

**PENGARUH ARUS RADIO FREKUENSI DAN ANTIBIOTIK TERHADAP  
PERTUMBUHAN BAKTERI *Escherichia coli* DAN PENGOBATAN LUKA  
PADA MENCIT (*Mus mucullus*) PENDERITA DIABETES MELITUS**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**RISTTA JUAT AJENG ARTIKA**  
**NIM. 200604110029**



**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2024**

**PENGARUH ARUS RADIO FREKUENSI DAN ANTIBIOTIK TERHADAP  
PERTUMBUHAN BAKTERI *Escherichia coli* DAN PENGOBATAN LUKA  
PADA MENCIT (*Mus mucullus*) PENDERITA DIABETES MELITUS**

**SKRIPSI**

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

**Oleh:  
RISTTA JUAT AJENG ARTIKA  
NIM. 200604110029**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2024**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PENGARUH ARUS RADIO FREKUENSI DAN ANTIBIOTIK TERHADAP  
PERTUMBUHAN BAKTERI *Escherichia coli* DAN PENGOBATAN LUKA  
PADA MENCIT (*Mus mucullus*) PENDERITA DIABETES MELITUS**

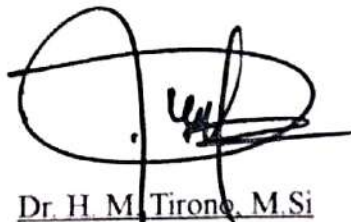
**SKRIPSI**

Oleh:

**RISTTA JUAT AJENG ARTIKA**  
NIM. 200604110029


Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji  
Pada tanggal, 20 Agustus 2024

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



Arista Romadani, M.Sc.  
NIP. 19900905 201903 1 018

Mengetahui,  
Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si  
NIP. 19740730 200312 1 002



## HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH ARUS RADIO FREKUENSI DAN ANTIBIOTIK TERHADAP  
PERTUMBUHAN BAKTERI *Escherichia coli* DAN PENGOBATAN LUKA  
PADA MENCIT (*Mus musculus*) PENDERITA DIABETES MELITUS

### SKRIPSI

Oleh:  
RISTTA JUAT AJENG ARTIKA  
NIM. 200604110029

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan diterima sebagai Salah Satu Persyaratan  
untuk Memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Pada Tanggal, 20 Agustus 2024

Penguji Utama :	<u>Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes</u> NIP. 19750808 199903 1 003	
Ketua Penguji :	<u>Farid Samsu Hananto, S.Si, M.T</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
Sekretaris Penguji :	<u>Dr. H. M. Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Anggota Penguji :	<u>Arista Romadani, M.Sc.</u> NIP. 19900905 201903 1 018	

Mengesahkan,  
Ketua Program Studi

  
Dr. Inam Tazi, M.Si  
NIP. 19740730 200312 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ristta Juat Ajeng Artika  
NIM : 200604110029  
Program Studi : Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : Pengaruh Arus Radio Frekuensi dan Antibiotik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* dan Pengobatan Luka pada Mencit (*Mus mucullus*) Penderita Diabetes Melitus

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

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 20 Agustus 2024  
Yang Membuat Pernyataan,



Ristta Juat Ajeng Artika  
NIM. 200604110029

## **MOTTO**

*"Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya" (Q.S Al-Baqarah 2: 286)*

*"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras dengan sungguh-sungguh (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhan-Mu lah engkau berharap"  
(Q.S Al-Insyirah: 6-8)*

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala nikmat, rahmat serta hidayah-Nya dalam proses penyelesaian skripsi ini. Sholawat serta salam selalu terlimpahkan pada Nabi Muhammad SAW. Skripsi ini dipersembahkan sebagai bukti usaha serta cinta dan kasih sayang penulis kepada orang-orang yang sangat berharga dalam hidup penulis. Dengan rasa bangga, karya sederhana ini, penulis persembahkan kepada:

1. Ibunda tercinta, Ibu Supaati. Terima kasih sudah melahirkan, merawat, membesarkan dengan penuh cinta, yang tak henti-hentinya memberikan kasih sayang, dan selalu berjuang di kehidupan penulis. Terima kasih atas segala bentuk nasehat, semangat, dan doa yang diberikan selama ini.
2. Ayahanda Dwi Juli Setiawan, yang selalu berjuang untuk kehidupan penulis, menjadi tulang punggung keluarga hingga akhirnya penulis bisa tumbuh dewasa dan berada di posisi ini. Terima kasih atas segala bentuk nasehat, semangat, dan doa yang diberikan selama ini.
3. Terima kasih untuk keluarga besar yang selalu memberikan dukungan baik secara moril maupun materil.
4. Bapak dan Ibu Dosen Prodi, terutama bapak Dr. H. M. Tirono M.Si. selaku pembimbing skripsi saya. Terima kasih sudah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, pengetahuan serta bimbingan mulai awal pengerjaan hingga terselesaikannya skripsi ini.
5. Partner in everything, Faris, yang telah menjadi bagian dari perjalanan dan berkontribusi banyak dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai. Terima kasih telah menjadi tempat berkeluh kesah, pendengar yang baik, dan selalu

ada dalam suka maupun duka untuk penulis. Terima kasih atas waktu, tenaga, doa dan hal baik yang diberikan dan telah menjadi rumah yang tidak hanya berupa tanah dan bangunan.

6. Sahabat lama penulis, Ananda Revi, Holifah, dan Lutfia Febrianti. Terima kasih atas segala waktu, support, dan kebaikan yang diberikan kepada penulis selama ini.
7. Teman seperjuangan, Natasya dan Afiya yang banyak membantu dan membersamai dalam kerumitan menyusun skripsi penulis serta tak pernah henti saling menyemangati.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu memberikan pemikiran demi kelancaran dan keberhasilan penyusunan skripsi ini.
9. Ristta Juat Ajeng Artika (diri sendiri), yang telah bertahan hingga saat ini disaat penulis tidak percaya terhadap dirinya sendiri. Disaat kendala "*people come and go*" selalu menghantui pikiran yang selama ini menghambat proses penyelesaian skripsi ini yang juga memotivasi penulis untuk terus ambisi dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih tetap memilih berusaha sampai di titik ini dan tetap meenjadi manusia yang selalu mau berusaha dan tidak lelah mencoba. Apapun pilihan yang telah dipegang sekarang, terima kasih sudah berjuang sejauh ini. Skripsi ini merupakan pencapaian yang patut dirayakan untuk diri sendiri.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Arus Radio Frekuensi dan Antibiotik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* dan Pengobatan Luka pada Mencit (*Mus musculus*) Penderita Diabetes Melitus.” dengan lancar. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun manusia dari jaman jahiliyah menuju jaman yang terang benderang, yang pernah dengan ilmu pengetahuan yang luar biasa.

Penyusunan skripsi ini dilakukan dengan maksud untuk memenuhi salah satu syarat dalam menempuh ujian tingkat sarjana Strata 1 (S1) pada Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari doa, dukungan, bantuan, dan bimbingan yang diberikan dari berbagai pihak-pihak yang terkait. Untuk itu, dalam kesempatan ini peneliti mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

4. Dr. H. M. Tirono, M.Si selaku Dosen Pembimbing skripsi yang telah bersedia meluangkan banyak waktunya dan memberi kritik serta sarannya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Segenap Dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengamalkan ilmunya, membimbing dan memberikan pengarahan serta membantu selama proses skripsi.
6. Kedua orang tuaku tercinta, yang selalu mendo'akan, memotivasi, dan memberikan semangat dalam penulisan skripsi ini.
7. Serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun secara tidak langsung demi kesuksesan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berharap semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi penulis dan semua pihak yang membaca laporan ini, dalam menambah wawasan ilmiah dan memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat penulis harapkan demi kebaikan bersama.

Malang, 20 Agustus 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGANTAR .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	v
MOTTO .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
ABSTRAK .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
مستخلص البحث.....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Batasan Masalah .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Arus Radio Frekuensi.....	7
2.2 Arus AC .....	8
2.3 Mekanisme Kerja Tripolar RF .....	9
2.3 Hukum Joule.....	11
2.4 Bakteri <i>Escherichia coli</i> .....	12
2.5 Efek Energi Listrik Terhadap Bakteri .....	14
2.5.1 Efek Termal/Joule .....	14
2.5.2 Efek Elektrolisis.....	15
2.6 Diabetes Melitus .....	17
2.6.1 Definisi.....	17
2.6.2 Klasifikasi.....	17
2.6.3 Glukosa darah .....	18
2.6.4 Ulkus Diabetik .....	18
2.7 Antibiotik .....	20
2.7.1 Definisi Antibiotik.....	20
2.7.2 Penggolongan Antibiotik.....	20
2.8 Uji Sensitivitas Bakteri Terhadap Antiviotik.....	21

<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
3.1 Jenis Penelitian.....	22
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	22
3.4 Alat dan Bahan.....	23
3.4.1 Alat Penelitian.....	23
3.4.2 Bahan Penelitian .....	24
3.5 Rancangan Penelitian .....	24
3.6 Prosedur Penelitian .....	26
3.6.1 Sterilisasi.....	26
3.6.2 Pembuatan Media NA.....	27
3.6.3 Penumbuhan Bakteri <i>Escherichia coli</i> .....	27
3.6.4 Inokulasi Bakteri ke dalam Daging Ayam .....	27
3.6.5 Perlakuan Paparan Arus Radio Frekuensi Terhadap Daging Ayam .....	27
3.6.6 Pemberian Antibiotik Terhadap Daging Ayam .....	28
3.6.7 Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri .....	28
3.6.8 Penyuntikan Aloksan dan Pemberian Luka Pada Mencit .....	29
3.6.9 Uji Kadar Glukosa Darah .....	30
3.6.10 Perlakuan Arus Radio Frekuensi terhadap Luka Mencit .....	30
3.6.11 Teknik Pengumpulan Data.....	30
3.6.12 Teknik Analisa Data.....	32
 <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	 <b>33</b>
4.1 Data Hasil Penelitian .....	33
4.1.1 Pengaruh Radio Frekuensi dan Antibiotik terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Escherichia coli</i> pada Daging Ayam .....	34
4.1.2 Pengaruh Radio Frekuensi terhadap Penyembuhan Luka Mencit.....	44
4.2 Pembahasan .....	50
4.3 Kajian Integrasi Pengaruh Paparan Radio Frekuensi Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Escherichia coli</i> dan Pengobatan Luka pada Mencit Diabetes Melitus .....	56
 <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	 <b>60</b>
5.1 Kesimpulan .....	60
5.2 Saran .....	61
 <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	 <b>62</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>65</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Rentang Frekuensi Arus RF .....	8
Tabel 2. 2 Klasifikasi Diabetes Melitus Berdasarkan Etiologi .....	17
Tabel 2. 3 Jenis Bakteri yang Terdapat pada Ulkus Diabetikum.....	19
Tabel 3. 1 Pengolahan Data Jumlah Koloni Bakteri .....	31
Tabel 3. 2 Uji Toleransi Glukosa Darah di Awal dan Akhir Penelitian .....	31
Tabel 3. 3 Pengolahan Data Luasan Luka Mencit .....	32
Tabel 4.1 Data Hasil Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri <i>Escherichia coli</i> dengan Pemberian Antibiotik .....	34
Tabel 4.2 Data Hasil Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri <i>Escherichia coli</i> dengan Pemberian Paparan Radio Frekuensi .....	35
Tabel 4.3 Uji ANOVA Pengaruh Antibiotik terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Escherichia coli</i> pada Daging Ayam.....	40
Tabel 4.4 Hasil Uji DMRT Pengaruh Antibiotik terhadap Jumlah Koloni Bakteri <i>Escherichia coli</i> .....	41
Tabel 4.5 Uji ANOVA Pengaruh Paparan Radiofrekuensi terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Escherichia coli</i> pada Daging Ayam.....	41
Tabel 4.6 Hasil Uji DMRT Pengaruh Tegangan terhadap Jumlah Koloni Bakteri <i>Escherichia coli</i> .....	42
Tabel 4.7 Pengaruh Waktu terhadap Jumlah Koloni Bakteri.....	42
Tabel 4.8 Hasil Uji Toleransi Glukosa Darah pada Mencit di Awal dan di Akhir Penelitian dengan Tegangan 2 volt dan Waktu 20 menit.....	44
Tabel 4.9 Data Hasil Perkembangan Luka Mencit Diabetes Melitus .....	46
Tabel 4.10 Gambar Hasil Perkembangan Luka Mencit Diabetes .....	47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Blok Pembangkit Radio Frequency (RF) .....	7
Gambar 2. 2 Sinyal AC dan Rangkaian Arus AC .....	9
Gambar 2. 3 Alat Tripolar RF .....	11
Gambar 2. 4 Bentuk Bakteri Escherichia Coli .....	13
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penonaktifan Bakteri <i>Escherichia Coli</i> .....	25
Gambar 3. 2 Diagram Alir Treatment Arus Radio Frekuensi pada Mencit .....	26
Gambar 4. 1 Grafik Pengaruh Konsentrasi Antibiotik Terhadap Jumlah Koloni Bakteri <i>Escherichia coli</i> .....	37
Gambar 4. 2 Grafik Pengaruh Tegangan dan lama paparan terhadap Jumlah Koloni Bakteri <i>Escherichia coli</i> .....	38
Gambar 4. 3 Grafik Pengaruh Waktu Paparan terhadap Jumlah Koloni Bakteri <i>Escherichia coli</i> .....	39
Gambar 4. 4 Glukosa Darah pada Mencit di Awal dan di Akhir Penelitian dengan Tegangan 2 volt dan Waktu 20 menit .....	44

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Penelitian .....	65
Lampiran 2. Data Hasil Penelitian .....	68

## ABSTRAK

Artika, Ristta Juat Ajeng. 2024. **Pengaruh Arus Radio Frekuensi dan Antibiotik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* dan Pengobatan Luka pada Mencit (*Mus mucullus*) Penderita Diabetes Melitus**. Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) DR. H.M. Tirono, M.Si (II) Arista Romadoni, M.Sc

---

**Kata Kunci:** Radio frekuensi, *Escherichia coli*, Diabetes Melitus, Antibiotik, Luka Mencit

Diabetes melitus menyebabkan hiperglikemia dan meningkatkan risiko infeksi bakteri, terutama oleh *Escherichia coli* (E. coli). Pengobatan alternatif yang akan dilakukan adalah dengan pemberian antibiotik dan paparan radio frekuensi yang dapat mempercepat penyembuhan luka dengan merangsang pertumbuhan sel dan meningkatkan aliran darah ke area luka. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tegangan, waktu paparan serta variasi konsentrasi antibiotik terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan perkembangan luka mencit diabetes mellitus. Pemberian paparan radio frekuensi pada sampel dilakukan dengan memvariasikan tegangan (1,1.5, dan 2 volt), waktu pemberian (5, 10,15 dan 20 menit), serta variasi konsentrasi antibiotik (0.1, 0.15, 2, dan 0.25 ml). Variabel yang diukur adalah jumlah koloni bakteri yang masih aktif dan kondisi luka mencit diabetes mellitus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian paparan arus radio frekuensi yang paling optimum terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*. Semakin besar tegangan dan waktu yang diberikan maka penurunan koloni bakteri akan semakin banyak. Variasi tegangan dan waktu yang paling efektif adalah 2 volt dengan waktu 20 menit. Radio frekuensi juga berpengaruh pada perkembangan luka mencit diabetes mellitus, semakin besar tegangan dan waktu yang diberikan maka luka mencit akan cepat mengering.



## ABSTRACT

Artika, Ristta Juat Ajeng. 2024. **Effect of Radio Frequency Current and Antibiotics on the Growth of Escherichia coli Bacteria and Wound Treatment in Mice (*Mus mucullus*) with Diabetes Mellitus.** Thesis. Physics Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Advisors: (I) DR. H.M. Tirono, M.Si (II) Arista Romadoni, M.Sc

---

**Keywords:** Radio frequency, *Escherichia coli*, Diabetes Mellitus, Antibiotics, Mouse Wounds

Diabetes mellitus causes hyperglycemia and increases the risk of bacterial infection, especially by *Escherichia coli* (*E. coli*). Alternative treatment is to administer antibiotics and radio frequency exposure that can accelerate wound healing by stimulating cell growth and increasing blood flow to the wound area. This study aims to determine the effect of voltage, exposure time and variation of antibiotic concentration on the growth of *Escherichia coli* bacteria and wound development of diabetes mellitus mice. Radiofrequency exposure was given to the samples by varying the voltage (1, 1.5, and 2 volts), time of administration (5, 10, 15 and 20 minutes), and variations in antibiotic concentration (0.1, 0.15, 2, and 0.25 ml). The variables measured were the number of active bacterial colonies and the wound condition of diabetes mellitus mice. The results showed that the most optimum exposure to radio frequency current against the growth of *Escherichia coli* bacteria. The greater the voltage and time given, the decrease in bacterial colonies will be more. The most effective voltage and time variation is 2 volts with 20 minutes. Radio frequency also affects the development of diabetes mellitus mice wounds, the greater the voltage and time given, the mice wounds will dry quickly.

