

**PENGARUH PAPARAN GELOMBANG ULTRASONIK UNTUK
MENGHAMBAT PERTUMBUHAN BAKTERI *Escherichia coli* DAN
KADAR PROTEIN PADA SUSU SAPI SEGAR**

SKRIPSI



Oleh:

ATUL HANDAYANI

NIM. 11640044

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

**PENGARUH PAPARAN GELOMBANG ULTRASONIK UNTUK
MENGHAMBAT PERTUMBUHAN BAKTERI *Escherichia coli* DAN
KADAR PROTEIN PADA SUSU SAPI SEGAR**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

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

Oleh:

**ATUL HANDAYANI
NIM. 11640044**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH PAPARAN GELOMBANG ULTRASONIK UNTUK
MENGHAMBAT PERTUMBUHAN BAKTERI *Escherichia coli* DAN
KADAR PROTEIN PADA SUSU SAPI SEGAR**

SKRIPSI

Oleh:

ATUL HANDAYANI

NIM. 11640044

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal : 25 Desember 2015

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Drs. M. Tirono, M.Si
NIP. 19641211 199111 1 001

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

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH PAPARAN GELOMBANG ULTRASONIK UNTUK MENGHAMBAT PERTUMBUHAN BAKTERI *Escherichia coli* DAN KADAR PROTEIN PADA SUSU SAPI SEGAR

SKRIPSI

Oleh:
ATUL HANDAYANI
NIM.11640044

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 7 Januari 2016

Penguji Utama	:	<u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	
Ketua Penguji	:	<u>Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
Sekretaris Penguji	:	<u>Drs. Mokhamad Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Anggota Penguji	:	<u>Dr. Agus Mulyono, S.Pd, M. Kes</u> NIP. 19750808 199903 1 003	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika

Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : ATUL HANDAYANI
NIM : 11640044
Jurusan : FISIKA
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Judul Penelitian : Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik untuk Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* dan Kadar Protein pada Susu Sapi Segar

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 mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 25 Desember 2015

Yang Membuat Pernyataan,

ATUL HANDAYANI
NIM. 11640044

MOTTO

*"Ku olah kata, kubaca makna, kuikat dalam alinea,
kubingkai dalam bab sejumlah lima, jadilah
mahakarya, gelar sarjana kuterima, orang tua, calon
suami dan calon mertua pun bahagia"*



HALAMAN PERSEMBAHAN

Ku Persembahkan Karya Ini:

Penguasa Alam jagat raya yang mengatur kehidupan di Langit dan di Bumi yang terindah, semoga lembaran-lembaran karya ini menjadikan Amal Sholeh

Delita dihati seluruh ummat, yang membawakan Kesejahteraan dalam bentuk cahaya- ilmu pengetahuan dan memberikan Suri Tauladan serta Syafaatnya di Hari Kiamat

Bapak Donimun dan Ibu Siti Khotijah dan segenap keluarga besar untuk kasih sayang dan dukungan serta doa yang telah diberikan,

Dara guru dan pembimbing yang telah menunjukkan kebesaran Tuhan melalui keindahan dan keluasan ilmu yang tak terhingga nilainya semoga barokah dan bermanfaat di Dunia dan di Akhirat

Semua teman-teman dan sahabat Fisika eri dan aulia atas kebersamaan baik duka maupun suka dan pengalaman Rahit Manis yang telah diberikan selama ini serta Kekasihkan yang tercinta andri ferdi yang selama ini telah menemani kekosongan dalam hari-hari Ku

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr. Wb

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah Swt yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Baginda Rasulullah, Nabi besar Muhammad Saw serta para keluarga, sahabat, dan pengikut-pengikutny. Atas ridho dan kehendak Allah Swt, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Pengaruh Paparan gelombang Ultrasonik untuk Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Escherichia Coli* dan Kadar Protein pada Susu Sapi Segar, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

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

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Erna Hastuti, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika yang telah banyak meluangkan waktu, nasehat dan inspirasinya sehingga dapat melancarkan dalam proses penulisan skripsi.
4. Drs. Mokhammad Tirono, M.Si selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya dan memberikan bimbingan, bantuan serta pengarahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

5. Dr. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes selaku Dosen Pembimbing Integrasi, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi Sains dan al-Qur'an serta Hadits.
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 orang tua Bapak Ponimun dan Ibu Siti Khotijah dan semua keluarga yang telah memberikan dukungan, restu, serta selalu mendoakan di setiap langkah penulis.
8. Teman-teman dan para sahabat terimakasih atas kebersamaan dan persahabatan serta pengalaman selama ini
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

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

Wassalamu'alaikumWr. Wb.

Malang, 25 Desember 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
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	7
1.3 Tujuan	8
1.4 Manfaat	8
1.5 Batasan Masalah	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Gelombang	9
2.1.1 Gelombang Ultrasonik	9
2.1.2 Energi dan Intensitas Gelombang Ultrasonik	10
2.1.3 Intensitas Gelombang Ultrasonik Dihubungkan dengan Amplitudo dan Frekuensi	11
2.1.4 Intensitas Gelombang Ultrasonik Dihubungkan dengan Jarak	12
2.1.5 Sifat Gelombang Ultrasonik	14
2.1.6 Gelombang Bunyi di dalam Cairan	14
2.1.7 Perambatan Gelombang Bunyi dalam Air	15
2.1.8 Laju Gelombang Bunyi	16
2.2 Interaksi Gelombang Bunyi dengan Materi	16
2.2.1 Pemantulan	16
2.2.2 Pembiasan	17
2.2.3 Hamburan	17
2.2.4 Serapan	17
2.2.5 Atenuasi	18
2.3 Kerusakan Sel Biologis Oleh Gelombang Ultrasonik dan Suhu	18
2.4 Bakteri	21
2.4.1 Struktur Bakteri	23
2.4.2 Bakteri <i>Escherichia coli</i>	24
2.4.3 Metode Perhitungan Jumlah Bakteri	26
2.4.4 Bakteri Indikator	27
2.4.5 Batas Cemar Mikroba dalam Pangan	28
2.5 Susu	28

2.5.1	Komposisi Susu.....	29
2.5.2	Syarat Kualitas Susu.....	29
2.5.3	Sumber Kontaminasi Susu Segar	31
2.6	Protein	32
2.6.1	Struktur Protein	34
2.6.2	Macam-Macam Penyebab Kerusakan protein.....	34
2.6.3	Denaturasi Protein karena Suhu	35
BAB III METODE PENELITIAN		37
3.1	Jenis Penelitian.....	37
3.2	Desain Penelitian	37
3.3	Waktu Dan Tempat Pelaksanaan Penelitian	38
3.4	Alat Dan Bahan Penelitian.....	38
3.4.1	Alat.....	38
3.4.2	Bahan.....	39
3.5	Cara Membawa Susu Sapi dari KUD ke Laboratorium.....	40
3.6	Penumbuhan Bakteri	40
3.7	Langkah-Langkah Penelitian	41
3.7.1	Merangkai Alat Gelombang Ultrasonik	41
3.7.2	Mencampur Bakteri dengan Susu Sapi	42
3.7.3	Paparan Gelombang Ultrasonik	42
3.7.4	Dilusi (Pengenceran).....	43
3.7.5	Perhitungan Koloni Bakteri.....	45
3.7.6	Teknik Pengolahan Data Jumlah Bakteri	45
3.7.7	Teknik Analisa Data.....	46
3.8	Uji Kadar Protein	46
3.8.1	Teknik Pengolahan Data	47
3.8.2	Teknik Analisa Data.....	47
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN.....		49
4.1	Data Hasil Penelitian.....	49
4.1.1	Jumlah Bakteri <i>Escherichia coli</i>	49
4.1.2	Kadar Protein.....	55
4.2	Pembahasan.....	57
4.2.1	Paparan Gelombang Ultrasonik dengan Kombinasi Suhu	57
4.2.2	Paparan Gelombang Ultrasonik dengan Variasi Suhu terhadap Kadar Protein.....	58
4.2.3	Susu Sapi Menurut Pandangan Islam.....	59
BAB V PENUTUP		61
5.1	Simpulan	61
5.2	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gelombang Ultrasonik Datang Normal pada Bidang Batas Medium 1 dan Medium 2	14
Gambar 2.2	Bakteri <i>Escherichia Coli</i>	25
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian Gelombang Ultrasonik	37
Gambar 3.2	Sistem Pemaparan Gelombang Ultrasonik terhadap Sampel Bakteri	41
Gambar 3.3	Proses Pengenceran dalam Metode Total Coloni (TPC).....	44
Gambar 4.1	Diagram Penurunan Jumlah Koloni Bakteri <i>Escherichia Coli</i> dengan Kombinasi Suhu.....	51
Gambar 4.2	Diagram Penurunan Jumlah Bakteri <i>Escherichia Coli</i> dengan Waktu Paparan Gelombang Ultrasonik	52
Gambar 4.3	Penurunan Jumlah Koloni Bakteri <i>Escherichia Coli</i> Menggunakan Kombinasi Suhu dan Waktu Paparan Gelombang Ultrasonik.....	53
Gambar 4.4	Pengaruh Suhu dan Lama Waktu Paparan Gelombang Ultrasonik terhadap Kadar Protein	55

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Pengolahan Data Jumlah Bakteri	45
Tabel 3.2 Pengolahan Data Kadar Protein	47
Tabel 4.1 Data Hasil Paparan Gelombang Ultrasonik dengan Kombinasi Suhu	50
Tabel 4.2 Data Hasil Persentase Penurunan Jumlah Bakteri	54
Tabel 4.3 Data Hasil Paparan Gelombang Ultrasonik dengan Kombinasi Suhu terhadap Kadar Protein	55



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran.1 Data Jumlah Koloni Bakteri *Escherichia coli* dalam Susu Sapi Segar Setelah Dipapari Gelombang Ultrasonik
- Lampiran.2 Gambar Penelitian
- Lampiran.3 Gambar Proses Pemaparan
- Lampiran.4 Proses Pengenceran
- Lampiran.5 Hasil Koloni Bakteri



ABSTRAK

Handayani, Atul. 2016. **Pengaruh Paparan Gelombang Ultrasonik Untuk Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* Dan Kadar Protein Pada Susu Sapi Segar.** Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Drs. M. Tirono, M.Si (II) Dr. H. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes

Kata kunci: Gelombang Ultrasonik, Suhu, Waktu, Bakteri *Escherichia coli*, Kadar Protein.

Susu sapi sangat mudah terkontaminasi oleh bakteri *Escherichia coli*. Berbagai teknologi pengawetan telah banyak dilakukan salah satunya adalah pengawetan dengan cara pasteurisasi. Pengawetan dengan cara pasteurisasi hanya mampu menghambat pertumbuhan spora akan tetapi tidak mampu mematikan sporanya. Selain itu pasteurisasi dapat merusak protein pada susu akibat pemanasan pada suhu yang tinggi. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi suhu dan paparan gelombang ultrasonik untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan kadar protein pada susu sapi segar. Metode yang dilakukan adalah memapari sampel dengan gelombang ultrasonik dengan kombinasi suhu dan waktu, kemudian dilakukan Total Plate Coloni (TPC) dan dihitung jumlah koloni dan kadar protein. Data yang diperoleh dalam jumlah bakteri dan kadar protein dianalisis menggunakan grafik. Hasil analisis menunjukkan jumlah bakteri *Escherichia coli* menurun pada suhu 50°C dan waktu paparan gelombang ultrasonik 30 menit yaitu 8.10^9 CFU/ml. Gelombang ultrasonik dengan kombinasi suhu tidak mempengaruhi kadar protein pada susu sapi. Hasil analisis menunjukkan kadar protein rata-rata yaitu 2,12%.

ABSTRACT

Handayani, Atul. 2016. **The Effects of Ultrasonic Wave to Inhibit the Growth of *Escherichia coli* bacteria and Protein Degree with Fresh Milk of Cow.** Thesis. Department of Physic, Faculty of Science and Technology, State Islamic University Maulana Malik Ibrahim, Malang. Advisors: (I) Drs. M. Tirono, M.Sc. (II) Dr. Agus Mulyono, S.Pd. Kes.

Key words: Ultrasonic Wave, Temperature, Time, *Escherichia Coli* Bacteria, Protein degree.

Cow's milk is very easily contaminated by bacteria. *Escherichia coli* bacteria is one of bacterium that can contaminate with milk of cow. Any technologies has been widely applied. One of the technologies is the preservation by pasteurization way. Pasteurization preservation way is only able to inhibit the growth of spores, not to kill the spores. On the other hand, pasteurization can destroy the protein within the milk due to the heat of high temperatures. The research was conducted to determine the effects of temperature and ultrasonic wave exposure combination to inhibit the growth of *Escherichia coli* bacteria and the protein degree of fresh milk of cow. The method is carried out by exposing the sample by ultrasonic waves with temperature and time combination, then Total Plate Colony (TPC) is performed, and count the number of colonies and protein degree. After the data collected, they are analyzed by using a graph. The results of the analysis showed the numbers of *Escherichia coli* bacteria at 50 °C were decreased and the exposure time of ultrasonic waves for 30 minutes was 8.109 CFU / ml. Ultrasonic waves with temperature combination did not affect the levels of the protein within the fresh milk of cow. The results of the analysis showed the protein degree an average 2,12 %..

مستخلص البحث مستخلص البحث

أتول هاندياني. 2015. أثر بسط موج فوق الصوتية ليعوق بكتيريا القولونية و قدر البروتين في الحليب المنعش. البحث الجامعي. قسم الفيزياء بكلية العلوم و التكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانج. المشرف: (1) محمد تيرانا الماجستير (2) اكوس موليانا الما جستير.

الكلمات المفتاحية: موج فوق الصوتية، حرارة، وفة، بكتيريا القولونية، قدر البروتين.

حليب البقر سهيل متلوث بسباب البكتيريا، وكان بكتيريا القولونية هو يستطيع ان يلويث حليب البقر. كثير من الإستخدام تكنولوجيا المادّة ومنهم المادّة بطريق فستايوريساسي. المادّة بطريق فستايوريساسي يستطيع ان يعوق تنمية سفورا فقط ليس يقتله. ومن ناحية الأخرى يستطيع فستايوريساسي ليفسد بروتين الحليب بسباب دراجة الحرارة العالي. والهدف هذا البحث هو لمعرفة خلطية الحرارة مع بسط موج فوق الصوتية ليعوق بكتيريا القولونية و قدر البروتين في الحليب المنعش. وام المنهج المستخدم على وهو ببسط عينة بموج فوق الصوتية مع مخلط الحرارة و الوقت ثم القيام مجموع مستعمرة بلايت قانون العقوبات (TPC) وتحسب عدد القولونية و قدر البروتين. وأظهر تحليل جرى تحليل البيانات التي تم الحصول عليها في بكتيريا و قدر البروتين باستخدام خطوط بيانية، حصول التحليل يدل على عدد بكتيريا القولونية يتنقص في درجة الحرارة 50°C و وقت بسط موج فوق الصوتية 30 دقائق وهو 8.10^9 CFU/ml لا يؤثر موج فوق الصوتية مع خلط الحرارة في قدر البروتين في حليب البقر. حصول التحليل يدل على قدر البروتين %2,12.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Susu memiliki banyak fungsi dan manfaat. Salah satu manfaat dari susu adalah untuk kesehatan gigi. Kandungan kalsium dan fosfor dalam susu sangatlah baik untuk kesehatan gigi. Susu mampu mencegah timbulnya masalah gigi berlubang. Protein, kalsium, fosfor yang terkandung dalam susu dapat melindungi email gigi, merangsang produksi saliva dan menetralkan asam akibat makanan yang masuk ke dalam mulut.

