

**PENGARUH KOMBINASI PAPARAN GELOMBANG
ULTRASONIK DAN TEKANAN TERHADAP PERTUMBUHAN
BAKTERI *SALMONELLA TYPHI* PADA DAGING SAPI**

SKRIPSI

Oleh:
MOCH BARUN NADZIR
NIM. 12640024



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

**PENGARUH KOMBINASI PAPARAN GELOMBANG
ULTRASONIK DAN TEKanan TERHADAP PERTUMBUHAN
BAKTERI *SALMONELLA TYPHI* PADA DAGING SAPI**

SKRIPSI

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

Oleh:
Moch Barun Nadzir
NIM. 12640024

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH KOMBINASI PAPARAN GELOMBANG
ULTRASONIK DAN TEKANAN TERHADAP PERTUMBUHAN
BAKTERI *SALMONELLA TYPHI* PADA DAGING SAPI**

SKRIPSI

Oleh:

Moch Barun Nadzir

NIM. 12640024

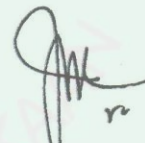
Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji,
Pada tanggal: 5 Desember 2018

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



Umaiatus Syarifah, M.A
NIP. 19820925 200901 2 005

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



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

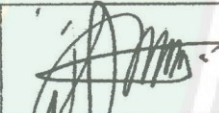
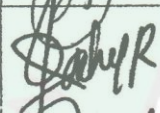
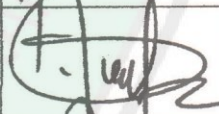
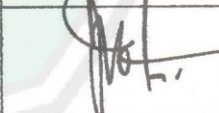
HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH KOMBINASI PAPARAN GELOMBANG
ULTRASONIK DAN TEKANAN TERHADAP PERTUMBUHAN
BAKTERI *SALMONELLA TYPHI* PADA DAGING SAPI**

SKRIPSI

Oleh:
Moch Barun Nadzir
NIM. 12640024

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 19 Desember 2018

Penguji Utama	<u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Ketua Penguji	<u>Ahmad abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	
Sekretaris Penguji	<u>Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Anggota Penguji	<u>Umaiyatus Syarifah, M.A</u> NIP. 19820925 200901 2 005	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika



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

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang beranda aman di bawah ini;

Nama : Moch Barun Nadzir

NIM : 12640024

Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Fisika

Judul Penelitian : Pengaruh Kombinasi Paparan Gelombang Ultrasonik Dan Tekanan Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Salmonella Typhi* Pada Daging Sapi

Meryatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada 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, 10 Desember 2018

Yang Membuat Pernyataan



Moch Barun Nadzir
NIM. 12640024

MOTTO

*Karena Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan,
Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan (Q.S al-Insyirah: 5-6).*

ketika kita berpikir kita bisa maka,
kita pasti bisa!!!!

“Tidak ada masalah yang tidak bisa diselesaikan selama ada komitmen untuk
menyelesaikannya.

Memulai dengan penuh keyakinan
Menjalankan dengan penuh keikhlasan
Menyelesaikan dengan penuh kebahagiaan

Yakin, Ikhlas, dan Istiqomah



HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirrobil'alamin.....

Sembah sujud serta syukur kehadiran Allah SWT atas Rahmat dan karunia yang Engkau berikan, akhirnya karya yang sederhana ini dapat terselesaikan, serta Sholawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Nabi Muhammad SAW.

Karya tulis sederhana ini kupersembahkan untuk kedua orang tuaku, yang selama ini selalu mengiringi setiap langkah penulis dengan doa-doa yang indah dan semangat yang tiada henti dan tidak mungkin dapat penulis balas dengan selembarnya kertas yang bertuliskan kata cinta dan persembahan.

Tak lupa juga untuk teman-teman Fisika angkatan 2012 dan teman-teman lain yang sudah menjadi keluarga keduaku. Semoga persahabatan kita bisa terjalin untuk selamanya.....



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**Pengaruh Kombinasi Paparan Gelombang Ultrasonik Dan Tekanan Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Salmonella Typhi* Pada Daging Sapi**” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Jurusan Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

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

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
4. Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si, selaku dosen pembimbing skripsi, yang telah banyak memberi kritik dan saran yang sangat berguna.
5. Umayyatus Syarifah, M.A selaku Dosen Pembimbing agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi Sains dan Al Quran.

6. Orangtua tercinta serta segenap keluarga yang selalu mendo'akan, dan memberikan motivasi kepada penulis dalam menuntut ilmu.
7. Segenap sivitas akademika Jurusan Fisika, terutama seluruh dosen, terima kasih atas segenap ilmu dan bimbingannya.
8. Teman-teman seperjuanganku, teman-teman Fisika angkatan 2012 dan teman-teman Biophysics. Terima kasih atas doa, kebersamaan, kebahagiaan serta motivasi yang tiada henti.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu segala kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat diharapkan demi kemajuan bersama. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi.

Amin Allahu Rabbul 'Alamiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 18 Desember 2018

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	7
1.4 Manfaat	7
1.5 Batasan Masalah	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Gelombang Ultrasonik	9
2.1.1 Hubungan Energi Dan Intensitas Terhadap Gelombang Ultrasonik....	10
2.1.2 Hubungan Amplitudo Dan Frekuensi Terhadap Intensitas Gelombang Ultrasonik	11
2.1.3 Hubungan Jarak Dan Intensitas Gelombang Ultrasonik	12
2.1.4 Hubungan Gelombang Ultrasonik Dengan Suhu Pada Jaringan	13
2.1.5 Hubungan Gelombang Ultrasonik Dengan Kavitasi Pada Jaringan ...	15
2.2 Daging Sapi	16
2.3 Bakteri Salmonella	19
2.3.1 Morfologi	19
2.3.2 Patogenesis Salmonella	22
2.3.3 Pengaruh Suhu Terhadap Pertumbuhan Bakteri	23
2.3.4 Pengaruh Tekanan Gelombang Ultrasonic Dan Suhu Terhadap Bakteri	25
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Desain Penelitian	28
3.2 Waktu Dan Tempat	28
3.3 Alat Dan Bahan	28
3.3.1 Alat	28
3.3.2 Bahan	28
3.4 Prosedur Penelitian	30
3.4.1 Merangkai Alat Gelombang Ultrasonik	30
3.4.2 Sterilisasi	31
3.4.3 Penyiapan Media Na dan NB	31
3.4.4 Penyiapan Media Pca	31

3.4.5	Penyiapan Bakteri Salmonella Thyphosa	31
3.4.6	Penumbuhan Bakteri salmonella Thyphosa Pada Sampel.....	32
3.4.7	Perlakuan Paparan Gelombang Ultrasonik Dan Tekanan Udara.....	32
3.4.8	Penghitungan Koloni Bakteri	33
3.4.9	Pengukuran Kadar Protein	34
3.4.10	Pengukuran Nilai pH	34
3.5	Teknik Pengumpulan Data.....	34
3.6	Diagram Alir	35
3.7	Teknik Analisa Data.....	38
3.8	Desain Rangkaian	38
BAB IV DATA HASIL DAN PEMBAHASAN		38
4.1	DATA HASIL PENELITIAN	38
4.1.1	Pengaruh Paparan Kombinasi Gelombang Ultrasonik Dan Tekanan terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Salmonella Typhi</i>	39
4.1.2	Pengaruh Gelombang Ultrasonik Terhadap Kadar Protein	44
4.1.3	Pengaruh Kombinasi Gelombang Ultrasonik Dan Tekanan Terhadap pH Daging Sapi	47
4.2	Pembahasan	50
4.2.1	Pengaruh Kombinasi Paparan Gelombang Ultrasonik Dan Tekanan Terhadap Kadar Protein Daging Sapi	52
4.2.2	Pengaruh Kombinasi Paparan Gelombang Ultrasonik Dan Tekanan Terhadap Ph Daging Sapi	54
4.2.3	Makanan Thayyiban Dalam Pandangan Islam	55
5.1	KESIMPULAN	60
5.2	SARAN	61
DAFTAR PUSTAKA		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Daging Sapi Per 100 Gram yang Dapat Dimakan	18
Tabel 3.1	Pengolahan Data Jumlah Bakteri	36
Tabel 3.2	Pengolahan Data Hasil Pengujian Kadar Protei dan pH.....	36
Table 4.1	Data Rata-Rata Presentase Bakteri Salmonella Thypi	40
Table 4.2	Data Kadar Protein Dging Sapi	45
Table 4.3	Data Nilai pH Daging Sapi	48



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bakteri Salmonella	20
Gambar 2.2	Kurva Suhu Optimum Pertumbuhan Bakteri	23
Gambar 2.3	Kurva Pengaruh Suhu Terhadap Pertumbuhan Bakteri	24
Gambar 3.1	Diagram Alir Proses Penelitian	35
Gambar 3.2	Rangkaian Percobaan sebagai perlakuan pada bakteri Salmonella thyphi	30
Gambar 4.1	Grafik Presentase Penurunan Bakteri Terhadap Tekanan	41
Gambar 4.2	Grafik Presentase Penurunan Jumlah Koloni Bakteri Salmonella Thyphi Dengan Variasi Waktu	43
Gambar 4.3	Grafik Kadar Protein Daging Sapi	46
Gambar 4.4	Grafik Nilai pH Daging Sapi	49



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Hasil Koloni Bakteri *salmonella thyphi*
Lampiran 2 Foto Alat Dan Bahan Penelitian



ABSTRAK

Nadzir, Moch Barun. 2018 **Pengaruh Paparan Kombinasi Gelombang Ultrasonik dan Tekanan Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Salmonella thyphi* Pada Daging Sapi**. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing:(I) Drs. M. Tirono, M.Si, (II) Umayyatus Syarifah, M.A

Kata Kunci: Bakteri *salmonella thyphi*, gelombang ultrasonik, tekanan, pH dan protein.

Produk daging sapi merupakan jenis makanan yang beresiko tinggi terhadap kontaminasi bakteri pembusuk seperti *Salmonella thyphi*. Berbagai cara untuk mengawetkan daging, salah satunya memanfaatkan energi gelombang ultrasonik. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh paparan kombinasi gelombang ultrasonik dan tekanan terhadap bakteri *Salmonella thyphi* pada daging sapi beserta kandungan protein dan pH. Frekuensi yang digunakan 40 khz dengan variasi waktu 20, 40, 60 menit, serta variasi tekanan udara 1 atm, 1,5 atm dan 2 atm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa paparan gelombang ultrasonik tanpa tekanan dengan waktu paparan 20 menit jumlah bakteri yang aktif sebesar $6,7 \times 10^8$ CFU/ml dengan persentase penurunan jumlah bakteri sebesar 53,7 %. Sedangkan pada menit 60 jumlah bakteri yang aktif sebesar $5,4 \times 10^8$ CFU/ml dengan persentase penurunan jumlah bakteri sebesar 62,7 %. Variasi tekanan 1 atm, 1,5 atm dan 2 atm persentase penurunan jumlah bakterinya menurun hingga 15,1 %. Penambahan tekanan sedikit efektif menghambat pertumbuhan bakteri *salmonella thyphi* dan mempengaruhi kadar protein serta nilai pH pada daging sapi. Kadar protein berubah berkisar 16,32-16,29 % dan pH berubah berkisar 0-1,4.



ABSTRACT

Nadzir, Moch Barun. 2018. The Influence of Ultrasonic Wave Combination Exposure and the Pressure on *Salmonella Thyphi* Bacterial Growth in Beef. Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim of Malang. Advisor: (I) Drs. M. Tirono, M.Sc, (II) Umaiatus Syarifah, M.A

Keywords: Salmonella thyphi bacteria, ultrasonic waves, pressure, pH and protein.

Beef product is a type of food that has high risk of contamination of decomposing bacteria such as *Salmonella typhi*. One of the ways to preserve meat is utilizing ultrasonic wave energy. The research aims at determining the influence of ultrasonic wave combination exposure and the pressure on *salmonella thyphi* bacterial growth in beef and protein and pH content. The frequency used 40 khz with time variations of 20, 40, 60 minutes, and the variations of air pressure were 1 atm, 1.5 atm and 2 atm. The research results showed that Ultrasonic Wave Exposure without pressure with a exposure time was 20 minutes, the number of active bacteria was 6.7×10^8 CFU / ml with a percentage decrease in the number of bacteria by 53.7%. Whereas the 60th minute, the number of active bacteria was 5.4×10^8 CFU/ml with a percentage of bacterial decrease of 62.7%. Pressure variations of 1 atm, 1.5 atm and 2 atm of decreased percentage of the number of bacteria decreased to 15.1%. Adding the pressure was slightly effective in inhibiting the growth of *salmonella thyphi* bacteria and affecting protein content and pH value in beef. Changing the protein levels ranged from 16.32-16.29% and Changing pH ranged from 0-1.4.



ملخص البحث

النظير، محمد بار. 2018. تأثير تعرض المزيح الموجات فوق الصوتية والضغط على نمو البكتيريا السالمونيلا التيفية *Salmonella thyphi* في لحم البقر. البحث الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. الاشراف: محمد تيرونو، الماجستير، وأمية الشريفة، الماجستير

الكلمات المفتاحية: بكتيريا السالمونيلا التيفية ، الموجات فوق الصوتية ، والضغط ، و درجة الحموضة والبروتين.

منتجة اللحم البقر هي نوع من الطعام التي تمكن أن تسبب على التلوث البكتيريا المتحللة مثل السالمونيلا التيفية. الطريقة المختلفة للحفاظ على اللحوم هي أن تستخدم طاقة الأمواج فوق الصوتية. يهدف هذا البحث إلى تحديد تأثير تعرض المزيح الموجات فوق الصوتية والضغط على نمو البكتيريا السالمونيلا التيفية في لحم البقر ومحتوى البروتين ودرجة الحموضة. التردد المستخدم هو 40 كيلو هرتز مع اختلاف الوقت 20 و 40 و 60 دقائق ، والاختلاف الضغط الهواء هو 1 الجو (atm) ، 1 الجو و 2 الجو. دلت النتائج البحث أن تعرض الموجات فوق الصوتية دون ضغط مع وقت التعرض هو 20 دقائق، عدد البكتيريا النشطة هي 6.7×10^8 وحدة تشكيل المستوطنة (CFU)/مل مع انخفاض في عدد البكتيريا بنسبة 53.7%. وعدد البكتيريا النشطة في دقيقة 60 هي 5.4×10^8 وحدة تشكيل المستوطنة (CFU)/مل مع نسبة انخفاض البكتيريا بنسبة 62.7%. انخفضت اختلافات الضغط من 1 الجو ، 1 الجو و 2 الجو النسبة المئوية الانخفاض عدد البكتيريا إلى 15.1%. إضافة الضغط هي فعالية قليلة في تثبيط نمو بكتيريا السالمونيلا التيفية وتؤثر على محتوى البروتين وقيمة درجة الحموضة في اللحم البقر. ويغير محتوى البروتين حول 16.32-16.29% ويغير درجة الحموضة حول 0-1.4.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan pangan merupakan kebutuhan utama dan mendasar bagi setiap manusia untuk mempertahankan hidup dan kehidupannya. Jumlah penduduk yang terus meningkat, maka kebutuhan pangan semakin meningkat pula. Untuk mengatasi peningkatan kebutuhan pangan, maka selain diperlukan upaya untuk meningkatkan ketersediaan pangan, juga diperlukan peningkatan kualitas pangan. Pemenuhan kebutuhan pangan sangat penting untuk membentuk generasi bangsa yang sehat jasmani dan rohani. Namun, selain pemenuhan dari sisi kuantitas dan kualitasnya, terbentuknya generasi bangsa yang berkualitas juga ditentukan aspek kehalalannya.

