis yaitu didekat api bunsen.
9. Setelah media membeku, cawan petri diletakkan di inkubator dengan posisi terbalik (bagian tertutup berada dibawah) selama 1×24 jam.



Gambar 3. 2 Proses Pengenceran dalam Metode Total Coloni (TPC)

3.5.7 Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri

1. Koloni bakteri dihitung dan cawan petri diletakkan diatas *coloni counter*.
2. Koloni yang sudah dihitung diberi tanda dengan spidol untuk menghindari kesalahan.
3. Perhitungan ulang dengan menggunakan *hand counter*.

3.5.8 Pengukuran Kadar Protein

1. Sampel dihancurkan dengan asam sulfat pekat dan dikatalis menggunakan selenium untuk mempercepat proses oksidasi sehingga menghasilkan ammonium sulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.
2. Kemudian dilakukan tahap destilasi yaitu memecah ammonium sulfat menjadi ammonia dengan menambahkan basa sampai alkalis dan dipanaskan. Ammonia yang dibebaskan ditangkap oleh asam klorida (HCl) yang berlebih hingga suasana atau keadaan menjadi asam. Untuk mengeceknya digunakan indikator PP.
3. Selanjutnya dititrasi dengan NaOH (0,1 N) dimana akhir titrasi ditandai dengan tepat perubahan warna larutan menjadi merah muda dan tidak hilang selama 30 detik menggunakan indikator PP. setelah diperoleh % N lalu

dihitung kadar proteinnya dengan mengalikan suatu faktor. Besarnya faktor perkalian N menjadi protein, tergantung pada presentase N yang menyusun protein dalam daging sapi tanpa perlakuan atau setelah diberi perlakuan.

3.5.9 Pengukuran Nilai pH

1. Dibersihkan katoda indikator pada pH meter dengan aquades hingga netral (pada pH tertera 7).
2. Selanjutnya dibersihkan menggunakan tissue.
3. Dimasukkan daging kedalam beaker glass ukuran 50 ml kemudian ditambahkan air sebanyak 30 ml.
4. Selanjutnya diaduk menggunakan stirrer diatas hot plate sekama 10 menit.
5. Diukur nilai pH menggunakan pH meter.

3.6 Teknik Pengumpulan Data

3.6.1 Teknik Pengumpulan Data Jumlah Bakteri

Data yang diambil dari penelitian ini adalah jumlah bakteri yang masih aktif setelah dipapari gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi dan lama paparan gelombang ultrasonik. Variasi frekuensi yang diberikan adalah 750 kHz, 800 kHz, dan 850 kHz dengan masing-masing lama paparan pada frekuensi adalah 10 menit, 20 menit dan 30 menit dengan daya konstan yaitu 30 Watt. Jumlah bakteri dihitung dan dicatat pada tabel berikut.

Tabel 3. 1 Pengumpulan Data Jumlah Bakteri

Perlakuan		Jumlah Sel Bakteri (10^7 CFU/ml)			Jumlah Rata-rata (10^7 CFU/ml)
Frekuensi	Waktu	1	2	3	
Kontrol					
750 kHz	10 menit				
	20 menit				
	30 menit				

800 kHz	10 menit				
	20 menit				
	30 menit				
850 kHz	10 menit				
	20 menit				
	30 menit				

3.6.2 Teknik Pengumpulan Data Kadar Protein

Data yang diambil dari penelitian ini yaitu sampel daging sapi yang belum dipapari gelombang ultrasonik dan sampel daging sapi yang sudah dipapari gelombang ultrasonik, masing-masing ditentukan kadar proteinnya. Jumlah protein yang didapat dicatat pada tabel berikut.

Tabel 3. 2 Pengumpulan Data Kadar Protein Daging Sapi

Perlakuan		Kadar Protein (%)			Jumlah Rata-rata (%)
Frekuensi	Waktu	1	2	3	
Kontrol					
750 kHz	10 menit				
	20 menit				
	30 menit				
800 kHz	10 menit				
	20 menit				
	30 menit				
850 kHz	10 menit				
	20 menit				
	30 menit				

3.6.3 Teknik Pengumpulan Data Nilai pH

Data yang diambil dari penelitian ini yaitu sampel daging sapi yang belum dipapari gelombang ultrasonik dan sampel daging sapi yang sudah dipapari gelombang ultrasonik, masing-masing ditentukan nilai pH nya. Jumlah pH yang didapat dicatat pada tabel berikut.

Tabel 3. 3 Pengumpulan Data Nilai pH Daging Sapi

Perlakuan		Nilai pH			Jumlah Rata-rata
Frekuensi	Waktu	1	2	3	
Kontrol					
750 kHz	10 menit				
	20 menit				
	30 menit				
800 kHz	10 menit				
	20 menit				
	30 menit				
850 kHz	10 menit				
	20 menit				
	30 menit				

3.7 Teknik Analisis Data

3.7.1 Teknik Analisis Data Jumlah Bakteri

Analisis data jumlah bakteri dalam penelitian ini dilakukan menggunakan analisis anova dan DMRT dengan bantuan SPSS untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan paparan gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi dan lama paparan terhadap pertumbuhan bakteri *Escherechia coli*.

3.7.2 Teknik Analisis Data Kadar Protein

Analisis data kadar protein dalam penelitian ini dilakukan menggunakan analisis anova dan DMRT dengan bantuan SPSS untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan paparan gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi dan lama paparan terhadap nilai kadar protein pada daging sapi.

3.7.3 Teknik Analisis Data Nilai pH

Analisis data nilai pH dalam penelitian ini dilakukan menggunakan analisis anova dan DMRT dengan bantuan SPSS untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan paparan gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi dan lama paparan terhadap nilai pH pada daging sapi.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh paparan gelombang ultrasonik dan lama paparan terhadap pertumbuhan bakteri *Escherechia coli*, kadar protein dan pH pada daging sapi. Jenis daging sapi yang digunakan dalam penelitian ini adalah daging bagian punggung sapi karena tidak banyak mengandung lemak didalamnya. Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari-Februari 2022 di Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penelitian ini menggunakan 3 variasi frekuensi dan lama paparan, yaitu menggunakan frekuensi 750 KHz, 800 KHz dan 850 KHz serta lama paparan 10 menit, 20 menit dan 30 menit. Pemaparan gelombang ultrasonik dilakukan didalam alat *Laminar Air Flow* agar tidak terkontaminasi dengan bakteri lain. Parameter yang digunakan untuk mengetahui pengaruh paparan gelombang ultrasonik yaitu pertumbuhan bakteri *Escherechia coli* pada daging sapi, kadar protein daging sapi dan nilai pH daging sapi.

Berikut merupakan hasil dan pembahasan pengaruh paparan gelombang ultrasonik dan lama paparan terhadap pertumbuhan bakteri *Escherechia coli*, kadar protein dan pH pada daging sapi.

4.1 Data Hasil Penelitian

4.1.1 Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherechia coli*

Penelitian ini sampel yang digunakan adalah Bakteri *Escherechia coli*. Bakteri yang akan digunakan diremajakan terlebih dahulu pada media NA dan NB

kemudian diinkubasi selama 24 jam. Setelah bakteri tumbuh, diambil 1 ml kultur bakteri pada media NB kemudian ditumbuhkan atau ditanamkan pada sampel daging sapi yang telah dipotong dengan ukuran 2×1×1 cm kemudian diinkubasi pada inkubator dengan suhu 37°C selama 18 jam.

Sampel daging sapi yang telah diinkubasi selama 24 jam kemudian dipapari gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi 750 KHz, 800 KHz dan 850 KHz dan masing-masing frekuensi menggunakan 3 variasi waktu yaitu 10 menit, 20 menit dan 30 menit. Pemaparan gelombang ultrasonik dilakukan didalam *Laminar Air Flow* (LAF) agar tidak terkontaminasi dengan bakteri lain.