Susu mengandung beberapa zat yang bermanfaat bagi tubuh manusia. Dalam sebuah hadist yang diriwayatkan oleh Abu Dawud, Rasulullah Saw bersabda:

إِنَّ اللَّهَ عَزَّ وَجَلَّ ، لَمْ يُنَزِّلْ دَاءً إِلَّا أَنْزَلَ لَهُ شِفَاءً إِلَّا الْهَرَمَ ، فَعَلَيْكُمْ بِالْبَقَرِ ، فَإِنَّهَا تَرُمُّ مِنْ كُلِّ الشَّجَرِ . (روى أبو داود)

“Sesungguhnya Allah ‘Azza Wajalla ketika menurunkan penyakit pasti juga menurunkan obatnya, kecuali penyakit tua. Lalu hendaklah kalian meminum susu sapi, karena ia terkumpul dari berbagai macam tumbuhan” (HR.Abu Daud).

Susu merupakan hasil pemerahan yang berasal dari ternak sapi perah atau dari ternak menyusui lainnya yang diperah secara berkelanjutan dan komponen-komponen didalamnya tidak dikurangi maupun ditambahkan dengan bahan-bahan lain. Di samping itu, susu merupakan bahan organik yang dapat menjadi sarana potensial bagi pertumbuhan maupun penyebaran bakteri. Banyak faktor yang menyebabkan kontaminasi pada susu. Kontaminasi dapat berasal dari kebersihan pekerja yang buruk, kandang sapi yang kotor, pasteurisasi yang tidak sempurna,

serta kebersihan yang buruk pada tahap pengepakan dan pendistribusian (Magnuson, 2007).

Akibat dari pencemaran tersebut dapat berdampak pada kandungan mikroorganisme khususnya bakteri di dalam susu tersebut. Kandungan bakteri akan meningkat sejalan dengan pertambahan waktu. Adanya pertambahan jumlah bakteri mengindikasikan bahwa susu tersebut tidak layak dan tidak aman untuk dikonsumsi.

Di Indonesia dengan banyaknya peternakan sapi, membuat Indonesia rawan terkena penyakit-penyakit infeksi oleh bakteri yang ada dalam susu sapi. Bakteri yang biasa terdapat dalam susu adalah *Streptococcus lactis*, *Aerobacter aerogenes*, *Escherichia coli*, *Lactobacillus casei* dan *Lactobacillus acidophilus* (Jawetz dan Adelberg's, 2001).

Salah satu contoh penyakit yang disebabkan oleh bakteri yang ada didalam susu sapi adalah diare. Diare bisa disebabkan oleh bakteri *Escherichia coli*. *Escherichia coli* yang menimbulkan diare dengan invasi langsung lapisan epitelium dinding usus yang menyebabkan invasi lapisan usus, penyakit diare mungkin terjadi karena pengaruh racun lipopolisakarida dinding sel (endotoksin).

Menurut Widiyanti dan Ristiati (2004) Bakteri *Escherichia coli* merupakan bakteri indikator sanitasi. Bakteri indikator sanitasi adalah bakteri yang keberadaannya dalam pangan menunjukkan bahwa air atau makanan tersebut pernah tercemar oleh feses. Bakteri-bakteri indikator sanitasi umumnya adalah bakteri yang lazim terdapat dan hidup pada usus manusia, jadi dengan adanya bakteri tersebut pada air atau makanan menunjukkan bahwa dalam satu atau lebih

tahap pengolahannya pernah mengalami kontak dengan feses yang berasal dari usus manusia dan mungkin mengandung bakteri patogen lain yang berbahaya.

Berbagai teknologi pengawetan telah banyak dilakukan, salah satunya adalah pengawetan secara kimiawi dan pemanasan. Pengawetan secara kimiawi yaitu dengan cara menambahkan bahan kimia pada makanan atau minuman agar dapat disimpan dalam jangka waktu yang cukup lama. Sedangkan pengawetan secara pemanasan salah satunya adalah menggunakan metode pasteurisasi. Pasteurisasi hanya mampu menghambat pertumbuhan spora tapi tidak dapat mematikan sporanya, terutama spora bakteri yang bersifat termoresisten alias tahan terhadap suhu tinggi.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Abubakar (2001) pasteurisasi menggunakan metode LTLT pada penyimpanan 0 jam sampai 12 jam tidak berbeda nyata, akan tetapi berbeda nyata pada penyimpanan 15 jam sampai 21 jam. Untuk metode HTST penyimpanan 0 sampai 12 jam tidak berbeda nyata, tetapi berbeda nyata pada penyimpanan 15 sampai 21 jam. Dapat dikatakan bahwa semakin lama penyimpanan jumlah total mikroorganisme akan bertambah.

Bakteri adalah organisme yang terdiri dari satu sel yang dibentuk oleh bahan inti, sitoplasma dan dinding luar yang terdiri dari lapisan lendir, dinding sel memberi perlindungan untuk mengatur masuknya bahan kimia dan memegang peranan penting dalam pembelahan sel. Efek biologis yang terjadi pada gelombang ultrasonik terhadap suatu medium, terutama medium cair adalah adalah efek sterilisasi, dimana gelombang ultrasonik dapat membunuh mikroorganisme berkaitan dengan proses kavitasi yang akan menimbulkan

tekanan dalam waktu yang singkat. Kavitasasi adalah salah satu efek akibat gelombang ultrasonik di dalam cairan. Kavitasasi adalah salah satu efek akibat radiasi gelombang ultrasonik di dalam sebuah cairan, kavitasasi menghasilkan gelembung - gelembung dalam aliran fluida akibat penurunan tekanan pada fluida sehingga tekanan tersebut di bawah tekanan uap jenuhnya.

Menurut Sabbagha (1980) ada dua macam kavitasasi yang terjadi dari pemaparan gelombang ultrasonik ini, yaitu kavitasasi stabil dan tidak stabil. Efek kavitasasi stabil terjadi jika gelembung gas mikro tumbuh sampai ukuran tertentu lalu beresonansi pada frekuensi gelombang ultrasonik. Amplitudo osilasinya jauh lebih besar daripada amplitudo getaran partikel di dalam zat cair sebelum ada gelembung mikro. Jaringan disekitar gelembung gas mikro ini mengalami tegangan (stress) yang sangat besar sehingga mengakibatkan kerusakan molekul dan membran sel. Efek kavitasasi yang tidak stabil lebih merusak jaringan sel.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh gelombang ultrasonik terhadap bakteri *Escherichi coli*. Mansyur (2010) melakukan penelitian tentang pengaruh paparan gelombang ultrasonik terhadap kematian bakteri *Escherichi coli*. Gelombang ultrasonik dihasilkan oleh generator yang berdaya 0,42 Watt, frekuensi optimum yang dapat membunuh bakteri *Escherichia coli* adalah 1,05 Hz, Dosis paparan gelombang ultrasonik yang dapat membunuh bakteri *Escherichia coli* sebesar 100% adalah $6,286 \times 10^{-3}$ Kwh/liter dalam waktu 15,70 menit (Mansyur, 2010).

Mansyur *et al* juga melakukan penelitian terhadap optimasi frekuensi paparan gelombang ultrasonik untuk membunuh bakteri *Escherichia coli* dengan

fokus dalam menemukan frekuensi gelombang ultrasonik optimal yang dapat menyebabkan tingkat kematian maksimum bakteri *Escherichia coli*. Hasil dari penelitian adalah gelombang ultrasonik dihasilkan oleh generator dengan daya 0,42 Watt. Frekuensi yang dapat membunuh bakteri *Escherichia coli* adalah 1,05 MHz yang dapat membunuh bakteri di 40 %. Frekuensi gelombang ultrasonik mempunyai hubungan yang signifikan dengan persen kematian bakteri *Escherichia coli*.

Dari dua penelitian yang dilakukan oleh Mansyur (2010), menunjukkan bahwa gelombang ultrasonik dapat digunakan sebagai metode alternatif untuk membunuh bakteri yang memiliki manfaat ramah lingkungan, dapat membunuh bakteri dengan mekanik dan kavitasi, dan karakter desinfektan. Akan tetapi penelitian ini belum mampu menghambat pertumbuhan bakteri secara maksimal, hal ini ditunjukkan bahwa gelombang ultrasonik hanya mampu membunuh bakteri di 40 %.

Penelitian tentang gelombang ultrasonik juga dilakukan oleh Ika (2008), Penelitian ini menggunakan gelombang ultrasonik yang digunakan untuk membunuh bakteri *Escherichia coli* pada susu sapi segar. Pembangkit gelombang ultrasonik yang digunakan mempunyai spesifikasi frekuensi antara 0,1 Hz sampai 100 KHz. Frekuensi yang digunakan untuk penelitian ini yaitu menggunakan frekuensi 60 KHz. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya pengaruh daya dan waktu paparan gelombang ultrasonik terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dalam susu sapi segar. Jumlah bakteri *Escherichia Coli* dalam susu sapi mengalami penurunan ketika diberi pemaparan gelombang ultrasonik

dengan pemberian variasi daya dan waktu. Jumlah sel bakteri dengan daya 50 Watt waktu 10 menit adalah $4,2 \cdot 10^{10}$ CFU/ml, dan untuk daya 50 Watt waktu 20 menit diperoleh jumlah sel bakteri $2,1 \cdot 10^{10}$ CFU/ml, daya 50 Watt waktu 30 menit diperoleh $1,8 \cdot 10^{10}$ CFU/ml. Untuk daya 60 Watt waktu 10 menit adalah $7,0 \cdot 10^9$ CFU/ml, dan untuk daya 60 Watt waktu 20 menit diperoleh jumlah sel bakteri $6,8 \cdot 10^9$ CFU/ml, daya 60 Watt waktu 30 menit diperoleh $4,8 \cdot 10^9$ CFU/ml. Untuk daya 70 Watt waktu 10 menit adalah $4,0 \cdot 10^9$ CFU/ml dan untuk daya 70 Watt waktu 20 menit diperoleh jumlah sel bakteri $3,5 \cdot 10^9$ CFU/ml, daya 70 Watt waktu 30 menit diperoleh $2,8 \cdot 10^9$ CFU/ml dengan jumlah bakteri kontrol $1,4 \cdot 10^{11}$ CFU/ml.

Gelombang ultrasonik dengan variasi daya dan waktu mampu menghambat pertumbuhan bakteri, akan tetapi bakteri dalam susu masih ada yang hidup dan kadar protein dalam susu juga belum dilakukan penelitian, untuk itu perlu adanya penelitian gelombang ultrasonik dengan menggunakan kombinasi suhu dengan gelombang ultrasonik, diharapkan mampu menghambat pertumbuhan bakteri lebih besar dari penelitian sebelumnya, karena bakteri yang dikenai suhu mengakibatkan bakteri akan mengalami denaturasi protein yang melibatkan perubahan sifat kimia atau fisik protein. Denaturasi termasuk perubahan struktural akibat rusaknya ikatan kimia. Sedangkan gelombang ultrasonik dapat menyebabkan kavitasi terhadap bakteri. Pengukuran terhadap kadar protein juga perlu dilakukan, karena kadar protein sebagai penentu kualitas susu yang baik atau tidak untuk dikonsumsi.

يَأْتِيهَا النَّاسُ كُلُّوْا مِمَّا فِي الْأَرْضِ حَلَالًا طَيِّبًا وَلَا تَتَّبِعُوا خُطُوَاتِ الشَّيْطَانِ إِنَّهُ رَكُودٌ
لَكُمْ عَدُوٌّ مُّبِينٌ

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

Dalam surat Al-Baqarah ini menjelaskan serta menganjurkan kepada semua umat manusia untuk mengkonsumsi makanan dan minuman yang halal dan baik terhadap kesehatan. Ayat ini menyebutkan bahwa makanlah yang halal dan baik, karena makanan yang halal belum tentu baik bagi kesehatan. Misalnya, susu sapi adalah minuman yang halal akan tetapi jika susu sapi mengandung banyak bakteri yang dapat menyebabkan penyakit maka minuman ini tidak baik bagi kesehatan. Ayat ini menganjurkan untuk mengkonsumsi makanan atau minuman yang tidak hanya halal akan tetapi juga baik bagi kesehatan. Berdasarkan latar belakang di atas perlu adanya penelitian tentang pengaruh paparan gelombang ultrasonik untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan kadar protein pada susu sapi segar.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh kombinasi suhu dan gelombang ultrasonik terhadap jumlah bakteri *Escherichia coli* pada susu sapi segar ?
2. Bagaimana pengaruh kombinasi suhu dan gelombang ultrasonik terhadap kadar protein pada susu sapi segar ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh kombinasi suhu dan gelombang ultrasonik terhadap jumlah bakteri *Escherichia coli* pada susu sapi segar.
2. Untuk mengetahui pengaruh kombinasi suhu dan gelombang ultrasonik terhadap kadar protein pada susu sapi segar.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan metode alternatif pada pengawetan susu sapi segar.

1.5 Batasan Masalah

1. Bakteri yang digunakan hanya bakteri *Escherichia coli*.
2. Penelitian menitik beratkan pada jumlah bakteri *Escherichia coli* yang masih hidup setelah dipapari gelombang ultrasonik.
3. Kualitas susu ditinjau dari kadar protein sehingga jenis, ukuran, dan struktur kimia protein diabaikan.
4. Penentuan kadar protein menggunakan metode Kjeldhal.
5. Sampel yang digunakan adalah susu pasteurisasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang

Gelombang adalah suatu gangguan yang menjalar dalam suatu medium. Yang dimaksud dengan medium di sini ialah sekumpulan benda yang saling berinteraksi dimana gangguan itu menjalar. Kita juga sudah mengetahui bagaimana medium gelombang bergerak jika gelombang menjalar padanya. Dalam gerak gelombang biasanya medium hanya bergerak sedikit, akan tetapi gelombangnya dapat menjalar jauh (Sutrisno, 1979).

2.1.1 Gelombang Ultrasonik

Gelombang akustik atau gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi yang dirambatkan sebagai gelombang mekanik yang dapat menjalar dalam medium padat, cair, dan gas (Sutrisno, 1988). Gelombang bunyi ini merupakan getaran molekul-molekul zat dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi bahkan tanpa terjadi perpindahan partikel (Resnick dan Halliday, 1978).

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang mekanik dengan frekuensi di atas 20 kHz. Gelombang ini dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas. Hal ini disebabkan karena gelombang ultrasonik merupakan rambatan energi sebagai interaksi dengan medium yang dilaluinya (Bueche, 1989).

