



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH WAKTU PAJANAN FREKUENSI SUARA
DALAM RENTANG AUDIOSONIK TERHADAP
VIABILITAS *Staphylococcus aureus***

SKRIPSI

**MARSHAL
0806324154**

**FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS INDONESIA
KEDOKTERAN UMUM
JAKARTA
JULI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH WAKTU PAJANAN FREKUENSI SUARA
DALAM RENTANG AUDIOSONIK TERHADAP
VIABILITAS *Staphylococcus aureus***

SKRIPSI

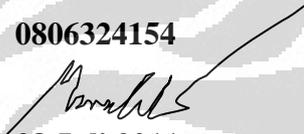
**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Kedokteran**

**MARSHAL
0806324154**

**FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS INDONESIA
KEDOKTERAN UMUM
JAKARTA
JULI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Marshal
NPM : 0806324154
Tanda Tangan : 
Tanggal : 28 Juli 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Marshal
NPM : 0806324154
Fakultas : Kedokteran
Judul Skripsi : Pengaruh Waktu Paparan Frekuensi Suara dalam Rentang Audiosonik terhadap Viabilitas *Staphylococcus aureus*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Kedokteran pada Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dra. Conny Riana Tjampakasari, MS, DMM (.....)

Penguji : Dra. Conny Riana Tjampakasari, MS, DMM (.....)

Penguji : Dra. Betti Ernawati Dewi, PhD (.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 28 Juli 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan YME karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian “Pengaruh Waktu Paparan Frekuensi Suara dalam Rentang Audiosonik terhadap Viabilitas *Staphylococcus aureus*”. Penelitian ini dibuat sebagai salah satu syarat kelulusan tingkat Sarjana Kedokteran pada Program Pendidikan Dokter Umum Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

Penelitian mengenai bakteri merupakan suatu hal yang sangat diperlukan dalam dunia kedokteran mengingat banyaknya hubungan dunia medis dengan bakteri. Oleh karena itu perlu banyak diteliti lebih lanjut mengenai viabilitas dari bakteri, karena viabilitas suatu bakteri dipengaruhi oleh berbagai faktor dari lingkungannya, salah satu faktornya ialah paparan frekuensi suara.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh paparan frekuensi suara terhadap viabilitas bakteri, akan tetapi kebanyakan penelitian dilakukan dengan frekuensi ultrasonik. Penulis di sini melakukan percobaan dengan tingkat frekuensi yang berbeda dan dalam waktu tertentu dengan harapan mengetahui pengaruh paparan frekuensi tersebut terhadap viabilitas bakteri.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Dra. Conny Riana Tjampakasari, MS, DMM yang telah meluangkan waktunya untuk mengarahkan dan membimbing penelitian ini. Tanpa bantuan beliau penelitian ini tentu tidak akan berlangsung dengan baik;
2. Dr. dr. Saptawati Bardosono, MS, SpGK sebagai Ketua Modul Riset FKUI yang telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian ini;
3. Departemen Mikrobiologi FKUI yang menyediakan sarana serta prasarana untuk mendukung jalannya penelitian ini;
4. Pak Syarif dan Pak Aan yang telah membantu kelancaran pengerjaan eksperimen di laboratorium;
5. Sesama rekan penelitian penulis, Agatha Grace, Angela Marcellina, Marlene Irawan, Naldo Sofian dan Ricky Tjahjadi yang bersama penulis mengerjakan

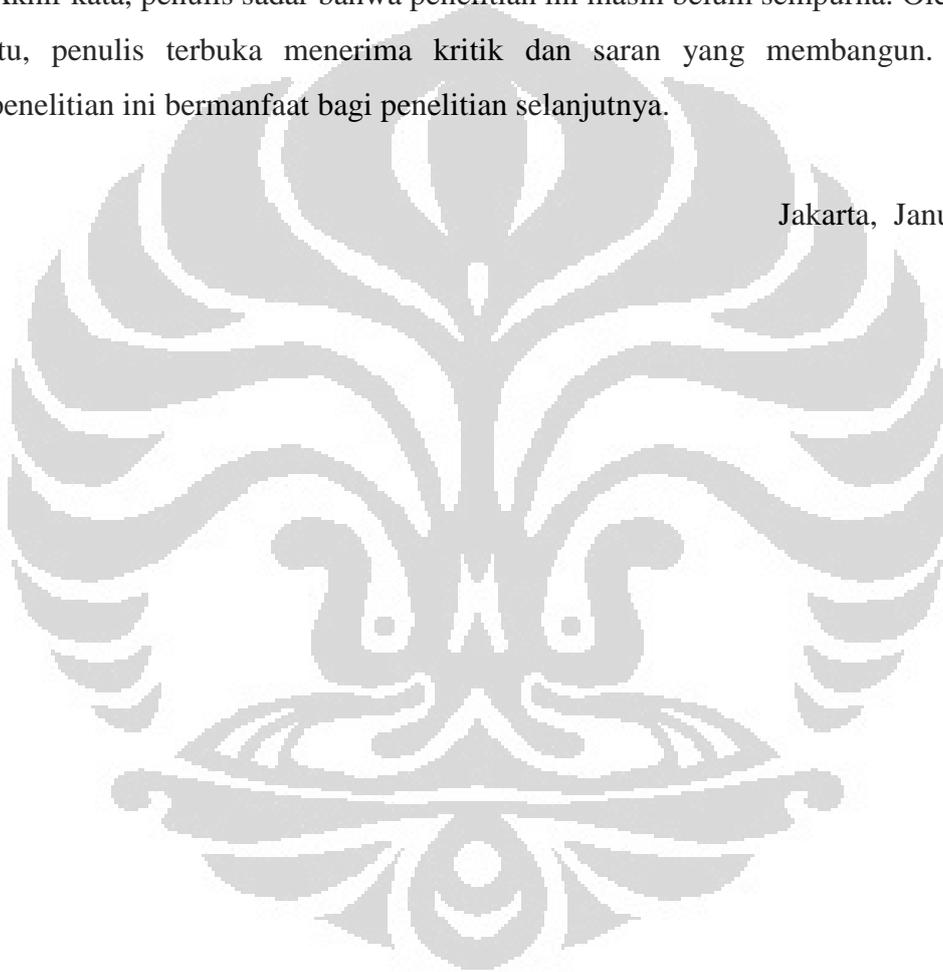
penelitian kelompok sehingga menghasilkan lima penelitian serupa bersama penelitian ini;

6. Keluarga dan teman-teman sejawat yang telah mendukung baik dalam segi moril maupun material;
7. Pihak-pihak lain yang tidak disebutkan yang juga mendukung terealisasinya penelitian ini.

Akhir kata, penulis sadar bahwa penelitian ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis terbuka menerima kritik dan saran yang membangun. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi penelitian selanjutnya.

Jakarta, Januari 2010

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Marshal
NPM : 0806324154
Fakultas : Kedokteran
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-Exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Pengaruh Waktu Paparan Frekuensi Suara dalam Rentang Audiosonik terhadap Viabilitas *Staphylococcus aureus*

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Jakarta

Pada tanggal: 28 Juli 2011

Yang menyatakan,



Marshal

ABSTRAK

Nama : Marshal
Fakultas : Kedokteran
Judul : Pengaruh Waktu Pajanan Frekuensi Suara dalam Rentang
Audiosonik terhadap Viabilitas *Staphylococcus aureus*.

Penelitian ini membahas viabilitas bakteri *Staphylococcus aureus* terhadap pajanan gelombang audiosonik sebesar 7kHz selama 10 dan 30 detik. Proses penelitian ini dimulai dengan pembuatan kultur bakteri *Staphylococcus aureus* pada media agar nutrisi kemudian dipindahkan dalam media *Brain Heart Infusion* (BHI) untuk diberikan pajanan gelombang audiosonik. Setelah selesai diberi pajanan bakteri di inkubasi dan dipindahkan ke media *Plate Count Agar* (PCA) untuk dinilai viabilitasnya dengan metode *Total plate Count*. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan viabilitas *Staphylococcus aureus* sebesar 97,8% pada pajanan 10 detik bila dibandingkan dengan kontrol dan 288% pada pajanan 30 detik. Hasil ini menunjukkan bahwa pajanan gelombang audiosonik memberikan pengaruh positif terhadap viabilitas *Staphylococcus aureus*.

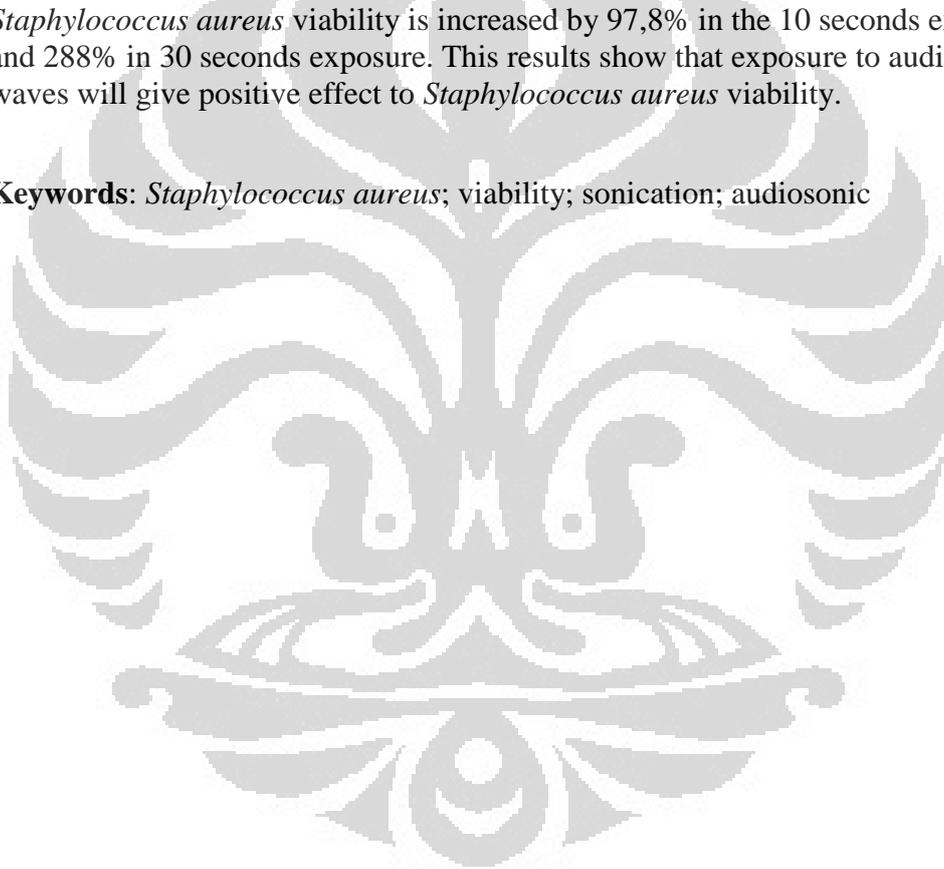
Kata kunci: *Staphylococcus aureus*; viabilitas; sonikasi; audiosonik.

ABSTRACT

Name : Marshal
Faculty : Medicine
Title : The Effect of Prolong Duration Audiosonic Soundwaves on the *Staphylococcus aureus* Viability.

This study discuss about the effect of sonification using 7 kHz audiosonic wave within two different duration 10 and 30 seconds to viability of *Staphylococcus aureus*. This bacteria first cultured in nutrition agar and then transferred to another media, Brain Heart Infusion (BHI) before exposed to the audiosonic waves. After exposure to the wave the bacteria transferred again to Plate Count Agar (PCA) media, for the counting purpose using the Total Plate Count. This study shows that *Staphylococcus aureus* viability is increased by 97,8% in the 10 seconds exposure and 288% in 30 seconds exposure. This results show that exposure to audiosonic waves will give positive effect to *Staphylococcus aureus* viability.