## مستخلص البحث

أرتيكا، ريستا جوات اجيع (2024) تأثير تيار الترددات الراديوية والمضادات الحيوية على نمو بكتيريا الإشريكية القولونية وعلاج الجروح في الفئران (*Mus mucullus*) مرضى السكري. البحث الجامعي، قسم فيزياء. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (1) الدكتور. محمد تيرونو، الحج. (2) أريستا رمضان، الماجستير.

الكلمات الأساسية: ترددات الراديو، الإشريكية القولونية، داء السكري، المضادات الحيوية، فئران الجروح.

يسبب داء السكري ارتفاع السكر في الدم ويزيد من خطر الإصابة بالعدوى البكتيرية، خاصة عن طريق الإشريكية القولونية (*E. coli*). العلاج البديل الذي سيتم تنفيذه هو إعطاء المضادات الحيوية والتعرض للترددات الراديوية التي يمكن أن تسرع التئام الجروح عن طريق تحفيز نمو الخلايا وزيادة تدفق الدم إلى منطقة الجرح. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد تأثير الجهد ووقت التعرض وتباين تركيز المضادات الحيوية على نمو بكتيريا الإشريكية القولونية وتطور آفات الفئران السكرية. تم تطبيق التعرض للترددات الراديوية على العينات عن طريق تغيير الجهد (1، 1.5، 2 فولت)، ووقت الإعطاء (5 و 10، 15 و 20 دقيقة)، والاختلافات في تركيزات المضادات الحيوية (0.1 و 0.15 و 2 و 0.25 مل). كانت المتغيرات المقاسة هي عدد المستعمرات البكتيرية النشطة وحالة جرح الفئران المصابة بالسكري. أظهرت النتائج أن التعرض للأمثل لتيارات التردد اللاسلكي ضد نمو بكتيريا الإشريكية القولونية. كلما زاد الجهد والوقت المعطى، كلما انخفضت المستعمرة البكتيرية. الجهد الأكثر فعالية واختلاف الوقت هو 2 فولت مع وقت 20 دقيقة. يؤثر التردد اللاسلكي أيضا على تطور آفات الفئران المصابة بالسكري، فكلما زاد التوتر والوقت المعطى، زادت سرعة جفاف جرح الفئران.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Diabetes melitus adalah kondisi gangguan metabolisme yang timbul akibat terganggunya sistem sintesis insulin atau respon terhadap hormon insulin yang mengendalikan pengolahan glukosa dalam tubuh. Kondisi ini mengakibatkan peningkatan kadar gula darah (hiperglikemia), yang dapat menyebabkan sejumlah komplikasi kesehatan yang serius jika tidak ditangani. Komplikasi yang sering dialami oleh orang penderita diabetes melitus adalah kerentanan terkait infeksi bakteri. Infeksi bakteri dapat menghambat proses penyembuhan luka. Luka diabetes merupakan faktor utama yang menyebabkan amputasi pada bagian bawah tubuh penderita diabetes melitus. Menurut (Levin et al., 2008) , pasien diabetes mempunyai risiko amputasi 15-40 % lebih tinggi jika dibandingkan dengan pasien tanpa penyakit tersebut. Di Indonesia, sekitar 30% pasien diabetes pernah mengalami amputasi kaki akibat luka yang disebabkan oleh diabetes (Waspadji, 2006).

*Escherichia coli* (E. coli) dapat menyebabkan infeksi pada luka, terutama pada penderita diabetes melitus, dan menjadi penyebab utama tingginya angka kematian. Infeksi ini dapat dihambat dengan antibiotik (R. Kemenkes, 2021). Infeksi bakteri saat ini masih diatasi dengan antibiotik, yang penggunaannya meningkat pesat dalam lima dekade terakhir (Nurjanah et al., 2020). *Ciprofloxacin*, merupakan salah satu antibiotik yang efektif untuk menyembuhkan infeksi bakteri, termasuk *Escherichia* (R. I. Kemenkes, 2011). Namun, resistensi

antibiotik saat ini sering terjadi, memperpanjang durasi penyakit dan masa perawatan durasi di rumah sakit.

Di sisi lain, teknologi pengobatan luka dengan arus Radio Frekuensi (RF) juga menunjukkan potensi dalam mempercepat penyembuhan luka. Arus radio frekuensi dapat merangsang pembentukan sel-sel baru serta meningkatkan aliran darah ke area yang terkena luka, sehingga mempercepat proses penyembuhan. Pada penelitian terdahulu oleh Corio (2014) telah mengeksplorasi penggunaan teknologi sistem plasma radio frekuensi untuk mengurangi jumlah Bakteri *Escherichia coli* dalam air minum. Penelitian ini menggunakan variasi frekuensi pada alat plasma radio frekuensi, yakni 3 MHz, 3,3 MHz, dan 3,7 MHz. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pengujian air limbah dengan konsentrasi bakteri sebesar 350.000 MPN (100%), frekuensi plasma 3,3 MHz berhasil menurunkan jumlah bakteri sebesar 6%, sedangkan frekuensi 3,7 MHz mengurangi hingga 0,07%. Untuk uji air sungai dengan konsentrasi bakteri sebesar 23.000 MPN (100%), frekuensi plasma 3,3 MHz mengurangi bakteri sebanyak 9%, sementara frekuensi 3,7 MHz mengurangi sebanyak 6% (Corio et al., 2014).

Penelitian sebelumnya juga dilakukan oleh Muhadi (2015) mengenai cara mengurangi mikroorganisme dalam air menggunakan sistem plasma radio frekuensi secara kontinu. Dalam studi tersebut, reaktor plasma yang digunakan terbuat dari kaca dengan berbagai ukuran (1, 2, dan 3 inci) dan ketebalan 2 mm, serta panjang 30 cm, dibungkus menggunakan kawat tembaga. Frekuensi yang diterapkan pada generator plasma RF adalah 3 MHz. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada reaktor dengan diameter 3 inci, perlakuan sampel air

selama 180 menit mengurangi total coliform sebesar 11,63% dan fecal coliform sebesar 8,22%. Untuk reaktor diameter 2 inci, efisiensi pengurangan total coliform mencapai 35% dan fecal coliform sebesar 13,51%. Penggunaan reaktor diameter 1 inci menghasilkan efisiensi pengurangan total coliform sebesar 29,23% dan fecal coliform sebesar 16,46%. Selain itu, tingkat kematian (kD) pada fecal coliforms menunjukkan peningkatan sebesar 46% dibandingkan dengan total coliforms (Muhadi et al., 2015).

Penggunaan arus RF dengan variasi frekuensi telah terbukti dapat menghambat pertumbuhan bakteri, namun masih ada bakteri yang tetap aktif dalam air minum. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan mengenai radio frekuensi dengan variasi frekuensi dan tegangan menggunakan elektroda, dengan harapan untuk mencapai penghambatan bakteri yang lebih efektif dibandingkan dengan studi sebelumnya. Penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya karena pada bahan yang digunakan berbeda; dalam penelitian ini, bahan yang dianalisis adalah daging ayam, bukan air minum, dan fokus analisisnya adalah jumlah koloni bakteri. Untuk memahami penyebab kematian bakteri dengan lebih jelas, karakterisasi arus radio frekuensi perlu dilakukan untuk menjelaskan penghambatan pertumbuhan bakteri.

Dalam QS An-Nahl (16:69) menyajikan gambaran yang berkaitan dengan perintah Allah memberi manusia pengetahuan dan akal untuk memahami serta menggunakan cara-cara pengobatan yang efektif

ثُمَّ كُلِّي مِنْ كُلِّ النَّمْرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلُلًا ۗ يَخْرُجُ مِنْ بُطُونِهَا شَرَابٌ مُخْتَلِفٌ  
أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ لِلنَّاسِ ۗ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

*Artinya : "kemudian makanlah dari segala (macam) buah-buahan lalu tempuhlah jalan Tuhanmu yang telah dimudahkan (bagimu)." Dari perut lebah itu keluar minuman (madu) yang bermacam-macam warnanya, di dalamnya terdapat obat yang menyembuhkan bagi manusia. Sungguh, pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berpikir." (QS. An-Nahl: 69)*

Ayat ini menegaskan bahwa Allah SWT. telah menciptakan berbagai jenis obat-obatan di alam semesta ini, termasuk dalam madu yang dihasilkan oleh perut lebah, sebagai cara-Nya untuk menyembuhkan penyakit-penyakit yang ada. Hal ini menunjukkan bahwa Allah memberi manusia pengetahuan untuk memahami dan memanfaatkan sumber-sumber pengobatan yang telah Allah ciptakan di alam semesta. Dalam konteks penelitian tentang penyembuhan luka mencit, ini mencerminkan pentingnya ilmu pengetahuan dan pengobatan efektif dalam penyembuhan. Allah memberi manusia pengetahuan dan akal untuk memahami serta menggunakan cara-cara pengobatan yang efektif dalam menyembuhkan luka dan penyakit. Oleh karena itu, penelitian tentang terapi efektif, seperti arus radio frekuensi dan antibiotik, mencerminkan upaya manusia menghargai karunia pengetahuan dari Allah untuk mencapai kesembuhan.

Dalam penelitian ini dilakukan paparan menggunakan arus radio frekuensi dan dilakukan karakterisasi arus radio frekuensinya sebelum digunakan serta pemberian antibiotik untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*, serta untuk mengkaji efektivitas kombinasi pengobatan arus RF dan antibiotik dalam pengobatan luka pada mencit penderita diabetes melitus. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan baru mengenai penggunaan arus frekuensi radio dan antibiotik dalam pengobatan infeksi bakteri pada penderita diabetes melitus, serta meningkatkan pemahaman mengenai pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan resistensi antibiotik pada penderita diabetes melitus.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi antibiotik terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*?
2. Bagaimana pengaruh tegangan dan waktu paparan radio frekuensi terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*?
3. Bagaimana pengaruh arus radio frekuensi dan antibiotik terhadap penyembuhan luka pada mencit penderita diabetes melitus yang terinfeksi bakteri *Escherichia coli*?

## 1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi antibiotik terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*.
2. Untuk mengetahui pengaruh tegangan dan waktu paparan radio frekuensi terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia Coli*.
3. Untuk mengetahui pengaruh arus radio frekuensi dan antibiotik terhadap penyembuhan luka pada mencit penderita diabetes melitus yang terinfeksi bakteri *Escherichia coli*.

## 1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian hanya dilakukan pada bakteri *Escherichia coli*.
2. Antibiotik yang digunakan adalah *Oxoferin* dalam bentuk larutan.
3. Alat yang digunakan untuk paparan arus radio frekuensi adalah 6 in 1 Cavitation RF Vacuum.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Mengetahui apakah terdapat interaksi antara arus frekuensi radio dan antibiotik terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan penyembuhan luka pada mencit penderita diabetes melitus.
2. Memberikan informasi baru mengenai penggunaan arus radio frekuensi dan antibiotik dalam pengobatan infeksi bakteri pada penderita diabetes melitus.



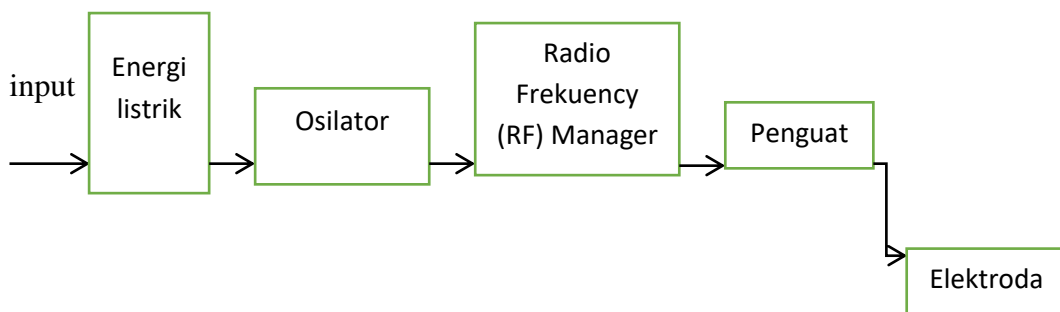
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Arus Radio Frekuensi

Radio frekuensi (RF) adalah aplikator panas *interstisial* yang beroperasi pada frekuensi dari 30 hingga 300 Hz hingga 2 hingga 30 MHz. Artinya, energi panas RF melalui pemanasan konduktif dikirim ke jaringan melalui *elektroda* (*probe*), dan panas yang diberikan menyebabkan interaksi antara pergerakan molekul. Molekul di bawah permukaan tersebut dapat mengaktifkan kolagen yang tidak kuat dan menghangatkan jaringan lemak subkutan dengan dampak yang minim pada jaringan yang sehat (Mukhtar et al., 2009).

Radio Frekuensi melibatkan osilator yang menghasilkan gelombang radio dengan frekuensi tertentu sesuai kebutuhan. Tahap peratama, input berupa informasi atau sinyal dimasukkan kedalam perangkat dan dikonversi menjadi energi listrik yang selanjutnya energi listrik tersebut menggerakkan osilator. Gelombang radio yang dihasilkan oleh osilator dikontrol frekuensinya oleh radio frekuensi manger. Setelah itu, gelombang tersebut diperkuat oleh penguat yang kemudian disalurkan ke elektroda yang siap dipaparkan ke tubuh.



Gambar 2. 1 Diagram Blok Pembangkit Radio Frequency (RF)

Radio Frekuensi (RF) adalah energi arus listrik yang dihasilkan oleh osilator dan berada dalam rentang frekuensi gelombang radio. Arus listrik adalah muatan listrik yang melewati suatu penampang dalam periode waktu tertentu, dengan rapat arus listrik yang diartikan pada jumlah muatan yang melewati penampang per satuan luas dalam waktu tertentu. Salah satu aplikasinya adalah di sektor kesehatan pangan untuk menghambat pertumbuhan bakteri.

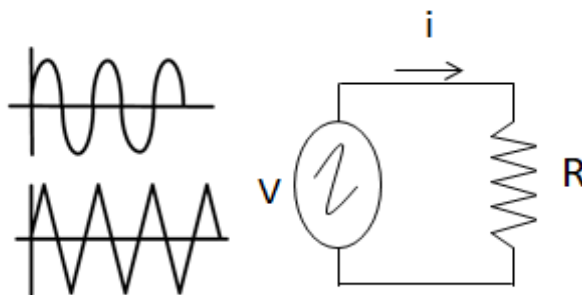
Adapun rentang frekuensi radio yang digunakan dalam aplikasi kesehatan ditentukan oleh Alonso dan Firm (1992).

Tabel 2. 1 Rentang Frekuensi Arus RF

Frekuensi	Panjang gelombang	Nama band	Singkatan
3 – 30 Hz	$10^4 - 10^5$ km	Frekuensi amat rendah	ELF
30 – 300 Hz	$10^3 - 10^4$ km	Frekuensi super rendah	SLF
300 – 3000 Hz	$100 - 10^3$ km	Frekuensi ultra rendah	ULF
3 – 30 kHz	10 – 100 km	Frekuensi sangat rendah	VLF
30 – 300 kHz	1 – 10 km	Frekuensi rendah	LF
300 kHz – 3 MHz	100 m – 1 km	Frekuensi sedang	MF
3 – 30 MHz	10 – 100 m	Frekuensi tinggi	HF
30 – 300 MHz	1 – 10 m	Frekuensi sangat tinggi	VHF
300 MHz – 3 GHz	10 cm – 1 m	Frekuensi ultra tinggi	UHF
3 – 30 GHz	1 – 10 cm	Frekuensi super tinggi	SHF
30 – 300 GHz	1 mm – 1 cm	Frekuensi amat tinggi	EHF
300 GHz - 3000 GHz	0.1 mm - 1 mm	Frekuensi luar biasa tinggi	THF

## 2.2 Arus AC

Arus bolak-balik AC mengalami perubahan polaritas dalam interval waktu tertentu, bisa berupa sinyal periodik atau tak periodik. Sinyal periodik menunjukkan pola berulang dalam interval waktu yang sama, sering diungkapkan sebagai fungsi sinusoidal (Widya, 2017).