Gelombang ultrasonik ini sering dipergunakan untuk pemeriksaan kualitas produksi di dalam industri. Di bidang kedokteran, frekuensi yang tinggi dari gelombang ultrasonik ini mempunyai daya tembus jaringan yang sangat kuat,

sehingga sering digunakan untuk diagnosis, penghancuran, dan pengobatan (Cameron dan Skofronick, 1978).

Karakteristik gelombang ultrasonik yang melalui medium mengakibatkan getaran partikel dengan medium amplitudo sejajar dengan arah rambat secara longitudinal sehingga menyebabkan partikel medium membentuk rapatan (*Strain*) dan tegangan (*Stress*). Proses kontinu yang menyebabkan terjadinya rapatan dan regangan di dalam medium disebabkan oleh getaran partikel secara periodik selama gelombang ultrasonik melaluinya (Resnick dan Halliday, 1987).

2.1.2 Energi dan Intensitas Gelombang Ultrasonik

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

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

Dengan:

E_p = energi potensial (Joule)

E_k = energi kinetik (Joule)

Untuk menghitung intensitas gelombang ultrasonik perlu mengetahui energi yang dibawa oleh gelombang ultrasonik. Intensitas gelombang ultrasonik (I) adalah energi yang melewati luas permukaan medium 1 m^2/s atau $Watt/m^2$. Untuk sebuah permukaan, intensitas gelombang ultrasonik (I) diberikan dalam bentuk persamaan (Cameron and Skofronick, 1978):

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

Dengan :

r = 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)

$Z = r v$ = impedansi Akustik ($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$)

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

2.1.3 Intensitas Gelombang Ultrasonik Dihubungkan dengan Amplitudo dan Frekuensi

Gelombang Ultrasonik merambat membawa energi dari satu medium ke medium lainnya, energi yang dipindahkan sebagai energi getaran dari partikel ke partikel pada medium tersebut. Besarnya energi yang dibawa partikel tersebut adalah (Giancoli, 1998):

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

Dengan:

k = konstanta = $4 \pi^2 m / T^2 = 4 \pi^2 m f^2$

T = periode (s)

A = amplitudo geraknya (m)

m = massa partikel pada medium (kg)

Kemudian (Giancoli, 1998):

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

Jika:

$$m = \rho V = \rho S l = \rho S v t = \text{massa (kg)}$$

$$V = \text{volume} = \text{luas} \cdot \text{tebal} = S l \text{ (m}^3\text{)}$$

$$S = \text{luas permukaan penampang lintang yang dilalui gelombang (m}^2\text{)}$$

$$l = v t = \text{jarak yang ditempuh gelombang dalam waktu } t \text{ (m)}$$

$$v = \text{laju gelombang (m/s)}$$

$$t = \text{waktu (s)}$$

maka (Giancoli, 1998):

$$E = 2 \rho \pi^2 S v t f^2 A^2 \quad (2.5)$$

Dari persamaan 2.5 diperoleh hasil bahwa energi yang dibawa oleh gelombang ultrasonik sebanding dengan kuadrat amplitudo. Besarnya daya yang dibawa gelombang ultrasonik (P) adalah (Giancoli, 1998):

$$P = E / t = 2 \rho \pi^2 r S v f^2 A^2 \quad (2.6)$$

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

$$I = P / S = 2 \rho \pi^2 r v f^2 A^2 \quad (2.7)$$

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

2.1.4 Intensitas Gelombang Ultrasonik Dihubungkan dengan Jarak

Gelombang ultrasonik yang keluar dari sumber transduser mengalir keluar ke semua arah dalam arah tiga dimensi. Gelombang ultrasonik merambat keluar, energi yang di bawanya tersebar ke permukaan yang makin lama makin luas,

karena merambat dalam arah tiga dimensi, maka luas permukaan merupakan luasan permukaan bola dengan radius r adalah $4\pi r^2$. Berarti intensitas gelombang ultrasonik adalah (Giancoli, 1998):

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

Jika keluaran daya P dari sumber konstan, maka intensitas berkurang sebagai kebalikan dari kuadrat jarak dari sumber (Giancoli, 1998):

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

Jika kita ambil dua titik dengan jarak r_1 dan r_2 dari sumber, maka $I_1 = P/4\pi r_1^2$ dan $I_2 = P/4\pi r_2^2$, sehingga (Giancoli, 1998):

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

Dengan demikian, jika jarak digandakan misalnya ($r_1/r_2 = 2$), maka intensitas menjadi $1/4$ dari nilai mula-mula ($I_2 / I_1 = 1/2^2 = 1/4$). Jika amplitudo gelombang ultrasonik berkurang terhadap jarak, maka amplitudo gelombang ultrasonik menjadi mengecil sebesar $1/r$ (Giancoli, 1998) karena intensitas sebanding dengan amplitudo maka akan sebanding dengan kebalikan dari kuadrat jarak, sehingga (Giancoli, 1998):

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

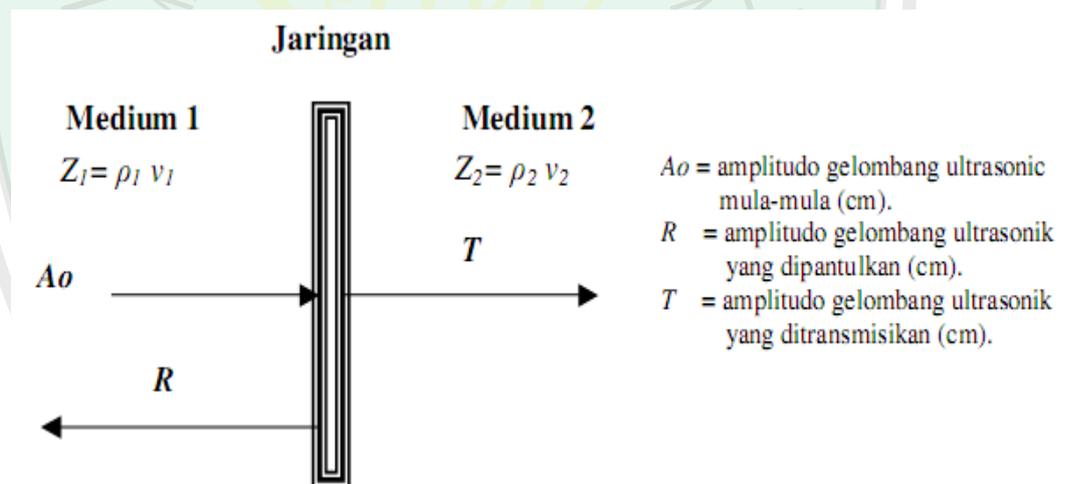
Jika kita ambil dua jarak yang berbeda dari sumber transduser, r_1 dan r_2 maka (Giancoli, 1998):

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

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

2.1.5 Sifat Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik mempunyai sifat memantul, diteruskan dan diserap oleh suatu medium atau jaringan. Apabila gelombang ultrasonik ini mengenai permukaan jaringan, maka sebagian dari gelombang ultrasonik ini akan dipantulkan dan sebagian lagi akan diteruskan/ditransmisikan (Cameron dan Skofronick, 1978).



Gambar 2.1 Gelombang ultrasonik datang normal pada bidang batas medium 1 dan medium 2 (Cameron dan Skofronick, 1978)

2.1.6 Gelombang Bunyi di dalam Cairan

Di dalam medium cairan yang biasanya terjadi adalah perubahan volume akibat adanya perubahan tekanan. Perubahan tekanan akan sesuai dengan hukum Hooke untuk cairan yang dapat dituliskan sebagai berikut : (Amoranto Trisnobudi, 2000)

$$\Delta P = -M_B \frac{\Delta V}{V} \quad (2.13)$$

Dimana M_B adalah modulus Bulk yang mempunyai analogi dengan modulus young dalam padatan. Tanda negatif menunjukkan bahwa penambahan tekanan pada cairan menyebabkan pengurangan volume. V adalah volume awal dari ΔV adalah perubahan volume yang terjadi ketika diberikan perubahan tekanan sebesar ΔP .

2.1.7 Perambatan Gelombang Bunyi dalam Air

Konsep gelombang seperti telah diterangkan di atas, adalah merupakan perambatan dari sumber penerima. Gelombang bunyi dibentuk oleh perambatan energi melalui getaran-getaran partikel medium perantaranya. Kecepatan gelombang bunyi sangat dipengaruhi oleh intensitas dan jenis medium. Kecepatan gelombang longitudinal adalah : (Sri Haryati, 1992).

$$V = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{d(1+\mu)(1-\mu)}} \quad (2.14)$$

Dimana:

E = Modulus Young

V = Kecepatan Gelombang

μ = Poison Ratio

d = Kerapatan

Gelombang bunyi merupakan gelombang mekanik, yang penjarannya sebagai akibat gaya dengan yang dilaluinya.

2.1.8 Laju Gelombang Bunyi

Laju bunyi tergantung sifat medium. Laju gelombang bunyi berbeda untuk materi yang berbeda. Untuk gelombang bunyi dalam fluida seperti udara atau air laju gelombang bunyi (v) dinyatakan dalam persamaan (Ruslan, 2002).

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad (2.15)$$

dengan ρ adalah kerapatan materi dan B adalah modulus elastis. Pada udara di 0 °C dan 1 atm, bunyi merambat dengan laju 331 m/s. Gelombang bunyi dengan frekuensi di atas 20.000 Hz disebut *ultrasonik*. Gelombang bunyi pada frekuensi ini tidak dapat didengar oleh telinga manusia (Ruslan, 2002).

2.2 Interaksi Gelombang Bunyi dengan Materi

2.2.1 Pemantulan

Pemantulan adalah pengambilan seluruh atau sebagian dari suatu berkas partikel bertemu dengan bidang batas antara dua medium. Hukum Pemantulan menyatakan : (Alan Isaacs, 1997).

1. Bahwa sinar datang, sinar pantul, dan garis normal terhadap bidang batas pemantulan pada titik jatuh, semuanya berada dalam satu bidang.
2. Bahwa sudut datang sama dengan sudut pantul.
3. Ketika suatu pulsa ultrasonik mengenai suatu permukaan antara dua jaringan dari impedansi akustik yang berbeda (Z_1 dan Z_2), beberapa pulsa energi akan direfleksikan dan ditransmisikan ke medium kedua. Energi refleksi kemudian dapat dideteksi dan dicatat sebagai suatu gambaran gema permukaan. Besarnya energi refleksi tergantung pada perbedaan

nilai Z dan sudut yang timbul pada pengaruh normal, koefisien refleksi R diberikan oleh : (Alan Isaacs, 1997).

$$R = I_r / I_j = [(Z_1 - Z_2) / (Z_1 + Z_2)]^2 \quad (2.16)$$

2.2.2 Pembiasan

Pembiasan adalah perubahan arah yang dialami oleh muka gelombang pada saat melintas miring dari satu medium ke medium lain (Alan Isaacs, 1997).

Hukum Snellius untuk pembiasan:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (2.17)$$

Dimana:

θ_1, θ_2 = sudut datang dan sudut bias

v_1 = kecepatan rambat gelombang dalam medium 1

v_2 = kecepatan rambat gelombang dalam medium 2

n_1, n_2 = indeks bias kedua medium

2.2.3 Hamburan

Hamburan terjadi jika dimensi obyek refleksi sama atau lebih kecil dari panjang gelombangnya. Jika lebih kecil dari panjang gelombang, gelombang bunyi akan dihamburkan kesegala arah. Intensitas hamburan sangat tergantung pada frekuensi dan intensitas ini sangat lemah jika dibandingkan dengan refleksi spekular (Alan Isaacs, 1997).

2.2.4 Serapan

Serapan adalah hilangnya intensitas ultrasonik karena penjarangan energi bunyi pada medium dalam bentuk pergerakan acak molekul atau energi internal

molekul. Sebagian dari energi pada medium pada saat proses perambatan atau penjalaran gelombang. Proses penyerapan melibatkan proses yang kompleks yang disebut sebagai proses relaksasi. Proses ini tergantung pada frekuensi dan kenaikan tingkat penyerapan kira-kira linier terhadap frekuensi (Alan Isaacs, 1997).

2.2.5 Atenuasi

Sebagai suatu gelombang ultrasonik yang melalui suatu medium, gelombang bunyi akan mengalami penurunan intensitas/amplitudo, peristiwa ini dikenal dengan atenuasi. Peristiwa ini mungkin disebabkan oleh proses penyerapan atau penghamburan. Besarnya penurunan intensitas ultrasonik pada kedalaman d , diberikan oleh : (Alan Isaacs, 1997).

$$I_d = I_0 e^{-\mu d} \quad (2.18)$$

Dimana:

I_d = Intensitas bunyi pada kedalaman d

I_0 = Intensitas bunyi awal

μ = koefisien atenuasi (dB/cm)

2.3 Kerusakan Sel Biologis Oleh Gelombang Ultrasonik dan Suhu

Salah satu efek biologis dari pengaruh gelombang ultrasonik dan suhu terhadap bakteri adalah kerusakan sel. Kerusakan sel ini akan berpengaruh terhadap aktivitas di dalam 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 sel akan mati. Demikian pula bila suhu lingkungannya berada di bawah batas toleransi, membran sitoplasma tidak akan berwujud cair sehingga transportasi nutrisi akan terhambat dan proses kehidupan sel akan terhenti (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 ke dalam 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 larutnya inti sel. Selanjutnya sel tersebut terpecah menjadi pigmen-pigmen kecil dan mengalami fagositosis (Clark, 2009).

Sedangkan kerusakan yang ditimbulkan oleh gelombang ultrasonik adalah ultrasonik yang menimbulkan kavitasi digunakan untuk memecah sel-sel biologis dan membersihkan peralatan laboratorium. Perobekan sel digunakan untuk mendapatkan suspensi partikel-partikel sub sel, untuk mengekstrasikan enzim, dan untuk mengkaji sifat-sifat mekanis sel-sel tunggal. Kavitasi sukar diperagakan dalam jaringan dan organ tubuh (Aryani,2003).

Banyak juga perobekan mekanis dinding sel yang sama, seperti amoeba, ragi, sel darah putih, dapat dihasilkan dengan tegangan geser lokal yang cepat. Misalnya sebuah jarum micromanipulator dapat dimasukkan ke dalam sel ini

dengan perlahan-lahan dan kemudian ditarik keluar perlahan-lahan tanpa merusak sel. Tetapi, jika jarum itu dimasukkan dengan cepat, dinding selnya akan rusak. Analog dengan keadaan ini, dapat diduga bahwa bukan hanya tegangan geser yang ditimbulkan oleh kavitasi saja yang penting, melainkan cepatnya terjadi tegangan pun penting (Aryani, 2003).

