

**EFEK STIMULASI ARUS LISTRIK TERHADAP
PERTUMBUHAN BAKTERI *Pseudomonas aeruginosa* PADA
LUKA MENCIT (*Mus musculus*) DIABETES MELLITUS**

SKRIPSI

**OLEH:
WASILATUL HASANAH
NIM. 15640033**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

**EFEK STIMULASI ARUS LISTRIK TERHADAP
PERTUMBUHAN BAKTERI *Pseudomonas aeruginosa* PADA
LUKA MENCIT (*Mus musculus*) DIABETES MELLITUS**

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:

**WASILATUL HASANAH
NIM. 15640033**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

EFEK STIMULASI ARUS LISTRIK TERHADAP
PERTUMBUHAN BAKTERI *Pseudomonas aeruginosa* PADA
LUKA MENCIT (*Mus musculus*) DIABETES MELLITUS

SKRIPSI

Oleh:
Wasilatul Hasanah
NIM. 15640033

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji,
Pada tanggal, 20 Januari 2020

Pembimbing I



Dr. H. M. Tirono, M.Si

NIP. 19641211 199111 1 001

Pembimbing II



Ahmad Abtokhi, M.Pd

NIP. 19761003 200312 1 004

Mengetahui,

Ketua Jurusan



Drs. Abdul Basid, M.Si

NIP. 19650504 199003 1 003

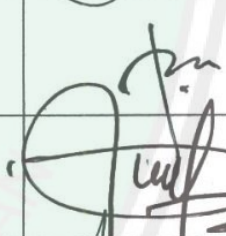
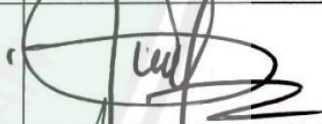
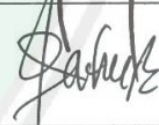
HALAMAN PENGESAHAN

EFEK STIMULASI ARUS LISTRIK TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI *Pseudomonas aeruginosa* PADA LUKA MENCIT (*Mus musculus*) DIABETES MELLITUS

SKRIPSI

Oleh:
Wasilatul Hasanah
NIM. 15640033

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada tanggal, 26 Februari 2020

Penguji Utama	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Ketua Penguji	<u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Sekretaris Penguji	<u>Dr. H. M. Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Anggota Penguji	<u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



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

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wasilatul Hasanah
NIM : 15640033
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains Dan Teknologi
Judul Penelitian : Efek Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri
Pseudomonas aeruginosa Pada Luka Mencit (*Mus musculus*) Diabetes Mellitus

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan, maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 22 Januari 2020
Yang Membuat Pernyataan,



Wasilatul Hasanah
NIM. 15640033

MOTTO

خير الناس أنفعهم للناس

"Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia lain"

*Suro Diro Jayaningrat,
Lebur Dening Pangastuti*



HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

- *Kedua orang tuaku tercinta, yang selalu mensupport dan mendoakan sampai detik ini.*
- *Saudara perempuanku Sinta Fatimatuz Zahro yang selalu memberi semangat dan mendoakan.*
- *Keluarga besarku Bani Abdurrahman yang selalu mengajak piknik disaat aku butuh refreshing.*
- *Untuk semua orang yang mencintai ilmu pengetahuan dan selalu bersemangat dalam hal menimba ilmu.*



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan nikmatnya berupa kesehatan, kekuatan, kesabaran, dan kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi. Skripsi yang telah penulis susun ini berjudul **“Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* Pada Luka Mencit (*Mus musculus*) Diabetes Mellitus”** disusun dengan baik.

Penulis menyadari bahwa penulisan Skripsi ini masih jauh dari yang diharapkan, sehingga terdapat kekurangan bahkan kesalahan, baik dari segi isi maupun penulisannya. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak yang terkait. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan penulisan skripsi ini. Selanjutnya kami ucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si., selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. H. M. Tirono, M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dalam proses pembelajaran dan memberi masukan dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Ahmad Abtokhi, M.Pd., selaku dosen pembimbing agama, yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi Sains dan Al-Qur'an.
6. Drs. Abdul Basid, M.Si dan Farid Samsu Hananto, M.T selaku dosen penguji, yang telah meluangkan waktunya untuk menguji dan memberikan kritik serta saran dalam perbaikan penulisan skripsi ini.
7. Al-Maghfurlah Romo Kyai Anwar Nur, Kyai Qusyairi Anwar, Bu Nyai Umi Kulsum, guru-guruku di TPQ Darul Islami, guru-guruku SD, guru-guruku MTS An-nur terutama Mr. heru, guru-guruku MA An-Nur terutama pak

Dhokim karena beliau yang menginspirasi saya untuk memilih jurusan fisika dan guru-guruku *walau harfan waahidan* terimakasih berkat barokah beliau semuanya saya bisa sampai pada detik ini.

8. Kedua orang tuaku tercinta, yang selalu mendo'akan, memotivasi dan memberikan semangat dalam penulisan skripsi ini.
9. Saudaraku Sinta Fatimatuz Zahro, bibi afi, parhaten, yu aton, paina dan malik nipit yang selalu menghibur dan memberi semangat dalam mengerjakan skripsi ini.
10. Sahabatku "The Veck Squad" (dekpit, kak na, kak tu, santi, tata, titit, rolik, nyanyak, kak tim) dan "Suro Mbadok" (mbak mus, botak, mackik dan tewok) terimakasih karena selalu mewarnai hari-hariku menjadi indah dan lebih bermakna.
11. Teman-teman kamar Saddam Husyain, Sunan Kudus dan Al-Firdaus yang selalu memotivasi dan mengajarku arti kehidupan yang sesungguhnya.
12. Seluruh partner di lab biofisika yang membantu menyelesaikan penelitian ini mulai awal sampai akhir.
13. Teman-teman angkatan fisika 2015 yang telah memberikan dukungan dan semangat mengerjakan skripsi.
14. Anak-anak PP Bidayatul Hidayah yang selalu menghibur dan memberi semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
15. Serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun secara tidak langsung demi kesuksesan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih terdapat banyak kesalahan. Oleh karena itu, penulis juga mohon maaf jika dalam penyusunan skripsi ini ada beberapa kekurangan dan kesalahan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk penelitian-penelitian selanjutnya dan juga pembaca.

Malang, 22 Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN 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
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 <i>Electrical Muscle Stimulation</i> (EMS)	7
2.2 Arus Listrik	7
2.3 Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	9
2.4 Diabetes Mellitus.....	10
2.4.1 Definisi Diabetes Mellitus.....	10
2.4.2 Klasifikasi Diabetes Mellitus	11
2.4.3 Luka Diabetes Mellitus	12
2.5 Efek energi Listrik terhadap Bakteri	14
2.5.1 Efek Termal.....	14
2.5.2 Elektrolisis.....	16
2.6 Kesehatan dalam Pandangan Islam	18
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Jenis Penelitian.....	21
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.3 Alat dan Bahan.....	21
3.4 Desain Rangkaian Alat.....	22
3.5 Rancangan Penelitian	22
3.6 Prosedur Penelitian.....	25
3.6.1 Sterilisasi	25
3.6.2 Pembuatan Media Nutrient Agar (NA)	25
3.6.3 Perkembangbiakan Bakteri <i>Pseudomonas Aeruginosa</i>	25
3.6.4 Persiapan Daging Sapi	26

3.6.5	Perlakuan Stimulasi Arus Listrik Terhadap Daging Sapi	26
3.6.6	Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri	26
3.6.7	Perlakuan Stimulasi Arus Listrik terhadap Luka Mencit	27
3.7	Teknik Pengumpulan Data	28
3.8	Teknik Analisis Data	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Data Hasil Penelitian	31
4.1.1	Data Hasil Penelitian Pengaruh Tegangan Pulsa Stimulasi Arus Listrik terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	31
4.1.2	Pengaruh Waktu Stimulasi Listrik terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	38
4.1.3	Pengaruh Stimulasi Arus Listrik Terhadap Penyembuhan Luka	45
4.2	Pembahasan	51
4.3	Kesehatan dalam Pandangan Islam	58
BAB V PENUTUP		62
5.1	Kesimpulan	62
5.2	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tahanan Listrik	8
Gambar 2.2 Diagram Alir Terjadinya Ulkus Diabetes.....	14
Gambar 3.1 Desain Rangkaian Alat.....	22
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 4.1 Pengaruh Tegangan Pulsa Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i> pada Waktu 5 Menit.....	33
Gambar 4.2 Pengaruh Tegangan Pulsa Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i> pada Waktu 10 Menit.....	35
Gambar 4.3 Pengaruh Tegangan Pulsa Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i> pada Waktu 15 Menit.....	37
Gambar 4.4 Pengaruh Waktu Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i> dengan Tegangan 50 Volt	39
Gambar 4.5 Pengaruh Waktu Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i> dengan Tegangan Pulsa 60 Volt	41
Gambar 4.6 Pengaruh Waktu Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i> dengan Tegangan Pulsa 70 Volt	42
Gambar 4.7 Pengaruh Waktu Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i> dengan Tegangan Pulsa 80 Volt	44

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Pengolahan Data Jumlah Koloni Bakteri	28
Tabel 3.2	Uji Toleransi Glukosa pada Mencit di Awal dan di Akhir Penelitian	29
Tabel 3.3	Pengolahan Data Luasan Luka Mencit	29
Tabel 4.1	Data Hasil Pengaruh Tegangan Pulsa Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i> pada Waktu 5 Menit.....	32
Tabel 4.2	Data Hasil Pengaruh Tegangan Pulsa Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i> pada Waktu 10 Menit.....	34
Tabel 4.3	Data Hasil Pengaruh Tegangan Pulsa Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i> pada Waktu 15 Menit.....	36
Tabel 4.4	Data Hasil Penelitian Pengaruh Waktu Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i> dengan Tegangan Pulsa 50 Volt.....	38
Tabel 4.5	Data Hasil Penelitian Pengaruh Waktu Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i> dengan Tegangan Pulsa 60 Volt.....	40
Tabel 4.6	Data Hasil Penelitian Pengaruh Waktu Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i> dengan Tegangan Pulsa 70 Volt.....	42
Tabel 4.7	Data Hasil Penelitian Pengaruh Waktu Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i> dengan Tegangan Pulsa 80 Volt.....	43
Tabel 4.8	Hasil Uji Toleransi Glukosa Pada Mencit di Awal dan di Akhir Penelitian dengan Tegangan 80 Volt Dan Waktu 15 Menit.....	45
Tabel 4.9	Data Hasil Perkembangan Luka Mencit Diabetes	47
Tabel 4.10	Gambar Hasil Perkembangan Luka Mencit Diabetes	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Pengambilan Sampel

Lampiran 2 Tabel Koloni Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*



ABSTRAK

Hasanah, Wasilatul. 2020. **Efek Stimulasi Arus Listrik terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada Mencit (*Mus musculus*) Diabetes mellitus**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing (I): Dr. H. M. Tirono, M.Si (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd.

Kata Kunci: Stimulasi arus listrik, diabetes mellitus, Mencit, *Pseudomonas aeruginosa*.

Luka diabetes menjadi keluhan utama bagi penderita diabetes mellitus dikarenakan perawatan luka yang mahal dan beresiko infeksi. Hal ini disebabkan karena terdapat beberapa jenis bakteri diantaranya adalah *Pseudomonas aeruginosa*. Pengobatan alternatif yang akan dilakukan adalah dengan stimulasi listrik, karena stimulasi listrik dapat memberikan efek termal dan elektrolisis sehingga bakteri pada luka akan mati. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tegangan pulsa stimulasi arus listrik serta variasi waktu terhadap pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan perkembangan luka mencit diabetes mellitus. Penelitian ini adalah penelitian eksperimen laboratorium dengan pendekatan *Post Test Control Group Design*. Alat yang digunakan adalah EMS (*Electrical Muscle Stimulation*). Pemberian stimulasi arus listrik pada sampel dilakukan dengan memvariasikan tegangan pulsa (50, 60, 70 dan 80 volt) serta lamanya pemberian (5, 10 dan 15 menit). variabel yang diukur adalah jumlah koloni bakteri yang masih aktif dan kondisi luka mencit diabetes mellitus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi tegangan pulsa dan lamanya pemberian berpengaruh pada pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Variasi tegangan pulsa dan waktu yang paling efektif adalah 80 volt dengan waktu 15 menit. Stimulasi arus listrik juga berpengaruh pada perkembangan luka mencit diabetes mellitus, luka mencit akan cepat mengering ketika memiliki kadar gula darah yang rendah.

ABSTRACT

Hasanah, Wasilatul. 2020. **Electric Current Stimulation Effects on Growth *Pseudomonas aeruginosa* bacteria in mice (*Mus musculus*) Diabetes mellitus**. Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, the State Islamic University (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor (I): Dr. H. M Tirono, M.Si (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd.

Keywords: Electric current stimulation, diabetes mellitus, Mice, *Pseudomonas aeruginosa*.

Diabetes wound became a major complaint for people with diabetes mellitus due to expensive wound care and infection risk. This is because there are several types of bacteria which are *Pseudomonas aeruginosa*. Alternative treatment will be done by electrical stimulation, because the electrical stimulation can provide a thermal effect and electrolysis so that the bacteria in the wound will die. This study aimed to determine the effect of the stimulation pulse voltage electric current and variations of time to *Pseudomonas aeruginosa* bacteria growth and the development of diabetes mellitus mice wound. This research is an experimental research laboratory with approach of Post Test Control Group Design. The tool used is EMS (Electrical Muscle Stimulation). Giving of electrical current stimulation in the samples by varying the voltage pulses (50, 60, 70 and 80 volts) and duration of treatment (5, 10 and 15 min). the measured variable is the number of bacterial colonies that are still active and the condition of injured mice with diabetes mellitus. The results of this research showed that the pulse voltage variation and duration influence on bacterial growth *Pseudomonas aeruginosa*. Pulse voltage variations and the most effective time is 80 volts with a time of 15 minutes. Electrical current stimulation also affect the development of diabetes mellitus mice wound, the wound will quickly dry up when the mice had lower blood sugar levels.

الملخص

الحسنة, وسلة. 2020. تأثير تحفيز التيار الكهربائي على نمو بكتري *Pseudomonas Aeruginosa* في فئران (*Mus Musculus*) داء السكري. البحث الجامعي. قسم الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، الجامعة الحكومية الإسلامية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف: (الاول) الدكتور الحج محمد تنرا نو الماجستر ، (الثانية) أحمد أبطاخي الماجستر.

الكلمة الرئيسية: تحفيز التيار الكهربائي، داء السكري، فئران، *Pseudomonas aeruginosa*

جرح السكري هو شكوى كبيرة للأشخاص الذين يعانون من مرض السكري بسبب الرعاية باهظة الثمن للجروح و خطر العدوي. هذا الان هناك عدة انواع من البكتري بما في ذلك *Pseudomonas Aeruginosa* العلاج البديل الذي سيتم تنفيذه هو التحفيز الكهربائي. لان التحفيز الكهربائي يمكن ان يوفر تأثيرات حراريات و الكتر ولتية حتى تموت الجراثيم في الجرح. تهدف هذه الدراسة الكهربائي و تغير الوقت على نمو بكتري *Pseudomonas Aeruginosa*. و تطور جرح فئران السكري. هذا البحث عبارة عن بحث تجريبي مخبري مع منهجية تصميم مجموعة اختبار ما بعد الاختبار. لأداة المستخدمة هي EMS (تحفيز العضلات الكسرية). يتم توفير تحفيز التيار الكهربائي عن طريق تغيير جهد النبض (50, 60, 70, 80 فولت) و مدجة الادارة عدد المستعمرات البكتريات النشاطات و حالة الجرح الاختلافات في الجهد النبض و مدة الاعطاء تؤثر على نمو البكتري *Pseudomonas Aeruginosa*. الاختلاف الأكثر فاعلية في الجهد و الوقت النبض هو 80 فولت مع فترة 15 دقيقة. يؤثر تحفيز التيار الكهربائي ايضا على تطور جروح الفئران المصابة بداء السكري، و سوف تجف جروح الفئران بسرعة عند ما تكون مستويات السكري في الدم منخفضة.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sehat merupakan nikmat dari Allah yang sangat besar. Tetapi banyak sekali orang yang menyepelekan nikmat sehat tersebut. Sebagaimana yang terdapat dalam hadits riwayat Al-Bukhori yang berbunyi “*Dua nikmat yang sering dilalaikan sebagian besar manusia adalah nikmat sehat dan nikmat waktu luang*”. Meskipun Allah sudah menjanjikan kepada orang yang sakit untuk bersabar sehingga dosa-dosanya akan gugur, akan tetapi perlu adanya ikhtiar yaitu usaha dan doa agar bisa lekas sembuh dari penyakit tersebut.

Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi di Indonesia berakibat pada pola hidup dan pola makan yang kurang baik. Terutama pola makan, karena sekarang sudah banyak sekali makanan-makanan cepat saji dan makanan yang khas dari berbagai Negara yang masuk ke Indonesia. Diantaranya makanan yang tinggi kalori, tinggi lemak, kolesterol dan masih banyak lagi. Dampak dari fenomena tersebut membuat sebagian besar penduduk di Indonesia mengalami berbagai macam penyakit kronis. Salah satu penyakit tersebut adalah Diabetes Mellitus (Hidayati, 2006).

Islam juga melarang kita untuk *ishraaf* (berlebih-lebihan). Disini berlebihan dengan pola makanan yang dapat menimbulkan berbagai penyakit mengingat jaman sekarang banyak sekali makanan cepat saji. Seperti halnya pada ayat Al-Qur'an Q.S Al-A'raf ayat 31 yang berbunyi:

وَكُلُوا وَاشْرَبُوا وَلَا تُسْرِفُوا إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ

Artinya: “Makan dan minumlah, dan jangan berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang yang berlebih-lebihan” (QS Al-A’raf :31).

Menurut survey yang dilakukan WHO, Indonesia menempati urutan keempat dengan jumlah penderita terbesar di dunia setelah India, Cina dan Amerika Serikat, dengan prevalensi 8,6% dari total penduduk. Pada tahun 1995, pengidap diabetes menempati urutan pertama dari seluruh penyakit yang disebabkan oleh kelainan endoktrin, yaitu diperkirakan mencapai 4.5 juta jiwa baik yang dirawat inap maupun yang dirawat jalan (DepKes RI, 2005).

Penyakit diabetes mellitus (DM) atau yang lebih dikenal sebagai penyakit kencing manis adalah kumpulan gejala yang timbul pada seseorang akibat kadar glukosa darah yang tinggi atau sering disebut hiperglikemia (Aan Sutandi, 2016). *International Diabetes Federation* (IDF) menyebutkan bahwa prevalensi diabetes mellitus di dunia adalah 1,9% dan telah menjadikan DM sebagai penyebab kematian urutan ke tujuh di dunia sedangkan tahun 2012 angka kejadian diabetes mellitus di dunia adalah sebanyak 371 juta jiwa (Fatimah, 2015).

Masalah luka diabetes menjadi keluhan utama bagi penderita diabetes dikarenakan perawatan luka yang diberi perhatian lebih dan biaya pengobatan yang relatif lebih mahal karena menggunakan obat oral maupun topikal serta menggunakan jasa kesehatan dalam perawatannya. Salah satu penyebab sulitnya pengobatan terhadap luka diabetes mellitus adalah tumbuhnya bakteri aerob dan anaerob seperti *Propionibacterium granulosum* (Alsaimary, I.E.A., 2010). Luka diabetes mellitus tidak boleh dianggap sepele karena dapat mengakibatkan komplikasi yang berujung pada amputasi. Beberapa faktor penentu penyembuhan luka diabetes mellitus adalah dengan keadaan oksigenasi yang

baik dalam tubuh, kadar gula darah, distribusi aliran darah, efek antibakteri, stimulasi dari DNA dan sintesis protein, stimulasi fibroblas, reproduksi sel epidermal, migrasi neutrofil dan makrofag.

Menurut Povey (1994), bahwa kadar lemak yang meningkat dalam darah seringkali dapat dikendalikan dengan diet dan perubahan gaya hidup saja. Rahayu (2005) menambahkan bahwa banyak orang yang memilih pengobatan medis yang mengandung bahan-bahan kimia (bahan sintesis), harganya pun mahal dan mempunyai efek samping yang merugikan kesehatan. Mengetahui adanya hal tersebut membuat para ilmuwan menggunakan metode lain untuk alternatif pengobatan diabetes.

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, M., 2000).

Berdasarkan fenomena tersebut perlu adanya alternatif pengobatan. Salah satu pengobatan alternatif untuk penyakit diabetes ini adalah dengan di stimulasi arus listrik. Dimana stimulasi listrik ini adalah suatu teknik yang memanfaatkan arus listrik untuk mengaktifkan saraf penggerak otot dan ekstremitas. Stimulasi listrik ini menyebabkan otot tunggal atau sekumpulan otot berkontraksi.

Dalam penelitian Gusmao (2010), sebelumnya Rowley dan rekannya menunjukkan bahwa stimulasi arus listrik memiliki efek statis pada bakteri. Stimulasi listrik dapat menimbulkan efek termal pada bahan dengan hambatan

tidak nol sebagaimana hukum Joule. Selain itu aliran muatan yang melewati membran sel bakteri menyebabkan terjadinya elektrolisis yang akibatnya dapat merusak membran sel (Gusmão, I.C.C.P., *et.al*, 2010).

Penelitian sebelumnya Asadi M. R. dan Torkaman G. telah menunjukkan bahwa Stimulasi arus listrik (SAL) dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme, dimana arus DC dalam μA lebih efektif dari pada selain menggunakan SAL (Asadi M. R. dan Torkaman G, 2014). Penelitian yang lain dilakukan oleh Thakral G. *et.al* , 2013), beliau melaporkan bahwa terapi SL mudah dan aman untuk digunakan, mengurangi infeksi, meningkatkan perfusi lokal, dan mempercepat penyembuhan luka.

Penelitian tersebut menjelaskan bahwa stimulasi listrik dapat menyembuhkan luka, mengurangi infeksi, dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Akan tetapi belum menunjukkan pada arus berapa stimulasi tersebut akan efektif untuk penyembuhan luka. Kemudian kita juga butuh waktu optimum supaya tidak menimbulkan efek termal yang menyakitkan pada pasien. Pada penelitian ini menggunakan bakteri *Pseudomonas Aeruginosa* untuk melihat pertumbuhan bakteri tersebut pada luka diabetes yang di stimulasi listrik.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh intensitas tegangan pulsa stimulasi arus listrik terhadap pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada luka penderita Diabetes Mellitus?
2. Bagaimana pengaruh waktu stimulasi arus listrik terhadap pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada luka penderita Diabetes Mellitus?

3. Bagaimana pengaruh tegangan pulsa 80 volt selama 15 menit terhadap panjang luka penderita Diabetes Mellitus?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh intensitas tegangan pulsa stimulasi arus listrik terhadap pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada luka penderita Diabetes Mellitus.
2. Untuk mengetahui pengaruh waktu stimulasi arus listrik terhadap pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada luka penderita Diabetes Mellitus.
3. Untuk mengetahui pengaruh tegangan pulsa 80 volt selama 15 menit terhadap panjang luka penderita Diabetes Mellitus.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dengan memanfaatkan stimulasi listrik kemungkinan bisa menjadi alternatif pengobatan penyakit Diabetes Mellitus. Sehingga untuk pengobatan penyakit Diabetes Mellitus bisa di terapi dengan menggunakan arus listrik dan tidak melulu dengan obat-obatan yang banyak mengandung bahan kimia.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut perlu adanya batasan masalah supaya ruang lingkup yang akan dibahas menjadi semakin jelas. Adapun batasan masalahnya adalah:

1. Objek yang diteliti adalah mencit (*Mus Musculus*) yang sudah sakit diabetes karena diberi suntikan aloksan monohidrat dengan dosis yang sudah ditentukan.
2. Alat yang digunakan untuk stimulasi listrik adalah EMS (*electric muscle stimulation*) yang intensitas tegangan pulsanya ditentukan sendiri oleh peneliti.
3. Bakteri yang digunakan untuk penelitian ini adalah *Pseudomonas Aeuroginosa*.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Electrical Muscle Stimulation (EMS)*

EMS merupakan salah satu penggunaan energi listrik yang merangsang sistem syaraf melalui permukaan kulit (Parjoto, 2006). EMS digunakan untuk meningkatkan *voluntary motor control* dengan meningkatkan kekuatan otot, meningkatkan motor control, mengurangi spastisitas, mengurangi rasa sakit, meningkatkan lingkup gerak sendi, dan menyembuhkan luka. (Schuhfried, 2012).

EMS menggunakan arus listrik untuk merangsang otot-otot. Pulsa listrik merangsang saraf untuk menghasilkan kontraksi otot alami. Perangkat EMS menghasilkan sinyal listrik yang merangsang saraf. Impuls ini dihasilkan oleh perangkat listrik dan disampaikan melalui elektroda yang ditempatkan pada kulit di dekat otot yang membutuhkan stimulasi (Hidayati, 2015).

Perangkat EMS membantu merangsang jaringan otot yang mungkin tidak akan terpengaruh oleh rutinitas olahraga secara teratur. Mereka akan merangsang jaringan otot yang rusak sehingga dapat memulihkan, mengencangkan otot, memperkuat, dan memperbaiki jaringan yang rusak.

2.2 Arus Listrik

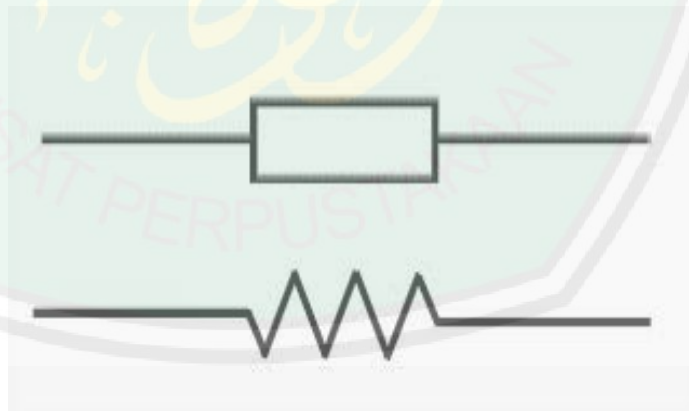
Aliran muatan listrik adalah arus listrik. Jika dalam selang waktu Δt jumlah muatan listrik yang mengalir adalah ΔQ , maka besarnya arus listrik didefinisikan sebagai:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Satuan dari muatan listrik adalah *Coulomb* dan disingkat dengan C kemudian satuan dari arus listrik adalah *Ampere* yang disingkat A. muatan listrik dapat mengalir dari satu tempat ke tempat yang lain karena adanya beda potensial. Tempat yang memiliki potensial tinggi melepaskan muatan ke tempat yang memiliki potensial rendah. Besarnya arus yang mengalir berbanding lurus dengan beda potensial antara dua tempat, atau $I \propto V$. Kesebandingan diatas selanjutnya dapat ditulis:

$$I = \frac{V}{R}$$

Dengan V adalah beda potensial antara dua titik, dan R adalah tahanan listrik antara dua titik dengan satuan Ohm dan disingkat Ω . Persamaan diatas dinamakan hukum Ohm. Simbol untuk tahanan listrik terdapat pada gambar berikut (Mikrajudin, 2007).



Gambar 2.1 Tahanan Listrik

Arus listrik dibagi menjadi dua bagian yaitu arus searah dan arus bolak balik. Arus searah adalah arus yang arahnya selalu sama setiap waktu. Besarnya arus bisa berubah-ubah akan tetapi arahnya selalu sama. Kemudian arus bolak balik adalah arus yang arahnya berubah-ubah secara bergantian.

2.3 Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*

Menurut Madigan *et al.* (2003), *P. aeruginosa* merupakan bakteri gram negatif yang berbentuk batang lurus atau lengkung berukuran $0.6 \times 2 \mu\text{m}$. Bakteri ini dapat ditemukan secara individu, berkoloni, atau membuat rantai pendek, tidak membentuk spora, tidak mempunyai selubung, serta mempunyai flagel tunggal, bersifat oksidasi positif dan tumbuh baik pada suhu $37 - 42^{\circ}\text{C}$. Termasuk jenis bakteri aerob obligat yang dapat tumbuh pada berbagai jenis media pembiakan sebab memiliki kebutuhan nutrisi yang sederhana. Dalam kondisi tertentu, ketersediaan oksigen dapat digantikan dengan nitrat sebagai akseptor elektron. Selain itu menurut Salyers (1994), bakteri *P. aeruginosa* menghasilkan *eksopoli sakarida alginat*. *Alginat* merupakan polimer dari *glucunoric acid* dan *mannuronic acid* berbentuk gel kental di sekeliling bakteri. *Alginat* memungkinkan bakteri-bakteri membentuk biofilm, yaitu kumpulan koloni sel-sel mikrob yang menempel pada suatu permukaan misalnya *kateter intravena*. *Alginat* dapat melindungi bakteri dari pertahanan tubuh inang seperti *limfosit*, *fagosit*, *silia* di saluran pernafasan. Hal tersebut membuat *P. aeruginosa* menjadi bakteri patogen bagi manusia.

Pseudomonas Aeruginosa memproduksi sitoksin dan protease (misalnya *eksotoksin A* dan *S*, *hemolisin*, dan *elastase*). Bakteri ini tumbuh pada sebagian besar media, tetapi media yang mengandung *setrimid*, *irgasin*, dan asam

naladiksat bersifat selektif. Organisme ini diidentifikasi melalui uji biokimia dan kemampuannya untuk tumbuh pada suhu 24°C. Bakteri ini dapat ditentukan tipenya melalui reaksi aglutinasi O dan H, *bakteriophage typing*, *bakteriocin typing*, atau metode molecular seperti *pulse-field gel electrophoresis* (Stephen, 2007).

2.4 Diabetes Mellitus

2.4.1 Definisi Diabetes Mellitus

American Diabetes Association (ADA) 2012, mendefinisikan Diabetes Mellitus (DM) sebagai suatu kelompok penyakit metabolik dengan karakteristik hiperglikemia yang terjadi karena kelainan sekresi insulin, kerja insulin atau kedua-duanya. Sedangkan menurut WHO 1980 dikaatakan bahwa Diabetes Mellitus merupakan sesuatu yang tidak dapat dituangkan dalam satu jawaban yang jelas dan singkat tapi secara umum dapat dikatakan sebagai suatu kumpulan problematika anatomik dan kimiawi yang merupakan akibat dari sejumlah faktor dimana didapat defisiensi insulin absolut atau relatif dan gangguan fungsi insulin (Perkeni, 2007). sedangkan Price dan Wilson, (2006) mendefinisikan DM sebagai gangguan metabolisme yang secara genetik dan klinis termasuk heterogen dengan manifestasi berupa hilangnya toleransi karbohidrat . senada dengan definisi diatas Smeltzer dan Bare (2008) juga mendefinisikan DM merupakan sekelompok kelainan heterogen yang ditandai oleh kenaikan kadar glukosa dalam darah atau hiperglikemia.

Gejala klasik Diabetes Mellitus terdapat 3 bagian yaitu (Ranakusuma, 1987):

1. Poliuria (banyak kencing) gejala yang hampir sama dan sering dirasakan penderita Diabetes Mellitus, banyak kencing ini tidak hanya sering kencing tetapi jumlahnya pun banyak.
2. Polidipsia (banyak minum) gejala ini sebenarnya reaksi tubuh karena adanya gejala Poliuria.
3. Polipagia (banyak makan) gejala ini kadang-kadang tidak menonjol, dasar kejadian ini dikarenakan habisnya adangan gula didalam tubuh meskipun kadar gulanya tinggi.

Susilowati (2006) dan Ramaiah (2006) menyatakan, ada juga gejala lainya dari gejala yang sudah umum diantaranya yaitu merasa lelah dan lemah hampir di setiap waktu, menurunnya berat badan, luka dan cidera yang sulit sembuh, rasa kebas dan kesemutan pada kaki, infeksi kulit, penglihatan yang kabur, kulit yang kering dan gatal serta meningkatnya kadar gula dalam darah dan air seni.

2.4.2 Klasifikasi Diabetes Mellitus

Perubahan dalam diagnosis dan klasifikasi DM telah beberapa kali dilakukan oleh WHO yaitu pada tahun 1965, 1980, 1985, dan 1994. Tahun 1997, ADA (*American Diabetes Association*) memperbaharui lagi. Hasil penelitian baik klinik maupun laboratorik menunjukkan bahwa DM merupakan suatu keadaan yang heterogen baik sebab maupun macamnya. Pada tahun 1965 WHO dengan *expert committee on Diabetes Mellitus* mengeluarkan laporan yang berisi klasifikasi pasien berdasarkan umur mulai diketahuinya penyakit. Kemudian WHO menganjurkan pemakaian istilah-istilah pada klasifikasi tersebut seperti

childhood diabetics, *young diabetics* dan *elderly diabetics*. Namun saat ini pembagian yang tegas tidak dapat dilakukan karena sebagian dari pasien yang berumur kurang dari 30 mendapatkan tipe diabetes orang dewasa yang tidak begitu berat (*maturity onset diabetes of the young* atau MODY) dan sebaliknya ditemukan pasien-pasien yang berumur lebih dari 40-45 mengalami insulin dependen atau memerlukan insulin (*insulin requiring*) untuk mempertahankan asupan makanan yang cukup agar dapat mempertahankan kekuatan dan stabilitas badanya (Smeltzer & Bare, 2008).