Gambar 2. 2 Sinyal AC dan Rangkaian Arus AC

Arus yang dihasilkan oleh osilator memiliki potensi untuk mentransfer energi mekanik pada tingkat daya yang ditentukan dan dapat menghasilkan energi listrik dengan frekuensi yang bervariasi tergantung pada tegangan dan arus yang diterapkan. Variasi dalam frekuensi dapat mempersulit pengukuran daya dengan menggunakan tegangan dan arus. Oleh karena itu, agar sesuai dengan frekuensi yang ada, perlu dilakukan penyesuaian daya untuk mencapai tingkat yang lebih tinggi (Taufik, 2014).

Arus listrik AC dapat bergerak secara bergantian antara kutub yang berbeda. Aliran listrik AC melibatkan interaksi antara kutub positif (+) dan negatif (-), yang menghasilkan energi listrik. Energi listrik ini kemudian bisa disalurkan melalui elektroda yang terbuat dari logam, aluminium, tembaga, atau kuningan, yang berperan sebagai konduktor untuk pertumbuhan bakteri. (Widya, 2017).

### 2.3 Mekanisme Kerja Tripolar RF

Penggunaan energi RF dalam aspek estetika tercapai karena kemampuan RF dalam sifat terapeutik meningkatkan metabolisme jaringan ketika jaringan dipanaskan, tanpa mengganggu epidermis/lapisan atas kulit dan bersifat non-invasif. Resistensi terhadap gerakan ini menyebabkan RF menghasilkan panas yang akan menyebabkan denaturasi kolagen yang menyebabkan efek *peremajaan* dan pemanasan fibroblas yang menyebabkan stimulasi produksi

kolagen dan menyebabkan kolagen dan serat elastis mengecil. Hal ini akan menghasilkan kulit yang lebih tebal, kencang, dan lebih tegang. Pemanasan jaringan juga menyebabkan gangguan pada *septa fibrosa* yang menyebabkan kontraksi jaringan tiga dimensi.

Mekanisme energi RF dapat dicapai melalui proses fisika yang mendasarinya, dimana sebuah jaringan memiliki resistensi pada kulit dan resistensi arus listrik jaringan akan menghasilkan panas.

$$\text{Energi Joule} = I^2 \times R \times T \quad 2.1$$

dimana I = Arus (A); R = Hambatan ( $\Omega$ ); t = Waktu (s)

Pada dasar rumus ini, energi panas yang dihasilkan akan berhubungan langsung dengan kekuatan arus listrik dan resistensi jaringan, yang mana ini akan menyebabkan kolisi antara molekul atau ion yang bersifat *bermuatan*. Hal ini menyebabkan hasil yang berbeda pada area yang berbeda dan individu yang berbeda meskipun menggunakan arus RF yang sama, karena jaringan yang berbeda memiliki resistensi yang berbeda dan jaringan yang serupa memiliki resistensi yang berbeda pada individu yang berbeda. Hal ini ditambah lagi dengan konduktivitas jaringan yang berbeda pada setiap jaringan. Konduktivitas arus listrik akan meningkat pada area dengan sirkulasi darah yang tinggi.

Radio Frekuensi yang memanfaatkan efek termal intensif bekerja pada daging ayam dengan merangsang lapisan bawah epidermis, menghasilkan reaksi distribusi panas yang tinggi di luar kulit dan efek non termal di dalam kulit. Reaksi ini memengaruhi molekul di bawah lapisan epidermis seperti kolagen, lemak, dan saraf, yang mengakibatkan interaksi kuat antar molekul pada jaringan lemak dan efek termal yang menghambat pertumbuhan bakteri. Energi listrik yang

diterapkan pada daging ayam menghasilkan efek termal yang menginduksi daging tersebut, sehingga daging menerima panas yang kemudian menyebar ke medium dengan suhu yang lebih rendah. Suhu panas ini meresap ke dalam jaringan, menyebabkan pemecahan molekul-molekul, termasuk bakteri yang ada di dalam daging.



Gambar 2. 3 Alat Tripolar RF

### 2.3 Hukum Joule

Aliran arus listrik melalui suatu resistansi selalu disertai dengan pelepasan energi listrik yang dapat disebut sebagai konversi energi listrik menjadi energi panas. Dengan kehilangan daya yang setara, energi tersebut akan diserap oleh perpindahan panas. Namun, jika pelepasan energi melebihi, hal tersebut akan meningkatkan temperatur dari bahan penghantar. Ketika dimasukkan pada kecepatan Kalor Joule, maka (Harahap, 1988):

$$Q_J = I.V = I^2R \quad 2.2$$

Radio Frekuensi kontinu terus-menerus menyediakan rangsangan listrik yang berkelanjutan pada jaringan target, meningkatkan suhu di sekitar area yang diperlakukan, sementara Radio-Frekuensi pulsa diakui sebagai metode yang lebih

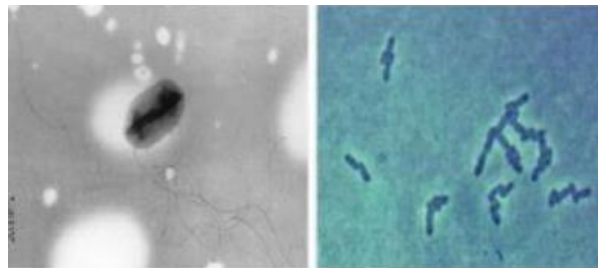
aman dan efektif. Radio-Frekuensi pulsa mengarahkan medan listrik dan panas ke jaringan target tanpa menimbulkan kerusakan yang signifikan. Tegangan pulsa memiliki lebar pulsa yang sempit dan durasi yang panjang untuk meminimalkan efek samping, terutama pemanasan Joule (Tirono et al., 2022). Radio Frekuensi pulsa memberikan rangsangan listrik singkat diikuti dengan fase istirahat yang panjang, sehingga panas yang dihasilkan tidak cukup untuk menyebabkan kerusakan struktural pada jaringan (Yang & Chang, 2020).

#### **2.4 Bakteri *Escherichia coli***

*Escherichia coli* adalah bakteri gram negatif, berbentuk batang, tidak menghasilkan spora serta fakultatif anaerob. Koloni *Escherichia coli* berbentuk bulat, halus, cembung dengan tepi yang nyata. Strain bakteri *Escherichia coli* meliputi EIEC (*Enteroinvasive Escherichia coli*), ETEC (*Enterotoxigenic Escherichia coli*), EPEC (*Enteropathogenic Escherichia coli*), EHEC (*Enterohemorrhagic Escherichia coli*) dan EAEC (*Enteroadgregative Escherichia coli*). Berikut ini adalah klasifikasi dari bakteri *Escherichia coli* (Sutiknowati, 2016):

- a. Kingdom : *Bacteria*
- b. Filum : *Proteobacteria*
- c. Kelas : *Gamma Proteobacteria*
- d. Ordo : *Enterobacteriales*
- e. Famili : *Enterobacteriaceae*
- f. Genus : *Escherichia*
- g. Spesies : *Escherichia coli*

Sel *Escherichia coli* memiliki panjang berkisar antara 2,0 hingga 6,0 mikrometer dan dapat ditemukan secara tunggal atau berpasangan. Bakteri *Escherichia coli* dapat tumbuh dalam rentang suhu antara 10 hingga 40°C, dengan suhu optimalnya pada 37°C. Rentang pH yang paling mendukung pertumbuhan *Escherichia coli* adalah antara 7,0 hingga 7,5 (Rahayu et al., 2018). *Escherichia coli* menunjukkan sensitivitas tinggi terhadap suhu panas, di mana paparan panas dapat merusak protein dalam selnya, sehingga menyebabkan bakteri kehilangan kemampuan untuk bertahan hidup (Sutiknowati, 2016)



Gambar 2. 4 Bentuk Bakteri *Escherichia Coli* (Rahayu et al., 2021)

Dalam tubuh manusia, *Escherichia coli* mampu bertahan dan berkembang pada tingkat pH yang tinggi (Rahayu et al., 2021). Bakteri ini dapat bertahan hidup dan melakukan reproduksi di luar tubuh, serta dapat menyebar melalui feses. Meskipun kedua lingkungan ini memiliki karakteristik yang sangat berbeda, yakni sistem pencernaan manusia yang cenderung stabil, hangat, anaerobik, dan kaya akan suplemen, sementara lingkungan di luar sistem pencernaan cenderung bersifat aerobik, lebih dingin, dan memiliki kandungan suplemen yang lebih rendah. Waktu generasi *Escherichia coli* berkisar antara 30 hingga 87 menit, tergantung pada suhu. Interval waktu ini adalah periode yang diperlukan oleh *Escherichia coli* untuk membelah selnya dan menggandakan jumlahnya. Waktu

generasi terpendek untuk bakteri ini adalah 30 menit, dengan suhu optimal perkembangannya adalah 37°C (Rahayu et al., 2021).

## 2.5 Efek Energi Listrik Terhadap Bakteri

### 2.5.1 Efek Termal/Joule

Konduktivitas termal adalah proses perpindahan panas yang terjadi akibat perbedaan suhu, di mana energi termal berpindah dari area dengan suhu tinggi ke area dengan suhu rendah (Callister dkk, 2003). Secara umum, konduktivitas termal dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$K = \frac{Q}{t} \times \frac{L}{A\Delta T} \quad 2.3$$

Besaran ini dapat diartikan sebagai total energi panas (Q) yang melewati ketebalan material (L) dalam jangka waktu (t), dengan arah pergerakan tegak lurus terhadap area permukaan dan luas penampang (A), yang disebabkan oleh perbedaan suhu ( $\Delta T$ ) dalam keadaan konstan.

Bagian tubuh manusia, seperti kulit atau organ lainnya, terdiri dari sel-sel. Masing-masing sel mempunyai karakteristik resistensi, kapasitansi, dan konduktansi listrik. Karena karakteristik resistif dan kapasitif ini, arus listrik yang mengalir melalui sel menyebabkan konversi energi listrik menjadi energi panas. Jika dua titik pada tubuh terhubung ke sumber arus dengan perbedaan potensial V dan arus yang mengalir sebesar i, maka energi listrik yang dipindahkan dalam waktu t dapat dihitung sebagai berikut:

$$W = V \cdot i \cdot t \quad 2.4$$

Apabila resistansi pada suatu bagian tubuh dilalui arus listrik adalah R, maka hubungan antara tegangan dan arus adalah  $V=i.R$ , sehingga energi listrik yang dihasilkan dapat dinyatakan sebagai:



$$W = i^2 R t \quad 2.5$$

Persamaan ini menunjukkan bahwa dengan meningkatnya arus yang mengalir, jumlah energi listrik yang dihasilkan juga akan meningkat.

Energi listrik dalam tubuh ini menyebabkan atom-atom dalam sel bergetar, yang pada gilirannya menyebabkan tumbukan antar atom. Tumbukan ini meningkatkan suhu sel tubuh akibat aliran arus. Jumlah energi panas  $Q$  yang dihasilkan berbanding lurus dengan energi listrik yang mengalir, seperti dijelaskan oleh (Diehr, 2014a) :

$$Q = i^2 R t \quad 2.6$$

Energi panas yang dihasilkan oleh arus disebarkan ke lingkungan sekitar. Ketika bakteri berada di area luka, energi panas ini ditransfer ke bakteri. Jika kapasitas panas bakteri adalah  $C$  dan massa bakteri adalah  $m$ , maka perubahan suhu yang terjadi dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\Delta T = \frac{Q}{m C} \quad 2.7$$

Substitusi persamaan 3 ke dalam persamaan 4, didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\Delta T = \frac{i^2 R t}{m C} \quad 2.8$$

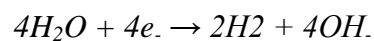
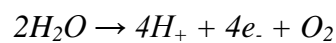
Jika nilai  $m$ ,  $C$ , dan  $R$  yang tetap, perubahan suhu dipengaruhi oleh variasi arus ( $i$ ) dan durasi waktu ( $t$ ). Jika suhu pada bakteri tersebut melebihi batas toleransi pertumbuhannya, hal ini dapat mengakibatkan kematian bakteri. Laju kematian bakteri dipengaruhi oleh intensitas arus listrik yang mengalir.

### 2.5.2 Efek Elektrolisis

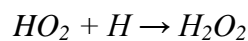
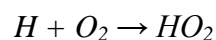
Elektrolisis adalah proses tidak spontan yang terjadi dalam sistem elektroda yang terhubung ke sumber arus listrik. Proses ini melibatkan pemecahan senyawa melalui aliran listrik, di mana sel elektrolisis membutuhkan energi untuk

memindahkan elektron. Proses ini dimulai dengan arus listrik yang mengalirkan elektron ke larutan melalui elektroda negatif. Kemudian ion bermuatan positif akan menerima elektron dan mengalami reaksi reduksi di katode, sementara itu ion yang bermuatan negatif akan melepaskan elektron dan mengalami reaksi oksidasi di elektroda positif atau anode (Riyanto & Agustiningsih, 2018).

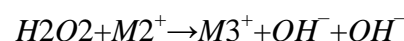
Selama proses elektrolisis, aliran muatan menyebabkan perpindahan muatan pada membran sel bakteri. Reaksi kimia yang berlangsung selama proses ini adalah (Riyanto & Agustiningsih, 2018):



Pembentukan atom hidrogen (H) merupakan tahap dalam proses sintesis molekul hidrogen melalui reaksi reduksi pada katode, yang dapat dijelaskan berikut ini:



Dalam hal ini, elektroda logam (M) dapat mendukung peran hidrogen peroksida dalam memicu reaksi radikal hidroksil, seperti yang diuraikan dalam persamaan berikut:



Meskipun jumlah hidrogen peroksida yang dihasilkan selama elektrolisis tidak signifikan, potensi kerusakannya terhadap dinding sel bakteri cukup tinggi. Hidrogen peroksida yang terbentuk di dalam bakteri berinteraksi dengan kelompok protein bermuatan negatif, sehingga mengakibatkan gangguan pada sistem enzim.

## 2.6 Diabetes Melitus

### 2.6.1 Definisi

Diabetes melitus yaitu kondisi medis yang ditandai oleh kadar gula darah yang tinggi, yang disebabkan oleh kemampuan pankreas yang terbatas dalam memproduksi insulin atau rendahnya sensitivitas insulin pada sel-sel target. Penderita diabetes mellitus mengalami gangguan dalam metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein karena aktivitas insulin yang tidak memadai pada sel-sel target. Penyakit ini dikelompokkan dalam empat jenis: diabetes melitus tipe-1, diabetes melitus tipe-2, diabetes melitus gestasional, dan jenis diabetes melitus lainnya yang disebabkan oleh faktor-faktor lain (Kerner & Brückel, 2014).

### 2.6.2 Klasifikasi

Klasifikasi diabetes melitus menurut (Perkeni, 2021) berdasarkan etiologinya adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Klasifikasi Diabetes Melitus Berdasrkan Etiologi

Klasifikasi	Deskripsi
1	2
Tipe 1	Destruksi sel beta pankreas, umumnya berhubungan dengan defisiensi insulin absolut -Autoimun -Idiopatik
Tipe 2	Bervariasi, mulai yang dominan resistensi insulin disertai defisiensi insulin relatif sampai yang dominan defek sekresi insulin disertai resistensi insulin
Gestasional	Diabetes yang didiagnosis pada trimester kedua atau ketiga kehamilan dimana sebelum kehamilan tidak didapatkan diabetes
Tipe spesifik yang berkaitan dengan penyebab lain	Sindroma diabetes monogenik (diabetes neonatal, <i>maturity –onset diabetes of the young</i> [MODY]) Penyakit eksokrin pankreas (fibrosis kistik, pankreatitis) Disebabkan oleh obat atau zat kimia (misalnya penggunaan glukokortikoid pada terapi HIV/AIDS atau setelah transplantasi organ)

Sumber : Perkeni. *Pedoman Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2 Dewasa di Indonesia*, 2021.

### **2.6.3 Glukosa darah**

Glukosa adalah jenis karbohidrat yang berfungsi sebagai sumber utama energi bagi tubuh. Secara umum, 2 jam setelah konsumsi makanan dan minuman, konsentrasi glukosa dalam darah berkisar antara 120-140 mg/dL, dengan nilai normal untuk kadar glukosa darah sewaktu adalah 80-180 mg/dL. Kadar glukosa dapat dikategorikan menjadi hipoglikemia, yaitu kondisi di mana konsentrasi glukosa darah berada di bawah tingkat normal, dan hiperglikemia, di mana konsentrasi glukosa darah melebihi batas normal. Kekurangan glukosa dapat menyebabkan kesulitan bagi tubuh untuk mentransportasikan energi dari glukosa ke otak, yang pada akhirnya dapat menyebabkan gejala seperti gemetar, kelelahan, bahkan mengganggu konsentrasi belajar (Suryanto & Puspita, 2020).