Keywords: *Staphylococcus aureus*; viability; sonication; audiosonic



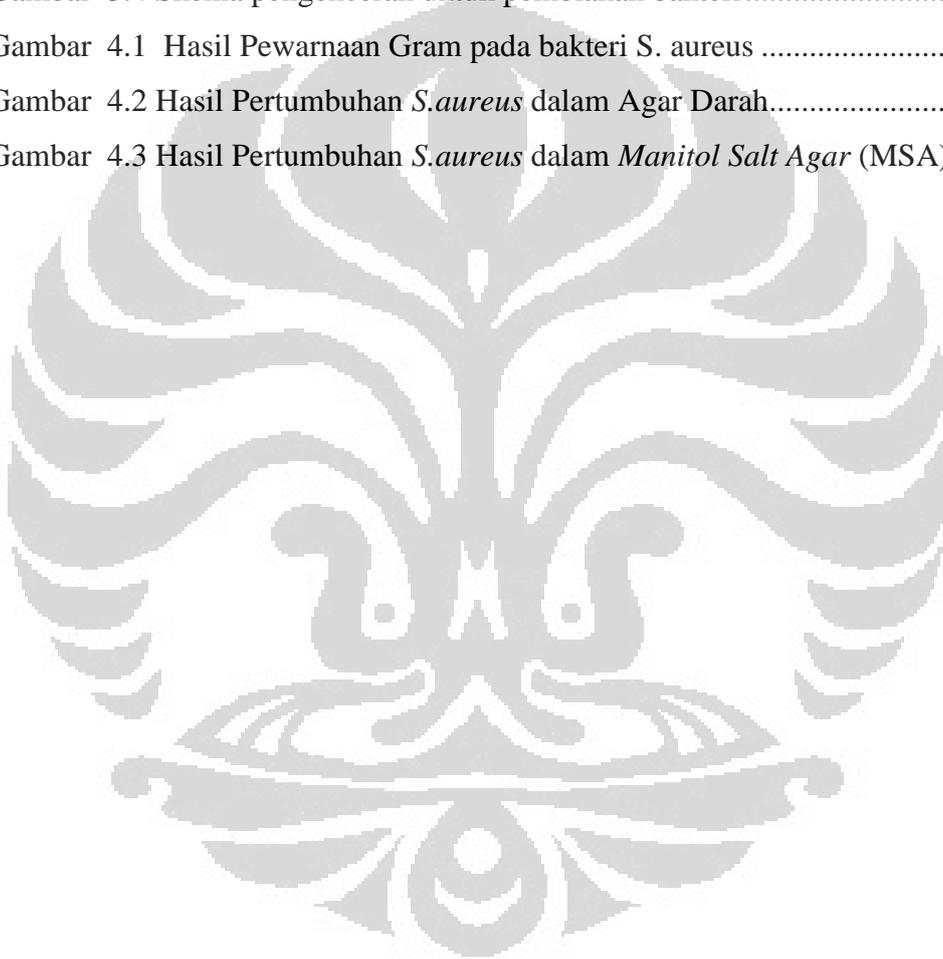
DAFTAR ISI

PENGARUH WAKTU PAJANAN FREKUENSI SUARA DALAM RENTANG AUDIOSONIK TERHADAP.....	I
VIABILITAS <i>STAPHYLOCOCCUS AUREUS</i>	I
PENGARUH WAKTU PAJANAN FREKUENSI SUARA DALAM RENTANG AUDIOSONIK TERHADAP.....	I
VIABILITAS <i>STAPHYLOCOCCUS AUREUS</i>	I
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	II
HALAMAN PENGESAHAN.....	III
KATA PENGANTAR.....	IV
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	VI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	VI
ABSTRAK	VII
DAFTAR ISI.....	IX
DAFTAR GAMBAR.....	XI
DAFTAR TABEL	XII
BAB 1	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Hipotesis	2
1.4. Tujuan	2
1.4.1 Tujuan Umum.....	2
1.4.2 Tujuan Khusus.....	2
1.5. Manfaat	3
1.5.1 Manfaat Bagi Peneliti	3
1.5.2 Manfaat Bagi Institusi	3
1.5.3 Manfaat Bagi Paramedis dan Pihak Terkait	3
1.5.4 Manfaat Bagi Masyarakat.....	3
BAB 2	4
2.1 Sel 4	
2.1.1 Tipe Sel.....	4
2.2 Bakteri.....	4
2.2.1 Struktur Bakteri	5
2.2.2 <i>Staphylococcus aureus</i>	9
2.3 Kondisi yang mempengaruhi viabilitas bakteri	13
2.3.1 Nutrisi.....	13
2.3.2 Lingkungan.....	14
2.3.3 Media biakan	16
2.4 Viabilitas bakteri	17
2.5 Sonikator	17

2.6 Pengaruh gelombang terhadap bakteri.....	17
BAB 3	19
3.1 Desain Penelitian	19
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.3 Bahan, Alat Penelitian dan Cara Kerja	19
3.3.1 Bahan.....	19
3.3.2 Alat	19
3.3.3 Langkah Kerja	21
3.4 Identifikasi Variabel.....	26
3.5 Definisi operasional	26
3.6 Alur penelitian	27
3.7 Rencana manajemen dan analisis data	27
3.8 Etika penelitian	27
BAB 4	28
4.1 Karakteristik Bakteri	28
4.2 Hasil Perhitungan Viabilitas	29
BAB 5	31
5.1 Perbandingan viabilitas bakteri kontrol dengan yang diberikan pajanan ...	31
5.2 Perbandingan viabilitas bakteri perlakuan f1 dengan f2	32
BAB 6	33
6.1 Kesimpulan	33
6.2 Saran	33
DAFTAR REFERENSI	34

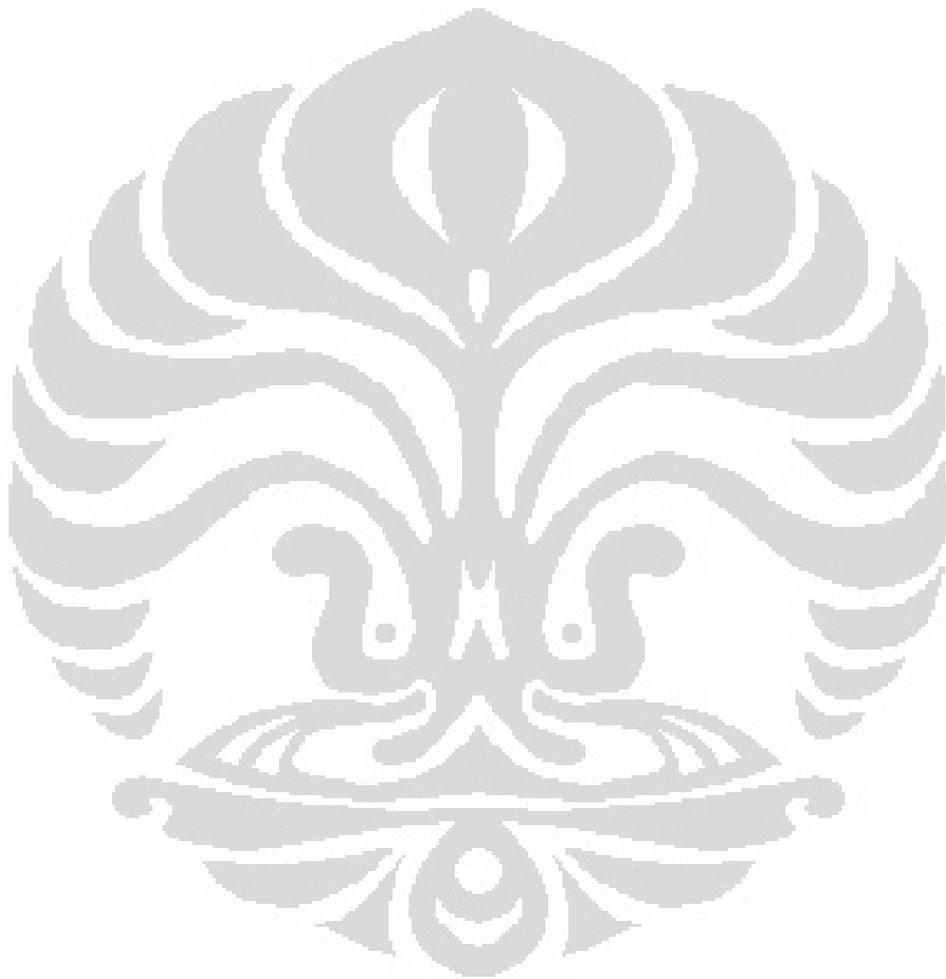
DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Lemari inkubator untuk menjaga suhu tertentu bagi pertumbuhan bakteri	20
Gambar 3.2 Agar <i>Plate Count Agar</i> (PCA) dalam kolf.....	23
Gambar 3.1 Lemari inkubator untuk menjaga suhu tertentu bagi pertumbuhan bakteri	24
Gambar 3.4 Skema pengenceran untuk pembiakan bakteri.....	25
Gambar 4.1 Hasil Pewarnaan Gram pada bakteri <i>S. aureus</i>	28
Gambar 4.2 Hasil Pertumbuhan <i>S.aureus</i> dalam Agar Darah.....	29
Gambar 4.3 Hasil Pertumbuhan <i>S.aureus</i> dalam <i>Manitol Salt Agar</i> (MSA)	29



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil perhitungan jumlah koloni *Staphylooccus aureus*29



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Infeksi merupakan suatu masalah yang sudah lama menjadi permasalahan utama di berbagai negara khususnya dalam bidang kesehatan. Kasus-kasus infeksi ini sampai sekarang masih banyak ditemukan khususnya di negara-negara berkembang dan bahkan merupakan menjadi penyakit yang menjadi masalah serius dalam negara tersebut. Banyaknya masalah infeksi ini meningkatkan kekhawatiran masyarakat umum, khususnya infeksi bakteri yang berat sehingga diperlukan tindakan yang tepat dalam mengatasi masalah tersebut.¹

Sebagian dari masalah infeksi yang ada disebabkan karena adanya suatu bakteri maupun virus ke dalam tubuh orang yang sakit. Pada umumnya infeksi bakteri lebih sulit diberantas karena sifatnya yang akan bertumbuh terus apabila keadaan menguntungkan, tidak seperti virus yang sebagian masih bersifat *self limiting*. Semakin banyaknya masalah infeksi menunjukkan betapa pentingnya dilakukan penelitian terhadap mikroorganisme tersebut. Peneliti disini memilih melakukan penelitian terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* karena banyaknya kasus infeksi bakteri ini di seluruh dunia.^{1,2}

Telah banyak dilakukan penelitian mengenai bakteri *Staphylococcus aureus*, karena bakteri ini merupakan spesies bakteri yang sering menyebabkan masalah infeksi dalam masyarakat dan masih terus diteliti perkembangannya, akan tetapi sampai sekarang masih banyak hal yang tidak diketahui mengenai bakteri ini, seperti halnya pemaparan frekuensi suara terhadap viabilitas bakteri ini. Beberapa penelitian lain pada bakteri lain seperti *E Coli* dengan pemberian gelombang suara menunjukkan adanya peningkatan jumlah koloni, sedangkan pada penelitian Brueuing menunjukkan bahwa pemaparan gelombang ultrasonik pada *Staphylococcus aureus* menyebabkan penurunan jumlah koloninya.^{1,2,3,4}

Berdasarkan hal tersebut peneliti merasa perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai bakteri *Staphylococcus aureus* dan bagaimanakah hubungannya pemberian gelombang audiosonik dalam waktu yang berbeda terhadap viabilitas bakteri tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh pemberian frekuensi 7 kHz selama 10 detik terhadap viabilitas *Staphylococcus aureus*?
2. Bagaimana pengaruh pemberian frekuensi 7 kHz selama 30 detik terhadap viabilitas *Staphylococcus aureus*?
3. Bagaimana perbandingan viabilitas bakteri *Staphylococcus aureus* yang diberi frekuensi 7 kHz selama 10 detik dengan yang diberi frekuensi 7 kHz selama 30 detik?

1.3 Hipotesis

1. Pemberian gelombang dengan frekuensi 7 kHz selama 10 detik akan meningkatkan viabilitas bakteri *Staphylococcus aureus*.
2. Pemberian gelombang dengan frekuensi 7 kHz selama 30 detik akan meningkatkan viabilitas bakteri *Staphylococcus aureus*.
3. Viabilitas bakteri *Staphylococcus aureus* yang diberikan frekuensi 7 kHz selama 10 detik akan lebih tinggi dibandingkan dengan viabilitas bakteri *Staphylococcus aureus* yang diberikan frekuensi 7 kHz selama 30 detik.