Dari beberapa percobaan dengan gelombang ultrasonik terhadap berbagai jenis sel termasuk sel bakteri menunjukkan bahwa sel-sel itu rusak oleh perobekan secara mekanis. Perobekan ini terjadi dengan beberapa cara yang saling erat berhubungan, yaitu interaksi antara gelombang ultrasonik dengan bakteri, akan menyebabkan osilasi pada cairan disekitar membran sel yang akan menyebabkan timbulnya gelembung gas pada cairan disekitar sel. Gelembung yang mengembang dan menghilang (yakni kaviti) akan terdapat gerak yang sangat besar didekat gelembung dan gerak yang lemah sejauh beberapa diameter dari padanya. Jadi, bagian dinding sel di dekat gelembung akan mengalami perpindahan besar terhadap bagian dinding sel yang lain. Tegangan geser yang dihasilkan akan dengan mudah merobek dinding sel. Didekat kaviti yang menghilang terdapat turbulensi yang bersifat mengaduk dengan cepat. Dinding sel dapat dirusak oleh tegangan geser yang ditimbulkan oleh turbulensi ini. Kecepatan dari tegangan geser lokal yang terjadi juga menyebabkan perobekan mekanis dari dinding sel bakteri (Ackerman E, 1988).

Jadi, kavitasi dapat merobek struktur sel karena efek gabungan yang terdiri atas tegangan geser lokal, turbulensi lokal, dan cepatnya pemberian tegangan geser. Jika dan hanya jika terjadi kavitasi, cenderung pula melindungi sel.

Peningkatan kemampuan membasahi dan viskositas medium suspensi ternyata meningkatkan juga tekanan ultrasonik yang menyebabkan kavitasi. Jadi, sel-sel darah merah yang terisotonikkan terobek pada tekanan sonik yang lebih rendah dari pada dalam seluruh darah. Percobaan-percobaan telah menunjukkan bahwa dalam rentang frekuensi yang lebar, barangkali dari 250 Hz sampai 10 MHz, ambang itu tidak berubah. Sebaliknya, dalam medan bunyi yang terfokus, kavitasi terjadi jauh dari permukaan transduser, dan tekanan ultrasonik yang diperlukan untuk kavitasi meningkat dengan cepat apabila frekuensinya dinaikkan (Aryani, 2003).

2.4 Bakteri

إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا فَأَمَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا يُضِلُّ بِهِ كَثِيرًا وَيَهْدِي بِهِ كَثِيرًا وَمَا يُضِلُّ بِهِ إِلَّا الْفَاسِقِينَ

“Sesungguhnya Allah tiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih rendah dari itu. Adapun orang-orang yang beriman, maka mereka yakin bahwa perumpamaan itu benar dari Tuhan mereka, tetapi mereka yang kafir mengatakan : “Apakah maksud Allah menjadikan ini untuk perumpamaan?.” Dengan perumpamaan itu banyak orang yang di sesatkan Allah, dan dengan perumpamaan itu (pula) banyak orang yang diberi-Nya petunjuk. Dan tidak ada yang disesatkan Allah kecuali orang-orang yang fasik (Q.S Al-Baqarah: 26).

Menurut Asy-Syaukani (2008), mengatakan bahwa lafadz *فَمَا فَوْقَهَا* (atau yang lebih rendah dari itu) pada ayat di atas maksudnya yaitu apa yang lebih kecil dari pada nyamuk dari segi makna dan fisik, mengingat nyamuk adalah makhluk kecil dan tidak berarti. Adapun hewan yang melebihi nyamuk, atau yang lebih kecil

dari nyamuk antara lain adalah 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 diterapkan untuk semua prokariota atau untuk kelompok besar mereka, tergantung pada gagasan mengenai hubungan mereka (Chapman, 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 flagela kelompok lain (Chapman, 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 (Chapman, 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 (pili), klorosom, vakuola gas dan endospora.

2.4.1 Struktur Bakteri

Struktur dasar yang hampir dimiliki oleh hampir semua jenis bakteri meliputi dinding sel, membran plasma, sitoplasma, ribosom, DNA, dan granula penyimpanan.

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 (Wildan Yatim dan Aryani, 1980).

2. Membran Plasma

Membran sitoplasma amatlah penting karena mengendalikan lalu lalangnya substansi kimiawi dalam larutan, masuk ke dalam dan keluar sel. Amatlah menajubkan bahwa sel mikroskopis, mengapung seperti itu dalam lingkungan kimiawi yang sangat kompleks dan selalu berubah, mampu mengambil dan menahan nutrien dalam jumlah yang sesuai dan membuang kelebihan nutrien dan produk-produk buangnya (Wildan Yatim dan Aryani, 1980).

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 sam (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 (Wildan Yatim dan Aryani, 1980).

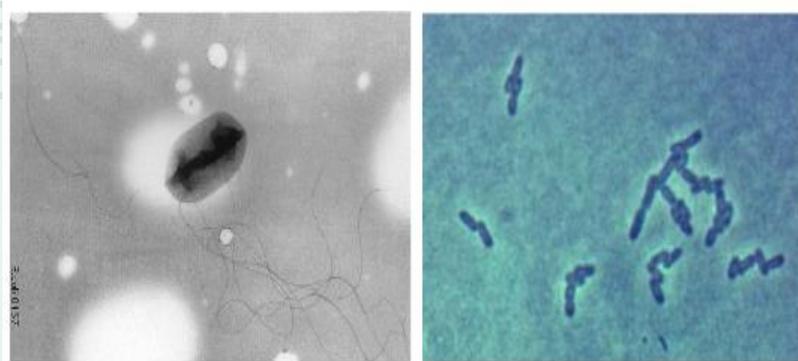
2.4.2 Bakteri *Escherichia coli*

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

Kingdom	: Bacteria
Filum	: Proteobacteria
Kelas	: Gamma Proteobacteria
Ordo	: Enterobacteriales
Famili	: Enterobacteriaceae
Genus	: <i>Escherichia</i>
Species	: <i>Escherichia coli</i>

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

Bakteri *Escherichia coli* merupakan jasad indikator dalam substrat air dan bahan makanan. Yang mampu memfermentasikan laktosa pada 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).



Gambar 2.2 Bakteri *Escherichia coli* (Todar, 2008)

Sel *Escherichia coli* memiliki ukuran panjang 2,0–6,0 μm , tersusun tunggal berpasangan. *Escherichia coli* tumbuh pada suhu 10–40°C dengan suhu optimum 37°C. Bakteri ini mempunyai pH optimum untuk pertumbuhannya adalah 7,0–7,5. Bakteri ini sangat sensitif terhadap panas dan dapat diinaktifkan pada suhu pasteurisasi (Supardi dan Sukanto, 1999).

Bakteri *Escherichia coli* termasuk ke dalam bakteri anaerobik fakultatif, yang artinya bakteri ini secara terbatas dapat hidup dalam keadaan aerobik ataupun anaerobik serta merupakan bakteri Gram negatif dan dapat bertahan

hidup hingga suhu 60°C selama 15 menit atau pada 55°C selama 60 menit (Pelezar, 2007).

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

2.4.3 Metode Perhitungan Jumlah Bakteri

Salah satu metode perhitungan jumlah bakteri yang umum digunakan adalah metode hitungan cawan yang didasarkan pada anggapan bahwa setiap sel yang dapat hidup akan berkembang menjadi satu koloni sehingga jumlah koloni yang muncul pada cawan merupakan satu indeks bagi jumlah organism yang dapat hidup yang terkandung dalam sampel. Untuk memenuhi persyaratan statistik, cawan yang dipilih untuk perhitungan koloni ialah yang mengandung antara 25 – 250 atau 30 – 300 koloni. Karena jumlah mikroorganisme dalam sampel tidak diketahui sebelumnya maka untuk memperoleh sekurang-kurangnya satu cawan yang mengandung koloni dalam jumlah yang memenuhi syarat tersebut maka harus dilakukan pengenceran. Jumlah mikroorganisme yang terdapat dalam sampel asal ditentukan dengan mengalikan jumlah koloni yang terbentuk dengan faktor pengenceran pada cawan yang bersangkutan. Metode hitung cawan merupakan metode yang paling sensitif untuk menghitung jumlah mikroorganisme. Untuk menghitung jumlah bakteri yang terdapat pada cawan, digunakan rumus sebagai berikut (Cappuccino dan Sherman, 2008) :

$$\text{Jumlah Bakteri/ml sampel} = \text{Koloni/cawan} \times 1/\text{faktor pengencer}$$

2.4.4 Bakteri Indikator

Pada bidang mikrobiologi pangan dikenal istilah bakteri indikator sanitasi. Bakteri indikator sanitasi adalah bakteri yang keberadaannya dalam pangan menunjukkan bahwa air atau makanan tersebut pernah tercemar oleh feses. Bakteri-bakteri indikator sanitasi umumnya adalah bakteri yang lazim terdapat dan hidup pada usus manusia, jadi dengan adanya bakteri tersebut pada air atau makanan menunjukkan bahwa dalam satu atau lebih tahap pengolahannya pernah mengalami kontak dengan feses yang berasal dari usus manusia dan oleh karenanya mungkin mengandung bakteri patogen lain yang berbahaya (Widiyanti, 2004).

Koliform merupakan suatu kelompok bakteri yang digunakan sebagai indikator adanya polusi kotoran dan kondisi yang tidak baik terhadap air, makanan, susu dan produk-produk susu. Koliform dicirikan sebagai bakteri berbentuk batang, Gram negatif, tidak membentuk spora, aerobik dan anaerobik fakultatif yang memfermentasi laktosa dengan menghasilkan asam dan gas dalam waktu 48 jam pada suhu 35°C. Adanya bakteri koliform didalam makanan atau minuman menunjukkan kemungkinan adanya mikroba yang bersifat enteropatogenik dan atau toksigenik yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Bakteri koliform dapat dibedakan menjadi 2 grup yaitu, koliform fekal yakni *Escherichia coli* dan koliform non fekal yakni *Enterobacter aerogenes*. *Escherichia coli* merupakan bakteri yang berasal dari kotoran hewan atau manusia. Jadi, adanya *Escherichia coli* dalam air minum maupun susu

menunjukkan bahwa pernah terkontaminasi feces manusia dan mungkin mengandung patogen usus (Widiyanti, 2004).

2.4.5 Batas Maksimum Cemar Mikroba dalam Pangan

Batas pencemaran mikroba dalam pangan yaitu terutama untuk susu segar dan susu pasteurisasi dan UHT menurut SNI 7388 : 2009 untuk susu segar yang diproses lebih lanjut dan untuk konsumsi baik dari susu sapi, kuda, kambing dan ternak lainnya memiliki batas maksimum untuk *Escherichia coli* adalah <3/ml.

2.5 Susu

Susu merupakan minuman bergizi tinggi yang dihasilkan ternak perah menyusui, seperti sapi perah, kambing perah, atau bahkan kerbau perah. Susu sangat mudah rusak dan tidak tahan lama di simpan kecuali telah mengalami perlakuan khusus. Susu segar yang dibiarkan di kandang selama beberapa waktu, maka lemak susu akan menggumpal di permukaan berupa krim susu, kemudian bakteri perusak susu yang bertebaran di udara kandang, yang berasal dari sapi masuk ke dalam susu dan berkembang biak dengan cepat. Oleh bakteri, gula susu diubah menjadi asam yang mengakibatkan susu berubah rasa menjadi asam. Lama kelamaan susu yang demikian itu sudah rusak. Kombinasi oleh bakteri pada susu dapat berasal dari sapi, udara, lingkungan, manusia yang bertugas, atau peralatan yang digunakan (Sumoprastowo, 2000).

Susu juga bisa terkontaminasi oleh mikroorganisme penyebab penyakit menular pada manusia seperti tuberculosis, difteri, dan tifus. Oleh karena itu, susu harus ditangani secara baik dan memenuhi syarat-syarat kualitas dari pemerintah.

Dalam melindungi konsumen susu, pemerintah dalam hal ini Dinas Peternakan, selalu mengadakan pengawasan peredaran susu, kesehatan sapi perah dan ternak perah, petugas yang terlibat pada penanganan susu, dan bahan makanan ternak (Sumoprastowo, 2000).

2.5.1 Komposisi Susu

Dalam berbagai spesies komposisi susu tergantung pada berbagai faktor antara lain; bangsa, masa laktasi, pakan, dan frekuensi pemerahan. Sehingga sangat sulit dalam menentukan komposisi susu normal (Darmajati, 2008).

Menurut Darmajati (2008). Susunan zat gizi air susu adalah sebagai berikut:

- a) Air : 87,7%
- b) Lemak : 3,45%
- c) Protein : 3,2% (terdiri dari casein : 2,7% dan albumin : 0,5%)
- d) Laktosa : 4,6%
- e) Mineral : 0,85%
- f) Vitamin-vitamin

2.5.2 Syarat Kualitas Susu

Susu mengandung tiga komponen utama, yaitu laktosa, kasein dan lemak. Selain itu masih ada komponen lain, yaitu air, mineral dan vitamin. Susu tersusun atas air 87,25%, lemak 3,8%, protein 3,50%, laktosa 4,8% dan mineral 0,65%. Susu juga merupakan sumber kalsium, fosfor dan vitamin A yang sangat baik. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2011, susu segar yang normal memiliki kandungan sebagai berikut : berat jenis 1,0270, kadar lemak 3%, bahan

kering tanpa lemak 7,8%, kadar protein 2,8% dan pH 6,3 – 6,8. Adapun menurut SNI tahun 1995, kadar protein untuk susu pasteurisasi adalah 2,5%. Ketersediaan susu perlu diperhatikan untuk memenuhi angka kecukupan gizi. Usaha memenuhi ketersediaan susu harus disertai dengan usaha peningkatan kualitas dan keamanan produk susu.

Kandungan bakteri pada susu tidak boleh melebihi batas yang ditentukan, yaitu diantara 10^3 - 10^5 permililiter. Pertumbuhan bakteri dalam air susu segar menyebabkan bau yang tidak enak. Berdasarkan jumlah bakteri yang terdapat dalam susu, kualitas susu di negara-negara barat dan maju lainnya digolongkan menjadi tiga macam, yaitu (Abubakar, 2008):

- a) Susu dengan kualitas baik atau kualitas A jika jumlah bakteri yang terdapat dalam susu segar tidak lebih dari 100.000 setiap milliliter. Bakteri-bakteri *Escherichia coli* tidak lebih dari 10 /ml.
- b) Susu kualitas B jika jumlah bakterinya antara 100.000 –1.000.000/ml, dan jumlah bakteri *Escherichia coli* tidak lebih dari 10/ml.
- c) Susu dengan kualitas C jika jumlah bakterinya lebih daripada 1.000.000/ml.

Susu normal yang langsung berasal dari sapi seharusnya bebas dari bakteri bakteri, bakteri tersebut antara lain bakteri coliform, bakteri psikotrofik dan bakteri thermodurik. Keberadaan *Escherichia coli* biasanya menunjukkan adanya kontaminasi dari bahan fekal yang ada dalam tanah, air, jerami, butir padi dan makanan lain yang dikonsumsi oleh sapi (Abubakar, 2008).