2.4.3 Luka Diabetes Mellitus

Menurut Wagner, stadium luka diabetes mellitus dibagi menjadi 3:

a. *Superficial Ulcer*

Stadium 0: tidak terdapat lesi, kulit dalam keadaan baik tapi dalam bentuk tulang kaki yang menonjol.

Stadium 1: hilangnya lapisan kulit hingga dermis dan kadang-kadang Nampak luka menonjol.

b. *Deep Ulcer*

Stadium 2: resorpsi terbuka dengan penetrasi ke tulang atau tendon (dengan goa).

Stadium 3: penetrasi hingga dalam, osteomielitis, plantar abses atau infeksi hingga tendon.

c. *Gangren*

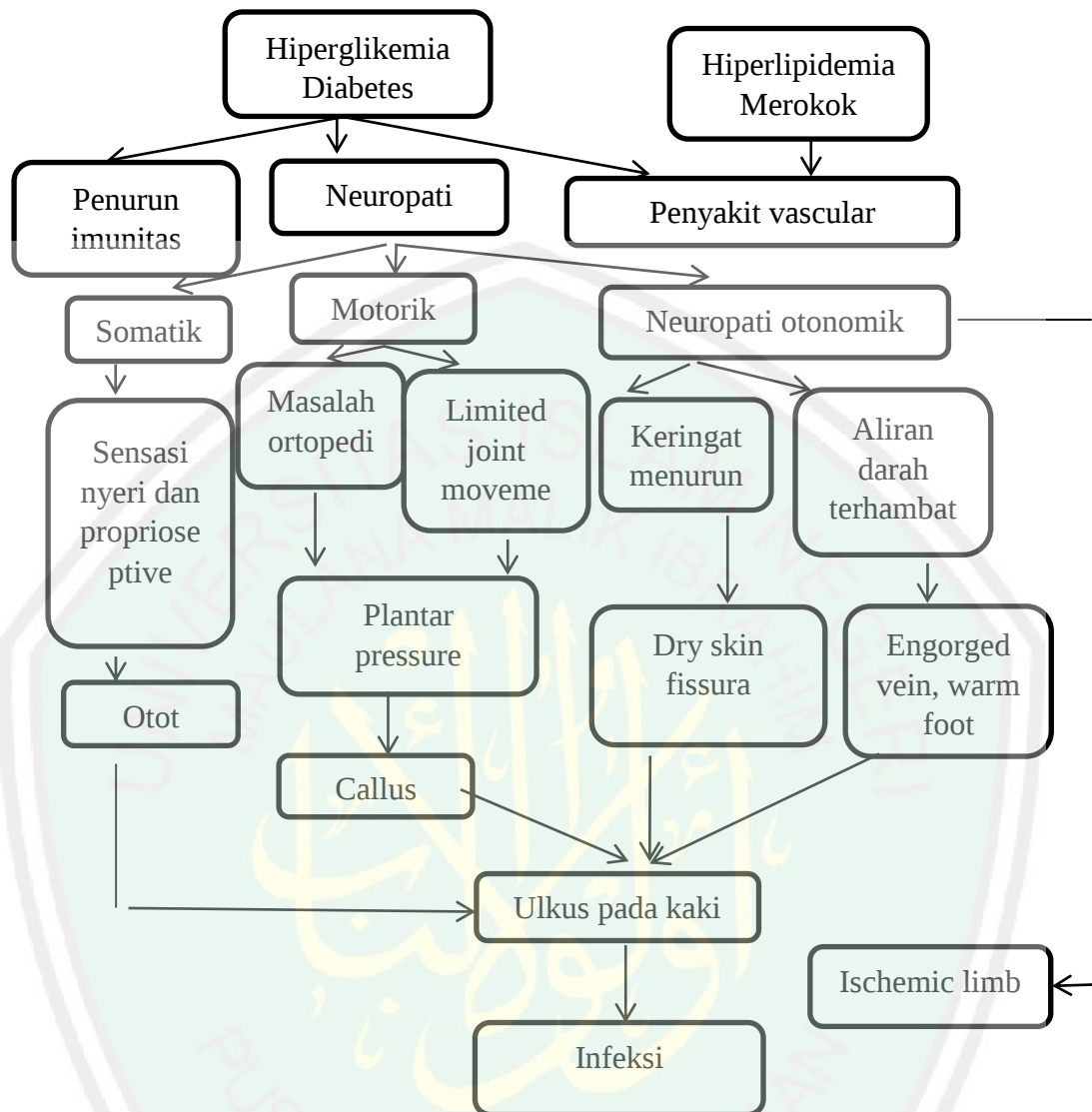
Stadium 4: ganggrein sebagian, menyebar hingga sebagian jari-jari kaki, kulit sekitarnya selulitis, ganggren lembab/kering.

Salah satu masalah komplikasi kronis yang paling ditakuti adalah kaki diabetes karena sering berahir dengan kecacatan dan kematian. Masalah kaki diabetes menjadi masalah yang rumit terutama di Negara berkembang seperti Indonesia karena beberapa hal seperti:

- Masih sedikit sekali orang yang berminat menggeluti kaki diabetes.
- Belum ada pendidikan khusus untuk mengelola kaki diabetes.
- Pengetahuan mengenai kaki diabetes masyarakat khususnya diabetisi masih rendah.
- Besarnya biaya yang dibutuhkan dalam pengelolaan kaki diabetes.

Proses terjadinya kaki diabetes melibatkan tiga komplikasi utama seperti pada bagian dibawah ini melibatkan neuropati sensorik dan otonom, penyakit vaskuler perifer, dan penurunan daya imunitas (Ernawati, 2013).

Patofisiologi terjadinya ulkus diabetes



Gambar 2.2 Diagram Alir Terjadinya Ulkus Diabetes (Sumber : Smeltzer SC et al, 2008)

2.5 Efek energi Listrik terhadap Bakteri

2.5.1 Efek Termal

Konduktivitas termal merupakan fenomena transport yang mana perbedaan temperatur menyebabkan transfer energi termal dari satu daerah material yang memiliki temperatur yang lebih panas ke daerah yang sama pada temperatur

yang lebih rendah(Callister dkk, 2003) secara sederhana konduktivitas termal dapat diperoleh dari persamaan dibawah ini:

$$K = \frac{Q}{t} \times \frac{L}{\Delta T}$$

Besaran ini didefinisikan sebagai panas (Q), yang dihantarkan selama waktu (t) melalui ketebalan (L) dengan arah normal ke permukaan dengan luas (A) yang disebabkan oleh perbedaan temperatur (ΔT) dalam kondisi konstan.

Kulit atau organ lain dalam tubuh manusia tersusun atas sel. Setiap sel memiliki resistansi, kapasitansi, dan konduktansi listrik. Akibat sifat resistif dan kapasitif, maka apabila dialiri arus listrik terjadi perubahan energi listrik menjadi energi panas. Apabila di dua titik pada bagian tubuh disambungkan pada sumber arus dengan beda potensial V dan arus yang mengalir sebesar i, maka energi listrik yang dialirkan dalam waktu t adalah:

$$W = V \cdot i \cdot t \quad (1)$$

Jika hambatan pada bagian tubuh yang dialiri arus listrik besarnya R, maka $V = i \cdot R$ atau energi listriknya menjadi:

$$W = i^2 R t \quad (2)$$

Persamaan 2 menunjukkan bahwa semakin besar arus yang mengalir, maka energi listrik yang dihasilkan juga bertambah besar.

Pada tubuh energi listrik 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 P.E., 2014):

$$Q = i^2 R t \quad (3)$$

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

$$\Delta T = \frac{Q}{m C} \quad (4)$$

Substitusi persamaan 3 ke persamaan 4 diperoleh:

$$\Delta T = \frac{i^2 R t}{m C} \quad (5)$$

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 menyebabkan bakteri mati. Cepat lambatnya kematian bakteri tergantung pada kuat arus listrik yang dialirkan.

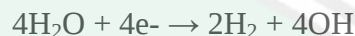
2.5.2 Elektrolisis

Menurut Raymond (2005), elektrolisis merupakan suatu proses kimia yang menggunakan energi listrik, agar reaksi kimia yang terjadi secara non spontan dapat berlangsung proses ini berlawanan dengan dengan reaksi redoks yang terjadi secara spontan, dimana mengubah energi kimia menjadi energi listrik.

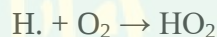
Elektrolisis merupakan reaksi yang tidak spontan dan berlangsung pada suatu rangkaian elektrode dengan diberi sumber arus listrik. Elektrolisis merupakan proses penguraian suatu senyawa oleh arus listrik. Sel elektrolisis memerlukan energi untuk memompa elektron. Proses elektrolisis dimulai dengan masuknya elektron dari arus listrik kedalam larutan melalui kutub negatif. Spesi tertentu atau ion yang bermuatan positif menyerap elektron dan mengalami reaksi reduksi di katoda. Spesi yang lain atau ion yang bermuatan negatif akan

melepas elektron dan mengalami reaksi oksidasi dikutub positif atau anode (Riyanto dan Agustiningsih W.A., 2018).

Akibat aliran muatan, maka terjadi pergeseran muatan pada membran sel bakteri. Pada proses elektrolis akan terjadi reaksi (Riyanto dan Agustiningsih W.A., 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.

2.6 Kesehatan dalam Pandangan Islam

Menurut Prof. Dr. Quraish Shihab sebagaimana yang dikutip oleh Ade Hasman dalam bukunya Rahasia Kesehatan Rasulullah, ada dua istilah yang berkaitan dengan kesehatan yang sering digunakan dalam kitab suci, yaitu

“sehat” dan “afiat”. Dalam kamus bahasa arab, kata afiat diartikan sebagai perlindungan Allah untuk Hamba-Nya dari segala macam bencana dan tipu daya. Perlindungan itu tentu tidak dapat diperoleh secara sempurna. Kecuali bagi mereka yang mengindahkan petunjuk-petunjuk-Nya.

Definisi kesehatan menurut Organisasi Kesehatan Sedunia sebagaimana berikut: *“health is defined as a state of complete physical, mental, and social wellbeing and not merely the absense of disease or infirmity.”* (Ahmad, 2007).

Definisi di atas memberi arti yang luas pada kata kesehatan. Berdasarkan definisi tersebut, seseorang belum dianggap sehat sekalipun ia tidak berpenyakit jiwa ataupun raga. Orang tersebut masih harus dinyatakan sehat secara sosial. Hal ini dianggap perlu karena penyakit yang diderita seseorang atau kelompok masyarakat umumnya ditentukan oleh perilakunya atau keadaan sosial budayanya yang tidak sehat. Sebagai contoh, kebiasaan merokok, minum minuman keras, akan mengakibatkan penyakit yang berhubungan dengan kebiasaan-kebiasan tersebut.

Allah memerintahkan bahwa dalam pola makan, makanlah dengan baik dan secukupnya dan janganlah berlebih-lebihan. Sebagaimana firman Allah dalam surat Al-Araf ayat 31:

يَا بَنِي آدَمَ خُذُوا زِينَتَكُمْ عِنْدَ كُلِّ مَسْجِدٍ وَكُلُوا وَاشْرَبُوا وَلَا تُسْرِفُوا إِنَّهُ لَا يُحِبُّ
الْمُسْرِفِينَ

Artinya: *“Hai anak Adam, pakailah pakaianmu yang indah di Setiap (memasuki) mesjid, Makan dan minumlah, dan janganlah berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berlebih-lebihan”* (QS. Al-Araf: 31).

Wahai anak-anak Adam, tutuplah aurat kalian dengan pakaian ketika beribadah, seperti shalat dan thawaf, konsumsilah makanan dan minuman yang halal lagi baik, tanpa berlebih-lebihan, disertai syukur kepada sang pemberi

nikmat. Sesungguhnya Allah S.W.T tidak menyukai orang yang berlebihan dalam segala hal, lalu mubazir. Karena sikap moderat dan adil adalah dasar segala kebaikan (Al-Qarni, 2007).

Kita juga tidak boleh memakan makanan yang tidak baik sebagaimana sabda Rasulullah :

“Tidak sepatutnya anak adam memenuhi perutnya dengan sesuatu yang tidak baik di dalam perutnya”

Shihab (2008), menambahkan dalam HR Ibnu Majah bahwa Rasulullah SAW juga menganjurkan supaya makan makanan sampai batas lazim sebagaimana sabda beliau yang artinya sebagai berikut:

“Cukuplah bagi putra Adam beberapa suap yang dapat menegakkan tubuhnya. Kalau harus (memenuhi perutnya), maka hendaklah sepertiga untuk makanan, sepertiga untuk minuman, dan sepertiga untuk pernafasan”.

Abdusshamad (2003), menyatakan bahwa Allah sesungguhnya telah menciptakan segala sesuatu dengan kondisi seimbang, seperti pada firman Allah yang terdapat di surat Al-Infthaar ayat 6-8:

يَا أَيُّهَا الْإِنْسَانُ مَا غَرَّكَ بِرَبِّكَ الْكَرِيمِ . الَّذِي خَلَقَكَ فَسَوَّاكَ فَعَدَلَكَ . فِي أَيِّ صُورَةٍ مَا شَاءَ رَكَّبَكَ

Artinya: *“Hai manusia, apakah yang telah memperdayakan kamu terhadap Tuhanmu yang Maha Pemurah. Yang telah menciptakan kamu lalu menyempurnakan kejadianmu dan menjadikanmu seimbang, dalam bentuk apa saja yang Dia kehendaki, Dia menyusun tubuhmu”.* (QS. Al-Infithaar: 6-8).

Keseimbangan merupakan konsep yang sangat erat kaitanya dengan kenyamanan manusia. Dalam tubuh manusia konsep keseimbangan itu tentu ada. Dalam ilmu fisika salah satu contoh keseimbangan adalah keseimbangan partikel, dimana suatu partikel dikatakan seimbang bila jumlah aljabar gaya-

gaya yang bekerja pada partikel tersebut nol. Syarat dari keseimbangan partikel adalah ketika $F = 0$ (Aan, 2016).



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 *Pseudomonas aeruginosa* pada daging dan penyembuhan luka pada mencit (*Mus Musculus*). Penelitian ini dilakukan sebagai upaya mencari alternatif pengobatan luka pada penderita diabetes militus.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

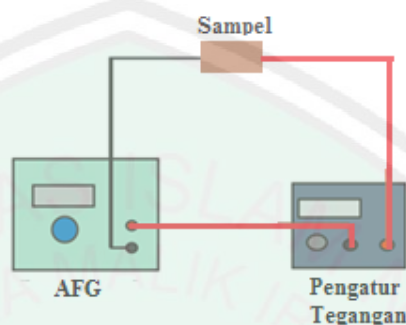
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai selesai tahun 2019. Tempat penelitian di Laboratorium Biofisika dan Laboratorium Riset Fisika jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: EMS, pipet 1 buah, Cawan petri 27 buah, Jarum ose 1 buah, Erlenmeyer 250 ml 2 buah, Tabung reaksi 4 buah, Lampu UV, Vortex, Bunsen 1 buah, Kapas 1 pack, Tisu 1 pack, Timbangan analitik 1 buah, Hot Plate, Stirrer, Inkubator 1 buah, Plastik wrap 1 buah, Aluminium Foil 1 buah, Spiritus, Korek api, Gelas ukur 50 ml 1 buah, Blue tip 100 buah, Pinset 1 buah, Beaker glass 2 buah, Botol flakon 60 buah, Autoklaf 1 buah, Botol semprot 1 buah, Colony counter, mistar, dan glucometer.

Pada penelitian ini menggunakan beberapa sampel diantaranya: bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, Mencit, Aquades, NaCl, Media NA (Nutrien Agar), Alkohol, daging sapi, dan Aloksan monohidrat.