1.4 Tujuan

1.4.1 Tujuan Umum

Mengetahui pengaruh frekuensi terhadap viabilitas bakteri *Staphylococcus aureus* dalam upaya untuk mengetahui metode pembiakan yang efisien untuk mempermudah penelitian selanjutnya mengenai bakteri tersebut.

1.4.2 Tujuan Khusus

1. Diketuainya karakteristik bakteri *Staphylococcus aureus* yang digunakan dalam penelitian
2. Diketuainya pengaruh pemberian frekuensi 7 kHz selama 10 detik terhadap viabilitas *Staphylococcus aureus*.
3. Diketuainya pengaruh pemberian frekuensi 7 kHz selama 30 detik terhadap viabilitas *Staphylococcus aureus*.

4. Diketuinya metode pembiakan bakteri *Staphylococcus aureus* yang lebih baik antara pemberian frekuensi 7 kHz dalam waktu 10 detik dan 30 detik.

1.5 Manfaat

1.5.1 Manfaat Bagi Peneliti

1. Sebagai sarana pelatihan dan pembelajaran melakukan penelitian di bidang kesehatan masyarakat.
2. Melatih kemampuan dan pengetahuan dalam bidang mikrobiologi kedokteran.
3. Mengembangkan kemampuan berpikir analitis, kritis, dan sistematis dalam mengidentifikasi permasalahan di bidang kesehatan masyarakat.
4. Mengaplikasikan ilmu pengetahuan, baik medik maupun non-medik yang telah didapat selama mengikuti pendidikan di Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia (FKUI) ke dalam komunitas.

1.5.2 Manfaat Bagi Institusi

1. Mengamalkan Tri Darma Perguruan Tinggi dalam melaksanakan fungsi perguruan tinggi sebagai lembaga penyelenggara pendidikan, penelitian, dan pengabdian masyarakat.
2. Turut berperan serta dalam rangka mewujudkan visi FKUI 2010 sebagai universitas riset.
3. Meningkatkan kerjasama yang harmonis serta komunikasi antara mahasiswa dan staf pengajar FKUI

1.5.3 Manfaat Bagi Paramedis dan Pihak Terkait

Memberikan informasi mengenai teknik pengembangbiakan bakteri yang lebih efisien untuk penelitian berikutnya.

1.5.4 Manfaat Bagi Masyarakat

Memberikan informasi kepada masyarakat mengenai bakteri *Staphylococcus aureus*.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sel

Berdasarkan pembagian dalam ilmu biologi, sel merupakan gabungan dari substansi-substansi sederhana yang dapat hidup. Sel sendiri terdiri atas berbagai macam jenis yang berbeda dengan sifat yang berbeda. Sel merupakan struktur penyusun dari makhluk hidup. Suatu makhluk hidup dapat terdiri dari banyak sel, seperti hewan, tumbuhan dan manusia, ataupun hanya satu sel seperti bakteri.⁵

2.1.1 Tipe Sel

Sel berdasarkan fungsi dan strukturnya dapat digolongkan menjadi dua tipe, yaitu sel eukariotik dan sel prokariotik. Kedua sel ini secara umum memiliki struktur dan organel yang sama. Perbedaan utama dari kedua sel ini adalah letak dari DNANYa. Pada sel eukariot DNANYa terletak pada suatu organel yang dikenal sebagai nukleus, yang merupakan organel yang dilapisi membran ganda. Pada sel prokariot DNANYa tidak berada dalam suatu organel melainkan hanya terkumpul dalam suatu daerah yang tidak terbungkus membran disebut nukleoid. Selain itu sel prokariotik juga tidak memiliki organel-organel seperti halnya pada sel eukariotik. Sel-sel prokariotik juga memiliki perbedaan pada dinding selnya. Pada sel prokariotik dinding selnya memiliki suatu substansi asam amino dan gula yang disebut peptidoglikan, yang tidak dimiliki oleh sel eukariot.⁵

Setiap jenis makhluk hidup umumnya terdiri atas salah satu tipe sel ini. Pada sel tingkat rendah seperti bakteri dan *Arachea*, sel penyusunnya adalah sel prokariotik, sedangkan pada sel tingkat tinggi seperti manusia terdiri atas sel eukariot.⁵

2.2 Bakteri

Bakteri merupakan suatu organisme yang termasuk ke dalam golongan prokariotik. Organisme ini umumnya bersifat uniseluler, meskipun pada beberapa spesies bakteri hidup bersama dengan membentuk koloni. Sel prokariotik ini umumnya memiliki diameter sekitar 0,5-5 μ m, sementara sel eukariotik berdiameter 10-100 μ m. Bakteri sendiri memiliki berbagai macam klasifikasi dari

bentuk dan struktur selnya. Bentuk bakteri yang paling sering ditemukan adalah bentuk kokus, batang dan spiral. Selain bentuknya beberapa bakteri dapat menyusun dirinya ke dalam berbagai susunan seperti berpasang-pasangan, membentuk rantai, ataupun membentuk kumpulan seperti anggur. Keadaan ini dipengaruhi dari orientasi dan tingkat penempelan bakteri saat melakukan pembelahan. Susunan seperti ini sering terjadi pada bakteri kokus, pada bakteri lainnya susunan seperti ini tidak terlalu memiliki arti.

Dalam bidang medis, bakteri dibagi menjadi dua tipe yaitu, bakteri gram negatif dan gram positif. Kedua jenis bakteri ini dibedakan atas dasar perbedaan dinding selnya.⁵

2.2.1 Struktur Bakteri

2.2.1.1 Dinding Sel

Dinding sel merupakan komponen terluar dari bakteri pada umumnya. Dinding sel ini memegang peranan penting dalam menjaga bentuk sel, menyediakan perlindungan pada sel dan mencegah sel pecah pada keadaan yang hipotonis. Pada sebagian bakteri dinding selnya memiliki struktur tambahan seperti kapsul, flagel, dan pili.⁵

Dinding sel merupakan struktur berlapis-lapis yang terletak diluar membran sitoplasma. Dinding sel ini tersusun atas peptidoglikan pada lapisan dalamnya, sedangkan pada lapisan luar dinding sel umumnya ada perbedaan tergantung tipe bakterinya. Peptidoglikan disini memberikan sokongan struktural sekaligus menjaga bentuk dari selnya.

Dinding sel pada bakteri gram negatif memiliki perbedaan dengan dinding sel bakteri gram positif, baik dari struktur, komposisi kimia dan ketebalannya. Pada bakteri gram positif lapisan peptidoglikanya jauh lebih tebal dibandingkan pada bakteri gram negatif. Sebaliknya pada dinding sel bakteri gram negatif susunan dindingnya lebih kompleks dibanding pada gram positif. Dinding sel bakteri gram negatif terdiri atas lipopolisakarida, lipoprotein dan fosfolipid, selain itu bakteri gram negatif juga memiliki ruangan periplasma yang terletak diantara membran luar dengan membran sitoplasmanya. Perbedaan lainnya pada bakteri gram positif mengandung asam teikoat dan asam teikuronat yang menjadi komponen utama dinding sel bakteri gram positif.

Fungsi dinding sel selain untuk mempertahankan bentuk ataupun struktur bakteri, juga memiliki beberapa kegunaan lain seperti sebagai penyimpan *endotoxin* dalam bakteri gram negatif, sebagai tempat antigen berada, dan juga sebagai tempat pengaturan masuknya molekul hidrofilik kecil ke dalam sel melalui protein *porin*.^{5,6,7}

- **Peptidoglikan**

Peptidoglikan adalah suatu polimer kompleks yang membentuk suatu jaringan kompleks yang menyelubungi seluruh permukaan sel. Setiap jaringan ini tersusun dengan cara berikatan kovalen tunggal. Struktur ini hanya ditemukan pada dinding sel bakteri, dan tentunya berfungsi untuk menjaga kestabilan struktur serta memberikan kemampuan sel untuk bertahan dari keadaan osmotik yang rendah. Peptidoglikan terdiri atas peptida dan gula, peptidoglikan juga sering dikenal sebagai murein dan mukopeptida. Struktur peptidoglikan disusun oleh suatu rangka yang dibentuk dari kombinasi molekul *N-acetylmuramic acid* dan *N-acetylglucosamine*. Rangka ini sama pada semua bakteri, yang membedakan struktur peptidoglikan antar suatu bakteri dengan bakteri yang lain adalah struktur tetrapeptida dan ikatan silangnya. Tetrapeptida merupakan susunan asam amino yang menjadi penghubung dengan rangka lainnya menggunakan ikatan silang. Peptidoglikan ini hanya dapat ditemukan pada bakteri dan tidak ditemukan pada manusia, hal ini dimanfaatkan untuk keperluan penelitian dan penggunaan antibiotik.^{6,7}

- **Komponen Khusus Dinding Sel Gram Positif**

Komponen dinding sel gram positif terutama terdiri atas asam teikoat dan asam teikuronat yang jumlahnya mencapai setengah dari berat kering dinding sel bakteri tersebut.^{6,7}

- Asam teikoat dan asam teikuronat

Kedua asam ini merupakan suatu struktur polimer larut air yang berguna untuk menjadi penyusun dinding sel. Struktur polimer itu sendiri terdiri atas residu ribitol atau gliserol yang disatukan dengan ikatan fosfodiester yang membawa satu atau lebih asam amino ataupun gula. Kedua asam ini memiliki struktur yang hampir sama satu sama lain, keduanya sama-sama terdiri dari polimer yang sama tetapi pada asam teikuronat, asam fosfat yang terdapat pada

asam teikoat diganti menjadi gula asam (misalnya *N-acetyl – mannosuronic acid* atau *D-glucosuronic acid*).

Fungsi utama dari asam teikoat dan asam teikuronat masih belum diketahui secara jelas sampai sekarang. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa memiliki fungsi untuk mengikat ion magnesium dan kemungkinan fungsinya berupa menjaga suplai ion ke dalam sel. Selain kemungkinan berperan dalam menjaga suplai ion kemungkinan asam teikoat dan asam teikuronat berperan dalam menjaga kestabilan selubung sel.^{6,7}

- **Polisakarida**

Polisakarida juga merupakan salah satu bahan penyusun dari dinding sel. Berdasarkan hasil percobaan hidrolisis dari dinding sel bakteri gram positif menunjukkan adanya gula netral seperti mannosa, arabinosa, galaktosa, rhamnosa, dan glukosamin, serta adanya gula asam seperti asam glukuronat dan *mannuronic acid*. Kemungkinan gula ini berasal dari struktur asam teikoat dan asam teikuronat yang terdapat pada dinding sel.^{6,7}

2.2.1.2 Membran sitoplasmik

Membran sitoplasma merupakan struktur bakteri yang tepat berada di bawah dinding sel. Membran plasma ini tersusun dari lapisan fosfolipid yang ditemukan serupa pada sel-sel eukariotik. Perbedaan utama membran ini dengan membran sel pada sel eukariot terdapat pada kandungan sterol, yang tidak dimiliki organisme prokariotik secara umum.