Kadar glukosa darah adalah dimana jumlah glukosa darah tersimpan dalam bentuk glikogen di hati dan otot rangka. Beberapa faktor, seperti jumlah konsumsi makanan, tingkat stres, penambahan berat badan, usia, dan tingkat aktivitas fisik, dapat memengaruhi tingkat glukosa dalam darah (Jiwintarum et al., 2019).

### **2.6.4 Ulkus Diabetik**

Diabetes melitus sering disebut "*The Great Imitator*" karena dapat menyebabkan berbagai komplikasi, baik yang bersifat akut maupun kronis. Salah satu efek kronis yang sering terjadi pada penderita diabetes melitus adalah ulkus diabetikum, yaitu luka terbuka pada kulit yang timbul akibat komplikasi makroangiopati, yang menyebabkan insufisiensi vaskular dan neuropati. Kondisi ini dapat mengakibatkan luka pada pasien yang sering dirasakan dan berisiko terinfeksi oleh bakteri aerob maupun anaerob (Supriyadi, 2017).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Nur & Marissa, 2016), melalui penggunaan metode cawan gores untuk kultur bakteri, ditemukan enam jenis bakteri yang hadir dalam ulkus diabetikum. Jenis dan jumlah bakteri tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Jenis Bakteri yang Terdapat pada Ulkus Diabetikum

Jenis bakteri	Frekuensi (%)
<i>Staphylococcus sp.</i>	53 (92,9)
<i>Pseudomonas sp.</i>	6 (10,5)
<i>Proteus sp.</i>	42 (73,7)
<i>Shigella sp.</i>	39 (68,4)
<i>Klebsiella sp.</i>	43 (75,4)
<i>e. coli sp.</i>	24 (42,1)

Menurut Tabel 2.3, bakteri yang sering terdeteksi pada ulkus diabetikum meliputi *Staphylococcus sp.*, *Klebsiella sp.*, *Proteus sp.*, *Shigella sp.*, *E. coli sp.*, dan *Pseudomonas sp.* Berbagai jenis bakteri sering ditemukan dalam satu ulkus, biasanya terdiri dari 3 hingga 4 jenis, dan bisa mencapai lima jenis bakteri (Nur & Marissa, 2016).

Menurut Wagner, ulkus diabetikum pada individu dengan diabetes melitus dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- a. Kategori 0, yang menunjukkan tidak adanya luka terbuka pada kaki.
- b. Kategori 1, mencakup ulkus superfisial yang melibatkan sebagian atau seluruh lapisan kulit.
- c. Kategori 2, melibatkan ulkus yang mengenai ligamen, tendon, kapsul sendi, atau fascia dalam tanpa adanya abses atau osteomyelitis.
- d. Kategori 3, menunjukkan luka yang lebih dalam, sering dihubungkan dengan peradangan jaringan sekitarnya, tanpa infeksi pada tulang dan pembentukan abses.

- e. Kategori 4, mencakup gangren yang terlokalisasi, seperti pada jari kaki, bagian depan kaki, atau tumit.
- f. Kategori 5, yaitu gangren yang mencakup seluruh kaki (Handaya, 2016).

## **2.7 Antibiotik**

### **2.7.1 Definisi Antibiotik**

Antibiotik merupakan kelompok senyawa, baik yang berasal dari alam maupun yang disintesis, yang mampu menghambat atau menghentikan proses biokimia dalam organisme, khususnya untuk menangani infeksi bakteri dengan cara menghalangi pertumbuhan dan pembiakan bakteri (Utami, 2012).

### **2.7.2 Penggolongan Antibiotik**

Dilihat dari spektrum kegiatannya, antibiotik dapat dibagi menjadi dua kelompok utama:

- a. Antibiotik dengan spektrum kegiatan yang terbatas (*Narrow spectrum*). Antibiotik dalam kelompok ini efektif untuk beberapa jenis bakteri tertentu. Contohnya, *penisilina*, *streptomisin*, *neomisin*, *basitrasin*, *polimiksin B*, dan sejenisnya termasuk dalam kategori ini.
- b. Antibiotik dengan spektrum kegiatan yang luas (*Broad spectrum*). Antibiotik dalam kelompok ini memiliki kemampuan untuk membunuh bakteri gram positif dan bakteri gram negatif. Antibiotik broad spectrum diharapkan bisa mengatasi berbagai jenis bakteri, serta beberapa virus dan protozoa. Beberapa contoh antibiotik spektrum luas mencakup tetrasiklin beserta *derivatifnya*, *kloramfenikol*, dan *ampisilin* (Irianto, 2013).

## **2.8 Uji Sensitivitas Bakteri Terhadap Antiviotik**

Menurut Djide (2008), sensitivitas mengacu pada kondisi di mana mikroba menunjukkan respons tinggi terhadap antibiotik, atau sensitivitas adalah kemampuan antibiotik untuk secara efektif menghambat pertumbuhan mikroba. Uji sensitivitas antimikroba dilakukan untuk menilai efektivitasnya dalam menghambat mikroba dalam kondisi yang sesuai. Penurunan aktivitas antimikroba dapat menunjukkan perubahan kecil yang mungkin tidak terdeteksi oleh metode kimia. Karena itu, uji mikrobiologis dan biologi sering digunakan sebagai metode standar untuk menangani ketidakpastian mengenai kemungkinan penurunan aktivitas antimikroba (Luthfiyyah & Monika, 2017).

Efektivitas antimikroba dapat bervariasi tergantung pada spesies bakteri atau strain bakteri tertentu. Karena itu, penting untuk menguji sensitivitas setiap bakteri patogen terhadap antimikroba menggunakan berbagai konsentrasi. Tujuannya adalah untuk menentukan konsentrasi yang efektif dalam menghambat pertumbuhan atau bahkan membunuh bakteri. Melalui uji tersebut, dapat diketahui apakah bakteri tersebut masih responsif terhadap antibiotika atau sudah mengalami resistensi. Pengujian sensitivitas sangat krusial untuk memilih terapi yang efektif terhadap bakteri penyebab infeksi. (Brawijaya, 2003).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini yaitu penelitian eksperimental yang bertujuan untuk memperoleh data pengamatan pengaruh arus Radio Frekuensi terhadap penurunan jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* pada daging ayam dan penyembuhan luka pada mencit (*Mus musculus*) penderita diabetes melitus.

#### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2024-selesai. Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Terpadu UNISMA, Laboratorium Optik Fisika, dan Laboratorium Hewan Coba Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

#### **3.3 Variabel Penelitian**

Variabel penelitian merupakan obyek yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga mendapatkan data dari hasil penelitian yang akan dilakukan. Dalam penelitian ini terdapat beberapa variable penelitian, yaitu:

1. Variabel bebas adalah variabel yang menyebabkan perubahan dan mempengaruhi variabel terikat. Dalam penelitian ini, variabel bebas meliputi variasi konsentrasi antibiotik, tegangan, dan durasi paparan.
2. Variabel terikat adalah variabel yang terpengaruh oleh variabel bebas. Dalam penelitian ini, variabel terikat yaitu pertumbuhan bakteri dan penyembuhan luka pada mencit yang menderita diabetes. Penelitian ini berfokus pada jumlah koloni bakteri, kadar glukosa darah, dan perkembangan luka pada mencit.



### **3.4 Alat dan Bahan**

#### **3.4.1 Alat Penelitian**

1. Autoklaf.
2. Glucometer
3. Tabung erlenmeyer 250ml sebanyak 2 buah.
4. Magnetic stirrer.
5. Hot plate.
6. Timbangan analitik.
7. Spatula sebanyak 2 buah.
8. Gelas ukur sebanyak 50 ml sebanyak 2 buah
9. Laminar air flow.
10. Tabung reaksi 48 buah.
11. Jarum ose sebanyak 1 buah.
12. Gelas beaker sebanyak 1 buah.
13. Cawan petri sebanyak 16 buah.
14. Inkubator.
15. Vorteks.
16. Botol semprot.
17. Penjepit sebanyak 1 buah
18. Bunsen.
19. Tripolar Radio-Frekuensi.
20. Pipet tetes sebanyak 1 buah.
21. Coloni counter.
22. Korek api.

### 3.4.2 Bahan Penelitian

1. Bakteri *Escherichia coli*.
2. Daging ayam 1x1x1 cm.
3. Antibiotik oxoferin
4. Aloksan monohydrate
5. Aquades 1 liter.
6. NaCl 0,9% sebanyak 500 ml.
7. Spiritus secukupnya.
8. Aluminium foil secukupnya.
9. Plastik warp secukupnya.
10. Karet gelang secukupnya.

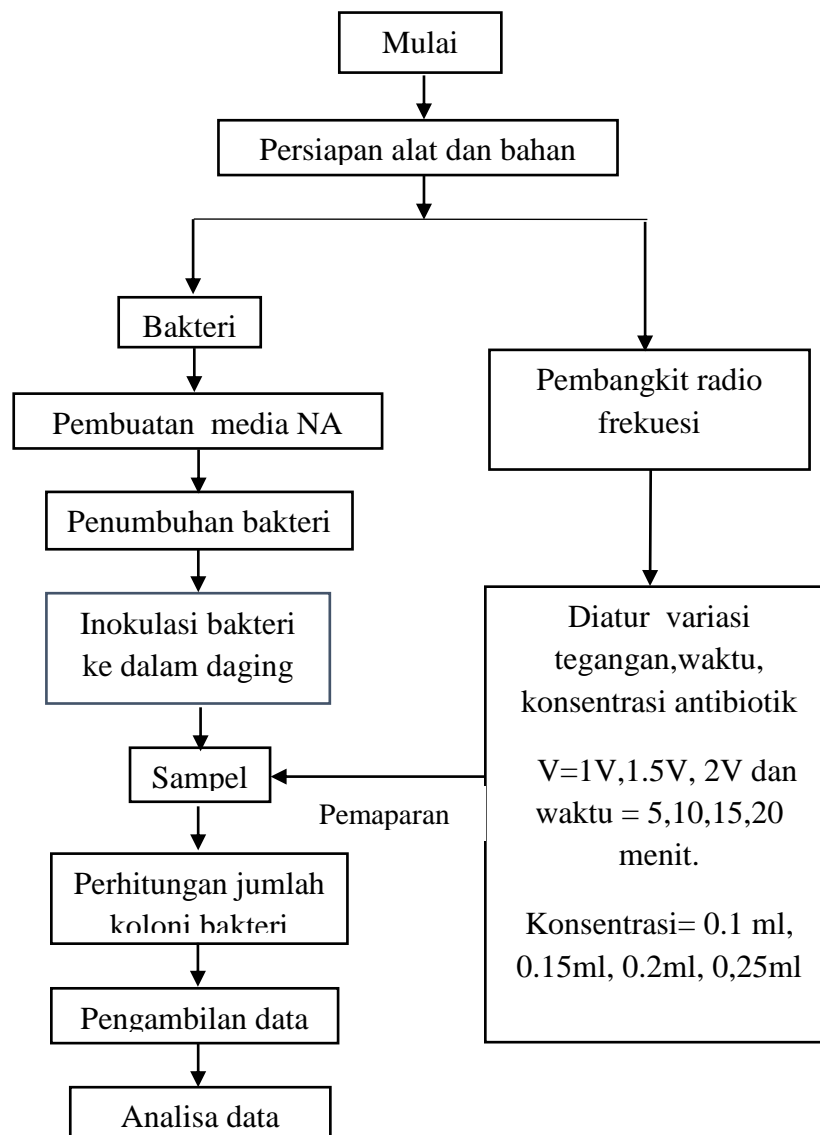
### 3.5 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bakteri, khususnya bakteri *Escherichia coli*. Pemilihan bakteri ini didasarkan pada pertimbangan bahwa bakteri tersebut sering ditemukan pada luka penderita diabetes melitus.

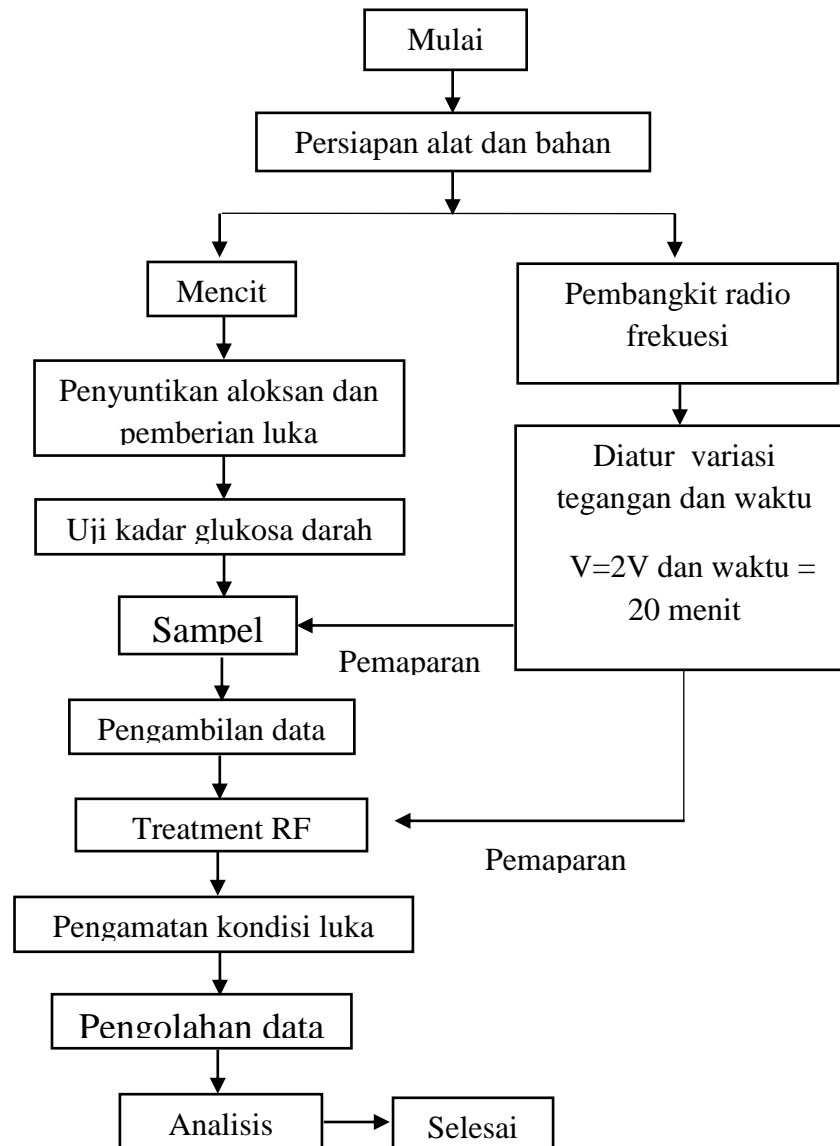
Penonaktifan bakteri *Escherichia coli* dilakukan dengan menggunakan antibiotik dan paparan radio frekuensi yang dilakukan dengan mengubah konsentrasi antibiotik, tegangan arus radio frekuensi, serta waktu paparan. Variabel yang dianalisis dalam penelitian meliputi jumlah koloni bakteri yang tetap aktif dan perkembangan luka mencit penderita diabetes melitus. Penghitungan jumlah bakteri aktif dilakukan menggunakan *colony counter*.

Untuk penyembuhan luka diabetes melitus,, digunakan mencit yang telah diaklimatisasi selama satu minggu. Selanjutnya, mencit tersebut diinduksi dengan

aloksan monohidrat dan dibiarkan selama 24 jam sebelum kadar gula darahnya diukur menggunakan glucometer. Setelah mencit terdiagnosis diabetes, luka berukuran sekitar 2 cm dibuat pada tubuhnya, dan kemudian diterapkan perlakuan dengan paparan arus radio frekuensi atau antibiotik selama 7 hari. Setiap hari, perkembangan ukuran luka diukur dengan mistar, dan kadar gula darahnya dipantau menggunakan *glucometer*.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penonaktifan Bakteri *Escherichia Coli*



Gambar 3. 2 Diagram Alir Treatment Arus Radio Frekuensi pada Mencit

### 3.6 Prosedur Penelitian

#### 3.6.1 Sterilisasi

Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian harus terlebih dahulu disterilkan dengan cara dicuci dan kemudian dibilas dengan aquades. Setelah itu, peralatan tersebut dibungkus dengan kertas aluminium foil dan dimasukkan ke dalam autoklaf. Suhu diatur pada  $121^{\circ}\text{C}$  dan tekanan pada 15 psi, dengan proses

sterilisasi berlangsung selama 60 menit. Untuk peralatan yang tidak tahan suhu tinggi, sterilisasi dilakukan dengan menggunakan alkohol 70%.