Periode ini tuntutan masyarakat akan produk pangan yang aman dan tetap memiliki kesegaran semakin meningkat. Daging merupakan salah satu bahan pangan yang mengandung segala kebutuhan protein bagi manusia, salah satunya yaitu daging sapi. Daging sapi adalah bahan pangan yang tersusun oleh zat-zat makanan dengan proporsi seimbang. Penyusun utamanya adalah air, protein, lemak, karbohidrat, mineral dan vitamin-vitamin. Banyak pula jenis bahan makanan olahan yang dapat dibuat dari daging sapi olahan, di antaranya adalah baso dan sosis. Namun, dalam hal ini daging merupakan media yang ideal bagi pertumbuhan mikroba dan mudah sekali mengalami kerusakan mikrobiologis.

Kerusakan yang menyebabkan penurunan mutu daging segar, terutama disebabkan oleh mikroorganisme. Suatu produk pangan hewani aman dikonsumsi

jika tidak mengandung mikroba patogen, yaitu mikroba yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia yang mengonsumsinya. Kontaminasi mikroba patogen pada pangan hewani seperti daging sapi merupakan masalah kesehatan yang perlu diperhatikan. Salah satu bakteri patogen yang dapat mengontaminasi daging sapi adalah *Salmonella* sp. *Salmonella* sp. merupakan bakteri yang paling umum menyebabkan *foodborne disease* di negara berkembang dengan gejala diare, sakit perut, muntah dan demam. Penyakit yang disebabkan oleh *Salmonella* sp. disebut salmonellosis.

Mengingat pentingnya kebutuhan gizi makanan olahan yang terbuat dari bahan dasar daging dan dikonsumsi oleh masyarakat di berbagai negara, termasuk Indonesia maka pemerintah perlu menerapkan langkah-langkah untuk memenuhi kebutuhan daging sebagai sumber gizi di Indonesia. Namun yang menjadi masalah mendunia yaitu terjangkitnya penyakit thiposa yang telah banyak menelan korban jiwa.

Tahun 2003 Menurut data *World Health Organization* (WHO), terdapat 17 juta kasus demam tipoid di seluruh dunia dengan angka kematian mencapai 600.000 kasus. Di negara berkembang, kasus demam tipoid dilaporkan 95% adalah rawat jalan. Di Indonesia terdapat 900.000 kasus dengan angka kematian sekitar 20.000 kasus. Menurut data Hasil Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) tahun 2007, demam tipoid menyebabkan 1,6% kematian penduduk Indonesia untuk semua umur (Profil Kesehatan Indonesia 2008. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia; 2009).

Kemudian di Indonesia, khususnya Sulawesi Selatan demam tipoid merupakan salah satu dari penyakit infeksi terpenting. Penyakit ini endemik di seluruh daerah di provinsi ini dan merupakan penyakit infeksi terbanyak keempat yang dilaporkan dari seluruh provinsi yaitu 24 kabupaten. Data yang diperoleh dari RSUP Dr.Wahidin Sudirohusodo Makassar menyebutkan bahwa kasus penderita demam tipoid pada tahun 2009 mencapai 246 kasus, pada tahun 2010 jumlah kasus penderita demam tipoid adalah 197 kasus, dan untuk tahun 2011 jumlah kasus penderita demam tipoid sebanyak 101 kasus, angka ini menunjukkan bahwa kasus penderita demam tipoid kadang meningkat dan kadang menurun (Qoriadawiyah, 2011).

Al-Qur'an secara tersirat Allah SWT telah mengingatkan kita agar selalu memperhatikan makanan. Firman Allah SWT dalam Q.S An Nahl (16): 114.

فَكُلُوا مِمَّا رَزَقَكُمُ اللَّهُ حَلَالًا طَيِّبًا وَاشْكُرُوا نِعْمَتَ اللَّهِ إِنَّ كُنتُمْ إِيَّاهُ تَعْبُدُونَ

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

Indikasi dari surat an-Nahl di atas menjelaskan bahwa manusia diperintahkan untuk makan makanan yang halal dan juga baik. Indikasi ini berasal dari kata **حَلَالًا**, yang berarti halal sesuai kaidah syar'iyah (ukhrawi) dan **طَيِّبًا** yang memiliki makna baik sesuai kaidah kesehatan (duniawi). Ternyata makanan halal saja tidak cukup, namun juga perlu thayyiban. Istilah thayyiban artinya makanan yang baik, yaitu yang mengandung nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh dan tidak menimbulkan efek yang berbahaya bagi kesehatan seperti adanya bakteri

berbahaya dalam makanan. Kepedulian Allah swt sangat besar terhadap soal makanan dan aktifitas makan untuk makhluknya. Dalam hal ini perlu diupayakan agar makanan tetap halal dan baik melalui sanitasi yang benar (Chandra, 2006). Sanitasi ini dilakukan sebagai upaya pencegahan terhadap kemungkinan bertumbuhnya dan berkembang biaknya jasad renik pembusuk dan patogen dalam makanan yang dapat merusak makanan yang membahayakan kesehatan manusia (Oginawati, 2008).

Pada umumnya penanganan bahan makanan yang sudah umum dilakukan saat ini salah satunya dengan proses pendinginan menggunakan refrigerator. Namun, hal yang sering terabaikan dalam proses pengolahan pangan ialah terdegradasinya kandungan gizi pada bahan pangan. Penggunaan suhu rendah dalam pengawetan pangan tidak dapat membunuh bakteri, sehingga jika bahan pangan beku misalnya di dikeluarkan dari penyimpanan dan di biarkan mencair kembali, maka pertumbuhan bakteri pembusuk akan berjalan cepat kembali. Pendinginan dan pembekuan masing-masing juga berbeda pengaruhnya terhadap rasa, tekstur, nilai gizi, dan sifat-sifat lainnya. Beberapa bahan pangan menjadi rusak pada suhu penyimpanan yang terlalu rendah. Namun demikian, penggunaan panas dalam proses pemanasan bahan pangan juga sangat berpengaruh pada bahan pangan. Beberapa jenis bahan pangan seperti halnya susu dan daging, sangat peka terhadap suhu tinggi karena dapat merusak warna maupun rasanya.

Beberapa tahun lalu gelombang ultrasonik telah banyak digunakan dan diaplikasikan pada jenis produk pangan untuk mempertahankan kesegaran produk melalui inaktivasi mikroba, namun aplikasinya pada produk perikanan. Dalam

hal ini gelombang ultrasonik akan diuji pada daging sapi. Penelitian bertujuan untuk menganalisa pengaruh gelombang ultrasonik terhadap parameter kesegarannya. Teknologi pangan saat ini telah berkembang pesat. Beberapa inovasi yang dilakukan bertujuan untuk mempertahankan kualitas produk yang akan dipasarkan untuk memenuhi permintaan konsumen. Industri pangan salah satunya pada daging olahan, dalam hal ini membutuhkan teknologi yang mudah dan efisien untuk diaplikasikan dalam penggunaannya pada jenis-jenis produk unggulan, misalnya pada daging sapi. Sifat dari daging sapi yang mudah mengalami kemunduran mutu, membutuhkan teknologi alternatif yang dapat membantu mempertahankan kesegaran dan kualitasnya. Teknologi alternatif yang mudah dan efisien untuk mempertahankan kesegaran dan kualitas daging sapi adalah menggunakan gelombang ultrasonik.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Mansyur dkk (2010), yakni inaktivasi bakteri menggunakan gelombang ultrasonik pada minuman yang menggunakan paparan gelombang ultrasonik untuk menginaktivasi bakteri E. Coli. Gelombang ultrasonik dihasilkan oleh generator yang berdaya 0,42 watt, frekuensi optimum yang dapat membunuh bakteri e coli adalah 1,05 Hz, dosis paparan gelombang ultrasonik yang dapat membunuh bakteri e coli sebesar 100% adalah $6,286 \times 10^{-3}$ kwh/liter dalam waktu 15,70 menit (Mansyur, 2010).

Mansyur dkk (2010) juga melakukan penelitian terhadap optimasi frekuensi paparan gelombang ultrasonik untuk membunuh bakteri E. Coli dengan fokus dalam menemukan frekuensi gelombang ultrasonik optimal yang dapat menyebabkan tingkat kematian maksimum bakteri E. Coli. Hasil penelitian yang

dilakukan dengan gelombang ultrasonik yang berdaya 0,42 watt dan frekuensi 1,05 Mhz secara optimum yang dapat membunuh bakteri E. Coli sebesar 40%, Dalam hal ini gelombang ultrasonik efektif dalam peninaktivasian bakteri pada minuman. Kemudian gelombang ultrasonik mempunyai hubungan yang signifikan dengan persen kematian bakteri E. Coli. Dalam penelitian tersebut kematian bakteri E. Coli ini tidak besar karena percobaan dilakukan dengan menggunakan function generator dengan maksimum daya alat sebesar 0,42 watt yang relatif kecil.

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

Penelitian tentang gelombang ultrasonik juga dilakukan oleh suwandi pada tahun 2015 yaitu dengan menggunakan metode gelombang ultrasonik yaitu dengan memeberi paparan gelombang ultrasonik untuk menonaktifkan bakteri. Frekuensi sonikasi yang digunakan adalah 20 kHz dan durasi sonikasi adalah 6, 9, dan 12 menit. Hasil perlakuan dengan aplikasi gelombang ultrasonik tersebut berpengaruh terhadap nilai pH dan TPC pada *fillet* ikan. Hasil pengujian nilai TPC menunjukkan bahwa sampel dengan durasi sonikasi selama 9 menit ($5,2 \times 10^4$ koloni/g) memiliki jumlah mikroba lebih rendah dibandingkan sampel tanpa

sonikasi ($9,2 \times 10^4$ koloni/g). Kemudian sampel yang disonikasi dengan gelombang ultrasonik mampu menjaga *fillet* ikan tetap segar. Namun dalam penelitian ini pengukuran kadar protein belum dilakukan. Pengukuran kadar protein juga perlu dilakukan, karena kadar protein penentu kualitas daging yang baik atau tidak untuk dikonsumsi.

Berdasarkan penjelasan dan latar belakang di atas bahwasanya akan dilakukan penelitian mengenai “Pengaruh Paparan Kombinasi Gelombang Ultrasonik dan Tekanan Udara Terhadap Pertumbuhan Bakteri *salmonella typhi* Pada Daging Sapi.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh paparan kombinasi gelombang ultrasonik dan tekanan terhadap bakteri salmonella pada daging sapi?
2. Bagaimana pengaruh paparan kombinasi gelombang ultrasonik dan tekanan terhadap kadar protein dan pH pada daging sapi?

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui pengaruh paparan kombinasi gelombang ultrasonik dan tekanan terhadap bakteri salmonella pada daging sapi.
2. Untuk mengetahui pengaruh paparan kombinasi gelombang ultrasonik dan tekanan terhadap kadar protein dan pH pada daging sapi.

1.4 Manfaat

1. Memberikan informasi terkait proses sterilisasi bakteri dengan menggunakan kombinasi gelombang ultrasonik dan tekanan.

2. Dapat menjadi alternatif dalam pengurangan dampak negatif atau pencegahan keracunan pada tubuh manusia akibat dari bakteri *salmonella typhi* pada daging sapi.
3. Memberikan pelayanan masyarakat dalam mempermudah proses pemasaran atau pengiriman daging sapi yang akan dipasarkan oleh produsen ataupun lainnya.

1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian ini menggunakan salah satu bakteri yang tumbuh pada daging yakni bakteri *salmonella typhi*.
2. Pengujian yang dilakukan adalah menghitung jumlah koloni bakteri, kadar protein dan nilai pH daging.
3. Sumber gelombang untrasonik menggunakan sensor pink 40 kHz.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang mekanik longitudinal dengan frekuensi di atas 20 kHz. Gelombang ini dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas, hal disebabkan karena gelombang ultrasonik merupakan rambatan energi dan momentum mekanik sehingga merambat sebagai interaksi dengan molekul dan sifat enersia medium yang dilaluinya (Bueche, 1986).

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, 1992).

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/destruktif, dan pengobatan (Cameron and Skofronick, 1978).

2.1.1 Hubungan Energi dan Intensitas Terhadap Gelombang Ultrasonik

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

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

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 m²/s atau watt/m² (Cameron and Skofronick, 1978). Untuk sebuah permukaan, intensitas gelombang ultrasonik (I) diberikan dalam bentuk persamaan :

$$I = 1/2 \rho V A^2 (2\pi f)^2 = 1/2 Z (A)^2 \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan: ρ = massa jenis medium/jaringan (Kg/m³)

f = frekuensi (Hz)

v = kecepatan gelombang ultrasonik (m/s²)

V = volume (m³)

A = amplitudo maksimum (m)

$Z = \rho v$ = impedansi Akustik (kg/m².s)

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

2.1.2 Hubungan Amplitudo Dan Frekuensi Terhadap Intensitas Gelombang Ultrasonik

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 :

$$E = 1/2 k A^2 \dots \dots \dots (2.3)$$

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 :

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

Jika: $m = \rho V = \rho S l = \rho S v t =$ massa (kg)
 $V =$ volume = luas . tebal = $S l$ (m^3)
 $S =$ luas permukaan penampang lintang yang dilalui gelombang (m^2)
 $l = v t =$ jarak yang ditempuh gelombang dalam waktu t (m)
 $v =$ laju gelombang (m/s)
 $t =$ waktu (s)

Jadi:

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

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

$$P = \frac{E}{t} = 2 \pi^2 \rho S V t A^2 \dots\dots\dots(2.6)$$

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

$$P = \frac{E}{t} = 2 \pi^2 \rho S V t A^2 \dots\dots\dots(2.7)$$

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

2.1.3 Hubungan Jarak Dengan Intensitas Gelombang Ultrasonik

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 :

$$I = \frac{\text{DAYA}}{\text{LUAS}} = \frac{P}{4\pi r^2} \dots\dots\dots(2.8)$$

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

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

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 :

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{r_1^2}{r_2^2} \dots\dots\dots(2.10)$$

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 :

$$A = \frac{I}{r} \dots\dots\dots(2.11)$$

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

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

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

2.1.4 Hubungan Gelombang Ultrasonik Dengan Suhu Pada Jaringan

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

$$I = \frac{R}{A_0} = 1/2 \rho V A^2 (2 \pi f)^2 \dots \dots \dots (2.13)$$

Jika intensitas gelombang ultrasonik tersebut mengenai suatu permukaan jaringan akan terjadi perpindahan energi kalor yang menyebabkan pada jaringan timbul efek termal. Besarnya energi kalor yang diterima jaringan akibat intensitas gelombang ultrasonik adalah:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\kappa \cdot T_1 - T_2}{T} = \frac{\kappa \Delta T}{l} \dots \dots \dots (2.14)$$

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

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

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

maka diperoleh besar ΔT adalah :

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

Dengan: ΔT = perubahan/kenaikan suhu ($^{\circ}$ C)
 ρ = massa jenis medium/jaringan (kg/m^3)
 f = frekuensi (Hz)
 v = kecepatan gelombang ultrasonik di udara (m/s)
 A = amplitudo maksimum (m)
 V = volume (m^3)
 $W = 2\pi f$ = frekuensi sudut (rad/s)
 κ = konduktivitas termal jaringan ($\text{J/s.m.}^{\circ}\text{C}$)
 $l = x$ = tebal jaringan (m)

Kenaikan suhu pada jaringan akibat energi kalor yang diterima jaringan juga dipengaruhi koefisien absorpsi yang dinyatakan dengan besarnya intensitas gelombang ultrasonik yang menetap pada jaringan yang dinyatakan pada persamaan 2.16.