Selanjutnya, sampel daging sapi yang telah dipapari gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi dan waktu paparan kemudian dimasukkan kedalam 10 ml larutan NaCl 0,9% dan divortex selama 1 menit untuk melepaskan sel bakteri dari sampel daging sapi. Tahap berikutnya adalah dilakukan pengenceran bakteri di ruang *Laminar Air Flow* (LAF) sampai pada pengenceran ke-7. Kemudian diambil 1 ml suspensi dengan menggunakan mikropipet. Suspensi tersebut dimasukkan kedalam cawan petri yang telah diberi media PCA cair sebagai media untuk hidup sel bakteri. Cawan petri yang berisi bakteri diinkubasi selama 24 jam dengan suhu 37°C didalam inkubator. Proses yang terakhir yaitu perhitungan jumlah koloni bakteri *Escherechia coli* dengan menggunakan *coloni counter*.

Untuk mengetahui jumlah koloni bakteri *Escherechia coli* dihitung menggunakan persamaan:

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

Sehingga diperoleh data koloni seperti pada tabel 4.1

Tabel 4. 1 Data Hasil Paparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherechia coli*

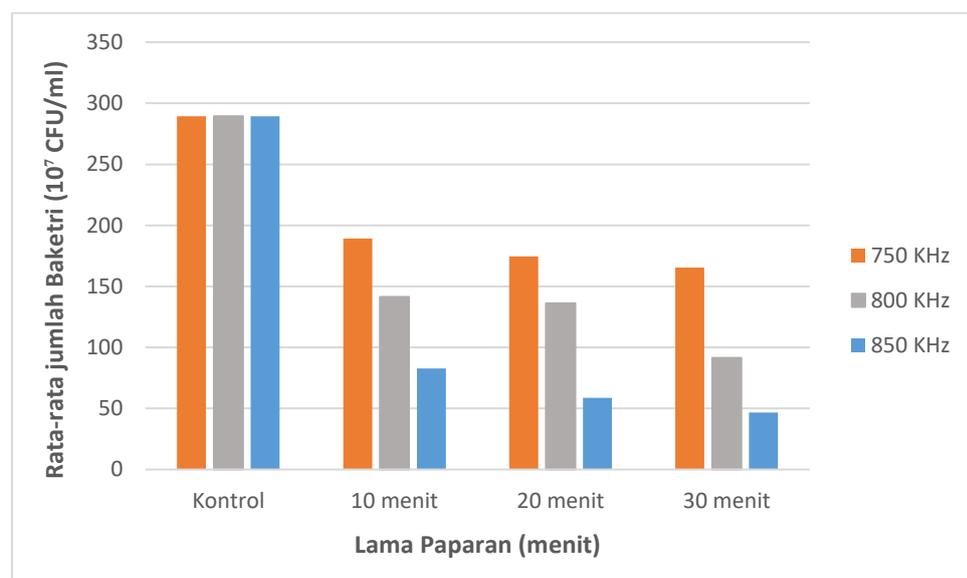
Perlakuan		Jumlah Bakteri (10^7 CFU/ml)			Jumlah Rata-rata (10^7 CFU/ml)
Frekuensi	Waktu	1	2	3	
Kontrol		$272 \cdot 10^7$	$300 \cdot 10^7$	$296 \cdot 10^7$	$(289,3 \pm 15,14)10^7$
750 KHz	10 menit	$180 \cdot 10^7$	$196 \cdot 10^7$	$192 \cdot 10^7$	$(189,3 \pm 8,33) 10^7$
	20 menit	$184 \cdot 10^7$	$176 \cdot 10^7$	$164 \cdot 10^7$	$(174,7 \pm 10,67) 10^7$
	30 menit	$172 \cdot 10^7$	$164 \cdot 10^7$	$160 \cdot 10^7$	$(165,3 \pm 6,11) 10^7$
800 KHz	10 menit	$132 \cdot 10^7$	$148 \cdot 10^7$	$144 \cdot 10^7$	$(141,3 \pm 8,33) 10^7$
	20 menit	$140 \cdot 10^7$	$132 \cdot 10^7$	$136 \cdot 10^7$	$(136 \pm 4) 10^7$
	30 menit	$94 \cdot 10^7$	$100 \cdot 10^7$	$80 \cdot 10^7$	$(91,3 \pm 10,26) 10^7$
850 KHz	10 menit	$76 \cdot 10^7$	$80 \cdot 10^7$	$92 \cdot 10^7$	$(82,7 \pm 8,33) 10^7$
	20 menit	$60 \cdot 10^7$	$48 \cdot 10^7$	$68 \cdot 10^7$	$(58,7 \pm 10,07) 10^7$
	30 menit	$40 \cdot 10^7$	$44 \cdot 10^7$	$56 \cdot 10^7$	$(46,7 \pm 8,33) 10^7$

Berdasarkan tabel 4.1, diketahui bahwa jumlah bakteri *Escherechia coli* pada daging sapi menunjukkan penurunan setelah diberi paparan gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi dan lama paparan. Jumlah rata-rata bakteri sebelum dipapari gelombang ultrasonik adalah $289,3 \cdot 10^7$ CFU/ml. Setelah sampel dipapari gelombang ultrasonik selama 10 menit dengan frekuensi 750 KHz jumlah bakteri yang masih aktif adalah $189,3 \cdot 10^7$ CFU/ml. Ketika frekuensi dinaikkan menjadi 800 KHz dengan lama paparan 10 menit jumlah bakteri *Escherechia coli* adalah $141,3 \cdot 10^7$ CFU/ml. Jumlah bakteri *Escherechia coli* diberi paparan gelombang ultrasonik selama 30 menit pada frekuensi 800 KHz adalah $91,3 \cdot 10^7$ CFU/ml, dan pada saat frekuensi dinaikkan kembali dengan frekuensi 850 KHz dengan lama paparan 30 menit jumlah bakteri *Escherechia coli* yang masih aktif adalah $46,7 \cdot 10^7$ CFU/ml.

Data ulangan 1 saat frekuensi 800 KHz dengan lama paparan 20 menit yaitu $140 \cdot 10^7$ CFU/ml memiliki jumlah bakteri yang lebih besar dibandingkan dengan jumlah bakteri pada ulangan 1 saat frekuensi 800 KHz dengan lama paparan 10

menit yaitu $132 \cdot 10^7$ CFU/ml, dimana hal ini yang seharusnya saat lama paparan 10 menit memiliki jumlah bakteri yang lebih tinggi dibandingkan dengan lama paparan 20 menit. Salah satu faktornya yang dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri yaitu kemungkinan karena pertumbuhan sel bakteri pada fase statis tidak stabil karena jumlah sel yang masih hidup lebih banyak daripada jumlah sel bakteri yang mati.

Data hasil jumlah koloni bakteri *Escherechia coli* diatas dapat dianalisis menggunakan grafik. Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan dengan variasi frekuensi dan lama paparan gelombang ultrasonik terdapat hubungan antara variasi frekuensi dan lama paparan gelombang ultrasonik terhadap pertumbuhan bakteri *Escherechia coli* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1 berikut.



Gambar 4. 1 Grafik Pengaruh Pertumbuhan Bakteri *Escherechia coli* Terhadap Paparan Gelombang Ultrasonik

Grafik pada gambar 4.1 diatas menunjukkan bahwa semakin tinggi frekuensi dan semakin lama paparan gelombang ultrasonik jumlah koloni bakteri *Escherechia coli* semakin berkurang. Sedangkan semakin rendah frekuensi dan semakin sedikit lama paparannya maka jumlah bakteri *Escherechia coli* yang mati

lebih sedikit. Hal ini membuktikan bahwa penambahan frekuensi dan lama paparan bisa menghambat pertumbuhan bakteri *Escherechia coli*.