### **3.6.2 Pembuatan Media NA**

1. Ditimbang 5,6 gram serbuk media NA.
2. Ditambahkan 200 ml aquades ke dalam Erlenmeyer.
3. Dipanaskan campuran menggunakan hot plate hingga menjadi homogen.
4. Dituangkan campuran ke dalam 5 cawan petri, lalu ditutup dan dibungkus dengan plastik warp.
5. Disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C selama 60 menit.
6. Dibiarkan NA dalam posisi miring.

### **3.6.3 Penumbuhan Bakteri *Escherichia coli***

1. Dimasukkan media NA sebanyak 5 ml ke tabung reaksi dan dimiringkan.
2. Diambil 1 ose bakteri dan digoreskan secara zig zag di dalam tabung reaksi.
3. Diinkubasi kedalam inkubator selama 24 jam pada suhu 37°C.

### **3.6.4 Inokulasi Bakteri ke dalam Daging Ayam**

1. Daging ayam dipotong dengan ukuran 1x1x1 cm lalu dimasukkan ke dalam cawan petri.
2. Diambil 1 ose bakteri pada media NA dan diinokulasikan pada daging ayam yang telah dipotong, kemudian dibungkus menggunakan plastik warp.
3. Diinkubasi daging ayam di dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam.

### **3.6.5 Perlakuan Paparan Arus Radio Frekuensi Terhadap Daging Ayam**

a) Bakteri sebelum dipapari

1. Cawan petri yang berisi suspensi sampel tanpa dipapari radio frekuensi diberi label "Kontrol".

2. Divorteks daging yang sudah diinkubasi tanpa dipapari kemudian dilakukan pengenceran.
- b) Sampel yang Dipapari Radio Frekuensi
1. Diambil daging ayam yang sudah diinkubasi ke dalam cawan petri.
  2. Dipapari radiofrekuensi sampel yang sudah diinkubasi selama 24 jam.
  3. Diatur tegangan dan waktu paparan (5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit) selama pemaparan.
  4. Diberi label masing-masing sampel.
  5. Diulangi masing-masing sampel sampai 3 kali pengulangan kemudian dilakukan pengenceran.

#### **3.6.6 Pemberian Antibiotik Terhadap Daging Ayam**

1. Antibiotik yang digunakan adalah oxoferin.
2. Daging ayam yang telah diinkubasi selama 24 jam ditambahkan antibiotik dengan variasi perbandingan konsentrasi yang berbeda yaitu 0,1ml ; 0,15ml; 0,2ml; dan 0,25ml.
3. Diberi label masing-masing sampel.
4. Diulangi masing-masing sampel sampai 3 kali pengulangan kemudian dilakukan pengenceran.

#### **3.6.7 Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri**

1. Daging ayam yang sudah atau belum diperlakukan dengan paparan radio frekuensi atau antibiotik dimasukkan ke dalam 10 ml NaCl 0,9% dalam tabung reaksi.
2. Tabung reaksi divorteks selama 1 menit untuk melepaskan bakteri dari sampel daging.

3. Suspensi dari tabung reaksi yang telah diperlakukan dengan arus radio frekuensi kemudian dipindahkan ke tabung reaksi steril yang berisi 9 ml aquades, dengan penambahan 1 ml suspensi dan diberi label  $10^{-1}$ .
4. Suspensi dengan label  $10^{-1}$  yang telah dihomogenkan dipindahkan ke tabung reaksi steril yang berisi 9 ml aquades sebagai pengencer kedua, dan diberi label  $10^{-2}$ .
5. Proses pengenceran dilanjutkan hingga tingkat pengenceran kedua.
6. Seluruh proses dilakukan dengan teknik aseptis, yaitu di dekat api bunsen.
7. Sebanyak 1 ml dari suspensi pada pengenceran  $10^{-2}$  dituangkan ke dalam cawan petri steril, kemudian ditambahkan sekitar 15 ml media NA cair dan dihomogenkan.
8. Media NA dalam cawan petri kemudian ditempatkan di inkubator dalam posisi terbalik (tutup di bawah) setelah media membeku, dan diinkubasi selama 24 jam.
9. Koloni bakteri *Escherichia coli* dihitung dan diberi tanda dengan spidol untuk mencegah perhitungan ulang.

### **3.6.8 Penyuntikan Aloksan dan Pemberian Luka Pada Mencit**

1. Aloksan monohidrat disuntikkan ke setiap mencit (5 mencit kontrol dan 5 mencit perlakuan) dengan dosis yang telah ditentukan sesuai kebutuhan.
2. Luka sayat sepanjang 2 cm dengan kedalaman sampai lapisan subkutan dibuat di punggung mencit menggunakan silet.
3. Pengujian kadar gula darah dilakukan pada mencit.

### **3.6.9 Uji Kadar Glukosa Darah**

1. Kadar gula darah diukur pada 10 mencit jantan berusia 48-56 hari (5 mencit kontrol dan 5 mencit perlakuan).
2. Kadar gula darah pada mencit kontrol dan mencit perlakuan diukur menggunakan alat glucotest.
3. Diambil data hasil pengukuran

### **3.6.10 Perlakuan Arus Radio Frekuensi terhadap Luka Mencit**

1. Dipapari arus radio frekuensi di area luka sayat selama 20 menit dengan tegangan 2 V
2. Diukur kadar gula darah mencit setelah perlakuan menggunakan glucotest.
3. Dilakukan pengamatan luka sayat pada mencit yang sudah di papari.

### **3.6.11 Teknik Pengumpulan Data**

Data yang dikumpulkan dari penelitian ini meliputi jumlah bakteri yang tetap aktif sebelum dan setelah pemberian antibiotik dengan variasi konsentrasi 0,1 ml; 0,15 ml; 0,2 ml; 0,25 ml, serta paparan radio-frekuensi dengan tegangan yang bervariasi pada 1V; 1,5V; dan 2V, serta waktu paparan selama 5; 10; 15; dan 20 menit. Jumlah bakteri yang dihitung dicatat dalam Tabel 3.1 berikut:



Tabel 3. 1 Pengolahan Data Jumlah Koloni Bakteri

Tegangan	Waktu/Konsentrasi Antibiotik	Jumlah Koloni Bakteri			Rata-rata
		1	2	3	
Kontrol Tanpa Antibiotik	Kontrol				
Kontrol Antibiotik	0,1 ml				
	0,15 ml				
	0,2 ml				
	0,25 ml				
1 V	5 menit				
	10 menit				
	15 menit				
	20 menit				
1,5 V	5 menit				
	10 menit				
	15 menit				
	20 menit				
2 V	5 menit				
	10 menit				
	15 menit				
	20 menit				

Kemudian kadar gula darah mencit dan luasan luka sayat mencit yang sudah diberi perlakuan yang paling optimum dicatat pada tabel 3.2 dan 3.3

Tabel 3. 2 Uji Toleransi Glukosa Darah di Awal dan Akhir Penelitian

Sampel	Kontrol			Perlakuan Optimum		
	BB (gram)	Kadar Glukosa Darah (mg/dl)		BB (gram)	Kadar Glukosa Darah (mg/dl)	
		Awal	Akhir		Awal	Akhir
1						
2						
3						
4						
5						
Rata-rata						

Tabel 3. 3 Pengolahan Data Luasan Luka Mencit

Kelompok	Pengulangan	Hari ke						
		1	2	3	4	5	6	7
Kontrol	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
Perlakuan Optimum	1							
	2							
	3							
	4							
	5							

### 3.6.12 Teknik Analisa Data

Dalam penelitian ini, data yang dikumpulkan mencakup jumlah bakteri yang masih hidup sebelum dan setelah terpapar radio frekuensi dengan berbagai variasi tegangan dan waktu paparan. Analisis data dilakukan dengan Uji T untuk mengevaluasi perbedaan kadar glukosa darah sebelum dan setelah perlakuan. Selain itu, analisis ANOVA dan DMRT dilakukan menggunakan aplikasi SPSS, yang dilengkapi dengan grafik dari ORIGIN untuk mengevaluasi perbedaan antara perlakuan radiofrekuensi dan antibiotik dengan variasi tegangan, waktu paparan, serta konsentrasi antibiotik yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*. Analisis deskriptif digunakan untuk memantau perkembangan luka pada mencit setelah diberikan arus radiofrekuensi, dengan perbandingan antara mencit yang diberi perlakuan luka dan mencit kontrol (tanpa paparan arus radiofrekuensi).

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Hasil Penelitian

Penelitian ini berjudul “Pengaruh Arus Radio Frekuensi dan Antibiotik Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* dan Pengobatan Luka pada Mencit (*Mus mucullus*) Penderita Diabetes Melitus”. Penelitian ini mengevaluasi efek paparan radiofrekuensi dan antibiotik dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada daging ayam. Tujuannya adalah untuk menentukan bagaimana variasi konsentrasi antibiotik mempengaruhi jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* pada daging ayam serta untuk menilai pengaruh tegangan dan waktu paparan radio frekuensi terhadap pengobatan luka pada mencit diabetes melitus. Penelitian ini merupakan eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Terpadu UNISMA, Laboratorium Optik Fisika, dan Laboratorium Hewan Coba Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Penelitian ini terdiri dari dua tahap: tahap pertama bertujuan untuk menentukan perlakuan paling optimal dalam mengurangi jumlah koloni E. coli sebelum dan setelah diberi paparan radiofrekuensi (RF) dan antibiotik pada daging ayam, menggunakan Colony Counter dengan variasi tegangan (1V, 1.5V, 2V), durasi paparan (5, 10, 15, 20 menit), konsentrasi antibiotik (0.1ml, 0.15ml, 0.2ml, 0.25ml), dan pengulangan sebanyak 3 kali. Tahap kedua yaitu memberikan perlakuan yang paling optimum untuk diaplikasikan pada luka mencit yang telah mengalami diabetes melitus.

#### 4.1.1 Pengaruh Radio Frekuensi dan Antibiotik terhadap Pertumbuhan

##### Bakteri *Escherichia coli* pada Daging Ayam

Bakteri yang sudah diinkubasi kemudian dipapari dengan arus radio frekuensi. Setelah paparan, sampel daging ayam dimasukkan ke dalam larutan NaCl 0,9% dan divorteks selama 1 menit untuk melepaskan sel bakteri dari daging ayam. Perlakuan dan penghitungan dilakukan secara terpisah dengan tiga kali pengulangan, dan hasil rata-rata dihitung setelah tiga kali pengulangan. Selanjutnya, dilakukan proses pengenceran dan jumlah koloni bakteri dihitung menggunakan alat *colony counter*. Untuk menentukan jumlah koloni bakteri, diterapkan rumus sebagai berikut:

$$\Sigma \text{ sel / ml} = \Sigma \text{ koloni} \times (1 / 10 - n) \text{ CFU/ml}$$

Tabel 4. 1 Data Hasil Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri *Escherichia coli* dengan Pemberian Antibiotik

Konsentrasi Antibiotik (ml)	Jumlah Koloni Bakteri (CFU/ml)			Rata-rata (CFU/ml)
	1	2	3	
Kontrol	210.10 <sup>2</sup>	174.10 <sup>2</sup>	232.10 <sup>2</sup>	205.10 <sup>2</sup>
0.1 ml	80.10 <sup>2</sup>	127.10 <sup>2</sup>	125.10 <sup>2</sup>	110. 10 <sup>2</sup>
0.15 ml	37.10 <sup>2</sup>	53.10 <sup>2</sup>	70.10 <sup>2</sup>	53, 10 <sup>2</sup>
0.2 ml	65.10 <sup>2</sup>	54.10 <sup>2</sup>	33.10 <sup>2</sup>	50.10 <sup>2</sup>
0.25 ml	42.10 <sup>2</sup>	35.10 <sup>2</sup>	68.10 <sup>2</sup>	48. 10 <sup>2</sup>

Pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa variasi konsentrasi antibiotik mempengaruhi jumlah koloni bakteri pada daging ayam. Jumlah awal koloni bakteri tanpa adanya perlakuan tercatat sebesar 205.10<sup>2</sup> CFU/ml. Pada saat pemberian antibiotik dengan variasi konsentrasi antibiotik 0.1 ml diperoleh rata-rata jumlah koloni bakteri 110.10<sup>2</sup> CFU/ml. Saat konsentrasi antibiotik dinaikkan 0.15 ml terjadi penurunan jumlah rata-rata koloni bakteri menjadi 53.10<sup>2</sup> CFU/ml. Pada konsentrasi 0.2 ml diperoleh rata-rata jumlah koloni bakteri 50.10<sup>2</sup> CFU/ml. Pada saat konsentrasi antibiotik dinaikkan menjadi 0.25 ml diperoleh rata-rata

jumlah koloni bakteri semakin mengalami penurunan menjadi  $48.10^2$  CFU/ml. Semakin tinggi konsentrasi antibiotik yang diberikan maka semakin terjadi penurunan jumlah koloni bakteri *Escherichia coli*. Namun, penurunan yang terjadi tidak begitu signifikan. Hal ini dapat disebabkan oleh pemberian konsentrasi antibiotik yang kurang tepat sehingga bakteri mungkin masih dapat bertahan. Hal yang sama juga terjadi pada saat pemberian paparan arus radio frekuensi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4. 2 Data Hasil Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri *Escherichia coli* dengan Pemberian Paparan Radio Frekuensi

Tegangan (V)	Waktu (menit)	Jumlah Koloni Bakteri (CFU/ml)			Rata-rata (CFU/ml)
		1	2	3	
Kontrol	Kontrol	$210.10^2$	$174.10^2$	$232.10^2$	$205.10^2$
1 V	5 menit	$147.10^2$	$113.10^2$	$152.10^2$	$137.10^2$
	10 menit	$105.10^2$	$108.10^2$	$100.10^2$	$104.10^2$
	15 menit	$92.10^2$	$104.10^2$	$94.10^2$	$96.10^2$
	20 menit	$81.10^2$	$104.10^2$	$74.10^2$	$86.10^2$
1.5 V	5 menit	$154.10^2$	$128.10^2$	$119.10^2$	$133.10^2$
	10 menit	$105.10^2$	$109.10^2$	$87.10^2$	$100.10^2$
	15 menit	$48.10^2$	$93.10^2$	$85.10^2$	$75.10^2$
	20 menit	$43.10^2$	$45.10^2$	$91.10^2$	$59.10^2$
2 V	5 menit	$93.10^2$	$107.10^2$	$68.10^2$	$89.10^2$
	10 menit	$40.10^2$	$60.10^2$	$58.10^2$	$52.10^2$
	15 menit	$58.10^2$	$20.10^2$	$44.10^2$	$40.10^2$
	20 menit	$24.10^2$	$32.10^2$	$30.10^2$	$28.10^2$

Berdasarkan Tabel 4.2 ketika tegangan 1V, rata-rata jumlah koloni bakteri setelah paparan selama 5 menit, 10 menit, 15 menit, dan 20 menit adalah masing-masing sekitar  $137.10^2$  CFU/ml,  $104.10^2$  CFU/ml,  $96.10^2$  CFU/ml, dan  $86.10^2$  CFU/ml. Saat tegangan ditingkatkan menjadi 1.5V, terjadi penurunan jumlah rata-rata koloni bakteri setelah paparan selama periode yang sama menjadi  $133.10^2$  CFU/ml,  $100.10^2$  CFU/ml,  $75.10^2$  CFU/ml, dan  $59.10^2$  CFU/ml. Pada saat tegangan dinaikkan menjadi 2V diperoleh rata-rata jumlah koloni bakteri selama

periode yang sama semakin mengalami penurunan berturut-turut menjadi  $89.10^2$  CFU/ml,  $52.10^2$  CFU/ml,  $40.10^2$  CFU/ml, dan  $28.10^2$  CFU/ml.

Pemaparan selama 5 menit dengan variasi tegangan menunjukkan perubahan dalam jumlah rata-rata koloni bakteri *Escherichia coli*. Pada tegangan 1V, jumlah rata-rata koloni bakteri adalah sekitar  $137.10^2$  CFU/ml, sedangkan pada tegangan 1.5V jumlahnya menurun menjadi  $133.10^2$  CFU/ml. Pada tegangan 2V menghasilkan penurunan lebih lanjut menjadi  $89.10^2$  CFU/ml.