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

$$\Pi = \frac{F l}{v S} \dots \dots \dots (2.16)$$

Dengan: F = gaya tumbukan antara molekul (N)
 S = luas permukaan jaringan (m^2)
 v = kecepatan partikel didalam jaringan (m/s)
 l = jarak tumbukan antara molekul di dalam jaringan (m)
 Π = koefisien viskositas (N.s/m^2)

Dari persamaan 2.16, 2.19 dan 2.20 menyatakan bahwa efek termal terjadi karena adanya perubahan suhu yang dipengaruhi oleh massa jenis, impedansi jaringan, frekuensi gelombang ultrasonik dan tergantung kepada konduktivitas jaringan, koefisien absorpsi jaringan serta viskositas jaringan.

2.1.5 Hubungan Gelombang Ultrasonik Dengan Kavitasasi Pada Jaringan

Gelombang ultrasonik yang merambat ke dalam jaringan/zat cair akan mengalami efek kavitasasi. Efek kavitasasi terjadi karena tekanan lokal pada gelombang ultrasonik menurun sampai harga yang cukup rendah. Besar tekanan gelombang ultrasonik tersebut dinyatakan :

$$p = P - P_o \dots\dots\dots(2. 17)$$

Dengan:

p = tekanan gelombang ultrasonik (N/m²)

P = tekanan lokal/total sesaat (N/m²)

P_o = tekanan lokal rata-rata/ keseimbangan (N/m²)

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

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

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

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

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

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

v = kecepatan gelombang ultrasonik(m/s)

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

2.2 Daging Sapi

Daging adalah sekumpulan sejumlah otot yang melekat pada tulang atau kerangkanya. Biasanya daging berasal dari hewan ternak yang sudah disembelih, istilah daging berbeda dengan karkas, daging adalah bagian yang tidak mengandung tulang sedangkan karkas adalah daging-daging yang belum dipisahkan dari tulang kerangka. Daging sapi merupakan salah satu sumber bahan pangan protein hewani, mengandung unsur gizi yang cukup tinggi berupa protein dan energi.

Daging sebagai sumber protein hewani memiliki nilai hayati (*biological value*) yang tinggi, mengandung 19 % protein, 5% lemak, 70% air, 3,5 % zat-zat non protein dan 2,5% mineral dan bahan-bahan lainnya (Forrest dkk.,1992). Komposisi daging menurut Lawrie (1991) terdiri atas 75% air, 18% protein, 3,5 % lemak dan 3,5% zat-zat non protein, 9 % lemak dan 1% abu. Jumlah ini akan berubah bila hewan digemukan yang akan menurunkan presentasi air dan protein serta meningkatkan presentase lemak (Romans et al. 1994).

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

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

Komposisi 100 gram daging sapi dan jumlah kandungan didalamnya akan dijelaskan dalam Tabel. 2.1

Tabel 2.1 Komposisi daging sapi per 100 gram bahan yang dapat dimakan (Departemen Kesehatan RI, 2009).

Komposisi	Kandungan
Kalori (Kal)	207
Protein(gram)	18,8
Air (gram)	66
Lemak (gram)	14,0
Kalsium (mg/gram)	11,0
Fosfor (mg/gram)	170
Besi (mg/gram)	3,0
Vitamin A (µg/gram)	30
Vitamin B (µg/gram)	0,08

Untuk menjaga kandungan yang terdapat pada daging sapi maka sering dilakukan beberapa langkah pengawetan yang diantaranya dengan pengeringan (*dehydration, drying*), pengasapan (*smoking*), penggaraman (*salting*), pengalengan (*canning*), pendinginan (*refrigeration*) dan pembekuan (*freezing*) (Hafriyanti dkk, 2008). Penurunan kualitas daging diindikasikan melalui perubahan warna, rasa, aroma bahkan pembusukan. Sebagian besar kerusakan daging disebabkan oleh penanganan yang kurang baik sehingga memberikan peluang hidup bagi pertumbuhan dan perkembangan mikroba perusak yang berdampak pada menurunnya daya simpan dan nilai gizi daging.

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

2.3 Bakteri Salmonella

Bakteri *Salmonella* pertama kali ditemukan tahun 1885 pada tubuh babi oleh Theobald Smith (yang terkenal akan hasilnya pada anafilaksis), namun *Salmonella* dinamai dari Daniel Edward Salmon, ahli patologi Amerika (Ryan KJ dan Ray CG, 2004).

Taksonomi dari *salmonella sp* adalah sebagai berikut (Ryan KJ dan Ray CG, 2004):

Kerajaan	: Bacteria
Filum	: Proteobakteria
Kelas	: Gamma Proteobakteria
Ordo	: Enterobakteriales
Famili	: Enterobakteriaceae
Genus	: <i>Salmonella</i>
Spesies	: <i>S. enterica</i> dan <i>S. Bongori</i>

2.3.1 Morfologi

Salmonella sp. merupakan bakteri batang lurus, Gram negatif, tidak berspora, dan bergerak dengan flagel peritrik kecuali *Salmonella pullorum* dan *Salmonella gallinarum* (Jawet'z, dkk, 2005). Bakteri ini bersifat fakultatif anaerob yang dapat tumbuh pada suhu dengan kisaran 5–45°C dengan suhu optimum 35–37°C dan akan mati pada pH di bawah 4,1. *Salmonella* tidak tahan terhadap kadar garam tinggi dan akan mati jika berada pada media dengan kadar garam di atas 9%. *Salmonella* berbentuk bacillus dan berupa rantai filamen panjang ketika berada pada suhu ekstrim yaitu 4-8°C atau pada suhu 45°C dengan kondisi pH 4.4

atau 9.4. Panjang rata-rata *Salmonella* 2-5 μm dengan lebar 0.8 – 1.5 μm (Jawet dkk., 2005). Ciri-ciri lainnya yaitu berkembang biak dengan cara membelah diri, mudah tumbuh pada medium sederhana, resisten terhadap bahan kimia tertentu (misal, brilian hijau, natrium tetrasyonat, natrium deoksikolat) yang menghambat bakteri enterik lain, oleh karena itu senyawa-senyawa tersebut berguna untuk inokulasi isolat *Salmonella* dari feses pada medium, serta struktur sel bakteri *Salmonella* terdiri dari inti (nukleus), sitoplasma, dan dinding sel. Karena dinding sel bakteri ini bersifat Gram negatif, maka memiliki struktur kimia yang berbeda dengan bakteri Gram positif (Pratiwi, 2011).



Gambar 2.1 Bakteri *Salmonella* (Pratiwi, 2011).

Terdapat lebih dari 2500 serotipe *Salmonella* yang dapat menginfeksi manusia. Namun serotipe yang sering menjadi penyebab utama infeksi pada manusia adalah sebagai berikut yaitu *Salmonellaparatyphi A* (serogroup A), *Salmonellaparatyphi B* (serogroup B), *Salmonellacholerasius* (serogroup C1) dan *Salmonellatyphi* (serogroup D) (Levinson, 2008).

(Brooks, 2004) Pada penelitian terdahulu, telah dilaporkan bahwa *S.typhi* memiliki protein adhesi dari membrana protein luar (OMP) dengan berat molekul 36kD dan diberi nama AdhO36. Namun pada penelitian berikutnya, ternyata diketahui bahwa AdhO36 ini dapat meningkatkan respon imun humoral baik di

mucosal maupun pada sistemik sehingga diketahui pada protein AdhO36 ini bersifat imunogenik. (Aslam, 2010) *salmonella pathogenecity islands* (SPIs) 1 dan 2 adalah dua faktor penentu virulensi utama *S.enterica*. SPIs ini mengkodekan sistem tipe sekresi 3 (T3SS) yang bentuknya mirip alat suntik (*syringe*) organel pada permukaan bakteri gram negatif dan memungkinkan injeksi protein efektor langsung ke dalam sel eukariotik. Efektor ini akan memanipulasi fungsi seluler dari host yang terinfeksi dan memfasilitasi infeksi. SPI1 berperan dalam mempromosikan invasi non-fagositik sel epitel usus dan inisiasi respon inflamasi di usus. Peran SPI2 pula adalah kemampuannya untuk mempromosikan kelangsungan hidup Salmonella membagi di sel fagosit yang merupakan reservoir utama untuk penyebaran bakteri ke organ-organ sistemik (Dieye, 2009).

Spesies Salmonella dapat dibagi kepada dua yakni spesies *typhoidal* dan *non typhoidal*. Bagi kelompok *typhoidal* bisa menyebabkan demam tifoid dan untuk spesies *non thypoidal* bisa menyebabkan diare atau disebut enterokolitidan juga infeksi metastase seperti osteomiелitis. Spesies *typhoidal* adalah bakteri *S.typhi* dan *S.paratyphi* dan bakteri *S.enteriditis* adalah spesies *non-typhoidal*. Bakteri *S.choleraesuis* adalah spesies yang tersering menyebabkan infeksi metastase (Levinson, 2008).

Organisme ini bisa kehilangan antigen H dan menjadi tidak motil. Hilangnya antigen O dapat menimbulkan perubahan pada bentuk koloni yang halus menjadi kasar. Antigen Vi juga dapat hilang sebagian atau seluruhnya. Antigen ini dapat diperoleh atau hilang pada saat proses transduksi (Brooks, 2004)

2.3.2 Patogenesis Salmonella

Organisme ini hampir selalu masuk melalui rute oral biasanya bersamaan makanan dan minuman yang terkontaminasi. Setelah itu, organisme itu akan menuju ke bagian lambung dan akan menempel pada sel M (*microfold*) di bagian peyer patches juga di bagian enterosit. Bakteri tersebut akan menetap dan bereplikasi di vakuola endosit (Murray, 2009).

Seterusnya bakteri ini diangkut dalam *phagosomes* ke lamina propria untuk dilepaskan. Sesampainya di sana, Salmonella akan menyebabkan masuknya makrofag "*strainnon typhoidal*" atau netrofil "*straintyphoidal*" (Brooks, 2004)

Antigen Vi dalam *S.typhi* penting dalam mencegah opsonisasi mediasi-antibodi dan komplemen-mediasi lisis. Induksi pelepasan sitokin dan migrasi sel *mononuclear*, organisme *salmonella typhi* akan menyebar melalui sistem retikuoendotelial terutama ke hati, limpa dan sum tulang. Dalam waktu 14 hari, bakteri akan muncul dalam darah, memfasilitasi sekunder metastase foci (misalnya abses limpa). Infeksi Salmonella non-typhoidal umumnya mempresipitasi respon local, sedangkan *Salmonella typhi* dan bakteri yang virulen akan menyerang dengan lebih dalam melalui limfatik dan kapiler dan akan menyebabkan respon imun utama (Klotchko, 2011).

Tingkat keparahan penyakit pada individu dengan Salmonellosis tidak hanya ditentukan oleh faktor-faktor virulen tetapi juga sifat dari sel hostnya. Dalam suatu penelitian terbaru, dilaporkan faktor risiko yang paling umum ditemukan adalah pengguna kortikosteroid, keganasan, diabetes, infeksi HIV,

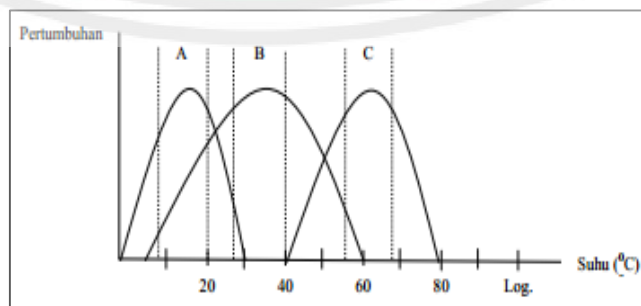
pengambilan terapi antimikroba sebelumnya dan juga terpai immunosupresif. (Klotchko, 2011).

2.3.3 Pengaruh Suhu Terhadap Pertumbuhan Bakteri

Menurut Gaman dan Sherrington (1994), tiap-tiap mikroorganisme memiliki suhu pertumbuhan maksimum, minimum dan optimum. Suhu maksimum yaitu suhu tertinggi, di atas suhu tersebut mikroba tidak dapat tumbuh. Suhu minimum yaitu suhu terendah, di bawah suhu tersebut mikroba tidak dapat tumbuh. Suhu optimum yaitu suhu di mana mikroba tumbuh sangat baik. Ini berarti suhu memberikan kesempatan pertumbuhan yang sangat cepat dan menghasilkan jumlah sel yang maksimal (Muchtadi dan Betty, 1980).

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

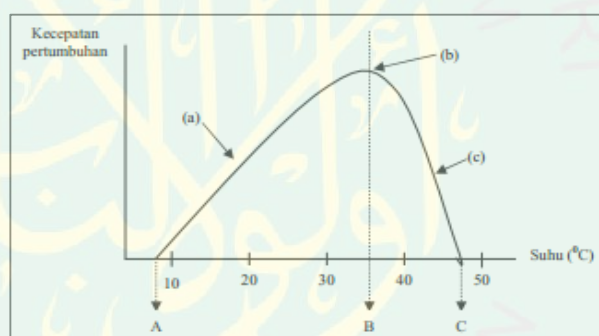
1. Bakteri termofil, yang memerlukan suhu tinggi untuk dapat tumbuh dengan baik. Suhu optimumnya di atas 50 °C,
2. Bakteri mesofil, yang mempunyai suhu optimum antara 20 – 45 °C,
3. Bakteri psikhrofil, yang tumbuh pada suhu rendah yaitu antara 5 – 10 °C, tetapi sebenarnya mempunyai suhu optimum di atas 20 °C.



Gambar 2.2 Kurva suhu optimum pertumbuhan bakteri (Muchtadi dan Betty, 1980)

Keterangan: A. Psikhrofil
 B. Mesofil
 C. Termofil

Peranan suhu terhadap pertumbuhan mikroba sebenarnya merupakan petunjuk adanya pengaruh suhu terhadap enzim di dalam sel mikroba (Muchtadi dan Betty, 1980). Menurut Garbutt (1997), rentang suhu optimum ditentukan oleh pengaruh suhu terhadap membran sel dan enzim, untuk organisme tertentu, pertumbuhan dibatasi oleh suhu dimana enzim dan membran sel dapat berfungsi. Hubungan antara pertumbuhan dan suhu untuk berbagai organisme dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.3 Kurva pengaruh suhu terhadap pertumbuhan bakteri (Garbutt, 1997).

Keterangan:

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

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

C = suhu maksimum, di atas suhu ini mikroorganisme tidak tumbuh.

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

Menurut Garbutt (1997), suhu memiliki pengaruh yang sangat penting terhadap fase adaptasi pertumbuhan mikroorganisme. Ketika suhu mendekati suhu

minimum, tidak hanya mengurangi kecepatan pertumbuhan tetapi juga memperpanjang fase adaptasi. Hal ini sangat penting dalam proses penyimpanan makanan pada suhu dingin. Jika makanan disimpan di bawah suhu minimum, maka sel-sel mikroorganisme akan tumbuh lambat. Dan jika makanan disimpan di atas suhu maksimum, maka sel-sel mikroorganisme akan mati dengan cepat (Ray, 2001).