Selanjutnya, untuk mengetahui nilai prosentase pertumbuhan bakteri *Escherechia coli* menggunakan persamaan:

$$\text{Persamaan Penurunan Bakteri} = \frac{N_0 - N}{N_0} \times 100\%$$

Dengan:

N_0 = Jumlah rata-rata bakteri sebelum dipapari gelombang ultrasonik

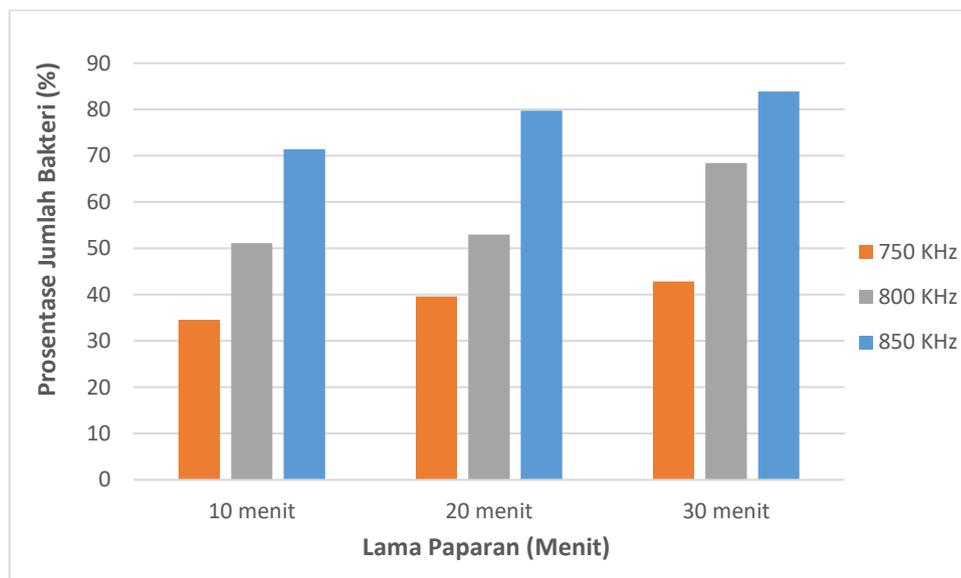
N = Jumlah bakteri setelah dipapari gelombang ultrasonik

Tabel 4. 2 Data Hasil Prosentase Pertumbuhan Jumlah Bakteri

Frekuensi	Waktu	Prosentase Pertumbuhan Jumlah Bakteri (%)
750 KHz	10 menit	34,6%
	20 menit	39,6%
	30 menit	42,8%
800 KHz	10 menit	51,1%
	20 menit	52,9%
	30 menit	68,4%
850 KHz	10 menit	71,4%
	20 menit	79,7%
	30 menit	83,8%

Berdasarkan data prosentase pertumbuhan jumlah bakteri pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa waktu paparan gelombang ultrasonik selama 10 menit dan pada frekuensi 750 KHz prosentase pertumbuhan jumlah bakteri *Escherechia coli* sebesar 34,6%. Paparan gelombang ultrasonik selama 20 menit dengan frekuensi 750 KHz prosentase pertumbuhan jumlah bakteri *Escherechia coli* sebesar 39,6%. Ketika lama paparan gelombang ultrasonik ditambah menjadi 30 menit dengan frekuensi yang sama 750 KHz prosentase pertumbuhan jumlah bakteri *Escherechia coli* menjadi 42,8%.

Hasil nilai prosentase diatas dianalisis dengan menggunakan grafik. Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan dengan variasi frekuensi dan lama paparan adanya hubungan antara variasi frekuensi dan lama paparan dengan penurunan jumlah koloni bakteri seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Grafik Pertumbuhan Jumlah Bakteri Terhadap Paparan Gelombang Ultrasonik dengan Variasi Frekuensi dan Waktu Paparan

Grafik pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa semakin tinggi frekuensi dan semakin lama paparan gelombang ultrasonik nilai prosentasinya semakin tinggi. Artinya, semakin tinggi nilai prosentasesnya maka semakin banyak jumlah bakteri yang mati akibat paparan gelombang ultrasonik. Begitu juga sebaliknya jika nilai prosentasinya semakin rendah maka jumlah bakteri yang mati akibat paparan gelombang ultrasonik semakin sedikit. Hal ini membuktikan bahwa penambahan frekuensi dan lama paparan bisa menghambat pertumbuhan bakteri *Escherechia coli*.

Berdasarkan data hasil penurunan jumlah bakteri *Escherechia coli* pada tabel 4.1 diatas dilakukan uji *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan rata-rata antara pengaruh variasi frekuensi dan lama paparan

gelombang ultrasonik terhadap pertumbuhan jumlah koloni bakteri *Escherechia coli*. Berikut hasil uji ANOVA:

Tabel 4. 3 Hasil Uji ANOVA pada Penurunan Jumlah Bakteri

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	65738.667 ^a	8	8217.333	115.797	.000
Waktu	6130.667	2	3065.333	43.196	.000
Frekuensi	58320.889	2	29160.444	410.925	.000
Waktu * Frekuensi	1287.111	4	321.778	4.534	.010
Error	1277.333	18	70.963		
Total	460148.000	27			

H0: Tidak terdapat pengaruh.

H1: Terdapat pengaruh.

Keterangan: jika Sig<0,05 maka H0 ditolak.

Uji ANOVA dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan rata-rata antara pengaruh variasi frekuensi dan lama paparan gelombang ultrasonik terhadap pertumbuhan jumlah bakteri *Escherechia coli*. Pada tabel 4.3 menunjukkan bahwa nilai signifikansi antara waktu dan frekuensi adalah sebesar 0,010, dari data tersebut dapat disimpulkan H0 ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh antara variasi frekuensi dan lama paparan gelombang ultrasonik terhadap pertumbuhan jumlah bakteri *Escherechia coli* yang diuji. Apabila uji ANOVA telah memenuhi kriteria maka selanjutnya dilakukan uji lanjut DMRT untuk menguji perbedaan rata-rata dari masing-masing data. Berikut hasil uji DMRT sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Hasil Uji DMRT Variasi Frekuensi pada Jumlah Bakteri

Frekuensi (KHz)	Jumlah Bakteri (CFU/ml)	Notasi Huruf
850 KHz	62,67	a
800 KHz	122,89	b
750 KHz	176,44	c

Keterangan: Frekuensi dengan notasi huruf berbeda mempunyai perbedaan nyata.

Tabel 4. 5 Hasil Uji DMRT Variasi Lama Paparan pada Jumlah Bakteri

Waktu Paparan	Jumlah Bakteri (CFU/ml)	Notasi Huruf
30 menit	101,11	a
20 menit	123,11	b
10 menit	137,78	c

Keterangan: Lama paparan dengan notasi huruf berbeda mempunyai perbedaan nyata.

Pada tabel 4.4 dan 4.5 diatas, data setiap variasi frekuensi mempunyai perbedaan yang nyata yaitu frekuensi 850 KHz berbeda nyata dengan frekuensi 800 KHz, dan frekuensi 800 KHz berbeda nyata dengan frekuensi 750 KHz. Begitu juga pada setiap data variasi lama paparan, hasil uji DMRT pada variasi lama paparan mempunyai perbedaan yang nyata antara waktu 10 menit, 20 menit dan 30 menit.

Hasil uji DMRT pada tabel 4.4 dan 4.5 menunjukkan adanya perbedaan anatara masing-masing variasi frekuensi dan lama paparan gelombang ultrasonik terhadap pertumbuhan bakteri *Escherechia coli*. Dari data diatas yang paling sedikit jumlah bakterinya atau yang paling optimal dalam membunuh bakteri yaitu pada frekuensi 850 KHz dan lama paparan 30 menit terhadap pertumbuhan jumlah bakteri *Escherechia coli*.

4.1.2 Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Kadar Protein

Setelah sampel daging sapi dipapari gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi dan lama paparan, sampel dihancurkan dan diukur kadar protein daging sapi dengan metode Kjeldahl. Kadar protein dapat diketahui setelah melalui 3 tahapan. Tahap pertama yaitu destruksi yang bertujuan untuk mendestruksi protein menjadi unsur-unsurnya. Pada tahap ini sampel dipanaskan dalam asam sulfat pekat sehingga terjadi destruksi menjadi unsur-unsurnya. Elemen karbon, hidrogen teroksidasi menjadi CO, CO₂ dan H₂O. Sedangkan nitrogennya (N) akan berubah menjadi ammonium sulfat ((NH₄)₂SO₄). Tahap yang kedua adalah destilasi, pada

tahap ini ammonium sulfat dipecah menjadi ammonia (NH_3) dengan penambahan NaOH sampai alkalis dan dipanaskan. Prinsip destilasi sendiri adalah memisahkan cairan atau larutan berdasarkan perbedaan titik didih. Tahap yang terakhir adalah titrasi, dengan menggunakan HCl 0,1 N sebagai titran. Titrasi ditandai dengan perubahan warna dari biru menjadi merah muda dan tidak hilang selama 30 detik apabila menggunakan indikator PP.