Membran ini memiliki empat fungsi utama yaitu sebagai sarana transpor aktif molekul-molekul ke dalam sel, sebagai penghasil energi dengan fosforilasi oksidatif, pensintesis prekursor untuk dinding sel dan sekresi dari enzim dan toxin.^{6,7}

2.2.1.3 Mesosom

Mesosom merupakan invaginasi dari membran sitoplasmik yang berfungsi dalam pembelahan sel. Mesosom di sini berperan sebagai asal mula dari septum transversum yang membelah sel menjadi dua bagian sekaligus sebagai tempat penempelan DNA untuk anak-anak selnya.^{6,7}

2.2.1.4 Sitoplasma

Sitoplasma merupakan ruangan plasma yang terdapat dalam membran

plasma. Sitoplasma didalamnya terkandung berbagai macam organel yang berperan dalam menjalankan fungsi sel. Melalui pemeriksaan mikroskop elektron ditunjukkan adanya dua macam area pada sitoplasma, area yang amorf yang di dalamnya terdapat organel seperti ribosom, granul nutrien, metabolit dan plasmid, dan area dalam yang merupakan tempat adanya nukleoid yang mengandung DNA di dalamnya.⁷

2.2.1.5 Ribosom

Ribosom bakteri merupakan tempat sintesis protein utama layaknya pada seleukariotik. Perbedaan utama antara ribosom bakteri dan eukariot terletak pada ukuran dan komposisi kimiawinya. Selain itu ribosom pada bakteri masih dapat dipengaruhi berbagai zat seperti antibiotik yang dapat menyebabkan gangguan sintesis protein pada bakteri.⁷

2.2.1.6 Granul

Granul pada sitoplasma berfungsi sebagai tempat penyimpanan zat-zat khususnya nutrien pada bakteri. Selain untuk penyimpanan nutrien granul juga dapat bekerja dalam menyimpan zat-zat pewarna yang dimanfaatkan untuk melakukan pewarnaan pada bakteri.⁷

2.2.1.7 Nukleoid

Nukleoid merupakan suatu area dalam sitoplasma yang merupakan tempat terletaknya DNA dari bakteri. Nukleoid berbeda dengan struktur nukleus pada sel eukariotik pada nukleoid tidak terdapat membran nukleus, nukleolus, *mitotic spindle*, dan histon. Perbedaan lainnya adalah pada DNA bakteri dengan DNA sel eukariotik tidak terdapat intron sebagaimana pada DNA sel eukariotik.⁷

2.2.1.8 Plasmid

Plasmid merupakan molekul DNA sirkuler yang umumnya terletak di luar nukleoid atau ekstrakromosomal. Plasmid ini terletak baik pada bakteri gram positif maupun gram negatif. Plasmid sendiri memiliki beberapa tipe yaitu plasmid yang *transmissible* dan yang *nontransmissible*. Plasmid *transmissible* merupakan plasmid yang dapat dipindahkan dari satu sel ke sel lainnya. Ukuran dari plasmid ini cukup besar bila dibandingkan dengan plasmid lainnya karena plasmid ini banyak mengandung gen-gen yang berperan penting untuk sintesis protein dan

juga enzim-enzim yang diperlukan untuk dikirim ke bakteri lain. Plasmid ini dapat ditemukan satu sampai tiga salinan dalam satu sel. Berbeda dengan plasmid *nontransmissible* plasmid ini cenderung kecil bila dibandingkan dengan yang *transmissible* dan tidak dapat dikirimkan ke sel lainnya. Umumnya dalam satu sel dapat ditemukan 10-60 salinan plasmid *nontransmissible*.

Plasmid ini memiliki berbagai kegunaan yang dimanfaatkan bakteri dalam berlangsung hidup seperti:

- menghasilkan enzim yang dapat menahan antibiotik,
- menghasilkan enzim untuk mempertahankan diri dari logam berat, memberikan ketahanan terhadap sinar UV dengan melakukan perbaikan terhadap DNA yang mengalami kerusakan akibat sinar UV
- Plasmid juga berperan dalam membentuk pili yang memediasi penempelan bakteri ke sel epitel
- Plasmid juga berperan dalam menghasilkan eksotoksin.⁷

2.2.1.9 Transposon

Transposon merupakan bagian DNA yang unik yang memiliki kemampuan untuk berpindah antara satu DNA ke DNA lainnya. Transposon ini mengkode berbagai macam protein termasuk enzim-enzim yang dapat berperan dalam memberikan resistensi terhadap obat, toxin dan enzim metabolik, selain itu transposon juga dapat menyebabkan mutasi gen sebagai akibat dari masuknya DNA transposon tersebut. Berbeda dengan plasmid yang memiliki kemampuan melakukan replikasi sendiri, transposon memerlukan DNA lain yang menjadi resipiennya untuk dapat melakukan replikasi.⁷

2.2.2 *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus merupakan salah satu dari 30 jenis bakteri *Staphylococcus* yang memiliki kaitan erat dalam bidang medis. Infeksi dari *Staphylococcus aureus* sendiri merupakan salah satu infeksi bakteri tersering yang dapat membahayakan nyawa manusia. Berdasarkan pengamatan di negara maju seperti Amerika Serikat masih terdapat kasus penyakit infeksi yang disebabkan *Staphylococcus aureus*. Sekitar 400.000 pasien rumah sakit terinfeksi *Staphylococcus aureus* dan sekitar 100.000 diantaranya meninggal karena komplikasi infeksi.^{2,6,7}

2.2.2.1 Struktur dan Morfologi

Staphylococcus aureus merupakan sel bakteri gram positif berbentuk bulat yang umumnya ditemukan dalam bentuk kelompok seperti anggur sesuai dengan namanya *staphyle* yang berarti anggur dan *cocci* yang berarti bulat. Semua bakteri *Staphylococcus* umumnya berukuran 1µm, bersifat nonmotil, tidak membentuk spora dan menghasilkan katalase yang bertujuan untuk mendegradasi hidrogen peroxidase, salah satu sifat yang membedakan bakteri *Staphylococcus aureus* dari bakteri *Staphylococcus* yang lain adalah dengan melihat ada tidaknya reaksi koagulasi positif diantara bakteri *Staphylococcus* lainnya. Pada *Staphylococcus aureus* reaksi koagulasi menunjukkan hasil positif.⁷

2.2.2.2 Pemiakan dan Karakteristik Viabilitas

Staphylococcus aureus dapat tumbuh dengan baik dalam berbagai media kultur bakteriologi yang memiliki suasana aerobik atau mikroaerofilik. *Staphylococcus aureus* dapat tumbuh dalam berbagai cakupan suhu yang luas sekitar 15-45°C, akan tetapi untuk mendapatkan pertumbuhan yang optimal atau viabilitas terbaik, dalam pembiakan dibutuhkan suhu 37°C. Pada media pembiakan koloni *Staphylococcus aureus* akan membentuk gambaran bulat, lembut dan mengkilap berwarna abu-abu hingga kekuningan.

Staphylococcus aureus tahan terhadap berbagai macam kondisi seperti keadaan kering, panas (sekitar 50°C selama 30 menit) dan natrium klorida 9%, akan tetapi viabilitasnya akan mengalami perlambatan apabila diberi bahan kimia seperti heksaklorofen 3%. Kemampuan *Staphylococcus aureus* dalam kondisi-kondisi tersebut dikarenakan ketebalan dinding selnya yang sangat tebal bila dibandingkan dengan bakteri lainnya. Dinding sel yang tebal memungkinkan *Staphylococcus aureus* memiliki tekanan internal yang tinggi dibandingkan bakteri lainnya. Kedua keadaan ini juga menyebabkan sulitnya obat antibakterial untuk masuk ke dalam sel dan membunuh *Staphylococcus aureus*.

Staphylococcus aureus seperti bakteri *Staphylococcus* lainnya memproduksi enzim katalase, memfermentasi karbohidrat dan menghasilkan asam laktat tetapi tidak menghasilkan gas. Produksi katalase ini membedakan bakteri *Staphylococcus* dengan bakteri lainnya seperti *Streptococcus*.^{6,7}

2.2.2.3 Resistensi terhadap Antimikrobia

Staphylococcus aureus memiliki ketahanan yang berbeda-beda terhadap berbagai antimikroba, beberapa antimikroba lini awal terkadang masih dapat digunakan untuk *Staphylococcus aureus* akan tetapi semakin bertambah seringnya penggunaan obat *Staphylococcus aureus* menjadi semakin resisten terhadap antimikroba yang sederhana. Sekitar 90% dari *Staphylococcus aureus* mengandung plasmid yang mengkode enzim β -lactamase yang mendegradasi sebagian besar penisilin seperti penisilin G, ampisilin, tikarsilin dan obat sejenisnya. *Staphylococcus aureus* selain mengandung β -lactamase sebagian *Staphylococcus aureus* juga memiliki resistensi dengan antimikroba seperti nafsilin dan metisilin dengan mempengaruhi kerja dari PBP (*penicillin binding protein*) yang merupakan tempat penempelan penisilin pada bakteri. Pada strain *Staphylococcus aureus* tertentu dapat ditemukan *Staphylococcus aureus* yang memiliki penurunan sensitifitas terhadap antimikroba *vancomycin*. Sebagian *Staphylococcus aureus*nya memiliki plasmid yang dapat membawa gen untuk resistensi terhadap tetrasiklin, eritromisin, aminoglikosida, dan obat-obat lainnya. Resistensi ini menimbulkan munculnya sifat toleran pada mikroba yang menyebabkan perubahan pada kadar bunuh minimal dengan kadar hambat minimal dari suatu obat antimikroba.^{6,7}

2.2.2.4 Antigen

Staphylococcus aureus memiliki beberapa komponen-komponen penting yang terdapat pada dinding selnya yang memiliki kegunaan masing-masing termasuk sebagai faktor virulensi.

- Protein A merupakan salah struktur penting penyusun dinding sel. Protein A ini penting sebagai faktor virulensi karena sifatnya yang dapat berikatan pada bagian Fc dari IgG, yang menyebabkan terjadinya hambatan dari aktivasi komplemen. Hambatan aktivasi komplemen ini menyebabkan terjadinya gangguan pada opsonisasi dan fagositosis terhadap bakteri.
- Asam teikoat merupakan polimer yang tersusun atas ribitol fosfat. Asam teikoat ini memediasikan penempelan staphylococci pada sel mukosa dan juga sebagai penginduksi dari *septic shock*.
- Kapsul polisakarida juga merupakan salah satu faktor vilurensi yang penting. Kegunaan dari kapsul ini adalah untuk menghambat terjadinya fagositosis

karena kapsul ini cenderung bersifat immunogenik sehingga sulit dikenali leukosit.

- Reseptor permukaan pada *Staphylococcus aureus* tidak terlalu berperan dalam memberikan faktor virulensi akan tetapi dapat membantu *phage typing* untuk keperluan epidemiologi.
- Peptidoglikan dari *Staphylococcus aureus* memiliki sifat seperti endotoksin yang memungkinkan teraktivasinya makrofag untuk menghasilkan sistem komplemen. Hal inilah yang memungkinkan terjadinya *septic shock* tanpa adanya endotoksin.^{6,7}

2.2.2.5 Toksin dan Enzim

Staphylococcus aureus dapat menyebabkan penyakit sebagai akibat produksi substansi ekstraseluler seperti toksin ataupun enzim di dalam tubuh. Produksi dari enzim dan toksin ini dihasilkan dari sintesis protein yang berasal dari kontrol genetik kromosomal, ekstra kromosomal dan sebagian lainnya masih belum diketahui penyebabnya.

Staphylococcus aureus menghasilkan berbagai macam toksin seperti enterotoksin, *toxic shock syndrome* toxin dan exfoliatin yang memiliki kepentingan klinis. Eksotoksin yang dihasilkan *Staphylococcus aureus* sendiri ada beberapa jenis dan tidak hanya eksotoksin beberapa enzim yang dihasilkan juga dapat menyebabkan gangguan pada penjamunya. Beberapa diantaranya adalah sebagai berikut:

- Enterotoksin merupakan toksin yang memiliki kemampuan untuk menyebabkan keracunan makanan. Karakteristik keracunan akibat toksin ini berupa muntah terus menerus yang juga disertai diare cair tanpa darah. Mekanisme kerja toksin ini dengan bekerja sebagai *superantigen* pada traktus gastrointestinal yang merangsang pelepasan *interleukin-1*(IL-1) dan *interleukin-2* (IL-2) dari makrofag dan sel *T helper*. Peningkatan sitokin seperti interleukin ini menyebabkan rangsangan pada sistem saraf enterik. Rangsangan sistem saraf enterik ini kemudian dihantarkan ke pusat muntah di otak. Diare akibat enterotoksin masih diperdebatkan akan tetapi hal ini dipercaya karena ketidakseimbangan permeabilitas sel traktus gastrointestinal akibat enterotoksin tersebut.