3.4 Desain Rangkaian Alat



Gambar 3.1 Desain Rangkaian Alat

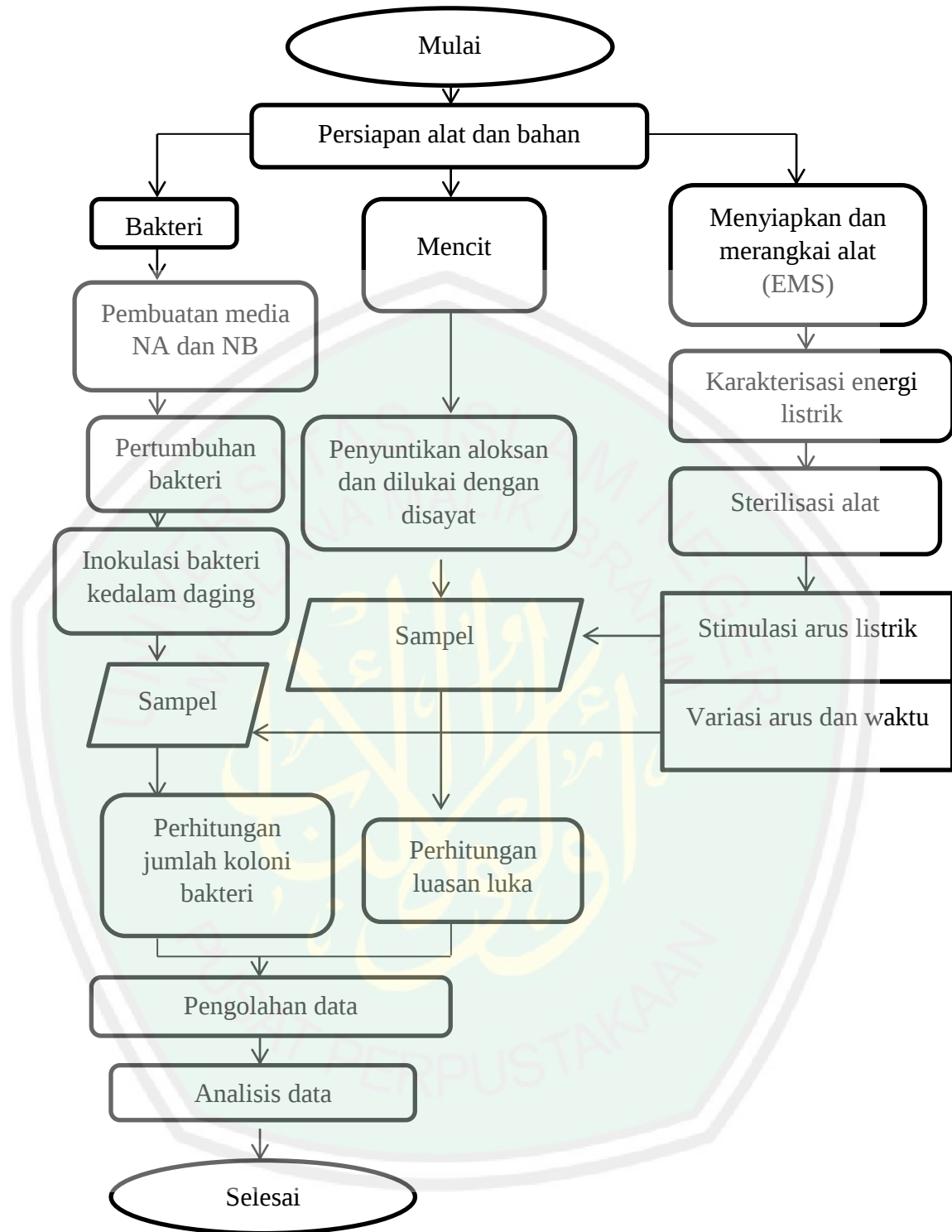
3.5 Rancangan Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen laboratorik dengan pendekatan *Post Test Control Group Design*. Sampel penelitian adalah bakteri yaitu *Pseudomonas aeruginosa*. Penentuan bakteri dilakukan dengan mempertimbangkan bahwa bakteri tersebut banyak tumbuh pada luka penderita diabetes.

Penonaktifan bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, dilakukan menggunakan stimulator arus listrik. Arus listrik dihasilkan dari *Electric Muscle Stimulator* dan disambungkan ke pengatur tegangan dan berikutnya disambungkan pada sampel. Pemberian stimulasi arus listrik pada bakteri dilakukan dengan memvariasikan tegangan pulsa dan lama pemberian. Variabel yang diukur pada penelitian ini adalah jumlah bakteri yang masih aktif dan perkembangan luka mencit diabetes mellitus. Pengukuran jumlah bakteri yang masih aktif dihitung dengan *colony counter*.

Untuk proses penyembuhan luka Diabetes Mellitus menggunakan objek mencit yang di aklimatisasi selama 1 minggu. Kemudian di induksi dengan aloksan monohidrat dan dibiarkan selama 24 jam, lalu di lihat kadar gula mencit tersebut dengan menggunakan glucometer. Setelah mencit dinyatakan sakit diabetes maka di lukai sekitar 2 cm lalu di lakukan stimulasi listrik selama 7 hari. Setiap hari dilihat perkembangan luasan luka tersebut dengan menggunakan mistar dan kadar gulanya dilihat dengan glukometer.





Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 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 dengan aquades. Setelah itu dimasukkan kedalam oven untuk pengeringan. Kemudian dibungkus dengan aluminium foil dan dimasukkan kedalam 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 di sterilisasi zat kimia berupa alkohol 70%.

3.6.2 Pembuatan Media Nutrient Agar (NA)

1. Ditimbang serbuk media NA sebanyak 1 gram.
2. Ditambahkan aquades Sebanyak 50mL dalam *Erlenmeyer*.
3. Dipanaskan menggunakan *hot plate* hingga homogen.
4. Dimasukkan kedalam 5 buah cawan petri kemudian ditutup dan dibungkus dengan plastik.
5. Disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit.
6. Dibiarkan media NA dalam keadaan miring.

3.6.3 Perkembangbiakan Bakteri *Pseudomonas Aeruginosa*

1. Bakteri diinokulasikan dengan jarum ose pada permukaan medium miring dengan arah lurus dari atas ke bawah.
2. Diinkubasi kedalam incubator selama 24 jam dengan suhu 37°C .

3.6.4 Persiapan Daging Sapi

1. Daging sapi dipotong dengan ukuran $1 \times 1 \times 1 \text{ cm}^2$ lalu di sterilkan dengan autoklaf selama 15 menit dengan suhu 121°C serta tekanan 1 atm.
2. Diambil 1 ose bakteri dari media NA dan di inokulasikan pada daging yang sudah dipotong kemudian dimasukan kedalam cawan petri.
3. Diinkubasi daging sapi dalam incubator pada suhu 37°C selama 1 hari atau 24 jam.

3.6.5 Perlakuan Stimulasi Arus Listrik Terhadap Daging Sapi

1. Distimulasi 3 sampel daging sapi yang sudah ditumbuhi bakteri dengan variasi tegangan pulsa 50V, 60V, 70V, dan 80V. Kemudian variasi waktunya masing-masing 5 menit, 10 menit, dan 15 menit. Daging sapi dilabel dengan angka 1-3.
2. Diambil sampel daging sapi No. 1 dengan menggunakan pinset steril dan dibilas dengan aquades sebanyak 3 kali.
3. Dimasukkan daging No. 1 kedalam 10 mL NaCl 0,9% pada botol kemudian di vortex selama 1 menit untuk melepas bakteri.
4. Dilakukan pengenceran dengan mengambil sebanyak 0,1 mL kultur kemudian disebar pada media NA dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C .
5. Diulangi kembali langkah-langkah tersebut sampai dengan No 5. Serta setiap perlakuan dilakukan 3 kali pengulangan.

3.6.6 Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri

1. Disiapkan sampel, cawan petri dan botol flakon 15 mL yang sudah di sterilkan.

2. Disiapkan kapas, Bunsen, korek api, tisu, pipet, dan media NA.
3. Dihomogenkan suspense sampel dalam tabung reaksi *vortex mixer*.
4. Diambil 1 mL suspense sampel dalam tabung reaksi yang sudah di stimulasi kemudian dimasukkan kedalam botol flakon steril yang berisi 9mL aquades dan diberi tanda sebagai pengenceran 10^{-1} .
5. Dihomogenkan suspense pengenceran 10^{-1} .
6. Diambil kembali 1mL dari suspensi 10^{-1} dan dimasukkan ke dalam botol flakon steril yang berisi 9 mL aquades sebagai pengenceran.
7. Dilakukan pengenceran hingga cairan tersebut tidak keruh.
8. Dituangkan suspensi pada pengenceran 10^{-3} sebanyak 1mL kedalam cawan petri steril kemudian dituangkan media Na sebagai media untuk hidup setelah itu dihomogenkan.
9. Dilakukan semua proses diatas secara aseptis, yaitu dekat api Bunsen.
10. Dinyatakan setelah media tersebut membeku, dimasukkan kedalam incubator dengan posisi terbalik (bagian tutup berada dibawah), dan diinkubasi selama 24 jam dengan suhu 37°C .
11. Dihitung koloni bakteri menggunakan *colony counter*.

3.6.7 Perlakuan Stimulasi Arus Listrik terhadap Luka Mencit

1. Diukur kadar glukosa pada 10 mencit jantan berusia 28-35 hari (5 mencit kontrol dan 5 mencit perlakuan).
2. Disuntik aloksan pada setiap mencit sebanyak sesuai kebutuhan dengan dosis yang sudah ditentukan.
3. Diberi luka sayat pada punggung mencit sepanjang 1 cm dengan kedalaman hingga lapisan subkutan menggunakan silet.

4. Distimulasi arus listrik pada sekitar luka sayat selama 15 menit dengan intensitas tegangan pulsa 80V.
5. Diukur kadar gula darah mencit kontrol dan perlakuan menggunakan *glucotest*.
6. Diukur panjang dan lebar luka sayat pada mencit yang sudah di stimulasi.

3.7 Teknik Pengumpulan Data

Data yang diperoleh kemudian diolah, berupa hasil perhitungan bakteri *P. aeruginosa* pada daging yang sudah di stimulasi arus listrik, kadar gula darah mencit, dan luasan luka sayat mencit yang sudah di stimulasi arus listrik kemudian dicatat pada tabel 3.1, 3.2, dan 3.3.

Tabel 3.1 Pengolahan Data Jumlah Koloni Bakteri

Tegangan	Waktu	Koloni Bakteri (CFU/mL)			Rata-rata (CFU/mL)
		Pengulangan ke-1	Pengulangan ke-2	Pengulangan ke-3	
Kontrol	kontrol				
50 V	5 menit				
	10 menit				
	15 menit				

Tabel 3.2 Uji Toleransi Glukosa pada Mencit di Awal dan di Akhir Penelitian

No.	Kelompok 1			Kelompok 2		
	BB (gram)	Kadar Glukosa Darah (mg/dl)		BB (gram)	Kadar Glukosa Darah (mg/dl)	
		Awal	Akhir		Sebelum Perlakuan	Sesudah Perlakuan
1						
2						
3						
4						
5						
Rata- Rata						

Tabel 3.3 Pengolahan Data Luasan Luka Mencit

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

3.8 Teknik Analisis Data

Analisis deskriptif dilakukan dengan menghitung jumlah bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan perkembangan luka mencit setelah diberi stimulasi arus listrik. Jumlah bakteri yang tersisa dibandingkan dengan jumlah bakteri pada control begitu juga dengan mencit, mencit yang dilukai dibandingkan dengan mencit kontrol (tanpa pemberian stimulasi arus listrik). Kemudian data yang diperoleh tersebut akan diungkapkan dalam bentuk grafik.

Grafik yang telah diperoleh diplot untuk mencari fungsi matematisnya. Fungsi matematis digunakan untuk menentukan tegangan pulsa, dan waktu yang dibutuhkan agar diperoleh penurunan jumlah bakteri dan penyembuhan luka yang optimum.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Preparasi sampel dilakukan di laboratorium Riset Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Sampel yang digunakan adalah bakteri *Pseudomonas aeruginosa* yang di inokulasikan pada daging dengan ukuran $1 \times 1 \times 1 \text{ cm}^2$ dan mencit yang sakit diabetes. Penelitian ini dilakukan dengan memberikan stimulasi arus listrik pada sampel. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah EMS (*electrical muscle stimulation*) yang berfungsi untuk memperbaiki jaringan yang rusak. Pada EMS (*electrical muscle stimulation*) arusnya adalah 1000 mA dengan frekuensi 66,67 Hz. Variasi tegangan pulsa yang digunakan pada penelitian ini 50, 60, 70, dan 80 volt dengan variasi waktu yang digunakan 5, 10, dan 15 menit. Sampel bakteri pada hari pertama, kedua dan ketiga berbeda. Karena pada penelitian ini sampel yang sudah digunakan tidak bisa digunakan lagi. Oleh karena itu, hasil yang ditunjukkan pada hari pertama, kedua dan ketiga di asumsikan sama sampelnya. Kemudian stimulasi listrik terhadap bakteri yang paling efektif akan diaplikasikan pada luka mencit yang menderita diabetes.

4.1.1 Data Hasil Penelitian Pengaruh Tegangan Pulsa Stimulasi Arus Listrik terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*

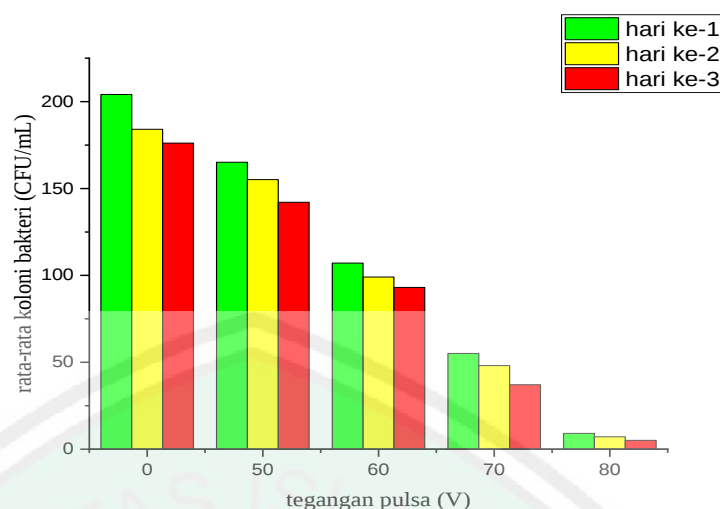
Data hasil penelitian dari pengaruh tegangan pulsa stimulasi arus listrik terhadap pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* ditunjukkan pada tabel 4.1, 4.2, dan 4.3.

1. Waktu 5 menit

Tabel 4.1 Data Hasil Pengaruh Tegangan Pulsa Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada Waktu 5 Menit

Tegangan (V)	Rata-rata Koloni Bakteri (CFU/mL)		
	hari ke-1	hari ke-2	hari ke-3
Kontrol	204.10^3	184.10^3	176.10^3
50 V	165.10^3	155.10^3	142.10^3
60 V	107.10^3	99.10^3	93.10^3
70 V	55.10^3	48.10^3	37.10^3
80 V	9.10^3	7.10^3	5.10^3

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa sampel kontrol koloni bakteri dihari pertama yaitu 204.10^3 CFU/mL, hari kedua 184.10^3 CFU/mL dan ketiga 176.10^3 CFU/mL. Setelah diberikan stimulasi listrik dengan tegangan pulsa 50 volt selama 5 menit di hari pertama penurunannya menjadi 165.10^3 CFU/ mL, pada hari kedua menjadi 155.10^3 CFU/mL dan pada hari ketiga menjadi 142.10^3 CFU/mL. Kemudian level tegangan pulsa dinaikan hingga 80 volt. Hal ini menyebabkan penurunan koloni bakteri di hari pertama menjadi 9.10^3 CFU/ mL, di hari kedua menjadi 7.10^3 CFU/mL dan hari ketiga menjadi 5.10^3 CFU/ mL. Pemberian stimulasi arus listrik dengan variasi tegangan pulsa dalam waktu 5 menit mempengaruhi pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Diperoleh hasil penurunan koloni bakteri yang semakin banyak dibandingkan dengan kontrol. Hal ini ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengaruh Tegangan Pulsa Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada Waktu 5 Menit

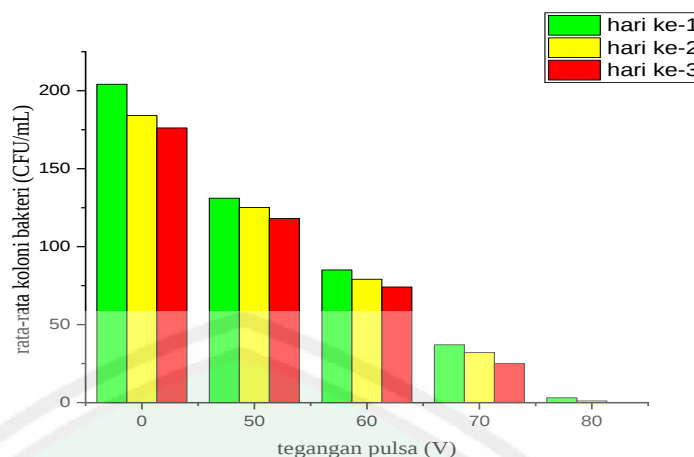
Berdasarkan gambar 4.1, stimulasi arus listrik dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, semakin tinggi tegangan pulsa yang diberikan, jumlah penurunan koloni bakteri semakin banyak. Tegangan pulsa 80 volt menghasilkan penurunan koloni bakteri yang paling banyak dibandingkan dengan kontrol dan tegangan pulsa yang lain. Hal ini dapat diamati berdasarkan gradien grafik tersebut. Tetapi, terdapat beberapa sel bakteri yang masih aktif sehingga tidak dapat digunakan sebagai alternatif penyembuhan diabetes. Dikarenakan waktu yang diberikan terlalu singkat, sehingga memungkinkan bakteri tersebut memulihkan diri dan berkembangbiak lebih banyak lagi.