Dengan proses produksi yang baik dan berhati-hati, susu sapi segar biasanya mengandung kurang dari 100 bakteri coliform permililiter, tetapi apabila proses

produksinya kurang baik, bakteri coliform yang terdapat pada susu sapi segar dapat mencapai lebih dari 2000 bakteri permilliliter (Faye, 2000).

2.5.3 Sumber Kontaminasi Susu Segar

Susu bukan hanya merupakan makanan yang baik bagi manusia tetapi juga baik bagi bakteri, baik patogen maupun non patogen. Jumlah bakteri dalam susu dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni faktor intrinsik dan faktor ekstrinsik. Faktor – faktor yang mempengaruhi kualitas susu (Abubakar, 2008):

a) Kesehatan Sapi

Kesehatan sapi sangat berpengaruh terhadap kualitas susu yang dihasilkan, sapi yang sehat tentunya akan menghasilkan susu dengan kualitas yang baik berbeda halnya dengan sapi yang tidak sehat.

b) Keadaan Kandang Sapi

Kandang sapi yang bersih akan berdampak terhadap susu yang dihasilkan, tetapi jika kandang sapi tidak bersih dan tidak sehat maka jumlah bakteri dalam susu dapat naik dengan cepat. Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan yakni pencucian lantai kandang, ventilasi, penerangan serta saluran pembuangan air.

c) Kesehatan Pemerah atau pekerja

Pekerja dan semua orang yang berhubungan dengan pemerahan maupun pengolahan susu harus terjamin kebersihannya. Hal ini penting agar kontaminasi silang antara pekerja dengan susu tidak terjadi dan dapat menekan jumlah bakteri di dalam susu.

d) Kebersihan Sapi yang Diperah

Semua kotoran yang mencemari susu mengakibatkan susu mudah rusak, maka sapi yang hendak diperah harus bersih, untuk itu sapi perlu dibersihkan dari kotoran yang melekat pada tubuhnya.

2.6 Protein

Protein merupakan salah satu senyawa yang berupa makromolekul, yang terdapat dalam setiap organisme, dengan karakteristik yang berbeda-beda. Protein yang ditemukan kadang-kadang berkonjugasi dengan makromolekul atau mikromolekul seperti lipid, polisakarida dan mungkin fosfat. Protein terkonjugasi yang dikenal antara lain nukleoprotein, fosfoprotein, metaloprotein, lipoprotein, flavoprotein dan glikoprotein (Sumarno, 2002).

Protein yang diperlukan organisme dapat diklasifikasikan menjadi dua golongan utama, ialah pertama protein sederhana, yaitu protein yang apabila terhidrolisis hanya menghasilkan asam amino dan kedua protein terkonjugasi, yaitu protein yang dalam hidrolisis tidak hanya menghasilkan asam amino, tetapi menghasilkan juga komponen organik ataupun komponen anorganik, yang disebut gugus prostetik (Sumarno, 2002).

Pada umumnya protein mengandung 16 nitrogen dan dengan fakta ini dapat ditentukan jumlah protein dalam makanan atau dalam tubuh setelah dengan cara kimia ditentukan jumlah nitrogennya. dalam keadaan normal, pada orang dewasa biasanya terdapat keseimbangan nitrogen artinya terdapat kesamaan antara jumlah nitrogen yang dikonsumsi tubuh dengan yang diekskresikan. cara lain untuk menentukan kualitas protein dalam makanan adalah dengan menentukan nilai

kimia atau skor protein dalam makanan tertentu. nilai ini dibandingkan dengan nilai kimia protein standar atau protein teoretik yang ditentukan memiliki susunan asam amino esensial ideal bagi tubuh manusia (Poedjiadi,2009).

Konsentrasi protein diukur berdasarkan atas *optical density* pada panjang gelombang tertentu untuk mengetahui banyaknya protein dalam larutan. Protein dengan garam fosfofungsat pada suasana alkalis akan memberikan warna biru yang intensitasnya tergantung pada konsentrasi protein tertera. (Poedjiadi, 2009).

Kurva standart adalah kurva Alibrasi dari sederet larutan standart larutan-larutan itu. Larutan itu sebaiknya mempunyai komposisi cuplikan. Hasil tidak pernah didasarkan pada literature absortivitas molar (Poedjiadi, 2009).

Protein pada setiap bahan kadarnya berbeda-beda. Pengukuran kadar protein suatu bahan sangat diperlukan karena erat kaitannya dengan tingkat konsumsi manusia. Pengukuran kadar protein dengan menggunakan metode Lowry adalah dasar dari penggunaan spektrofotometer. Warna biru yang terjadi oleh pereaksi Ciocalteau disebabkan reaksi antara protein dan Cu dalam larutan alkalis dan terjadi reaksi garam fosfotungstat dan garam fosfomoliddat oleh tirosin dan triptopan (Poedjiadi, 2009).

Protein merupakan makromolekul polipeptida yang tersusun dari sejumlah asam-asam amino yang dihubungkan oleh ikatan peptida dan mempunyai bobot molekul 5000 sampai berjuta-juta. Satu molekul protein disusun oleh sejumlah asam amino tertentu dengan susunan tertentu pula dan bersifat turunan (Poedjiadi, 2009).

2.6.1 Struktur Protein

Berdasarkan strukturnya, Protein dibentuk oleh (Bintang, 2010):

1. Struktur Primer, dibentuk oleh ikatan peptida antar asam amino. Struktur ini mengacu pada jumlah, jenis, serta urutan asam amino yang membentuk rantai polipeptida.
2. Struktur sekunder, dibentuk oleh ikatan hidrogen intramolekuler yang terjadi di antara oksigen karbonil dan nitrogen amida pada perangkat peptida.
3. Struktur tersier, merupakan rangkaian molekular yang menggambarkan bentuk keseluruhan dari protein.
4. Struktur kuartener dibentuk oleh beberapa polipeptida yang berikatan satu sama lain tidak secara kovalen.

2.6.2 Macam-Macam Penyebab Kerusakan Protein

Denaturasi diartikan suatu proses terpecahnya ikatan Hidrogen, interaksi hidrofobik, ikatan garam, dan terbukanya lipatan atau win molekul. Ada dua macam denaturasi, yaitu pengembangan rantai peptida dan pemecahan protein menjadi unit yang lebih kecil tanpa disertai pengembangan molekul ikatan. Ikatan yang dipengaruhi oleh proses denaturasi adalah (Winarno, 2002) :

1. Ikatan Hidrogen
2. Ikatan hidrofobik
3. Ikatan ionik
4. Ikatan intramolekuler

Denaturasi protein adalah modifikasi konformasi struktur, tersier dan kuartener. Denaturasi struktur merupakan fenomena dimana terbentuk konformasi

batu dari struktur yang telah ada. Denaturasi protein mengakibatkan turunnya kelarutan, hilangnya aktivitas biologi, peningkatan viskositas dan protein mudah diserang oleh enzim proteolitik (Oktavia, 2007).

Koagulasi merupakan proses lanjutan yang terjadi ketika molekul protein yang didenaturasi membentuk suatu massa yang solid. Cairan telur (sol) diubah menjadi padat atau setengah padat (gel) dengan proses air yang keluar dari struktur membentuk spiral-spiral yang membuka dan melekat satu sama lain. Koagulasi ini terjadi selama rentang waktu temperatur yang lama dan dipengaruhi oleh faktor-faktor yang telah disebutkan sebelumnya seperti panas, pengocokan, pH, dan juga menggunakan gula dan garam. Hasil dari proses koagulasi protein biasanya mampu membentuk karakteristik yang diinginkan. Yaitu mengental yang mungkin terjadi pada proses selanjutnya setelah denaturasi dan koagulasi. Kekentalan hasil campuran telur mempengaruhi keinginan untuk menyusut atau menjadi lebih kuat (Vickie, 2008).

2.6.3 Denaturasi Protein karena 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).

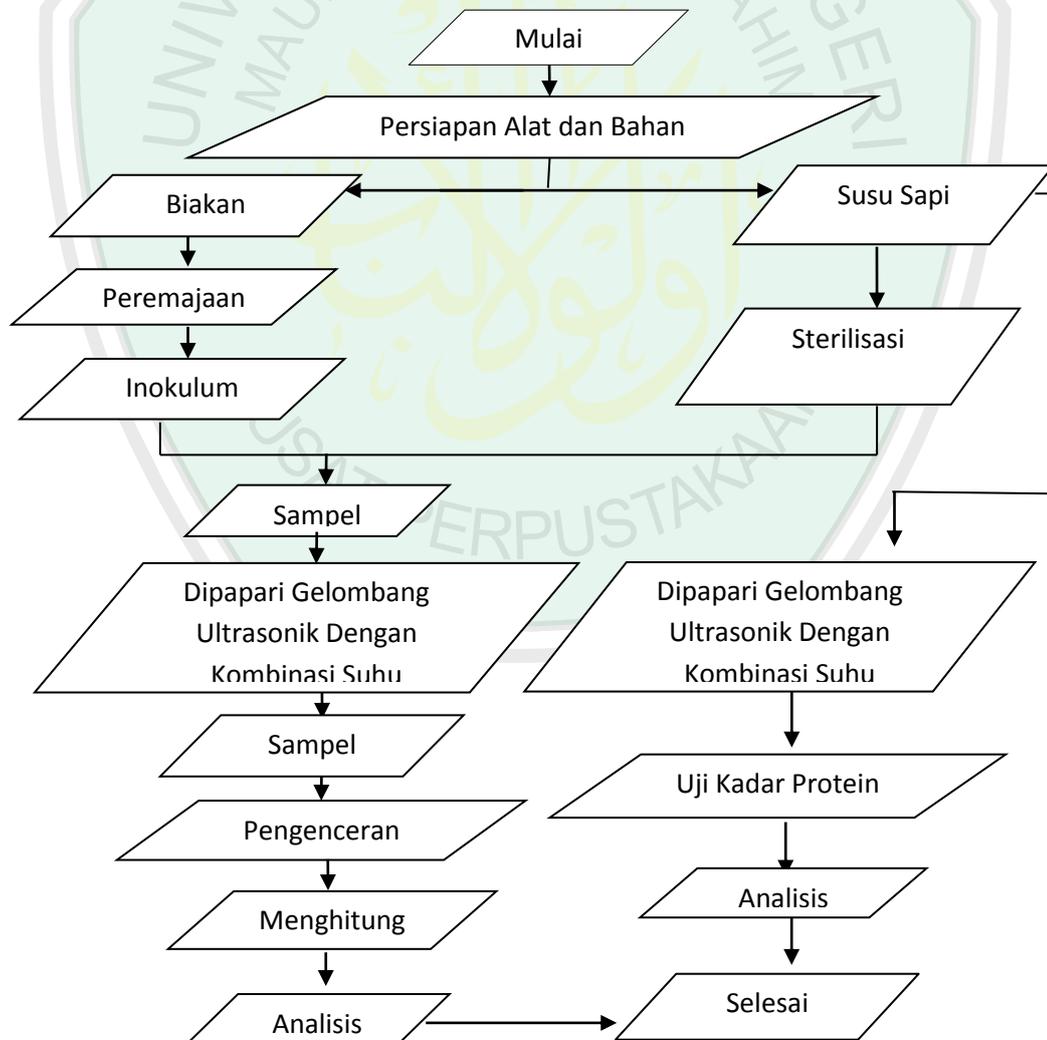
Denaturasi akibat panas menyebabkan molekul-molekul yang menyusun protein bergerak dengan sangat cepat. Sehingga sifat protein yaitu hidrofobik menjadi terbuka. Akibatnya, semakin panas, molekul akan bergerak semakin cepat dan memutus ikatan hidrogen didalamnya. Denaturasi akibat asam atau basa terjadi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

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental, yang diteliti di Laboratorium Mikrobiologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Desain Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Gelombang Ultrasonik

3.3 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni-selesai di laboratorium Mikrobiologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Alat

1. Jarum ose 2 buah.
2. Termos Plastik 1 buah.
3. Erlemenyer 250 ml 4 buah.
4. Botol kecil berukuran 20 ml 150 buah.
5. Blue tip 100 buah.
6. Micropipet.
7. Cawan petri 60 buah.
8. Gelas ukur 50 ml, 1 buah.
9. Gelas ukur 10 ml 1 buah.
10. Bunsen 1 buah.
11. Timbangan analitik 1 buah.
12. Hand counter 1 buah.
13. Autoklaf 1 buah.
14. Coloni conter 1 buah.
15. Pengaduk kaca (spatula) 1 buah.
16. Inkubator shaker 1 buah.
17. Inkubator 1 buah.

18. Pipet tetes 1 buah.
19. Korek api.
20. Botol semprot 1 buah.
21. Beaker glass 500 ml 1 buah.
22. Water bath.
23. Rak tabung reaksi.
24. Pembangkit Gelombang Ultrasonik.
25. Osiloskop 1 buah.
26. Transduser ultrasonik 1 buah.
27. Seperangkat alat Destilasi.
28. Seperangkat alat Titrasi.
29. Tabung reaksi.
30. Gelas kimia.
31. Pipet tetes.

3.4.2 Bahan

1. Bakteri *Escherichia coli*.
2. Susu sapi pasteurisasi 1 liter.
3. Aquades 20 liter.
4. Media NA (Nutrien Agar) 11,5 gram.
5. Media NB (Nutrien Broth) 0,45 gram.
6. Spertus.
7. Kapas 1 kg.
8. Tissue.

9. Plastik Warp 1 pack.
10. Alumunium foil 1 pack.
11. Plastik ukuran 2 kg.
12. Karet gelang.
13. Selenium.
14. Larutan NaOH.
15. Larutan H₂SO₄.
16. HCl.
17. Indikator PP.
18. NaOH 0,1 N.

3.5 Cara Membawa Susu Sapi dari KUD ke Laboratorium

Susu sapi diambil dari KUD kota Batu dengan lama tempuh perjalanan sekitar 1 jam. Selanjutnya disiapkan termos plastik yang sudah dibersihkan dan diberi es batu agar suhu dalam termos tetap dalam keadaan dingin. Kemudian disiapkan botol sebagai wadah susu sapi, yang sebelumnya sudah disterilisasi. Selanjutnya susu sapi dibawa ke laboratorium.

3.6 Penumbuhan Bakteri

Diambil 1 ose biakan murni bakteri *Escherichia coli* dimasukkan kedalam tabung reaksi yang berisi media NA miring diinkubasi 1 x 24 jam. Setelah bakteri tumbuh, diambil 1 ose bakteri yang tumbuh di media NA dan dimasukkan ke dalam botol yang berisi 20 ml media NB dan diinkubasi 1 x 24 jam. Proses ini

dilakukan secara aseptik yaitu didekat api bunsen untuk menghindari kontaminasi bakteri.

3.7 Langkah –Langkah Penelitian

3.7.1 Merangkai Alat Gelombang Ultrasonik

1. Disiapkan generator, power supply, transduser dan kabel – kabel penghubung.
2. Generator dihubungkan dengan transduser.
3. Power supply dihubungkan dengan generator.
4. Tombol pada generator diatur 60 KHz.
5. Diatur amplitudo pada generator, untuk daya yaitu 70 Watt.
6. Proses pemaparan sampel dilakukan didalam inkubator.

