

**EFEK STIMULASI ARUS LISTRIK TERHADAP PERTUMBUHAN
BAKTERI *Staphylococcus aureus* PADA LUKA MENCIT
(*Mus musculus*) DIABETES MELITUS**

SKRIPSI

Oleh:
DEVI IHLIMIA KHOFINIAH
NIM. 15640012



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

**EFEK STIMULASI ARUS LISTRIK TERHADAP PERTUMBUHAN
BAKTERI *Staphylococcus aureus* PADA LUKA MENCIT
(*Mus musculus*) DIABETES MELITUS**

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:
DEVI IHLIMIA KHOFINIAH
NIM. 15640012**

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

HALAMAN PERSETUJUAN

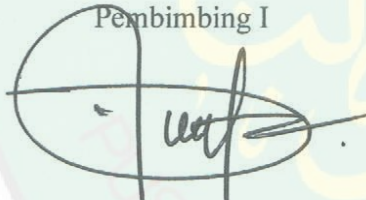
**EFEK STIMULASI ARUS LISTRIK TERHADAP PERTUMBUHAN
BAKTERI *Staphylococcus aureus* PADA LUKA MENCIT
(*Mus Musculus*) DIABETES MELITUS**

SKRIPSI

Oleh:
Devi Ihlimia Khofiniah
NIM. 15640012


Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada tanggal, 12 Desember 2019

Pembimbing I



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

Pembimbing II



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

Mengetahui
Ketua Jurusan Fisika



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

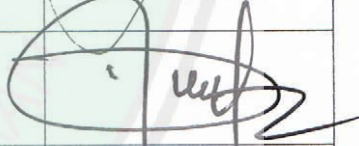
HALAMAN PENGESAHAN

EFEK STIMULASI ARUS LISTRIK TERHADAP PERTUMBUHAN
BAKTERI *Staphylococcus aureus* PADA LUKA MENCIT
(*Mus musculus*) DIABETES MELITUS

SKRIPSI

Oleh:
Devi Ihlimia Khofiniah
NIM. 15640012

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji
Dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Tanggal, 18 Desember 2019

Penguji Utama :	<u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Ketua Penguji :	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Sekretaris Penguji :	<u>Dr. H. M. Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Anggota Penguji :	<u>Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	



Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika

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

HALAMAN PERNYATAAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Devi Ihlimia Khofiniah
NIM : 15640012
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains Dan Teknologi
Judul Penelitian : Efek Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri
Staphylococcus aureus Pada Luka Mencit (*Mus musculus*)
Diabetes Melitus

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan penjiplakan atau pengambil alihan hasil karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan perbuatan tersebut.

Malang, 19 Desember 2019
Yang Membuat Pernyataan



Devi Ihlimia Khofiniah
NIM. 15640012

MOTTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۖ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۗ

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kemampuannya”

“Jangan bandingkan hidupmu dengan orang lain
Karena bagaimana sulit mudahnya, sedih dan bahagiannya, serta berat ringannya,
Semua sesuai dengan kadar-Nya
Tugas kita sebagai manusia harus terus berusaha dan berdo'a”



HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan rasa syukur kepada Allah SWT.
Kupersembahkan skripsi ini untuk,

*Kedua orang tua, adik, dan keluarga besar tercinta,
yang tiada henti selalu mendo'akan dan memotivasi
serta mencurahkan kasih sayang dan pengorbanannya
untuk segala kebaikan yang kujalani.*

Dosen wali sekaligus dosen pembimbing skripsi,
Bapak Tirono yang sabar dalam membimbing
Serta segenap Bapak dan Ibu dosen Fisika
Ku ucapkan terimakasih atas ilmu yang telah diberikan

*Semua teman-teman,
Fisika 2015 khususnya minat Biofisika
Dan PP. Raudhatul Jannah wa bil khusus Ghurfah Al-Ikhlas
dengan segala kisah yang akan selalu terkenang dalam hati dan ingatan*

Serta untuk mereka-mereka sekalian
yang selalu bertanya “Kapan selesai skripsi?”
Terimakasih untuk kata-kata penyemangatnya

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq, dan hidayah-Nya. Sholawat serta salam semoga tercurahkan kepada junjungan kita Baginda Rasulullah Muhammad SAW beserta para keluarga, sahabat dan pengikut-pengikutnya. Atas ridho dan kehendak Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Efek Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* Pada Luka Mencit (*Mus musculus*) Diabetes Melitus**”.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk menyelesaikan Program Sarjana pada Program Studi Fakultas Sains dan Teknologi Jurusan Fisika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Untuk itu saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat yang tiada hingga.
2. Orang tua serta keluarga yang selalu mendukung dan memberikan do'a serta semangat agar senantiasa diberikan kemudahan dalam melaksanakan segala hal.
3. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Drs. Abdul Basid, M.Si., selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
6. Dr. H. M. Tirono, M.Si., selaku Dosen pembimbing skripsi dan dosen wali yang telah banyak meluangkan waktu, nasehat, dan inspirasinya sehingga dapat memberi kelancaran dalam proses penyelesaian skripsi ini.
7. Erna Hastuti, M.Si., selaku Dosen pembimbing agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dalam bidang integrasi sains dan Al-Quran.
8. Segenap dosen Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

9. Teman-teman Fisika angkatan 2015 yang telah membantu dan memberikan motivasi serta inspirasi dalam proses penyelesaian skripsi.
10. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan dukungan dalam penulisan skripsi ini.

Saya menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Atas perhatiannya, saya ucapkan terima kasih.

Malang, 27 November 2019

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN TULISAN.....	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 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.3.1 Tujuan Umum	6
1.3.2 Tujuan Khusus	7
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.4.1 Manfaat Teoritis	7
1.4.2 Manfaat Praktis.....	7
1.5 Batasan Masalah	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Stimulasi Arus Listrik	9
2.1.1 Elektrostimulator	9
2.1.2 Arus Listrik.....	11
2.2 Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	14
2.2.1 Morfologi.....	14
2.2.2 Patogenesis	16
2.2.3 Mekanisme Infeksi	17
2.3 Luka Diabetes Melitus	18
2.3.1 Ulkus Diabetik	18
2.3.2 Klasifikasi Ulkus Diabetik	19
2.4 Efek Stimulasi Arus Listrik terhadap Kematian Bakteri	20
2.4.1 Efek Termal	20
2.4.2 Elektrolisis	22
2.5 Efek Stimulasi Arus Listrik terhadap Penyembuhan Luka.....	23
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian.....	25
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	25
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	25
3.3.1 Alat-alat	25
3.3.2 Bahan-bahan	26
3.4 Rancangan Penelitian.....	26

3.5	Prosedur Penelitian	28
3.5.1	Sterilisasi	28
3.5.2	Pembuatan Media NA (<i>Nutrien Agar</i>).....	28
3.5.3	Pembuatan Biakan Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	28
3.5.4	Penyiapan Kulit Sapi	29
3.5.5	Perlakuan Stimulasi Arus Listrik Pada Kulit Sapi.....	29
3.5.6	Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri	30
3.5.7	Perlakuan Stimulasi Arus Listrik Pada Mencit.....	31
3.6	Teknik Pengumpulan Data.....	31
3.7	Teknik Analisis Data.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Penelitian	34
4.1.1	Pengaruh Tegangan Pulsa Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	24
4.1.2	Pengaruh Waktu Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	45
4.1.3	Efek Stimulasi Arus Listrik Terhadap Kondisi Luka Mencit Diabetes Melitus	58
4.2	Pembahasan.....	65
4.3	Perpektif Islam Tentang Bakteri Dan Pengobatannya	69
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	72
5.2	Saran	73
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Elektrostimulator	9
Gambar 2.2	Arus Melalui Luas Penampang A Dengan Arah E	12
Gambar 2.3	Mikroskopik <i>Staphylococcus aureus</i>	15
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 4.1	Grafik Pengaruh Tegangan Pulsa Pada Waktu 5 Menit Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	35
Gambar 4.2	Grafik Pengaruh Tegangan Pulsa Pada Waktu 10 Menit Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	39
Gambar 4.3	Grafik Pengaruh Tegangan Pulsa Pada Waktu 15 Menit Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	43
Gambar 4.4	Grafik Pengaruh Lama Pemberian Stimulasi Arus Listrik Dengan Tegangan Pulsa 50 V Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	46
Gambar 4.5	Grafik Pengaruh Lama Pemberian Stimulasi Arus Listrik Dengan Tegangan Pulsa 60 V Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	49
Gambar 4.6	Grafik Pengaruh Lama Pemberian Stimulasi Arus Listrik Dengan Tegangan Pulsa 70 V Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	53
Gambar 4.7	Grafik Pengaruh Lama Pemberian Stimulasi Arus Listrik Dengan Tegangan Pulsa 80 V Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	56
Gambar 4.8	Gambaran Luka Sayat Mencit	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Ulkus Diabetik	19
Tabel 3.1	Pengolahan Data Jumlah Koloni Bakteri	32
Tabel 3.2	Pengolahan Data Kondisi Luka Mencit	32
Tabel 4.1	Data Hasil Penelitian Pengaruh Tegangan Pulsa Stimulasi Arus Listrik Selama 5 Menit Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	34
Tabel 4.2	Data Hasil Penelitian Pengaruh Tegangan Pulsa Stimulasi Arus Listrik Selama 10 Menit Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	38
Tabel 4.3	Data Hasil Penelitian Pengaruh Tegangan Pulsa Stimulasi Arus Listrik Selama 15 Menit Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	42
Tabel 4.4	Data Hasil Penelitian Pengaruh Waktu Pemberian Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> Pada Tegangan Pulsa 50 V	45
Tabel 4.5	Data Hasil Penelitian Pengaruh Waktu Pemberian Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> Pada Tegangan Pulsa 60 V	49
Tabel 4.6	Data Hasil Penelitian Pengaruh Waktu Pemberian Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> Pada Tegangan Pulsa 70 V	52
Tabel 4.7	Data Hasil Penelitian Pengaruh Waktu Pemberian Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> Pada Tegangan Pulsa 80 V	55
Tabel 4.8	Data Hasil Pengukuran Kadar Glukosa Darah Mencit.....	59
Tabel 4.9	Hasil Pengamatan Kondisi Luka Mencit Diabetes Melitus	60
Tabel 4.10	Gambar Proses Penyembuhan Luka Sayat Mencit Selama 7 Hari.....	62
Tabel 4.11	Panjang Dan Lebar Luka Sayat Mencit Selama 7 Hari.....	62

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Hasil Jumlah Koloni Bakteri *Staphylococcus aureus*
- Lampiran 2 Gambar Percobaan
- Lampiran 3 Bukti Konsultasi Skripsi



ABSTRAK

Khofiniah, Devi Ihlimia. 2019. **Efek Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* Pada Luka Mencit (*Mus musculus*) Diabetes Melitus**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. H. Mokhammad Tirono, M.Si (II) Erna Hastuti, M.Si

Kata kunci : Stimulasi Arus Listrik, *Staphylococcus aureus*, Luka Diabetes Melitus

Luka pada penderita diabetes melitus beresiko tinggi mengalami infeksi. Biasanya infeksi pada luka dapat dengan mudah di kolonisasi oleh berbagai macam bakteri patogen salah satunya *Staphylococcus aureus*. Hal tersebut menjadi salah satu penyebab sulitnya penyembuhan pada luka. Teknik pengobatan yang saat ini sedang diteliti yaitu menggunakan stimulasi arus listrik. Stimulasi arus listrik dapat menyebabkan efek termal dan elektrolisis sehingga bakteri pada luka akan mati. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tegangan berpulsa serta lama waktu pemberian stimulasi arus listrik terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* serta untuk mengetahui pengaruh stimulasi arus listrik terhadap kondisi luka mencit diabetes melitus. Percobaan ini dilakukan secara eksperimental dengan tujuan sebagai upaya dalam mencari alternatif penyembuhan luka diabetes melitus. Menggunakan Rancang Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari dua faktor perlakuan yaitu tegangan berpulsa (50 V, 60 V, 70 V, dan 80 V) dan lama pemberian stimulasi arus listrik (5 menit, 10 menit, dan 15 menit). Parameter penelitian meliputi: penurunan jumlah bakteri *Staphylococcus aureus* dan kondisi luka sayat pada mencit yang menderita diabetes melitus. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi tegangan berpulsa dan lama pemberian stimulasi arus listrik memberikan pengaruh terhadap penurunan bakteri *Staphylococcus aureus*. Tegangan berpulsa yang efektif dalam menonaktifkan bakteri *Staphylococcus aureus* adalah 80 V dengan lama pemberian stimulasi arus listrik selama 15 menit. Stimulasi arus listrik juga mempengaruhi kondisi luka dimana luka akan cepat mengering dan menutup dengan kadar glukosa darah yang rendah.

ABSTRACT

Khofiniah, Devi Ihlimia. 2019. **The Effect Of Electric Current Stimulation On Growth Of Bacterial *Staphylococcus aureus* In Diabetes Mellitus Mice (*Mus Musculus*) Wound.** Thesis. Physics Department, Science and Technology Faculty, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor: (I) Dr. H. Mokhammad Tirono, M. Si (II) Erna Hastuti, M. Si

Keywords: Electric Current Stimulation, *Staphylococcus aureus*, Diabetes Mellitus Wound

Diabetes mellitus which is found in sufferer having a high risk of an infection. Its can be colonize by a variety of pathogenic such as *Staphylococcus aureus* in general. An infection becomes one of the causes of wound healing. Treatment technique of this research is electric current stimulation. The impact of this technique are thermal effect and electrolizes then wound will die. The purpose of this research to find out the effect of pulse voltage with the length time for giving electric current stimulation on bacterial growth *Staphylococcus aureus* and to shows the effect of it in mice wound. This research used experiment study which is looking for alternative healing of Diabetes mellitus. By using a complete random design be contained of two factors they are pulse voltage (50 V, 60 V, 70 V, and 80 V) and the length time of electric current stimulation (5 minutes, 10 minutes, and 15 minutes). Relating to the research in term of parameter that the amount of bacterial *Staphylococcus aureus* and mice wound condition. The results of this research shows the variety of pulse voltage and the length time giving an effect to bacterial decline. The effective pulse voltage in deactivate bacterial *Staphylococcus aureus* is 80 V with the length 15 mintes of electric current stimulation. Its influences the wound was dry and close the low blood glucose.

مستخلص البحث

خافنية، ديفي احليما. 2019. الأثار الجانبية حث كهربائي في النمبة جرثومة *Staphylococcus aureus* على جرح فأر الصغير (*Mus musculus*) الديايبتس. بحث جامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك ابراهيم الاسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (I) الدكتور الحاج مُجد تيرانا الماجستير (II) الدكتورة ايرنا هستوني الماجستير

الكلمات الرئيسية: حث كهربائي، جرثومة *Staphylococcus aureus*، الديايبتس

جرح الأمراض الديايبتس عاقبة عالية في الإعداء. *Staphylococcus aureus* هو احد الجراثيم يسبب واقع استعمار لكل جراثيم في العادة. حث كهربائي هو طريقة المداواة التي تبحث هذه الدراسة. وهو يسبب تأثيرا حراريا و تحليل الكهربائي حتى ماتت جرثومة. أهداف هذه الدراسة هي لمعرفة تأثير التوتر النبضي وطول الوقت حث الكهربائي في النمبة جرثومة *Staphylococcus aureus* على جرح فأر الصغير (*Mus musculus*) الديايبتس. نوع هذه الدراسة هي دراسة تجريبية لهدف المداواة المخلص. تستخدم تصميم عشوائي كامل التي تتكون من عاملين تجريبية وهما توتر نبضي (50مقاييس، 60 مقاييس، 70 مقاييس، 80 مقاييس) و طول الوقت حث الكهربائي (5 دقائق، 10 دقائق، 15 دقائق). تحديد الدراسة هي تنزيل الجملة الجراثيم *Staphylococcus aureus* و حالة الفأر الصغير بآلم الديايبتس. نتائج هذه الدراسة أن تنوع توتر نبضي وطول الوقت حث الكهربائي تأثيرا في التنزيل جرثومة *Staphylococcus aureus*. والتوتر النبضي لإلغاء التنشيط جرثومة *Staphylococcus aureus* هو 80 مقاييس بطول حث الكهربائي 15 دقائق. وبهذا يؤثر الجرح سرعة في الجف ويقفل مقدار السكري الواطئ.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Diabetes melitus merupakan kumpulan dari gejala-gejala yang timbul pada seseorang dengan ditandai kadar glukosa dalam darah melebihi batas normal (antara 80-120 mg%). Hal ini dikarenakan insulin yang diproduksi oleh pankreas kurang, baik secara absolut maupun relatif. Sehingga keadaan tersebut dapat menyebabkan meningkatnya glukosa dalam darah. Adanya gula dalam urin (glukosuria) menjadikan penyakit ini dikenal dengan kencing manis atau penyakit gula (Mahendra *et al.*, 2008).

Berdasarkan prediksi *World Health Organization* (WHO), Indonesia akan mengalami peningkatan yang besar untuk penderita diabetes melitus pada tahun-tahun yang akan datang. Pada tahun 2000, penderita diabetes melitus mencapai 8,4 juta orang, sehingga diperkirakan akan mengalami kenaikan jumlah penderita diabetes melitus menjadi sekitar 21,3 juta orang pada tahun 2030. Sedangkan berdasarkan prediksi *International Diabetes Federation* (IDF), pada tahun 2009 akan mengalami kenaikan penderita diabetes melitus dari 7 juta orang menjadi 12 juta orang pada tahun 2030. Dapat disimpulkan bahwa penderita diabetes melitus akan meningkat 2 – 3 kali lipat pada tahun 2030 (Ernawati, 2013).

Tingginya kadar glukosa dalam darah dapat berdampak buruk bagi tubuh karena dapat merusak jaringan tubuh seperti, saraf, pembuluh darah, dan arteri yang menuju ke jantung. Hingga setelah bertahun-tahun, diabetes melitus akan menjadi kronik yang dapat meningkatkan resiko timbulnya berbagai macam

penyakit, diantaranya serangan jantung, stroke, gagal ginjal, kebutaan, penyakit pembuluh darah perifer, serta penyakit komplikasi lain bahkan kematian (Wijayakusuma, 2004).

Ketika terjadi gangguan pembuluh darah akibat diabetes melitus maka penderita yang mengalami luka akan dengan mudah mengalami infeksi. Luka tersebut apabila tidak dilakukan pengobatan secepatnya dapat menyebabkan gangren (pembusukan akibat luka) dan yang lebih parah lagi akan berdampak amputasi pada bagian yang terkena infeksi. Karena bakteri yang ada pada infeksi kaki tersebut dapat menyebar lebih cepat akibat kurangnya sirkulasi darah (Wijayakusuma, 2004).

Biasanya infeksi pada luka diabetes melitus dapat dengan mudah di kolonisasi oleh berbagai macam mikroorganisme patogen. Adanya invasi dan multiplikasi mikroorganisme patogen pada jaringan dapat mengakibatkan luka pada jaringan akan menjadi suatu penyakit parah (Singh *et al.*, 2013). Salah satu mikroorganisme patogen yang terdapat pada luka adalah *Staphylococcus aureus* (Mardiyantoro *et al.*, 2018). Ciri khas infeksi yang disebabkan oleh *Staphylococcus aureus* adalah infeksi nantinya akan menghancurkan neutropil melalui pelepasan leukosidin sehingga terbentuk abses (Miller dan John, 2001).