2. Waktu 10 menit

Tabel 4.2 Data Hasil Pengaruh Tegangan Pulsa Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada Waktu 10 Menit

Tegangan (V)	Rata-rata Koloni Bakteri (CFU/mL)		
	hari ke-1	hari ke-2	hari ke-3
Kontrol	204.10^3	184.10^3	176.10^3
50 V	131.10^3	125.10^3	118.10^3
60 V	85.10^3	79.10^3	74.10^3
70 V	37.10^3	32.10^3	25.10^3
80 V	3.10^3	1.10^3	0

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa pemberian stimulasi arus listrik berpengaruh terhadap penurunan koloni bakteri. Berdasarkan hasil tersebut, stimulasi arus listrik dengan variasi waktu 10 menit menyebabkan penurunan koloni bakteri yang semakin banyak dibandingkan kontrol. Jumlah bakteri kontrol pada hari pertama, kedua dan ketiga yaitu 204.10^3 CFU/mL, 184.10^3 CFU/mL dan 176.10^3 CFU/mL. Ketika di stimulasi listrik dengan tegangan pulsa 50 volt di hari pertama penurunannya menjadi 131.10^3 CFU/mL, hari ke dua mengalami penurunan menjadi 125.10^3 CFU/mL, dan di hari ketiga menjadi 118.10^3 CFU/mL. Sedangkan, ketika level tegangan pulsa ditingkatkan sampai 80 volt, penurunan koloni bakteri di hari pertama menjadi 3.10^3 CFU/mL, hari kedua menjadi 1.10^3 CFU/mL dan hari ketiga penurunannya menjadi 0. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri *Pseudomonas aeruginosa* mengalami lisis. Gambar 4.2. menunjukkan penurunan koloni bakteri selama 10 menit.



Gambar 4.2 Pengaruh Tegangan Pulsa Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada Waktu 10 Menit

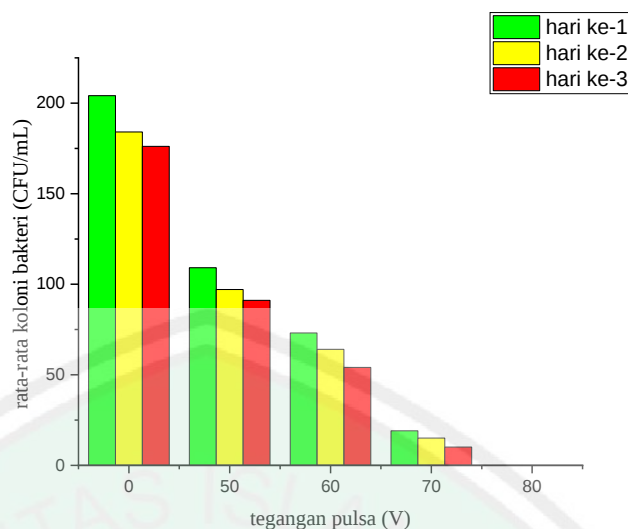
Gambar 4.2 menunjukkan penurunan koloni bakteri pada variasi tegangan pulsa 50, 60, 70, dan 80 volt semakin efektif. Meskipun pada tegangan pulsa 50, 60 dan 70 volt masih banyak bakteri yang aktif, tetapi penurunannya lebih besar dibandingkan pemberian tegangan pulsa selama 5 menit yang ditunjukkan pada gambar 4.1. Pada pemberian tegangan pulsa 80 volt menunjukkan ada beberapa bakteri yang mengalami *lisis*, hal ini dapat diketahui karena daging sudah mengering pada hari ketiga. Sehingga, semakin tinggi dan lama waktu pemaparan tegangan pulsa listrik, maka sel bakteri yang terpapar akan banyak yang rusak. Tetapi, hasil ini masih belum efektif untuk penyembuhan luka diabetes karena masih ada beberapa bakteri yang aktif meskipun sedikit.

3. Waktu 15 menit

Tabel 4.3 Data Hasil Pengaruh Tegangan Pulsa Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada Waktu 15 Menit

Tegangan (V)	Rata-rata Koloni Bakteri (CFU/mL)		
	hari ke-1	hari ke-2	hari ke-3
Kontrol	204.10^3	184.10^3	176.10^3
50 V	109.10^3	97.10^3	91.10^3
60 V	73.10^3	64.10^3	54.10^3
70 V	19.10^3	15.10^3	10.10^3
80 V	0	0	0

Tabel 4.3 merupakan hasil penurunan koloni bakteri dengan variasi waktu 15 menit yang menunjukkan penurunan koloni bakteri sangat signifikan. Dapat dilihat pada koloni bakteri kontrol dihari pertama, kedua dan ketiga yang menunjukkan 204.10^3 CFU/mL, 184.10^3 CFU/mL dan 176.10^3 CFU/mL. Ketika diberi tegangan 50 volt rata-rata koloni bakteri pada hari pertama mengalami penurunan menjadi 109.10^3 CFU/mL, pada hari kedua penurunannya menjadi 97.10^3 CFU/mL dan hari ketiga penurunannya menjadi 91.10^3 CFU/mL. Ketika tegangan pulsa dinaikan sampai 80 volt, hasil penurunan koloni bakteri menjadi 0 dari hari pertama sampai hari ketiga. Berdasarkan data tersebut pemberian stimulasi arus listrik dengan variasi tegangan pulsa dalam waktu 15 menit berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Hasil yang diperoleh menunjukkan penurunan yang semakin kecil dibandingkan dengan kontrol, yang ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Pengaruh Tegangan Pulsa Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada Waktu 15 Menit

Berdasarkan gambar 4.3 dapat diketahui bahwa variasi tegangan pulsa 50, 60, 70, dan 80 volt berpengaruh terhadap penurunan jumlah koloni bakteri. Pada tegangan pulsa 50, 60, dan 70 volt menunjukkan penurunan yang tajam daripada grafik 4.2 dan 4.1, terutama pada tegangan pulsa 80 volt. Berdasarkan gradient grafik tersebut bakteri mengalami *lisis*. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu dan semakin tinggi tegangan pulsa yang diberikan, pertumbuhan koloni bakteri juga akan semakin terhambat yang dikarenakan adanya elektrolisis. Arus listrik yang mengalir pada daging akan melewati bakteri tersebut, sehingga dapat memperbesar pori-pori *membrane* sel bakteri yang meningkatkan *permeabilitas membrane*. Kemudian mengakibatkan partikel-partikel seperti elektron akan masuk kedalam *membrane*. *Membrane* tersebut akan melewati ambang batas normalnya dan mengalami lisis atau kematian yang disebabkan oleh kerusakan sel dari *membrane* tersebut. Oleh karena itu, pada

tegangan pulsa 80 volt sangat efektif untuk proses penyembuhan luka diabetes dengan waktu yang diperlukan 15 menit.

4.1.2 Pengaruh Waktu Stimulasi Listrik terhadap Pertumbuhan Bakteri

Pseudomonas aeruginosa

Hasil penelitian pengaruh waktu stimulasi listrik terhadap pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* terhadap penderita diabetes dapat ditunjukkan pada tabel 4.4, 4.5, 4.6 dan 4.7.

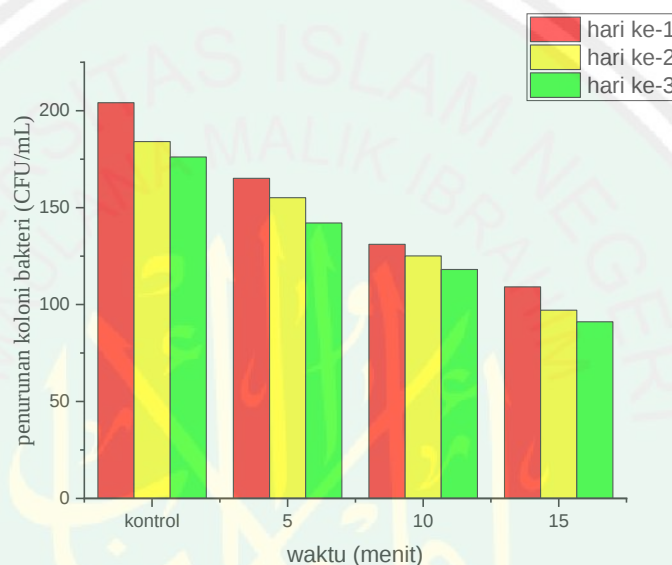
1. Tegangan 50 volt

Tabel 4.4 Data Hasil Penelitian Pengaruh Waktu Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dengan Tegangan Pulsa 50 Volt

Waktu (menit)	Rata-rata Koloni Bakteri (CFU/mL)		
	hari ke-1	hari ke-2	hari ke-3
kontrol	204.10 ³	184.10 ³	176.10 ³
5 menit	165.10 ³	155.10 ³	142.10 ³
10 menit	131.10 ³	125.10 ³	118.10 ³
15 menit	109.10 ³	97.10 ³	91.10 ³

Tabel 4.4 menunjukkan data penurunan koloni bakteri dengan variasi waktu 5, 10, dan 15 menit pada tegangan pulsa 50 volt. Berdasarkan data tersebut, variasi waktu 5, 10, dan 15 menit dengan tegangan 50 volt berpengaruh terhadap penurunan koloni bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Pemberian tegangan pulsa selama 15 menit menyebabkan penurunan koloni bakteri semakin banyak dibandingkan selama 5 menit, 10 menit dan kontrol. Pada kontrol di hari pertama, kedua, dan ketiga jumlah koloni bakteri sebesar 204.10³ CFU/mL, 184.10³ CFU/mL, dan 176.10³ CFU/mL. Ketika di stimulasi dengan tegangan 50 volt dalam waktu 5 menit dihari pertama penurunannya menjadi 165.10³ CFU/mL, pada hari kedua menjadi 155.10³ CFU/mL, dan hari ketiga penurunan koloni bakteri menjadi 142.10³ CFU/mL. Penurunan signifikan terjadi pada

waktu 15 menit yaitu dihari pertama menjadi 109.10^3 CFU/mL, hari kedua menjadi 97.10^3 CFU/mL, dan hari ketiga menjadi 91.10^3 CFU/mL. Berdasarkan data tabel 4.4 dapat diketahui bahwa lama waktu yang diberikan dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, meskipun dengan tegangan pulsa 50 volt penurunannya belum efektif, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Pengaruh Waktu Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dengan Tegangan 50 Volt

Variasi waktu dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Hal ini bisa dilihat dari jumlah penurunan bakteri kontrol dibandingkan dengan yang diberikan stimulasi pada waktu 5, 10, dan 15 menit. Meskipun penurunannya masih sedikit, tetapi sudah ada beberapa koloni bakteri yang berkurang dibandingkan dengan bakteri kontrol. Penurunan koloni yang paling banyak terjadi pada waktu 15 menit. Hal ini dapat diamati berdasarkan gradien grafik 4.4. Pemberian stimulasi listrik selama 15 menit menghasilkan gradient yang lebih tajam dibandingkan ketika diberikan waktu selama 5 dan 10

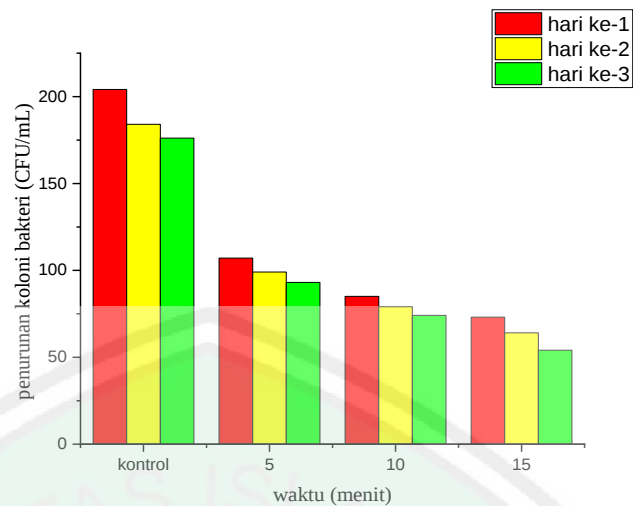
menit. Tetapi, masih terdapat bakteri yang tersisa, sehingga dengan tegangan pulsa 50 volt belum dapat digunakan untuk penyembuhan luka diabetes.

2. Tegangan 60 volt

Tabel 4.5 Data Hasil Penelitian Pengaruh Waktu Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dengan Tegangan Pulsa 60 Volt

Waktu (menit)	Rata-rata Koloni Bakteri (CFU/mL)		
	hari ke-1	hari ke-2	hari ke-3
Control	204.10 ³	184.10 ³	176.10 ³
5 menit	107.10 ³	99.10 ³	93.10 ³
10 menit	85.10 ³	79.10 ³	74.10 ³
15 menit	73.10 ³	64.10 ³	54.10 ³

Tabel 4.5 menunjukkan penurunan koloni bakteri selama 3 hari dengan tegangan pulsa 60 volt. Penurunan koloni bakteri lebih banyak dibandingkan dengan tegangan pulsa 50 volt. Hal ini diketahui berdasarkan bakteri kontrol di hari pertama, kedua, dan ketiga yaitu 204.10³, 184.10³, dan 176.10³ CFU/mL. Pemberian stimulasi dengan waktu 5 menit dihari pertama penurunannya menjadi 107.10³ CFU/mL, hari kedua menjadi 99.10³ CFU/mL, dan hari ketiga menjadi 93.10³ CFU/mL. Penurunan terbesar terjadi pada waktu 15 menit di hari pertama yaitu 73.10³ CFU/mL, hari kedua 64.10³ CFU/mL, dan hari ketiga 54.10³ CFU/mL. Gambar 4.5 menunjukkan penurunan koloni bakteri dengan tegangan pulsa 60 volt.



Gambar 4.5 Pengaruh Waktu Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dengan Tegangan Pulsa 60 Volt

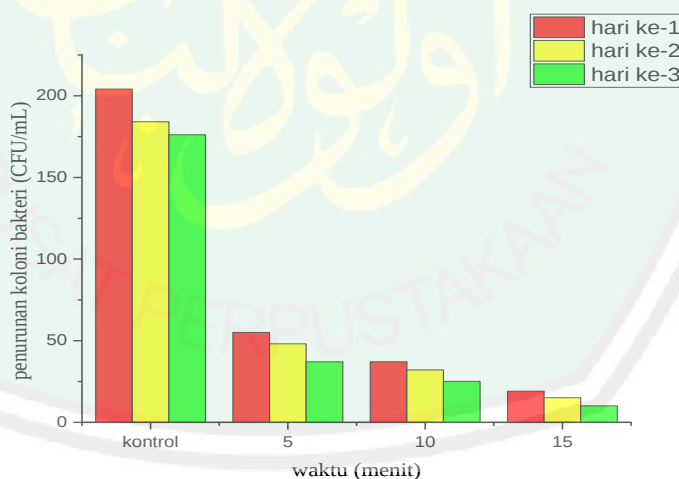
Berdasarkan gambar 4.5, semakin tinggi tegangan pulsa yang diberikan maka penurunan koloni bakteri juga semakin banyak. Hal ini dapat diketahui, ketika diberikan stimulasi listrik selama 5 menit pada tegangan pulsa 60 volt, penurunan koloni bakteri lebih banyak dibandingkan pada tegangan pulsa 50 volt. Penurunan terbesar terjadi pada waktu 15 menit dan gradient yang dihasilkan tidak terlalu tajam pada waktu 10 dan 15 menit. Hal ini juga menunjukkan waktu yang lama dapat mempengaruhi penurunan koloni bakteri. Tetapi, belum efektif untuk proses penyembuhan diabetes karena masih ada beberapa bakteri yang tersisa.