- *Toxic shock syndrome toxin* merupakan toksin penyebab terjadinya *toxic shock*. Toksin ini menyebabkan gejalanya apabila toksin tersebut berhasil masuk ke darah dan menyebabkan toxemia. *Toxic shock* dapat terjadi karena toksin tersebut juga merupakan *superantigen* sehingga menstimulasi pelepasan IL-1, IL-2 dan *tumor necrosis factor* (TNF).
- *Exofoliatin* toksin penyebab kulit menjadi seperti bersisik khususnya pada anak-anak. Mekanismenya disebabkan oleh sifat *exofoliatin* yang epidermolitik dan juga bersifat seperti protease. Hal ini memungkinkan *exofoliatin* memecah desmosom dan melepaskan epidermis pada lapisan sel granular.
- *Leukocidin* terdiri atas beberapa toksin yang bekerja untuk membunuh sel-sel leukosit. Contoh toksin ini adalah alpha toksin dan gamma toksin.
- Enzim lainnya berupa koagulasi, fibrinolysin, hyaluronidase, protease, *nuclease* dan lipase.^{6,7,8}

2.3 Kondisi yang mempengaruhi viabilitas bakteri

Pada dasarnya dalam menumbuhkan suatu bakteri diperlukan berbagai zat yang dapat dipergunakan untuk mencukupi kebutuhan bakteri untuk bertumbuh dan berkembang. Zat-zat ini antara lain adalah D-glukosa, laktosa, sukrosa, mannitol, dulcitol, adonitol, D-sorbitol, L-arabinosa, rafinosa, L-rhamnosa, D-xylosa, melibiosa. Zat-zat tersebut memiliki peranan besar dalam menunjang viabilitas bakteri, namun perlu diingat zat tersebut bukan satu-satunya faktor yang akan mempengaruhi viabilitas bakteri. Faktor lain dalam aspek lain seperti lingkungan juga akan mempengaruhi viabilitas dan perkembangannya. Agen-agen fisik dan kimia dapat dimasukkan sebagai faktor lingkungan yang akan mempengaruhi viabilitas tersebut. Agen kimia contohnya seperti zat bakterisidal, antibiotik, alkohol dan sebagainya, sedangkan agen fisik seperti suhu dan radiasi.⁶

2.3.1 Nutrisi

Kandungan nutrisi yang mencukupi sangat diperlukan untuk menjamin kelangsungan hidup bakteri, yang tentunya juga akan menunjang viabilitas bakteri tersebut. Beberapa nutrisi yang dibutuhkan antara lain karbon, nitrogen, sulfur, fosfor dan mineral. Setiap senyawa atau zat tersebut akan memiliki peran masing-

masing dalam menunjang metabolisme dari bakteri tersebut.⁶

2.3.1.1 Karbon

Unsur karbon merupakan salah satu unsur alam yang sangat penting bagi kehidupan, termasuk bagi bakteri. Kebutuhan karbon yang dipakai oleh bakteri umumnya berasal dari karbondioksida, karbon organik ataupun glukosa. Bakteri seperti *Staphylococcus aureus* umumnya akan menggunakan gula sebagai sumber karbonnya karena bakteri ini lebih bersifat heterotrof.⁶

2.3.1.2 Nitrogen

Nitrogen juga merupakan unsur yang tidak kalah pentingnya bagi bakteri, bahkan nitrogen terdapat dalam jumlah besar dalam suatu bakteri. Nitrogen ini dimanfaatkan bakteri untuk berbagai keperluan sintesis protein.⁶

2.3.1.3 Sulfur

Sulfur di sini berperan sebagai komponen untuk digunakan sebagai koenzim dalam reaksi-reaksi kimia yang terjadi dalam sel. Umumnya sulfur yang digunakan berasal dari sulfat SO_4^{2-} .⁶

2.3.1.4 Fosfor

Fosfor merupakan salah satu unsur esensial yang diperlukan sebagian besar organisme untuk hidup, karena fosfor ini merupakan salah satu komponen dalam membentuk *adenosine triphosphate* (ATP) yang merupakan bentuk energi utama sebagian besar organisme. Selain untuk membentuk ATP fosfor juga diperlukan sebagai komponen pembentuk membran sel, dan berbagai macam substansi lainnya.⁶

2.3.1.5 Mineral

Sumber mineral utama bagi mikroorganisme termasuk *Staphylococcus aureus* adalah ion magnesium, kalsium, kalium, natrium dan juga besi. Mineral-mineral ini digunakan oleh mikroba untuk berbagai keperluan seperti untuk dijadikan koenzim, komponen dinding sel, menjaga keseimbangan ion dan lain-lain. Tanpa adanya asupan mineral yang cukup tentunya akan berakibat pada terganggunya metabolisme dari bakteri yang nantinya berakibat pada terhambatnya viabilitas bakteri.⁶

2.3.2 Lingkungan

Lingkungan merupakan salah satu faktor lainnya yang dapat

mempengaruhi viabilitas bakteri. Lingkungan sendiri terdiri atas berbagai aspek di dalamnya meliputi ketersediaan nutrisi, pH, aerasi, temperatur, tekanan osmotik, kekuatan ion dan media kultur yang digunakan.

2.3.2.1 Ketersediaan Nutrisi

Mikroba pada umumnya memerlukan kebutuhan nutrisi yang cukup agar dapat bertumbuh dengan optimum. Dalam suatu penelitian umumnya memiliki nutrien seperti donor dan akseptor hidrogen, karbon, nitrogen, sulfur, fosfor, dan mineral lainnya. Selain nutrien-nutrien tersebut diperlukan juga suatu *growth factors* seperti asam amino, purin, pirimidin, dan vitamin yang bertujuan untuk memacu viabilitas mikroorganisme.⁶

2.3.2.2 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman merupakan salah satu faktor yang dapat menentukan tingkat viabilitas dari mikroorganisme tersebut. Tidak semua organisme dapat hidup dalam semua pH, pada umumnya pH optimum bagi sebagian besar mikroorganisme adalah sekitar 6.0-8.0 atau yang dikenal sebagai netralofil. Meskipun beberapa organisme dapat tinggal lingkungan yang ekstrim seperti pH dibawah 3.0 atau diatas 10.5 umumnya organisme tersebut mempunyai mekanisme dalam selnya sendiri untuk mencegah pengaruh lingkungan mengganggu keadaan dalam selnya. Selain itu beberapa mikroorganisme yang tetap dapat bertahan hidup meskipun diluar pH optimumnya, contohnya seperti *Staphylococcus aureus* memiliki pH optimum pada pH 7.0-7.5 akan tetapi mikroorganisme tersebut tetap dapat bertahan pada pH 4.2 sampai 9.3.^{6,9}

2.3.2.3 Temperatur

Sama halnya dengan pH temperatur juga memiliki peranan penting dalam mempengaruhi viabilitas tanpa adanya suhu yang tepat bagi suatu mikroorganisme tentunya hasil viabilitas juga akan terganggu. Setiap bakteri umumnya memiliki suhu atau temperatur optimum yang berbeda tergantung karakteristik masing-masing bakteri. Sebagian bakteri dapat tinggal di suhu yang sangat tinggi disebut termofilik (50-60°C), sebagian yang dapat tinggal pada suhu rendah (15-20°C) disebut psikrofilik, sedangkan yang dapat tumbuh optimum pada suhu normal (30-37°C) disebut mesofilik. *Staphylococcus aureus* merupakan salah satu bakteri golongan mesofilik, *Staphylococcus aureus* tumbuh optimum pada suhu 30-37°C

dengan kemampuan untuk bertahan pada suhu antara 7-48.5°C.^{6,9,10}

2.3.2.4 Aerasi

Aerasi atau pemberian udara dalam lingkungan bakteri dapat mempengaruhi viabilitas bakteri tersebut, karena tidak semua bakteri membutuhkan udara seperti oksigen dalam viabilitasnya. Bakteri anaerob contohnya sebagian diantara bakteri ini malah akan mengalami kematian ketika diberi oksigen. Oleh karena itu aerasi dalam pembiakan bakteri merupakan salah satu faktor utama yang dapat menentukan hasil pembiakan bakteri, jumlah yang diberikan harus pas karena berlebihan atau kekurangan akan memberikan dampak pada mikroorganismenya.⁶

2.3.2.5 Tekanan Osmotik dan Kekuatan Ion

Tekanan osmotik dan kekuatan ion umumnya tidak menjadi masalah dalam melakukan pembiakan suatu mikroorganisme. Hal ini sering tidak menjadi masalah karena umumnya media yang digunakan dalam pembiakan memiliki tekanan osmotik dan kekuatan ion yang cukup sesuai bagi sebagian besar mikroorganisme. Selain itu kebanyakan mikroorganisme khususnya bakteri dapat mentoleransi keadaan tekanan osmotik dan kekuatan ion eksternal yang cukup besar. Faktor ini akan menjadi masalah ketika mikroorganisme tersebut memang terbiasa tinggal di keadaan tekanan osmotik ataupun kekuatan ion yang ekstrim sehingga media pembiakan harus disesuaikan.⁶

2.3.3 Media biakan

Media biakan merupakan suatu cairan atau gel yang digunakan khusus untuk menumbuhkan mikroorganisme. Media biakan digunakan sebagai tempat untuk menaruh mikroorganisme yang akan dibiakan sekaligus sebagai lingkungan dari bakteri untuk bertumbuh. Medium biakan ini sendiri ada bermacam-macam tergantung dari mikroorganisme yang ditumbuhkan dan apa tujuan dari pengembangannya.^{10,11} Pada penelitian ini agar yang digunakan adalah *plate count agar* yang merupakan salah satu contoh dari agar nutrien.

2.3.3.1 Plate count agar

Salah satu contoh agar yang sering digunakan untuk berbagai macam penelitian biakan mikrobiologi. Medium ini digunakan untuk perhitungan bakteri aerobik sesuai dengan metode *standard plate count*. *Plate count agar* memiliki

komposisi sebagai berikut, pepton kasein 5g/L, ekstrak ragi 2.5g/L, Dekstrosa 1.0g/L dan 15g/L agar dalam setiap 23.5 gram *plate count agar*. Plate count agar ini memiliki pH sekitar 7.0 yang kurang lebih cocok untuk viabilitas bakteri mesofilik.¹¹

2.4 Viabilitas bakteri

Viabilitas bakteri berbeda dengan pertumbuhan pada umumnya yang seringkali hanya dianggap sebagai penambahan berat dan ukuran. Viabilitas bakteri adalah suatu keadaan dimana terjadi penambahan jumlah bakteri dalam suatu lokasi melalui multiplikasi sel, sehingga dapat dikatakan viabilitas bakteri merupakan penambahan dari jumlah organismenya. Viabilitas bakteri akan membentuk kumpulan bakteri atau disebut koloni.⁶

2.5 Sonikator

Sonikator merupakan suatu alat atau perlengkapan laboratorium yang digunakan untuk menghasilkan gelombang dalam berbagai frekuensi termasuk frekuensi ultrasonik.¹² Alat ini bekerja dengan cara melakukan konversi energi listrik yang menjadi suplai utama sonikator menjadi energi mekanik yaitu getaran. Getaran ini disalurkan melalui sebuah pemancar getaran yang dihubungkan dengan cairan yang akan disonikasi.