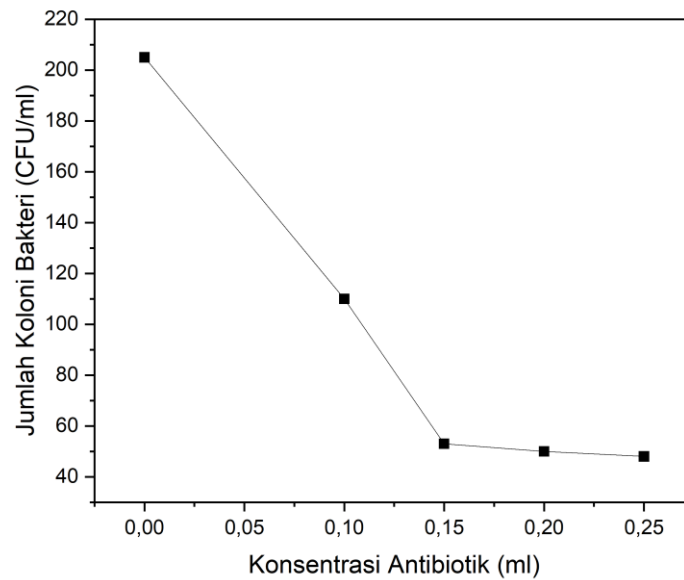
Pemaparan dengan waktu paparan selama 10 menit, pada tegangan 1V rata-rata jumlah koloni bakteri menjadi  $104.10^2$  CFU/ml, sedangkan pada tegangan 1.5V jumlahnya menurun menjadi  $100.10^2$  CFU/ml. Pada tegangan 2V menghasilkan penurunan lebih lanjut menjadi  $52.10^2$  CFU/ml.

Pemaparan dengan waktu paparan selama 15 menit, pemaparan pada tegangan 1V rata-rata jumlah koloni bakteri menjadi  $96.10^2$  CFU/ml, pemaparan pada tegangan 1.5V rata-rata jumlah koloni bakteri menurun menjadi  $75.10^2$  CFU/ml. Pemaparan pada tegangan 2V rata-rata jumlah koloni bakteri menurun menjadi  $40.10^2$  CFU/ml.

Pemaparan selama 20 menit dengan variasi tegangan menunjukkan perubahan dalam jumlah rata-rata koloni bakteri *Escherichia coli*. Pada tegangan 1V, jumlah rata-rata koloni bakteri adalah sekitar  $86.10^2$  CFU/ml, sedangkan pada tegangan 1.5V jumlahnya menurun menjadi  $59.10^2$  CFU/ml. Pada tegangan 2V menghasilkan penurunan lebih lanjut menjadi  $28.10^2$  CFU/ml.

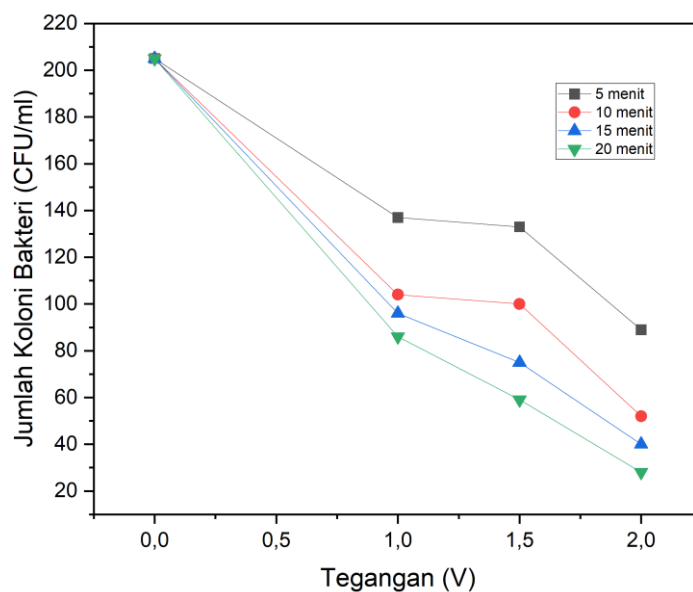
Rata-rata jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* yang diperoleh dapat dianalisis melalui grafik. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan antara variasi konsentrasi antibiotik, tegangan, dan durasi paparan radio frekuensi

terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*, sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 4.1 berikut:



Gambar 4. 1 Grafik Pengaruh Konsentrasi Antibiotik Terhadap Jumlah Koloni Bakteri *Escherichia coli*

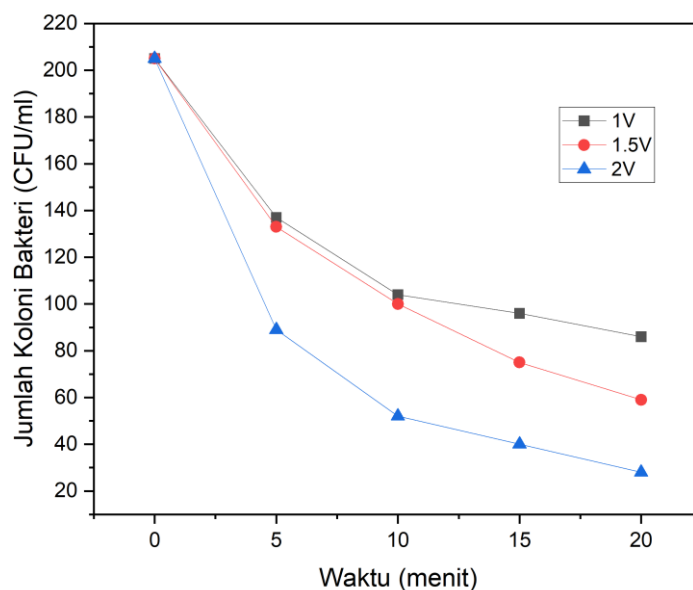
Pada grafik Gambar 4.1 pemberian variasi konsentrasi antibiotik, penurunan yang terjadi tidak begitu signifikan. Hal ini dapat disebabkan oleh pemberian konsentrasi antibiotik yang kurang tepat sehingga bakteri mungkin dapat bertahan atau bahkan mengalami perkembangan resistensi terhadap antibiotik. Oleh karena itu, penting untuk menggunakan antibiotik sesuai dengan petunjuk dosis yang tepat dan mempertimbangkan uji sensitivitas untuk memastikan pengobatan yang efektif terhadap infeksi bakteri *Escherichia coli*.



Gambar 4. 2 Grafik Pengaruh Tegangan dan lama paparan terhadap Jumlah Koloni Bakteri *Escherichia coli*

Grafik dalam Gambar 4.2 menunjukkan bahwa paparan radiofrekuensi dengan berbagai tingkat tegangan dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada daging ayam. Pada tegangan 2V dengan durasi paparan 20 menit, terdapat penurunan signifikan dalam jumlah koloni bakteri. Penurunan ini disebabkan oleh efek paparan frekuensi yang merusak dinding sel bakteri, mengakibatkan kematian bakteri. Semakin tinggi tegangan, semakin banyak panas yang dihasilkan oleh radiofrekuensi saat berinteraksi dengan jaringan daging. Data ini menunjukkan bahwa variasi tegangan dapat mempengaruhi jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* pada daging ayam.





Gambar 4. 3 Grafik Pengaruh Waktu Paparan terhadap Jumlah Koloni Bakteri *Escherichia coli*

Sementara itu, grafik yang terlihat pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa variasi waktu paparan radiofrekuensi juga mempengaruhi pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada daging ayam. Pada saat waktu paparan 20 menit, terjadi penurunan yang signifikan dalam jumlah koloni bakteri. Hal ini terjadi karena ada perbedaan suhu yang berlangsung lama antara konduktor dan daging, suhu daging akan meningkat. Panas yang dihasilkan dari paparan ini efektif dalam mematikan bakteri dalam daging. Jika suhu di daerah tersebut melebihi ambang batas pertumbuhan bakteri, bakteri tersebut akan mati. Dari data ini, terlihat bahwa semakin lama waktu paparan dapat mempengaruhi pertumbuhan koloni bakteri *Escherichia coli* pada daging ayam.

Berdasarkan hasil penelitian, paparan radiofrekuensi dengan variasi tegangan dan waktu paparan menyebabkan penurunan paling signifikan dalam jumlah koloni bakteri *Escherichia coli*. Tegangan optimal dan waktu paparan

yang paling efektif untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada daging ayam adalah 2V dengan durasi 20 menit, menghasilkan penurunan jumlah koloni sebesar 28.102 CFU/ml.

Dari analisa data yang diperoleh, diketahui bahwa variasi konsentrasi antibiotik, tegangan dan waktu paparan radiofrekuensi berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada daging ayam. Uji validitas bisa di lihat dari hasil uji ANOVA yang sudah dilakukan dengan hasil dibawah ini:

Tabel 4.3 Uji ANOVA Pengaruh Antibiotik terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* pada Daging Ayam

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	54868,000	4	13717,000	28,545	,000
Within Groups	4805,333	10	480,533		
Total	59673,333	14			

H0: Tidak ada pengaruh konsentrasi antibiotik terhadap jumlah koloni bakteri

H1: Terdapat pengaruh (minimal satu frekuensi)

Syarat: Jika Sig <0.05 maka H0 ditolak

Uji ANOVA dilakukan untuk mengevaluasi apakah terdapat perbedaan rata-rata antara pengaruh variasi konsentrasi antibiotik dan kontrol tanpa perlakuan terhadap jumlah koloni bakteri *Escherichia coli*. Tabel 4.3 menunjukkan bahwa nilai signifikansi untuk konsentrasi antibiotik adalah 0,000, yang berarti H0 ditolak. Ini menunjukkan bahwa variasi konsentrasi antibiotik memiliki dampak signifikan terhadap pertumbuhan koloni bakteri *Escherichia coli*. Selanjutnya, uji DMRT dilakukan untuk menilai pengaruh signifikan dari antibiotik terhadap jumlah koloni bakteri.

Tabel 4. 4 Hasil Uji DMRT Pengaruh Antibiotik terhadap Jumlah Koloni Bakteri *Escherichia coli*

Konsentrasi Antibiotik	Notasi
0.25 ml	a
0.2 ml	a
0.15 ml	a
0.1 ml	b
0	c

Pada Tabel 4.4 menunjukkan setiap tegangan memiliki notasi yang berbeda. Hasil uji DMRT pengaruh antibiotik terhadap jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* diperoleh pemberian konsentrasi antibiotik yang paling berpengaruh signifikan yaitu 0.25ml dengan notasi a. Dari hasil uji DMRT menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi antibiotik yang diberikan pada daging ayam maka semakin berpengaruh dengan berkurangnya jumlah bakteri pada daging ayam.

Tabel 4. 5 Uji ANOVA Pengaruh Paparan Radiofrekuensi terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* pada Daging Ayam

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	290163,278 <sup>a</sup>	6	48360,546	192,627	,000
tegangan	18367,167	2	9183,583	36,580	,000
waktu	19289,861	3	6429,954	25,611	,000
Error	7531,722	30	251,057		
Total	297695,000	36			

H0: Tidak ada pengaruh tegangan dan waktu terhadap jumlah koloni bakteri

H1: Terdapat pengaruh (minimal satu frekuensi)

Syarat: Jika Sig <0.05 maka H0 ditolak

Uji ANOVA yang ditampilkan pada Tabel 4.5 menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,000 untuk variasi waktu paparan dan tegangan, yang berarti H0 ditolak. Ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh antara variasi tegangan dan durasi paparan radiofrekuensi terhadap pertumbuhan koloni bakteri *Escherichia coli*. Selanjutnya, uji DMRT dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh signifikan dari tegangan dan lama paparan terhadap jumlah koloni bakteri.

Tabel 4. 6 Hasil Uji DMRT Pengaruh Tegangan terhadap Jumlah Koloni Bakteri *Escherichia coli*

Tegangan (V)	Notasi
2V	a
1.5V	b
1V	b
0	c

Pada Tabel 4.6 menunjukkan setiap tegangan memiliki notasi yang berbeda. Hasil uji DMRT pengaruh tegangan terhadap jumlah koloni bakteri *Escherichia coli* diperoleh tegangan yang paling berpengaruh signifikan yaitu 2V dengan notasi a. Dari hasil uji DMRT dapat diketahui bahwa semakin besar tegangan pada pemaparan radiofrekuensi terhadap daging ayam maka semakin berpengaruh dengan berkurangnya jumlah bakteri pada daging ayam. Tegangan 2V dalam penelitian ini menunjukkan nilai paling optimal untuk penurunan jumlah koloni bakteri.

Tabel 4. 7 Pengaruh Waktu terhadap Jumlah Koloni Bakteri

Waktu (menit)	Notasi
20 menit	a
15 menit	a
10 menit	a
5 menit	b
0	c

Pada Tabel 4.7 pengaruh waktu paparan radiofrekuensi terhadap jumlah koloni bakteri memiliki perbedaan notasi setiap perlakuannya. Semakin lama waktu paparan maka jumlah penurunan bakteri semakin besar sehingga dapat kita lihat bahwa lama waktu paparan yang paling berpengaruh terhadap penurunan bakteri adalah waktu yang terbesar yakni 20 menit. Pada perlakuan 20 menit menunjukkan penurunan jumlah koloni bakteri yang paling optimal. Variasi

tegangan dan waktu paparan dapat menyebabkan proses nekrosis, sehingga muncul lepuh pada membran. Semakin tinggi tegangan dan waktu paparan, semakin besar panas yang dihasilkan oleh radiofrekuensi yang mengenai jaringan. Kemudian, untuk paparan radio frekuensi yang diberikan akan menyebabkan peningkatan suhu daging karena energi panas yang masuk pada daging. Energi listrik yang disalurkan pada daging ayam menyebabkan terjadinya efek thermal menginduksi daging ayam sehingga daging mendapati pancaran panas dan pancaran panasnya menyebar ke medium yang mempunyai suhu lebih dingin. derajat panasnya meresap pada jaringan yang menimbulkan pemecahan pada suatu molekul yang dilaluinya seperti bakteri yang terdapat pada daging. Maka dari itu dapat dilihat bahwa adanya pengaruh tegangan dan waktu saat pemaparan menggunakan radiofrekuensi sehingga dapat mengurangi jumlah koloni bakteri.

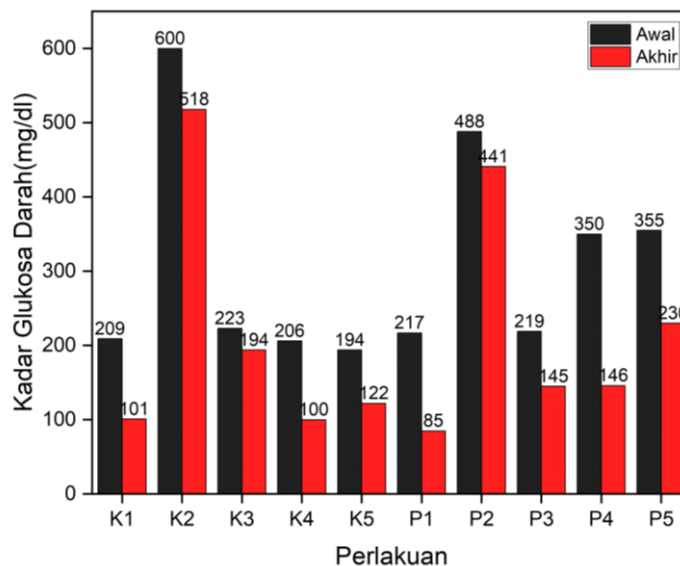
#### 4.1.2 Pengaruh Radio Frekuensi terhadap Penyembuhan Luka Mencit

##### a) Hasil Induksi Mencit Diabetes

Tabel 4. 8 Hasil Uji Toleransi Glukosa Darah pada Mencit di Awal dan di Akhir Penelitian dengan Tegangan 2 volt dan Waktu 20 menit

No	Kontrol			Perlakuan dengan Tegangan 2V		
	BB (gram)	Kadar Glukosa Darah (mg/dl)		BB (gram)	Kadar Glukosa Darah (mg/dl)	
		Awal	Akhir		Awal	Akhir
1	27,2	209	101	23,3	217	85
2	34,4	600	518	25,2	488	441
3	24,1	223	194	25,2	219	145
4	26,8	206	100	32,8	350	146
5	29,2	194	122	29,5	355	230
rata-rata	28,34	286,4	207	27,2	325,8	209,4

Dari data hasil Tabel 4.8 diplot grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4 berikut:



Gambar 4. 4 Glukosa Darah pada Mencit di Awal dan di Akhir Penelitian dengan Tegangan 2 volt dan Waktu 20 menit

Gambar 4.4 menunjukkan tingkat glukosa dalam darah pada mencit yang telah dikelompokkan: kelompok 1 terdiri dari mencit kontrol tanpa perlakuan,

sedangkan kelompok 2 mencakup mencit yang menerima paparan arus radio frekuensi. Berdasarkan data tersebut, aloksan monohidrat menyebabkan peningkatan signifikan dalam kadar glukosa darah mencit, melebihi rentang normal 60-130 mg/dl (Dodge, 2001). Rata-rata kadar glukosa darah mencit setelah induksi aloksan adalah sekitar >200 mg/dl. Mencit yang diinduksi aloksan menunjukkan tanda-tanda diabetes melitus. Data dari kelompok mencit kontrol, menunjukkan perbedaan rata-rata kadar glukosa darah mencit hanya sebesar 79,4 mg/dl. Sedangkan selisih rata-rata penurunan kadar glukosa darah mencit yang diberi perlakuan arus adalah 116,4 mg/dl. Hal ini menunjukkan bahwa paparan arus radio frekuensi dapat menurunkan kadar glukosa darah pada mencit.