Pada penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh Atul Handayani pada tahun 2016 tentang Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik untuk Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* dan Kadar Protein pada Susu Sapi Segar, data yang didapatkan pada parameter pengujian kadar protein tidak cukup besar dalam mendenaturasi protein pada susu sapi segar. Kadar protein susu sapi segar dianalisis menggunakan metode kjeldahl, metode kjeldahl dilakukan untuk menganalisis kadar protein kasar dalam bahan makanan secara tidak langsung karena yang dianalisis dengan cara ini adalah kadar nitrogennya. Susu sapi segar didigesti dengan asam kuat kemudian ikatan peptide akan terurai sehingga melepas atom nitrogen yang kadarnya dianalisis dengan teknik titrasi. Kebanyakan protein dianalisa berdasarkan pada banyaknya ikatan nitrogen. Sehingga data yang diperoleh dari metode kjeldahl ini adalah senyawa N bukan murni kadar protein seperti urea, asam nukleat, purin, pirimidin dan sebagainya.

Sehingga diperoleh data kadar protein seperti pada tabel 4.6 berikut:

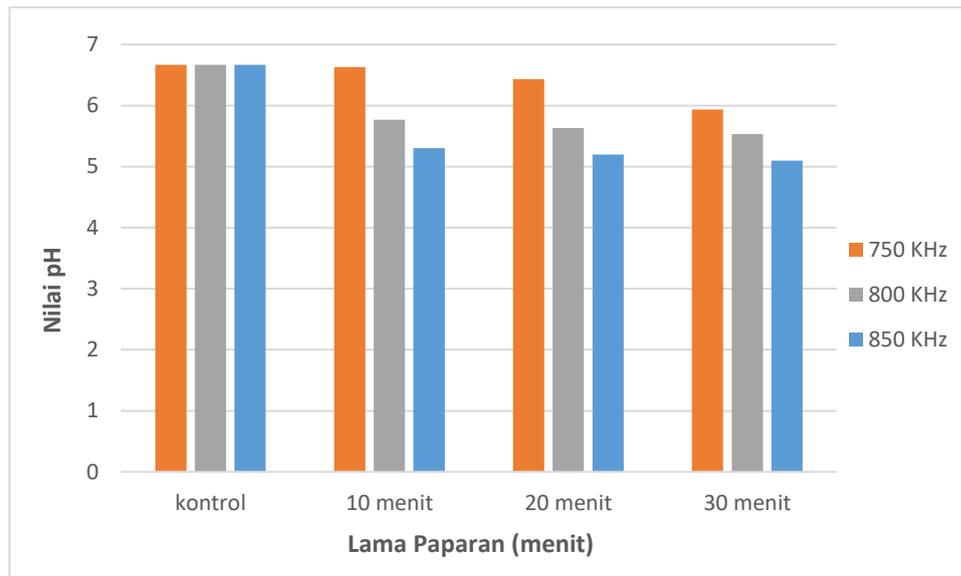
Tabel 4. 6 Data Hasil Paparan Gelombang Ultrasonik terhadap Kadar Protein

Perlakuan		Kadar Protein (%)
Frekuensi	Waktu	
Kontrol		25,55 %
750 KHz	10 menit	22,54 %
	20 menit	22,49 %
	30 menit	22,40 %

800 KHz	10 menit	22,45 %
	20 menit	22,37 %
	30 menit	22,23 %
850 KHz	10 menit	21,90 %
	20 menit	21,86 %
	30 menit	21,78 %

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa kadar protein yang belum diberi paparan gelombang ultrasonik adalah 25,55%. Ketika diberi perlakuan paparan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 750 KHz dan lama paparan 10 menit kadar proteinnya adalah 22,54%. Sedangkan pada lama paparan 20 menit dan 30 menit berturut-turut kadar proteinnya adalah 22,49% dan 22,40%. Sedangkan pada paparan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 800 KHz dan lama paparan 10 menit kadar proteinnya sedikit menurun yaitu 22,45%. Dan dengan frekuensi yang sama yaitu 800 KHz menggunakan lama paparan 20 menit dan 30 menit berturut-turut yaitu sebesar 22,37% dan 22,23%. Pada frekuensi 850 KHz dengan lama paparan 10 menit, 20 menit dan 30 menit berturut-turut yaitu 21,90%, 21,86% dan 21,78%. Dari data diatas dapat diketahui bahwa variasi frekuensi dan lama paparan gelombang ultrasonik menunjukkan sedikit penurunan kandungan kadar protein pada daging sapi akan tetapi tidak terlalu besar dalam mempengaruhi denaturasi protein. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.6 diatas.

Hasil dari pengukuran kadar protein daging sapi pada tabel 4.6 dapat dianalisa dengan menggunakan grafik batang seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3 berikut.



Gambar 4. 3 Grafik Penurunan Kadar Protein Daging Sapi setelah dipapari Gelombang Ultrasonik

Pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa frekuensi yang paling sedikit mengakibatkan denaturasi protein yaitu pada frekuensi 750 KHz dengan lama paparan 10 menit kadar proteinnya yaitu 22,54%. Kadar protein mengalami penurunan antara 0,14 % - 0,22% dari variasi frekuensi 750 KHz, 800 KHz dan 850 KHz serta variasi lama paparan 10 menit, 20 menit dan 30 menit. Hasil paparan gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi dan lama paparan tidak cukup besar untuk menyebabkan denaturasi protein pada daging sapi.

4.1.3 Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik Terhadap pH Daging Sapi

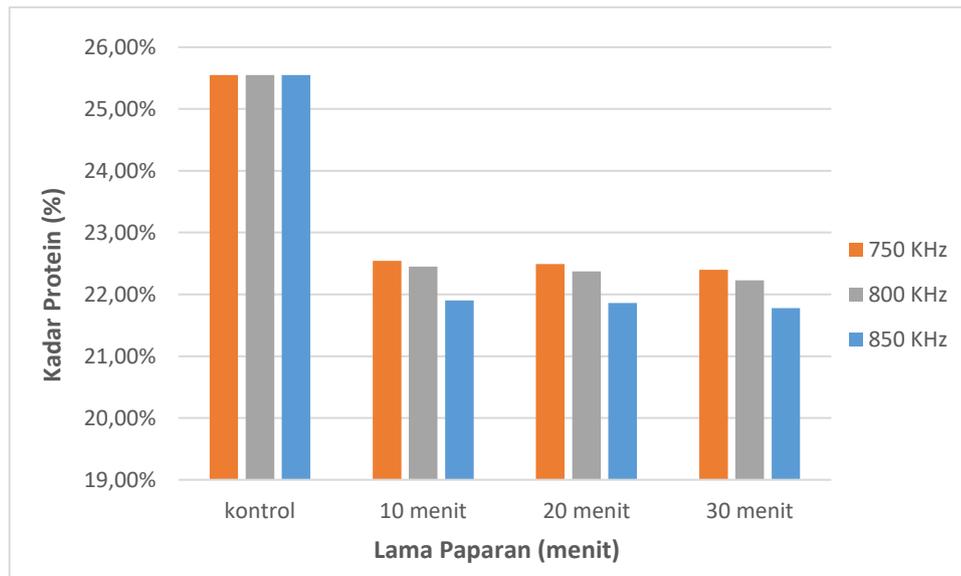
Setelah sampel daging sapi dipapari gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi dan waktu, sampel dimasukkan kedalam beaker glass berukuran 50 ml dan ditambahkan aquades sebanyak 30 ml. Selanjutnya diaduk menggunakan stirrer selama 10 menit dan kemudian diukur nilai pH nya dengan menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi. Berikut merupakan data hasil pengukuran nilai pH yang dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4. 7 Data Hasil Paparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Nilai pH pada Daging Sapi