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

2.3.4 Pengaruh Tekanan Gelombang Ultrasonik dan Suhu Terhadap Bakteri

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 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 larutan inti sel. Selanjutnya sel tersebut terpecah menjadi pigmen-pigmen kecil dan mengalami fagositosis (Clark, 2009).

Kemudian kerusakan yang ditimbulkan gelombang ultrasonik adalah karena ultrasonik menimbulkan kavitasi untuk memecah sel-sel biologis dan membersihkan peralatan laboratorium. Perobekan sel digunakan untuk mendapatkan suspensi partikel-partikel sub sel, untuk mengekstrak enzim, dan untuk mengkaji sifat-sifat mekanis sel-sel tunggal. Kavitasi sukar diperagakan dalam jaringan dan organ tubuh.

Perobekan yang terjadi ada beberapa faktor penyebabnya, yaitu interaksi antara gelombang ultrasonik dengan bakteri, kemudian akan menyebabkan osilasi pada cairan disekitar membran sel yang akan menyebabkan terjadinya gelembung gas pada cairan sekitar sel. Kemudian 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. Kecepatan dari tegangan geser

lokal yang terjadi juga menyebabkan perobekan mekanis dari dinding sel bakteri (Ackerman, 1988).



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen laboratorik, karena data yang diperlukan bersifat data yang diambil langsung dari objek penelitian. Dalam penelitian ini sampel yang digunakan adalah daging sapi yang telah ditumbuhi bakteri *Salmonella Thyphi* yang diberi paparan gelombang ultrasonic dan dengan penambahan tekanan udara. Untuk prosedur penelitian lebih jelasnya dapat dilihat pada table dan diagram alir (3.1) dan berikut penjelasan alat dan bahan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Termodinamika Jurusan Fisika dan Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, sedangkan waktu penelitian di mulai pada bulan November 2017.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat

1. Power Suplly
2. Sensor ultrasonik 40 kHz
3. Erlenmeyer 250 ml
4. Tabung reaksi
5. Rak tabung reaksi

6. LAF (Laminar Air Flow)
7. Bunsen
8. Kapas
9. Tisu
10. Botol Media
11. Autoklaf
12. Cawan petri
13. Alat Destruk
14. Elpiji
15. Pengaduk kaca
16. Inkubator
17. Plastik wrap
18. Gelas ukur 50 ml
19. Spertus
20. Korek api
21. Botol semprot
22. Beaker glas 500 ml
23. Plastik bungkus
24. Lup Meter
25. Sensor Suhu
26. Micropipet
27. Jarum oose
28. Botol flakon berukuran 20 ml

29. Timbangan analitik

30. Coloni counter

31. Hot plate

32. Stopwatch

33. Pinset

34. Blue tip

35. Water bath

36. Spatula

37. Hand konter

38. Aluminium foil

3.3.2 Bahan

1. Bakteri *salmonella thypi*
2. Media NA (Nutrien Agar)
3. Media PCA (Plate Count Agar)
4. Daging sapi sebagai sample
5. Aquades 0.7
6. Alkohol 70 %

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Merangkai alat gelombang ultrasonik

1. Disiapkan toples sebagai ruang isolasi, selang tensimeter sensor ultrasonik, arduino, laptop, sensor tekan dan kabel penghubung.
2. Dihubungkan selang tensimeter pada toples.
3. Dihubungkan sensor ultrasonik dan sensor tekan pada arduino

4. Rangkaian dihubungkan dengan laptop dan diatur sesuai prosedur
5. Proses pemaparan dilakukan di dalam ruang isolasi

3.4.2 Sterilisasi

Sterilisasi alat dilakukan sebelum semua peralatan digunakan, yaitu dengan cara membungkus semua peralatan dengan menggunakan kertas alumunium foil kemudian dimasukkan ke dalam autoklaf pada suhu 121° C dengan tekanan 15 psi (per square inci) selama 15 menit. Untuk alat yang tidak tahan panas tinggi disterilisasi dengan zat kimia berupa alkohol 70 %.

3.4.3 Penyiapan Media NA dan NB

Langkah-langkah untuk membuat media NA antara lain:

1. Media NA dan NB ditimbang sebanyak 5 gram.
2. Media NA dan NB yang sudah ditimbang kemudian ditambahkan aquades sebanyak 250 ml dan dipanaskan di atas hot plate sampai homogen.
3. Media NA dan NB yang sudah homogen dimasukkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 5 ml dan sisanya dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer kemudian ditutup dengan kapas.
4. Media NA dan NB disterilisasi dalam autoklaf.
5. Media NA dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian dimiringkan dan NB dimasukkan kedalam beaker glass 250 ml.

3.4.4 Penyiapan Media PCA (Plate Count Agar)

Langkah-langkah untuk membuat media PCA antara lain:

1. Media PCA ditimbang sebanyak 3 gram.

2. Media PCA yang sudah ditimbang kemudian ditambahkan aquades sebanyak 150 ml ke dalam Erlenmeyer dan dipanaskan di atas hot plate sampai homogen.
3. Media PCA disterilisasi dalam autoklaf.

3.4.5 Penyiapan Bakteri *Salmonella Thyposa*.

Adapun langkah-langkah penumbuhan bakteri *Salmonella Thyphi*:

1. Bakteri secara aseptik diinokulasikan dengan jarum inokulasi lurus pada permukaan medium miring dengan arah lurus dari bawah ke atas.
2. Biakan dan diinkubasi dalam inkubator pada suhu 37° C selama 24 jam.

3.4.6 Penumbuhan Bakteri *Salmonella Thyposa* Pada Sample

1. Diambil 1 ml bakteri pada medium NB.
2. Ditanamkan bakteri dipermukaan daging sapi.
3. Biakan bakteri pada daging diinkubasi dalam incubator pada suhu 37° C selama 24 jam.

3.4.7 Perlakuan Paparan Gelombang Ultrasonik Dan Tekanana Udara

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Daging sapi yang telah dipotong diletakkan dalam wadah.
3. Bakteri yang telah tumbuh pada daging sapi kemudian dipapari gelombang dengan frekuensi konstan 40 khz dan tekanan udara sebesar 1: 1,5: 2(kpa).
4. Perlakuan pemaparan diulangi sebanyak 3 kali pada sampel yang berbeda tekanan dan waktu yang sama.

3.4.8 Penghitungan Koloni Bakteri

1. Daging sapi yang telah diberi perlakuan berupa paparan gelombang dan tekanan udara dimasukkan ke dalam 10 ml NaCl 0,9% pada botol flakon.
2. Botol flakon divorteks selama 1 menit untuk melepas bakteri dari sampel daging.
3. Suspensi dari botol flakon yang sudah diberi perlakuan berupa arus listrik dan suhu kemudian dimasukkan ke dalam botol flakon steril yang berisi 9 ml aquades sebanyak 1 ml dan diberi tanda 10^{-1}
4. Suspensi 10^{-1} yang sudah dihomogenkan kemudian dimasukkan ke dalam botol flakon steril yang berisi 9 ml aquades sebagai pengenceran kedua dan diberi tanda 10^{-2} .
5. Suspensi 10^{-2} yang sudah dihomogenkan kemudian dimasukkan ke dalam botol flakon steril yang berisi 9 ml aquades sebagai pengenceran ketiga dan diberi tanda 10^{-3} .
6. Suspensi 10^{-3} yang sudah dihomogenkan kemudian dimasukkan ke dalam botol flakon steril yang berisi 9 ml aquades sebagai pengenceran keempat dan diberi tanda 10^{-4} .
7. Pengenceran dilakukan sampai pengenceran ketujuh. Suspensi pada pengenceran 10^{-7} sebanyak 1 ml dituangkan ke dalam
8. cawan petri steril kemudian dituangkan media PCA (Plate Count Agar) cair kira-kira sebanyak 15 ml. Setelah itu dihomogenkan.
9. Semua proses di atas dilakukan secara aseptis yaitu di dekat api bunsen.

10. Media PCA kemudian dimasukkan ke dalam inkubator dengan posisi terbalik (bagian tutup berada di bawah) setelah media tersebut membeku. Media PCA diinkubasi selama 24 jam.
11. Koloni dari bakteri *Salmonella Thyphi* kemudian dihitung dan diberi tanda dengan spidol untuk menghindari penghitungan ulang.

3.4.9 Pengukuran Kadar Protein

Setelah sampel daging sapi diberikan perlakuan berupa paparan kombinasi gelombang ultrasonik dan tekanan udara, sampel dihancurkan dan diukur kadar protein daging.

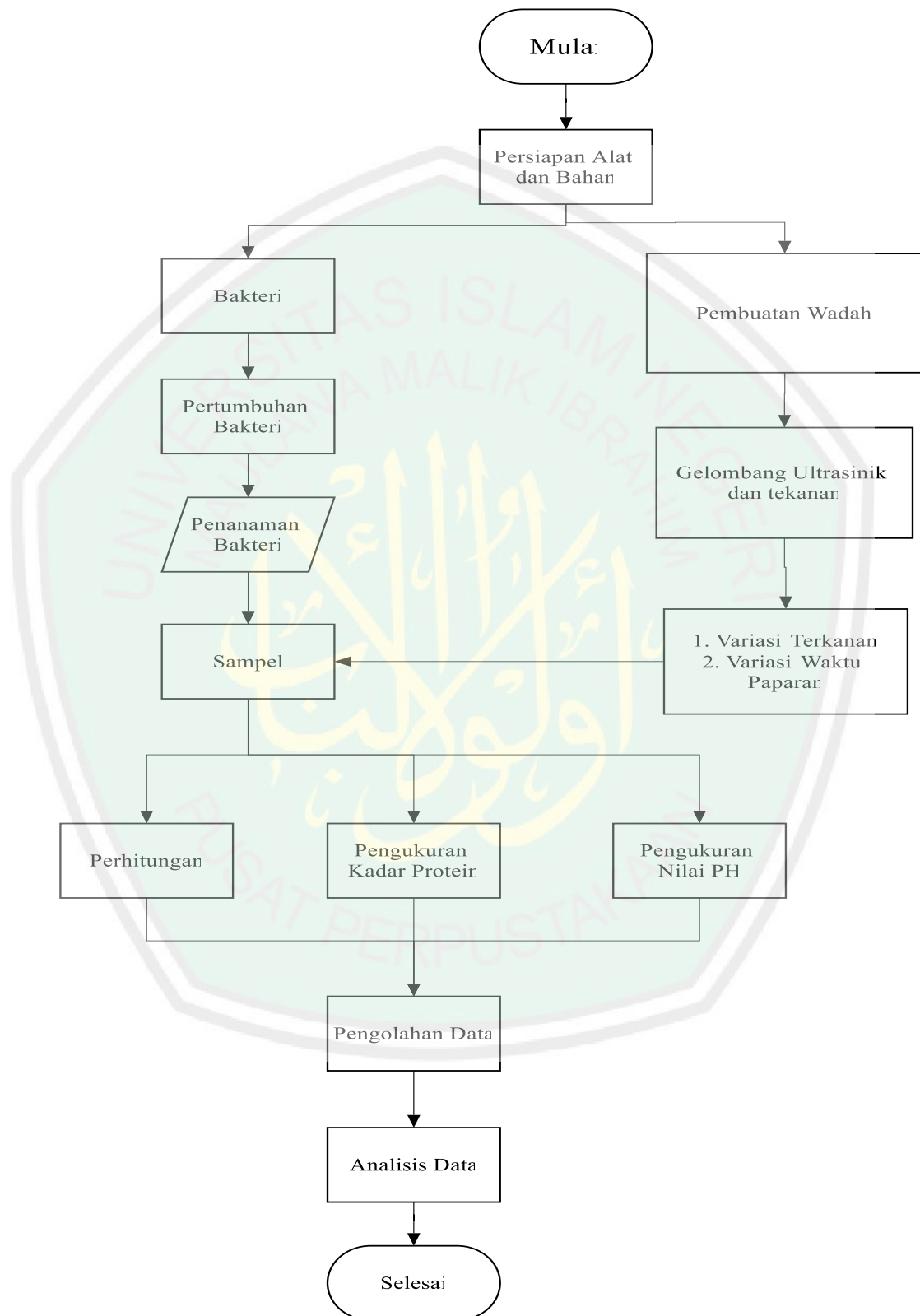
3.4.10 Pengukuran Nilai pH

Karena daging bukan suatu larutan yang lebih mudah diketahui pHnya, maka proses pengukuran pH yang dilakukan menggunakan pH meter. Sebelum pH meter digunakan, pH meter dikalibrasi terlebih dahulu dengan larutan asam pH 4 kemudian dinetralkan dengan larutan netral ber pH 7. Sebelum daging dimasukkan kedalam beaker glass berukuran 50 ml secukupnya, selanjutnya diberi air sebanyak 30 ml dan selanjutnya diaduk dengan magnetic stirrer diatas hot plate selama 10 menit, kemudian diukur pH nya dengan menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Data yang telah diperoleh dari pengujian yang berupa hasil perhitungan bakteri *Salmonella Thyphi* yang dipapari dengan kombinasi gelombang ultrasonik dan tekanan udara kemudian dicatat dan diolah pada table 3.1

3.6 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Tabel 3.1 Pengolahan data jumlah bakteri

Ultrasonik (khz)	Perlakuan			Pengamatan		
	P (atm)	t (mnt)	T (°C)	Bakteri	pH	Protein
Kontrol	-	-	-	-	-	-
40 kHz	1	20'				
		40'				
		60'				
	1,5	20'				
		40'				
		60'				
	2	20'				
		40'				
		60'				

Sedangkan pada pengujian kadar protein dan nilai pH data yang telah diperoleh yang berupa hasil jumlah kadar protein dan nilai pH dari sampel yang telah dialiri arus listrik dengan variasi kuat arus dan variasi suhu kemudian diolah dan dicatat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Pengolahan data kandungan kadar protein dan nilai pH