#### b) Perkembangan Kondisi Luka

Perkembangan luka pada mencit yang mengalami diabetes melitus dapat diamati dengan memperhatikan luka sayat di bagian punggungnya. Setelah mencit diaklimatisasi selama satu minggu, mencit diinduksi dengan aloksan monohidrat untuk meningkatkan kadar glukosa darah. Setelah mencapai kondisi diabetes melitus, mencit di lukai sayat sepanjang 2 cm pada punggung mencit, dengan kedalaman yang mencapai lapisan dermis, seperti yang tercantum dalam tabel 4.9

Tabel 4. 9 Data Hasil Perkembangan Luka Mencit Diabetes Melitus

Kelompok	Pengulangan	Hari ke						
		1	2	3	4	5	6	7
Kontrol	1	+@	+@	+@	@#	@#	@#	#
	2	+@	+@	+@	@#	@#	@#	#
	3	+@	+@	+@	@#	@#	@#	#
	4	+@	+@	+@	@#	#	#	#
	5	+@	+@	+@	@#	@#	@#	#
Perlakuan	1	+@	+@	+@	@#	#	#	*
	2	+@	+@	+@	@#	#	#	*
	3	+@	+@	+@	@#	#	#	*
	4	+@	+@	+@	@#	#	#	*
	5	+@	+@	+@	@#	#	#	*

Keterangan :

+= Merah

#= Meringing





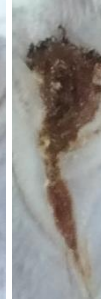














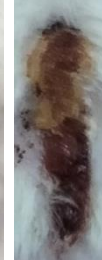
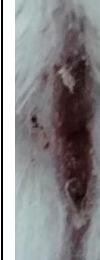








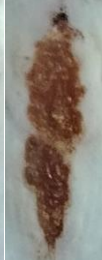

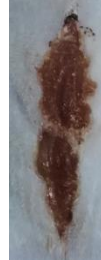



@= Membengkak




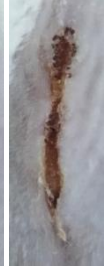

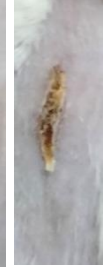











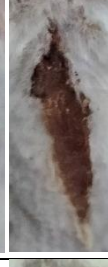
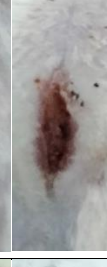
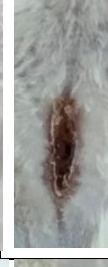







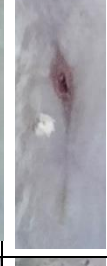







\*= Menutup

Data Tabel 4.9 menunjukkan hasil perkembangan luka mencit diabetes melitus selama 7 hari. Untuk lebih jelasnya perkembangan luka mencit dapat dilihat secara visual dengan gambar seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.10 berikut:



Tabel 4. 10 Gambar Hasil Perkembangan Luka Mencit Diabetes

Kelompok	Ulangan	Hari ke						
		1	2	3	4	5	6	7
Kontrol	1							
	2							
	3							
	4							
	5							

Perlakuan Optimum	1							
	2							
	3							
	4							
	5							

Berdasarkan informasi dari Tabel 4.10, mencit kelompok kontrol mengalami proses penyembuhan luka yang lebih lambat. Pada hari pertama hingga hari kelima, luka pada mencit kontrol 1 masih terlihat merah dan bengkak di dalamnya. Sementara itu, pada hari keenam dan ketujuh, kondisi luka pada

mencit sudah mulai mengering dengan panjang luka tidak sedikit berubah sekitar  $\pm 1.8$  cm.

Pada mencit kontrol 2, hari pertama hingga hari kelima kondisi luka masih terlihat merah dan bengkak di dalamnya. Sementara itu, pada hari keenam dan ketujuh, kondisi luka pada mencit mulai mengering dengan panjang luka sekitar  $\pm 1.8$  cm. Pada mencit kedua ini kadar gula darah mencit juga cukup tinggi yaitu 518 mg/dl yang masih dikategorikan kadar gula mencit diabetes melitus dibandingkan dengan mencit kontrol lainnya. Tingginya kadar gula darah ini juga bisa menjadi penyebab proses penyembuhan luka yang lebih lambat.

Pada mencit kontrol 3 dan 5, hari pertama hingga hari kelima kondisi luka pada mencit masih merah dan terbuka lebar. Sementara itu, pada hari keenam dan ketujuh, tepi lapisan kulit luka mencit mulai mengering namun dengan panjang luka mencit tidak sedikit berubah sekitar  $\pm 1.8$  cm.

Sedangkan pada mencit kontrol 4 kondisi luka mencit tidak lagi bengkak dan sudah mulai mengering dengan kulit yang mulai menutup dan panjang luka sekitar  $\pm 1.8$  cm. Sementara itu, pada hari keenam dan ketujuh, kondisi luka terlihat sudah mulai membaik dengan kulit yang mulai menutup dan panjang luka sekitar  $\pm 1.6$  cm.

Mencit yang diberi paparan radio frekuensi dari hari pertama hingga keempat menunjukkan kondisi luka yang masih merah dan membengkak dengan panjang luka sekitar  $\pm 2$  cm. Pada hari kelima, luka pada semua mencit mulai mengering dan mulai sedikit menutup dengan panjang luka sekitar  $\pm 1.8$  cm. Pada hari keenam, luka pada semua mencit semakin membaik dengan panjang luka sekitar  $\pm 1.3$  cm. Sementara itu, pada hari ketujuh luka pada semua mencit sudah

menutup dengan panjang sekitar 1 cm. Kadar gula darah pada setiap mencit yang diberi perlakuan paparan radio frekuensi juga mengalami penurunan, namun pada mencit ke 2 kadar gula darah masih cukup tinggi yaitu 418 mg/dl yang masih dikategorikan kadar gula mencit diabetes melitus dibandingkan dengan mencit lainnya. Akan tetapi tidak berpengaruh pada proses penyembuhan luka mencit. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian arus radio frekuensi dapat mempercepat proses penyembuhan luka pada mencit diabetes melitus

Dari data penelitian, kadar gula darah yang tinggi dapat menghambat proses penyembuhan luka pada mencit. Luka pada mencit kelompok kontrol yang tidak mendapat paparan frekuensi radio membutuhkan waktu penyembuhan yang lebih lama dibandingkan dengan mencit yang terkena paparan frekuensi radio. Radio frekuensi ini dapat merangsang jaringan otot, mempercepat pemulihan, serta memperbaiki kerusakan jaringan

#### **4.2 Pembahasan**

Penelitian ini menggunakan bakteri *Escherichia coli* yang diinokulasi pada potongan daging berukuran  $1 \times 1 \times 1 \text{ cm}^3$ . *Escherichia coli* adalah bakteri gram negatif yang umumnya ditemukan dalam usus manusia. Meskipun biasanya tidak berbahaya, beberapa strain E.coli dapat menjadi patogenik dan menyebabkan berbagai penyakit, termasuk dalam kasus tertentu, dapat berkontribusi pada perkembangan ulkus diabetik (Lipsky et al., 2012). *Escherichia coli* dapat berperan dalam infeksi ulkus diabetik melalui beberapa mekanisme. Salah satunya adalah dengan menembus kulit yang rusak pada kaki penderita diabetes dan menginfeksi jaringan yang terpapar. Bakteri ini dapat memanfaatkan kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan, seperti rendahnya pH dan kelembaban

tinggi, untuk berkembang biak dan menyebabkan infeksi yang lebih parah. *Escherichia coli* telah diidentifikasi sebagai salah satu patogen yang terlibat dalam infeksi ulkus diabetik, meskipun prevalensinya tidak sebesar bakteri lain seperti *Staphylococcus aureus* atau *Streptococcus sp.*

Pemberian konsentrasi antibiotik memiliki pengaruh terhadap bakteri *Escherichia coli*. Ketika antibiotik diberikan dalam konsentrasi yang memadai, dapat menghambat pertumbuhan dan bahkan menyebabkan kematian bakteri. Hal ini disebabkan oleh mekanisme kerja antibiotik yang beragam, seperti mengganggu sintesis dinding sel bakteri, menghambat sintesis protein, atau mengganggu proses replikasi DNA. Konsentrasi antibiotik yang efektif biasanya ditentukan berdasarkan hasil uji sensitivitas antibiotik terhadap bakteri tersebut. Dalam konsentrasi yang tepat, antibiotik mampu menghentikan reproduksi bakteri *Escherichia coli* dan mengurangi jumlah koloni secara signifikan. Namun, jika konsentrasi antibiotik tidak mencukupi, bakteri mungkin dapat bertahan atau bahkan mengalami perkembangan resistensi terhadap antibiotik. Berdasarkan hasil penelitian ini, pemberian konsentrasi antibiotik kurang signifikan terhadap bakteri *Escherichia coli*. Hal ini dapat disebabkan oleh pemberian antibiotik dengan konsentrasi yang terlalu rendah juga dapat memicu seleksi bakteri yang resisten terhadap antibiotik tersebut. Oleh karena itu, penting untuk menggunakan antibiotik sesuai dengan petunjuk dosis yang tepat dan mempertimbangkan uji sensitivitas untuk memastikan pengobatan yang efektif terhadap infeksi bakteri *Escherichia coli*.

Berdasarkan analisis data dan grafik terlihat bahwa penurunan bakteri *Escherichia coli* dipengaruhi oleh besarnya tegangan frekuensi radio yang

diterapkan. Semakin besar tegangan maka penurunan jumlah koloni bakteri semakin signifikan. Variasi waktu pemaparan 5, 10, 15, dan 20 menit juga menunjukkan bahwa semakin lama waktu pemberian arus frekuensi radio maka semakin besar penurunan koloni bakteri. Dalam penelitian ini, hasil yang paling optimal tercapai yaitu pada tegangan 2 volt dengan durasi waktu 20 menit, di mana jumlah koloni bakteri yang aktif berkurang menjadi 28.102 CFU/ml pada daging yang diproses dengan parameter tersebut. Hal ini disebabkan oleh medan listrik dan suhu lingkungan yang mempengaruhi fenomena elektroporasi (Aprilliawan, 2011), yang mengakibatkan kerusakan pada membran sel bakteri dan menyebabkan lisis bakteri.

Dua faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri saat dipapari oleh arus radio frekuensi adalah efek termal dan elektrolisis. Paparan radiofrekuensi dapat mengakibatkan efek termal yang mengarah pada kematian sel. Hukum Joule menjelaskan proses di mana energi diubah menjadi panas dalam konduktor, yang merupakan proses tidak dapat dibalik (ireversibel). Ketika ada perbedaan suhu yang berlangsung lama antara konduktor dan daging, suhu daging akan meningkat. Panas yang dihasilkan dari paparan ini efektif dalam mematikan bakteri dalam daging. Di dalam tubuh, arus listrik akan memicu getaran atom-atom di dalam sel, yang menyebabkan tumbukan antara atom-atom tersebut. Tumbukan ini menaikkan suhu sel yang dilalui oleh arus listrik. Energi panas  $Q$  yang dihasilkan sebanding dengan energi listrik yang mengalir. Panas ini kemudian menyebar ke lingkungan sekitar. Jika suhu di area tersebut melebihi batas toleransi pertumbuhan bakteri, bakteri akan mati (Diehr, 2014b).

Pada proses pemaparan juga terjadi proses elektrolisis dimana aliran listrik melalui penghantar frekuensi radio menyebabkan pergeseran elektron dari tingkat energi tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah. Elektron dipindahkan dari konduktor frekuensi tinggi sebagai anoda, memicu reaksi oksidasi, sementara daging ayam menerima elektron sebagai katoda, memicu reaksi reduksi (Mulyati & Hendrawan, 2003). Arus listrik dapat memicu elektrolisis pada bakteri, dimana arus listrik menyebabkan pemecahan elektrolit. Elektroda positif akan menarik ion positif dari bakteri, sedangkan elektroda negatif akan menarik ion negatif sehingga terjadi perpindahan muatan antara keduanya. Pemisahan muatan ini meningkatkan potensi transmembran bakteri. Potensi transmembran ini mengakibatkan porositas meningkat, dimana semakin tinggi tegangan yang digunakan, semakin besar pula porositasnya. Peningkatan porositas ini dapat memperbesar permeabilitas dinding sel, memungkinkan lebih banyak partikel dari lingkungan luar masuk ke dalam sel. Akibatnya, sel dapat mengalami pembengkakan akibat penumpukan partikel yang berlebihan. Jika sel tidak dapat menampung lebih banyak partikel, membran sel dapat mengalami lisis atau pecah, yang pada akhirnya menyebabkan kematian bakteri (Diehr, 2014b). Kedua faktor ini menunjukkan bahwa paparan arus frekuensi radio dapat menghambat dan merusak bakteri *Escherichia coli*.

Variasi tegangan dan waktu sangat mempengaruhi pertumbuhan koloni bakteri terutama pada tegangan 2 volt selama 20 menit. Penelitian ini kemudian diterapkan pada mencit yang telah diinduksi diabetes melitus. Mencit diaklimatisasi selama satu minggu untuk beradaptasi dengan lingkungan baru. Setelah adaptasi, diabetes melitus diinduksi pada mencit dengan menggunakan

aloksan monohidrat sebagai diabetogen. Alokсан merupakan salah satu agen diabetogenik yang umum digunakan untuk mengevaluasi potensi antidiabetes dari senyawa murni dan ekstrak tanaman dalam penelitian terkait diabetes. Alokсан sering dijadikan standar untuk menilai kemungkinan efek antidiabetes dalam studi-studi mengenai diabetes (Macdonald Ighodaro et al., 2017). Alokсан menyebabkan sel  $\beta$  pankreas mengalami nekrosis dan juga sering digunakan sebagai bahan percobaan pada topik diabetes dengan kasus yang bervariasi pada hewan seperti tikus, mencit dan anjing (Rohilla & Ali, 2012).

Untuk menyebabkan diabetes pada mencit, semua hewan percobaan diberi alokсан monohidrat setelah dipuasakan selama 8-12 jam dengan pemberian minum tetap diperbolehkan. Larutan alokсан perlu dipersiapkan tepat sebelum digunakan karena alokсан monohidrat hanya stabil selama 1,5 menit dalam air pada suhu 37°C (Lenzen, 2008). Untuk mencit, alokсан monohidrat disuntikkan secara intraperitoneal dengan dosis 186,9 mg/kg berat badan (Karau et al., 2012). Larutan alokсан monohidrat disiapkan dengan melarutkan 1 gram alokсан monohidrat dalam 100 ml larutan garam fisiologis (0,9% NaCl). Dosis maksimum larutan uji yang dapat diberikan secara oral kepada mencit dengan berat badan 35 gram adalah 1 ml. Kadar glukosa darah diperiksa setelah tiga hari proses induksi, dengan kadar glukosa darah mencit diatas 200 mg/dl menjadi parameter dalam penelitian ini. Kadar glukosa darah normal pada mencit biasanya berada pada kisaran 62-175 mg/dl (Malole & Pramono, 1989). Kadar glukosa darah diperiksa menggunakan glukometer (Easy Touch GCU) dengan cara melukai ringan ujung ekor mencit dan meneteskan darah pada strip glukosa yang telah ditempelkan pada alat tersebut. Tingkat keberhasilan induksi alokсан pada penelitian ini



mencapai sekitar 80%, dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kondisi puasa mencit, persiapan aloksan yang tidak tepat, variasi daya tahan mencit, posisi injeksi yang tidak akurat, dan faktor lainnya.