Infeksi luka yang parah karena adanya mikroorganisme yang tumbuh didalamnya dapat berdampak pada amputasi yang tentunya dapat merugikan diri sendiri. Infeksi luka yang parah juga dapat terjadi karena kebersihan luka yang kurang terjaga. Suatu kewajiban bagi umat Islam dalam menjaga kebersihan diri,

pakaian, beserta lingkungannya. Sebagaimana firman Allah SAW dalam Al-Qur'an surat Al-Ma'idah ayat 6 yang berbunyi:

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا إِذَا قُمْتُمْ إِلَى الصَّلَاةِ فَاغْسِلُوا وُجُوهَكُمْ وَأَيْدِيَكُمْ إِلَى الْمَرَافِقِ وَامْسَحُوا بِرُءُوسِكُمْ وَأَرْجُلَكُمْ إِلَى الْكَعْبَيْنِ وَإِنْ كُنْتُمْ جُنُبًا فَاطَّهَّرُوا وَإِنْ كُنْتُمْ مَرْضَىٰ أَوْ عَلَىٰ سَفَرٍ أَوْ جَاءَ أَحَدٌ مِّنْكُمْ مِنَ الْغَائِطِ أَوْ لَمَسْتُمُ النِّسَاءَ فَلَمْ تَجِدُوا مَاءً فَتَيَمَّمُوا صَعِيدًا طَيِّبًا فَامْسَحُوا بِوُجُوهِكُمْ وَأَيْدِيكُمْ مِنْهُ مَا يُرِيدُ اللَّهُ لِيَجْعَلَ عَلَيْكُمْ مِنْ حَرَجٍ وَلَكِنْ يُرِيدُ لِيُطَهِّرَكُمْ وَلِيُتِمَّ نِعْمَتَهُ عَلَيْكُمْ لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ﴿٦﴾

Artinya: “Hai orang-orang yang beriman, apabila kamu hendak mengerjakan shalat, maka basuhlah mukamu dan tanganmu sampai dengan siku, dan sapulah kepalamu dan (basuh) kakimu sampai dengan kedua mata kaki, dan jika kamu junub maka mandilah, dan jika kamu sakit atau dalam perjalanan atau kembali dari tempat buang air (kakus) atau menyentuh perempuan, lalu kamu tidak memperoleh air, maka bertayammumlah dengan tanah yang baik (bersih); sapulah mukamu dan tanganmu dengan tanah itu. Allah tidak hendak menyulitkan kamu, tetapi Dia hendak membersihkan kamu dan menyempurnakan nikmat-Nya bagimu, supaya kamu bersyukur.”(QS. Al-Ma'idah [5]: 6)

Ayat tersebut merupakan syari'at proses wudhu' yang dianjurkan ketika hendak melakukan sholat. Proses wudhu' tersebut mewujudkan peraturan kebersihan dalam menjaga kesehatan, dimana wudhu' dapat membasmi dan menghalangi mikroorganisme yang dapat menyerang manusia. Sebagaimana juga yang diajarkan Rasulullah SAW dalam melakukan pokok kebersihan diri yang menjadi sunnah-sunnah fitrah. Hadits dari Aisyah RA, Rasulullah SAW bersabda (Ahmad, 2009):

عَشْرٌ مِنَ الْفِطْرَةِ قَصُّ الشَّارِبِ وَإِعْفَاءُ اللَّحْيَةِ وَالسَّوَاكُ وَاسْتِنْسَاقُ الْمَاءِ وَقَصُّ الْأَظْفَارِ وَغَسْلُ الْبَرَاجِمِ وَتَنْفُؤُ الْإِبْطِ وَحَلْقُ الْعَانَةِ وَانْتِقَاصُ الْمَاءِ قَالَ زَكَرِيَّا قَالَ مُصْعَبٌ وَنَسِيتُ الْعَاشِرَةَ إِلَّا أَنَّ تَكُونَ الْمَضْمَضَةَ

Artinya: “Ada sepuluh hal yang termasuk kesucian (fitrah), yaitu: memotong kumis, memanjangkan jenggot, bersiwak, menghirup air (ke hidung dan mengeluarkannya), memotong kuku, mencuci celah-celah jari, mencabut bulu-

bulu ketiak, mencukur bulu kemaluan, dan membersihkan dengan air (setelah buang air). Zakaria berkata bahwa Mushab berkata, aku lupa yang kesepuluh, aku merasa yang kesepuluh adalah berkumur.” (HR. Muslim no.261, Abu Daud no. 52, At Tirmidzi no. 2906, An Nasai 8/152, Ibnu Majah no. 293).

Rasulullah SAW mengajarkan perilaku-perilaku fitrah yang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Dalam kajian-kajian kedokteran perilaku-perilaku tersebut merupakan nilai kesehatan yang sangat penting untuk dilakukan dan akan menimbulkan bahaya jika diabaikan. Contohnya, ketika membiarkan kuku tetap panjang tanpa dipotong akan mengundang sejumlah penyakit karena terdapat banyak sekali bakteri maupun virus yang berkembang dibawahnya. Dengan perilaku yang telah diajarkan tersebut, seorang muslim akan terhindar dari bahaya mikroorganisme beserta racun-racun berbahaya yang menjadi penyebab timbulnya berbagai penyakit bahkan kematian (Ahmad, 2009).

Penyembuhan luka dengan pengobatan merupakan suatu cara yang dapat dilakukan dalam memperbaiki kerusakan pada jaringan. Ketidakmampuan praktek medis konvensional untuk mengobati luka, dapat dianggap sebagai kegagalan sistem perawatan kasus luka pada penderita penyakit diabetes. Bahkan terapi yang lebih baru seperti flap miokutan, debridemen air, dan teknik lain yang ada belum memperoleh tingkat penyembuhan yang signifikan dalam lima puluh tahun terakhir (Meehan, 2000).

Salah satu metode yang sedang diteliti dalam penyembuhan luka adalah terapi dengan stimulasi arus listrik. Menurut Balakoutunis (2011), stimulasi arus listrik merupakan suatu teknik dalam membantu penyembuhan luka seperti luka diabetes melitus. Penggunaan arus listrik untuk penyembuhan jaringan pada luka dapat menurunkan intensitas arus pada luka itu sendiri. Oleh karena itu,

pengaplikasian arus listrik dapat menjadi tahap perbaikan dan regenerasi sel pada luka. Stimulasi listrik telah terbukti dapat mempengaruhi proliferasi migrasi sel serta mekanismenya.

Dalam penelitian sebelumnya, Gusmao dan rekannya melakukan penelitian menggunakan stimulasi arus listrik dengan besar arus 25, 50, dan 75 mA selama 15 menit pada bakteri *E.coli* akan menyebabkan terjadinya elektrolisis yang berdampak pada rusaknya membran sel bakteri. Sementara penelitian yang dilakukan Rowley dan rekannya menunjukkan bahwa stimulasi arus listrik DC dengan arus 0,2 – 2 mA memiliki efek statis pada luka kelinci yang terinfeksi bakteri. Stimulasi listrik dapat menimbulkan efek termal sehingga dapat menghambat pertumbuhan bakteri (Gusmao *et al.*, 2010).

Pada penelitian sebelumnya Asadi dan Torkaman (2014), telah menunjukkan bahwa terapi menggunakan stimulasi arus listrik DC selama 1 jam yang dilakukan sebanyak 3 kali dalam seminggu pada luka dapat meningkatkan suhu kulit dan mempercepat penutupan luka. Penelitian yang lain dilakukan oleh Thakral *et al* (2013), beliau melaporkan bahwa terapi menggunakan stimulasi arus listrik DC 100 mV/mm pada luka dapat meningkatkan migrasi neutrofil dan makrofag serta menstimulasi fibroblas. Adapun pembaruan yang penulis lakukan yaitu dengan menggunakan stimulasi arus listrik DC dengan tegangan 10 V yang diberi variasi pulse 50, 60, 70, dan 80 V selama 5, 10, dan 15 menit pada luka yang terinfeksi bakteri *Staphylococcus aureus*. Berdasarkan latar belakang diatas maka akan dilakukan penelitian tentang **“Efek Stimulasi Arus Listrik Terhadap**

Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* Pada Luka Mencit (*Mus musculus*) Diabetes Melitus”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang diangkat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh tegangan berpulsa stimulasi arus listrik terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* pada luka penderita diabetes melitus?
2. Bagaimana pengaruh waktu stimulasi arus listrik terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* pada luka penderita diabetes melitus?
3. Bagaimana efek stimulasi arus listrik terhadap kondisi luka penderita diabetes melitus?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Adapun tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui keefektifan stimulasi arus listrik dalam menonaktifkan bakteri *Staphylococcus aureus* pada luka sebagai metode alternatif dalam pengobatan luka akibat diabetes melitus.

1.3.2 Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui pengaruh teganganberpulsa stimulasi arus listrik terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* pada luka penderita diabetes melitus.
2. Untuk mengetahui pengaruh waktu stimulasi arus listrik terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* pada luka penderita diabetes melitus.
3. Untuk mengetahui efek stimulasi arus listrik terhadap kondisi luka penderita diabetes melitus.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Teoritis

Manfaat teoritis dari penelitian ini adalah untuk menambah pengetahuan serta wawasan tentang efek stimulasi arus listrik terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* pada luka diabetes melitus.

1.4.2 Manfaat Praktis

Manfaat praktis dari penelitian ini adalah

1. Memberi solusi alternatif pada proses pengobatan luka penderita diabetes melitus.
2. Mengurangi penggunaan obat-obatan berbahan kimia.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah

1. Bakteri yang digunakan hanya *Staphylococcus aureus*.
2. Untuk mengetahui pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* digunakan kulit sapi sedangkan untuk mengetahui kondisi luka digunakan mencit yang menderita diabetes dengan diberi luka sayat pada punggung.
3. Penelitian menitik beratkan pada jumlah bakteri yang masih hidup setelah diberi stimulasi arus listrik pada kulit sapi dan kondisi luka sayat mencit yang sudah diberi stimulasi arus listrik.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Stimulasi Arus Listrik

2.1.1 Elektrostimulator



Gambar 2.1 Elektrostimulator

Elektrostimulator merupakan serangkaian perangkat elektronik yang menghasilkan gelombang listrik dengan bentuk gelombang, intensitas, dan frekuensi tertentu. Dalam bidang fisioterapi, elektrostimulator digunakan untuk perbaikan dan pemulihan keseimbangan biopotensial tubuh (Ganong, 1989). Berdasarkan hasil kajian biofisika, elektrostimulator yang aman dan efektif untuk terapi adalah yang mempunyai karakteristik sebagai berikut (Suhariningsih, 2004):

1. Lebar pulsa (s) bernilai kecil, karena nilai s semakin kecil maka tidak terasa sakit.
2. Arus efektif yang dikeluarkan alat maksimum adalah 0,5 mA.
3. Tegangan puncak (V_p) bernilai tinggi, karena nilai V_p menunjukkan besarnya energi yang masuk ke tubuh. Berdasarkan hasil penelitian, semakin besar nilai V_p rangsangan makin cepat.

Parameter-parameter yang mempengaruhi keberhasilan terapi menggunakan elektrostimulator antara lain:

1. Frekuensi Elektrostimulator

Frekuensi elektrostimulator adalah jumlah rangsangan yang diberikan persatuan waktu tertentu. Dalam terapi, frekuensi sangat berperan penting. Hal ini berkaitan dengan tujuan perlakuan yang diberikan. Pemakaian frekuensi rendah yang berkisar 1-20 Hz bertujuan untuk meningkatkan energi (tonifikasi) atau untuk penyakit kronis yang memacu pertumbuhan, sedangkan untuk frekuensi tinggi yang berkisar 80-120 Hz bertujuan untuk melemahkan (sedasi) atau untuk penderita penyakit akut. Dengan frekuensi yang lebih tinggi sekitar 120-200 Hz didapatkan efek anestesi dan untuk menghilangkan nyeri serta meniadakan kejang otot, menurunkan kegiatan simpatis dan memperbaiki sirkulasi darah (Harjono, 1998).

2. Intensitas Elektrostimulator

Intensitas elektrostimulator berkaitan dengan besar tegangan yang dihasilkan alat tersebut dan sangat berpengaruh terhadap efektivitas terapi yang dilakukan. Semakin tinggi intensitas, maka semakin meningkat pula energi listrik yang ditransfer ke dalam tubuh pasien. Pemberian yang berlebihan juga mengandung resiko (Suhariningsih, 2004).

3. Bentuk Gelombang Elektrostimulator

Prinsip kerja elektrostimulator adalah merangsang titik-titik meridian menggunakan gelombang arus listrik. Ada banyak jenis pulsa yang digunakan dalam melakukan terapi, dimana setiap jenis pulsa memiliki

karakteristik yang berbeda. Karena hal itulah, pemilihan jenis pulsa sangat menentukan keamanan dan efektivitas dalam terapi. Pada umumnya bentuk gelombang yang dihasilkan oleh stimulator adalah potensial monofase yang mempunyai lebar pulsa relatif kecil (*spike*). Potensial monofase dapat menyebabkan efek polarisasi pada tubuh. Efek polarisasi ini dapat mengurangi efektivitas pemberian rangsangan listrik, oleh karena itu elektrostimulator yang digunakan disarankan berupa gelombang bifase yang bertujuan untuk mengurangi efek polarisasi (Khan, 1987).

Tegangan listrik efektif (V_{rms}) menunjukkan kemampuan seseorang dalam menerima suatu rangsangan listrik tertentu. Besarnya tegangan listrik efektif tergantung pada karakteristik bentuk pulsa dari elektrostimulator yang digunakan. Untuk bentuk pulsa *spike* besarnya tegangan listrik efektif yaitu (Khan, 1987):

$$V_{rms} = \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{s}{p} \cdot V_p \right) \quad (2.1)$$

Dimana s = lebar pulsa (sekon)

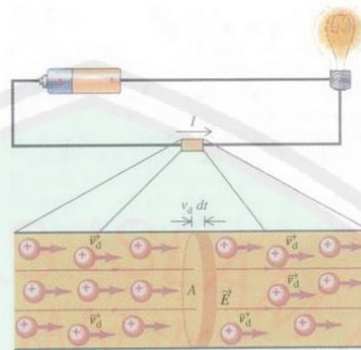
p = periode (sekon)

V_p = tegangan puncak (Volt)

2.1.2 Arus Listrik

Arus adalah muatan yang bergerak dari satu daerah ke daerah lainnya. Apabila pergerakan ini berada dalam sebuah lintasan konduksi yang membentuk sebuah simpul tertutup, maka lintasan ini disebut rangkaian listrik. Partikel bermuatan bergerak dalam sebuah rangkaian, maka energi potensial listrik berpindah dari sebuah sumber ke suatu alat tempat energi tersebut disimpan atau

dikonversi ke dalam bentuk energi lain. Arah arus selalu dari ujung dengan potensial lebih tinggi ke ujung yang berpotensi rendah (Sears, 2003).



Gambar 2.2 Arus melalui luas penampang A dengan arah E

Gambar 2.2 memperlihatkan sebuah konduktor yang didalamnya mengalir sebuah arus. Sedangkan muatan yang bergerak adalah positif sehingga muatan tersebut mempunyai gerak yang sama dengan arus. Arus melalui luas penampang A sebagai suatu muatan yang mengalir melalui luas tersebut per satuan waktu. Jika sebuah muatan tersebut adalah dQ yang mengalir melalui sebuah luasan dalam waktu dt , maka arus I didefinisikan (Sears, 2003):

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad (2.2)$$

Arus merupakan ciri dari suatu penghantar khas. Arus tersebut adalah suatu kuantitas makroskopik, dimana kuantitas tersebut apabila dihubungkan dengan arus maka disebut rapat arus (J). Rapat arus adalah sebuah vektor yang merupakan ciri dari titik di dalam penghantar akan tetapi bukan ciri penghantar secara keseluruhan. Apabila arus tersebut di distribusikan secara seragam pada sebuah

penghantar dengan luas penampang A maka besar rapat arus untuk semua titik adalah (Halliday dan Resnick, 1992):

$$J = \frac{i}{A} \quad (2.3)$$

Tubuh manusia juga mempunyai listrik sendiri, yang biasanya dikenal dengan biolistrik. Biolistrik merupakan energi listrik yang dimiliki manusia dengan terdiri dari pancaran elektron-elektron dari setiap titik tubuh yang keluar dan muncul karena adanya rangsangan. Energi listrik ini bersumber dari *Adenosine Tri Phosphate*(ATP) yang di hasilkan oleh mitokondria melalui respirasi sel. Aktivitas biolistrik pada suatu otot dapat menyebar ke seluruh tubuh seperti gelombang pada permukaan air. Pemasangan elektroda dapat pada permukaan kulit dapat membantu dalam mengamati adanya pulsa listrik dalam tubuh (Asriwati, 2017).

Terdapat dua hukum dalam biolistrik, yaitu: Hukum Ohm dan Hukum Joule. Hukum Ohm menyatakan bahwa “Perbedaan potensial antara ujung konduktor berbanding lurus dengan arus yang melewati, dan berbanding terbalik dengan tahanan dari konduktor”. Hukum ini dinyatakan dalam persamaan (Asriwati, 2017):

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.4)$$

Sedangkan Hukum Joule menyatakan bahwa “Arus listrik yang melewati konduktor dengan beda potensial (V), dalam waktu tertentu akan menimbulkan panas”. Dan hukum ini dinyatakan dalam persamaan (Asriwati, 2017):

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

Dimana Q = energi panas yang ditimbulkan (Joule), V = tegangan (Volt), I = arus (Ampere), dan t = waktu lamanya arus mengalir (Sekon).

Suatu jaringan tersusun atas sel-sel yang bentuk dan fungsinya sama, dimana sel-sel tersebut terdiri dari membran sel yang memiliki resistansi tertentu. Maka pemberian tegangan listrik akan menyebabkan arus listrik yang besarnya sebanding dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan resistansi. Hal ini sesuai dengan persamaan 2.4 (Reitz, 1993).

Pembawa muatan dalam banyak penghantar adalah elektron. Sedangkan dalam cairan elektrolit yang merupakan bagian terbesar suatu jaringan organisme, arus dibawa oleh ion positif dan ion negatif. Karena beberapa ion bergerak lebih cepat dari yang lain, maka penghantaran oleh salah satu ion biasanya lebih menonjol. Ion positif dan ion negatif melintas dengan arah yang berlawanan (Reitz, 1993).

2.2 Bakteri *Staphylococcus aureus*

2.2.1 Morfologi

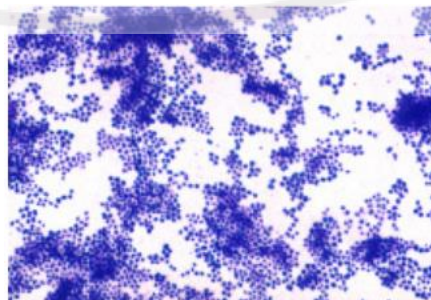
Staphylococcus aureus merupakan bakteri gram positif, tidak menghasilkan spora, bersifat fakultatif anaerob, memfermentasi glukosa, juga dapat memfermentasi mannitol, berkatalase positif dan oksidase negatif. *Staphylococcus aureus* juga bersifat halofilik yaitu dapat bertahan hidup dalam lingkungan yang mengandung garam dengan konsentrasi tinggi, memiliki daya tahan terhadap beberapa bahan kimia tertentu, seperti dalam fenol 20 %, *Staphylococcus aureus* mampu bertahan hingga 15 menit (Mardiyantoro *et al.*, 2018).