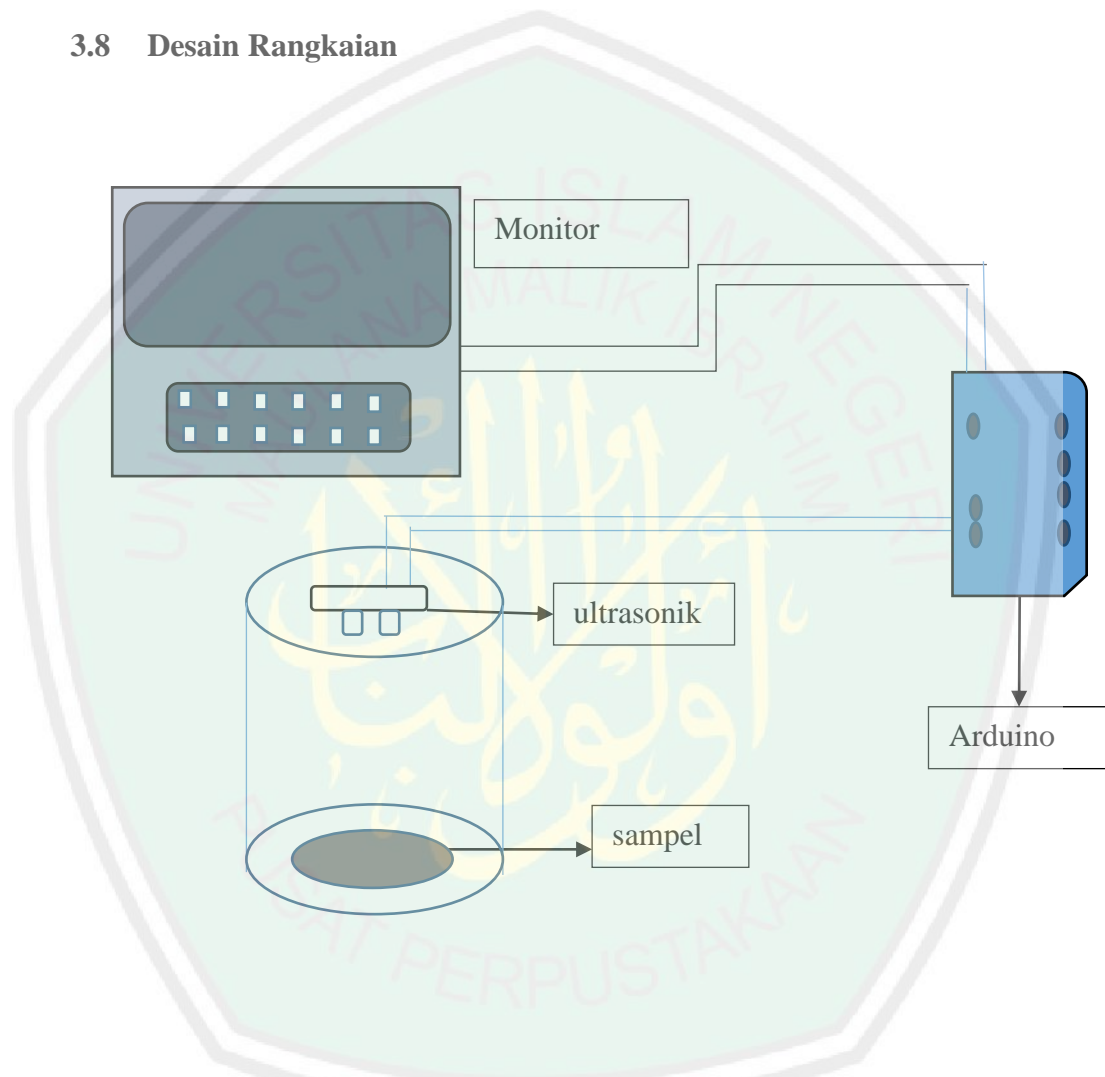
Ultrasonik (khz)	Perlakuan			Pengamatan		
	P (atm)	t (mnt)	T (°C)	pH	Protein	
Kontrol	-	-	-	-	-	
40 kHz	1	20'				
		40'				
		60'				
	1,5	20'				
		40'				
		60'				
	2	20'				
		40'				
		60'				

3.7 Teknik Analisis Data

Dengan membandingkan antara bakteri yang tidak dipapari dengan ultrasonik kondisi dipanaskan dengan waktu pemaparan yang sama dengan variasi kuat arus listrik dan variasi suhu yang terjadi pada bakteri *Salmonella Thyphi*

sesudah paparan. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan metode grafik dan uji statistik dengan menggunakan analisis Anova yaitu untuk mengetahui perbedaan antar kelompok uji.

3.8 Desain Rangkaian



Gambar 3.2 Rangkaian Percobaan Sebagai Perlakuan Pada Bakteri Salmonella Thiphly

BAB IV

DATA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Penelitian paparan gelombang ultrasonik dengan variasi tekanan terhadap pertumbuhan bakteri salmonella thyphi pada daging sapi ini terdiri dari beberapa tahap. Tahap pertama adalah sterilisasi alat dan penyiapan media natrium agar (NA) dan natrium borth (NB). Tahap selanjutnya adalah penumbuhan bakteri pada sampel daging sapi. Sampel daging sapi yang telah dipotong dengan ukuran 3x3x1 cm dimasukkan ke dalam 50 ml media NB yang telah ditumbuhi bakteri *salmonella thyphi*, kemudian diinkubasi pada inkubator dengan suhu 37 °C selama 24 jam. Sampel daging sapi yang telah diinkubasi selama 24 jam kemudian diberi paparan kombinasi gelombang ultrasonik dengan variasi waktu 20 mnt, 40 mnt, dan 60 mnt. Kemudian, daging juga diberikan variasi tekanan 1 atm, 1,5 atm dan 2 atm. Setiap variasi tekanan dan waktu tersebut menggunakan 3 sampel daging sapi. Perlakuan dan perhitungan sampel dilakukan masing-masing sebanyak 3 kali pengulangan. Hasil pengulangan tersebut bertujuan untuk mendapatkan hasil yang akurat. Sampel daging sapi yang telah diberikan paparan kombinasi gelombang dan tekanan kemudian dimasukkan dalam 10 ml NaCl 0,9% dan divortex selama 1 menit untuk melepas sel bakteri dari sampel daging sapi. Tahap selanjutnya adalah dilakukan pengenceran bakteri sampai pada pengenceran ketujuh di ruang *Laminar Air Flow* (LAF) kemudian diambil 1 ml suspensi dengan menggunakan mikropipet. Suspensi tersebut dimasukkan kedalam cawan petri yang telah diberi media NA cair sebagai media untuk hidup. Kemudian cawan petri yang berisi

bakteri diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37 °C. Proses selanjutnya yaitu penghitungan jumlah koloni bakteri *salmonella typhi* dengan menggunakan *coloni counter*, pengujian kadar protein dan pH sampel daging sapi.

4.1.1 Pengaruh Paparan Kombinasi Gelombang Ultrasonic Dan Tekanan Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Salmonella Typhi*

Bakteri yang telah diinkubasi kemudian dipapari dengan paparan kombinasi gelombang ultrasonik dan tekanan, setelah terpapar selanjutnya Sampel daging sapi dimasukkan dalam 10 ml NaCl 0,9% dan divortex selama 1 menit untuk melepas sel bakteri dari sampel daging sapi. Setiap variasi tekanan dan waktu menggunakan 3 sampel daging sapi. Perlakuan dan perhitungan sampel dilakukan masing-masing sebanyak 3 kali pengulangan. Setelah dilakukan 3 kali pengulangan diambil rata-rata dari hasil penelitian. Kemudian dilakukan pengenceran dan dihitung jumlah koloni bakteri *salmonella typhi* dengan menggunakan *coloni counter*. Untuk mengetahui jumlah koloni bakteri *salmonella typhi* dihitung menggunakan persamaan:

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

Selanjutnya, untuk mengetahui nilai persentase penurunan bakteri *salmonella typhi* dengan persamaan (Muslim dkk., 2013):

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

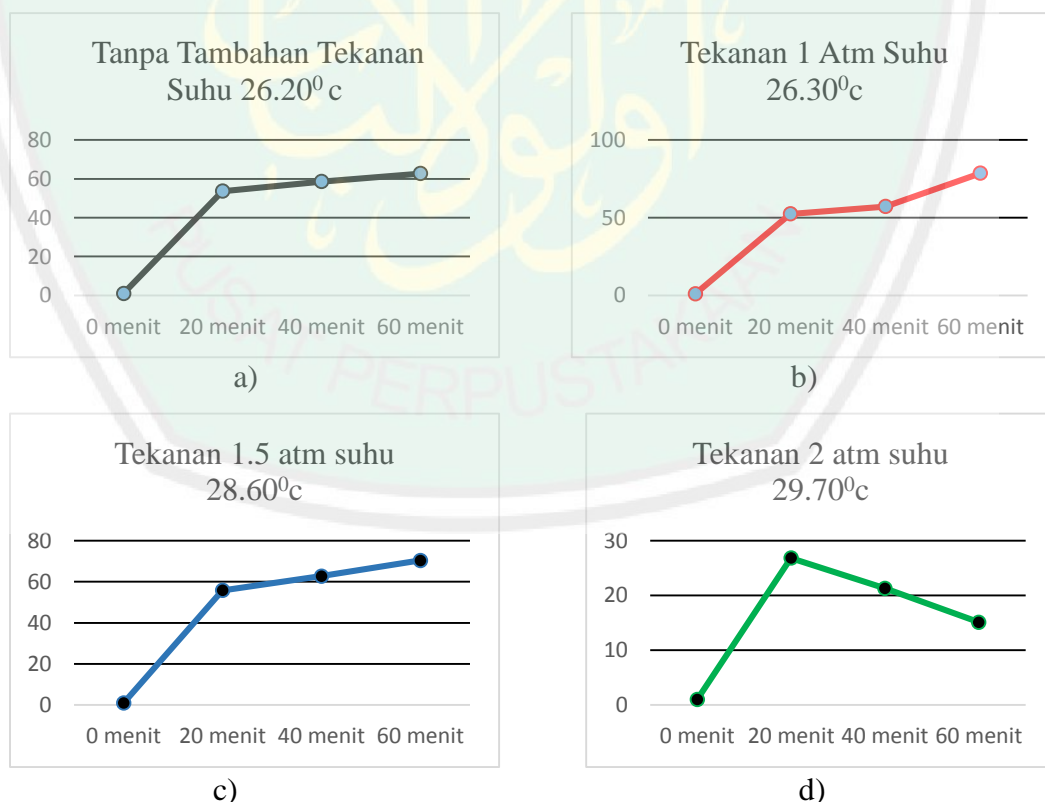
Tabel 4.1 Data rata-rata Persentase Bakteri *salmonella typhi* dengan paparan gelombang ultrasonik dan tekanan dengan variasi waktu.

Gelombang ultrasonik	P (atm)	Suhu (°C)	Presentase Penurunan Jumlah Koloni Bakteri			
			0 menit	20 menit	40 menit	60 menit
40 kHz	Tanpa tambahan tekanan	26,20 ⁰ C	0 %	53,7 %	58,6 %	62,7 %
	1	26,30 ⁰ C	0 %	52,4 %	57,2 %	78,6 %
	1,5	28,70 ⁰ C	0 %	55,8 %	62,7 %	70,3 %
	2	29,60 ⁰ C	0 %	26,8 %	21,3 %	15,1 %

Table 4.1 merupakan rata-rata hasil persentase penurunan jumlah koloni bakteri *salmonella typhi* yang diberi kombinasi paparan gelombang ultrasonik dan tekanan dengan variasi waktu. Paparan kombinasi gelombang ultasonik tanpa variasi tekanan dengan variasi waktu 20 menit pada suhu 26,20⁰C presentase penurunan jumlah koloni bakteri *salmonella thyphi* sebesar 53,7 %. Waktu paparan 40 menit presentase jumlah koloni bakteri *salmonella thyphi* sebesar 58,6 %. Ketika waktu paparan ditambah menjadi 60 menit pada suhu yang sama presentasae jumlah koloni bakteri *salmonella thyphi* sebesar 62,7 %. Paparan kombinasi gelombang ultasonik dan tekanan 1 atm dengan variasi waktu 20 menit pada suhu 26,30⁰C presentase penurunan jumlah koloni bakteri *salmonella thyphi* sebesar 52,4 %. Waktu paparan 40 menit dengan suhu yang sama sebesar 57,2 %. Ketika waktu paparan ditambah menjadi 60 menit pada suhu yang sama presentasae jumlah koloni bakteri *salmonella thyphi* sebesar 78,6 %. Paparan kombinasi gelombang ultasonik dan tekanan 1,5 atm dengan variasi waktu 20 menit pada suhu 28,70⁰C presentase penurunan jumlah koloni bakteri *salmonella thyphi* sebesar 55,8 %. Waktu paparan 40 menit dengan suhu yang sama sebesar 62,7 %. Ketika waktu paparan ditambah menjadi 60 menit pada suhu yang sama

presentasae jumlah koloni bakteri *salmonella thyphi* sebesar 70,3 %. Paparan kombinasi gelombang ultasonik dan tekanan 1 atm dengan variasi waktu 20 menit pada suhu 29,60⁰C presentase penurunan jumlah koloni bakteri *salmonella thyphi* sebesar 26,8 %. Waktu paparan 40 menit dengan suhu yang sama sebesar 21,3 %. Ketika waktu paparan ditambah menjadi 60 menit pada suhu yang sama presentasae jumlah koloni bakteri *salmonella thyphi* sebesar 15,1 %.

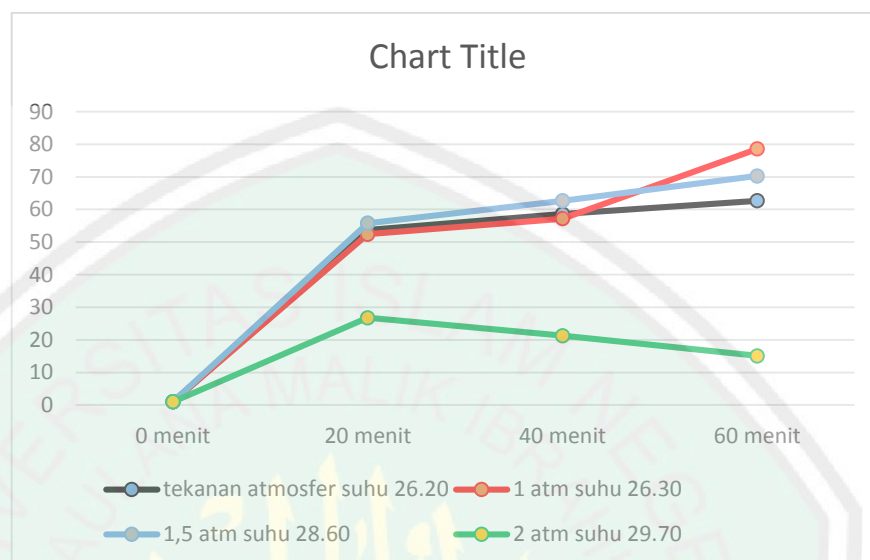
Berdasarkan data table 4.1 dapat diketahui bahwa paparan gelombang ultrasonik dengan variasi tekanan dan waktu dapat berpengaruh terhadap persentase penurunan jumlah koloni bakteri *salmonella thyphi* pada daging sapi. Untuk mengetahui pola pengaruhnya, data tersebut dapat dianalisa dengan menggunakan grafik yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4.1 Grafik Presentase Penurunan Bakteri terhadap Tekanan

Grafik pada gambar 4.1 (a,b,c,d) menunjukkan bahwa pemberian paparan gelombang ultrasonik dengan variasi tekanan memberikan pengaruh terhadap persentase penurunan bakteri *salmonella thyphi* pada daging sapi. Seperti yang ditunjukkan gambar 4.1 diatas bahwa persentase penurunan jumlah koloni bakteri pada waktu paparan 20 menit dan 40 menit menunjukkan pola presentase pertumbuhan bakteri yang sama. Pada menit 20 dan 40 persentase penurunan koloni bakteri terbesar terjadi pada tekanan 1,5 atm (suhu 28,60°C). Sedangkan pada menit ke 60 dengan variasi tekanan yang sama menunjukkan pola presentase pertumbuhan koloni bakteri yang berbeda dan persentase penurunan koloni bakteri terbesar terjadi pada tekanan 1 atm suhu 26,30°C. Setiap penambahan tekanan udara suhu semakin naik. Pada tekanan 1 atm suhunya sebesar 26,30°C, kemudian tekanan 1,5 atm suhunya 28,60 °C, dan pada tekanan 2 atm suhunya sebesar 29,70 °C. Grafik pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa kombinasi paparan gelombang ultrasonik dengan variasi tekanan dan waktu yang berbeda-beda, dan presentase jumlah koloni bakteri mengalami penurunan dan kenaikan. Kenaikan presentase jumlah bakteri *salmonella thyphi* terjadi ketika pemaparan gelombang ultrasonik tekanan atmosfer dan tekanan 1 atm. Kemudian terjadi penurunan jumlah presentase koloni bakteri *salmonella thyphi* pada penambahan tekanan 1,5 atm dan 2 atm. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar tekanan yang diberikan, suhu ruang tabung bertambah mendekati suhu optimum pertumbuhan bakteri, maka presentase penurunan bakteri *salmonella thyphi* semakin kecil dan melambat. Kombinasi paparan gelombang ultrasonik dan tekanan terhadap pertumbuhan bakteri *salmonella thyphi* pada daging sapi, dengan variasi waktu

juga berpengaruh terhadap persentase penurunan jumlah koloni bakteri *salmonella thyphi*. Seperti grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Persentase Penurunan Jumlah Koloni Bakteri *Salmonella Thyphi* Dengan Variasi Waktu.