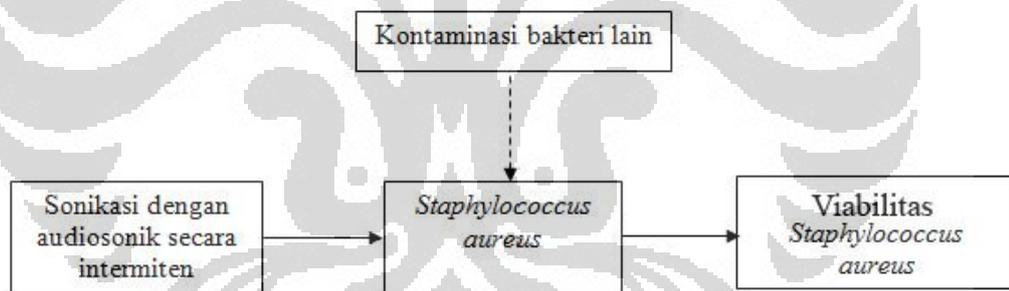
Penggunaan sonikator dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan penelitian seperti untuk memecah sampel biologis, mencampur larutan serta menciptakan emulsi. Pada frekuensi ultrasonik gelombang kejut yang dihasilkan oleh sonikator dapat menyebabkan lisis pada sel. Getaran pada frekuensi ultrasonik tersebut akan menciptakan terbentuknya gelembung-gelembung mikroskopik yang menghasilkan gelombang kejut mikroskopik yang menyebar ke seluruh bagian dari sampel.¹³

2.6 Pengaruh gelombang terhadap bakteri

Pemberian suatu gelombang pada suatu mikroorganisme telah beberapa kali diteliti, dan ternyata menyebabkan perubahan pada hasil viabilitas bakteri. Pemberian gelombang sendiri ada berbagai macam dan mulai cukup sering

dilakukan khususnya gelombang ultrasonik. Pemberian gelombang ultrasonik kerap dipakai untuk keperluan melisiskan dinding sel, untuk percobaan selanjutnya, tetapi pemberian gelombang ini tidak hanya mencakup penelitian terhadap gelombang ultrasonik. Gelombang-gelombang lain juga sudah beberapa kali dicobakan untuk berbagai organisme termasuk bakteri. Salah satu percobaan yang dilakukan adalah pemberian gelombang audiosonik sebesar 1kHz, 5kHz dan 15kHz terhadap bakteri *E coli* yang dilakukan oleh Joanna Cho Lee Ying dan kawan-kawan. Percobaan lain juga telah dilakukan oleh Tor Monsen dan rekannya mengenai viabilitas beberapa bakteri seperti *E coli*, *S aureus*, *S epidermidis* dan sebagainya terhadap pemberian gelombang sonikasi. Kedua penelitian tersebut menunjukkan bagaimana viabilitas bakteri dapat dipengaruhi adanya pemberian gelombang.^{4,14}

2.7 Kerangka Konsep



BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan desain eksperimental laboratorik

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan diadakan pada

Hari/Tanggal : 11 Januari 2010 – 14 Januari 2010
Waktu : 08.00-Selesai
Tempat : Laboratorium Mikrobiologi
Departemen Mikrobiologi FKUI
Jl. Pegangsaan Timur No.16 Jakarta Pusat

3.3 Bahan, Alat Penelitian dan Cara Kerja

3.3.1 Bahan

1. *Plate Count Agar* (PCA)
2. Agar Nutrisi
3. *Brain Heart Infusion* (BHI)
4. Bakteri (*Staphylococcus aureus*)
5. Alkohol
6. Akuades steril
7. Es
8. Plat steril

3.3.2 Alat

1. Sengkelit/ jarum inokulasi 10 μ l
2. Mikropipet ukuran 1000 μ l
3. Tip mikropipet
4. Sarung tangan
5. Masker
6. Tabung falcon

7. Sonikator
8. Wadah es
9. Kapas
10. Tabung reaksi
11. Becker glass atau wadah untuk BHI
12. Inkubator
13. Pipet gondok
14. *Stopwatch*
15. Termometer
16. *Colony counter*
17. Pemanas air
18. Pipet gondok
19. Gelas ukur
20. *Vortex*
21. Ose
22. Otoklaf



Gambar 3.1 Lemari inkubator untuk menjaga suhu tertentu bagi pertumbuhan bakteri

3.3.3 Langkah Kerja

3.3.3.1 Pembuatan Media biakan

A. *Brain Heart Infusion (BHI)*

BHI digunakan untuk mengetahui ada tidaknya viabilitas bakteri yang dilihat dari kekeruhannya. Peneliti menggunakan serbuk BHI OXOID yang dilarutkan ke dalam 1 liter media dengan komposisi sebagai berikut:

- 12,5 gram infusi padat otak sapi
- 5,0 infusi padat jantung sapi
- 10,0 g protease pepton
- 5,0 g natrium klorida
- 2,0 g glukosa
- 2,5 g dinatrium fosfat

Pembuatan media BHI adalah sebagai berikut:

1. Seluruh bahan dicampur menjadi satu.
2. Diambil 37 gram bahan yang telah dicampur untuk dilarutkan ke dalam 1000 ml akuades steril.
3. Larutan dimasak sambil diaduk sampai mendidih.
4. Setelah mendidih, larutan diangkat dan disaring dengan kertas saring hingga media menjadi jernih.
5. Larutan disterilisasi dalam otoklaf.
6. Larutan dituang sebanyak 5 ml ke dalam tabung reaksi berukuran 10 ml.

B. *Agar Nutrisi*

Agar nutrisi digunakan untuk menghitung koloni bakteri yang akan digunakan dalam penelitian.

Komposisi menurut DIFCO LABORATORIES INCORPORATED untuk membuat 1000 ml agar nutrisi adalah sebagai berikut:

- 3 gram ekstrak daging sapi
- 5 gram pepton
- 5 gram natrium klorida
- 1000 ml aquadest
- 15 gram agar difco

Berikut adalah langkah-langkah pembuatan agar:

1. Bahan-bahan diatas dicampur menjadi satu dengan 1000 ml aquadest
2. Campuran diaduk dan dimasak larutan hingga mendidih 100°C
3. Setelah mendidih, larutan diangkat dan disaring larutan hingga menjadi jernih
4. Pastikan pH larutan ini sesuai yaitu $7,4 \pm 0,2$ dengan indikator pH
5. Sterilkan larutan dalam otoklaf
6. Media yang sudah steril dapat digunakan jika suhunya telah mencapai 45 °C
7. Suhu larutan dipertahankan sampai nanti akan digunakan untuk penelitian

C. Plate Count Agar (PCA)¹⁵

PCA digunakan untuk menumbuhkan koloni bakteri kontrol dan yang telah diberi perlakuan. Komposisi PCA OXOID dalam membuat 1000 ml PCA adalah sebagai berikut:

1. Tripton 5 g
2. Ekstrak ragi 2,5 g
3. Glukosa 1,0 g
4. Agar 9,0 g

Berikut adalah langkah-langkah pembuatan agar:

1. Bubuk bahan diambil sebanyak 17,5 gram lalu dicampur menjadi satu dengan 1000 ml akuades steril.
2. Larutan dimasak sambil diaduk sampai mendidih.
3. Larutan kemudian disaring sampai menjadi jernih.
4. Larutan kemudian disterilkan dalam otoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit.
5. Media PCA dapat digunakan jika telah mencapai suhu 45 °C.

3.3.3.2 Sterilisasi Alat dan Media

A. Media

Media-media yang telah disiapkan di atas di masukkan ke dalam otoklaf. Setelah otoklaf ditutup, uap akan masuk dan memenuhi otoklaf, kemudian setelah penuh atur suhu otoklaf sampai 120°C dan

dengan tekanan 2 atmosfer atau 15lbs pada jarum penunjuk. Setelah selesai pengaturan otoklaf, tunggu 15-20 menit, lalu matikan otoklaf dan ketika jarum penunjuk tekanan menunjuk angka nol. Sekarang media telah steril dan siap digunakan.

B. Alat

Alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian dibungkus dengan kertas coklat, dan dimasukkan ke dalam otoklaf dengan cara yang sama seperti media. Khusus tabung reaksi mulut tabung disumbat dengan kapas steril terlebih dahulu, baru di masukkan ke otoklaf.



Gambar 3.2 Agar *Plate Count Agar* (PCA) dalam kolf. Satu tabung kolf berisi sekitar 500 ml PCA.

3.3.3.3 Peremajaan Bakteri

1. Untuk mempersiapkan bakteri yang akan dibiak peneliti harus mempersiapkan alat dan bahan, serta mensterilkan peralatan yang ada untuk menghindari terjadinya kontaminasi
2. Alat pengambil bakteri disterilkan dengan api bunsen
3. Setelah tidak terlalu panas bakteri yang telah tersedia dalam medium agar diambil sebanyak satu sengkeli

4. Bakteri kemudian dimasukkan dalam tabung reaksi yang telah mengandung BHI dan disterilkan terlebih dahulu mulut tabungnya
5. Bakteri yang sudah terkumpul dalam beberapa tabung reaksi untuk percobaan kemudian diinkubasi dalam media yang mengandung BHI
6. Inkubasi dilakukan pada suhu 35°C selama 20 jam¹⁵

3.3.3.4 Sonikasi bakteri

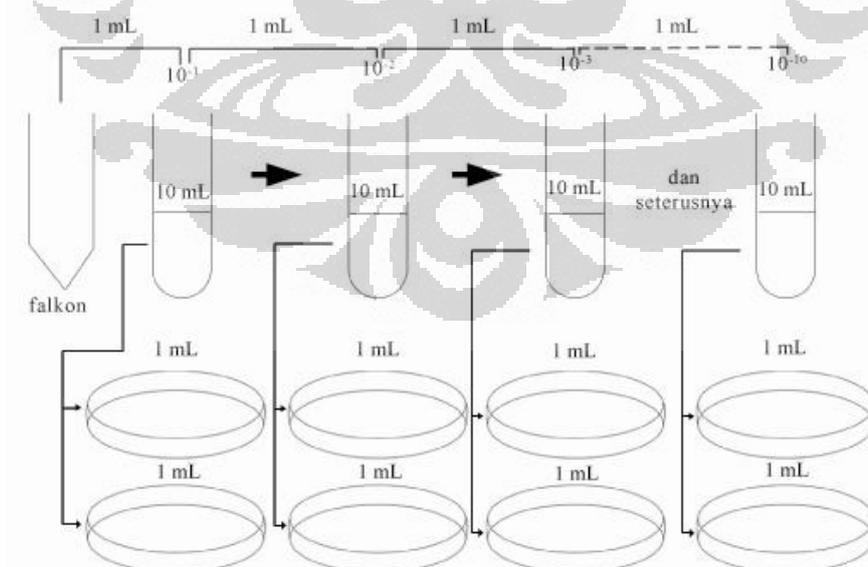
1. Bakteri yang telah diinkubasi dimasukkan dalam tabung falkon untuk disonikasi
2. Dibawah tabung falkon disediakan wadah es untuk menjaga suhu dari lingkungan bakteri menjadi terlalu panas akibat pengaruh sonikasi
3. Setelah sonikator dan bakteri siap, ujung sonikator dicelupkan ke dalam larutan bakteri
4. Frekuensi sonikator dipasang sebesar 7kHz selama 10 detik
5. Ujung sonikator kemudian diangkat dan dibersihkan setelah 10 detik
6. Bakteri yang diberi perlakuan dengan 7kHz diberi nama f1
7. Kemudian dilakukan perlakuan berikutnya terhadap bakteri lain yang telah disiapkan, tetapi menggunakan frekuensi 17kHz selama 10 detik
8. Bakteri perlakuan ini diberi nama f2
9. Setelah kedua hasil perlakuan didapatkan bakteri ini dipindahkan dari tabung falkon ke media pembiakan
10. Kelompok bakteri yang tidak diberi perlakuan diberi nama kontrol



Gambar 3.3 Sonikasi bakteri dalam wadah yang dikelilingi es untuk mengurangi pelepasan panas dari dalam wadah

3.3.3.5 Total Plate Count

1. Bakteri kini sudah siap untuk dibiakan agar dapat dihitung jumlah koloninya baik dari f1, f2 maupun kontrol
2. Bakteri yang telah tersedia diambil sebanyak 1ml kemudian dicampur 9ml akuades steril di dalam tabung reaksi
3. Setelah itu campuran bakteri tersebut dihomogenisasi dengan *vortex*
4. Kemudian dari hasil pengenceran pertama yang dilakukan pada langkah 2, diambil 1ml larutan yang mengandung bakteri kemudian dicampurkan dengan 9ml akuades
5. Peneliti melanjutkan langkah diatas sampai ke pengenceran yang ke sepuluh
6. Masing-masing larutan bakteri yang telah diencerkan tersebut diambil lagi sebanyak 1ml dan dipindahkan ke plat steril yang kemudian dicampur dengan cairan PCA suhu 45°C sebanyak 20ml, lakukan hal ini sebanyak 2 kali untuk plat A dan B
7. Setiap medium plat A dan B dari semua pengenceran harus diaduk dengan cara menggoyangkan plat sehingga bakteri yang ada akan tersebar merata ke seluruh bagian plat
8. Setelah agar membeku, medium ini diinkubasi pada suhu 35°C selama 18-24 jam¹⁵