Staphylococcus aureus merupakan bakteri fakultatif anaerob. Bakteri ini tumbuh pada suhu optimum 37°C, akan tetapi pada suhu kamar (20 – 25°C) dapat membentuk pigmen paling baik. Koloni pada perbenihan padat berwarna abu-abu sampai kuning keemasan, berbentuk bundar, halus, menonjol, dan berkilau (Jawetz *et al.*, 2008). Pada lempeng agar, koloni berbentuk bulat dengan diameter 1 – 2 mm, cembung, buram, mengkilat, dan konsistensinya lunak (Syahrurahman *et al.*, 2010).

Klasifikasi

Klasifikasi *Staphylococcus aureus* dari Rosenbach yaitu (Lowy, 2014):

Domain	: <i>Bacteria</i>
Kerajaan	: <i>Eubacteria</i>
Filum	: <i>Firmicutes</i>
Kelas	: <i>Bacilli</i>
Ordo	: <i>Bacillales</i>
Familia	: <i>Staphylococcusceae</i>
Genus	: <i>Staphylococcus</i>
Spesies	: <i>S. aureus</i>
Nama binomial	: <i>Staphylococcus aureus</i>



Gambar 2.3 Mikroskopik *Staphylococcus aureus* (Yuwono, 2009)

2.2.2 Patogenesis

Staphylococcus aureus dapat menghasilkan koagulasi dengan mengkatalisis perubahan fibrinogen menjadi fibrin. Selain itu, bakteri ini juga dapat membantu organisme dalam membentuk barisan perlindungan. Bakteri ini memiliki reseptor terhadap permukaan sel inang dan protein matriks (misalnya fibronektin, kolagen) yang berfungsi untuk membantu organisme ini melekat. *S. aureus* mampu menghasilkan enzim litik ekstraseluler (misalnya lipase), yang berfungsi untuk memecah jaringan sel inang dan membantu invasi (Gillespie dan Bamford, 2009).

Rosenbach mengatakan bahwa bakteri *Staphylococcus aureus* dapat menyebabkan infeksi pada luka dan furunkel. Ciri khas infeksi yang ditimbulkan oleh *S. aureus* adalah radang bernanah pada jaringan hingga menjadi abses atau bisul. Infeksi ini dapat menyebar ke jaringan yang lebih dalam sehingga menyebabkan osteomielitis, artritis, endokarditis, dan abses pada otak, paru-paru, ginjal serta kelenjar *mammae*. Patogenesis infeksi *S. aureus* adalah hasil interaksi berbagai protein permukaan bakteri dengan berbagai reseptor pada permukaan sel inang (DeLeo *et al.*, 2009).

Staphylococcus aureus menjadi salah satu patogen penting dari Stafilococcus karena kemampuannya dalam menghemolisis darah, menyebabkan koagulasi pada plasma, dan menghasilkan variasi enzim ekstraseluler serta menghasilkan toksin yang membuat *Staphylococcus aureus* virulen. *Staphylococcus aureus* memiliki sistem pengaturan yang kompleks dalam merespon rangsangan dari lingkungan untuk mengendalikan ekspresi berbagai gen virulensi sebagai bagian dari patogenitasnya, sehingga *Staphylococcus aureus* dapat menyebabkan berbagai

penyakit invasif dan toksigenik. Virulensi yang dimiliki oleh *Staphylococcus aureus* tidak lepas dari faktor virulensi yang dimilikinya (Mardiyantoro *et al.*, 2018).

Virulensi merupakan kemampuan mikroba dalam menginfeksi sedangkan faktor virulensi merupakan bagian-bagian yang dimiliki mikroorganisme untuk dapat meningkatkan patogenesis. Sehingga kemampuan mikroorganisme patogen untuk menyebabkan infeksi tidak hanya dipengaruhi oleh sifat mikroorganisme itu sendiri, tetap juga kemampuan sel inang yang ditumpanginya dalam membantu kekebalan melawan infeksi (Pelczar dan Chan, 2012).

2.2.3 Mekanisme Infeksi

Tahapan-tahapan suatu mikroorganisme dalam menginfeksi inangnya adalah sebagai berikut (Radji, 2010):

1. Pelekatan pada protein sel inang

S. aureus memiliki struktur sel dengan protein permukaan yang berfungsi untuk membantu bakteri menempel pada sel inang. Protein tersebut adalah laminin dan fibronektin pada permukaan epitel dan endotel dengan membentuk matriks ekstraseluler. Selain itu, adanya ikatan protein fibrin atau fibrinogen akan meningkatkan penempelan bakteri pada jaringan.

2. Invasi

Invasi merupakan proses masuknya bakteri ke dalam sel inang dan menyebar ke seluruh tubuh, jalan yang mudah dari bakteri agar dapat melewati proses infeksi. Sejumlah besar kelompok protein ekstraseluler akan dilibatkan *S. aureus* dalam menginfeksi sel inang. Beberapa protein

yang berperan dalam proses invasi *S. aureus* antara lain α -toksin, β -toksin, γ -toksin, leukosidin, koagulase, stafilokinase, dan beberapa enzim seperti protease, lipase, DNase, dan enzim pemodifikasi asam lemak.

3. Perlawanan terhadap ketahanan inang

S. aureus memiliki kemampuan dalam mempertahankan diri terhadap mekanisme perlawanan sel inang. Beberapa faktor pertahanan diri yang dimiliki *S. aureus* yaitu simpai polisakarida, proteinA, dan leukosidin.

4. Pelepasan beberapa jenis toksin

Pelepasan beberapa jenis toksin diantaranya yaitu eksotoksin, superantigen, dan toksin eksfoliatin.

2.3 Luka Diabetes Mellitus

2.3.1 Ulkus Diabetik

Ulkus diabetik merupakan salah satu penyakit komplikasi kronik akibat diabetes melitus dengan luka terbuka pada permukaan kulit hingga ke dalam dermis. Hal ini terjadi karena adanya penyumbatan pada pembuluh darah tungkai dan neuropati perifer akibat kadar gula dalam darah yang tinggi sehingga penderita diabetes melitus tidak menyadari adanya luka pada tubuhnya (Waspadji, 2006).

Ulkus kaki diabetik disebabkan kadar glukosa dalam darah yang tinggi, tekanan pada kaki, neuropati perifer (motorik, sensorik, dan otonom) dan iskemia, serta penyakit arterial perifer yang terjadi dengan frekuensi serta intensitas yang tinggi pada penderita. Neuropati motorik menyebabkan perubahan pada kaki dan tekanan yang berpusat pada kaput metatarsal dan tumit. Tekanan ini akan

mengakibatkan penebalan pada kulit (kalus) dan ketika pecah dapat membentuk ulkus (Bilous and Donnelly, 2015).

Neuropati motorik dapat menyebabkan atrofi otot, deformitas kaki, perubahan biomekanik, dan redistribusi tekanan pada kaki. Dan semua keadaan tersebut dapat mengarah pada terjadinya ulkus. Sedangkan rasa nyeri dan ketidaknyamanan pada kaki disebabkan oleh neuropati sensorik yang dapat mengarah pada trauma. Saraf otonom yang rusak menyebabkan keringat yang keuar sedikit sehingga kulit menjadi kering dan pecah-pecah disertai fisura. Hal ini mengakibatkan bakteri mudah masuk hingga menyebabkan infeksi menyebar dengan cepat dan merusak saraf pada kaki. Kondisi tersebut dapat menghambat suplai oksigen dan nutrisi oleh darah ke jaringan (Bilous and Donnelly, 2015).

2.3.2 Klasifikasi Ulkus Diabetik

Berdasarkan sistem Wagner, klasifikasi ulkus diabetes melitus adalah sebagai berikut (Ernawati, 2013):

Tabel 2.1 Klasifikasi ulkus diabetik

Tingkat	Lesi
0	Kulit utuh, tidak ada lesi terbuka, hanya deformitas dan selulitis
1	Ulkus diabetik superfisialis (<i>partial atau full thickness</i>)
2	Luka meluas mengenai ligamen, tendon, kapsul sendi atau otot dalam tanpa abses atau osteomileitis
3	Luka dalam dengan abses, osteomileitis atau infeksi sendi
4	Gangren atau pembusukan daerah setempat pada bagian depan kaki, tumit atau 1 – 2 jari kaki
5	Gangren meluas pada seluruh kaki

Sumber: Frykberg, 2002; Waspadji, 2009

2.4 Efek Stimulasi Arus Listrik Terhadap Kematian Bakteri

2.4.1 Efek Termal

Dalam hukum Joule juga dituliskan bagaimana tenaga listrik dikonversi ke dalam energi termal. Beda potensial dalam hukum Joule adalah suatu kerja yang dibutuhkan untuk memindahkan satu satuan dalam medan. Misalnya pada suatu rangkaian, karena adanya beda potensial V maka akan menimbulkan arus I . Sehingga pada setiap detik akan ada 1 coulomb yang dipindahkan dan ada $V.I$ Joule kerja yang dibutuhkan. Dengan persamaan rumusnya (Giancoli, 2001):

$$P = V \cdot I \quad (2.6)$$

Kesimpulannya, daya keluar tiap detiknya dalam kawat dan daya ini akan hilang sebagai panas.

Energi yang ditransfer ke dalam jaringan bergantung pada nilai tegangan efektif pulsa yang digunakan dan lama pemberian stimulasi. Semakin besar tegangan efektif maka semakin besar pula energinya. Besar energi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Guyton, 1983):

$$E = V \cdot I \cdot t \quad (2.7)$$

Karena $V = I \cdot R$ maka secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$E = I^2 \cdot R \cdot t \quad (2.8)$$

Persamaan (2.8) menunjukkan bahwa semakin besar arus yang mengalir, maka energi listrik yang dihasilkan juga semakin besar.

Pada tubuh manusia terdapat energi listrik yang akan menggetarkan atom-atom pada sel tubuh, sehingga terjadi tumbukan antara satu atom dengan atom lainnya. Akibat tumbukan antar atom, maka akan meningkatkan suhu sel tubuh

yang dilalui arus. Besarnya energi panas Q yang dibangkitkan sebanding dengan energi listrik yang dialirkan yaitu (Diehr, 2014):

$$Q = i^2 R t \quad (2.9)$$

Apabila energi panas ditambahkan ke dalam suatu zat maka temperatur zat tersebut akan naik. Jumlah energi panas Q yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur suatu zat adalah sebanding dengan perubahan temperatur dan massa zat tersebut. Secara matematis dapat dituliskan (Sears dan Zemansky, 1999):

$$Q = m c \Delta T \quad (2.10)$$

$$Q = C \Delta T \quad (2.11)$$

Dimana C adalah kapasitas panas zat yang didefinisikan sebagai energi panas yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur suatu zat dengan satu derajat.

Panas yang ditimbulkan oleh arus akan dihantarkan ke daerah sekelilingnya. Apabila bakteri sedang berada pada daerah luka, maka akan terjadi perpindahan energi panas ke bakteri. Apabila kapasitas panas sel bakteri adalah C dan massa bakteri adalah m , maka perubahan suhu yang terjadi adalah

$$\Delta T = \frac{Q}{m c} \quad (2.12)$$

Substitusi persamaan (2.12) ke persamaan (2.9) maka diperoleh

$$\Delta T = \frac{I^2 R t}{m c} \quad (2.13)$$

Apabila m , C , dan R konstan, maka perubahan suhu yang terjadi ditentukan oleh perubahan arus I dan waktu t . Apabila suhu bakteri melebihi ambang batas pertumbuhannya, maka akan menyebabkan bakteri mati. Sehingga cepat atau lambatnya kematian bakteri tergantung pada kuat arus listrik yang dialirkan.

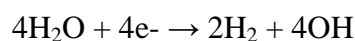
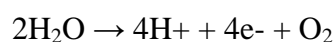
Kelangsungan hidup mikroorganisme sangat bergantung pada kemampuan adaptasi pada berbagai variasi suhu habitatnya. Suhu minimum yaitu suhu

terendah yang memungkinkan terjadinya metabolisme mikroorganisme tersebut. Akan tetapi jika berada dibawah suhu tersebut maka aktivitas mikroorganisme akan terhambat. Suhu maksimum adalah suhu tertinggi dimana metabolisme mikroorganisme masih dapat dilakukan. Apabila suhu berada diatas maksimum maka pertumbuhan mikroorganisme akan terhenti, dimana enzim dan asam nukleat akan menjadi tidak aktif secara permanen (denaturasi) sehingga metabolisme mikroorganisme akan terhenti dan menyebabkan kematian sel (Kathleen, 2005).

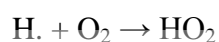
2.4.2 Elektrolisis

Elektrolisis merupakan suatu proses kimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Komponen terpenting dari proses elektrolisis ini adalah elektroda dan larutan elektrolit (Martawati, 2014). Elektrolisis adalah proses penguraian suatu larutan menjadi ion-ionnya yaitu ion positif (kation) dan ion negatif (anion). Apabila arus listrik DC dialirkan melalui elektroda ke larutan elektrolit maka kation akan mengalami reduksi karena menangkap elektron sedangkan anion akan mengalami oksidasi karena melepas elektron. Sehingga kation akan menuju ke katoda dan anion menuju ke anoda (Wiharti, 2010).

Akibat aliran muatan, maka terjadi pergeseran muatan pada membran sel bakteri. Pada proses elektrolisis akan terjadi reaksi (Riyanto dan Agustiningsih, 2018):



Pembentukan atom hidrogen (H) adalah salah satu langkah transisi dalam pembentukan molekul hidrogen dalam reaksi reduksi katodik dengan reaksi sebagai berikut:



Dalam hal ini, elektroda logam (M) dapat menyebabkan hidrogen peroksida memainkan peran dalam menghasilkan hidroksil reaksi radikal:



Kadar hidrogen peroksida yang terbentuk dalam proses elektrolisis tidak terlalu banyak, tetapi berpotensi tinggi dapat merusak dinding sel bakteri. Hidrogen peroksida terbentuk dalam bakteri dan bereaksi dengan kelompok yang bermuatan negatif pada protein dan pada akhirnya menonaktifkan sistem enzim.

2.5 Efek Stimulasi Arus Listrik terhadap Penyembuhan Luka

Terapi stimulasi arus listrik berdampak baik terhadap penyembuhan luka, dimana pembuluh darah dan jaringan ikat fibrous akan membaik dengan percepatan penyembuhan dua kali lebih cepat dibandingkan tanpa perlakuan. Lamanya pemberian stimulasi arus listrik berpengaruh pada kemajuan penyembuhan luka. Lamanya pemberian stimulasi arus listrik berkurang atau bertambah tergantung kondisi luka. Semakin sembuh luka maka lama pemberian stimulasi arus listrik semakin berkurang. Apabila terjadi infeksi pada luka maka lama pemberian stimulasi arus listrik akan bertambah (Rahmawati *et al.*, 2009).

Menurut Thakral *et al* (2013) dalam jurnal yang berjudul “*Electrical Stimulation For Wound Healing*”, menyatakan bahwa stimulasi medan listrik

yang lebih lama dari 3 hari dengan intensitas 100 mV/mm mempercepat orientasi dan perpanjangan sel-sel endotel. Stimulasi listrik ini dapat mempercepat penyembuhan luka dengan meniru arus listrik alami pada kulit yang terluka. Stimulasi listrik dilakukan pada jaringan yang terluka untuk meningkatkan migrasi neutrofil dan makrofag serta menstimulasi fibroblas.

Dalam penelitian Fainsod-Levi *et al* (2017), menyimpulkan bahwa kadar gula yang tinggi dapat mempengaruhi mobilitas neutrofil. Neutrofil berfungsi sebagai pertahanan pertama sistem kekebalan terhadap infeksi dan membunuh patogen. Sehingga kadar gula yang tinggi dapat mempengaruhi penurunan luas area pada luka menjadi lebih lambat jika dibandingkan dengan kadar gula rendah.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental. Penelitian eksperimental bertujuan untuk memperoleh data pengamatan tentang pengaruh stimulasi arus listrik terhadap penurunan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* pada kulit sapi (cecek) dan pengaruh stimulasi arus listrik terhadap kondisi luka sayat mencit yang menderita diabetes melitus. Penelitian ini dilakukan sebagai upaya mencari alternatif pengobatan luka pada penderita diabetes melitus.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan pada bulan April 2019. Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Biofisika dan Riset Fisika Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat-alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Elektrostimulator 1 buah, Mikropipet 1 buah, Cawan petri 30 buah, Jarum ose 1 buah, Erlenmeyer 250 ml 4 buah, Tabung reaksi 12 buah, LAF (*Laminar Air Flow*) 1 unit, *Vortex mixer* 1 buah, Bunsen 1 buah, Timbangan analitik 1 buah, *Hot plate* 1 buah, *Bar magnetic stirrer* 1 buah, Inkubator 1 buah, Aluminium foil 1 buah, Spiritus, Korek api 1 buah, Gelas ukur 50 ml 2 buah, *Blue tip* 100 buah, Pinset 1 buah, *Beaker glass* 500 ml 2 buah, Botol flakon 60 buah, Autoklaf 1 buah, Botol semprot 1 buah,

Colony counter 1 buah, Rak tabung reaksi 1 buah, Spatula 1 buah, Kabel buaya 2 buah, Kandang mencit 4 buah, *Syringe* 15 buah, GlukoDr 1 pack, Glukometer 1 buah, *Blood lancet* 50 buah, Sarung tangan latekx 1 pack, Kapas 1 pack, dan Tisu 1 pack.

3.3.2 Bahan-bahan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan: Bakteri *Staphylococcus aureus*, Media NA (*Nutrien Agar*), Alkohol 70%, Aquades 0,7%, NaCl 0,9%, Kulit sapi (cecek), Mencit (*Mus musculus*), Pakan mencit, dan Aloksan monohidrat.