Rangkaian alat gelombang ultrasonik dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Sistem Pemaparan Gelombang Ultrasonik terhadap Sampel Bakteri

3.7.2 Mencampur Bakteri Dengan Susu Sapi

1. Disiapkan 30 botol yang sudah steril.
2. Disiapkan 200 ml susu sapi.
3. Disiapkan kultur bakteri yang sudah diinkubasi 1 x 24 jam.
4. Disiapkan bunsen, blue tip, mikro pipet, gelas ukur 10 ml yang sudah steril.
5. Blue tip dipasangkan pada ujung mikro pipet, diatur dengan volume 0,1 ml.
6. Diambil 0,1 ml kultur bakteri dengan menggunakan mikro pipet.
7. Dimasukkan 0,1 ml kultur bakteri ke dalam tiap-tiap botol yang sudah disiapkan.
8. Dimasukkan 10 ml susu sapi murni kedalam tiap botol yang sudah terisi bakteri dengan menggunakan gelas ukur 10 ml.
9. Sampel diinkubasi di dalam sheker inkubator selama 1 x 24 jam.
10. Penyiapan sampel ini diulang sebanyak 3 kali, sehingga diperoleh 30 buah suspensi sampel botol.

3.7.3 Paparan Gelombang Ultrasonik

a) Bakteri Kontrol

1. Susu botol yang berisi suspensi sampel tanpa dipapari gelombang ultrasonik dengan suhu lingkungan 20°C diberi label “kontrol”
2. Dihitung jumlah koloni bakteri dengan koloni konter.

b) Sampel yang Dipapari Gelombang Ultrasonik

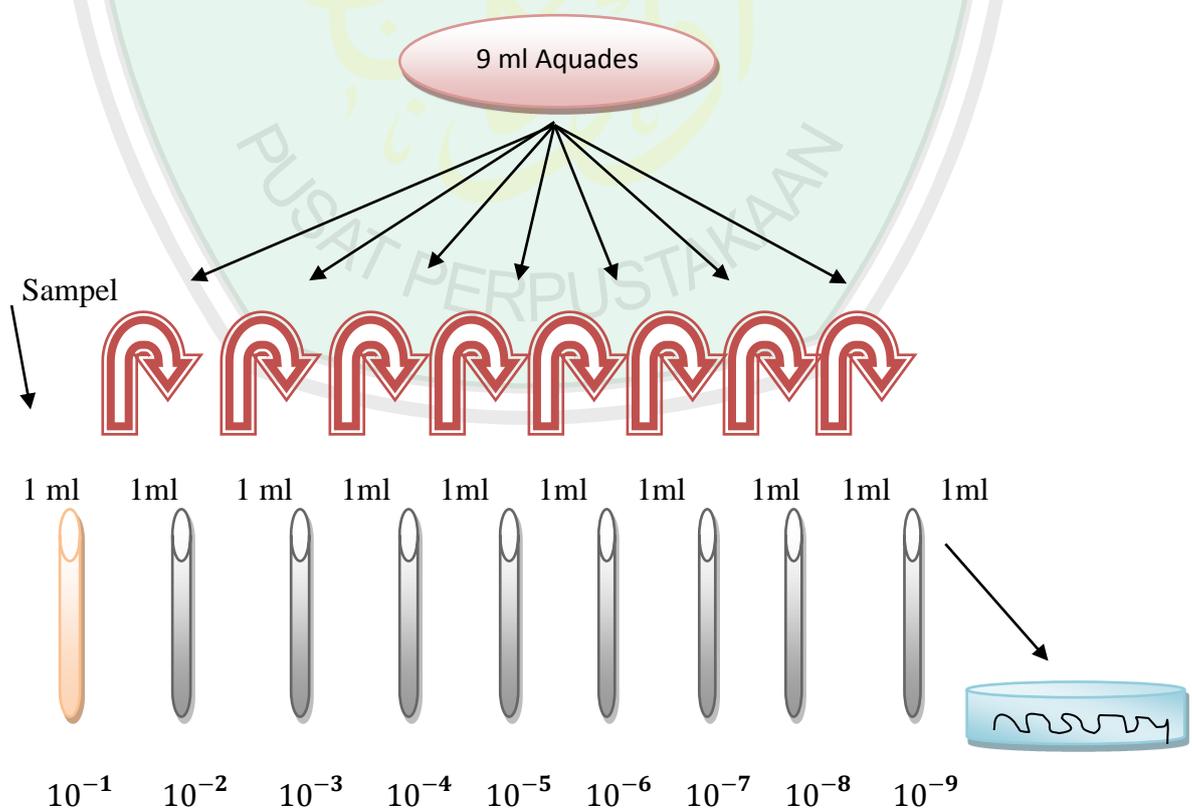
1. Diletakkan 1 botol yang berisi suspensi sampel dibawah transduser dengan jarak 5 cm.

2. Diatur frekuensi dan daya pada pembangkit gelombang bunyi dengan $f= 60 \text{ khz}$, $P=70 \text{ W}$.
3. Dihidupkan gelombang bunyi.
4. Diatur suhu pada inkubator 30°C dengan variasi waktu masing-masing 10 menit, 20 menit dan 30 menit.
5. Diambil sampel dan diberi label “ $T=30^{\circ}\text{C}$, $t=10 \text{ menit}$ ”; “ $T=30^{\circ}\text{C}$, $t=20 \text{ menit}$ ”; “ $T=30^{\circ}\text{C}$, $t=30 \text{ menit}$ ”.
6. Dihitung jumlah koloninya.
7. Diulang kembali langkah diatas, dengan suhu 40°C dan 50°C masing-masing variasi waktu 10 menit, 20 menit dan 30 menit dan dilakukan 3 kali pengulangan.

3.7.4 Dilusi (Pengenceran)

1. Disiapkan sampel, cawan petri, dan botol kecil berisi aquades 9 ml, blue tip, yang sudah di sterilkan.
2. Disiapkan kapas, bunsen, korek api, tissue, mikro pipet, media NA.
3. Suspensi sampel dalam botol dihomogenkan dengan mikro pipet.
4. Diambil 1 ml suspensi dari botol yang sudah dipapari gelombang ultrasonik maupun sebagai kontrol dan dimasukkan 1 ml suspensi ke dalam botol steril yang berisi 9 ml aquades sebagai pengenceran 10^{-1} .
5. Diambil kembali 1 ml dari suspensi 10^{-1} yang sudah dihomogenkan kemudian dimasukkan ke dalam botol yang berisi 9 ml aquades sebagai pengenceran 10^{-2} .

6. Dari sampel hasil pengenceran 10^{-2} yang sudah dihomogenkan diambil 1 ml suspensi dan dimasukkan 1 ml suspensi ke dalam botol yang berisi 9 ml aquades sebagai pengenceran 10^{-3} .
7. Pengenceran diatas diulangi sampai pengenceran ke 10^{-9} .
8. Suspensi pada pengenceran 10^{-9} dituangkan 1 ml ke dalam cawan petri steril kemudian diisi media NA cair sebagai media untuk hidup.
9. Semua proses diatas dilakukan secara aseptik, yaitu di dekat api bunsen.
10. Setelah media membeku, cawan petri diletakkan dengan posisi terbalik (bagian tutup berada dibawah). Suhu selama inkubasi adalah 37°C selama 1 x 24 jam.



Gambar 3.3 Proses Pengenceran dalam Metode *Total Coloni* (TPC)

3.7.5 Perhitungan Koloni Bakteri

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

3.7.6 Teknik Pengolahan Data Jumlah Bakteri

Data yang diambil dari penelitian ini adalah jumlah bakteri yang masih aktif setelah dipapari gelombang ultrasonik dengan variasi suhu dan waktu. Variasi suhu yang diberikan yaitu 30°C, 40°C, dan 50°C, dengan masing-masing waktu pada suhu yaitu 10 menit, 20 menit dan 30 menit dengan daya konstan yaitu 70 Watt dan frekuensi konstan yaitu 60 Khz. Jumlah bakteri yang dihitung dicatat pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Pengolahan Data Jumlah Bakteri

Perlakuan		Jumlah Sel Bakteri		
		1	2	3
Kontrol				
30°C	10 menit			
	20 menit			
	30 menit			
40°C	10 menit			
	20 menit			
	30 menit			
50°C	10 menit			
	20 menit			
	30 menit			

3.7.7 Teknik Analisa data

Dalam penelitian ini data yang diperoleh adalah jumlah bakteri yang masih aktif setelah diberi perlakuan kombinasi suhu dan gelombang ultrasonik. Jumlah bakteri yang masih aktif tersebut dibandingkan dengan jumlah bakteri pada kontrol (tanpa paparan gelombang ultrasonik). Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan menggunakan grafik yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh paparan gelombang ultrasonik dengan variasi suhu dan waktu yang paling efektif dalam menghambat pembiakan bakteri *Escherichia coli*.

3.8 Uji Kadar Protein

Pada dasarnya metode ini dibagi menjadi tiga tahapan yaitu proses destruksi, proses destilasi, dan tahap titrasi.

1. Sampel didestruksi (dihancurkan) dengan asam sulfat pekat dan dikatalis dengan selenium untuk mempercepat proses oksidasi sehingga menghasilkan ammonium sulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.
2. Pada tahap destilasi, ammonium sulfat dipecah menjadi ammonia dengan penambahan 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 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 susu tanpa perlakuan atau setelah diberi perlakuan.

3.8.1 Teknik Pengolahan Data

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

Tabel 3.2 Pengolahan Data Kadar Protein Susu

Perlakuan		Kadar Protein
Kontrol		
30°C	10 menit	
	20 menit	
	30 menit	
40°C	10 menit	
	20 menit	
	30 menit	
50°C	10 menit	
	20 menit	
	30 menit	

3.8.2 Teknik Analisa Data

Dalam penelitian ini data yang diperoleh adalah kadar protein setelah diberi perlakuan kombinasi suhu dan gelombang ultrasonik. Kemudian data hasil kadar protein setelah diberi perlakuan dibandingkan dengan sampel yang belum

diberi perlakuan untuk mengetahui adanya pengaruh paparan gelombang ultrasonik dengan kombinasi suhu terhadap kadar protein. Kemudian di analisa dengan grafik.



BAB IV DATA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

4.1.1 Jumlah Bakteri *Escherichia coli*

Pada penelitian ini sampel yang digunakan adalah bakteri *Escherichia coli*. Bakteri yang akan digunakan diremajakan terlebih dahulu pada media NA dan media NB kemudian diinkubasi selama 24 jam. Setelah bakteri tumbuh, diambil 1 ml bakteri pada media NB kemudian dicampur dengan susu sapi yang sudah disterilisasi dan diinkubasi didalam *incubator shaker* selama 24 jam.

Pemaparan gelombang ultrasonik menggunakan frekuensi dan daya konstan yaitu 60 Hz dan 70 Watt. Dioptimasi dengan penambahan suhu yaitu 30°C, 40°C dan 50°C masing-masing selama 10 menit, 20 menit dan 30 menit. Pemaparan gelombang ultrasonik dilakukan didalam inkubator.

Setelah sampel diberi paparan gelombang ultrasonik yang dilakukan didalam inkubator, tahap selanjutnya yaitu pengenceran. Pengenceran dilakukan di ruang *Laminar Air Flow* (LAF) hingga pengenceran 10^{-9} . Diambil 1 ml suspensi dengan menggunakan mikropipet. Suspensi tersebut dimasukkan kedalam cawan petri kemudian diberi media NA sebagai media untuk hidup sel bakteri. Cawan petri yang berisi bakteri diinkubasi selama 24 jam dengan suhu 37°C didalam inkubator. Tahap terakhir yaitu menghitung jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* menggunakan *coloni counter* dengan meletakkan cawan petri diatas koloni konter.

Ketika data sudah diperoleh dalam bentuk jumlah koloni, kemudian dihitung jumlah bakteri menggunakan persamaan :

$$\Sigma \text{ sel / ml} = \Sigma \text{ koloni} \times \frac{1}{fp}$$

Sehingga diperoleh data koloni seperti pada tabel 4.1

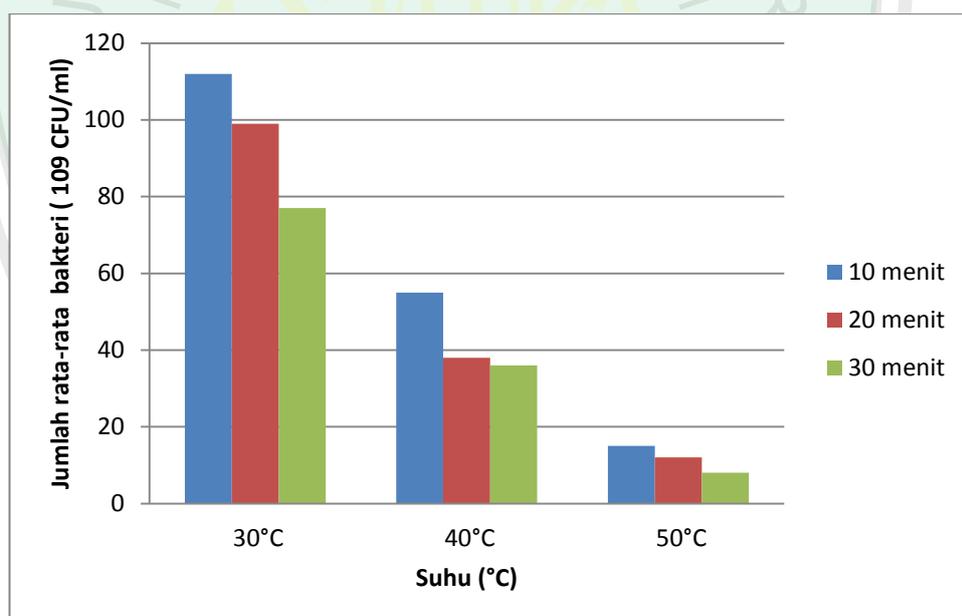
Tabel 4.1. Data Hasil Paparan Gelombang Ultrasonik dengan Kombinasi Suhu.