Grafik pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa pemberian kombinasi paparan gelombang ultasonik dan tekanan udara dengan variasi waktu dapat memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan bakteri *salmonella typhi* pada daging sapi. Seperti yang ditunjukkan gambar 4.2 bahwa setiap variasi waktu paparan yang diberikan, persentase jumlah koloni bakteri *salmonella typhi* pada daging sapi semakin naik. Pada gambar 4.2 waktu paparan 20 menit tanpa tambahan tekanan presentase jumlah koloni bakteri sebesar 53,7%. Kemudian waktu paparan 40 menit presentase jumlah koloni bakteri sebesar 58,6% Ketika waktu paparan ditambah menjadi 60 menit dengan frekuensi yang sama maka persentase penurunan jumlah koloni bakteri sebesar 62,7% dan seterusnya. Dari data tersebut menunjukkan bahwa variasi waktu diberikan dapat mempengaruhi pola pertumbuhan dan mempengaruhi persentase jumlah koloni bakteri salmonella

thyphi pada daging sapi. Hal ini disebabkan variasi waktu paparan dan tekanan dapat mengakibatkan terjadinya proses nekrosis sehingga membrane mengalami pelepasan. Semakin lama waktu paparan, maka semakin banyak energi gelombang ultrasonik yang akan diserap oleh jaringan. Kemudian dengan pemaparan gelombang ultrasonik yang diberikan, menimbulkan kavitasi yang mengakibatkan terpecahnya sel dan Perobekan sel. Setelah efek kavitasi terjadi osilasi pada cairan disekitar membransel yang menyebabkan terjadinya gelembung gas-gas mikro pada cairan sekitar sel. Timbulnya gelembung gas-gas mikro, mengakibatkan tegangan geser yang menekan keseluruhan permukaan sel. Kecepatan dari tegangan geser yang terjadi menyebabkan efek mekanis pada dinding sel bakteri. Membran sel yang terkena efek tersebut akan mengalami lisis atau terjadi kematian sel akibat kerusakan sel.

Hasil paparan kombinasi gelombang ultrasonik dan tekanan dengan variasi waktu menghasilkan penurunan dan kenaikan presentase jumlah koloni bakteri. Variasi waktu yang optimum dalam menghambat pertumbuhan bakteri *salmonella thyphi* pada daging sapi yaitu pada waktu paparan 60 menit dan pada variasi tekanan 1 atm dengan persentase penurunan jumlah koloni bakteri sebesar 78,6%. Sedangkan Titik minimum persentase penurunan jumlah koloni bakteri *salmonella thyphi* terjadi pada waktu paparan 60 menit dan tekanan 2 atm sebesar 15,1%.

4.1.2 Pengaruh Gelombang Ultrasonik Terhadap Kadar Protein

Setelah sampel daging sapi dipapari kombinasi gelombang ultasonik dan tekanan, sampel dihancurkan dan diukur kadar protein daging dengan metode

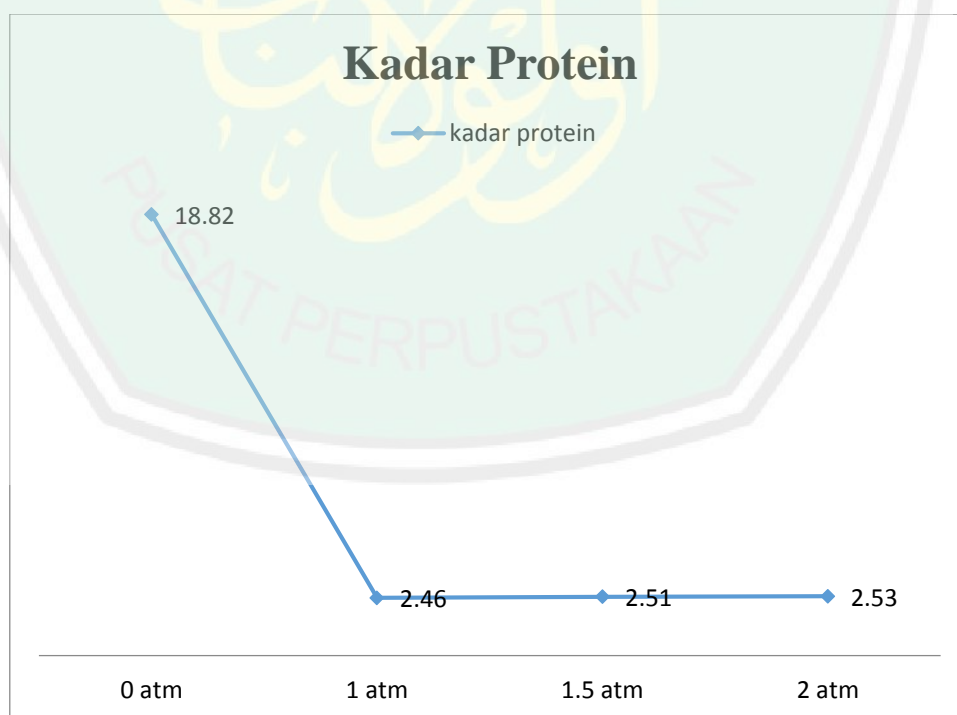
Kjeldahl. Kadar protein dapat diketahui setelah melalui 3 tahapan. Tahapan pertama yaitu destruksi, bertujuan untuk mendestruksi protein menjadi unsur-unsurnya. Pada tahap ini sampel dipanaskan dalam asam sulfat pekat sehingga terjadi destruksi menjadi unsur-unsurnya. Elemen karbon, hidrogen teroksidasi menjadi CO, CO₂, dan H₂O. sedangkan nitrogennya (N) akan berubah menjadi ammonium sulfat ((NH₄)₂SO₄). Tahapan selanjutnya adalah destilasi. Pada tahap ini, ammonium sulfat dipecah menjadi ammonia (NH₃) dengan penambahan NaOH sampai alkalis dan dipanaskan. Prinsip destilasi adalah memisahkan cairan atau larutan berdasarkan perbedaan titik didih. Tahapan terakhir adalah titrasi, dengan menggunakan HCl 0,1 N sebagai titran. Akhir titrasi ditandai dengan perubahan warna dari biru menjadi merah muda dan tidak hilang selama 30 detik bila menggunakan indikator PP. Sehingga diperoleh data kadar protein seperti pada table 4.2.

Tabel 4.2 Data Kadar Protein Daging Sapi Setelah Dipapari Kombinasi Gelombang Ultrasonik Dan Tekanan.

Tekanan (atm)	Kadar Protein (%)	Kontrol
0 atm	18,82 %	18,82 %
1 atm	2,46 %	
1,5 atm	2,51 %	
2 atm	2,53 %	

Tabel 4.2 menunjukkan Kadar Protein Daging Sapi Setelah Dipapari Kombinasi gelombang ultrasonik dan tekanan dengan variasi waktu. Hasil dari perhitungan kadar protein yang ditunjukkan pada tabel 4.2 menjelaskan bahwa kadar protein daging sapi segar sebesar 18,82 % dan pada penelitian ini dengan menggunakan variasi tekanan maka kandungan protein pada daging segar

juga bervariasi, dimana hasil yang diperoleh pada saat tekanan 1 atm dengan nilai protein yang diperoleh 2,46 %. Besar tekanan yang diberikan pada daging sapi sebesar 1,5 atm menghasilkan nilai protein sebesar 2,51 %. Ketika tekanan diubah menjadi 2 atm maka diperoleh hasil kadar protein sebesar 2,53 %. Data pada table 4.2 diambil dari masing-masing tekanan dan pada waktu paparan 60 menit. Pengujian kadar protein diambil pada waktu paparan yang sama dimaksudkan agar mengetahui hasil yang akurat. Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan, dengan kombinasi gelombang ultrasonik dan tekanan, terdapat hubungan antara variasi tekanan yang diberikan terhadap kadar protein daging sapi. Hasil dari pengukuran kadar protein daging sapi pada tabel 4.2 dapat dianalisa dengan menggunakan grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Kadar Protein Daging Sapi Dengan Kombinasi Gelombang Ultrasonik dan Tekanan.

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa paparan kombinasi gelombang ultrasonik dengan variasi tekanan memberikan pengaruh terhadap kadar protein daging sapi. Seperti yang digambarkan diatas bahwa kadar protein daging sapi sebelum dipapari dengan kombinasi gelombang ultrasonik dan tekanan adalah 18,82%. Setelah diberikan kombinasi paparan gelombang ultrasonik dan tekanan 1atm kadar protein menjadi 2,46 %. Kemudian tekanan dinaikkan 2 atm, namun kadar protein hanya berubah menjadi 2,51 %. Kadar protein berubah berkisar 16,32-16,29 % dari variasi tekanan 1atm, 1,5 atm dan 2 atm. Pada gambar 4.3 diatas diambil dari masing-masing tekanan dan pada waktu paparan 60 menit. Hasil kombinasi paparan gelombang ultrasonik dan tekanan tidak cukup besar untuk menyebabkan denaturasi protein pada daging sapi, namun yang menyebabkan denaturasi protein tersebut karena daging yang sebelum terpapar sudah direndam 50 ml bakteri pada media NB (natrium both). Perendaman ini dilakukan supaya daging sapi yang dipapari benar-benar hanya tertanam bakteri *salmonella thyphi* tanpa kontaminasi bakteri lain. Akibat perendaman tersebut menyebabkan pH daging berubah basa dan mempengaruhi kadar protein daging sapi.

4.1.3 Pengaruh Kombinasi Gelombang Ultrasonik Dan Tekanan Terhadap pH Daging Sapi

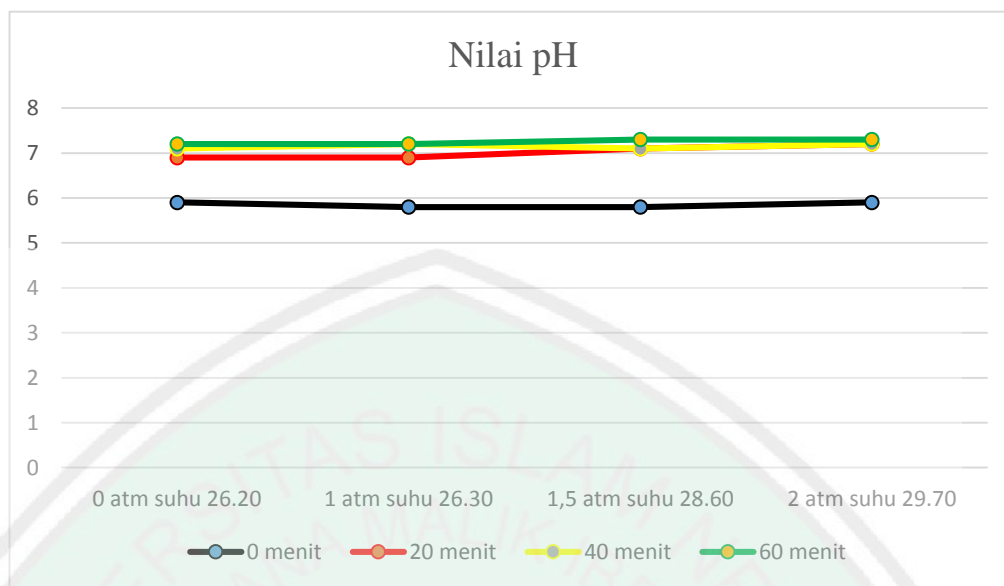
Setelah sampel daging sapi dipapari Kombinasi Gelombang Ultrasonik Dan Tekanan, sampel dimasukkan kedalam beaker glass berukuran 50 ml dan diberi NaCl sebanyak 10 ml. Selanjutnya diaduk dengan menggunakan *vibrator* selama 10 menit dan diukur pH nya dengan menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi.

Tabel 4.3 Data Nilai pH Daging Sapi Setelah Dialiri Kombinasi Gelombang Ultrasonik Dan Tekanan.

P (atm)	pH				Kontrol
	0 menit	20 menit	40 menit	60 menit	
0	5,9	6,9	7,2	7,2	5,9
1	5,9	6,9	7,2	7,2	
1,5	5,8	7,1	7,1	7,3	
2	5,8	7,2	7,3	7,3	

Tabel 4.3 menunjukkan nilai pH daging sapi setelah dipapari kombinasi gelombang ultrasonik dan tekanan. Hasil pengukuran pH daging sapi pada table diatas mengalami perubahan yang signifikan, dimana setiap pemberian variasi tekanan dan waktu paparan mengalami kenaikan. Hasil dari perhitungan kadar pH yang ditunjukkan pada tabel 4.3 menjelaskan bahwa kadar pH daging daging sapi segar sebesar 5,9 dan pada penelitian ini dengan menggunakan variasi tekanan maka kandungan pH pada daging segar juga bervariasi, dimana hasil yang diperoleh pada saat tekanan 1 atm dengan variasi waktu 20 menit pH yang diperoleh sebesar 6,9. Kemudian menit ke 40 sebesar 7,2. Pada menit ke-60 sebesar pH yang diperoleh 7,2. Pada tekanan tekanan 1,5 atm dengan variasi waktu 20 menit pH yang diperoleh sebesar 7,1. Kemudian menit ke 40 sebesar 7,1. Pada menit ke-60 sebesar pH yang diperoleh 7,3. Ketika tekanan tekanan ditambah 2 atm dengan variasi waktu 20 menit pH yang diperoleh sebesar 7,2. Kemudian menit ke 40 sebesar 7,3. Pada menit ke-60 sebesar pH yang diperoleh 7,3.

Dari hasil pengamatan yang dilakukan dengan kombinasi gelombang ultrasonik dan tekanan terdapat hubungani terhadap nilai pH daging sapi, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Grafik Nilai Ph Daging Sapi dengan Variasi Tekanan

Grafik pada gambar 4.4 dan menunjukkan bahwa kombinasi paparan gelombang ultrasonik dan tekanan memberikan pengaruh terhadap pH daging sapi. pH kontrol sebelum diberikan aliran adalah 5,9 kemudian dipapari dengan kombinasi gelombang ultrasonik dan tekanan sebesar 1 atm dengan suhu 26,20 °C menghasilkan pH sebesar 5,9. Tekanan dinaikkan menjadi 2 atm suhu yang terdeteksi sebesar 29,70 °C menghasilkan pH sebesar 7,3. Hal ini menunjukkan bahwa pemaparan kombinasi gelombang ultrasonik dan tekanan memberikan perubahan pada pH daging sapi. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme pada daging ada dua macam, yaitu Faktor intrinsik termasuk nilai nutrisi daging, keadaan air, pH, potensi oksidasi-reduksi dan ada tidaknya substansi pengahalang atau penghambat. Kemudian Faktor ekstrinsik, misalnya temperatur, kelembaban relatif, ada tidaknya oksigen dan bentuk atau kondisi daging (Fardiaz, 1992).