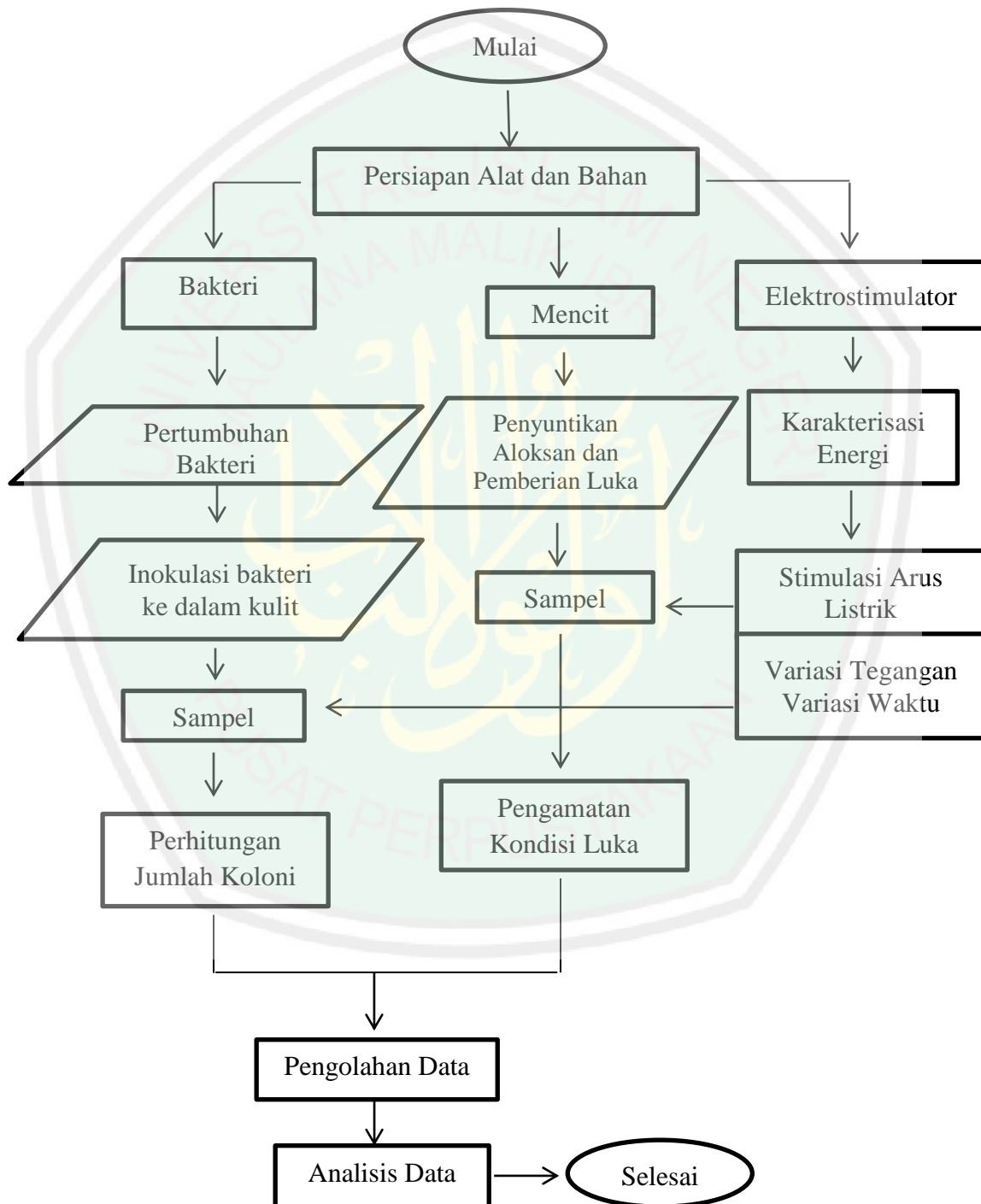
3.4 Rancangan Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen laboratorik. Sampel penelitian adalah bakteri *Staphylococcus aureus*. Penentuan bakteri dilakukan dengan mempertimbangkan bahwa bakteri tersebut banyak tumbuh pada luka penderita diabetes melitus.

Penonaktifan bakteri *Staphylococcus aureus* dilakukan menggunakan elektrostimulator. Stimulasi arus listrik diberikan dalam arus 0,5 mA dan tegangan 10 V dengan variasi tegangan berpulsa serta lama pemberian. Menggunakan Rancang Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari dua faktor perlakuan yaitu tegangan berpulsa (50 V, 60 V, 70 V, dan 80 V) dan lama pemberian stimulasi arus listrik (5 menit, 10 menit, dan 15 menit).

Variabel yang diukur pada penelitian ini adalah jumlah bakteri yang masih aktif pada kulit sapi serta kondisi luka sayat pada mencit yang menderita diabetes.

Pengukuran jumlah bakteri yang masih aktif dihitung dengan *colony counter*, dan kondisi luka sayat mencit secara visual. Mekanisme pelaksanaan penelitian lebih lengkap terlihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Sterilisasi

Sterilisasi dilakukan sebelum peralatan digunakan dengan tujuan untuk mencegah terjadinya kontaminasi alat dengan mikroba. Adapun cara yang dilakukan yaitu dengan mencuci peralatan terlebih dahulu kemudian dibilas menggunakan aquades. Setelah itu dimasukkan ke dalam oven untuk pengeringan. Kemudian dibungkus dengan aluminium foil dan dimasukkan ke dalam autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 15 psi (*per square inci*) selama 15 menit. Sedangkan untuk peralatan yang tidak tahan terhadap panas maka peralatan disterilisasi dengan zat kimia berupa alkohol 70%.

3.5.2 Pembuatan Media NA (*Nutrien Agar*)

1. Ditimbang serbuk media NA sebanyak 0,96 gram.
2. Ditambahkan aquades sebanyak 30 mL dalam erlenmeyer.
3. Dipanaskan menggunakan *hot plate* hingga homogen.
4. Dimasukkan ke dalam 2 buah tabung reaksi sebanyak 15 mL dan ditutup menggunakan kapas.
5. Disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit.
6. Dibiarkan media NA dalam keadaan miring.

3.5.3 Pembuatan Biakan Bakteri *Staphylococcus aureus*

1. Diinokulasikan bakteri dengan jarum ose pada permukaan medium miring NA secara aseptik (dekat api bunsen).

2. Diinkubasi biakan tersebut dalam inkubator selama 24 jam dengan suhu 37°C.

3.5.4 Penyiapan Kulit Sapi

1. Dipotong kulit sapi dengan ukuran 1x1 cm lalu disterilkan dengan autoklaf selama 15 menit dan suhu 121°C serta tekanan 1 atm.
2. Diambil 1 ose bakteri dari media NA dan dimasukkan ke dalam potongan kulit sapi.
3. Diinkubasi kulit sapi dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam.

3.5.5 Perlakuan Stimulasi Arus Listrik Pada Kulit Sapi

1. Diberi stimulasi arus listrik pada 3 sampel kulit sapi yang sudah ditumbuhi bakteri dengan variasi tegangan pulsa masing-masing 50, 60, 70, dan 80 V sedangkan variasi waktu masing-masing 5 menit, 10 menit, dan 15 menit. Dilabel setiap sampel kulit sapi dengan angka 1 – 3.
2. Disiapkan botol flakon yang diisi dengan 10 mL NaCl 0,9%.
3. Dimasukkan kulit sapi No. 1 ke dalam botol flakon kemudian divortex selama 1 menit untuk melepas bakteri.
4. Dilakukan pengenceran kemudian mengambil sebanyak 1 mL kultur dan disebar pada media NA yang telah dibuat.
5. Diinkubasi media NA dalam inkubator selama 24 jam pada suhu 37°C.
6. Diulangi kembali langkah diatas untuk sampel kulit sapi No. 2 dan seterusnya. Serta setiap perlakuan dilakukan tiga kali pengulangan.

3.5.6 Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri

1. Disiapkan sampel, cawan petri dan botol flakon, serta *blue tip* yang sudah disterilkan.
2. Disiapkan kapas, bunsen, korek api, tisu, mikropipet, dan media NA.
3. Dihomogenkan suspensi sampel dalam botol flakon dengan *votrex mixer*.
4. Disiapkan botol flakon steril dengandiisi 9 mL aquades dan diberi tanda sebagai pengenceran 10^{-1} .
5. Diambil 1 mL dari suspensi sampel dan dimasukkan ke dalam botol pengenceran 10^{-1} .
6. Dihomogenkan pengenceran 10^{-1} .
7. Diambil kembali 1 mL dari suspensi 10^{-1} dan dimasukkan ke dalam botol flakon steril yang berisi 9 mL aquades sebagai pengenceran 10^{-2} .
8. Dilakukan pengenceran hingga pengenceran 10^{-3} .
9. Dibuat media NA dengan menghomogenkan media NA dan aquades.
10. Dituangkan media NA tersebut pada cawan petri.
11. Dituangkan suspensi pada pengenceran 10^{-3} sebanyak 1 mL ke dalam cawan petri media NA.
12. Dilakukan semua proses diatas secara aseptis, yaitu dekat api bunsen.
13. Dimasukkan ke dalam inkubator dengan posisi terbalik (bagian tutup berada di bawah), dan diinkubasi selama 24 jam dengan suhu 37°C .
14. Dihitung koloni bakteri menggunakan *colony counter*.

3.5.7 Perlakuan Stimulasi Arus Listrik Pada Mencit

1. Digunakan 10 mencit jantan berusia 28-35 hari (5 mencit kontrol dan 5 mencit perlakuan).
2. Dibuat larutan aloksan monohidrat dengan melarutkan 540 mg aloksan dalam 100 ml NaCl hingga homogen.
3. Disuntik aloksan monohidrat pada tiap mencit sebanyak 1 ml secara intravena.
4. Diukur kadar glukosa darah mencit 3 hari setelah induksi.
5. Diberi luka sayat pada punggung mencit sepanjang 2 cm dengan kedalaman hingga lapisan subkutan menggunakan silet tetra steril.
6. Diberi stimulasi arus listrik pada sekitar luka sayat dengan intensitas yang telah didapat dari sampel bakteri.
7. Diamati kondisi luka sayat pada mencit yang sudah diberi stimulasi arus listrik.

3.6 Teknik Pengumpulan Data

Data yang diperoleh kemudian diolah, berupa hasil perhitungan bakteri *Staphylococcus aureus* pada kulit sapi yang sudah diberi stimulasi arus listrik dan kondisi luka sayat mencit yang juga sudah diberi stimulasi arus listrik. Kemudian dicatat pada tabel 3.1 dan tabel 3.2.

Tabel 3.1 Pengolahan data jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*

Tegangan Pulse (V)	Waktu (menit)	Jumlah Koloni Bakteri	Keterangan
Kontrol	5		
	10		
	15		
50	5		
	10		
	15		
60	5		
	10		
	15		
70	5		
	10		
	15		
80	5		
	10		
	15		

Tabel 3.2 Pengolahan data kondisi luka mencit

Nama	Hari ke-1	Hari ke-3	Hari ke-7	Keterangan
Kontrol 1				
Kontrol 2				
Perlakuan 1				
Perlakuan 2				

3.7 Teknik Analisis Data

Teknik analisis dilakukan secara deskriptif. Untuk bakteri, dilakukan dengan menghitung jumlah bakteri *Staphylococcus aureus* setelah diberi stimulasi arus listrik. Jumlah bakteri yang tersisa dibandingkan dengan jumlah bakteri pada kontrol (tanpa pemberian stimulasi arus listrik). Kemudian data yang diperoleh tersebut akan diungkapkan dalam bentuk grafik. Untuk kondisi luka pada mencit, dimana data hasil kondisi luka yang diberi stimulasi arus listrik akan

dibandingkan dengan kondisi luka pada kontrol dalam bentuk gambar dan pengamatan.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Pengaruh Tegangan Pulsa Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*

Pemberian stimulasi arus listrik dilakukan dalam 3 hari berturut-turut dengan tegangan 10 V dan variasi nilai pulsa (50, 60, 70, dan 80 volt), serta variasi waktu (5, 10, dan 15 menit). Adapun hasil perhitungan dan analisis dari masing-masing perlakuan akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Waktu 5 menit

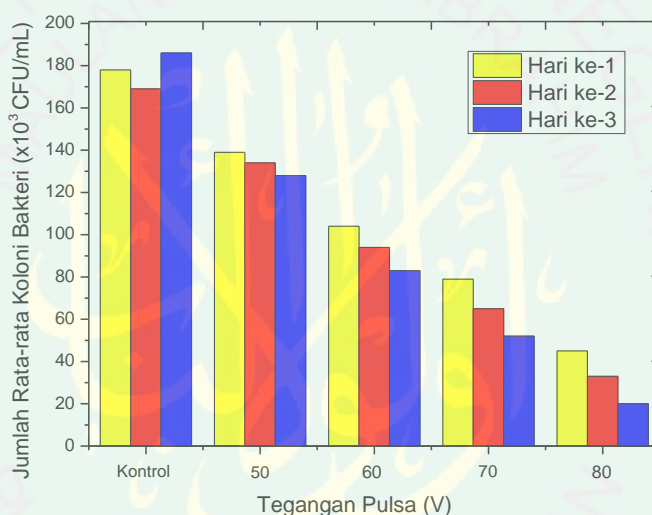
Tabel 4.1 Data hasil penelitian pengaruh tegangan pulsa stimulasi arus listrik selama 5 menit terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*.

Tegangan Pulsa (V)	Jumlah Koloni Rata-rata (CFU/mL)		
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3
Kontrol	178.10 ³ ± 30,105	169.10 ³ ± 20,428	186.10 ³ ±9,073
50	139.10 ³ ±35,679	134.10 ³ ±34,770	128.10 ³ ±34,44
60	104.10 ³ ±15,044	94.10 ³ ±14,106	83.10 ³ ±14,571
70	79.10 ³ ±13,012	65.10 ³ ±12,529	52.10 ³ ±13
80	45.10 ³ ±10,440	33.10 ³ ±10,392	20.10 ³ ±10,692

Berdasarkan tabel 4.1, hasil penelitian dan perhitungan jumlah rata-rata koloni bakteri *Staphylococcus aureus* pada hari ke-1 diperoleh sebanyak 178.10³CFU/mL untuk sampel tanpa pemberian stimulasi arus listrik, sedangkan untuk sampel yang diberi stimulasi arus listrik selama 5 menit dengan tegangan pulsa 50 V, didapatkan jumlah koloni bakteri sebanyak 139.10³ CFU/mL. Ketika

tegangan pulsa ditingkatkan menjadi 80 V didapatkan jumlah koloni bakteri sebanyak 45.10^3 CFU/mL.

Data pada Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa pemberian stimulasi arus listrik selama 5 menit dengan tegangan 10 V dan variasi pulsa (50, 60, 70, dan 80 volt) dapat mempengaruhi jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Untuk mengetahui pola pengaruhnya, data tersebut dianalisis menggunakan diagram yang ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik pengaruh tegangan pulsa pada waktu 5 menit terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*

Berdasarkan Gambar 4.1 didapatkan bahwa pemberian stimulasi arus listrik selama 5 menit dengan variasi tegangan pulsa (50, 60, 70, dan 80 volt) memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Pada hari ke-1, pemberian stimulasi arus listrik dengan variasi tegangan pulsa 50 V, 60 V, 70 V, dan 80 V masing-masing didapatkan jumlah bakteri sebanyak 139.10^3 CFU/mL, 104.10^3 CFU/mL, 79.10^3 CFU/mL, dan 45.10^3 CFU/mL.

Sehingga didapatkan persentase penurunan jumlah bakteri masing-masing tegangan pulsa sebesar 22%, 25%, 24%, dan 43%. Pada hari ke-2, pemberian stimulasi arus listrik dengan variasi tegangan pulsa 50 V, 60 V, 70 V, dan 80 V masing-masing didapatkan jumlah bakteri sebanyak 134.10^3 CFU/mL, 94.10^3 CFU/mL, 65.10^3 CFU/mL, dan 33.10^3 CFU/mL. Sehingga didapatkan persentase penurunan jumlah bakteri masing-masing tegangan pulsa sebesar 21%, 30%, 31%, dan 49%. Sedangkan pada hari ke-3, pemberian stimulasi arus listrik dengan variasi tegangan pulsa 50 V, 60 V, 70 V, dan 80 V masing-masing didapatkan jumlah bakteri sebanyak 128.10^3 CFU/mL, 83.10^3 CFU/mL, 52.10^3 CFU/mL, dan 20.10^3 CFU/mL. Sehingga didapatkan persentase penurunan jumlah bakteri masing-masing tegangan pulsa sebesar 31%, 35%, 37%, dan 62%. Dapat dikatakan bahwa bakteri banyak yang mati seiring dengan besarnya tegangan pulsa yang digunakan.

Pemberian tegangan pulsa 50 V pada hari ke-1 didapatkan jumlah bakteri sebanyak 139.10^3 CFU/mL. Kemudian pada hari ke-2 didapatkan sebanyak 134.10^3 CFU/mL. Sedangkan pada hari ke-3 didapatkan sebanyak 128.10^3 CFU/mL. Sehingga persentase penurunan pada hari ke-2 sebesar 4%, dan pada hari ke-3 juga sebesar 4%. Sedangkan pada pemberian tegangan pulsa 80 V, pada hari ke-1 didapatkan jumlah bakteri sebanyak 45.10^3 CFU/mL, pada hari ke-2 didapatkan sebanyak 33.10^3 CFU/mL, dan pada hari ke-3 didapatkan sebanyak 20.10^3 CFU/mL. Sehingga persentase penurunan pada hari ke-2 sebesar 27% dan pada hari ke-3 sebesar 39%. Penurunan ini terjadi secara signifikan antar tegangan pulsa yang diberikan. Hal ini terjadi karena pemberian tegangan pulsa

yang semakin besar dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 80 V selama 5 menit pada hari ke-3 dapat mempengaruhi persentase penurunan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* meskipun belum maksimal.

Dari Gambar 4.1 menunjukkan bahwa stimulasi arus listrik dengan tegangan 10 V dan variasi pulsa 50, 60, 70, dan 80 volt selama 5 menit berpengaruh terhadap penurunan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Semakin besar tegangan pulsa yang digunakan maka penurunan jumlah bakteri *Staphylococcus aureus* juga semakin besar. Tegangan pulsa 80V menghasilkan penurunan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* paling besar dibandingkan dengan kontrol dan pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa yang lain. Akan tetapi, jumlah koloni bakteri pada tegangan pulsa 80 V masih ada yang aktif berkembang, baik pada hari ke-1, ke-2, maupun ke-3. Ketika sampel diberi stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 70 V, 60 V, dan 50 V, pengaruh terhadap pertumbuhan jumlah bakteri *Staphylococcus aureus* tidak sebesar saat pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 80V. Karena jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* masih tergolong banyak.

Pemberian stimulasi arus listrik tegangan 10 V dengan jumlah pulsa 80 V yang dilakukan selama 5 menit dapat menurunkan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Meskipun masih belum efektif karena masih terdapat sisa bakteri yang hidup. Kematian bakteri tersebut terjadi karena pengaruh pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa yang besar dapat menyebabkan kerusakan pada dinding sel bakteri sehingga sel bakteri akan mati.

Pada Gambar 4.1, terlihat bahwa sampel kontrol (tanpa pemberian stimulasi arus listrik), pada hari ke-1 didapatkan jumlah koloni bakteri sebanyak 178.10^3 CFU/mL. Pada hari ke-2 terjadi penurunan jumlah koloni dan didapatkan jumlah koloni bakteri sebanyak 169.10^3 CFU/mL. Sedangkan pada hari ke-3 jumlah koloni bakteri mengalami kenaikan dengan jumlah rata-rata 186.10^3 CFU/mL. Penurunan dan kenaikan tersebut dapat terjadi karena medium tempat tumbuhnya kurang, misalnya kandungan nutriennya terbatas. Juga dapat terjadi karena ukuran atau volume sampel yang digunakan tidak sama sehingga mempengaruhi koloni bakteri.