Perlakuan		Nilai pH			Rata-rata
Frekuensi	Waktu	1	2	3	
Kontrol		6,7	6,6	6,7	$6,7 \pm 0,058$
750 KHz	10 menit	6,7	6,6	6,6	$6,6 \pm 0,058$
	20 menit	6,3	6,5	6,5	$6,4 \pm 0,115$
	30 menit	6,1	5,8	5,9	$5,9 \pm 0,153$
800 KHz	10 menit	5,7	5,8	5,8	$5,8 \pm 0,058$
	20 menit	5,6	5,7	5,6	$5,6 \pm 0,058$
	30 menit	5,5	5,5	5,6	$5,5 \pm 0,058$
850 KHz	10 menit	5,3	5,2	5,4	$5,3 \pm 0,1$
	20 menit	5,2	5,1	5,3	$5,2 \pm 0,1$
	30 menit	5,1	5	5,2	$5,1 \pm 0,1$

Rata-rata nilai pH pada sampel yang belum diberi perlakuan adalah 6,7 dan ketika diberi perlakuan paparan gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi 750 KHz dan lama paparan 10 menit nilai pH nya adalah 6,6. Dan pada frekuensi 750 KHz dengan lama paparan 20 menit nilai pH yaitu 6,4 dan pada lama paparan 30 menit yaitu nilainya yaitu 5,9. Kemudian pada variasi frekuensi 800 KHz dengan lama paparan 10 menit nilai pH yaitu 5,8, frekuensi 800 KHz lama paparan 20 menit nilai pH nya yaitu 5,6 dan pada lama paparan 30 menit nilai pH rata-rata yaitu 5,5. Sedangkan nilai rata-rata pH pada frekuensi 850 KHz dengan lama paparan 10 menit, 20 menit dan 30 menit berturut-turut yaitu 5,3, 5,2 dan 5,1. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar frekuensi dan lama paparan, nilai pH akan semakin menurun. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel diatas.

Hasil penelitian dianalisis dengan menggunakan grafik. Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan dengan variasi frekuensi dan lama paparan gelombang ultrasonik terdapat hubungan antara variasi frekuensi dan waktu paparan dengan penurunan nilai pH seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4 berikut.



Gambar 4. 4 Diagram Penurunan Nilai pH

Grafik pada gambar 4.4 menunjukkan semakin besar paparan gelombang ultrasonik dan lama paparan menunjukkan nilai pH pada daging sapi semakin menurun. Rata-rata nilai pH kontrol sebelum diberi paparan gelombang ultrasonik adalah 6,7. Kemudian dipapari gelombang ultrasonik dengan frekuensi 750 KHz dan lama paparan 10 menit menghasilkan nilai pH sebesar 6,6. Apabila frekuensi dinaikkan menjadi 800 KHz dengan lama paparan 10 menit nilai pH daging sapi adalah 5,8 dan jika frekuensi dinaikkan kembali yaitu 850 KHz dengan lama paparan 10 menit nilai pH daging sapi sebesar 5,3. Hal ini menunjukkan bahwa pemaparan gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi dan lama paparan gelombang ultrasonik menunjukkan perubahan atau penurunan terhadap nilai pH daging sapi.

Berdasarkan data hasil nilai pH pada tabel 4.7 diatas, selanjutnya dilakukan uji *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan rata-rata antara pengaruh variasi frekuensi dan lama paparan gelombang ultrasonik terhadap nilai pH pada daging sapi. Berikut hasil uji ANOVA:

Tabel 4. 8 Hasil Uji ANOVA terhadap Nilai pH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	6.792 ^a	8	.849	95.510	.000
Waktu	.654	2	.327	36.792	.000
Frekuensi	5.870	2	2.935	330.167	.000
Waktu * Frekuensi	.268	4	.067	7.542	.001
Error	.160	18	.009		
Total	892.180	27			

H0: Tidak terdapat pengaruh.

H1: Terdapat pengaruh.

Keterangan: jika Sig<0,05 maka H0 ditolak.

Uji ANOVA dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan rata-rata antara pengaruh variasi frekuensi dan lama paparan gelombang ultrasonik terhadap nilai pH pada daging sapi. Pada tabel 4.8 menunjukkan bahwa nilai signifikansi antara waktu dan frekuensi adalah sebesar 0,001, dari data tersebut dapat disimpulkan H0 ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh antara variasi frekuensi dan lama paparan gelombang ultrasonik terhadap nilai pH pada daging sapi yang diuji. Selanjutnya dilakukan uji lanjut DMRT untuk menguji perbedaan rata-rata dari masing-masing data. Berikut merupakan hasil uji DMRT:

Tabel 4. 9 Hasil Uji DMRT Variasi Frekuensi pada Nilai pH

Frekuensi (KHz)	Nilai pH	Notasi Huruf
850 KHz	5,200	a
800 KHz	5,644	b
750 KHz	6,333	c

Keterangan: Frekuensi dengan notasi huruf berbeda mempunyai perbedaan nyata

Tabel 4. 10 Hasil Uji DMRT Variasi Lama Paparan pada Nilai pH

Lama Paparan	Nilai pH	Notasi Huruf
30 menit	5,522	a
20 menit	5,756	b
10 menit	6,333	c

Keterangan: Lama paparan dengan notasi huruf berbeda mempunyai perbedaan nyata.

Pada tabel 4.9 dan 4.10 diatas, data setiap variasi frekuensi mempunyai perbedaan yang nyata yaitu frekuensi 850 KHz berbeda nyata dengan frekuensi 800 KHz, dan frekuensi 800 KHz berbeda nyata dengan frekuensi 750 KHz. Begitu juga pada setiap data variasi lama paparan, hasil uji DMRT pada variasi lama paparan mempunyai perbedaan yang nyata antara waktu 10 menit, 20 menit dan 30 menit. Semakin besar notasi maka menunjukkan jumlah bakteri semakin banyak.

Hasil uji DMRT pada tabel 4.9 dan 4.10 menunjukkan adanya perbedaan antara masing-masing variasi frekuensi dan lama paparan gelombang ultrasonik terhadap nilai pH pada daging sapi. Dari data diatas yang paling sedikit menurunkan nilai pH atau yang paling optimal terhadap nilai pH yaitu pada frekuensi 750 KHz dan lama paparan 10 menit.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherechia coli*

Dari grafik 4.1 dapat diketahui bahwa adanya hubungan antara paparan gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi dan lama paparan terhadap pertumbuhan bakteri *Escherechia coli*. Jumlah bakteri *Escherechia coli* mengalami penurunan akibat diberi paparan gelombang ultrasonik. Semakin besar frekuensi dan semakin lama waktu paparan gelombang ultrasonik menunjukkan jumlah bakteri *Escherechia coli* dalam daging sapi semakin berkurang.

Penelitian ini menggunakan paparan gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi dan lama paparan. Frekuensi yang digunakan adalah 750 KHz, 800 KHz dan 850 KHz, dimana setiap frekuensi memiliki intensitas gelombang ultrasonik yang berbeda-beda. Intensitas frekuensi 750 KHz sebesar 33,4 dB, sedangkan

intensitas frekuensi 800 KHz sebesar 32,5 dB dan intensitas saat frekuensi 850 KHz sebesar 31,0 dB. Dapat dilihat dari intensitas diatas bahwa hubungan antara frekuensi dan intensitas saling berbanding berbanding lurus, yang artinya semakin tinggi frekuensi maka semakin besar intensitasnya. Sebaliknya, jika semakin rendah frekuensi maka nilai intensitasnya juga semakin kecil. Intensitas gelombang ultrasonik dapat diukur menggunakan alat *Sound Level Meter* dengan satuan dB.