Temperatur merupakan faktor pertumbuhan bakteri, semakin tinggi temperatur semakin besar tingkat pertumbuhannya. Grafik pada gambar 4.4 diatas menunjukkan bahwa semakin besar tekanan yang diberikan, maka suhu yang terdeteksi oleh sensor suhu juga semakin meningkat. Untuk berkembang biak, bakteri membutuhkan air, jika terlalu kering bakteri tersebut akan mati. Zat-zat organik, Gas, CO₂ penting untuk aktivitas metaboliknya. pH daging, kebanyakan bakteri tumbuh dengan baik pada medium pH yang netral (pH 7,2-7,6). Kemudian temperatur juga merupakan faktor utama pertumbuhan bakteri, bakteri akan tumbuh optimal pada suhu tubuh $\pm 37^{\circ}\text{C}$ (Gibson, 1996).

4.2 Pembahasan

Penelitian ini menggunakan sampel daging sapi dengan ukuran 3x3x1cm yang telah ditumbuhi bakteri *salmonella thyphi*. Daging sapi merupakan salah satu sumber makanan yang banyak digemari masyarakat. Kemudian daging sapi juga merupakan salah satu jenis daging yang mudah terkontaminasi oleh bakteri dan media yang cocok bagi pertumbuhan mikroorganisme. Beberapa mikroorganisme dapat berkembang dengan baik pada daging sapi, mikroorganisme tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada daging sehingga membuat daging sapi tidak bertahan lama. Salah satunya yaitu bakteri *salmonella thyphi*. Bakteri *salmonella thyphi* merupakan bakteri gram negatif yang dapat tumbuh pada suhu antara 20-40 °C dengan suhu optimum 37 °C. Jika bakteri *salmonella thyphi* dalam suhu minimum maka sel-sel bakteri akan tumbuh lambat dan memperpanjang fase adaptasi. Namun jika pada suhu diatas maksimum maka sel-sel akan mati dengan cepat. Pada suhu yang sama, waktu pemanasan yang lebih lama akan

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

Terdapat faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme, yaitu tekanan osmosis dan tekanan udara. Tekanan osmosis sangat erat hubungannya dengan kandungan air. Apabila mikroba diletakkan pada larutan hipertonis, maka selnya akan mengalami plasmolisis, yaitu terkelupasnya membrane sitoplasma dari sel akibat mengkerutnya dinding sitoplasma. Apabila diletakkan pada larutan hipotonis, maka sel mikroba akan mengalami plasmoptisa, yaitu pecahnya sel karena cairan masuk ke dalam sel, sel membengkak dan akhirnya pecah (Sumarsih, 2003). Kemudian tekanan udara juga merupakan salah satu cara untuk mengendalikan dan mengurangi pertumbuhan mikroorganisme. Pada penelitian ini menggunakan kombinasi paparan gelombang ultrasonik dan tekanan. Tekanan yang ditambahkan mengakibatkan suhu udara naik. Perubahan suhu tersebut menyebabkan perubahan fungsi senyawa-senyawa seluler yang menyebabkan perubahan struktur protein, yaitu denaturasi protein. Selain itu juga akan menyebabkan inaktivasi enzim sehingga akan mengganggu sistem metabolisme dalam sel bahkan kematian sel tersebut akibat aktifitas sel yang terhenti.

Paparan gelombang ultrasonik yang diberikan dapat menimbulkan efek kavitasi yang mengakibatkan terpecahnya sel. Ada beberapa faktor penyebab terpecahnya sel, yaitu interaksi antara gelombang ultrasonik dengan bakteri, kemudian akan menyebabkan osilasi pada cairan disekitar membransel yang akan

menyebabkan terjadinya gelembung gas pada cairan sekitar sel. Kemudian tegangan geser yang dihasilkan akan dengan mudah merobek dinding sel. Penelitian ini membuktikan bahwa kombinasi paparan gelombang ultrasonik dan tekanan dapat memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan bakteri *salmonella thyphi* pada daging sapi.

4.2.1 Pengaruh Kombinasi Paparan Gelombang Ultrasonik Dan Tekanan Terhadap Kadar Protein Daging Sapi.

Daging merupakan sumber protein dengan nilai gizi tinggi. Dewasa ini telah banyak metode yang dilakukan untuk memperbaiki dan mempertahankan kualitas daging. Seperti metode penambahan enzim, perlakuan tekanan tinggi maupun stimulasi paparan gelombang ultrasonik pada daging. Pemaparan gelombang ultrasonik dapat mempengaruhi morfologi bakteri. Menurut Runyan, CM *et, al.* (2006) Gelombang ultrasonik dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri melalui interaksi antara gelombang bunyi yang dipaparkan dengan membran sel. Paparan gelombang ultrasonik tersebut menyebabkan timbulnya getaran (osilasi) dengan frekuensi tinggi pada medium (cairan) di sekitar bakteri.

Monsen, T dkk (2009) Paparan gelombang ultrasonik menyebabkan terjadinya gelembung gas udara di dalam cairan dan akan berosilasi dengan obyek yang dipapari. Proses inilah yang dinamakan kavitasi, dan kavitasi ini dapat terjadi pada semua frekuensi. Kavitasi dibagi menjadi dua, yakni stabil dan kolaps. Kavitasi stabil adalah osilasi lemah pada gelembung udara tanpa terjadinya kolaps yang sempurna, sedangkan kavitasi kolaps terjadi pada osilasi dengan intensitas tinggi tetapi berfrekuensi rendah. Kavitasi kolaps menyebabkan

timbulnya gelombang yang lebih cepat menyebar pada daerah sekitarnya. Kolaps tersebut menyebabkan pelepasan panas secara adiabatik. Panas yang dilepaskan memiliki temperatur yang sangat tinggi sehingga menyebabkan pula pelepasan radikal bebas disertai adanya gaya gesek yang kuat pada membran sel.

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

Denaturasi akibat panas menyebabkan molekul-molekul yang menyusun protein bergerak dengan sangat cepat sehingga sifat protein yaitu hidrofobik menjadi terbuka. Akibatnya, semakin panas, molekul akan bergerak semakin cepat dan memutuskan ikatan hidrogen di dalamnya (Vladimir, 2007). 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. 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.

4.2.2 Pengaruh Kombinasi Paparan Gelombang Ultrasonik Dan Tekanan Terhadap pH Daging Sapi.

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

Temperatur merupakan faktor yang harus diperhatikan untuk mengatur pertumbuhan bakteri sebab semakin tinggi temperatur semakin besar pula tingkat pertumbuhannya. Demikian juga kadar pH ikut mempengaruhi pertumbuhan bakteri, hamper semua bakteri tumbuh secara optimal pada pH 7 dan tidak akan tumbuh pada pH 4 atau diatas pH 9. Setelah penyembelihan pH daging turun menjadi 5,6-5,8, pada kondisi ini bakteri asam laktat dapat tumbuh dengan baik dan cepat. Untuk berkembang biak, bakteri membutuhkan air, jika terlalu kering bakteri tersebut akan mati. Zat-zat organik, Gas, CO₂ penting aktivitas metaboliknya. pH, kebanyakan bakteri tumbuh dengan baik pada medium yang

netral (pH 7,2-7,6). Temperatur, bakteri akan tumbuh optimal pada suhu tubuh \pm 370 C (Gibson, 1996).

4.2.3 Makanan Thayyiban Dalam Pandangan Islam

Ajaran islam mencakup seluruh aspek kehidupan, tak terkecuali masalah makanan. Dalam islam, makanan merupakan tolak ukur yang dapat mempengaruhi dari segala perilaku kehidupan sehari-hari. Makanan tidak hanya sekedar kebutuhan lahiriyah tetapi juga sebagai kebutuhan spiritual yang berkaitan dengan rohani, iman dan ibadah juga identitas diri bahkan dengan perilaku. Sejumlah besar ayat dalam al-Qur'an secara spesifik membahas tentang makanan termasuk di dalamnya regulasi pengawasan makanan. Seperti dalam firman Allah SWT dalam Q.S An Nahl (16): 114.

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

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

Indikasi dari surat an-Nahl di atas menjelaskan bahwa manusia diperintahkan untuk makan makanan yang halal dan juga baik. Indikasi ini berasal dari kata **حَلَالٌ**, yang berarti halal sesuai kaidah syar'iyah (ukhrawi) dan **طَيِّبًا** yang memiliki makna baik sesuai kaidah kesehatan (duniawi). Ternyata makanan halal saja tidak cukup, namun juga perlu thayyiban. Istilah thayyiban artinya makanan yang baik, yaitu yang mengandung nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh dan tidak menimbulkan efek yang berbahaya bagi kesehatan seperti adanya bakteri berbahaya dalam makanan. Kepedulian Allah swt sangat besar terhadap soal

makanan dan aktifitas makan untuk makhluknya. Hal ini tercermin dari firmannya dalam al-Qur'an mengenai kata *a'am* yang berarti "makanan" yang terulang sebanyak 48 kali dalam berbagai bentuknya. Ditambah pula dengan kata *akala* yang berarti "makan" sebagai kata kerja yang tertulis sebanyak 109 kali dalam berbagai derivasinya, termasuk perintah "makanlah" sebanyak 27 kali. Sedangkan kegiatan yang berhubungan dengan makan yaitu "minum" yang dalam bahasa al-Qur'an disebut *syariba* terulang sebanyak 39 kali (Winata, 2006).

Betapa pentingnya makanan untuk kehidupan manusia, maka Allah swt mengatur bahwa aktifitas makan selalu diikuti dengan rasa nikmat dan puas, sehingga manusia sering lupa bahwa makan itu bertujuan untuk kelangsungan hidup dan bukan sebaliknya hidup untuk makan. Pada dasarnya semua makanan dan minuman yang berasal dari tumbuh-tumbuhan sayur-sayuran, buah-buahan dan hewan adalah halal kecuali yang beracun dan membahayakan nyawa manusia (Jakarta Departemen Agama RI, 2003).

Para ahli tafsir menjelaskan kata *thayyiban* dalam konteks perintah makanan menyatakan bahwa *thayyiban* berarti makanan yang tidak kotor dari segi zatnya atau rusak (kadaluarsa) atau dicampuri benda najis. Ada juga yang mengartikan sebagai makanan yang mengandung selera bagi yang akan memakannya atau tidak membahayakan fisik atau akalnya (Quraish Shihab, 2000).

Pengertian *thayyiban* berarti suatu yang baik, enak, lezat, nikmat dan bersih atau suci yang mengandung tiga syarat yaitu sehat, proposional dan aman yang berguna bagi perkembangan tubuh manusia sehingga dapat membangun kemaslahatan umat beragama. Pengertian makanan sehat tergantung juga pada

kondisi dan cara mengolahnya. Artinya, kandungan gizi yang diperlukan oleh manusia dewasa berbeda dengan yang masih balita. Agar kandungan gizi yang terdapat pada makanan tidak hilang, proses pengolahannya harus tepat. Salah satu proses pengolahan bahan makanan untuk menonaktifkan bakteri agar tidak menimbulkan efek yang berbahaya bagi kesehatan salah satunya adalah dengan menggunakan paparan kombinasi gelombang ultrasonik dan tekanan. Pada penelitian ini menggunakan paparan kombinasi gelombang ultasonik dan tekanan dengan waktu paparan yang bervariasi. Gelombang ultrasonik yang ditembakkan dapat memberikan efek tekanan terhadap obyek.

Gelombang ultrasonik tanpa kombinasi tekanan udara menimbulkan tegangan *stress* dan panas sehingga elektron-elektron yang bertumbukan yang mampu berinteraksi dengan membran sel bakteri hingga dapat memecahkan membrane sel dan menghambat atau menonaktifkan bakteri *salmonella thyphi*, pemaparan gelombang ultasonik konstan 40 kHz dan dan tekanan atmosfer dengan variasi waktu 20 menit dan pada suhu ruang tabung 26,20⁰C, presentase penurunan koloni bakteri *salmonella thyphi* sebesar 53,7 %. Waktu paparan 40 menit konstan 40 kHz pada suhu ruang tabung 26,20⁰C ppresentase jumlah koloni bakteri *salmonella thyphi* sebesar 58,6 %. Ketika waktu paparan ditambah menjadi 60 menit pada suhu ruang tabung 26,20⁰C presentasae koloni bakteri *salmonella thyphi* sebesar 62,7 %. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu paparan gelombang ultrasonik maka jumlah presentase baktei *salmonella thyphi* mengalami penurunan.

Ketika pemaparan gelombang ultrasonik 40 kHz dikombinasi dengan tekanan 1 atm, 1,5 atm, dan 2 atm pada waktu paparan 20 menit suhu 26,30 % presentase penurunan jumlah koloni bakteri *salmonella thyphi* sebesar 52,4 %, 55,8 %, 26,8 %. Pada tekanan 1 atm, 1,5 atm, dan 2 atm dan waktu paparan 40 menit suhu 28,60 % presentase penurunan jumlah bakteri *salmonella thyphi* sebesar 57,2 %, 62,7 %, 21,3 %. Ketika tekanan 1 atm, 1,5 atm, dan 2 atm pada waktu paparan 60 menit suhu 29,70 % presentase penurunan jumlah bakteri *salmonella thyphi* sebesar 78,6 %, 70,3 %, 15,1 %. Data diatas menunjukkan bahwa paparan gelombang ultrasonik kombinasi tekanan dan variasi waktu yang berbeda-beda mengalami penurunan dan kenaikan. Kenaikan presentase jumlah bakteri *salmonella thyphi* terjadi ketika pemaparan gelombang ultrasonik kombinasi tekanan atmosfer (tanpa tambahan tekanan) dan tekanan 1 atm. Kemudian terjadi penurunan jumlah presentase koloni bakteri *salmonella thyphi* pada penambahan tekanan 1,5 atm dan 2 atm. Hal ini menunjukkan bahwa ketika semakin besar tekanan yang diberikan Suhu ruang tabung bertambah mendekati suhu optimum pertumbuhan bakteri, maka presentase penurunan bakteri *salmonella thyphi* semakin kecil.

Kombinasi paparan gelombang ultasonik dan tekanan memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar protein dan pH daging sapi. pH kontrol sebelum diberikan aliran adalah 5,9 kemudian dipapari dengan kombinasi gelombang ultrasonik dan tekanan sebesar 1 atm dengan suhu 26,20 °C menghasilkan pH sebesar 5,9. Ketika tekanan dinaikkan menjadi 2 atm suhu yang terdeteksi sebesar 29,70°C menghasilkan pH sebesar 7,3.