3. Tegangan 70 volt

Tabel 4.6 Data Hasil Penelitian Pengaruh Waktu Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dengan Tegangan Pulsa 70 Volt

Waktu (menit)	Rata-rata Koloni Bakteri (CFU/mL)		
	hari ke-1	hari ke-2	hari ke-3
Kontrol	204.10^3	184.10^3	176.10^3
5 menit	55.10^3	48.10^3	37.10^3
10 menit	37.10^3	32.10^3	25.10^3
15 menit	19.10^3	15.10^3	10.10^3

Data tabel 4.6 menunjukkan penurunan koloni bakteri yang semakin banyak. Hal ini dapat diketahui pada penurunan koloni bakteri yang diberikan stimulasi listrik selama 5 menit di hari pertama, kedua dan ketiga yaitu 55.10^3 , 48.10^3 , dan 37.10^3 CFU/mL. Penurunan koloni bakteri terbanyak terjadi pada pemberian stimulasi listrik selama 15 menit menjadi 19.10^3 , 15.10^3 , dan 10.10^3 CFU/mL. Berdasarkan data tersebut penurunan koloni bakteri semakin banyak ketika diberikan stimulasi arus listrik selama 3 hari.



Gambar 4.6 Pengaruh Waktu Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dengan Tegangan Pulsa 70 Volt

Gambar 4.6 menunjukkan penurunan yang lebih efektif dibandingkan dengan tegangan 50 dan 60 volt. Variasi waktu stimulasi listrik menunjukkan penurunan koloni bakteri terbesar terjadi pada waktu 15 menit. Hal ini karena

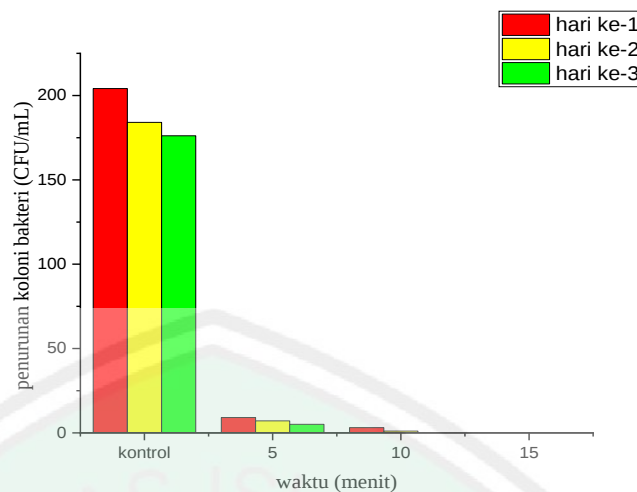
semakin lama bakteri tersebut diberikan tegangan pulsa listrik maka dinding sel bakteri akan rusak. Berdasarkan gradien pada grafik 4.6, menunjukkan bahwa variasi waktu 5, 10, dan 15 menit memiliki selisih yang sedikit.

4. Tegangan 80 volt

Tabel 4.7 Data Hasil Penelitian Pengaruh Waktu Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dengan Tegangan Pulsa 80 Volt

Waktu (menit)	Rata-rata Koloni Bakteri (CFU/mL)		
	hari ke-1	hari ke-2	hari ke-3
Kontrol	204.10^3	184.10^3	176.10^3
5 menit	9.10^3	7.10^3	5.10^3
10 menit	3.10^3	1.10^3	0
15 menit	0	0	0

Tabel 4.7 menunjukkan penurunan koloni bakteri yang efektif. Dari jumlah koloni bakteri kontrol yaitu 204.10^3 , 184.10^3 , dan 176.10^3 CFU/mL ketika diberikan stimulasi listrik dalam waktu 5 menit selama 3 hari mengalami penurunan menjadi 9.10^3 , 7.10^3 , dan 5.10^3 CFU/mL. Pemberian stimulasi dalam waktu 10 menit penurunan koloni bakteri menjadi 3.10^3 , 1.10^3 dan 0. Pada hari ketiga penurunan koloni bakteri sudah 0 atau tidak ada bakteri pada daging tersebut. Hal ini dikarenakan, sampel telah kering yang menandakan sudah tidak ada bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Peristiwa ini disebabkan adanya elektrolisis dan efek termal. Sehingga, dalam waktu 15 menit dihari pertama sampai ketiga koloni bakteri mengalami lisis.



Gambar 4.7 Pengaruh Waktu Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dengan Tegangan Pulsa 80 Volt

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa terdapat beberapa koloni bakteri yang mati. Penurunan koloni bakteri terbesar terjadi pada pemberian stimulasi listrik 80 volt. Pada waktu 10 menit dengan tegangan 80 volt di hari ketiga bakteri sudah tidak ada. Selisih penurunan koloni bakteri pada tegangan 10 volt ini tidak banyak. Hal ini dikarenakan lamanya waktu dan tegangan pulsa yang diberikan. Sehingga, pada waktu 10 menit dengan tegangan 80 volt dihari pertama sudah banyak menurunkan koloni bakteri yang akibatnya pada hari kedua dan ketiga koloni bakteri sudah sedikit. Sehingga efektif untuk proses penyembuhan luka diabetes. Hal ini ditunjukkan bahwa sampel telah kering yang disebabkan karena adanya arus listrik yang mengalir dari elektroda dan berubah menjadi panas. Panas tersebut menyebabkan daging mengalami penguapan, dari proses penguapan inilah menyebabkan daging berubah dari konduktor menjadi isolator. Lamanya waktu stimulasi listrik mengakibatkan adanya proses elektrolisis, karena rusaknya *membrane* dan dinding sel. Tetapi hasilnya dapat lebih efektif ketika waktu yang diberikan menjadi 15 menit karena bakterinya

sudah tidak ada, yang menunjukkan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* telah mengalami lisis.

4.1.3 Pengaruh Stimulasi Arus Listrik Terhadap Penyembuhan Luka

a) Hasil Induksi Mencit Diabetes

Stimulasi arus listrik terhadap penyembuhan luka mencit diabetes mellitus dilakukan menggunakan tegangan 80 volt selama 15 menit. Mencit diinduksi menggunakan aloksan monohidrat dengan dosis 540 mg yang dilarutkan dalam 100 mL NaCl. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kadar gula darah pada mencit hingga diindikasikan menderita diabetes mellitus. Kadar gula darah mencit diukur menggunakan glukometer. Data hasil kadar gula pada mencit ditunjukkan pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Uji Toleransi Glukosa Pada Mencit di Awal dan di Akhir Penelitian dengan Tegangan 80 Volt Dan Waktu 15 Menit

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

Tabel 4.8 menunjukkan kadar gula mencit yang telah di kelompokkan, kelompok 1 merupakan data kadar gula darah mencit kontrol dan kelompok 2 merupakan data kadar gula mencit yang diberikan stimulasi listrik. Berdasarkan tabel, induksi diabetes dengan aloksan monohidrat dapat meningkatkan kadar gula darah pada mencit. Karena kadar gula darah mencit normal yaitu berkisar antara 60-130 mg/dl (Dodge, 2001). Sedangkan rata-rata kadar gula darah mencit setelah pemberian aloksan $\pm$ 180 mg/dl. Mencit yang di induksi aloksan mengindikasikan telah menderita diabetes mellitus. Data pada kelompok 1 atau mencit kontrol menunjukkan rata-rata kadar gula darah mencit dengan selisih 0,2 mg/dl, dengan pengukuran kadar gula darah pada hari ketiga dan hari kesepuluh setelah penyuntikan aloksan monohidrat dari 180 mg/dl menjadi 179,8 mg/dl. Rata-rata mencit yang diberikan stimulasi listrik selisihnya adalah 24 mg/dl, dengan pengukuran kadar gula darah pada hari ketiga dan hari kesepuluh setelah penyuntikan aloksan monohidrat dari 199.2 mg/dl menurun menjadi 175.2 mg/dl. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian stimulasi listrik dapat menurunkan kadar gula darah pada mencit.

b) Perkembangan Kondisi Luka Mencit

Perkembangan luka mencit yang menderita diabetes mellitus dapat diamati dengan melihat luka sayat pada punggungnya. Mencit di aklimatisasi selama 1 minggu kemudian diinduksi dengan aloksan monohidrat untuk menambah kadar gula darah mencit. Ketika kadar gula darah mencit sudah memenuhi kriteria diabetes mellitus, selanjutnya memberikan luka sayat pada punggungnya sepanjang 2 cm dengan kedalaman sampai ke lapisan kulit terdalamnya atau *dermis*, yang ditunjukkan pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Data Hasil Perkembangan Luka Mencit Diabetes

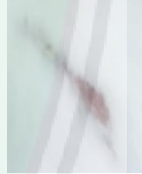
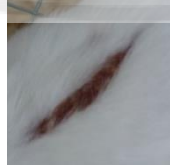
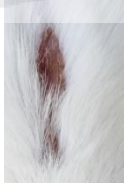
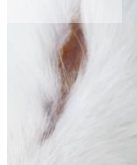
Kel	Pengulangan	Hari ke-						
		1	2	3	4	5	6	7
1	1	#@	#@	#@	#@+	#@+	+	+
	2	#@	#@	#@	#@+	#@+	#+	+
	3	#@	#@	#@	#@+	#@+	#+	+
	4	#@	#@	#@	#@+	#+	+	+
	5	#@	#@	#@	#@	#@+	#@+	#+
2	1	#@	#@	#@	#@+	#+	+	+
	2	#@	#@	#@	#@+	#+	+	*
	3	#@	#@	#@	#+	+	+	*
	4	#@	#@	#@	#@	#@+	#+	+
	5	#@	#@	#@	#+	+	+	*

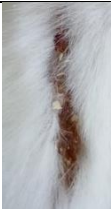
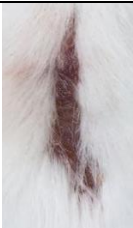
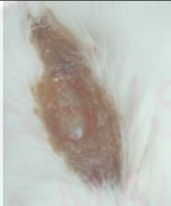
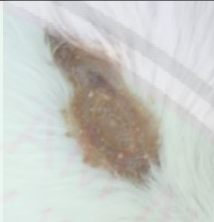
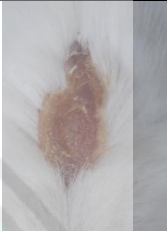
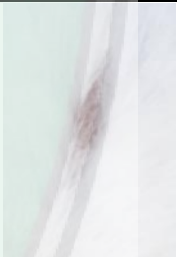
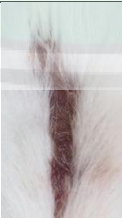
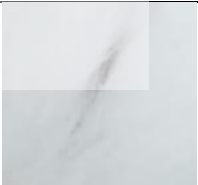
Keterangan:

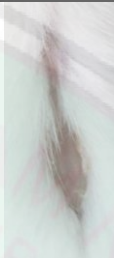
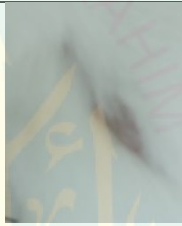
= Merah + = Mengering
@ = Membengkokkan * = Menutup

Tabel 4.10 menunjukkan gambar hasil perkembangan kondisi luka mencit kontrol dan mencit diabetes mellitus.

Tabel 4.10 Gambar Hasil Perkembangan Luka Mencit Diabetes

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

Kontrol 4			
Kontrol 5			
Perlakuan 1			
Perlakuan 2			

Perlakuan 3			
Perlakuan 4			
Perlakuan 5			

Berdasarkan data dan keterangan tabel 4.10 kelompok mencit kontrol proses penyembuhan lukanya lebih lama. Seperti pada mencit pengulangan 1 sampai 5, di hari ketiga kondisi lukanya masih merah basah dan membengkak dengan panjang luka tetap 2 cm. Pada hari keempat dan kelima luka mencit 1, 2, 3 dan 5 masih merah didalamnya dan membengkak, tetapi di tepi lapisan kulitnya sudah mulai mengering dengan panjang luka ± 1.8 cm. Sedangkan mencit keempat lukanya sudah tidak membengkak dan mulai mengering. Pada hari keenam kondisi luka mencit kesatu dan keempat sudah mulai mengering dan lapisan kulitnya sudah mulai menutup dengan panjang luka 1.6 cm. Kondisi luka mencit kedua dan ketiga lukanya masih merah tetapi lapisan kulitnya sudah mulai

mengering dengan panjang lukanya 1.6 cm, dan pada mencit kelima lukanya masih merah, membengkak tetapi sudah mulai mengering dengan panjang luka masih 1.8 cm. Kemudian pada hari ketujuh untuk mencit kesatu sampai keempat lukanya sudah mulai mengering dan ada beberapa luka yang panjangnya telah berkurang yaitu dari ± 1.6 cm menjadi ± 1.4 cm. Mencit kelima kondisi lukanya masih merah dan lukanya masih terbuka lebar, tetapi sudah mulai mengering dengan panjang luka ± 1.6 cm.

Mencit yang di stimulasi listrik pada hari pertama sampai ketiga dari mencit kesatu sampai kelima kondisi lukanya merah yang masih basah dan membengkak dengan panjang luka 2 cm. Pada hari keempat kondisi luka mencit kesatu dan kedua masih merah dan membengkak, tetapi lapisan kulit yang berada di tepinya mulai mengering dengan panjang luka ± 1.8 cm. Mencit ketiga dan kelima kondisi lukanya merah dan mulai mengering dengan panjang luka ± 1.7 cm, dan mencit keempat kondisi lukanya masih merah basah dan membengkak dengan panjang ± 1.8 cm. Kondisi luka mencit pada hari kelima, mencit kesatu dan kedua kondisi lukanya masih merah, tetapi mulai mengering dengan panjang luka ± 1.7 cm. Mencit ketiga dan kelima kondisi lukanya mulai mengering dengan panjang luka ± 1.6 cm, untuk mencit keempat kondisi lukanya merah dan membengkak tetapi sudah mulai mengering. Pada hari keenam kondisi luka mencit kesatu, kedua, ketiga dan kelima mulai mengering, sedangkan kondisi mencit keempat lukanya masih merah dan mengering. Kemudian pada hari ketujuh kondisi luka mencit kesatu dan keempat masih mengering dengan panjang ± 1.2 cm, untuk mencit kedua, ketiga, dan kelima lukanya telah menutup dengan panjang ± 1 cm. Hendri dan Muhartono (2013)

menyatakan bahwa stimulasi listrik dengan tegangan tinggi dapat menyebabkan gangguan pada sistem tubuh salah satunya adalah kardiovaskular, yang menyebabkan ketebalan pada miokardium ventrikel mencit jantan. Tetapi pada penelitian ini menggunakan listrik ber tegangan rendah sehingga aman digunakan untuk mencit.

Tabel 4.10 menunjukkan tingginya kadar gula darah dapat menghambat proses penyembuhan luka mencit. Seperti luka pada mencit kontrol dan mencit yang diberikan stimulasi arus listrik, proses penyembuhan mencit kontrol membutuhkan waktu yang lebih lama karena tidak ada perlakuan stimulasi listrik, sedangkan mencit yang diberikan stimulasi listrik penyembuhannya lebih cepat karena EMS (*electrical muscle stimulation*) dapat meningkatkan *voluntary motor control* dan membantu merangsang jaringan otot sehingga dapat memulihkan, mengencangkan, dan memperbaiki jaringan yang rusak.

4.2 Pembahasan

Penelitian ini menggunakan sampel bakteri *Pseudomonas aeruginosa* yang di inokulasikan pada daging dengan ukuran $1 \times 1 \times 1 \text{ cm}^2$. Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* merupakan bakteri gram negatif yang bersifat oksidatif dan dapat hidup pada suhu 37° sampai 40° C . Bakteri ini termasuk ke dalam kelompok bakteri patogen bagi manusia. Menurut (Elizabeth et al., 2013) dalam tahun 2011 bakteri patogen yang sering menginfeksi masalah ortopedi dan epidermis adalah bakteri *staphylococcus*. Bakteri tersebut sering menginfeksi luka di bagian lutut dan pinggul. Diikuti oleh bakteri *Staphylococcus aureus* sekitar 20% dari beberapa kasus, dan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* sekitar 10%. Infeksi dari beberapa bakteri ini sangat kuat ketika bakteri-bakteri tersebut mulai

membentuk biofilm di sekitar kulit yang terluka. Pertumbuhan bakteri ini dikenal signifikan dan lebih toleran terhadap antimikroba dibandingkan dengan *plankton* dan *mikroorganisme* yang sama. Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dikategorikan sebagai bakteri patogen yang dapat menginfeksi luka dibagian ortopedi dan epidermis.

Berdasarkan analisis data dan grafik yang diperoleh dengan variasi tegangan pulsa yaitu 50, 60, 70 dan 80 volt, menunjukkan adanya pengaruh terhadap penurunan bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Ketika tegangan yang diberikan semakin tinggi maka penurunan koloni bakteri juga semakin banyak. Adanya variasi waktu 5, 10, dan 15 menit menunjukkan bahwa semakin lama waktu stimulasi arus listrik maka penurunan koloni bakteri juga semakin banyak. Pada penelitian ini hasil yang efektif ditunjukkan pada tegangan 80 volt dengan waktu 15 menit, daging yang di stimulasi dengan waktu dan tegangan tersebut menunjukkan tidak terdapat jumlah koloni bakteri yang aktif. Hal ini dikarenakan medan listrik dan suhu lingkungan yang dapat mempengaruhi penurunan koloni bakteri, penurunan tersebut disebabkan adanya proses elektroporasi (Apriliawan, 2012), yang dapat menghasilkan kerusakan pada *membrane* sel bakteri kemudian akan mengalami *rupture* (robek), sehingga bakteri tersebut mengalami *lisis*.