Pengaruh lama waktu paparan gelombang ultrasonik yang diberikan terhadap bakteri *Escherechia coli* dalam daging sapi menyebabkan terpecahnya dinding sel bakteri. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa lama paparan gelombang ultrasonik yaitu 10 menit, 20 menit dan 30 menit dapat mempengaruhi jumlah bakteri *Escherechia coli* dalam daging sapi. Berdasarkan teori bahwa gelombang ultrasonik merambat membawa energi dari satu medium ke medium yang lainnya. Banyaknya energi yang dibawa partikel tersebut tiap satuan waktu, merupakan daya yang diberikan oleh gelombang ultrasonik pada suatu medium. Sehingga semakin lama waktu pemaparan gelombang ultrasonik terhadap suatu medium, semakin banyak medium tersebut menerima energi dari gelombang ultrasonik (Giancoli, 1998). Maka dapat dikatakan bahwa semakin lama waktu paparan gelombang ultrasonik yang diberikan pada bakteri *Escherechia coli* dalam daging sapi, energi gelombang ultrasonik yang diterima oleh bakteri juga semakin besar. Sehingga menyebabkan jumlah bakteri *Escherechia coli* dalam daging sapi berkurang.

Penambahan frekuensi gelombang ultrasonik terhadap bakteri *Escherechia coli* mengakibatkan rusaknya membran sel. Hasil penelitian yang telah dilakukan dengan variasi frekuensi 750 KHz, 800 KHz dan 850 KHz menunjukkan adanya pengaruh terhadap jumlah bakteri *Escherechia coli* pada daging sapi. Semakin

besar frekuensi gelombang ultrasonik maka jumlah bakteri semakin berkurang. Gelombang ultrasonik yang diberikan dapat menimbulkan efek kavitasasi yang mengakibatkan terpecahnya sel, efek kavitasasi dapat terjadi karena adanya tekanan lokal pada gelombang ultrasonik yang menurun sampai nilai yang cukup rendah. Sehingga, jika gelombang ultrasonik tersebut berjalan melalui jaringan yang akan melepaskan kalor dan selanjutnya akan terjadi pemanasan yang mengakibatkan suhu jaringan meningkat. Kenaikan temperatur akan mempengaruhi lingkungan tumbuh bakteri sehingga mengakibatkan bakteri tidak dapat tumbuh dengan baik pada temperatur optimal. Kenaikan temperatur juga dapat merusak enzim bakteri yang berfungsi untuk mengkatalisis reaksi-reaksi yang berhubungan dengan proses kehidupan bakteri. Enzim ini akan mengalami penurunan aktivitas sehingga proses metabolisme bakteri akan terganggu dan pada akhirnya komponen sel serta proses pertumbuhan bakteri juga akan mengalami gangguan. Peningkatan temperatur dapat mengakibatkan terbukanya dinding sel bakteri, sehingga mempengaruhi aktivitas ekstraseluler (Fransiska et al., 2012).

Penurunan jumlah bakteri dicurigai karena gelombang ultrasonik dapat merusak dinding sel bakteri hingga sel lisis. Gelombang ultrasonik dengan intensitas tinggi mempunyai kemampuan untuk memecahkan sel bakteri melalui proses *cavitation*. Jika terjadi *cavitation* maka akan terdapat gerak yang amat hebat di dekat gelembung. Bakteri akan mengalami tegangan mekanik yang besar dan dindingnya akan mengalami peregangan yang besar dan jika elastisitasnya terlampaui akan robek sehingga bakteri mati. Selain itu, di dekat *cavitation* terdapat turbulensi yang berputar dengan hebat. Dinding sel dapat dirusak dengan tegangan geser yang ditimbulkan oleh turbulensi ini. *Cavitation* yang berasal dari gelombang

ultrasonik juga dapat menyebabkan porositas pada membran sel melebar sehingga menyebabkan masuknya gelembung *cavitation*. Gelembung *cavitation* akan mempengaruhi kinerja enzim *capcase-3* sehingga terjadi proses apoptosis sel bakteri. Mekanisme lain adalah terjadinya degradasi nukleus dan mengakibatkan sel lisis (Fransiska et al., 2012). Penelitian ini membuktikan bahwa paparan gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi dan lama paparan terdapat hubungan dan dapat memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan bakteri *Escherechia coli* pada daging sapi.

4.2.2 Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Kadar Protein

Kadar protein mengalami penurunan setelah diberi paparan gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi dan lama paparan. Efek kavitasi yang ditimbulkan oleh gelombang ultrasonik dapat merusak molekul penyusun protein yang dapat menyebabkan denaturasi protein. Menurut Monsen T., dkk (2009) paparan gelombang ultrasonik menyebabkan terjadinya gelembung gas udara di dalam cairan dan akan berisolasi dengan objek yang dipapari. Proses inilah yang dinamakan kavitasi.

Suhu yang tinggi akan menaikkan aktivitas enzim namun sebaliknya juga akan mendenaturasi enzim (Martoharsono, 1994). Peningkatan suhu dapat meningkatkan kecepatan reaksi karena molekul atom mempunyai energi yang lebih besar dan mempunyai kecenderungan untuk berpindah. Ketika temperatur meningkat, proses denaturasi juga mulai berlangsung dan menghancurkan aktivitas molekul enzim. Hal ini dikarenakan adanya rantai protein yang tidak terlibat setelah pemutusan ikatan yang lemah sehingga secara keseluruhan kecepatan reaksi akan menurun.

Denaturasi akibat panas menyebabkan molekul-molekul yang menyusun protein bergerak dengan sangat cepat sehingga sifat protein yaitu hidrofobik menjadi terbuka. Akibatnya, semakin panas molekul akan bergerak semakin cepat dan memutus ikatan hydrogen didalamnya. Denaturasi akibat asam atau basa terjadi ketika adanya penambahan kadar asam atau basa pada garam protein yang dapat memutus kandungan struktur dari protein tersebut karena terjadi substitusi ion negative dan positif pada garam dengan ion positif dan negative pada asam atau basa (Vladimir, 2007).

Dengan penambahan frekuensi 750 KHz, 800 KHz dan 850 KHz selama masing-masing waktu paparan gelombang ultrasonik ternyata masih dalam batas aman yang tidak menyebabkan kerusakan protein pada daging sapi.

4.2.3 Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik Terhadap pH Daging Sapi

Nilai pH pada daging sapi mengalami penurunan akibat dipapari gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi dan lama paparan. Nilai pH merupakan salah satu kriteria dalam menentukan kualitas daging. Pada saat hewan masih dalam keadaan hidup nilai pH pada otot yaitu sekitar 7,0-7,2. pH daging sapi berkisar antara 5,46 sampai 6,29 (Yanti et al., 2008). Penurunan nilai pH akan terjadi setelah hewan ternak sapi disembelih (Postmortem) yaitu pada saat jantung berhenti memompa darah, sehingga jaringan otot dan jaringan lainnya tidak lagi mendapat pasokan darah. Kemudian faktor-faktor mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme pada daging ada dua macam, yaitu (a). Faktor intrinsik termasuk nilai nutrisi daging, keadaan air, pH, potensi oksidasi-reduksi dan nada tidaknya substansi penghalang atau penghambat; (b). Faktor ekstrinsik, misalnya

temperature, kelembaban relative, ada tidaknya oksigen dan bentuk atau kondisi daging.

Suhu lingkungan (penyimpanan) mempunyai hubungan yang erat dengan penurunan pH. Suhu tinggi pada dasarnya meningkatkan laju penurunan pH, sedangkan temperatur rendah menghambat laju penurunan pH (Soeparno, 2005). Penambahan frekuensi 750 KHz, 800 KHz dan 850 KHz gelombang ultrasonik akan menimbulkan efek kavitasi yang secara otomatis akan menaikkan temperatur, akibatnya daging sapi yang telah dipapari gelombang ultrasonik dengan frekuensi 750 KHz, 800 KHz dan 850 KHz dengan masing-masing variasi lama paparan gelombang ultrasonik akan mengalami sedikit penurunan pH.