Kemudian penambahan tekanan udara mengakibatkan suhu juga semakin meningkat. Suhu yang meningkat terjadi karena molekul udara yang masuk dalam tabung yang terisolasi mengalami tabrakan dan gesekan, sehingga ketika intensitas gelombang ultrasonik tersebut mengenai suatu permukaan jaringan akan terjadi perpindahan energi kalor yang menyebabkan pada jaringan timbul efek termal. Efek termal yang terjadi mengakibatkan perubahan temperatur, bakteri akan tumbuh optimal pada suhu tubuh $\pm 37^{\circ}$ C (Gibson, 1996). Data penelitian diatas juga menunjukkan penurunan presentase jumlah koloni bakteri *salmonella thyphi* karena perubahan suhu yang terjadi akibat penambahan tekanan udara naik mendekati suhu optimum pertumbuhan bakteri. Hal ini menunjukkan bahwa pemaparan kombinasi gelombang ultrasonik dan tekanan memberikan pengaruh terhadap pola pertumbuhan bakteri *salmonella thyphi*, perubahan kadar protein dan perubahan pada pH daging sapi. Perubahan pH daging sapi mampu mempercepat proses glikolisis sehingga dapat menurunkan dan menaikkan nilai pH daging. Perhitungan pH daging dalam penelitian ini berkisar antara 7,1 sampai 7,3 yang menunjukkan jumlah pH pada kondisi daging busuk. Pada daging busuk pH meningkat karena penurunan aktivitas mikroba penghasil asam sehingga persediaan glikogen yang semakin terbatas dan aktivitas mikroba menghasilkan senyawa basa.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dengan kombinasi paparan gelombang ultrasonik dan tekanan terhadap pertumbuhan bakteri *salmonella thyphi* pada daging sapi, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Paparan gelombang ultrasonik dapat menghambat pertumbuhan bakteri *salmonella thyphi* pada daging sapi. Hal ini dapat diketahui pada waktu paparan 20 menit tanpa kombinasi tekanan dalam suhu 26.20⁰C jumlah bakteri yang aktif sebesar 6,7 x 10⁸ dengan persentase penurunan jumlah bakteri sebesar 53,7 %. Waktu paparan 60 menit pada suhu yang sama persentase penurunan bakteri *salmonella thyphi* menjadi 62,7 %. Selain itu tekanan juga mempengaruhi terhadap jumlah koloni bakteri *salmonella thyphi*. Pada tekanan 1 atm dengan waktu paparan 20 menit persentase penurunan jumlah bakteri menjadi 52,4 %, dan pada tekanan 1,5 atm dengan waktu paparan 20 menit persentase penurunan bakteri menjadi 55,8 %. Kemudian penambahan variasi tekanan menyebabkan suhu dalam tabung isolasi naik mendekati suhu optimum pertumbuhan bakteri.
2. Titik minimum penurunan persentase jumlah bakteri *salmonella thyphi* terjadi pada kombinasi paparan gelombang ultrasonik dan tekanan udara 2 atm dengan waktu paparan 60 menit dalam suhu 29,70 ⁰C sebesar 15,1 %, sedangkan titik maksimum penurunan jumlah bakteri *salmonella thyphi*

terjadi pada kombinasi paparan gelombang ultrasonik dan tekanan udara 1 atm dengan waktu paparan 60 menit dalam suhu 26,30 °C sebesar 78,6%.

3. Pada kombinasi paparan gelombang ultrasonik dan tekanan memberikan pengaruh terhadap kadar protein dan pH daging sapi. Kadar protein berubah berkisar 16,32-16,29 % dan pH berubah berkisar 0,2-1,4. Namun secara statistik tidak berbeda nyata, sehingga paparan gelombang ultrasonik dan tekanan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar protein dan pH daging sapi.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang sudah dikemukakan maka diberikan saran-saran untuk mengadakan perbaikan di masa mendatang, yaitu:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap penonaktifan bakteri *salmonella thyphi* yang terkontaminasi pada daging sapi dengan frekuensi ultrasonik yang lebih tinggi sehingga tidak ada bakteri yang tumbuh kembali.
2. Diperlukan optimasi tekanan dan waktu paparan gelombang ultrasonik untuk penelitian lebih lanjut terhadap bakteri pathogen yang lain.
3. Diperlukan adanya pembuatan rancang alat sterilisasi dengan menggunakan gelombang ultrasonik.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Qur'an

Ackerman E, Lynda B. M. Ellis, Lawrence E, 1988. Ilmu Biofisika (Terjemahan; Redjani, Abdulbasir). Surabaya: Airlangga University.

Aslam Sumaira. 2010. *Isolation Of Acidophilic Latic Acid Bacteria Antagonistic To Microbial Contaminant*. Pakista: University Of Punjab.

Bueche R. J. 1986. *Introduction to Physics for Scientists and Engineers*, NewYork; Mc Graw-Hill.

Brooks, G.F., Butel, J.S., Morse, S.A., 2004. Jewetz, Melnick,& Adelberg Mikrobiologi Kedokteran, Edisi 23. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran ECG.

Clark, D Dan Adam, S, 2009. Landfil Biodegradation An In-Depth Look At Biodegradation In Landfill Environment. Bio-Tec Environmental, Albuquerque & Enso Bootles: Llc, Phoenix.

Chandra, B. 2006. Pengantar Kesehatan Lingkungan. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.

Cameron John R., And Skofronick James G. 1978. Medical Physics. New York: John Wiley & Sons Inc.

Departemen Agama Ri. 2003. Petunjuk Teknis Pedoman Sistem Produksi Halal: Jakarta. Bagian Proyek Sarana Dan Prasarana Produk Halal Direktorat Jendral Bimbingan Masyarakat Islam Dan Penyelenggara Haji.

Dieye, Y., Ameiss, K., Mellata, M., Curtiss, R., 2009. Salmonella Pathogenecity Island SPI1 Contribute More Than SPI2 to The Colonization of The Chicken by Salmonellar enterica. Available from: <http://www.biomedcentral.com/1471-2180/9/3>. [Accessed 9 september 2017].

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

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

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

Giancoli. 1998. Fisika Jilid I. Jakarta: Erlangga.

- Gaman, P.M dan Sherrington K.B. 1994. *ILMU PANGAN. Pengantar Ilmu Pangan Nutrisi dan Mikrobiologi, Edisi kedua*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hafriyanti, Hidayati. Elfawati. 2008. *Kualitas Daging Sapi dengan Kemasan Plastik PE (Polyethilen) dan Plastik PP (Polypropylen) di Pasar arengka Kota Pekanbaru*, 2008. 22-23.
- Halliday, David. & Resnick, Robert. 1992. Fisika Jilid I Edisi Ketiga diterjemahkan oleh Pantur Silaban dan Erwin Sucipto. Bandung: ITB.
- Jay, J. M.1997. *Modern Food Microbiology 5th Edition*. New York: International Thomson Publishing.
- Jawetz, E, J. melnick, et al., 2005. Jakarta: EGC Jawetz, melnick & Adelberg Mikrobiologi Kedokteran.
- Klotchko, A., 2011. Salmonellosis. Available from: <http://emedicine.medscape.com/article/228174-overview>. [Accessed 19 september 2017].
- Levinson, W., 2008. Review of Medical Microbiology and Immunology, 10th edition. California: Mc Graw Hill: 133-142.
- Lawrie, R.A. 1991. *Meat Science. 4th Ed*. Oxford: Pergamon Press.
- Monsen T, Lövgren E, Widerström M, Walliner L. In vitro effect of ultrasound on bacteria and suggested protocol for sonication and diagnosis of prosthetic infections [Online]. *Journal of Clinical Microbiology*, Agustus 2009 [Diakses 16 november 2018] 47(8): 2496-501. Tersedia di: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2725697/pdf/2316-08.pdf>
- Martoharsono, S. 1994. *Biokimia*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Mansyur, Mas. 2010. Pengaruh Dosis Paparan Gelombang Utrasonik Terhadap Kematian Bakteri E Coli. *Jurnal LPPM*. Surabaya: Universitas Wijaya Kusuma.
- Murray, P.R., Rosenthal, K.S., and Pfaller, M.A., 2009. *Medical Microbiology*, 6th edition. Canada: Mosby Elsevier :301-309.
- Muchtadi D dan Betty SK. 1980. *Petunjuk Praktek Mikrobiologi Hasil Pertanian 2*. Jakarta: Departemen Pendidikan Tinggi dan Kebudayaan.
- Muslim, Choirul., Hawa, La Choviya., Argo, Dwi Bambang. 2013. *Pasteurisasi Non-Termal Pada Susu Sapi Segar untuk Inaktivasi*

Bakteri Staphylococcus aureus Berbasis Pulse Electric Field (PEF).
Malang: Universitas Brawijaya

Oginawati, K. 2008. Sanitasi Makanan dan Minuman. Bandung: Penerbit Institut Teknologi Bandung Press.

Pratiwi, Erni. 2011. Pemeriksaan salmonella. Diakses Di: <http://id.scribd.com/doc/54252133/Tugas-Bakter2>. Diakses Pada: 21 September 2017.

Profil Kesehatan Indonesia 2008. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia; 2009.

Qoriadawiyah. 2011. Demam Tipoid. (Online). [Http://Qoriadawiyah.Blogspot.Com./2011/10/Demamtipoid](http://qoriadawiyah.blogspot.com/2011/10/demamtipoid.html). Html, Diakses Pada Tanggal 20 September 2017.

Ramli, 2001. Perbandingan Jumlah Bakteri Pada Ayam Buras Sebelum dan Setelah Penyembelihan. Skripsi. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Syiah Kuala. Kuala Lumpur Malaysia.

Ray, Bibek. 2001. *Fundamental Food Microbiology, 2nd Edition*. Boca Raton: CRC Press.

Ryan KJ dan Ray CG. 2004. *Medical Microbiology, Sixth Edition*. New York. MC Graw Hill.

Romans, J.R., J.C. William, C.W. Carlos, L.G., Marion and K.W. Jones. 1994. *The Meat We Eat*. 13rd Ed. Interstate Publishers Inc. Danville. Illinois.

Runyan CM, Carmen JC, Beckstead BL, Nelson JL, Robinson RA, Pitt WG. Low-frequency ultrasound increases outer membrane permeability of *Pseudomonas aeruginosa*. *J. Gen. Appl. Microbiol.* 20 September 2006. [Diakses 12 november 2018]. Tersedia di: <http://assets0.pubget.com/pdf/17310073.pdf>

Sumarsih, S. 2003. Mikrobiologi Dasar. Yogyakarta: UPN Veteran.

Shihab, M. Quraish. 2000. Wawasan al-qur'an. Bandung: Mizan.

Soeparno. 1994. Ilmu dan Taknologi Daging. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Soeparno. 2005. Ilmu dan Taknologi Daging. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Soputan, J. 2004. Dendeng Sapi Sebagai Alternatif Pengawetan Daging. Bogor: IPB.
- Soeparno. 1998. Ilmu dan Teknologi Daging. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Suwandi, Ruddy, dkk. 2015. Aplikasi Gelombang Ultrasonik Sebagai Alternatif Untuk Mempertahankan Kesegaran *Fillet* Ikan Nila. Jurnal volume 8 FPIK. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Vladimir, Uversky N. 2007. *Conformational Stability, Size, Shape and Surface of Protein Molecules*. New York: Nova Science.
- Winata, Tiench Tirta. 2006. Makanan Dalam Perspektif Al-Qur'an Dan Ilmu Gizi. Jakarta: Balai Penerbit FKUI.
- WHO, Background Document: The Diagnosis, treatment and prevention of typhoid fever, 2003. Available from: http://whqlibdoc.who.int/hq/2003/WHO_V&B_03.07.pdf [Accessed 20 september 2017].

LAMPIRAN



LAMPIRAN 1 Data Hasil Koloni Bakteri *Salmonella Thyphi* Pada Frekuensi 40 kHz.

Tekanan (atm)	Suhu (°C)	Jumlah Bakteri (CFU/ml)			Rata-rata
		Ulangan I	Ulangan II	Ulangan III	
-	-				
0	0 mnt	14,7x10 ⁸	14,5x10 ⁸	14,1x10 ⁸	14,5x10 ⁸
	20 mnt	6,7x10 ⁸	6,8x10 ⁸	6,7x10 ⁸	6,7x10 ⁸
	40 mnt	6,1x10 ⁸	6,0x10 ⁸	6,1x10 ⁸	6,0x10 ⁸
	60 mnt	5,3x10 ⁸	5,1x10 ⁸	5,5x10 ⁸	5,4x10 ⁸
1	0 mnt				
	20 mnt	6,7x10 ⁸	6,9x10 ⁸	6,8x10 ⁸	6,9x10 ⁸
	40 mnt	6,4x10 ⁸	6,3x10 ⁸	6,1x10 ⁸	6,2x10 ⁸
	60 mnt	3,2x10 ⁸	3,1x10 ⁸	3,2x10 ⁸	3,1x10 ⁸
1,5	0 mnt				
	20 mnt	6,7x10 ⁸	6,5x10 ⁸	6,2x10 ⁸	6,4x10 ⁸
	40 mnt	5,6x10 ⁸	5,4x10 ⁸	5,2x10 ⁸	5,4x10 ⁸
	60 mnt	4,7x10 ⁸	4,3x10 ⁸	4,1x10 ⁸	4,3x10 ⁸
2,00	0 mnt				
	20 mnt	10,8x10 ⁸	10,5x10 ⁸	10,6x10 ⁸	10,6x10 ⁸
	40 mnt	11,6x10 ⁸	11,3x10 ⁸	11,5x10 ⁸	11,4x10 ⁸
	60 mnt	12,1x10 ⁸	12,3x10 ⁸	12,7x10 ⁸	14,5x10 ⁸

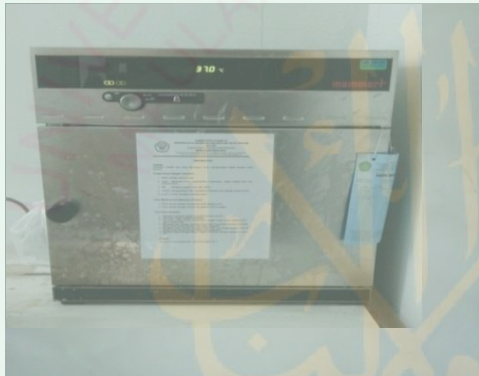
LAMPIRAN 2 FotoAlat Dan Bahan Penelitian



Media NA (*Nutrient Agar*)



Media NB (*Nutrient Broth*)



Inkubator



Aquades



Autoklaf



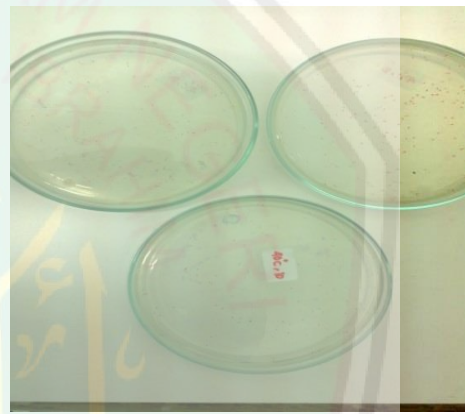
Vortex



Coloni Counter



Bakteri *salmonella thyphi* media NB



Koloni Bakteri



BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Moch Barun Nadzir
NIM : 12640024
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Fisika
Judul Skripsi : Pengaruh Kombinasi Paparan Gelombang Ultrasonik
Dan Tekanan Terhadap Pertumbuhan Bakteri
Salmonella Thyphi Pada Daging
Pembimbing I : Drs. H. Mokhammad Tirono, M.Si
Pembimbing II : Umayyatus Syarifah, M.A

NO	TANGGAL	MATERI	TANDA TANGAN
1	18 Desember 2017	Konsultasi Bab I, dan II	
2	20 Desember 2017	Konsultasi Bab III	
3	08 November 2018	Konsultasi Kajian Al-Quran Bab I	
4	12 November 2018	Konsultasi Kajian Al-Quran, Bab I-II	
5	05 November 2018	Konsultasi Bab IV	
6	13 November 2018	Konsultasi Kajian Al-Quran, Bab I, II dan IV	
7	19 November 2018	Konsultasi Bab IV dan V	
8	29 November 2018	Konsultasi kajian agama dan Acc	
9	03 Desember 2018	Konsultasi semua Bab, Abstrak dan Acc	

Malang, 27 Desember 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

Drs. Abdul Basid, M.Si

NIP. 19650504 199003 1 003