Menurut (Park et al., 2003, dalam Setiawan 2010) terdapat beberapa teori dari pakar medis yang menjelaskan tentang kematian sel bakteri disebabkan adanya pengaruh listrik. Salah satu teori menyebutkan bahwa *membrane* sel adalah *viscoelastic fluid*, sehingga *membrane* dapat mengalami *rupture* bila mendapatkan stress listrik. Ketika diberikan listrik dengan tegangan tertentu,

maka akan terjadi peningkatan energi pada *membrane* yang kemudian dapat meningkatkan ukuran *pore* *membrane* dan berubah menjadi *amphiphilic pore*, dimana difusi bebas dapat terjadi.

Terdapat 2 faktor yang mempengaruhi perkembangan bakteri ketika di stimulasi oleh arus listrik yaitu adanya efek termal dan elektrolisis. Listrik dapat mengakibatkan elektrolisis pada bakteri. Elektrolisis merupakan penguraian suatu elektrolit oleh arus listrik. Elektroda positif akan menarik ion positif pada bakteri dan elektroda negatif juga menarik ion negatif yang dapat mengakibatkan pergeseran antara ion positif dengan ion negatif. Terpisahnya muatan bakteri tersebut akan mengakibatkan potensial transmembran meningkat. Adanya potensial transmembran ini, menyebabkan tidak semua molekul yang ada diluar mampu masuk ke dalam sel. tetapi dapat menimbulkan porositas. Semakin tinggi tegangan yang diberikan maka porositas juga semakin tinggi, porositas ini mampu menyebabkan permeabilitas dinding sel meningkat. Sehingga, ketika permeabilitas meningkat maka banyak partikel dari luar yang masuk ke dalam sel. Kemudian, sel tersebut akan membengkak karena banyaknya partikel yang masuk. Ketika partikel sudah tidak dapat terbendung lagi maka *membrane* sel tersebut akan mengalami lisis atau hancurnya sel dikarenakan *membrane* sel pecah, sehingga akan menyebabkan bakteri tersebut mati.

Faktor selanjutnya untuk kerusakan bakteri adalah adanya efek termal. Efek termal merupakan fenomena transport dimana terjadi transportasi energi dari material yang memiliki energi lebih tinggi menuju material yang memiliki energi lebih rendah. Tubuh merupakan suspensi kompleks protein yang dalam

cairan berupa arus-arus kecil dan dapat dianalogikan seperti elektrolit, resistor, dan kapasitor. Tubuh mempunyai sifat khusus sebagai kapasitor karena terdapat pemisah dalam bentuk *membrane*. Sehingga menghasilkan beda potensial antara *membrane* tersebut (Istikomah, 2006). Akibat sifat resistif dan kapasitif, maka apabila dialiri arus listrik terjadi perubahan energi listrik menjadi energi panas. Pada tubuh, energi listrik akan menggetarkan atom-atom pada sel tubuh, sehingga terjadi tumbukan antara satu atom dengan atom lainnya. Akibat tumbukan antar atom, akan meningkatkan suhu sel tubuh yang dilalui arus. Besarnya energi panas Q yang dibangkitkan sebanding dengan energi listrik yang dialirkan. Panas yang ditimbulkan oleh arus tersebut akan diantarkan ke daerah sekelilingnya. Apabila bakteri terkena panas dan suhu sudah melebihi ambang batas pertumbuhannya bakteri tersebut akan mati (Diehr P.E., 2014). Adanya dua faktor tersebut dapat menunjukkan bahwa stimulasi arus listrik dapat menghambat dan merusak bakteri *Pseudomonas aeruginosa*.

Variasi tegangan dan waktu yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan koloni bakteri adalah pada tegangan 80 volt dengan waktu 15 menit. Selanjutnya di aplikasikan pada mencit yang mengalami sakit diabetes mellitus. Mencit di aklimatisasi selama $\pm$ satu minggu untuk proses adaptasi mencit tersebut dengan lingkungan barunya. Kemudian diinduksi pada mencit dengan cara pemberian zat kimia sebagai induktor diabetes mellitus (*diabetogen*). *Diabetogen* untuk mencit dan hewan lain yang sering digunakan adalah aloksan monohidrat. Karena aloksan monohidrat dapat menghasilkan penyakit diabetes mellitus dalam waktu 2 sampai 3 hari. Hal ini dikarenakan aloksan monohidrat dapat secara selektif merusak sel β pankreas dan menurunkan sensitifitas sel-sel yang

memiliki reseptor insulin. Seperti sel hati, sel otot, dan sel adiposa (Malaisse et al., 1982).

Aloksan menjalankan aksi diabetogeniknya ketika obat diberikan secara parental, intravena, intraperitonium dan subkutan. Dosis aloksan yang dibutuhkan untuk menginduksi diabetes tergantung jenis spesiesnya karena tidak semua spesies peka terhadap aloksan. Misalnya, tikus yang sangat peka terhadap aloksan sedangkan marmut nampaknya tidak sensitive terhadap aloksan (Djojosoebagio, 1996 dalam Anggraini 2005).

Pengukuran kadar gula darah mencit dilakukan setelah $\pm$ 18 jam setelah mencit dipuaskan dengan menggunakan glucometer. Pengambilan sampel darah untuk pengukuran mencit dilakukan dengan melukai vena ekor mencit, kemudian darah yang keluar dari ekor mencit tersebut diteteskan pada stripe yang sudah terpasang pada glucometer. Dalam waktu beberapa detik glucometer akan menunjukkan kadar gula yang terkandung dalam sampel darah tersebut. Kadar gula darah mencit ketika hari pertama menunjukkan bahwa mencit tersebut sudah menderita diabetes mellitus dengan rata-rata kadar gula mencit kontrol dan mencit perlakuan sebesar 180 mg/dl dan 199,2 mg/dl. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Shukla et al., (2007) yang menyatakan bahwa penggunaan zat diabetogen dapat mengakibatkan terjadinya penyakit diabetes mellitus dengan ditandai adanya peningkatan kadar gula darah atau hiperglikemia setelah dilakukan uji kadar gula.

Tahap penelitian selanjutnya yaitu memberikan stimulasi arus listrik terhadap mencit yang sudah menderita diabetes mellitus. Berdasarkan data dan hasil analisis yang diperoleh, setelah dilakukan stimulasi arus listrik kadar gula darah mencit berkurang dari sebelum dilakukan stimulasi dan setelah dilakukan stimulasi arus listrik selama 7 hari yaitu 199.2 mg/dl menjadi 175.2 mg/dl. Dibandingkan dengan mencit kontrol, sebelum dan setelah perlakuan yaitu dari 180 mg/dl menjadi 179.8 mg/dl. Selisih dari keduanya, ketika mencit kontrol hanya 0.2 mg/dl sedangkan untuk mencit yang di stimulasi arus listrik hasilnya 24 mg/dl. Penurunan kadar gula darah tersebut dikarenakan adanya medan listrik yang dapat mempengaruhi muatan listrik dalam jaringan tubuh. Perubahan muatan listrik tersebut mempengaruhi arus listrik yang mengalir ke seluruh tubuh. Arus ini dapat menstimulasi kerja sistem syaraf dan otot akibat dari berubahnya beda potensial pada membrane (Bonner et al., 2002).

Berdasarkan data hasil penelitian stimulasi arus listrik dapat mempercepat penurunan kadar gulah darah meskipun tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan mencit yang tidak diberi perlakuan. Metode ini dapat membantu penderita diabetes mellitus yang fungsi kerja sel β pankreas terganggu, dikarenakan tidak terjadinya depolarisasi *membrane* sehingga ion Ca^{2+} tidak dapat masuk kedalam sel sehingga, tidak terjadi pengeluaran insulin (Arulmozhi et al., 2004 dan Szkudelski, 2001).

Stimulasi arus listrik terhadap mencit diabetes mellitus juga mempengaruhi proses penyembuhan lukanya. Karena tubuh mempunyai arus yang disebut dengan bioelektrik dan ketika terjadi luka ada arus lemah yang terukur antara kulit dan jaringan dalam atau disebut *current of injury*. Arus ini memegang peranan penting dalam proses penyembuhan luka dan yang mendasari proses penggunaan stimulasi arus listrik untuk proses penyembuhan luka (Rahmawati, 2009). Hasil analisis perkembangan kondisi luka menunjukkan bahwa rata-rata luka mencit diabetes pada hari ketiga setelah dilakukan stimulasi arus listrik sudah mulai mengering. Jika dibandingkan dengan mencit yang tidak diberi perlakuan pada hari ketiga kondisi lukanya masih merah sedikit basah dan masih membengkak. Pada hari ketujuh kondisi luka mencit diabetes yang diberikan stimulasi arus listrik rata-rata sudah mengering dan menutup, sedangkan mencit yang tidak diberi perlakuan masih mengering saja. Selain dengan di stimulasi arus listrik, tinggi dan rendahnya kadar gula juga mempengaruhi perluasan dan kondisi luka diabetes. Hal ini terlihat dari kadar gula yang rendah proses penyembuhan lukanya lebih cepat daripada kadargula yang tinggi. Menurut (Fainsod-Levi et al., 2017) kadar gula yang tinggi akan mempengaruhi mobilitas dari *neutrophil*, dimana *neutrophil* berfungsi sebagai pertahanan lini pertama sistem kekebalan terhadap infeksi dan membunuh patogen. Sehingga dengan kadar gula yang tinggi akan mempengaruhi penurunan luas area luka yang lebih sedikit dibandingkan dengan kadar gula yang rendah.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan stimulasi arus listrik dengan tegangan 80 volt dalam waktu 5 menit dapat menurunkan jumlah koloni bakteri. Hal ini sesuai dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Asadi dan

Torkaman bahwa, stimulasi arus listrik dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Stimulasi arus listrik juga dapat menurunkan kadar gula meskipun penurunannya tidak banyak dan dapat berpengaruh signifikan pada proses penyembuhan luka. Penelitian yang dilakukan oleh Thakral menunjukkan bahwa stimulasi arus listrik mudah dan aman digunakan, karena dapat mengurangi infeksi, meningkatkan perfusi lokal, dan menyembuhkan luka.

4.3 Kesehatan dalam Pandangan Islam

Kesehatan termasuk bagian dari nikmat Allah yang paling besar. Oleh karena itu, orang yang sakit tentu akan merasa tidak nyaman dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Sehingga manusia harus banyak bersyukur kepada Allah atas nikmat sehat yang telah Allah berikan supaya pemberian dari Allah semakin bertambah. Hal ini sesuai dengan firman Allah dalam surat Ibrahim yang berbunyi:

وَإِذْ تَأَذَّنَ رَبُّكُمْ لَئِنْ شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ وَلَئِنْ كَفَرْتُمْ إِنَّ عَذَابِي لَشَدِيدٌ

Artinya: Dan (ingatlah juga), tatkala Tuhanmu memaklumkan; “Sesungguhnya jika kamu bersyukur, pasti kami akan menambah (nikmat) kepadamu, dan jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), maka sesungguhnya azab-Ku sangat pedih (QS. Ibrahim: 7).

Nabi Muhammad bersabda yang artinya sama dengan ayat diatas:

“Sesungguhnya Allah senang melihat bekas nikmat yang ia berikan kepada hamba-Nya”. (HR. Turmudzi dan Hakim, Imam Suyuthi meng-hasankanya dalam Mustafa, 2018).

Dalam hadits lain Rasulullah bersabda:

“Barang siapa yang di pagi hari tubuhnya sehat, adanya tentram dan ia mempunyai persediaan makan untuk hari itu, maka seakan-akan dunia ini diperuntukan baginya”. (HR. Turmudzi dalam Mustafa, 2018).

Berdasarkan ayat Al-qur'an dan hadis tersebut kita wajib bersyukur atas nikmat yang diberikan oleh Allah. Adapun cara mensyukuri nikmat Allah

tersebut diantaranya adalah menjaga kesehatan dengan tidak makan dan minum secara berlebihan dan dengan menjaga kebersihan lingkungan supaya tidak mudah terkena penyakit. Allah melarang kita untuk berbuat *ishraaf* (berlebihan). Dampak dari *ishraaf* dalam hal makanan akan menimbulkan berbagai macam penyakit kronis salah satu diantaranya adalah penyakit diabetes mellitus.

Perlu adanya ikhtiar ketika sakit karena didalam Al-qur'an Allah juga sudah menjanjikan untuk orang-orang yang berikhtiar. Seperti firman Allah dalam surat Al-Ra'd yang berbunyi:

ان الله لا يغير ما بقوم حتي يغيروا ما با نفسهم

Artinya: *"Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan (nasib) suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan (perilaku) yang ada pada diri mereka sendiri"*(QS. Al-Ra'd:11).

Ikhtiar bagi setiap muslim adalah ibadah, sedangkan meniadakan ikhtiar sama halnya dengan meniadakan syariat yang notabenenya adalah sunnatullah. Ikhtiar adalah berusaha dan berdo'a. Berusaha melakukan pengobatan untuk penyakit diabetes mellitus. Pada penelitian ini proses penyembuhan penyakit diabetes adalah dengan menggunakan alat stimulasi arus listrik dengan tegangan pulsanya sudah ditentukan untuk di stimulasikan kepada penderita diabetes. Tujuan dilakukanya stimulasi listrik adalah untuk mempercepat penyembuhan luka dari penderita diabetes dan menjadi alternatif pengobatan diabetes supaya tidak sering menggunakan obat-obatan yang banyak mengandung efek samping bagi yang mengkonsumsi obat tersebut. Kemudian ikhtiar yang lainnya adalah berdo'a untuk kesembuhan dari penyakit tersebut. Percaya dan yakin akan qodarullah yang dapat mempercepat penyembuhan penyakit. Sebagai mana telah di jelaskan dalam firman-Nya:

وقال ادعوني استجب لكم

Artinya: *"Dan berfirman Tuhanmu "Memohonlah (berdoalah) kepada-Ku, Aku pasti berkenankan permohonan (doa)mu itu"(QS. Ghafir:60).*

Mengenai berdoa yang isinya adalah permohonan, islam tidak hanya mengizinkan atau memperbolehkannya. Namun secara tegas Al-Qur'an menganjurkan kita untuk selalu senantiasa memanjatkan doa. Berdasarkan ayat diatas jelas bahwa Allah dan Rasulnya memotivasi kita sebagai manusia untuk selalu berdoa kepada-Nya untuk kebaikan kita. Didalam islam memang dikenal istilah qonaah yang artinya ridha dengan pemberian Allah. Tetapi dalam qonaah tidak berarti bahwa kita harus berpangku tangan tanpa melakukan ikhtiar apapun untuk perbaikan kehidupan kita (Mustafa, 2018). Oleh karena itu ayat-ayat diatas memotivasi kita untuk selalu berikhtiar dalam keadaan apapun, termasuk berikhtiar untuk menyembuhkan penyakit diabetes menggunakan pengobatan alternatif yaitu dengan dilakukan stimulasi arus listrik.

Allah juga sudah mengatur segala sesuatu sesuai dengan kadar atau ukuran yang tepat. Seperti firman Allah pada surat Al-Qamar ayat 49:

إِنَّا خَلَقْنَاهُ كُلَّ شَيْءٍ بِقَدَرٍ

Artinya: *"Sesungguhnya kami menciptakan segala sesuatu sesuai ukuran"* (QS. Al-Qamar: 49).

Berdasarkan ayat tersebut dapat diketahui bahwa segala sesuatu yang diciptakan adalah sesuai ukurannya, hal ini mencakup semuanya yaitu seluruh makhluk dan alam. Baik alam atas dan alam bawah hanya Allah yang menciptakannya. Demikian juga sama halnya dengan ukuran yang sesuai untuk penyembuhan luka mencit diabetes mellitus adalah dengan tegangan pulsa 80 volt selama 15 menit. Hal ini tidak lepas dari campur tangan Allah dalam penentuan ukuran yang pas untuk penyembuhan luka mencit diabetes.