4.2.4 Makanan Thayyiban dalam Pandangan Islam

Ajaran Islam mencakup seluruh aspek kehidupan, tak terkecuali masalah makanan. Dalam islam, makanan merupakan tolak ukur yang dapat mempengaruhi dari segala prilaku 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 regulasipengawasan makanan. Seperti dalam firman Allah dalam surat Al-Maidah ayat 88:

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

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

Dari ayat diatas Allah SWT telah menjelaskan, Dan makanlah makanan-makanan yang baik yang telah dihalalkan Allah bagi kalian, karena itu merupakan

rezeki yang telah Allah berikan. Dan selama kalian telah beriman kepada Allah maka bertakwalah kepadanya dengan mengikuti segala perintah dan menjauhi larangannya.

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 diatas, makanan sehat itu dipengaruhi oleh cara memasaknya, suhu makanan pada saat penyajian dan bahan makanan yang mudah dicerna. Tujuan dari mengkonsumsi 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 juga terbentuknya penyakit (Voldman, 2006).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai efek paparan gelombang ultrasonik terhadap pertumbuhan bakteri *Escherechia coli*, kadar protein dan pH pada daging sapi dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi 750 KHz, 800 KHz dan 850 KHz dengan waktu paparan 10 menit, 20 menit dan 30 menit mempengaruhi pertumbuhan bakteri *Escherechia coli* pada daging sapi. Titik minimum pertumbuhan jumlah koloni bakteri *Escherechia coli* pada frekuensi 750 KHz dengan waktu paparan 10 menit jumlah rata-rata bakterinya adalah $189,3 \cdot 10^7$ CFU/ml dengan presentase penurunan jumlah bakteri yaitu 34,6%, sedangkan titik maksimum pertumbuhan bakteri *Escherechia coli* pada frekuensi 850 KHz dengan waktu paparan 30 menit jumlah rata-rata bakteri adalah $46,7 \cdot 10^7$ CFU/ml dengan presentase penurunan bakteri yaitu 83,9%.
2. Gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi 750 KHz, 800 KHz dan 850 KHz dengan waktu paparan 10 menit, 20 menit dan 30 menit tidak cukup besar dalam mempengaruhi denaturasi protein pada daging sapi. Kadar protein pada daging sapi yang belum dipapari gelombang ultrasonik adalah 25,55 %.
3. Gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi 750 KHz, 800 KHz dan 850 KHz dengan waktu paparan 10 menit, 20 menit dan 30 menit mempengaruhi penurunan nilai pH pada daging sapi. Nilai pH hanya mengalami penurunan sekitar 0,1-1,6. Namun, secara statistik tidak berbeda nyata sehingga paparan

gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi dan lama paparan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai pH pada daging sapi.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, maka disarankan bagi peneliti selanjutnya untuk mengadakan perbaikan di masa mendatang, yaitu:

1. Penelitian ini bisa dilanjutkan dengan menggunakan jenis bakteri lain.
2. Penelitian ini bisa dilanjutkan untuk mengetahui kerusakan kadar lemak pada daging sapi.
3. Penelitian ini bisa dilanjutkan dengan menggunakan frekuensi yang lebih ideal (selain frekuensi 750 KHz, 800 KHz dan 850 KHz) agar dapat membunuh bakteri secara maksimal akan tetapi kadar protein dan nilai pH pada daging sapi masih terjaga.
4. Saat melakukan pengenceran disarankan waktu tidak melebihi 45 menit agar bakteri belum berkembang biak lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Aberle, H. B, J.C. Forrest., E. D. Hendrick., M. D. Judge and R. A. Merkel. 2001. *Principle of Meat Science*. 4th Edit. Kendal/Hunt Publishing Co., USA.
- Ackerman E., Lynda B. M. Ellis, Lawrence E. Williams,. 1988. *Ilmu Biofisika* (terjemahan; Redjani, Abdulbasir). Surabaya: Airlangga University.
- Anderson KL, Whitlock JE, Harwood VJ. 2005. *Persistence and differential survival of fecal indicator bacteria in subtropical waters and sediments*. Appl. Environ. Microbiol. 71:3041–3048
- Anjarsari, B. 2010. *Pangan Hewani Fisiologi Pasca Mortem dan Teknologi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Arisman. 2009. *Buku Ajar Ilmu Gizi Keracunan Makanan*. Jakarta: EGC.
- Brooks, Geo F. 2001. *Medical Microbiology Twenty Second Edition*. McGraw-Hill Inc.
- Bueche, Frederick J. 1989. *Theory and Problem of College Physics*. (8th ed).
- Buckle, K.A. et al. 2009. *Ilmu Pangan*. Jakarta: UI Press
- Clark, D & Adam, S. 2009. *Landfil Biodegradation An In-Depth Look At Biodegradation In Landfil Environment*. Bio-Tec Environmental, Albuquerque Enso Bootles:Llc, Phoenix.
- Cameron John R., and Skofronick James G. 1978. *Medical Phisics*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Campbell, dkk. 2002. *Biologi Edisi Kelima Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Fransiska, Archadian N., & Rini M. P. 2012. *Pengaruh Lama Paparan Gelombang Ultrasonik Frekuensi Terapi Terhadap Jumlah Koloni Bakteri Streptococcus mutans*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Garbutt, J. 1997. *Essentials of Food Microbiology*. London: Arnold.
- Giancoli. 1998. *Fisika Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Girard F, I. Batisson, J. Harel & J. M. Fairbrother. 2003. *Use of Egg Yolk-Derived Immunoglobulins as an Alternative to Antibiotic Treatment for Control of Attaching and Effacing Escherichia coli Infection*. 103rd General Meeting of American Society for Microbiology, Washington D.C. Virginie, USA. (Abstract).
- Hafriyanti, Hidayati, Elfawati. 2008. *Kualitas Daging Sapi dengan Kemasan Plastik PE (polyethilen) dan Plastik PP (Polypropylen) di Pasar Arengka Kota Pekanbaru, 2008*. 22-23.
- Heagen. 1978. *Text Book of Diagnostic Ultrasonography*. St Louis: Mosby Company.

- Ismail, D. 2012. *Uji Bakteri Escherechia Coli pada Minuman Susu Kedelai Bermerk dan Tanpa Merk di Kota Surakarta*. Naskah Publikasi, Fakultas Kedokteran. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Jay, J. M. 1997. *Modern Food Microbiology 5th Edition*. New York: International Thomson Publishing.
- Lubis, P. A. H. 2015. *Identifikasi Bakteri Escherichia Coli serta Salmonella sp. Yang Diisolasi dari Soto Ayam*. Jakarta: Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan UIN Syarif Hidayatullah.
- Manning DS. 2010. *Eschericia coli Infection*. New York: Chelsea House Pub.
- Mansyur. Mas. 2010. *Pengaruh Dosis Paparan Gelombang Ultrasonik Untuk Membunuh Bakteri E Coli*. Jurnal LPPM. Surabaya: Universitas Wijaya Kusuma.
- Mansyur. Mas, dkk. *Optimasi Frekuensi Paparan Gelombang Ultrasonik Untuk Membunuh Bakteri E Coli*. Jurnal LPPM. Surabaya: Universitas Wijaya Kusuma.
- Muchtadi D dan Betty SK. 1980. *Petunjuk Praktek Mikrobiologi Hasil Pertanian 2*. Jakarta: Departemen Pendidikan Tinggi dan Kebudayaan.
- Mustofa, Agus. 2004. *Terpesona di Sidratul Muntaha*. Sidoarjo: Padma Press.
- Ophart C. E. 2003. *Virtual Chembook*. Jakarta: Elmhurst College.
- Pelezear, 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: Elemen of Microbiology.
- Purwanto, Agus. 2015. *Nalar Ayat-ayat Semesta*. Bandung: Mizan.
- Ray, Bibek. 2001. *Fundamental Food Microbiology 2nd Edition*. Boca Raton: CRC Press.
- Resnick, Halliday. 1987. *Fisika Jilid I*. Bandung: Erlangga.
- Romans, J.R., J.C. William, C.W. Carlos, L.G., Marion and K.W. Jones. 1994. *The Meat We Eat. 13th Ed*. Interstates Publisher Inc. Danville. Illinois.
- Soeharsono, Matoharsono. 1994. *Biokimia*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Soeparno. 1994. *Ilmu dan Teknologi Daging*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Soeparno. 2005. *Ilmu dan teknologi daging cetakan keempat*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Soputan, J. 2004. *Dendeng Sapi Sebagai Alternatif Pengawetan Daging*. Bogor: IPB.
- Supardi dan Sukamto. 1999. *Mikrobiologi, Pengolahan dan Keamanan Pangan*.