2. Waktu 10 menit

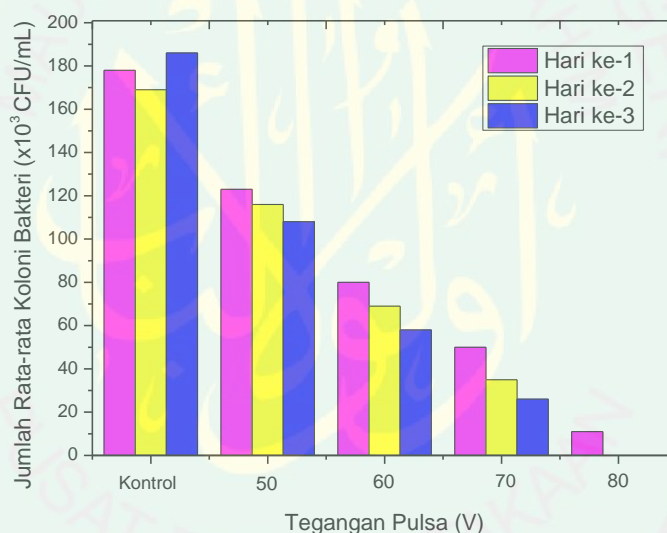
Tabel 4.2 Data hasil penelitian pengaruh tegangan pulsa stimulasi arus listrik selama 10 menit terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*.

Tegangan Pulsa (V)	Jumlah Koloni Rata-rata (CFU/mL)		
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3
Kontrol	178.10^3 $\pm 30,105$	169.10^3 $\pm 20,429$	186.10^3 $\pm 9,073$
50	123.10^3 $\pm 25,967$	116.10^3 $\pm 24,986$	108.10^3 $\pm 25,967$
60	80.10^3 $\pm 27,061$	69.10^3 $\pm 26,907$	58.10^3 $\pm 26,274$
70	50.10^3 $\pm 12,124$	35.10^3 $\pm 11,135$	26.10^3 $\pm 13,316$
80	11.10^3 $\pm 5,291$	0 ± 0	0 ± 0

Hasil penelitian dan perhitungan jumlah rata-rata koloni bakteri *Staphylococcus aureus*, pada hari ke-1 diperoleh sebanyak 178.10^3 CFU/mL untuk sampel tanpa pemberian stimulasi arus listrik, sedangkan untuk sampel yang diberi stimulasi arus listrik selama 10 menit dengan tegangan pulsa 50 V

didapatkan jumlah koloni bakteri sebanyak $123 \cdot 10^3$ CFU/mL. Ketika tegangan pulsa ditingkatkan menjadi 80 V didapatkan jumlah koloni bakteri sebanyak $11 \cdot 10^3$ CFU/mL. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan 10 V dan variasi pulsa 50, 60, 70, dan 80 voltselama 10 menit dapat mempengaruhi jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Untuk mengetahui pola pengaruhnya, data tersebut dianalisis menggunakan diagram yang ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik pengaruh tegangan pulsa pada waktu 10 menit terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*

Berdasarkan Gambar 4.2 didapatkan bahwa pemberian stimulasi arus listrik selama 10 menit dengan variasi tegangan pulsa (50, 60, 70, dan 80 volt) memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Pada hari ke-1, pemberian stimulasi arus listrik dengan variasi tegangan pulsa 50 V, 60 V, 70 V, dan 80 V masing-masing didapatkan jumlah bakteri

sebanyak 123.10^3CFU/mL , 80.10^3CFU/mL , 50.10^3CFU/mL , dan 11.10^3CFU/mL . Sehingga didapatkan persentase penurunan jumlah bakteri masing-masing tegangan pulsa sebesar 31%, 35%, 38%, dan 78%. Pada hari ke-2, pemberian stimulasi arus listrik dengan variasi tegangan pulsa 50 V, 60 V, 70 V, dan 80 V masing-masing didapatkan jumlah bakteri sebanyak 116.10^3CFU/mL , 69.10^3CFU/mL , 35.10^3CFU/mL , dan 0. Sehingga didapatkan persentase penurunan jumlah bakteri masing-masing tegangan pulsa sebesar 31%, 41%, 49%, dan 100%. Sedangkan pada hari ke-3, pemberian stimulasi arus listrik dengan variasi tegangan pulsa 50 V, 60 V, 70 V, dan 80 V masing-masing didapatkan jumlah bakteri sebanyak 108.10^3CFU/mL , 58.10^3CFU/mL , 26.10^3CFU/mL , dan 0. Sehingga didapatkan persentase penurunan jumlah bakteri masing-masing tegangan pulsa sebesar 42%, 46%, 55%, dan 100%. Dapat dikatakan bahwa bakteri banyak yang mati seiring dengan besarnya tegangan pulsa yang digunakan.

Pemberian tegangan pulsa 50 V pada hari ke-1 didapatkan jumlah bakteri sebanyak 123.10^3CFU/mL . Kemudian pada hari ke-2 didapatkan sebanyak 116.10^3CFU/mL . Selanjutnya pada hari ke-3 didapatkan sebanyak 108.10^3CFU/mL . Sehingga persentase penurunan bakteri pada hari ke-2 sebesar 6% dan pada hari ke-3 sebesar 7%. Sedangkan pada pemberian tegangan pulsa 80 V, pada hari ke-1 didapatkan jumlah bakteri sebanyak 11.10^3CFU/mL . Kemudian pada hari ke-2, bakteri sudah tidak dapat hidup. Sehingga persentase penurunan bakteri pada hari ke-2 mencapai 100% dan pada hari ke-3 bakteri sudah tidak dapat tumbuh. Penurunan ini terjadi secara signifikan antar tegangan pulsa yang

diberikan. Hal ini terjadi karena pemberian tegangan pulsa yang besar dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 80 V selama 10 menit dapat mempengaruhi persentase penurunan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* secara optimal pada hari ke-2 pemberian stimulasi.

Dari Gambar 4.2 dapat diketahui bahwa stimulasi arus listrik dengan tegangan 10 V dan variasi pulsa 50, 60, 70, dan 80 volt selama 10 menit berpengaruh terhadap penurunan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Semakin besar tegangan pulsa yang digunakan maka penurunan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* semakin besar. Tegangan pulsa 80 V menghasilkan penurunan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* paling besar dibandingkan dengan kontrol dan pemberian dengan tegangan pulsa yang lain. Dengan tegangan pulsa 80 V, pada hari ke-1 jumlah koloni bakteri masih ada yang aktif berkembang. Namun, pada hari ke-2 dan ke-3 bakteri sudah habis. Hal ini ditandai dengan keringnya sampel yang digunakan.

Pemberian stimulasi arus listrik tegangan 10 V dengan pulsa 80 V yang diberikan selama 10 menit dapat menurunkan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Penurunan jumlah koloni yang terjadi dapat dikatakan efektif karena bakteri dapat habis atau mati meskipun pada pemberian hari ke-2. Hal ini terjadi karena pengaruh pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa yang besar dapat menyebabkan kerusakan pada dinding sel bakteri sehingga sel bakteri akan mati.

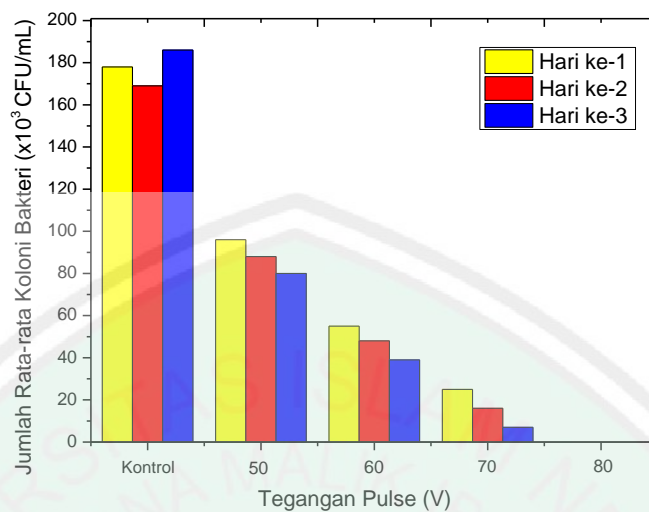
3. Waktu 15 menit

Hasil penelitian dan perhitungan jumlah rata-rata koloni bakteri *Staphylococcus aureus* pada hari ke-1 diperoleh sebanyak 178.10^3 CFU/mL untuk sampel tanpa pemberian stimulasi arus listrik, sedangkan untuk sampel yang diberi stimulasi arus listrik selama 15 menit dengan tegangan pulsa 50 V didapatkan jumlah koloni bakteri sebanyak 96.10^3 CFU/mL. Ketika tegangan pulsa ditingkatkan menjadi 80 V, bakteri sudah habis. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data hasil penelitian pengaruh tegangan pulsa stimulasi arus listrik selama 15 menit terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*.

Tegangan Pulsa (V)	Jumlah Koloni Rata-rata (CFU/mL)		
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3
Kontrol	178.10^3 $\pm 30,105$	169.10^3 $\pm 20,428$	186.10^3 $\pm 9,073$
50	96.10^3 $\pm 14,730$	88.10^3 $\pm 15,716$	80.10^3 $\pm 15,394$
60	55.10^3 $\pm 22,233$	48.10^3 $\pm 19,399$	39.10^3 $\pm 19,974$
70	25.10^3 $\pm 7,767$	16.10^3 $\pm 7,571$	7.10^3 $\pm 6,110$
80	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan 10 V dan variasi pulsa (50, 60, 70, dan 80 volt) selama 15 menit dapat mempengaruhi jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Untuk mengetahui pola pengaruhnya, data tersebut dianalisis menggunakan diagram yang ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik pengaruh tegangan pulsapada waktu 15 menit terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*

Berdasarkan Gambar 4.3 didapatkan bahwa pemberian stimulasi arus listrik selama 15 menit dengan variasi tegangan pulsa (50, 60, 70, dan 80 volt) memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Pada hari ke-1, pemberian stimulasi arus listrik dengan variasi tegangan pulsa 50 V, 60 V, 70 V, dan 80 V masing-masing didapatkan jumlah bakteri sebanyak 96.10^3 CFU/mL, 55.10^3 CFU/mL, 25.10^3 CFU/mL, dan 0. Sehingga didapatkan persentase penurunan jumlah bakteri masing-masing tegangan pulsa sebesar 46%, 43%, 55%, dan 100%. Pada hari ke-2, pemberian stimulasi arus listrik dengan variasi tegangan pulsa 50 V, 60 V, 70 V, dan 80 V masing-masing didapatkan jumlah bakteri sebanyak 88.10^3 CFU/mL, 48.10^3 CFU/mL, 16.10^3 CFU/mL, dan 0. Sehingga didapatkan persentase penurunan jumlah bakteri masing-masing tegangan pulsa sebesar 48%, 45%, 67%, dan 100%. Sedangkan pada hari ke-3, pemberian stimulasi arus listrik dengan variasi tegangan pulsa 50

V, 60 V, 70 V, dan 80 V masing-masing didapatkan jumlah bakteri sebanyak 80.10^3 CFU/mL, 39.10^3 CFU/mL, 7.10^3 CFU/mL, dan 0. Sehingga didapatkan persentase penurunan jumlah bakteri masing-masing tegangan pulsa sebesar 57%, 51%, 82%, dan 100%. Dapat dikatakan bahwa bakteri banyak yang mati seiring dengan besarnya tegangan pulsa yang digunakan.

Pemberian tegangan pulsa 50 V pada hari ke-1 didapatkan jumlah bakteri sebanyak 96.10^3 CFU/mL. Kemudian pada hari ke-2 didapatkan sebanyak 88.10^3 CFU/mL. Selanjutnya pada hari ke-3 didapatkan sebanyak 80.10^3 CFU/mL. Sehingga persentase penurunan bakteri pada hari-2 sebesar 8% dan pada hari ke-3 sebesar 9%. Sedangkan pada pemberian tegangan pulsa 80 V, pada hari ke-1 bakteri sudah tidak dapat hidup. Sehingga persentase penurunan mencapai 100%. Penurunan ini terjadi secara signifikan antar tegangan pulsa yang diberikan. Hal ini terjadi karena pemberian tegangan pulsa yang semakin besar dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 80 V selama 15 dapat menonaktifkan bakteri pada pemberian hari ke-1.

Pemberian stimulasi arus listrik tegangan 10 V dengan pulsa 80 V yang digunakan selama 15 menit dapat menurunkan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Penurunan jumlah koloni yang terjadi dapat dikatakan efektif karena bakteri dapat habis atau mati pada pemberian stimulasi hari ke-1. Hal ini menunjukkan bahwa variasi tegangan pulsa pada stimulasi arus listrik dapat menyebabkan terjadinya tumbukan antar molekul sehingga dapat menimbulkan suhu sel tubuh yang dilalui meningkat. Kenaikan suhu sel tersebut

dapat mengakibatkan adanya efek termal atau panas. Apabila bakteri *Staphylococcus aureus* sedang berada pada daerah luka, maka akan terjadi perpindahan energi panas ke bakteri. Dan Apabila suhu berada diatas maksimum maka pertumbuhan mikroorganismenya akan terhenti, dimana enzim dan asam nukleat akan menjadi tidak aktif secara permanen (denaturasi) sehingga metabolisme mikroorganismenya akan terhenti dan menyebabkan kematian sel (Kathleen, 2005).

4.1.2 Pengaruh Waktu Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*

1. Tegangan pulsa 50 Volt

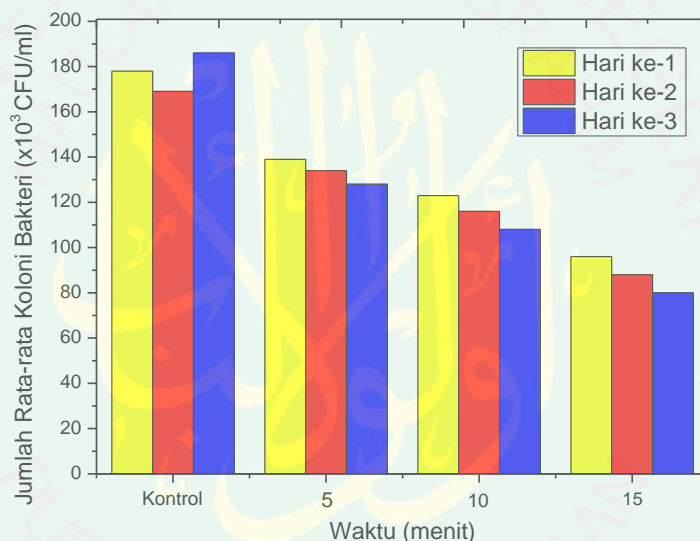
Tabel 4.4 Data hasil penelitian pengaruh waktu pemberian stimulasi arus listrik terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* pada tegangan pulsa 50 V.

Waktu (menit)	Jumlah Rata-rata Koloni Bakteri (CFU/mL)		
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3
Kontrol	178.10 ³ ±30,105	169.10 ³ ±20,428	186.10 ³ ±9,073
5	139.10 ³ ±35,679	134.10 ³ ±34,770	128.10 ³ ±34,443
10	123.10 ³ ±25,297	116.10 ³ ±24,986	108.10 ³ ±25,967
15	96.10 ³ ±14,730	88.10 ³ ±15,716	80.10 ³ ±15,394

Hasil penelitian dan perhitungan jumlah rata-rata koloni bakteri *Staphylococcus aureus*, pada hari ke-1 diperoleh sebanyak 178.10³CFU/mL untuk sampel tanpa pemberian stimulasi arus listrik, sedangkan untuk sampel yang diberi stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 50 V selama 5 menit didapatkan jumlah koloni bakteri sebanyak 139.10³ CFU/mL. Ketika waktu ditambahkan

menjadi 15 menit didapatkan jumlah koloni bakteri sebanyak 96.10^3 CFU/mL. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 50 V dan variasi waktu pemberian (5, 10, dan 15 menit) dapat mempengaruhi jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Untuk mengetahui pola pengaruhnya, data tersebut dianalisis menggunakan diagram yang ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik pengaruh lama pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 50 V terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*

Berdasarkan Gambar 4.4 didapatkan bahwa pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 50 V dan variasi waktu (5, 10, 15 menit) memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Pada hari ke-1, pemberian stimulasi arus listrik selama 5 menit didapatkan jumlah bakteri sebanyak 139.10^3 CFU/mL. Kemudian ketika lama pemberian ditambahkan menjadi 10 menit didapatkan jumlah bakteri sebanyak 123.10^3 CFU/mL.

Selanjutnya ketika ditambahkan lagi menjadi 15 menit didapatkan sebanyak 96.10^3 CFU/mL. Sehingga didapatkan persentase penurunan jumlah bakteri pada waktu 5 menit sebesar 22%, pada waktu 10 menit sebesar 12%, dan pada waktu 15 menit sebesar 22%. Dapat dikatakan bahwa bakteri banyak yang mati pada pemberian stimulasi arus listrik dengan lama pemberian 5 menit kemudian untuk lama pemberian stimulasi selanjutnya hanya membunuh bakteri sisa. Begitu juga pada hari ke-2 dan ke-3.

Pemberian stimulasi selama 5 menit pada hari ke-1 didapatkan jumlah bakteri sebanyak 139.10^3 CFU/mL. Kemudian pada hari ke-2 didapatkan sebanyak 134.10^3 CFU/mL. Selanjutnya pada hari ke-3 didapatkan sebanyak 128.10^3 CFU/mL. Sehingga persentase penurunan jumlah bakteri pada hari ke-2 sebesar 4%, dan pada hari ke-3 juga sebesar 4%. Sedangkan pada pemberian selama 15 menit, pada hari ke-1 didapatkan jumlah bakteri sebanyak 96.10^3 CFU/mL. Kemudian pada hari ke-2 didapatkan sebanyak 88.10^3 CFU/mL. Lalu pada hari ke-3 didapatkan sebanyak 80.10^3 CFU/mL. Sehingga persentase penurunan jumlah bakteri pada hari ke-2 sebesar 8%, dan pada hari ke-3 sebesar 9%. Sehingga dapat dikatakan bahwa penurunan jumlah bakteri akan semakin besar seiring dengan lamanya pemberian stimulasi arus listrik.

Dari Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa pemberian stimulasi arus listrik dengan ketiga variasi waktu (5 menit, 10 menit, dan 15 menit) dengan tegangan pulsa 50 V berpengaruh terhadap penurunan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Semakin lama waktu pemberian stimulasi arus listrik maka jumlah koloni bakteri semakin menurun. Waktu pemberian selama 15 menit

didapatkan pertumbuhan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* paling kecil dibandingkan dengan kontrol dan pemberian dengan waktu yang lain. Akan tetapi, jumlah koloni bakteri dengan pemberian stimulasi selama 15 menit masih banyak yang aktif berkembang, baik pada hari ke-1, ke-2, maupun ke-3. Ketika pemberian stimulasi arus listrik selama 5 dan 10 menit, pengaruh terhadap pertumbuhan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* tidak seoptimal seperti pada saat pemberian stimulasi arus listrik selama 15 menit. Karena jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* lebih banyak yang aktif berkembang.

Pemberian stimulasi arus listrik tegangan 10 V dengan jumlah pulsa 50 V yang dilakukan selama 15 menit dapat menurunkan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Meskipun masih belum efektif karena masih terdapat banyak sisa bakteri yang hidup. Kematian bakteri tersebut terjadi karena pengaruh pemberian stimulasi arus listrik dapat menyebabkan kerusakan pada dinding sel bakteri sehingga sel bakteri akan mati.