Gambar 3.4 Skema pengenceran untuk pembiakan bakteri

3.3.3.6 Menghitung koloni bakteri

Koloni bakteri yang tumbuh pada medium biakan dapat dihitung dengan bantuan alat *colony counter*. Koloni baru akan dihitung ketika jumlah koloni bakteri dalam biakan sekitar 30-300 koloni, diatas jumlah itu koloni bakteri terlalu banyak dan kemungkinan besar akan ditemukan koloni yang lebih mudah dihitung pada pengenceran berikutnya. Perhitungan koloni ini juga didasarkan pada kedua plat yaitu plat A dan B, hasil dari keduanya dirata-rata sebelum dimasukkan ke dalam perhitungan.¹⁵

3.4 Identifikasi Variabel

Variabel Bebas : frekuensi suara audiosonik 7kHz selama 10 dan 30 detik

Variabel Terikat : Jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*

Variabel Perancu : Kerusakan alat dan bahan, serta kontaminasi organisme lainnya

3.5 Definisi operasional

Sengkelit/jarum inokulasi/ose adalah alat untuk mengambil biakan bakteri dalam medium cair maupun padat

Bakteri adalah mikroorganisme prokariot

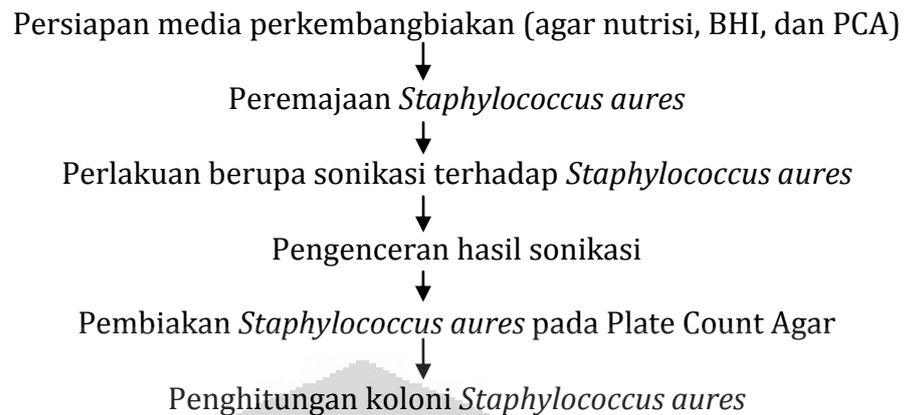
Media perkebangbiakan adalah media yang digunakan bakteri untuk berkembang biak.

Sonikator adalah alat yang digunakan untuk memberi pajanan gelombang suara terhadap Kultur bakteri dengan frekuensi yang dapat diatur sesuai keperluan.

Frekuensi suara adalah banyaknya getaran suara yang terjadi selama satu detik

Total Plate Count merupakan cara yang digunakan untuk menghitung koloni bakteri.

3.6 Alur penelitian



3.7 Rencana manajemen dan analisis data

Data yang didapatkan berdasarkan perhitungan koloni akan dianalisa secara kuantitatif untuk didiskusikan dan untuk mendapatkan kesimpulan. Pengolahan data dilakukan dengan mengambil sampel yang paling mewakili penelitian, yaitu jumlah bakteri dengan koloni bakteri 30-300 pada pengenceran yang sama melalui perhitungan koloni (*colony counter*).

3.8 Etika penelitian

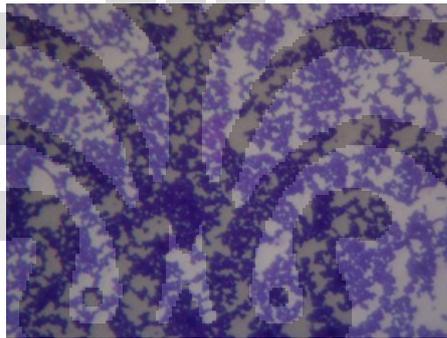
Proposal akan diajukan kepada komisi etik Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia untuk diberikan penilaian etik terhadap masalah etik yang mungkin timbul melalui penelitian ini.

BAB 4

HASIL PENELITIAN

4.1 Karakteristik Bakteri

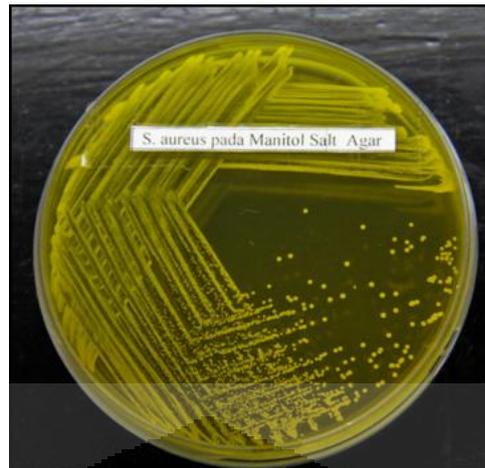
Bakteri *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri gram positif pada pewarnaan gram. Berdasarkan pengamatan secara mikroskopik juga didapatkan bentuk koloni bakteri ini seperti anggur. Pada kultur pada agar nutrisi (agar darah) didapatkan bakteri *Staphylococcus aureus* berwarna kuning. Pada kultur agar MSA didapatkan perubahan warna media kultur dari merah muda menjadi kuning. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri ini memiliki kemampuan untuk meragi manitol yang terdapat dalam media biakan. Kemampuan meragi mannitol pada bakteri ini dapat dijadikan salah satu cara mendiferensiasi bakteri *Staphylococcus aureus* dengan bakteri *Staphylococcus* yang lain.



Gambar 4.1 Hasil Pewarnaan Gram pada bakteri *S. aureus*



Gambar 4.2 Hasil Pertumbuhan *S.aureus* dalam Agar Darah



Gambar 4.3 Hasil Pertumbuhan *S.aureus* dalam *Manitol Salt Agar* (MSA)

4.2 Hasil Perhitungan Viabilitas

Berdasarkan pada pengambilan data yang dilakukan selama penelitian, didapatkan pengenceran yang sesuai dengan kriteria pembiakan bakteri pada penelitian yaitu pada rentang 30-300 koloni dalam satu pengenceran yang sama. Setelah diproses dan dihitung secara statistik dan dibandingkan dengan kontrol didapatkan hasil sebagai berikut:

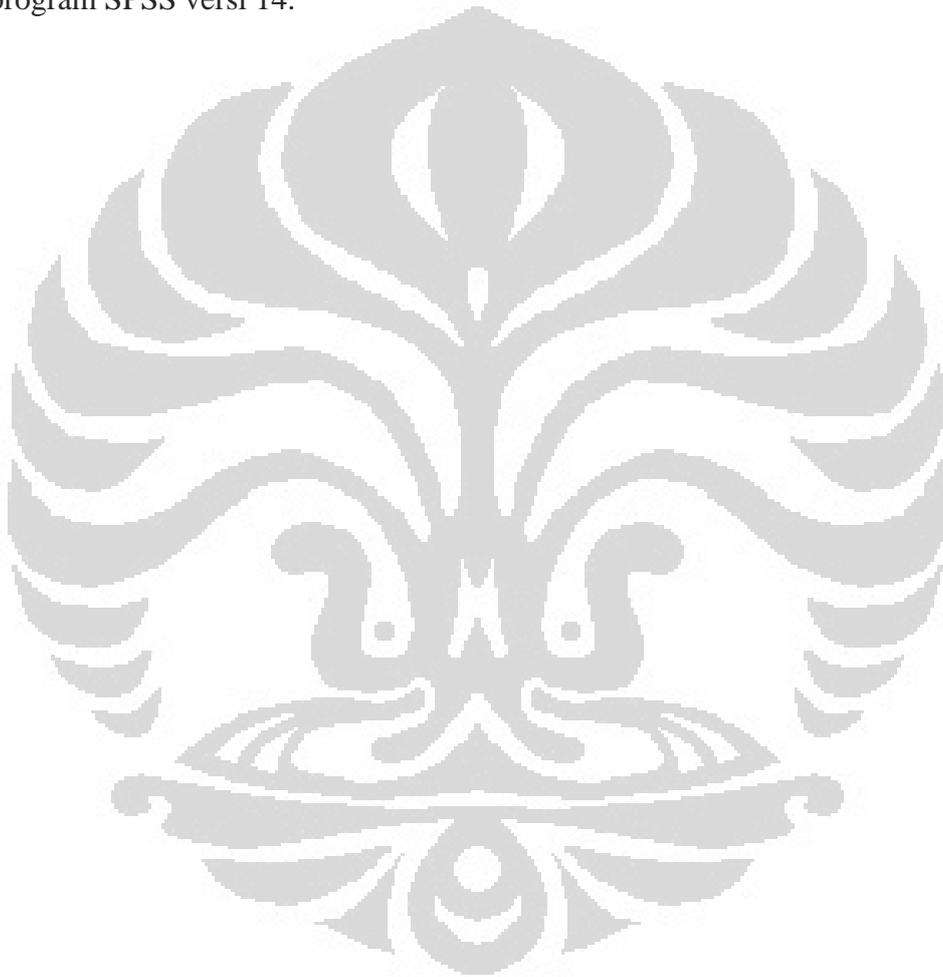
Tabel 4.1 Hasil perhitungan jumlah koloni *Staphylococcus aureus*

	Jumlah Koloni Bakteri	Persentase viabilitas	p*
K1	2.3×10^8		
f1	4.55×10^8	97.80%	0.219
K2	5.7×10^8		
f2	2.215×10^9	288%	0.322

*bermakna bila nilai dibawah 0.05

Tabel 4.1 menunjukkan hasil perhitungan jumlah bakteri yang terdapat dalam medium setelah diberikan perlakuan. f1, merupakan bakteri yang diberi perlakuan dengan frekuensi 7 kHz selama 10 detik memiliki rata-rata jumlah bakteri sebesar 4.55×10^8 , sedangkan K1 yang merupakan kontrol dari f1 memiliki jumlah bakteri sebanyak 2.3×10^8 bakteri. Pada perlakuan kedua atau f2, yaitu bakteri dengan diberi perlakuan dengan frekuensi 7kHz selama 30 detik memiliki rata-rata jumlah bakteri sebesar 2.215×10^9 sedangkan untuk K2 yang

merupakan kontrol dari f2 memiliki bakteri sebanyak 5.7×10^8 . Melalui perbandingan antara kontrol dan perlakuan didapatkan presentase viabilitas pada f1 sebesar 97.8% dan 288% untuk f2. Jika dibandingkan presentase viabilitas f1 dengan f2 didapatkan bahwa viabilitas pada perlakuan f2 lebih besar 294% dibandingkan f1. Pada hasil uji statistik didapatkan hasil p lebih besar daripada 0.05 sehingga dapat dikatakan hasil penelitian ini kurang bermakna secara statistik. Uji statistik di penelitian ini dilakukan menggunakan uji T dengan program SPSS versi 14.



BAB 5 DISKUSI

5.1 Perbandingan viabilitas bakteri kontrol dengan yang diberikan pajanan

Melalui hasil percobaan yang didapatkan di atas, peneliti memperhatikan adanya peningkatan jumlah koloni bakteri setelah diberikan perlakuan apabila dibandingkan dengan viabilitas kontrol. Peningkatan viabilitas ini terjadi baik pada perlakuan dengan pemberian gelombang dengan frekuensi 7 kHz selama 10 detik maupun pada pajanan frekuensi 7 kHz selama 30 detik. Melalui perhitungan data presentasi viabilitas di atas juga tampak terlihat adanya peningkatan viabilitas yang cukup besar hampir dua kali lipat untuk f1 (97.8%) dan hampir 3 kali lipat untuk f2 (288%). Hal ini menunjukkan adanya pengaruh pada pemberian pajanan gelombang 7 kHz terhadap viabilitas dari bakteri *Staphylococcus aureus* akan tetapi setelah diuji secara statistik menggunakan uji T ternyata hasil ini tidak memiliki arti yang signifikan setelah didapatkan hasil p 0.219 untuk perlakuan f1 dan 0.322 pada perlakuan f2, karena suatu perlakuan baru dapat dikatakan berpengaruh bermakna secara statistik apabila setelah diuji secara statistik didapatkan hasil p dibawah 0.05.