Perlakuan		Jumlah Sel Bakteri (CFU/ml)			Jumlah Rata-Rata (CFU/ml)
		1	2	3	
Kontrol		210.10 ⁹	225.10 ⁹	158.10 ⁹	198.10 ⁹
30°C	10 menit	87.10 ⁹	112.10 ⁹	136.10 ⁹	112.10 ⁹
	20 menit	72.10 ⁹	99.10 ⁹	126.10 ⁹	99.10 ⁹
	30 menit	68.10 ⁹	60.10 ⁹	87.10 ⁹	77.10 ⁹
40°C	10 menit	36.10 ⁹	72.10 ⁹	56.10 ⁹	55.10 ⁹
	20 menit	35.10 ⁹	56.10 ⁹	21.10 ⁹	38.10 ⁹
	30 menit	20.10 ⁹	42.10 ⁹	45.10 ⁹	36.10 ⁹
50°C	10 menit	18.10 ⁹	15.10 ⁹	13.10 ⁹	15.10 ⁹
	20 menit	15.10 ⁹	10.10 ⁹	11.10 ⁹	12.10 ⁹
	30 menit	10.10 ⁹	7.10 ⁹	8.10 ⁹	8.10 ⁹

Berdasarkan tabel 4.1, diketahui bahwa paparan gelombang ultrasonik dengan kombinasi suhu dapat menurunkan jumlah bakteri *Escherichia coli* pada susu sapi. Jumlah rata-rata bakteri sebelum dipapari gelombang ultrasonik adalah 198.10⁹ CFU/ml. Setelah sampel dipapari gelombang ultrasonik selama 10 menit pada suhu 30°C, Jumlah bakteri yang masih aktif adalah 112.10⁹ CFU/ml. Ketika suhu ditingkatkan menjadi 50°C dengan waktu paparan 10 menit, jumlah bakteri *Escherichia coli* adalah 15.10⁹ CFU/ml. Jumlah bakteri semakin menurun

ketika sampel diberi paparan gelombang ultrasonik selama 30 menit pada suhu 50°C yaitu 8.10^9 CFU/ml. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu paparan gelombang ultrasonik, maka jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* pada susu sapi semakin menurun. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.1.

Hasil penelitian dianalisis dengan analisis deskriptif. Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan dengan kombinasi suhu, terdapat hubungan antara suhu dengan penurunan jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1.

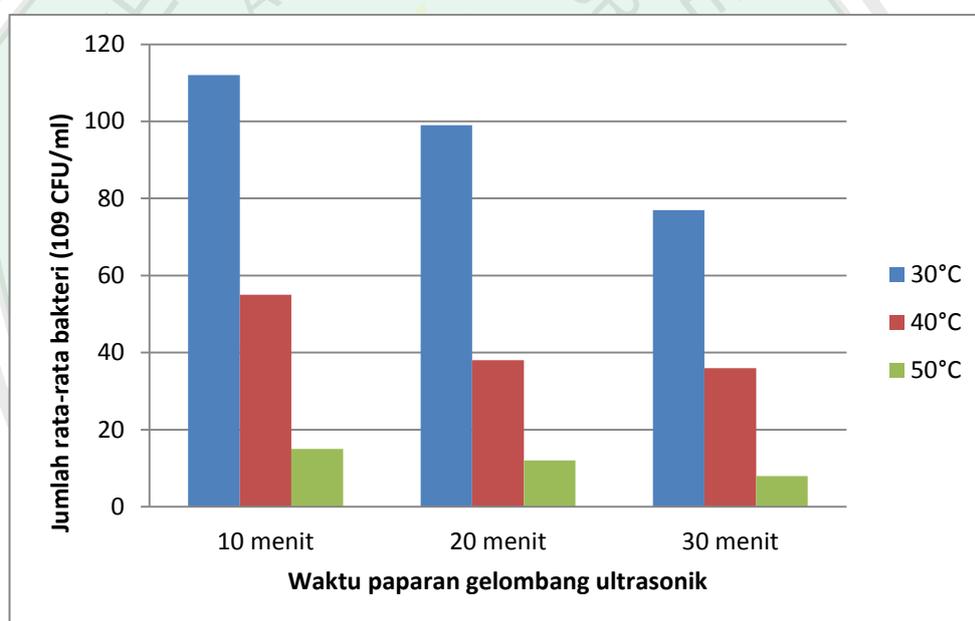


Gambar 4.1 Diagram Penurunan Jumlah Koloni Bakteri *Escherichia coli* dengan Kombinasi Suhu

Hasil analisis pada gambar 4.1 menunjukkan adanya pengaruh kombinasi suhu dengan jumlah rata-rata bakteri *Escherichia coli*. Penurunan jumlah rata-rata bakteri meningkat pada suhu 50°C dengan waktu paparan gelombang ultrasonik yaitu 30 menit, jumlah rata-rata koloni bakteri *Escherichia coli* yaitu 8.10^9

CFU/ml. Hal ini membuktikan bahwa penambahan suhu dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*. Penambahan suhu menyebabkan denaturasi protein yang dapat mengakibatkan kerusakan pada dinding sel dan komponen esensial sel lainnya sehingga sel akan mati.

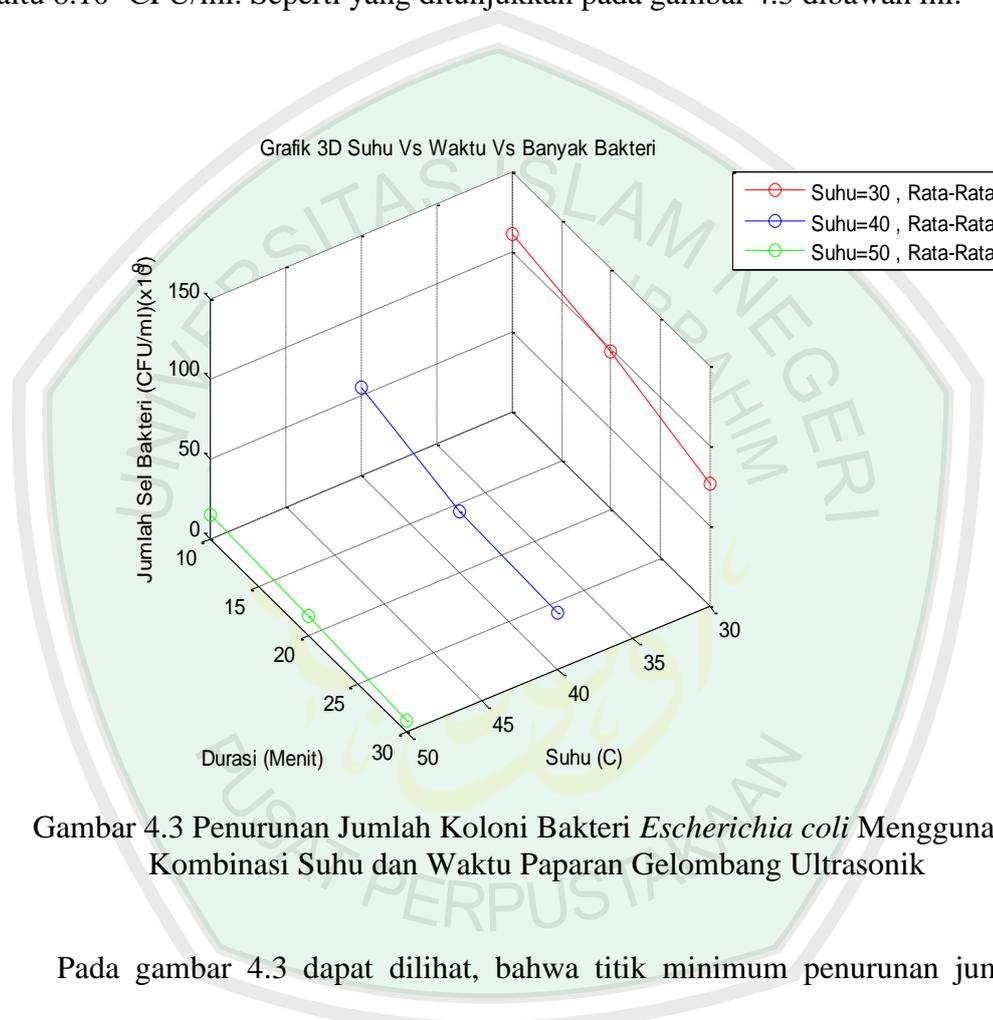
Lama waktu paparan gelombang ultrasonik dengan kombinasi suhu mempengaruhi jumlah bakteri *Escherichia coli*. Seperti ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Diagram Penurunan Jumlah Koloni Bakteri *Escherichia coli* dengan Waktu Paparan Gelombang Ultrasonik

Hasil analisis pada gambar 4.2 menunjukkan adanya pengaruh waktu paparan gelombang ultrasonik dengan jumlah rata-rata bakteri *Escherichia coli*. Jumlah rata-rata bakteri *Escherichia coli* mengalami penurunan yaitu pada suhu 50°C dengan lama waktu paparan gelombang ultrasonik yaitu 30 menit. Pengaruh lama waktu paparan gelombang ultrasonik dapat menyebabkan rusaknya dinding sel sehingga sel bakteri akan mati.

Waktu paparan gelombang ultrasonik dengan kombinasi suhu yang optimum yaitu selama 30 menit pada suhu 50°C, jumlah bakteri *Escherichia coli* yaitu 8.10^9 CFU/ml. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3 Penurunan Jumlah Koloni Bakteri *Escherichia coli* Menggunakan Kombinasi Suhu dan Waktu Paparan Gelombang Ultrasonik

Pada gambar 4.3 dapat dilihat, bahwa titik minimum penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli* terjadi pada suhu 30°C dengan lama waktu paparan gelombang ultrasonik yaitu 10 menit, jumlah bakteri yang masih aktif yaitu 112.10^9 CFU/ml. Sedangkan titik maksimum penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli* terjadi pada suhu 50°C dengan lama waktu paparan gelombang ultrasonik yaitu 30 menit, jumlah bakteri *Escherichia coli* yang masih aktif yaitu 8.10^9 CFU/ml. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu dan semakin

lama waktu paparan gelombang ultrasonik menyebabkan jumlah bakteri *Escherichia coli* semakin menurun.

Prosentase penurunan jumlah bakteri ditentukan menggunakan persamaan:

$$\text{Prosentase penurunan jumlah bakteri} = \frac{N_0 - N}{N_0} \times 100\%$$

Dengan :

N_0 = Jumlah rata-rata bakteri sebelum dipapari gelombang ultrasonik

N = Jumlah bakteri setelah dipapari gelombang ultrasonik

Tabel 4.2 Data Hasil Persentase Penurunan Jumlah Bakteri

Suhu	Waktu	Prosentase Penurunan Jumlah Bakteri
30°C	10 menit	43,4%
	20 menit	49,1%
	30 menit	61,1%
40°C	10 menit	72,2%
	20 menit	80,8%
	30 menit	82,8%
50°C	10 menit	92,4%
	20 menit	93,8%
	30 menit	95,9%

Berdasarkan data persentase penurunan jumlah bakteri pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa waktu paparan gelombang ultrasonik selama 10 menit dan pada suhu 50°C, persentase penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli* sebesar 92,4 %. Paparan gelombang ultrasonik selama 20 menit dengan suhu 50°C persentase penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli* sebesar 93,8%. Ketika lama waktu paparan gelombang ultrasonik ditingkatkan menjadi 30 menit dengan suhu tetap yaitu 50°C persentase penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli* menjadi

95,9 %. Hal ini menunjukkan bahwa lama waktu paparan gelombang ultrasonik dapat mempengaruhi persentase penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli*. Kombinasi penambahan suhu juga mempengaruhi penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli*, Hal ini dapat dilihat pada waktu paparan gelombang ultrasonik selama 30 menit dengan suhu 30°C persentase penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli* yaitu 61,1%. Ketika suhu ditingkatkan menjadi 50°C dengan lama waktu paparan 30 menit, persentase penurunan jumlah bakteri yaitu 95,9 %.

4.1.2 Kadar Protein

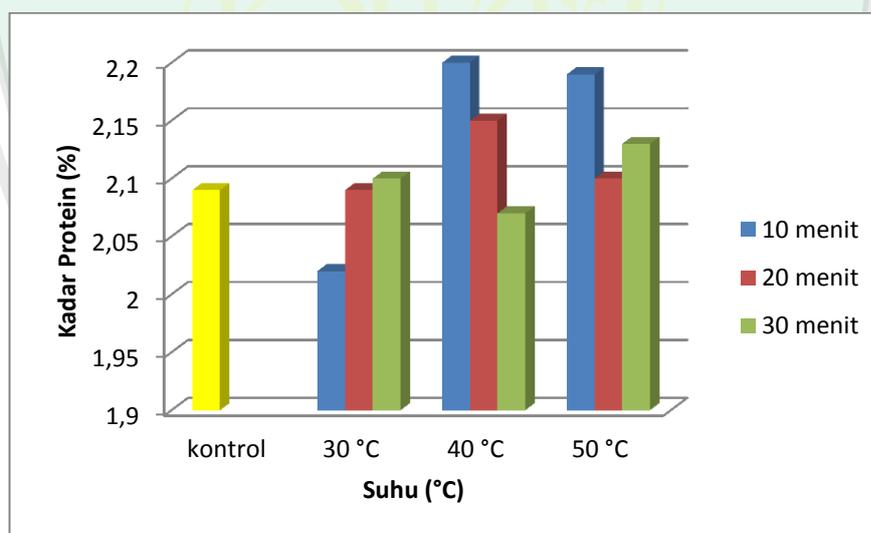
Pengukuran kadar protein menggunakan metode Kjeldhal. Pada uji kadar protein ada dua sampel yang digunakan, yaitu kontrol adalah sampel yang belum diberi perlakuan paparan gelombang ultrasonik dengan kombinasi suhu sampel yang sudah diberi perlakuan paparan gelombang ultrasonik dengan kombinasi suhu. Data hasil pengukuran kadar protein dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Data Hasil Paparan Gelombang Ultrasonik dengan Kombinasi Suhu terhadap Kadar Protein

Perlakuan		Kadar Protein (%)
Kontrol		2,09
30°C	10 menit	2,02
	20 menit	2,09
	30 menit	2,10
40°C	10 menit	2,20
	20 menit	2,15
	30 menit	2,07
50°C	10 menit	2,19
	20 menit	2,10
	30 menit	2,13

Kadar protein pada sampel yang belum diberi perlakuan adalah 2,09 %, Ketika diberi perlakuan paparan gelombang ultrasonik dengan kombinasi suhu yaitu suhu 30°C selama 10 menit kadar proteinnya yaitu 2,02 %, pada suhu 30°C selama 20 menit kadar proteinnya yaitu 2,09 %, pada suhu 30°C waktu 30 menit kadar proteinnya yaitu 2,10 %. Pada suhu 40°C waktu 10 menit kadar proteinnya yaitu 2,20 %, suhu 40°C waktu 20 menit kadar proteinnya yaitu 2,15 %. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Waktu paparan gelombang ultrasonik dengan suhu yang optimum yaitu 50°C dengan lama waktu paparan 30 menit, kadar protein pada susu sapi yaitu 2,13 %. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.4 Pengaruh Suhu dan Lama Waktu Paparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Kadar Protein

Pada gambar 4.4 dapat dilihat, pada suhu 30°C dengan waktu paparan 30 menit, kadar protein susu sapi yaitu 2,10 %. Ketika suhu 50°C dengan waktu paparan 30 menit, kadar protein susu sapi 2,13 %. Hal ini menunjukkan bahwa waktu paparan gelombang ultrasonik 10 menit, 20 menit dan 30 menit dengan

kombinasi suhu 30°C, 40°C dan 50°C tidak mempengaruhi kadar protein pada susu sapi.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Paparan Gelombang Ultrasonik dengan Kombinasi Suhu

Dari grafik dapat diketahui bahwa ada hubungan antara suhu dan waktu paparan gelombang ultrasonik dengan jumlah bakteri *Escherichia coli* pada susu sapi. Semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu paparan gelombang ultrasonik maka jumlah bakteri *Escherichia coli* dalam susu sapi semakin berkurang.