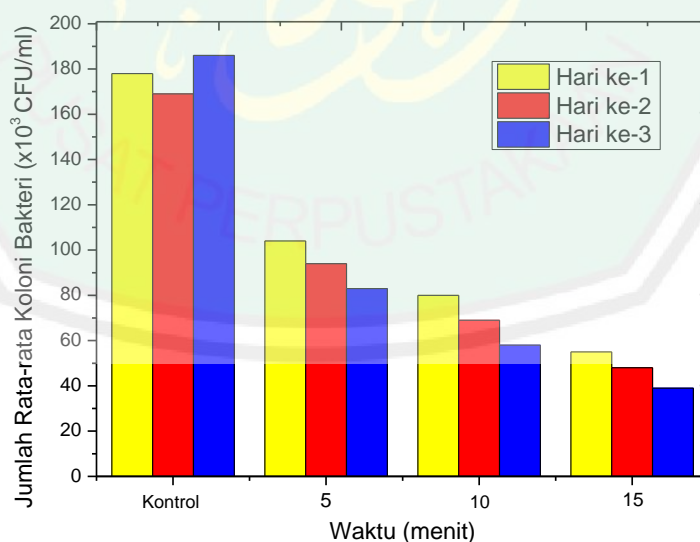
2. Tegangan pulsa 60 V

Hasil penelitian dan perhitungan jumlah rata-rata koloni bakteri *Staphylococcus aureus*, pada hari ke-1 diperoleh sebanyak 178.10^3 CFU/mL untuk sampel tanpa pemberian stimulasi arus listrik, sedangkan untuk sampel yang diberi stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 60 V selama 5 menit didapatkan jumlah koloni bakteri sebanyak 104.10^3 CFU/mL. Ketika waktu ditambahkan menjadi 15 menit didapatkan jumlah koloni bakteri sebanyak 55.10^3 CFU/mL. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data hasil penelitian pengaruh waktu pemberian stimulasi arus listrik terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dengan tegangan pulsa 60 V.

Waktu (menit)	Jumlah Rata-rata Koloni Bakteri (CFU/mL)		
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3
Kontrol	178.10 ³ ±30,105	169.10 ³ ±40,428	186.10 ³ ±9,073
5	104.10 ³ ±15,044	94.10 ³ ±14,106	83.10 ³ ±14,571
10	80.10 ³ ±27,061	69.10 ³ ±26,907	58.10 ³ ±26,274
15	55.10 ³ ±22,233	48.10 ³ ±19,399	39.10 ³ ±19,974

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat diketahui bahwa pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 60 V dan variasi waktu pemberian (5,10, dan 15 menit) dapat mempengaruhi jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Untuk mengetahui pola pengaruhnya, data tersebut dianalisis menggunakan diagram yang ditunjukkan pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik pengaruh waktu pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 60 V terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*

Berdasarkan Gambar 4.5 didapatkan bahwa pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 60 V dan variasi waktu (5, 10, 15 menit) memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Pada hari ke-1, pemberian stimulasi selama 5 menit didapatkan jumlah bakteri sebanyak 104.10^3 CFU/mL. Kemudian ketika lama pemberian ditambahkan menjadi 10 menit didapatkan jumlah bakteri sebanyak 80.10^3 CFU/mL. Selanjutnya ketika ditambahkan lagi menjadi 15 menit didapatkan sebanyak 55.10^3 CFU/mL. Sehingga didapatkan persentase penurunan jumlah bakteri pada waktu 5 menit sebesar 42%, pada waktu 10 menit sebesar 23%, dan pada waktu 15 menit sebesar 31%. Begitu juga pada hari ke-2 dan ke-3. Dapat dikatakan bahwa bakteri banyak yang mati pada pemberian stimulasi arus listrik dengan lama pemberian 5 menit kemudian untuk lama pemberian stimulasi selanjutnya hanya membunuh bakteri sisa.

Pemberian stimulasi selama 5 menit pada hari ke-1 didapatkan jumlah bakteri sebanyak 104.10^3 CFU/mL. Kemudian pada hari ke-2 didapatkan sebanyak 94.10^3 CFU/mL. Selanjutnya pada hari ke-3 didapatkan sebanyak 83.10^3 CFU/mL. Sehingga persentase penurunan jumlah bakteri pada hari ke-2 sebesar 10%, dan pada hari ke-3 juga sebesar 12%. Sedangkan pada pemberian selama 15 menit, pada hari ke-1 didapatkan jumlah bakteri sebanyak 55.10^3 CFU/mL. Kemudian pada hari ke-2 didapatkan sebanyak 48.10^3 CFU/mL. Lalu pada hari ke-3 didapatkan sebanyak 39.10^3 CFU/mL. Sehingga persentase penurunan jumlah bakteri pada hari ke-2 sebesar 13%, dan pada hari ke-3 sebesar 19%. Sehingga

dapat dikatakan bahwa penurunan jumlah bakteri akan semakin besar seiring dengan lamanya pemberian stimulasi arus listrik.

Dari Gambar 4.5 dapat diketahui bahwa pemberian stimulasi arus listrik dengan ketiga variasi waktu (5 menit, 10 menit, dan 15 menit) dengan tegangan pulsa 60 V berpengaruh terhadap penurunan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Semakin lama waktu pemberian stimulasi arus listrik maka jumlah koloni bakteri semakin menurun. Waktu pemberian selama 15 menit menghasilkan pertumbuhan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* paling kecil dibandingkan dengan kontrol dan pemberian dengan waktu yang lain. Akan tetapi, jumlah koloni bakteri dengan pemberian stimulasi selama 15 menit masih ada yang aktif berkembang, baik pada hari ke-1, ke-2, maupun ke-3. Ketika pemberian stimulasi arus listrik selama 5 dan 10 menit, pengaruh terhadap pertumbuhan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* tidak sebanyak pada saat pemberian stimulasi arus listrik selama 15 menit. Karena jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* masih tergolong banyak. Pemberian stimulasi arus listrik tegangan 10 V dengan jumlah pulsa 60 V yang dilakukan selama 15 menit dapat menurunkan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Meskipun masih belum efektif karena masih terdapat sisa bakteri yang hidup.

3. Tegangan pulsa 70 V

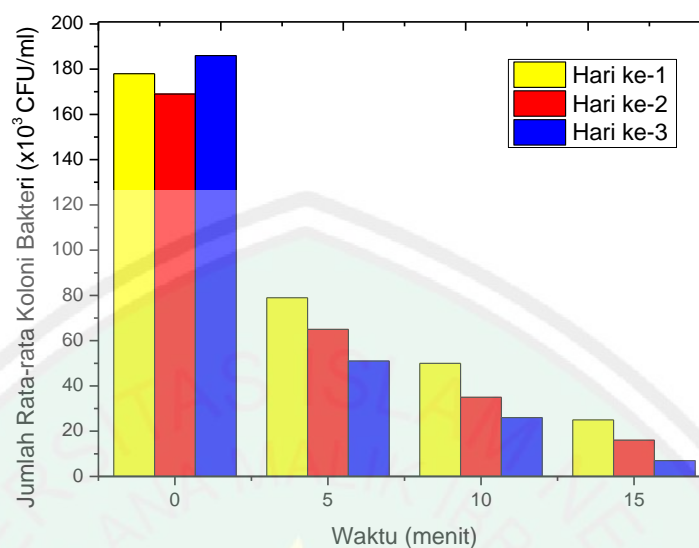
Hasil penelitian dan perhitungan jumlah rata-rata koloni bakteri *Staphylococcus aureus* pada hari ke-1 diperoleh sebanyak 178.10^3 CFU/mL untuk sampel tanpa pemberian stimulasi arus listrik, sedangkan untuk sampel yang diberi stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 70 V selama 5 menit

didapatkan jumlah koloni bakteri sebanyak 79.10^3 CFU/mL. Ketika waktu ditambahkan menjadi 15 menit didapatkan jumlah koloni bakteri sebanyak 25.10^3 CFU/mL. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data hasil penelitian pengaruh waktu pemberian stimulasi arus listrik terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dengan tegangan pulsa 70 V.

Waktu (menit)	Jumlah Rata-rata Koloni Bakteri (CFU/mL)		
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3
Kontrol	178.10^3 $\pm 30,105$	169.10^3 $\pm 20,428$	186.10^3 $\pm 9,073$
5	79.10^3 $\pm 13,012$	65.10^3 $\pm 12,529$	51.10^3 ± 13
10	50.10^3 $\pm 12,124$	35.10^3 $\pm 11,135$	26.10^3 $\pm 13,316$
15	25.10^3 $\pm 7,767$	16.10^3 $\pm 7,571$	7.10^3 $\pm 6,110$

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat diketahui bahwa pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 70 V dan variasi waktu pemberian (5, 10, dan 15 menit) dapat mempengaruhi jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Untuk mengetahui pola pengaruhnya, data tersebut dianalisis menggunakan diagram yang ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik pengaruh waktu pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 70 V terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*

Berdasarkan Gambar 4.6 didapatkan bahwa pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 70 V dan variasi waktu (5, 10, 15 menit) memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Pada hari ke-1, pemberian stimulasi arus listrik selama 5 menit didapatkan jumlah bakteri sebanyak 79.10^3 CFU/mL. Kemudian ketika lama pemberian ditambahkan menjadi 10 menit didapatkan jumlah bakteri sebanyak 50.10^3 CFU/mL. Selanjutnya ketika ditambahkan lagi menjadi 15 menit didapatkan sebanyak 25.10^3 CFU/mL. Sehingga didapatkan persentase penurunan jumlah bakteri pada waktu 5 menit sebesar 56%, pada waktu 10 menit sebesar 37%, dan pada waktu 15menit sebesar 50%. Begitu juga pada hari ke-2 dan ke-3. Dapat dikatakan bahwa bakteri banyak yang mati pada pemberian stimulasi arus listrik dengan lama pemberian 5 menit kemudian untuk lama pemberian stimulasi selanjutnya hanya membunuh bakteri sisa.

Pemberian stimulasi selama 5 menit pada hari ke-1 didapatkan jumlah bakteri sebanyak 79.10^3 CFU/mL. Kemudian pada hari ke-2 didapatkan sebanyak 65.10^3 CFU/mL. Selanjutnya pada hari ke-3 didapatkan sebanyak 51.10^3 CFU/mL. Sehingga persentase penurunan jumlah bakteri pada hari ke-2 sebesar 18%, dan pada hari ke-3 juga sebesar 22%. Sedangkan pada pemberian selama 15 menit, pada hari ke-1 didapatkan jumlah bakteri sebanyak 25.10^3 CFU/mL. Kemudian pada hari ke-2 didapatkan sebanyak 16.10^3 CFU/mL. Lalu pada hari ke-3 didapatkan sebanyak 7.10^3 CFU/mL. Sehingga persentase penurunan jumlah bakteri pada hari ke-2 sebesar 36%, dan pada hari ke-3 sebesar 56%. Sehingga dapat dikatakan bahwa penurunan jumlah bakteri akan semakin besar seiring dengan lamanya pemberian stimulasi arus listrik.

Dari Gambar 4.6 dapat diketahui bahwa pemberian stimulasi arus listrik dengan ketiga variasi waktu (5 menit, 10 menit, dan 15 menit) dengan tegangan pulsa 70 V berpengaruh terhadap penurunan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Semakin lama waktu pemberian stimulasi arus listrik maka jumlah koloni bakteri semakin menurun. Waktu pemberian selama 15 menit menghasilkan pertumbuhan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* paling kecil dibandingkan dengan kontrol dan pemberian dengan waktu yang lain. Akan tetapi, jumlah koloni bakteri dengan pemberian stimulasi selama 15 menit masih ada yang aktif berkembang, baik pada hari ke-1, ke-2, maupun ke-3. Ketika pemberian stimulasi arus listrik selama 5 dan 10 menit, pengaruh terhadap pertumbuhan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* tidak seefektif pada saat pemberian stimulasi arus listrik selama 15 menit. Karena jumlah koloni

bakteri *Staphylococcus aureus* masih tergolong banyak. Pemberian stimulasi arus listrik tegangan 10 V dengan jumlah pulsa 70 V yang dilakukan selama 15 menit dapat menurunkan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Meskipun masih belum efektif karena masih terdapat sisa bakteri yang hidup.

4. Tegangan pulsa 80 V

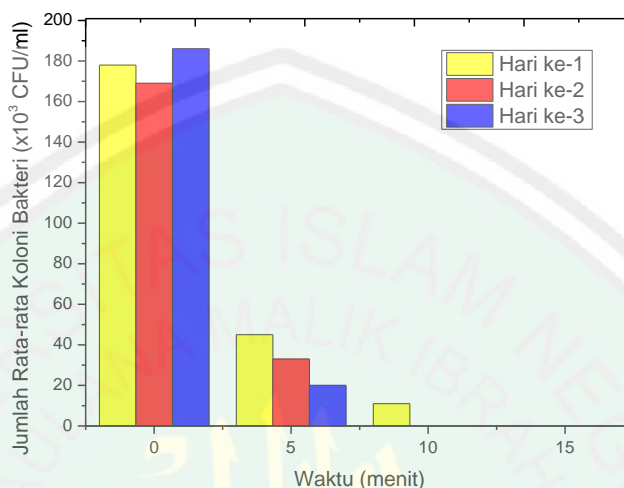
Hasil penelitian dan perhitungan jumlah rata-rata koloni bakteri *Staphylococcus aureus* pada hari ke-1 diperoleh sebanyak 178.10^3 CFU/mL untuk sampel tanpa pemberian stimulasi arus listrik, sedangkan untuk sampel yang diberi stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 80 V selama 5 menit didapatkan jumlah koloni bakteri sebanyak 45.10^3 CFU/mL. Ketika waktu ditambahkan menjadi 15 menit, didapatkan bakteri yang sudah habis atau mati. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data hasil penelitian pengaruh waktu pemberian stimulasi arus listrik terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dengan tegangan pulsa 80 V.

Waktu (menit)	Jumlah Rata-rata Koloni Bakteri (CFU/mL)		
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3
Kontrol	178.10^3 $\pm 30,105$	169.10^3 $\pm 20,428$	186.10^3 $\pm 9,073$
5	45.10^3 $\pm 10,440$	33.10^3 $\pm 10,392$	20.10^3 $\pm 10,692$
10	11.10^3 $\pm 5,291$	0 ± 0	0 ± 0
15	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat diketahui bahwa pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 80 V dan variasi waktu pemberian (5,10, dan 15 menit) dapat mempengaruhi jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Untuk

mengetahui pola pengaruhnya, data tersebut dianalisis menggunakan diagram yang ditunjukkan pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik pengaruh waktu pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 80 V terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*

Berdasarkan Gambar 4.7 didapatkan bahwa pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 80 V dan variasi waktu (5, 10, 15 menit) memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Pada hari ke-1, pemberian stimulasi arus listrik selama 5 menit didapatkan jumlah bakteri sebanyak $45 \cdot 10^3$ CFU/mL. Kemudian ketika lama pemberian ditambahkan menjadi 10 menit didapatkan jumlah bakteri sebanyak $11 \cdot 10^3$ CFU/mL. Selanjutnya ketika ditambahkan lagi menjadi 15 menit, bakteri sudah habis atau mati. Sehingga didapatkan persentase penurunan jumlah bakteri pada waktu 5 menit sebesar 75%, pada waktu 10 menit sebesar 76%, dan pada waktu 15 menit sebesar 100%. Begitu juga pada hari ke-2 dan ke-3. Persentase penurunan terjadi secara signifikan ketika lama pemberian kembali ditambahkan.

Pemberian stimulasi selama 5 menit pada hari ke-1 didapatkan jumlah bakteri sebanyak 45.10^3 CFU/mL. Kemudian pada hari ke-2 didapatkan sebanyak 33.10^3 CFU/mL. Selanjutnya pada hari ke-3 didapatkan sebanyak 20.10^3 CFU/mL. Sehingga persentase penurunan jumlah bakteri pada hari ke-2 sebesar 27%, dan pada hari ke-3 juga sebesar 39%. Sedangkan pada pemberian selama 15 menit, bakteri sudah tidak dapat hidup. Hal ini ditandai dengan mengeringnya sampel yang digunakan. Sehingga dapat dikatakan bahwa penurunan jumlah bakteri akan semakin besar seiring dengan lamanya pemberian stimulasi arus listrik.

Dari Gambar 4.7 dapat diketahui bahwa pemberian stimulasi arus listrik dengan ketiga variasi waktu (5 menit, 10 menit, dan 15 menit) dengan tegangan pulsa 80 V berpengaruh terhadap penurunan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Semakin lama waktu pemberian stimulasi arus listrik maka jumlah koloni bakteri semakin menurun. Waktu pemberian selama 15 menit menghasilkan pertumbuhan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* paling kecil dibandingkan dengan kontrol dan pemberian dengan waktu yang lain. Dimana pemberian selama 15 menit, jumlah bakteri sudah habis pada hari ke-1 pemberian. Hal ini ditandai dengan keringnya sampel yang digunakan. Ketika pemberian stimulasi arus listrik selama 10 menit, jumlah bakteri juga sudah habis, tetapi pada pemberian hari ke-2.

Pemberian stimulasi arus listrik tegangan 10 V dengan jumlah pulsa 80 V yang dilakukan selama 15 menit dapat menurunkan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Koloni bakteri habis atau mati dengan intensitas tersebut. Kematian bakteri tersebut terjadi karena pengaruh pemberian stimulasi arus listrik

dengan tegangan pulsa dan lama pemberian yang besar dapat menyebabkan kerusakan pada dinding sel bakteri sehingga sel bakteri akan mati.

4.1.3 Efek Stimulasi Arus Listrik Terhadap Kondisi Luka Mencit Diabetes

Melitus

1. Kadar Gula Darah

Setelah diketahui tegangan dan juga waktu yang efektif dalam pemberian stimulasi arus listrik untuk menurunkan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*, selanjutnya tegangan dan waktu tersebut diaplikasikan pada luka sayat mencit yang menderita diabetes melitus. Dimana dilakukan stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 80 V selama 15 menit sebagai bentuk terapi dalam upaya penyembuhan luka pada diabetes melitus. Objek yang digunakan yaitu mencit (*Mus musculus*) yang menderita diabetes melitus.

Induksi diabetes pada mencit dengan menyuntikkan aloksan monohidrat pada dosis yang telah ditentukan berhasil meningkatkan kadar glukosa darah mencit hingga menjadi diabetes. Pada penelitian ini kadar glukosa darah mencit yang melebihi 140 mg/dl dianggap sudah menderita diabetes. Hal ini sesuai dengan Maulana (2008) yang menyatakan bahwa kadar glukosa darah manusia normal berkisar antara 90 ± 140 mg/dl.

Pemberian aloksan monohidrat pada hewan coba dapat menyebabkan rusaknya sel β pankreas sehingga mengakibatkan jumlah sel β pankreas menurun. Apabila sel β pankreas menurun maka sekresi insulin juga menurun. Hal ini menyebabkan proses homeostatis glukosa terganggu. Penyerapan glukosa darah

ke dalam sel berkurang sehingga dalam darah meningkat sedangkan sel kekurangan glukosa sebagai sumber energi (Heri, 1986).