Disamping lukanya yang cepat mengering juga tidak menimbulkan efek yang menyakitkan pada menci diabetes mellitus.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, stimulasi arus listrik dengan variasi tegangan pulsa dan variasi waktu terhadap pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan perkembangan luka mencit diabetes mellitus, dapat disimpulkan bahwa:

1. Stimulasi arus listrik berpengaruh pada pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Semakin besar tegangan pulsa listrik yang diberikan maka penurunan koloni bakteri akan semakin banyak, penurunan terbanyak terjadi pada tegangan 80 volt dengan waktu 15 menit dapat menurunkan bakteri dari 204.10^3 CFU/mL, 184.10^3 CFU/mL dan 176.10^3 CFU/mL menjadi 0.
2. Variasi waktu berpengaruh pada penurunan koloni bakteri. Semakin banyak waktu yang diberikan maka penurunan koloni bakteri juga semakin besar. Penurunan terbesar terjadi pada waktu 15 menit dengan tegangan 80 volt rata-rata koloni bakteri kontrol dari 204.10^3 CFU/mL, 184.10^3 CFU/mL dan 176.10^3 CFU/mL turun menjadi 0 atau bisa dikatakan sudah tidak terdapat bakteri.
3. Stimulasi arus listrik berpengaruh pada proses penyembuhan luka, mencit kontrol penyembuhan lukanya lebih lama dibandingkan dengan mencit yang diberi perlakuan. Rata-rata panjang luka mencit kontrol hari ketujuh ± 1.5 cm sedangkan mencit yang diberi perlakuan panjang lukanya pada hari ketujuh menjadi ± 1 cm.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan saran yang dapat penulis berikan yaitu:

1. Alat yang digunakan untuk penelitian diusahakan steril, supaya tidak terdapat kontaminasi dari bakteri luar.
2. Perlu diperhatikan ketika pembuatan media Na baik alat dan bahan yang akan digunakan, karena ada banyak kegagalan ketika media Na-nya tidak sesuai prosedur, salah satunya adalah tumbuh jamur pada media Na.
3. Mencit yang digunakan untuk penelitian sebaiknya dilebihkan jumlahnya, ditakutkan ditengah-tengah penelitian terdapat mencit yang mati. Oleh karena itu, perlu adanya mencit cadangan agar penelitian dapat berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Aan Sutandi, N. P. 2016. *Hubungan Karakteristik Dan Pengetahuan Tentang Pasien*, 2(September). 163–171.
- Abdullah, Mikrajudin. 2007. *Fisika Dasar 1 Edisi Revisi*. Bandung: ITB.
- Abdusshamad, M K. 2003. *Mukjizat Ilmiah dalam Al-Qur'an*. Jakarta: Akbar Media Eka Sarana.
- Ahmad, Syauqi Al Fanjari. 2007. *Nilai Kesehatan Dalam Syari'at Islam*, Jakarta: Pustaka ilmi.
- Al-Qarni, Ahmad. 2007. *Tafsir Muyasar* juz 1, terjemah Qisthi Press. Jakarta : Qisthi Press.
- Al-Qur'an dan Terjemah. 2009. Departemen Agama RI. Bandung: Jabal.
- Alsaimary, I.E.A., 2010. *Bacterial Wound Infections in Diabetic Patients and Their Therapeutic Implications, Medical Practice and Review* Vol.1(2), pp. 12-15.
- American Diabetes Association, (2012). *Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. Diabetes Care*. 27 (1), S5 – S10. <http://www.care.diabetesjournal>.
- Anggarani, Nike. 2005. *Pengaruh Dekok Daun Tapak Dara (Catharanthus Rosens) Sebagai Anti Hiperglikemia pada Tikus (Rattus Norvegicus) yang Diinduksi dengan Aloksan*. Malang: Program Studi Pendidikan Mipa Biologi Jurusan MIPA FKIP UMM.
- Apriliawan, Hadi. 2012. *Laban Electric Alat Pasteurisasi Susu Kejut Listrik Tegangan Tinggi (Pulse Electric Fields) Menggunakan Flyback Transformers Prosiding*. Seminar Nasional Mekanisme Pertanian (halaman 361-378). Bogor: BB Mekanisasi Pertanian.
- Arkadie, Aan S. Keseimbangan. <http://wordpress.com>. diakses 03 September 2011.
- Arrington LR. 1972. *Introduction to Laboratory Animal Science: The Breeding, Care and Management of Experimental Animals*. Danville (US): The Interstate Printers and Publishers Inc.
- Asadi M. R, dan Torkaman G., 2014. *Bacterial Inhibition by Electrical Stimulation, Advances In Wound Care*, Volume 3.

- Arulmozhi, *et al.*, 2004. *Neonatal Streptozotocin-Induced Rat Model Type 2 Diabetes Mellitus: A glance*, Indian Journal Pharmacol, Vol 36, Issue 4, 217-221.
- Bonner, *et al.*, 2002. *Establishing A Dialogue On Risks From Electromagnetic Fields*, Department of Protection of The Human Environment, WHO, Swiss.
- Callister, W. and Appendix, B. 2003. *Materials Science and Engineering an Introduction*. John Wiley & Sons. Page 757.
- Chang, Raymond. 2005. *Kimia Dasar Jilid 2*. Jakarta: Elangga.
- Diehr P. E., 2014, *Physical Origins of Electrical Conductivity and Resistivity*, Researchgate.
- Departemen Kesehatan RI. 2005. *Jumlah Diabetes di Indonesia Ranking ke-4 di Dunia*. <http://www.Depkes.go.id/index.php?option=news> dan taks. Diakses tanggal 11 Maret 2007.
- Dodge, J. 2001. *What is the Normal Blood Glucose Level of rat/white Mouse?*. www.MadSci.Network/Zoology.
- Elizabeth, *et al.* 2013. *Direct Electric Current Treatment Under Physiologic Saline Conditions Kills Staphylococcus Epidermidis Biofilms Via Electrolytic Generation of Hypochlorous Acid*. USA. Volume 8 Issue 2.
- Ernawati, 2013. *Penatalaksanaan Perawatan Diabetes Mellitus*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Fatimah, R. N. (2015). *Diabetes Mellitus Tipe 2*. Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, 4, 93–101. <https://doi.org/10.2337/dc12-0698>
- [Fainsod-levi, et al., 2017. Hyperglycemia Impairs Neutrophil Mobilization Leading to Enhanced Metastatic Seeding. Cell Reports 21, 2384-2392.](#)
- Gusmão, 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.
- Hidayati, Siti N. 2006. *Obesitas pada Anak*. <http://www.pediatrik.com/buletin/06224113652-0484wc.doc> diakses 20 Februari 2006.
- Hidayati, Siti N. 2015. *Pengertian dan Cara Kerja Electrical Muscle Stimulation (EMS)*. <http://olahragaqw.blogspot.com> diakses 09 Maret 2015.

- Hendri, Busman dan Muhartono. 2013. *Peningkatan Ketebalan Miokardium Mencit (Mus musculus) Akibat Paparan Medan Listrik Tegangan Tinggi*. Lampung: Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pendidikan. Volume 45 No 3.
- Ibrahim, B. S., 2011. *Penggunaan Pembangkit Medan Listrik Frekuensi Rendah untuk Terapi Diabetes Mellitus*. Surabaya: Fakultas SAINTEK Universitas Airlangga.
- Istikomah. 2006. *Pengaruh Stimulasi Listrik Terhadap Penurunan Kadar Gula Mencit (Mus musculus)*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Lenzen, S., 2008. *The Mechanism of alloxan and streptozocin induced diabetics*. Diabetologia 51. P 216 – 226.
- Madigan MT, Martinko JM, Parker JB. 2003. *Biology of Microorganism 10th Edition*, Sourthern Illinois University Carbondale, Pearson Education. Upper Saddle River, NJ: 633-637.
- Malaise, W. J., et al. 1982. *Determinants of the Selective Toxicity of Alloxan to Pancreatic β Cell*. Proc.Nah.Acad.Sci. USA, 79, 927-930.
- Malole. M.B.B. dan Pramono, S.C.U. 1989. *Penanganan Hewan Percobaan di Laboratorium Bioteknologi*. Bandung: ITB.
- Meehan, M. 2000. *Beyond The Pressure Ulcer Blame Game: Reflections For The Future*. Ostomy Wound Manage, 46, 46-52.
- Mustafa Yaqub, Ali. 2018. <http://bincangsyariah.com/kalam/antara-takdir-dan-ikhtiar/>.
- Parjoto, Slamet. 2006. *Terapi Listrik untuk Modalitas Nyeri*. Semarang. IFI: Semarang.
- Perkeni. 2007. *Petunjuk Praktis Terapi Insulin pada Pasien Diabetes Mellitus*. Jakarta: Pusat Penerbitan Ilmu Penyakit Dalam FKUI.
- Price, S. dan Wilson, L.M. 2002. *Pathophysiology Clinical Concepts of Disease Processes*. St. Louis: Mosby Year Book. Inc.
- Povey, Robert. 1994. *How to Keep Your Cholesterol in Check (terjemahan)*: Wulandari, Widayanti D., *Memantau Kadar Kolesterol Anda*. Jakarta: Penerbit Arcan.
- Rahayu, Tuti. *Kadar Kolesterol Darah Tikus Putih (Rattus Norvegicus L) Setelah Pemberian Kombucha Cairan per-oral*. <http://eprints.ums.ac.id/408/pdf>. diakses 24 September 2005.

Rahmawati, *et al.*, 2009. *Pengembangan Sistem Penyembuhan Luka dengan Stimulasi Listrik*. ISSN 2085-9732.

Ranakusuma. 1987. *Diabetes Mellitus, Penyakit Kencing Manis Ed 2*. Jakarta: UI PRESS.

Ramaiah, Safitri. 2006. *Diabetes, Cara Mengetahui Gejala Diabetes dan Mendeteksinya Sejak Dini Ed 2*. Jakarta: PT Buana Ilmu Komputer.

Referensi: <https://tafsirweb.com/2485-surat-al-araf-ayat-31.html>

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.

Salyers Abigail A., White Dixie D. 1994. *Bacterial Pathogenesis*. Washington DC: ASM press, p.31 – 35; 262.

Schuler L. 2006. *Model animals and quantitative genetics*. Makalah Kuliah Umum. Bogor (ID): Fakultas Peternakan IPB.

Schuhfried, Othar, Richard Crevenna, Veronika Fialka-Moser, and Tatjana Paternostro-Sluga. 2012. *Non-Invasive Neuromuscular Electrical Stimulation In Patient With Central Nervous System Lesion*. Journal Rehabilitation Med 2012; 44: 99–105.

Setiawan. 2010. *Perancangan dan Pembuatan Pembangkit Medan Listrik DC Pulsa dengan pengaturan Frekuensi untuk Proses Antibakteri Methicil Resistant Staphylococcus aureus (MRSA) secara In vitro*. Malang: Universitas Brawijaya Malang.

Shihab, M Quraish. 2008. *Wawasan Al-Qur'an Tafsir Maudhu'i atas Berbagai Persoalan Ummat*. Bandung: Mizan.

Shukla, *et al.*, 2007. *Bis(queracetinato) Oxovanadium IV Reverse Metabolic Changes in Streptozotocin-induced Diabetic Mice*. The Review of Diabetic Studies. 4:33-42.

Smeltzer SC, Bare BG, Hinkle JL, Cheever KH, (2008). *Textbook of Medical Surgical Nursing, Eleventh Edition*. Brunner & Suddarth's. Wiliam and Wolter Kltwer Bussines Philadelphia.

Szkudelski, T., 2001. *The Mechanism of Alloxan And Streptozotocin Action in Beta Cells Of The Rat Pancreas*, Physiology Research, Vol 50; 536-546.

Susilowati, Retno. 2006. *Diabetes Mellitus, komplikasi dan pencegahannya*. Jurnal Saitika. Vol. 3 No. 1, 62 – 71.

Stephen & Kathleen, 2007. *Mikrobiologi Medis dan Infeksi (Terjemahan)*. Surabaya: Penerbit Erlangga.

Suharmiati. 2003. *Pengkajian Bioaktivitas Anti Diabetes Mellitus Tumbuhan Obat*. Jurnal Kedokteran. No. 140. 2003.

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*.

Wagner, F W.1981. *The Dyvascular Foot: A System for Diagnostics and Treatment. Foot and Ankle International*.
<http://doi.org/10.1177/107110078100200202>.





LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Pengambilan Sampel



Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*



Perkembangbiakan bakteri *Pseudomonas aeruginosa*



Inokulasi bakteri kedalam daging



Pemberian stimulasi arus listrik pada daging



Pengenceran



Mencit diinduksi dengan aloksan monohidrat



Pemberian luka sayat pada mencit



Pengukuran kadar gula darah pada mencit



mencit diabetes Mellitus sebelum diberi perlakuan



Kondisi mencit diabetes mellitus setelah diberi perlakuan 7 hari

Lampiran 2 Tabel koloni bakteri *Pseudomonas aeruginosa*

tegangan	waktu	koloni bakteri (CFU/mL)			rata-rata (CFU/mL)
		Pengulangan ke-1	Pengulangan ke-2	Pengulangan ke-3	
kontrol	kontrol	210.10 ³	186.10 ³	217.10 ³	204.10 ³
		195.10 ³	183.10 ³	176.10 ³	184.10 ³
		177.10 ³	185.10 ³	168.10 ³	176.10 ³
50 V	5 menit	174.10 ³	160.10 ³	163.10 ³	165.10 ³
		159.10 ³	154.10 ³	152.10 ³	155.10 ³
		144.10 ³	139.10 ³	145.10 ³	142.10 ³
	10 menit	136.10 ³	132.10 ³	127.10 ³	131.10 ³
		129.10 ³	125.10 ³	122.10 ³	125.10 ³
		122.10 ³	119.10 ³	114.10 ³	118.10 ³
	15 menit	112.10 ³	107.10 ³	110.10 ³	109.10 ³
		104.10 ³	93.10 ³	96.10 ³	97.10 ³
		97.10 ³	90.10 ³	88.10 ³	91.10 ³
60 V	5 menit	108.10 ³	104.10 ³	109.10 ³	107.10 ³
		102.10 ³	98.10 ³	97.10 ³	99.10 ³
		96.10 ³	90.10 ³	93.10 ³	93.10 ³
	10 menit	88.10 ³	83.10 ³	86.10 ³	85.10 ³
		82.10 ³	77.10 ³	80.10 ³	79.10 ³
		76.10 ³	72.10 ³	75.10 ³	74.10 ³
	15 menit	80.10 ³	74.10 ³	67.10 ³	73.10 ³
		77.10 ³	62.10 ³	54.10 ³	64.10 ³
		61.10 ³	55.10 ³	48.10 ³	54.10 ³
70 V	5 menit	64.10 ³	60.10 ³	57.10 ³	60.10 ³
		53.10 ³	54.10 ³	58.10 ³	55.10 ³
		51.10 ³	48.10 ³	45.10 ³	48.10 ³
	10 menit	44.10 ³	37.10 ³	32.10 ³	37.10 ³
		38.10 ³	33.10 ³	25.10 ³	25.10 ³
		26.10 ³	24.10 ³	25.10 ³	32.10 ³
	15 menit	23.10 ³	16.10 ³	18.10 ³	19.10 ³
		15.10 ³	12.10 ³	19.10 ³	15.10 ³
		10.10 ³	14.10 ³	7.10 ³	10.10 ³
80 V	5 menit	10.10 ³	11.10 ³	6.10 ³	9.10 ³
		7.10 ³	8.10 ³	6.10 ³	7.10 ³
		3.10 ³	8.10 ³	6.10 ³	5.10 ³
	10 menit	3.10 ³	6.10 ³	0	3.10 ³

		2.10^3	0	1.10^3	1.10^3
		0	0	0	0
	15 menit	0	0	0	0
		0	0	0	0
		0	0	0	0





**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 : Wasilatul Hasanah
NIM : 15640033
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Efek Stimulasi Arus Listrik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* Pada Luka Mencit (*Mus musculus*) Diabetes Mellitus
Pembimbing I : Dr. H. M. Tirono, M.Si
Pembimbing II : Ahmad Abtoki, M.Pd

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	25 Januari 2019	Konsultasi Bab I, II, dan III	
2	3 Januari 2019	Konsultasi Bab I, II, dan III	
3	15 Juli 2019	Konsultasi Bab I, II, dan III	
4	17 Februari 2019	Konsultasi Bab I, II, III dan ACC	
5	4 Oktober 2019	Konsultasi Data Hasil Bab IV	
6	18 Oktober 2019	Konsultasi Data Hasil Bab IV	
7	25 Oktober 2019	Konsultasi Bab IV	
8	9 November 2019	Konsultasi Bab IV	
7	20 November 2019	Konsultasi Bab IV	
8	20 November 2019	Konsultasi Kajian Agama	
9	29 November 2020	Konsultasi Kajian Agama dan ACC	
10	30 Januari 2020	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan ACC	

Malang, 30 Januari 2020

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika,

Drs. Abdul Basid, M.Si

NIP. 19650504 199003 1 003