Jakarta: Alumni.

Sutrisno. 1979. *Fisika Dasar Gelombang dan Optik*. Bandung: ITB.

Suwandi, Ruddy, dkk. 2015. *Aplikasi Gelombang Ultrasonik Sebagai Alternatif untuk Mempertahankan Kesegaran Fillet Ikan Nila*. Jurnal volume 8 FPIK. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Syafrudin, Agus dkk. 2008. *Rancang Bangun Generator Pulsa Gelombang Ultrasonik dan Implementasinya untuk Pengukuran Jarak antara Dua Obyek*. Jurnal Berkala Fisika 11(2):29-37.

Todar, K. 2008. *Staphylacoccus Aureus and Staphylococcal Disease*. USA.

Uversky, Vladimir. N. 2007. *Conformational Stability, Size, Shape and Surface of Protein Molecules*. Nova Science: New York.

Waluyo, L. 2004. *Mikrobiologi Umum*. Malang. Universitas Muhammadiyah Press.

Widiyanti, Manik dan Ristiati. 2004. *Analisis Kualitatif Bakteri Koliform pada Depo Air Minum Isi Ulang di Kota Singaraja Bali*. Jurnal Ekologi Kesehatan Vol. 3 No. 1.

Wildan Yatim. 1999. *Kamus Biologi*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.

LAMPIRAN

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Jumlah Koloni Bakteri *Escherechia coli* pada Daging Sapi

Perlakuan		Jumlah Bakteri (CFU/ml)			Rata-rata
		1	2	3	
Kontrol		272	300	296	289,3333333
750 KHz	10 menit	180	196	192	189,3333333
	20 menit	184	176	164	174,6666667
	30 menit	172	164	160	165,3333333
800 KHz	10 menit	132	148	144	141,3333333
	20 menit	140	132	136	136
	30 menit	94	100	80	91,3333333
850 KHz	10 menit	76	80	92	82,6666667
	20 menit	60	48	68	58,6666667
	30 menit	40	44	56	46,6666667

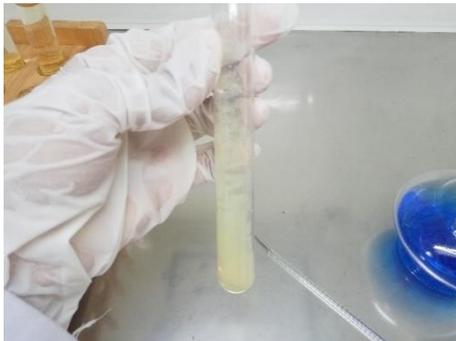
Lampiran 2. Gambar Penelitian



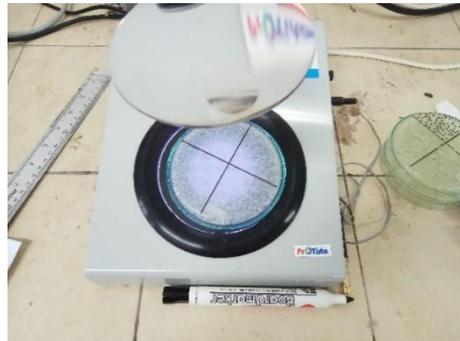
Proses inkubasi bakteri



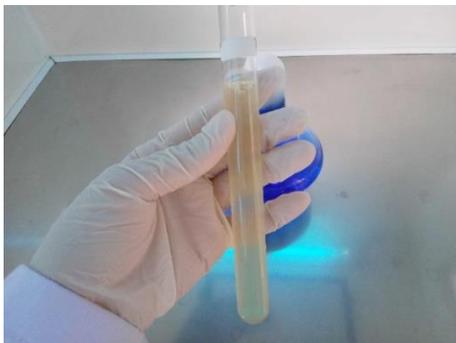
Proses pemaparan sampel



Biakan bakteri didalam media NA



Proses perhitungan bakteri



Biakan bakteri didalam media NB



Proses sterilisasi alat



Proses pemasakan media



Proses vortex sampel

Lampiran 3. Hasil Analisis Uji Anova

Hasil Uji Anova Data Jumlah Bakteri

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Jumlah Bakteri

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	65738.667 ^a	8	8217.333	115.797	.000
Waktu	6130.667	2	3065.333	43.196	.000
Frekuensi	58320.889	2	29160.444	410.925	.000
Waktu * Frekuensi	1287.111	4	321.778	4.534	.010
Error	1277.333	18	70.963		
Total	460148.000	27			

Hasil Uji Anova Data Nilai pH

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Nilai pH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6.792 ^a	8	.849	95.510	.000
Waktu	.654	2	.327	36.792	.000
Frekuensi	5.870	2	2.935	330.167	.000
Waktu * Frekuensi	.268	4	.067	7.542	.001
Error	.160	18	.009		
Total	892.180	27			

Lampiran 4. Hasil Analisis Uji Lanjutan DMRT

Hasil Uji Lanjutan DMRT Data Jumlah Bakteri

Jumlah Bakteri

Duncan^{a,b}

Lama Paparan	N	Subset		
		1	2	3
30 menit	9	101,11		
20 menit	9		123,11	
10 menit	9			137,78
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 116,566.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = ,05.

Jumlah Bakteri

Duncan^{a,b}

Frekuensi Gelombang	N	Subset		
		1	2	3
850 KHz	9	62,67		
800 KHz	9		122,89	
750 KHz	9			176,44
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 116,566.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = ,05.

Hasil Uji Lanjutan DMRT Data Nilai pH

Nilai pH

Duncan^{a,b}

Lama Paparan	N	Subset		
		1	2	3
30 menit	9	5,522		
20 menit	9		5,756	
10 menit	9			5,900
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,019.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = ,05.

Nilai pH

Duncan^{a,b}

Frekuensi Gelombang	N	Subset		
		1	2	3
850 KHz	9	5,200		
800 KHz	9		5,644	
750 KHz	9			6,333
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,019.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = ,05.

Lampiran 5. Bukti Konsultasi Skripsi



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN FISIKA

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp. / Fax. (0341) 558933
Website : <http://fisika.uin-malang.ac.id>, e-mail : Fis@uin-malang.ac.id

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : FARHATUS SYANIAH AGUSTINA
NIM : 18640015
Fakultas/Program Studi : SAINTEK / FISIKA
Judul Skripsi : PENGARUH PAPARAN GEL ULTRASONIK THD PERTUMBUHAN BAKTERI E. COLI, KADAR PROTEIN DAN PH PADA DAENG SAPI.
Pembimbing 1 : DR. H. AGUS MULYONO, M.Si
Pembimbing 2 : DR. ABDUL BASID, M.Si

• **Konsultasi Fisika**

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	18 OKTOBER 2021	KONSULTASI BAB I, II dan III	
2.	21 OKTOBER 2021	KONSULTASI BAB I, II dan III	
3.	25 OKTOBER 2021	KONSULTASI BAB I, II dan III (ACC)	
4.	22 MARET 2022	KONSULTASI BAB IV	
5.	25 MARET 2022	KONSULTASI BAB IV	
6.	28 MARET 2022	KONSULTASI BAB IV (ACC)	
7.	18 APRIL 2022	KONSULTASI BAB IV & V (ACC)	

• **Konsultasi Integrasi**

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	17 MARET 2022	Konsultasi Integrasi	
2.	13 APRIL 2022	Konsultasi Integrasi	
3.	18 APRIL 2022	Konsultasi Integrasi	

Malang, 18 April.....2022
Mengetahui,
Ketia Jurusan,

Dr. Inam Tazi, M.Si