Hasil penelitian dan pengukuran kadar glukosa darah pada mencit yang telah diberi stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 80 V selama 15 menit dengan menggunakan glukometer menunjukkan bahwa pada kelompok 1 (kontrol atau tanpa perlakuan) didapatkan hasil rata-rata kadar glukosa darah mencit yang hanya selisih 0,2 mg/dl. Pengukuran dilakukan padahari ke-3 setelah penyuntikan dan hari ke-10 setelah penyuntikan didapatkan kadar glukosa darah dari 180 mg/dl menjadi 179,8 mg/dl. Sedangkan pada kelompok 2 (dengan perlakuan) didapatkan hasil rata-rata kadar glukosa darah mencit dengan selisih 24 mg/dl yaitu dari 199,2 mg/dl menjadi 175,2 mg/dl. Sehingga penurunan kadar glukosa darah dengan terapi stimulasi arus listrik lebih besar dibandingkan dengan tanpa pemberian stimulasi arus listrik. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Data hasil pengukuran kadar glukosa darah mencit

No.	Kelompok 1			Kelompok 2		
	BB Mencit (gram)	Kadar Glukosa Darah (mg/dl)		BB Mencit (gram)	Kadar Glukosa Darah (mg/dl)	
		Awal	Akhir		Sebelum Perlakuan	Sesudah Perlakuan
1	22	159	172	23	197	172
2	20	177	198	24	194	150
3	22	173	184	22	154	166
4	21	155	141	23	264	211
5	24	236	204	21	187	177
Rata-Rata	21,8	180	179,8	22,6	199,2	175,2

2. Deskripsi kondisi luka

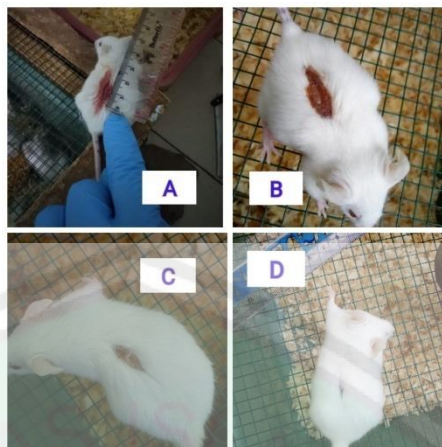
Hasil dari pengamatan terhadap luka mencit yang menderita diabetes melitus dengan luka sayat pada punggung. Luka dibuat dengan panjang 2cm dengan kedalaman hingga lapisan kulit dalam. Sedangkan penyakit diabetes melitus dilakukan dengan penyuntikan aloksan monohidrat dengan melarutkan 540 mg aloksan dan 100 ml NaCl. Kemudian di injeksikan sebanyak 1 ml pada masing-masing mencit secara intravena. Didapatkan hasil pengamatan antara kelompok 1 dan kelompok 2 selama 7 hari sesuai dalam Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil pengamatan kondisi luka mencit diabetes melitus

Kel	Ulangan	Hari ke-						
		1	2	3	4	5	6	7
1	1	#@	#@	#@	#@+	#@+	+	+
	2	#@	#@	#@	#@+	#@+	#+	+
	3	#@	#@	#@	#@+	#@+	#+	+
	4	#@	#@	#@	#@+	#+	+	+
	5	#@	#@	#@	#@	#@+	#@+	#+
2	1	#@	#@	#@	#@+	#+	+	+
	2	#@	#@	#@	#@+	#+	+	*
	3	#@	#@	#@	#+	+	+	*
	4	#@	#@	#@	#@	#@+	#+	+
	5	#@	#@	#@	#+	+	+	*

Keterangan:

#	= Kemerahan	+	= Luka mulai mengering
@	= Pembengkakan	*	= Luka mulai menutup


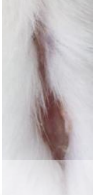





















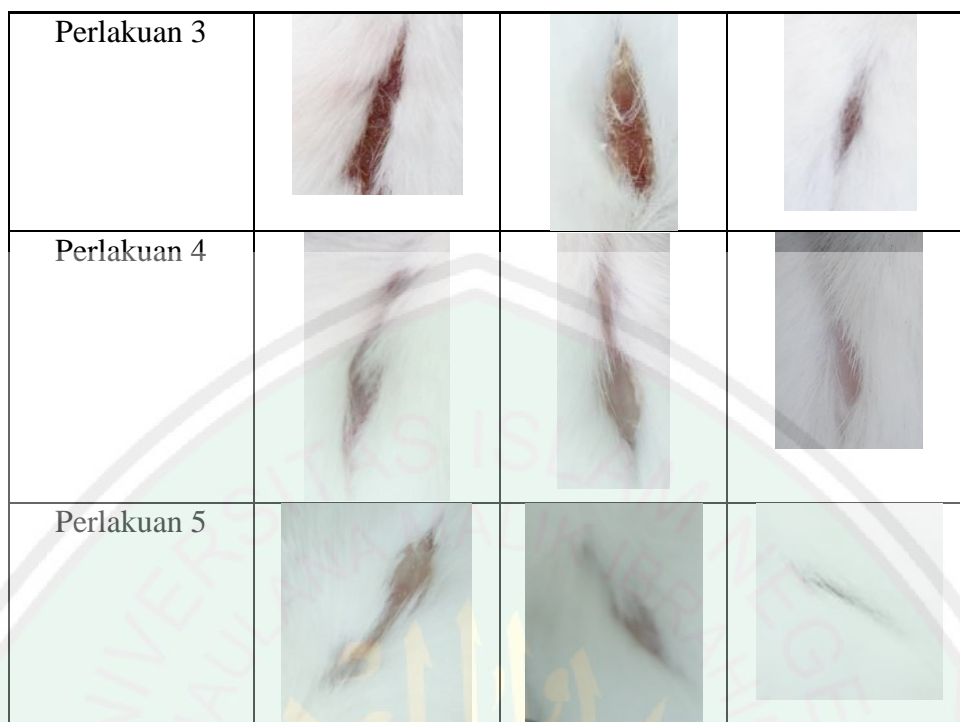
Gambar 4.8 Gambaran luka sayat mencit

Gambar 4.8 diatas menjelaskan tahapan penyembuhan luka yaitu (A) dimulai dari penyayatan pada punggung mencit sepanjang 2 cm dan kedalaman hingga lapisan kulit dalam, (B) setelah pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan 80 V selama 15 menit terjadi eritema atau kemerahan, (C) luka perlahan mulai mengering, dan (D) luka perlahan mulai tertutup dengan adanya jaringan baru pada luka.

Hasil gambar kondisi luka pada mencit yang menderita diabetes melitus dapat dilihat pada Tabel 4.9. Diketahui bahwa pada mencit yang menderita diabetes melitus tanpa pemberian stimulasi arus listrik (kelompok 1), proses penyembuhan luka sedikit lebih lama dibandingkan dengan mencit yang menderita diabetes melitus dengan pemberian stimulasi arus listrik (kelompok 2). Hal ini terjadi karena pemberian stimulasi arus listrik pada luka mencit yang dilakukan dengan tegangan pulsa 80 V selama 15 menit mempengaruhi kondisi luka sehingga luka cepat mengering.

Tabel 4.10 Gambar proses penyembuhan luka sayat mencit selama 7 hari.

Nama	Hari ke-1	Hari ke-3	Hari ke-7
Kontrol 1			
Kontrol 2			
Kontrol 3			
Kontrol 4			
Kontrol 5			
Perlakuan 1			
Perlakuan 2			



Tabel 4.11 Panjang dan lebar luka sayat mencit selama 7 hari.

Nama	Hari ke-1 (cm)		Hari ke-3 (cm)		Hari ke-7 (cm)	
	Panjang	Lebar	Panjang	Lebar	Panjang	Lebar
Kontrol 1	2	0,6	1,8	0,4	1,6	0,3
Kontrol 2	2	0,4	2	0,3	1,7	0,3
Kontrol 3	2	0,4	1,8	0,3	1,6	0,3
Kontrol 4	2	0,5	1,8	0,4	1,7	0,2
Kontrol 5	2	1	2	0,9	1,8	0,8
Perlakuan 1	2	0,4	1,7	0,3	1	0,1
Perlakuan 2	2	0,4	1,6	0,2	0,8	0,1
Perlakuan 3	2	0,4	1,5	0,3	1	0,2
Perlakuan 4	2	0,5	1,9	0,4	1,2	0,3
Perlakuan 5	2	0,4	1,6	0,3	1	0,1

Kadar glukosa darah juga mempengaruhi kondisi luka. Semakin tinggi kadar glukosa darah maka semakin lama proses penyembuhan luka. Dan apabila kadar glukosa darah rendah maka semakin cepat proses penyembuhan luka. Sebagai contoh, dapat dilihat pada tabel 4.8 dimana kontrol 5 mempunyai

kadar glukosa 204 mg/dl sehingga kondisi lukanya masih basah pada hari ke-7. Sedangkan kontrol 4 besar kadar glukosanya 141 mg/dl dengan kondisi luka yang sudah mengering hingga bagian tengahnya pada hari ke-7.

Selain karena tinggi atau rendahnya gula darah, berikut merupakan beberapa faktor lain yang juga dapat mempengaruhi penyembuhan luka diantaranya (Yusuf, 2013):

a. Besar atau lebar luka

Luka lebar atau besar biasanya sembuh lebih lambat dari luka kecil.

b. Lokalisasi luka

Luka yang terdapat didaerah dengan vaskularisasi baik akan sembuh lebih cepat daripada luka yang berada di daerah dengan vaskularisasi sedikit.

c. Kebersihan luka

Luka bersih sembuh lebih cepat dari luka kotor.

d. Nutrisi

Penyembuhan luka secara normal memerlukan nutrisi yang tepat. Proses fisiologi penyembuhan luka bergantung pada tersedianya protein, vitamin (terutama vitamin A dan C) dan mineral renik zink dan tembaga.

e. Infeksi

Infeksi luka menghambat penyembuhan dan bakteri sumber penyebab infeksi.

f. Sirkulasi (hipovolemia) dan oksigenasi.

Sejumlah kondisi fisik dapat mempengaruhi penyembuhan luka. Adanya sejumlah besar lemak subkutan dan jaringan lemak (yang memiliki sedikit

pembuluh darah) menyebabkan penyembuhan luka lambat karena jaringan lemak lebih sulit menyatu, lebih mudah infeksi, dan lama untuk sembuh. Saat terluka, kulit memiliki mekanisme alamiah untuk membentuk jaringan baru hingga luka dapat tertutup dan sembuh dengan sempurna. Proses tersebut membutuhkan oksigen yang cukup.

g. Faktor psikologi

Faktor psikologi juga dapat mempengaruhi penyembuhan luka. Contohnya, penderita luka harus dihindarkan dari stres.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan analisis data dan grafik yang telah dilakukan, pemberian stimulasi arus listrik dengan variasi tegangan pulsa dan lama pemberian berpengaruh terhadap pertumbuhan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Variasi tegangan pulsa dan lama pemberian stimulasi pengaruh dalam menurunkan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus*. Dimana pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan 10 V dan variasi nilai pulsa 50V, 60V, 70V, 80V dan variasi lama pemberian 5 menit, 10 menit, 15 menit selama 1 hari, 2 hari, dan 3 hari didapatkan jumlah rata-rata koloni bakteri *Staphylococcus aureus* yang lebih kecil dibandingkan dengan sampel kontrol atau tanpa perlakuan. Dari penelitian dan perhitungan yang dilakukan didapat bahwa stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 80 V selama 15 menit sangat efektif dalam menonaktifkan pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*.

Semakin besar tegangan pulsa yang digunakan maka semakin besar pula penurunan jumlah koloni bakteri. Begitu juga dengan waktu, semakin lama waktu

pemberian maka semakin besar pula penurunan jumlah koloni bakteri. Besar tegangan dan lama waktu pemberian stimulasi arus listrik dapat menyebabkan pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* terhambat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Barbosa-Canovas (1998) yang menyatakan bahwa besar penurunan mikroorganisme berbanding lurus dengan besarnya tegangan, jumlah pulsa, dan waktu.

Tegangan pada stimulasi arus listrik dapat menyebabkan terjadinya tumbukan antar molekul sehingga dapat menimbulkan suhu sel tubuh yang dilalui arus akan meningkat. Kenaikan suhu sel tersebut dapat mengakibatkan adanya efek termal atau panas. Hukum Joule menyatakan bahwa arus listrik yang melewati konduktor dengan beda potensial (V) dalam waktu tertentu akan menimbulkan panas (Asriwati, 2017). Sehingga apabila bakteri *Staphylococcus aureus* sedang berada pada daerah luka, maka akan terjadi perpindahan energi panas ke bakteri. Dan Apabila suhu lingkungan berada diatas maksimum maka pertumbuhan mikroorganisme akan terhenti, dimana enzim dan asam nukleat akan menjadi tidak aktif secara permanen (denaturasi) sehingga metabolisme mikroorganisme akan terhenti dan menyebabkan kematian sel (Kathleen, 2005).

Stimulasi arus listrik dengan tegangan tinggi juga dapat menyebabkan elektroporasi pada bakteri. Terjadinya elektroporasi akan meningkatkan permeabilitas dinding sel bakteri sehingga terjadi penggelembungan pada dinding sel yang akhirnya menyebabkan membran sel membengkak hingga pecah (Barbosa-Canovas *et al*, 1998). Salah satu teori dari pakar medis menyebutkan bahwa membran sel adalah *viscoelastic fluid*, sehingga membran akan rusak atau

robek apabila mendapat stress listrik. Peningkatan energi pada membran akan terjadi apabila diberikan listrik dengan tegangan tertentu yang kemudian dapat meningkatkan ukuran pore membran dan berubah menjadi *hydrophilic pore* dimana difusi bebas dapat terjadi (Apriliawan, 2012).

Ketika bakteri *Staphylococcus aureus* diberi stimulasi arus listrik dengan tegangan tinggi maka muatan pada molekul dalam membran sel akan terpisah sehingga terjadilah proses elektrolisis. Dimana muatan positif membran (kation) akan mengalami reduksi karena menangkap elektron sedangkan muatan negatif membran (anion) akan mengalami oksidasi karena melepas elektron. Sehingga kation akan menuju ke katoda dan anion menuju ke anoda. Terurainya muatan pada bakteri akan menyebabkan potensial transmembran meningkat. Apabila potensial transmembran meningkat maka akan terjadi porositas. Porositas inilah yang akan mengakibatkan permeabilitas dinding sel meningkat sehingga banyak partikel dari luar yang masuk ke dalam dan menyebabkan pembengkakan sel. Sel akan mengalami lisis yaitu hancurnya sel karena pecahnya membran sel sehingga bakteri akan mati.

Stimulasi arus listrik dengan tegangan tinggi dan lama waktu pemberian berpengaruh pada kadar glukosa darah pada luka penderita diabetes melitus. Semakin tinggi kadar glukosa darah maka semakin lama proses penyembuhan luka. Dan apabila kadar glukosa darah rendah maka semakin cepat proses penyembuhan luka. Hal ini sesuai dengan pernyataan Fainsod-Levi *et al* (2017) yang mengatakan bahwa kadar gula yang tinggi dapat mempengaruhi mobilitas neutrofil. Neutrofil berfungsi sebagai pertahanan pertama sistem kekebalan

terhadap infeksi dan membunuh patogen. Sehingga kadar gula yang tinggi dapat mempengaruhi penurunan luas area pada luka menjadi lebih lambat jika dibandingkan dengan kadar gula rendah.

Stimulasi arus listrik dapat menyebabkan terjadinya pembalikan perbedaan potensial aksi sesaat. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan potensial aksi pada bagian luar dan bagian dalam sel (depolarisasi) sehingga mempengaruhi susunan ion-ion di luar maupun di dalam sel. Keadaan inilah yang mengakibatkan terjadinya penurunan glukosa darah pada mencit, yaitu karena pengaruh pergerakan ion hingga terjadi keseimbangan di dalam dan di luar serta meningkatkan reaksi dari ATP yang merupakan molekul penyalur energi utama dari suatu reaksi ke sel hidup lainnya. Sehingga sel dalam kondisi optimum untuk melakukan proses penyembuhan alami (Suhariningsih, 2004).

Pengaruh stimulasi arus listrik dengan tegangan tinggi dan lama waktu paparan juga berpengaruh terhadap proses penyembuhan luka. Hal ini karena stimulasi arus listrik aman digunakan untuk menstimulasi jaringan kulit. Lamanya pemberian stimulasi arus listrik mempengaruhi proses penyembuhan luka tergantung kondisi luka tersebut. Semakin parah luka yang diderita maka lama pemberian stimulasi arus listrik semakin lama. Apabila luka tidak parah maka lama pemberian stimulasi arus listrik akan berkurang. Terapi stimulasi arus listrik berdampak baik terhadap penyembuhan luka, dimana pembuluh darah dan jaringan ikat fibrous akan membaik dengan percepatan penyembuhan dua kali lebih cepat dibandingkan tanpa perlakuan stimulasi arus listrik (Rahmawati *et al.*, 2009). Stimulasi listrik ini dapat mempercepat penyembuhan luka dengan meniru

arus listrik alami pada kulit yang terluka. Stimulasi listrik dilakukan pada jaringan yang terluka untuk meningkatkan migrasi neutrofil dan makrofag serta menstimulasi fibroblas (Thakral *et al*, 2013).

4.3 Perspektif Islam Tentang Bakteri Dan Pengobatannya

Mikroorganisme dan materi mikromos lainnya dalam Al-Qur'an ditunjukkan dalam istilah zarah sebagai wujud substansi materi yang paling kecil. Mikroorganisme sebagai organisme sel tunggal merupakan bukti adanya materi fungsional dibawah sel. Al-Qur'an menunjuk pada konsep zarah sebagai materi terkecil, dengan demikian masih terdapat substansi potensial dalam suatu zat yang lebih kecil dari sel (Subandi, 2010).

Allah SWT menyatakan dalam surat Al-Baqarah ayat 26, yang berbunyi:

﴿إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا فَأَمَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا يُضِلُّبِهِ كَثِيرًا وَيَهْدِيهِ كَثِيرًا وَمَا يُضِلُّبِهِ إِلَّا الْفٰسِقِينَ﴾

Artinya : "Sesungguhnya Allah tiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih rendah dari itu. Adapun orang-orang yang beriman, maka mereka yakin bahwa perumpamaan itu benar dari Tuhan mereka, tetapi mereka yang kafir mengatakan: "Apakah maksud Allah menjadikan ini untuk perumpamaan?". Dengan perumpamaan itu banyak orang yang disesatkan Allah, dan dengan perumpamaan itu (pula) banyak orang yang diberi-Nya petunjuk. Dan tidak ada yang disesatkan Allah kecuali orang-orang yang fasik" (Q.S. Al-Baqarah [2]: 26)

Ibnu Katsir menafsirkan kata "yang lebih rendah dari itu", menunjukkan bahwa Allah SWT kuasa untuk menciptakan apa saja, baik yang besar maupun yang kecil. Sebagaimana Allah SWT menciptakan bakteri meskipun memiliki

ukuran yang sangat kecil dengan keberadaannya yang dapat membawa manfaat maupun mudharat bagi kehidupan (Al-Mubarak, 2016).

Adapun ukuran hewan yang lebih kecil dari nyamuk adalah bakteri. Bakteri adalah organisme uniselular dan prokariot serta umumnya tidak memiliki klorofil dan berukuran renik (mikroskopis). Bakteri merupakan mikroorganisme yang paling banyak jumlahnya dan lebih tersebar luas dibandingkan makhluk hidup lain. bakteri memiliki ratusan ribu spesies yang hidup di darat hingga lautan dan pada tempat-tempat yang ekstrim. Terdapat bakteri yang menguntungkan dan ada pula yang merugikan (Al-Mubarak, 2016).