Pengaruh lama waktu paparan gelombang ultrasonik yang diberikan terhadap bakteri *Escherichia coli* dalam susu sapi menyebabkan terpecahnya dinding sel bakteri. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa lama waktu paparan gelombang ultrasonik yaitu 10 menit, 20 menit dan 30 menit dapat mempengaruhi jumlah bakteri *Escherichia coli* dalam susu 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 *Escherichia coli* dalam susu sapi, energi gelombang ultrasonik yang diterima oleh bakteri juga semakin besar. Sehingga menyebabkan jumlah bakteri *Escherichia coli* dalam susu sapi berkurang.

Penambahan suhu terhadap bakteri *Escherichia coli* mengakibatkan rusaknya membran sel. Hasil penelitian yang telah dilakukan dengan variasi suhu 30°C, 40°C dan 50°C menunjukkan adanya pengaruh terhadap jumlah bakteri *Escherichia coli* pada susu sapi. Semakin tinggi suhu maka jumlah bakteri semakin berkurang. Menurut teori bahwa 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 sel akan mati. Demikian pula bila suhu lingkungannya berada di bawah batas toleransi, membran sitoplasma tidak akan berwujud cair sehingga transportasi nutrisi akan terhambat dan proses kehidupan sel akan terhenti (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 ke dalam 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 larutnya inti sel. Selanjutnya sel tersebut terpecah menjadi pigmen-pigmen kecil dan mengalami fagositosis (Clark, 2009).

4.2.2 Paparan Gelombang Ultrasonik dengan Variasi Suhu terhadap Kadar Protein

Paparan gelombang ultrasonik dengan kombinasi suhu dapat mempengaruhi kadar protein. Efek kavitasi yang ditimbulkan oleh gelombang ultrasonik dapat

merusak molekul penyusun protein dan panas akibat suhu dapat menyebabkan denaturasi protein. 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 hidrogen 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 negatif dan positif pada garam dengan ion positif dan negatif pada asam atau basa (Vladimir. 2007).

Dengan penambahan suhu 30°C, 40°C dan 50°C selama masing-masing waktu paparan gelombang ultrasonik ternyata masih dalam batas aman yang tidak menyebabkan kerusakan protein pada susu sapi.

4.2.3 Susu Sapi Menurut Pandangan Islam

Susu sapi merupakan salah satu tanda-tanda kekuasaan Allah, sebagaimana yang telah disebutkan dalam Al-qur'an surat An-Nahl ayat 66:

وَإِنَّ لَكُمْ فِي الْأَنْعَامِ لَعِبْرَةً نَسْقِيكُمْ مِمَّا فِي بُطُونِهِمْ مِنْ بَيْنِ فَرْثٍ وَدَمٍ لَبَنًا خَالِصًا سَائِغًا لِلشَّارِبِينَ ﴿٦٦﴾

“Dan sesungguhnya, pada binatang ternak itu benar-benar terdapat pelajaran bagi kamu. Kami memberimu minum dari pada apa yang berada dalam perutnya (berupa) susu yang bersih, antara tahi dan darah, yang mudah ditelan bagi orang-orang yang meminumnya (Q.S An-Nahl: 66)

Dalam surat An-Nahl ini menjelaskan bahwa Allah sanggup menciptakan minuman yang bersih walaupun ada di tempat yang kotor. Antara area kotoran

dan darah binatang yang keluar, Allah mampu menciptakan susu yang bersih dan mudah ditelan. Oleh karena itu susu merupakan salah satu tanda-tanda kekuasaan Allah bagi seluruh umat manusia. Agar susu sapi dapat di konsumsi dan disimpan dalam jangka waktu tertentu, perlu dilakukan teknologi pengawetan agar susu sapi tidak rusak.

Berbagai teknologi pengawetan telah dilakukan salah satunya adalah pengawetan dengan cara pasteurisasi, pengawetan secara pasteurisasi dapat mengurangi jumlah bakteri agar susu sapi tidak rusak, akan tetapi dapat menyebabkan rusaknya protein pada susu sapi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dikembangkan metode alternatif untuk pengawetan susu sapi yaitu menggunakan gelombang ultrasonik dengan kombinasi suhu. Metode ini lebih menguntungkan karena lebih efektif dalam menghambat pembiakan bakteri dalam susu sapi, sehingga susu yang sudah dipapari dengan gelombang ultrasonik menyebabkan berkurangnya jumlah bakteri *Escherichia coli* dalam susu sapi dan tidak menyebabkan rusaknya protein.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai efek paparan gelombang ultrasonik dengan kombinasi suhu terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan kadar protein pada susu sapi dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Gelombang ultrasonik dengan waktu paparan 10 menit, 20 menit dan 30 menit dengan kombinasi suhu 30°C, 40°C dan 50°C dapat menghambat pertumbuhan jumlah bakteri *Escherichia coli* pada susu sapi. Titik Minimum penurunan bakteri pada waktu paparan gelombang ultrasonik 30 menit dengan suhu 50°C, jumlah bakterinya adalah 8.10^9 CFU/ml dengan persentase penurunan jumlah bakteri yaitu 95,9 %.
2. Gelombang ultrasonik dengan waktu paparan 10 menit, 20 menit dan 30 menit dengan kombinasi suhu 30°C, 40°C dan 50°C tidak merusak kadar protein pada susu sapi. Rata-rata kadar protein susu sapi yaitu 2,12 %.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, maka disarankan:

1. Penelitian ini bisa dilanjutkan dengan menggunakan jenis bakteri lain.
2. Penelitian tentang kadar protein disarankan agar waktu antara paparan gelombang ultrasonik dengan perhitungan kadar protein tidak terlalu lama.
3. Penelitian ini bisa dilanjutkan untuk mengetahui kerusakan dinding bakteri.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, dkk. 2001. *Pengaruh Suhu dan Waktu Pasteurisasi terhadap Mutu Susu Selama Penyimpanan*. Jurnal Ilmu Ternak dan Veteliner. 6 (1): 45-50.
- Ackerman E, Lynda B. M. Ellis, Lawrence E. Williams, 1988. *Ilmu Biofisika* (terjemahan; Redjani, Abdulbasir). Surabaya: Airlangga University.
- Adam, S. dan Clark, D., 2009. *Landfill Biodegradation An in-depth Look at Biodegradation in Landfill Environments*. Bio-tec Environmental, Albuquerque & ENSO Bottles, LLC, Phoenix. p. 9-11.
- Arisman. 2009. *Buku Ajar Ilmu Gizi Keracunan Makanan*. Jakarta: EGC.
- Asy-Syaukani, Muhammad. 2000. *Nail Al-Autar*. Beirut: Dar al-Kutub al 'Arabi.
- Bintang, Maria. 2010. *Biokimia Teknik Penelitian*, Jakarta: Erlangga.
- Brooks, Geo F, et al. 2001. *Medical Microbiology Twenty Second Edition*. McGraw-Hill Inc.
- Bueche, Frederick J. (1989). *Theory and Problem of College Physics*. (8th ed.).
- Cameron John R., and Skofronick James G. 1978. *Medical Physics*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Campbell, dkk. 2002. *Biologi Edisi Kelima Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Cappucino, J.G and Sherman, N. 2001. *Microbiology Laboratory Manual*. State University Of New York
- Darmajati, 2008. *Himpunan Studi Ternak Produktif*.
- Faye, B., Louiseau, G. 2000. *Sources of Contaminations of Dairy Supply Chains and Approaches to Quality Control*. Animal Production and Veterinary Medicine Departemnet Journal: 34:398. <http://Milk Contamination.org> (1 Mei 2015).
- Giancoli. 1998 . *Fisika Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Haryati, Sri. 1992. *Pengaruh Gelombang Bunyi dan Manfaatnya Dalam Membunuh Bakteri Escheria Coli*. Skripsi S 1, Fakultas MIPA, Malang: Universitas Brawijaya.
- Isaacs, Alan. 1997. *Kamus Lengkap Fisika*. Jakarta : Erlangga.

- Kusumastuti, Aryani Dyah. 2003. *Pengaruh Gelombang Bunyi Terhadap Jumlah Sel Bakteri (Pseudomonas Aeruginosa) dalam Air*, Skripsi S1, Fakultas MIPA. Malang: Universitas Brawijaya.
- Magnuson, M., Christiansson., Svensson. 2007. *Bacillus Sporeus During Housing of Dairy Cows : Factors Affecting Contaminating of Raw Milk*. *J. Dairy Sci* 90: 2745-2754. [http:// www.Dairy Sci.org.edu](http://www.DairySci.org.edu) (25 Mei 2015).
- Manik, Widiyanti. 2004. *Qualitative Analysis Of Coliform Bacteria At Some Shops Refilled Drinking Water In Singaraja Bali*. Jurusan Pendidikan Biologi, Fakultas P-MIPA IKIP Negeri Singaraja. *Jurnal Ekologi Kesehatan* Vol 3 No 1.
- Mansyur. Mas. 2010. *Pengaruh Dosis Paparan Gelombang Ultrasonik terhadap Kematian 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.
- Oktavia. Devi. 2007. *Kajian SNI 01-2886-2000 Makanan Ringan Ekstrudat*. *Jurnal Standarisasi* Vol 9 No.1.
- Ophart, C.E. 2003. *Virtual Chembook*. Illinois: Elmhurst College Press.
- Pelczar, M.J, Chan, E.C.S. 2007. *Dasar-dasar mikrobiologi. Jilid ke-1*. Hadioetomo, R. S. , Imas, T., Tjitrosomo, S. S., Angka, S. L., penerjemah. Jakarta: UI Press. Terjemahan dari: Elements of Microbiology.
- Poedjiadi, Anna dkk. 2009. *Dasar – Dasar Biokimia*. Jakarta: UI Press.
- Resnick, Halliday. 1987. *Fisika Jilid I*. Bandung: Erlangga.
- Ruslan, Ahmadi. 2002 . *Fisika Kasehatan*. Jogjakarta : Mitra Cendikia.
- Sabbagha R. E. 1980. *Diagnostic Ultrasound Applied to Obstetrics and Gynecology*. London: Haper & Row.
- SNI 7388-2009. *Batas Maksimum Cemarana Mikroba dalam Pangan*. *Badan Standart Nasional Indonesia*. Jakarta.
- SNI 2011. *Standarisasi Nasional Indonesia Susu Segar Bagian Satu*, Jakarta: SNI.
- Sumarno. 2002. *Estimasi Kadar Protein dalam Bahan Pangan Melalui Analisis Kadar Nitrogen Total dan Analisis Asam Amino*. *Majalah Farmasi Indonesia*.
- Sumoprastowo. 2000. *Memilih Dan Menyimpan Sayur-Mayur, Buah-Buahan, Dan Bahan Makanan*. Cetakan pertama. Edisi 1. Jakarta: Bumi Aksara.

- Suriawiria, U. 1996. *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Air Buangan Secara Biologis*. Bandung: Alumni.
- Sutrisno. 1979. *Fisika Dasar Gelombang dan Optik*. Bandung: ITB.
- Todar, K., 2008. *Staphylococcus aureus and Staphylococcal Disease* . USA
- Trisnobudi, Amoranto. 2000. *Teori Ultrasonik*. Bandung : ITB.
- Uversky, Vladimir. N. 2007. *Conformational Stability, Size, Shape and Surface of Protein Molecules*, New York : Nova Science.
- Vaclavik, Vickie. A dan Elizabeth W. Cristian. 2008. *Essential of Food Science Third Edition*. New York : Springer Science + Business Media.
- Wahyuni, Ika R. 2008. *Penggunaan Gelombang Ultrasonik Untuk Menghambat Pembiakan Bakteri Escherichia Coli Dalam Susu Sapi Segar*. Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Waluyo, L. 2004. *Mikrobiologi Umum*. Malang: Universitas Muhamadiyah Press.
- Widiyanti, Manik dan Ristiati. 2004. *Analisis Kualitatif Bakteri Kaliform pada Depo Air Minum Isi Ulang di Kota Singaraja Bali*. Jurnal Ekologi Kesehatan Vo. 3 No. 1.
- Winarno, F. G. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. Yogyakarta: PT Gramedia Pustaka Umum.

Lampiran 1 Data jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* dalam susu sapi segar setelah dipapari gelombang ultrasonik

Perlakuan		Jumlah Sel Bakteri (CFU/ml)			Jumlah Rata-Rata (CFU/ml)
		1	2	3	
Kontrol		210	225	158	198
30°C	10 menit	87	112	136	112
	20 menit	72	99	126	99
	30 menit	68	60	87	77
40°C	10 menit	36	72	56	55
	20 menit	35	56	21	38
	30 menit	20	42	45	36
50°C	10 menit	18	15	13	15
	20 menit	15	10	11	12
	30 menit	10	7	8	8

Lampiran 2 Gambar Penelitian



Persiapan Sterilisasi Alat dan Bahan



Sterilisasi Alat dan Bahan di Autoklaf

Lampiran 3 Gambar Proses Pemaparan



Bakteri *Escherichia Coli* yang Sudah Diremajakan



Proses Pemaparan Sampel dalam Inkubator

Lampiran 4 Proses Pengenceran



Persiapan Pengenceran

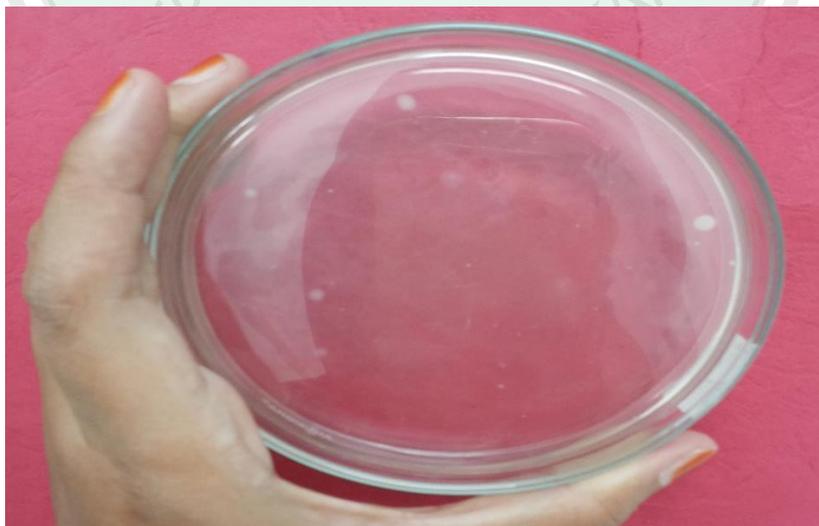


Proses Pengenceran Sampel

Lampiran 5 Hasil Koloni Bakteri



Sampel di dalam Inkubator



Bakteri *Esherichia Coli* setelah Diberi Perlakuan