Peningkatan viabilitas yang terjadi pada bakteri *Staphylococcus aureus* dalam percobaan ini mirip dengan penelitian yang dilakukan Lee Ying dan kawan-kawan mengenai viabilitas bakteri *E coli* yang diberi pajanan gelombang audiosonik ataupun dengan viabilitas jamur *Aspergillus spp* yang dilakukan oleh Karrison PM dan rekannya.^{3,15} Peningkatan viabilitas yang terjadi kemungkinan disebabkan adanya pemecahan agregat pada saat pemberian sonikasi pada bakteri-bakteri gram positif, karena pada dasarnya bakteri gram positif cenderung membentuk agregat saat tumbuh di biakan. Pemecahan agregat ini menyebabkan bakteri semakin tersebar yang menyebabkan meningkatnya jumlah koloni yang terbentuk saat dibiakan. Selain itu viabilitas juga mungkin dipengaruhi dari sifat bakteri *Staphylococcus aureus* yang memiliki dinding sel yang cenderung tebal, yang memungkinkan bakteri ini bertahan dalam berbagai keadaan lingkungan di sekitarnya termasuk lingkungan yang cukup ekstrim.^{2,8,13,16}

Beberapa faktor lain seperti suhu, pH, dan nutrisi sebenarnya juga dapat mempengaruhi viabilitas dari bakteri tersebut, namun pada penelitian ini telah dilakukan upaya untuk memperkecil pengaruh faktor tersebut dengan menyamakan faktor-faktor lain selain faktor pajanan frekuensi beserta lamanya pajanan. Sehingga dapat dikatakan penelitian ini sudah bebas dari variabel-variabel perancu yang dapat menyebabkan hasil yang palsu.

5.2 Perbandingan viabilitas bakteri perlakuan f1 dengan f2

Selain itu hasil perhitungan juga menunjukkan adanya perbedaan viabilitas yang terjadi antara f1 dan f2 hal ini juga menunjukkan selain adanya pengaruh gelombang yang diberikan, pengaruh lamanya pemberian gelombang juga akan mempengaruhi viabilitas yang terjadi pada bakteri. Bila dibandingkan peningkatan viabilitas yang ditunjukkan f1 terhadap kontrol dengan f2 terhadap kontrol menunjukkan adanya perbedaan peningkatan viabilitas dari masing-masing perlakuan. Pada perbandingan persentasenya didapatkan peningkatan f2 sekitar 294% dibandingkan pada perlakuan f1, hal ini menunjukkan peningkatan viabilitas f2 cenderung lebih tinggi dibandingkan pada perlakuan f1 meskipun hasil ini tidak ditunjang hasil perhitungan statistik.

Hasil peningkatan yang lebih tinggi pada f2 ini kemungkinan didasari oleh mekanisme yang sama yang terjadi pada Lee Ying dan Karipen dalam penelitian mereka, yaitu adanya pelepasan agregasi koloni mikroorganisme yang sedang dibiakkan. Peningkatan viabilitas yang lebih tinggi pada f2 kemungkinan disebabkan pada semakin banyaknya pelepasan agregasi mikroorganisme tersebut sehingga saat dibiakkan mikroorganisme ini akan lebih banyak membentuk koloni.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan data dari hasil penelitian ini, pemberian pajanan gelombang dengan frekuensi 7kHz selama 10 detik dan 30 detik memberikan dampak positif bagi viabilitas bakteri *Staphylococcus aureus*. Hasil positif ini ditandai dengan bertambahnya jumlah koloni yang ditemukan dalam media biakan jika dibandingkan dengan kontrol, yaitu peningkatan sebesar 97.4% pada pajanan 10 detik (f1) dan 288% pada pajanan 30 detik (f2). Selain itu dari data hasil percobaan juga menunjukkan adanya perbedaan hasil viabilitas bakteri yang diberikan pajanan selama 30 detik lebih baik bila dibandingkan dengan yang hanya dipajankan selama 10 detik, namun hasil ini tidak berbeda bermakna secara statistika karena nilai p melebihi 0.05 ($p= 0.219$ pada pajanan 7kHz selama 10 detik dan $p=0.322$ untuk pajanan 7 kHz selama 30 detik).

6.2 Saran

Penulis menyarankan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* karena pada dasarnya penelitian mengenai bakteri ini penting karena banyaknya keterkaitan bakteri ini dalam dunia medis. Untuk penelitian lanjutan sebaiknya penelitian dilakukan dalam jumlah sampel yang lebih banyak dan frekuensi ataupun lama pajanan yang lebih bervariasi sehingga hasil yang didapatkan dapat lebih baik, baik dalam hal hasil penelitian maupun dalam hal perhitungan statistiknya.

DAFTAR REFERENSI

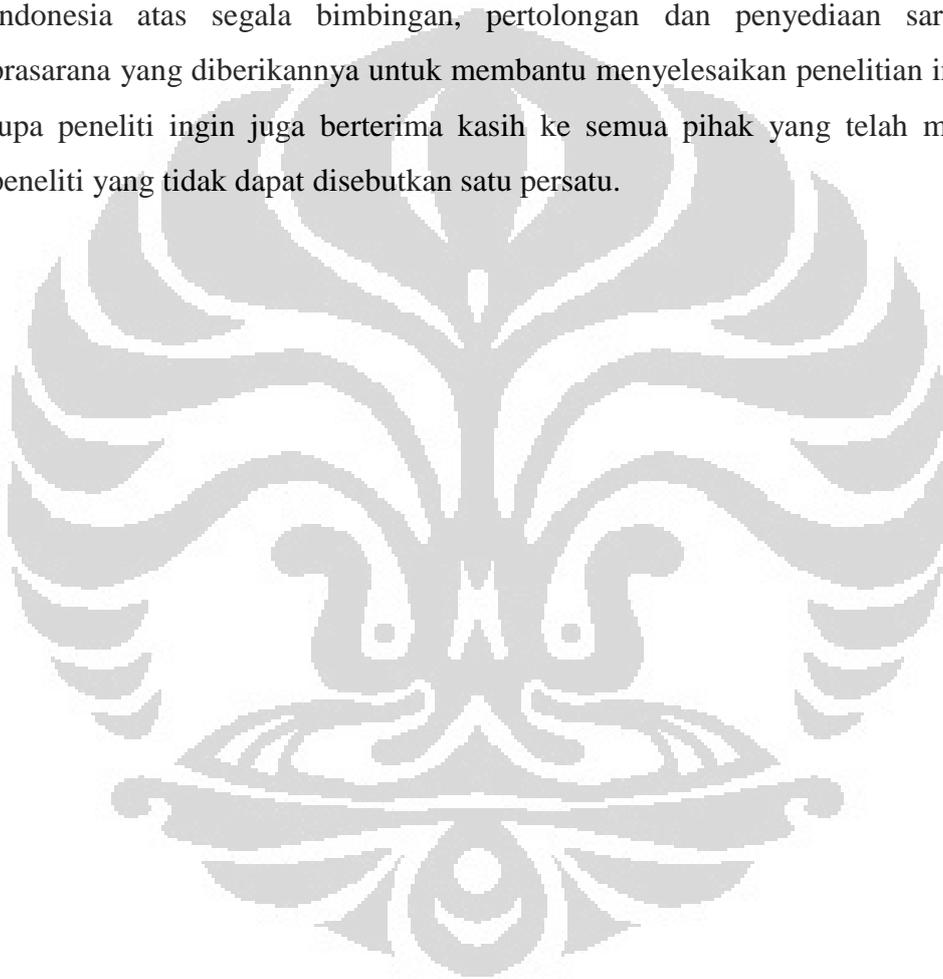
1. WHO. Infectious diseases are the biggest killer of the young. 1999. Diunduh dari: <http://www.who.int/infectious-disease-report/pages/ch1text.html>
2. Freeman-Cook L, dan Freeman-Cook K. *Staphylococcus aureus* infection. 1st ed. Chelsea House Publisher, 2006.
3. Lee Ying JC, Dayou J, dan Phin CK. Experimental Investigation on the Effects of Audible Sound to the Growth of Escherichia coli. *Modern Applied Science*. 2009; 3 (3): 124-7.
4. Breuing KH, Bayer L, C PA, Neuwalder J, Arch M, Orgill DP. Early experience using low frequency ultrasound in chronic wounds. *Ann Plast Surg*. 2005;55:183-7.
5. Campbell NA, dan Reece JB. *Campbell and Reece's biology*. 7th ed. Benjamin Cummings, 2004.
6. Brooks G, Carrol KC, Butel J dan Stephen M.Jawetz, Melnick, & Adelberg's *Medical Microbiology*. 24th ed. McGraw-Hil, 2007.
7. Levinson WE. *Review of Medical Microbiology and Immunology*. 10th ed. McGraw-Hill, 2008.
8. Gleason BA, dan Huebner KD. CBRNE - *Staphylococcal Enterotoxin B*. 2009 [diakses tanggal 12 Januari 2011]. Diunduh dari: <http://emedicine.medscape.com/article/830715-overview>.
9. Loir YL, Baron F, dan Gautier M. *Staphylococcus aureus* and food poisoning. *Genet Mol Res*. 2003; 2 (1): 63-76
10. Ryan KJ, dan Ray CG. *Sherris Medical Microbiology*. 4th ed. McGraw-Hill, 2004.
11. Atlas RM. *Handbook of microbiological media*. 4th ed. Washington DC: ASM Press, 2010.
12. McGraw-Hill dictionary of scientific and technical terms. 6th ed. McGraw-Hill, 2002. Sonicator; p.108.
13. Belgrader PI, Yuan B. Sonication to selectively lyse different cell types. USPTO 20060134616 (patent). 2006.

14. Monsen T, Lövgren E, Wilderström M dan Wallinde L. In Vitro Effect of Ultrasound on Bacteria and Suggested Protocol for Sonication and Diagnosis of Prosthetic Infections. *Journal of Clinical Microbiology*. 2009; 47 (8): 2496-501
15. Cappuccino, Sherman. *Microbiology: a laboratory manual*. 2005. 7th Ed. India: Pearson Education. p131-3.
16. Karippen PM, Dayou J, Phin CK. Experimental investigation on the effects of audible sound to the growth of *Aspergillus* spp. *Modern Applied Science*. 2009 April;3(4):137-141.



Ucapan Terima Kasih

Peneliti ingin mengucapkan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena kesempatannya yang telah diberikan kepada peneliti untuk dapat melaksanakan dan menyelesaikan seluruh rangkaian penelitian ini. Peneliti juga ingin berterima kasih kepada Departemen Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia atas segala bimbingan, pertolongan dan penyediaan sarana dan prasarana yang diberikannya untuk membantu menyelesaikan penelitian ini. Tidak lupa peneliti ingin juga berterima kasih ke semua pihak yang telah membantu peneliti yang tidak dapat disebutkan satu persatu.



Lampiran

Tabel 4.1 Hasil perhitungan jumlah koloni *Staphylooccus aureus*

Konsentrasi	Perlakuan							
	K1		f1		K2		f2	
	A	B	A	B	A	B	A	B
10^0	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300
10^{-1}	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300
10^{-2}	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300
10^{-3}	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300
10^{-4}	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300
10^{-5}	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300
10^{-6}	248	219	364	362	>300	>300	>300	>300
10^{-7}	23	34	39	52	48	66	218	225
10^{-8}	4	3	4	5	13	13	50	25
10^{-9}	1	0	2	0	9	2	8	5
10^{-10}	0	1	0	0	4	3	9	4

Keterangan:

K1 : Kontrol dari perlakuan 1 (f1) yang diberi gelombang 7kHz selama 10 detik

K2 : Kontrol dari perlakuan 2 (f2) yang diberi gelombang 7kHz selama 30 detik

f1 : Koloni bakteri yang diberi pajanan gelombang 7kHz selama 10 detik

f2 : Koloni bakteri yang diberi pajanan gelombang 7kHz selama 30 detik

Tabel 4.1 menunjukkan hasil percobaan dari penelitian yang dilakukan terhadap bakteri *Staphylooccus aureus*. Pada tabel tertera K1 dan K2 yang merujuk pada viabilitas koloni *Staphylooccus aureus* tanpa diberikan perlakuan, K1 merupakan kontrol untuk perlakuan f1 sedangkan K2 untuk perlakuan f2.