Staphylococcus aureus merupakan bakteri yang paling mencemaskan dalam dunia kesehatan karena sangat patogen dan dapat menyebabkan infeksi berat pada individu yang sehat. *Staphylococcus aureus* memiliki sel yang bersifat gram positif, berbentuk bulat (kokus) berdiameter 0,7-0,9 μm , tidak membentuk spora, tidak motil, anaerob fakultatif, dalam koloni berbentuk khas seperti rangkaian anggur (Puspadewi *et al*, 2017).

Pada dasarnya semua penyakit berasal dari Allah SWT, maka yang dapat menyembuhkannya juga Allah SWT. Akan tetapi, dalam mencapai kesembuhan tersebut harus diiringi dengan usaha yang maksimal. Salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah pengobatan. Islam menganjurkan untuk melakukan pengobatan atau melakukan terapi pengobatan untuk penyakit tertentu. Sesungguhnya Allah SWT mendatangkan penyakit bersamaan dengan obatnya juga. Hal ini sesuai dengan sabda Rasulullah SAW yang berbunyi (Hammad, 2011):

لِكُلِّ دَاءٍ دَوَاءٌ فَإِذَا أُصِيبَ دَوَاءُ الدَّاءِ بَرَأَ بِإِذْنِ اللَّهِ عَزَّ وَجَلَّ

Artinya: “Semua penyakit ada obatnya. Jika cocok antara penyakit dan obatnya, maka akan sembuh dengan izin Allah” (HR. Muslim).

مَا أَنْزَلَ اللَّهُ دَاءً إِلَّا أَنْزَلَ لَهُ شِفَاءً

Artinya: “Tidaklah Allah menurunkan suatu penyakit, kecuali Allah juga menurunkan obatnya” (HR. Bukhari).

Seiring dengan perkembangan teknologi, salah satu cara pengobatan yang dapat dilakukan yaitu menggunakan stimulasi arus listrik. Penggunaan arus listrik untuk penyembuhan jaringan pada luka yang terinfeksi karena bakteri dapat menurunkan intensitas arus pada luka itu sendiri. Oleh karena itu, pengaplikasian arus listrik dapat menjadi tahap perbaikan dan regenerasi sel pada luka (Balakoutunis, 2011).

Banyak ayat Al-Qur’an yang secara tegas maupun tersirat menyampaikan pesan dan mengajak akal untuk berfikir dan merenungkan tentang perkembangan teknologi. Islam mewajibkan manusia untuk berfikir sebagaimana firman Allah SWT dalam surat Ali-Imran ayat 190 yang berbunyi (Ash-Shalabi, 2014):

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ١٩٠

Artinya: “Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal” (QS. Ali-Imran [3]: 190).

Dari ayat diatas, dapat dipahami bahwa manusia merupakan makhluk yang memiliki akal dengan berbagai fungsinya yang sangat variatif. Sehingga pendidikan harus berupaya mengarahkan manusia agar memiliki keterampilan untuk dapat mempergunakan alat yang dapat membawa kepada kebaikan dan menjauhkan dari keburukan (Nata, 2012).

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan tentang efek stimulasi arus listrik terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* pada luka mencit (*Mus musculus*) diabetes melitus didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemberian stimulasi arus listrik dengan variasi tegangan pulsa berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. Tegangan pulsa 50 V, 60 V, 70 V, dan 80 V masing-masing didapatkan jumlah bakteri sebanyak 96.10^3 CFU/mL, 55.10^3 CFU/mL, 25.10^3 CFU/mL, dan 0. Sehingga tegangan pulsa 80 V dapat menonaktifkan pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*.
2. Lama pemberian stimulasi arus listrik mempengaruhi pertumbuhan jumlah bakteri *Staphylococcus aureus*. Waktu 5,10, dan 15 menit yang digunakan didapatkan jumlah bakteri masing-masing sebanyak 45.10^3 CFU/mL, 11.10^3 CFU/mL, dan 0. Sehingga lama pemberian 15 menit dapat menonaktifkan pertumbuhan bakteri.
3. Pemberian stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsa 80 V selama 15 menit dapat menurunkan kadar glukosa darah dan mempercepat penyembuhan luka pada mencit. Selisih kadar glukosa darah antara sebelum dan sesudah pemberian sebesar 24 mg/dl. Pada penyembuhan luka, semakin besar kadar glukosa darah maka proses penyembuhan luka akan semakin lama. Begitu juga sebaliknya.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka saran yang diberikan sebagai berikut:

1. Sebaiknya alat, bahan, beserta tempat penelitian yang digunakan benar-benar steril sehingga tidak terjadi kontaminasi.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan kombinasi lain dalam menonaktifkan bakteri menggunakan alat stimulasi arus listrik.
3. Dapat juga digunakan jenis bakteri lain yang terdapat pada luka.
4. Diperlukan tempat khusus ketika perlakuan untuk menghindari stress pada hewan coba karena dipegang tangan.
5. Pengamatan kondisi luka dapat dilakukan dengan cara lain misalnya penggunaan software dalam mengolah gambar, atau dapat juga dengan melihat jaringan histologi menggunakan mikroskop.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Yusuf Al-Hajj. 2009. *Ensiklopedia Kemukjizatan Sains Dalam Al-Qur'an dan Sunnah*. Kuala Lumpur: Al-Hidayah Publication.
- Al-Mubarak, Ahmad Zaki. 2006. *Pendekatan Strukturalisme Linguistik dalam Tafsir Al-Qur'an Kontemporer "ala" M.Shahrur*. Yogyakarta : eLSAQ.
- Al-Qur'an dan Terjemahannya. 2010. Departemen Agama RI. Bandung: Penerbit Marwah.
- Apriliawan, Hadi. 2012. Laban Elektrik Alat Pasteurisasi Susu Kejut Listrik Tegangan Tinggi Menggunakan Flyback Transformer. *Prosiding Seminar Nasional Mekanisme Pertanian*. Bogor: BB Mekanisme Pertanian.
- Asadi M. R, dan Torkaman G. 2014. Bacterial Inhibition by Electrical Stimulation. *Advances In Wound Care*. Volume 3.
- Ash-Shalabi, Ali Muhammad. 2014. *Iman Kepada Allah*. Jakarta: Ummul Qura
- Asriwati. 2017. *Fisika Kesehatan dan Keperawatan*. Yogyakarta: Penerbit Deepublish.
- Balakatounis, K. 2011. Electrical Stimulation For Wound Healing. *Advanced Wound Repair Therapies*. 3(2). pp. 571–586.
- Barbosa-Canovas, G.V.U.R. Pothakamury, E. Palou and B.G. Swanson.1998. *Non Thermal Preservation of Food*. New York: Inc.
- Bilous R., Donnelly R., 2015. *Buku Pegangan Diabetes Edisi 4*. Jakarta: Bumi Medika.
- DeLeo, F.R., Diep, B.A. dan Otto, M. 2009. *Host Defense And Pathogenesis In Staphylococcus aureus Infections*. J Dent. 23(1).
- Diehr P. E. 2014. *Physical Origins of Electrical Conductivity and Resistivity*. Researchgate.
- Ernawati. 2013. *Penatalaksanaan Keperawatan Diabetes Melitus Terpadu*. Jakarta: Penerbit Mitra Kencana Media.
- Fainsod-Levi, T., Gershkovitz, M., Vols, S., Kumar, S., Khawaled, S., Sagiv, J. Y., Granot, Z. 2017. Hyperglycemia Impairs Neutrophil Mobilization Leading to Enhanced Metastatic Seeding. *Cell Reports*, 21(9).
- Frykberg, R.G., 2002. Diabetic Foot Ulcers: Pathogenesis and Management. *American Family Physician*, Vol.66, No.9. 1655-61.

- Ganong, W.F. 1989. *Fisiologi Kedokteran, CV ECG*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Gillespie, S. & Bamford, K. 2009. *Mikrobiologi Medis dan Infeksi, edisi 3*. Jakarta: Erlangga.
- Gusmao, I.C.C.P., Moraes P.B. and Bidoia E.D., 2010, Studies on the Electrochemical Disinfection of Water Containing Escherichia coli using a Dimensionally Stable Anode, *Brazilian Archives Of Biology And Technology Vol.53, N. 5: Pp. 1235-1244*.
- Guyton, Arthur C. 1983. *Fisiologi Manusia dan Mekanismenya terhadap Penyakit*. Jakarta: EGC Penerbit Buku Kedokteran.
- Halliday, David. & Resnick, Robert. 1992. *Fisika Jilid I Edisi Ketiga* diterjemahkan oleh Pantur Silaban dan Erwin Sucipto. Bandung: ITB.
- Hammad, Said. 2011. *99 Resep Sehat Dengan Madu*. Solo: AQW AMEDIKA.
- Harjono, T. 1998. Penggunaan Elektroakupunktur, Meridian Indonesia. *Jurnal Akupunktur Indonesia*. Vol V. Jawa Timur: Penerbit PAKSI.
- Heri. 1986. *Hubungan Peningkatan Kadar Gula Darah Dengan Jumlah Sel Langerhans Kelenjar Pankreas*, Skripsi. Surabaya: Fakultas Kedokteran Hewan UNAIR.
- Kathleen. 2005. *Foundation in Microbiology*. 5rd. New York: Mc Graw Hill.
- Khan, J. 1987. *Principles And Practice of Electrotherapy*. New York: Churchill Livingstone Inc.
- Lowy, F.D. 2014. *Staphylococcus Infections In: Harrison's Principles of Internal Medicine 19th Edition*. Editors: D. L. Longo, A.S. Fauci, D.L. Kasper, S.L. Hauser, J.L. Jameson and J. Loscalzo. The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Mahendra, Krisnatuti D, Tobing A, Boy. 2008. *Care Your Self Diabetes Mellitus*. Jakarta: Penebar Plus.
- Mardiyantoro, Fredy. Munika, Khusnul dan Sutanti, Viranda. 2018. *Penyembuhan Luka Rongga Mulut*. Malang: UB Press.
- Martawati, M.E. 2014. Sistem Elektrolisa Air Sebagai Bahan Bakar Alternatif pada Kendaraan. *Jurnal ELTEK* Vol. 12 No 1.
- Maulana, Heri D.J. 2009. *Promosi Kesehatan*. Jakarta: KGC.

- Meehan, M. 2000. Beyond The Pressure Ulcer Blame Game: Reflections For The Future. *Ostomy Wound Manage*, 46, 46-52.
- Miller L.S. and John S.C. 2001. Immunity Against *Staphylococcus aureus* Cutaneous Infections. *Nature Reviews Immunology*. 11:505-518.
- Nata, Abuddin. 2012. *Tafsir Ayat-ayat Pendidikan*. Jakarta: Rajawali Press.
- Pelczar, Michael. J and Chan, E. 2012. *Dasar-dasar Mikrobiologi 2*. Jakarta: UI Press.
- Puspawati, R.; P. Adirestuti dan A. Abdulbasith. 2017. Deteksi *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella* Pada Jajanan Sirup. *JURNAL ILMIAH MANUNTUNG*, 3(1), 26-33, 2017.
- Radji, Maksum. 2010. *Buku Ajar Mikrobiologi Panduan Mahasiswa Farmasi dan Kedokteran*. Jakarta: EGC.
- Rahmawati. Arifin, Achmad. Guritno, M. Aziz, Duti S. 2009. Pengaruh Stimulasi Listrik Terhadap Pembuluh Darah Dan Jaringan Ikat Fibrous Pada Penyembuhan Luka. *Prosiding SENTIA*. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- Reitz, R. Jogn, J. Frederick and R.W. Cristy. 1993. *Dasar Teori Magnet Listrik*. Bandung: ITB Press.
- Riyanto dan Agustini W.A., 2018. Electrochemical disinfection of coliform and *Escherichia coli* for drinking water treatment by electrolysis method using carbon as an electrode. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 349. 012053.
- Sears, F.W., dan Zemansky, M.W., 1999. *Fisika Untuk Universitas 1: Mekanika, Panas, dan Bunyi*. Jakarta: Penerbit Trimitra Mandiri.
- Sears, Zemansky. 2003. *Fisika Untuk Universitas*. Edisi Kesepuluh. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Singh S., M. Khare, R.K. Patidar, S. Bagde, K.N. Sahare, D. Dwevedi and V. Singh. 2013. Antibacterial Activities Against Pyogenic Pathogens. *Int. Jour. Of Pharmaceutical Sciences and Research*. 4(8):2974-2979.
- Subandi, M. 2010. *Mikrobiologi: Perkembangan, Kajian, dan Pengamatan Dalam Perspektif Islam*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Suhariningsih. 2004. *Pedoman Penggunaan Elektrostimulator dan Laser pada Terapi Akupunktur*. Surabaya: UNAIR Press.

Syahrurahman, A Chatim, A Karuniawati, AUS Santoso.2010. *Buku Ajar Mikrobiologi Kedokteran. Staf Pengajar Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Edisi Revisi*. Jakarta : Binarupa Aksara.

Thakral, G., Javier LaFontaine J., Najafi B., Talal T.K., Kim P., dan Lawrence A. Lavery L.A., 2013, *Electrical Stimulation To Accelerate Wound Healing,Diabetic Foot & Ankle* 2013.

Waspadji S., 2009. *Buku Ajar Penyakit Dalam: Komplikasi Kronik Diabestes, Mekanisme Terjadinya, Diagnosis dan Strategi Pengelolaan*, Jilid III, Edisi 4, Jakarta: FK UI.

Wiharti. 2010.*Aplikasi Metode Elektrolisis Menggunakan Elektroda Platina (Pt Tembaga (Cu) Dan Karbon(C) Untuk Penurunan Kadar Cr Dalam Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit di Desa Sitimulyo, Piyungan, Bantul, Yogyakarta*.Yogyakarta.: Universitas Islam Indonesia.

Wijayakusuma, Hembing. 2004. *Bebas Diabetes Mellitus Ala Hembing*. Jakarta: Puspa Swara.

Yusuf, N. 2013. *Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Proses Penyembuhan Luka Post Appendectomy Di RSUD Prof. Dr. Aloei Saboe Kota Gorontalo*. Gorontalo : Universitas Negeri Gorontalo

Yuwono, T. 2009.*Biologi Molekular*, Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Pertanian Universitas Gajah Mada. Jakarta: Erlangga.

Lampiran 1

Data Hasil Jumlah Koloni Bakteri *Staphylococcus aureus*

Intensitas (V)	Waktu (menit)	Hari ke-	Jumlah koloni			Rata-rata
			1	2	3	
Kontrol		1	144.10 ³	202.10 ³	187.10 ³	178.10 ³
		2	160.10 ³	154.10 ³	192.10 ³	169.10 ³
		3	179.10 ³	182.10 ³	196.10 ³	186.10 ³
50	5	1	156.10 ³	98.10 ³	163.10 ³	139.10 ³
		2	151.10 ³	94.10 ³	157.10 ³	134.10 ³
		3	145.10 ³	88.10 ³	150.10 ³	128.10 ³
	10	1	129.10 ³	95.10 ³	146.10 ³	123.10 ³
		2	122.10 ³	89.10 ³	138.10 ³	116.10 ³
		3	114.10 ³	80.10 ³	131.10 ³	108.10 ³
	15	1	80.10 ³	109.10 ³	99.10 ³	96.10 ³
		2	71.10 ³	102.10 ³	91.10 ³	88.10 ³
		3	63.10 ³	93.10 ³	84.10 ³	80.10 ³
60	5	1	88.10 ³	105.10 ³	118.10 ³	104.10 ³
		2	79.10 ³	96.10 ³	107.10 ³	94.10 ³
		3	68.10 ³	85.10 ³	97.10 ³	83.10 ³
	10	1	102.10 ³	89.10 ³	50.10 ³	80.10 ³
		2	91.10 ³	77.10 ³	39.10 ³	69.10 ³
		3	78.10 ³	67.10 ³	28.10 ³	58.10 ³
	15	1	81.10 ³	43.10 ³	42.10 ³	55.10 ³
		2	70.10 ³	38.10 ³	35.10 ³	48.10 ³
		3	62.10 ³	29.10 ³	26.10 ³	39.10 ³
70	5	1	92.10 ³	66.10 ³	80.10 ³	79.10 ³
		2	77.10 ³	52.10 ³	66.10 ³	65.10 ³
		3	64.10 ³	38.10 ³	51.10 ³	51.10 ³
	10	1	61.10 ³	52.10 ³	37.10 ³	50.10 ³
		2	45.10 ³	37.10 ³	23.10 ³	35.10 ³
		3	37.10 ³	29.10 ³	11.10 ³	26.10 ³
	15	1	34.10 ³	19.10 ³	23.10 ³	25.10 ³
		2	25.10 ³	11.10 ³	13.10 ³	16.10 ³
		3	14.10 ³	2.10 ³	6.10 ³	7.10 ³
80	5	1	33.10 ³	52.10 ³	50.10 ³	45.10 ³
		2	21.10 ³	39.10 ³	39.10 ³	33.10 ³
		3	8.10 ³	27.10 ³	26.10 ³	20.10 ³
	10	1	5.10 ³	15.10 ³	13.10 ³	11.10 ³

		2	0	0	0	Kering
		3	0	0	0	Kering
	15	1	0	0	0	Kering
		2	0	0	0	Kering
		3	0	0	0	Kering



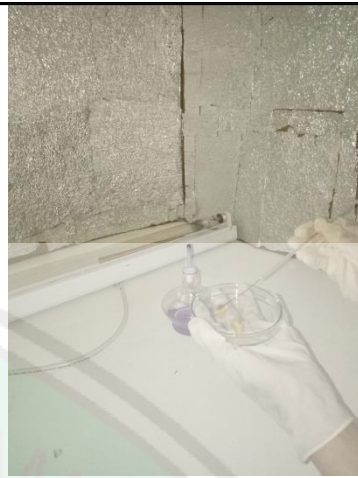
Lampiran 2

Gambar Percobaan

	
Kandang mencit	Penyuntikan aloksan
	
Pengukuran kadar glukosa darah	Penyayatan punggung mencit
	
Colony counter	Inkubator untuk inkubasi
	
Media NA yang ditumbuhi bakteri	Pengenceran



Stimulasi arus listrik pada kulit sapi



Inokulasi bakteri ke kulit sapi





**KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Devi Ihlimia Khofiniah
NIM : 15640012
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Efek Stimulasi Arus Listrik Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* Pada Luka Mencit (*Mus musculus*) Diabetes Melitus
Pembimbing I : Dr. H. M. Tirono, M.Si
Pembimbing II : Erna Hastuti, M.Si

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	20 Februari 2019	Konsultasi Bab I, II, dan III	
2	28 Februari 2019	Konsultasi Bab I, II, dan III	
3	08 Maret 2019	Konsultasi Bab I, II, dan III	
4	16 April 2019	Konsultasi Bab I, II, III, dan ACC	
5	24 September 2019	Konsultasi Data Hasil Bab IV	
6	04 November 2019	Konsultasi Kajian Agama	
7	05 November 2019	Konsultasi Bab IV	
8	07 November 2019	Konsultasi Bab IV	
9	13 November 2019	Konsultasi Bab IV	
10	13 November 2019	Konsultasi Kajian Agama dan ACC	
11	27 November 2019	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan ACC	

Malang, 23 Desember 2019
Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

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