Langkah berikutnya dalam penelitian adalah memberikan perlakuan yang paling efektif yaitu paparan arus radio frekuensi kepada mencit yang telah mengalami diabetes melitus. Berdasarkan data dan analisis yang diperoleh, setelah paparan, kadar glukosa darah mencit turun dari 325,8 mg/dl sebelum paparan menjadi 209,4 mg/dl setelah perlakuan, dengan selisih sebesar 116,4 mg/dl dibandingkan dengan mencit kontrol yang hanya mengalami penurunan sebesar 79,4 mg/dl. Penurunan kadar glukosa ini disebabkan oleh adanya medan listrik yang mempengaruhi muatan listrik pada jaringan tubuh. Perubahan muatan ini berdampak pada aliran listrik ke seluruh tubuh yang dapat merangsang sistem saraf dan otot akibat perubahan potensial membran (Bonner et al., 2002). Hal ini menunjukkan bahwa paparan arus frekuensi radio dapat mempercepat penurunan kadar gula darah pada mencit diabetes melitus, meskipun tidak signifikan jika dibandingkan dengan mencit yang tidak mendapat pengobatan. Cara ini berpotensi membantu penderita diabetes melitus yang mengalami gangguan fungsi sel  $\beta$  pankreas, dimana tidak terjadi depolarisasi membran yang memungkinkan masuknya ion Ca ke dalam sel untuk sekresi insulin (Arulmozhi et al., 2004).

Paparan arus radio frekuensi pada mencit yang mengalami diabetes melitus juga berpengaruh terhadap proses penyembuhan luka. Tubuh memiliki arus bioelektrik yang berperan dalam penyembuhan luka, yang dapat diukur sebagai *current of injury* antara kulit dan jaringan dalam. Arus ini mempunyai

peranan penting dalam penyembuhan luka dan mendasari penerapan rangsangan arus listrik dalam konteks ini (Rahmawati et al., 2009). Hasil pengamatan perkembangan kondisi luka menunjukkan rata-rata pada hari kelima setelah terpapar arus frekuensi radio, luka pada mencit diabetes melitus mulai mengering. Sebagai perbandingan, mencit yang tidak menerima perlakuan masih menunjukkan luka merah dengan sedikit kelembapan dan bengkak. Pada hari ketujuh, rata-rata luka mencit penderita diabetes yang diberi paparan radio frekuensi sudah menutup, sementara luka pada mencit yang tidak diberi paparan hanya mengering tanpa menunjukkan tanda penyembuhan yang signifikan.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, paparan arus frekuensi radio dengan tegangan 2 volt selama 20 menit lebih efektif dalam menurunkan jumlah koloni bakteri. Penelitian serupa oleh Muhadi juga menunjukkan bahwa radio frekuensi memiliki efek menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Selain itu, radio frekuensi juga dapat mempengaruhi penurunan kadar gula meskipun tidak signifikan, serta berpotensi berpengaruh dalam proses penyembuhan luka.

#### **4.3 Kajian Integrasi Pengaruh Paparan Radio Frekuensi Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* dan Pengobatan Luka pada Mencit Diabetes Melitus**

Pada umumnya pengobatan diabetes melitus menggunakan terapi medis seperti obat-obatan antidiabetika oral. Selain pengobatan, terapi konvensional dengan menggunakan bahan herbal atau senyawa alami juga banyak diterapkan. Dalam Islam dikenal sistem pengobatan yang disebut thibbun Nabawi, yaitu metode pengobatan yang dianjurkan dalam Al-Qur'an dan hadis sahih, baik untuk

pencegahan maupun pengobatan penyakit. Seperti yang disampaikan oleh Ibnu Abbas ra, Rasulullah Shalallahu ‘alaihi wa sallam bersabda :

*"Kesembuhan itu terdapat pada tiga hal, yakni minum madu, sayatan alat bekam, dan kay (sundutan) dengan api, sesungguhnya aku melarang umatku dari kay." (HR. Bukhari)*

Selain menggunakan metode medis dan herbal, penerapan teknologi modern dalam pengobatan juga semakin relevan. Teknologi seperti arus radio frekuensi menunjukkan kemajuan ilmu pengetahuan dan menawarkan alternatif yang lebih aman serta efektif. Dalam konteks penelitian ini, terapi penyembuhan dengan teknologi modern, khususnya penggunaan arus radio frekuensi untuk mengobati luka diabetes. Penelitian ini menunjukkan bahwa arus frekuensi radio lebih efektif dalam mengurangi jumlah koloni bakteri E. coli dan mempercepat penyembuhan luka dibandingkan dengan terapi antibiotik konvensional. Hal ini menunjukkan dari metode tradisional seperti bekam dan kay yang mungkin kurang aman menurut hadis, ke teknologi modern yang menawarkan alternatif lebih aman dan efektif. Integrasi antara prinsip pengobatan tradisional yang disarankan dalam hadis dengan kemajuan teknologi saat ini memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi opsi yang lebih efektif dan sesuai dengan standar medis kontemporer.

Allah juga telah menetapkan segala sesuatu dengan ukuran dan takaran yang tepat. Hal ini dinyatakan dalam firman-Nya di surat Al-Qamar ayat 49:

إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ

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

Ayat ini menyatakan bahwasanya Allah menciptakan segala sesuatu dengan ukuran atau takaran yang tepat. Hal ini menggambarkan bahwa dalam

penelitian ini untuk mencapai penyembuhan luka yang efektif dan meminimalkan efek samping, penentuan tegangan dan durasi paparan harus dilakukan dengan cermat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan 2V dan waktu paparan 20 menit adalah yang optimal untuk mengurangi jumlah koloni bakteri E.coli dan mempercepat proses penyembuhan luka. Prinsip ukuran yang tepat, sebagaimana disebutkan dalam ayat tersebut, diwujudkan dalam pendekatan ilmiah ini, yang menekankan pentingnya penentuan dosis dan waktu yang akurat untuk hasil yang efektif dan aman dalam terapi modern. Dengan demikian, penelitian ini menunjukkan bagaimana konsep ukuran dan proporsi yang ditetapkan oleh Allah dalam penciptaan dan teknologi kesehatan.

Dalam hadits lain Rasulullah bersabda:

*“Barangsiapa yang di pagi hari sehat badannya, tenang jiwanya dan dia mempunyai makanan di hari itu, maka seolah-olah dunia ini dikaruniakan kepadanya” (HR. Tirmidzi dan Ibnu Majah).*

Hadits ini menekankan pentingnya kesehatan sebagai anugerah dari Allah. Dalam konteks penelitian ini, kesehatan menjadi faktor yang harus dipertahankan dan diperhatikan. Dalam penelitian ini, kesehatan menjadi landasan yang penting untuk mengamati dampak paparan radio frekuensi terhadap tubuh. Hadits ini juga mengajarkan tentang keseimbangan dalam hidup, baik fisik maupun spiritual sehingga pada penelitian tidak hanya memperhatikan aspek fisik dari pengaruh paparan radio frekuensi terhadap bakteri dan pengobatan luka, tetapi juga mempertimbangkan keseimbangan antara kesehatan fisik dengan dampak paparan tersebut.

Dengan mengintegrasikan ayat-ayat Al-Qur'an dan hadis tersebut, penelitian ini dapat memperkuat argumen bahwa pengembangan ilmu

pengetahuan dan teknologi harus dilakukan dengan mempertimbangkan nilai-nilai Islam, seperti kehati-hatian dalam penggunaan teknologi (termasuk paparan radio frekuensi) serta menjaga kesehatan dan kebersihan sebagai bagian dari syukur kepada Allah. Penemuan tentang pengobatan luka pada mencit diabetes menggunakan tegangan tertentu juga dapat dipandang sebagai bentuk rahmat Allah yang telah menentukan cara penyembuhan yang optimal.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, paparan radio frekuensi dengan variasi konsentrasi antibiotik serta variasi tegangan dan waktu paparan terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan pengobatan luka mencit diabetes mellitus, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemberian variasi konsentrasi antibiotik berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*. Namun, penurunan yang terjadi tidak begitu signifikan. Hal ini dapat disebabkan oleh pemberian konsentrasi antibiotik yang kurang tepat sehingga bakteri mungkin dapat bertahan atau bahkan mengalami perkembangan resistensi terhadap antibiotik. Oleh karena itu, penting untuk menggunakan antibiotik sesuai dengan petunjuk dosis yang tepat dan mempertimbangkan uji sensitivitas untuk memastikan pengobatan yang efektif terhadap infeksi bakteri *Escherichia coli*.
2. Paparan arus radio frekuensi berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*. Dengan meningkatnya tegangan dan waktu paparan, penurunan jumlah koloni bakteri akan semakin signifikan. Penurunan yang paling optimum terjadi pada tegangan 2 volt dan waktu 20 menit, yang mampu mengurangi jumlah bakteri dari rata-rata  $205.10^2$  CFU/ml menjadi  $28.10^2$  CFU/ml.
3. Paparan arus radio frekuensi berpengaruh terhadap proses penyembuhan luka mencit, di mana mencit kontrol mengalami penyembuhan yang lebih lambat dibandingkan dengan mencit yang diberi perlakuan. Rata-rata luka mencit

4. diabetes yang diberi paparan arus radio frekuensi sudah menutup, sementara luka pada mencit yang tidak diberi paparan hanya mengering tanpa menunjukkan tanda penyembuhan yang signifikan.

## **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat penulis berikan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini sebaiknya diteruskan dengan menggunakan jenis bakteri yang berbeda.
2. Variasikan tegangan dan waktu paparan radio-frekuensi dalam penelitian selanjutnya.
3. Pastikan alat yang digunakan untuk penelitian bakteri dalam kondisi steril untuk menghindari kontaminasi dari bakteri lain yang dapat menyebabkan kegagalan hasil.
4. Disarankan untuk menggunakan jumlah mencit yang lebih banyak dalam penelitian, mengantisipasi kemungkinan kematian mencit selama proses penelitian. Menyediakan mencit cadangan akan membantu agar penelitian dapat terus berjalan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aprilliawan, H. (2011). *Laban Kahrobaayyun” Alat Pasteurisasi Susu Kejut Listrik Tegangan Tinggi (Pulsed Electric Field) Menggunakan Flyback Transformer*. Universitas Brawijaya.
- Arulmozhi, D. K., Veeranjanyulu, A., & Bodhankar, S. L. (2004). Neonatal streptozotocin-induced rat model of Type 2 diabetes mellitus: A glance. *Indian Journal of Pharmacology*, 36(4), 217–221.
- Bonner, P., Kemp, R., Kheifets, L., Portier, C., Repacholi, M., Sahl, J., Deventer, E. V., & Vogel, E. (2002). Establishing a dialogue on risks from electromagnetic fields. *Department of Protection of The Human Environment, WHO, Swiss*.
- Brawijaya, T. M. (2003). *Bakteriologi Medik. Cetakan Pertama. Malang: Bayu Media Publishing. Halaman, 201, 217.*
- Corio, D., Hazmi, A., & Desmiarti, R. (2014). Teknologi Sistem Plasma Radio–Frekuensi (RF) Untuk Menghilangkan Bakteri Escherichia Coli Pada Air Minum. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 3(2), 142–147.
- Diehr, P. E. (2014a). *Ohm ' s Law and the Variation of Resistance with Temperature and Voltage Physical Origins of Electrical Conductivity and Resistivity Some Definitions Electric Field and Voltage Charged Particles in an Electric Field Statistical Mechanics : Mean Free Path . February 2013.*
- Diehr, P. E. (2014b). *Physical Origins of Electrical Conductivity and Resistivity*. Researchgate.
- Dodge, I. (2001). *What is the normal blood sugar level of a rat/white mouse?* MadSci Network: Zoology.
- Handaya, A. Y. (2016). *Tepat & Jitu Atasi Ulkus Kaki Diabetes. Edisi I. Yogyakarta: Rapha Publishing.*
- Irianto, K. (2013). Mikrobiologi medis. *Bandung: Alfabeta*, 364–366.
- Jiwintarum, Y., Fauzi, I., Diarti, M. W., & Santika, I. N. (2019). Penurunan Kadar Gula Darah Antara Yang Melakukan Senam Jantung Sehat Dan Jalan Kaki. *Jurnal Kesehatan Prima*, 13(1), 1–9.
- Karau, G. M., Njagi, E. N. M., Machocho, A. K., Wangai, L. N., & Kamau, P. N. (2012). Hypoglycemic activity of aqueous and ethylacetate leaf and stem bark extracts of " Papea capensis" in alloxan-induced diabetic BALB/c mice. *British Journal of Pharmacology and Toxicology*, 3(5), 251–258.
- Kemenkes, R. (2021). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2021 Tentang Pedoman Penggunaan Antibiotik. *Jakarta:*



*Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.*

Kemenkes, R. I. (2011). Kementerian Kesehatan RI. *Buletin Jendela, Data Dan Informasi Kesehatan: Epidemiologi Malaria Di Indonesia*. Jakarta: Bhakti Husada.

Kerner, W., & Brückel, J. (2014). Definition, classification and diagnosis of diabetes mellitus. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes*, 122(07), 384–386.

Lenzen, S. (2008). The mechanisms of alloxan-and streptozotocin-induced diabetes. *Diabetologia*, 51(2), 216–226.

Levin, M. E., Bowker, J. H., & Pfeifer, M. A. (2008). *Levin and O'Neal's the diabetic foot*. Elsevier Health Sciences.

Lipsky, B. A., Berendt, A. R., Cornia, P. B., Pile, J. C., Peters, E. J. G., Armstrong, D. G., Deery, H. G., Embil, J. M., Joseph, W. S., & Karchmer, A. W. (2012). 2012 Infectious Diseases Society of America clinical practice guideline for the diagnosis and treatment of diabetic foot infections. *Clinical Infectious Diseases*, 54(12), e132–e173.

Luthfiyyah, D., & Monika, A. (2017). *Uji Sensitivitas Antibiotik* (Vol. 1, Issue 1, pp. 12–14).

Macdonald Ighodaro, O., Mohammed Adeosun, A., & Adeboye Akinloye, O. (2017). Alloxan-induced diabetes, a common model for evaluating the glycemic-control potential of therapeutic compounds and plants extracts in experimental studies. *Medicina*, 53(6), 365–374.

Malole, M. B. M., & Pramono, C. S. U. (1989). Penggunaan hewan-hewan percobaan di laboratorium. *Institut Pertanian Bogor: Jakarta*.

Muhadi, Z., Sutopo, U. M., Desmiarti, R., & Sari, E. (2015). PENGHILANGAN KANDUNGAN MIKROORGANISME PADA AIR DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM PLASMA RADIOFREKWENSI SECARA KONTINYU. *ABSTRACT OF UNDERGRADUATE RESEARCH, FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY, BUNG HATTA UNIVERSITY*, 7(4).

Mukhtar, H., Muchtadi, F. I., & Suprijanto. (2009). Simulasi Terapi Termal Menggunakan Radio Frequency Ablation Pada Tumor Hati Berdasarkan Solusi Numerik Persamaan Kalor- Bio. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan MIPA*, 137–143.

Mulyati, S., & Hendrawan. (2003). *Kimia Fisika II*. IMSTEP JICA.

Nur, A., & Marissa, N. (2016). Gambaran Bakteri Ulkus Diabetikum di Rumah Sakit Zainal Abidin dan Meuraxa Tahun 2015. *Buletin Penelitian Kesehatan*, 44(3), 187–196. <https://doi.org/10.22435/bpk.v44i3.5048.187-196>

- Nurjanah, G. S., Cahyadi, A. I., & Windria, S. (2020). Kajian Pustaka: Resistensi *Escherichia coli* Terhadap Berbagai Macam Antibiotik pada Hewan dan Manusia. *Indonesia Medicus Veterinus*, 9(6), 970–983.
- Perkeni, P. (2021). *Pedoman Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2 di Indonesia*. PB. Perkeni. <https://pbperkeni.or.id/unduhan>.
- Rahayu, W. P., Siti Nurjanah, S. T. P., & Ema Komalasari, S. T. P. (2021). *Escherichia coli: patogenitas, analisis, dan kajian risiko*. PT Penerbit IPB Press.
- Rahmawati, R., Arifin, A., S, M. G., & Azis, D. S. (2009). *Pengembangan Sistem Penyembuhan Luka dengan Stimulasi Listrik*.
- Riyanto, & Agustiningsih, W. A. (2018). Electrochemical disinfection of coliform and *Escherichia coli* for drinking water treatment by electrolysis method using carbon as an electrode. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 349(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/349/1/012053>
- Rohilla, A., & Ali, S. (2012). Alloxan induced diabetes: mechanisms and effects. *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences*, 3(2), 819–823.
- Supriyadi, I. P. (2017). *Pengaruh Senam Kaki Diabetes Terhadap Penurunan Kadar Gula Darah Pada Pasien Diabetes Militus Tipe 2 Di Puskesmas Sosial Km. 5 Palembang*. Universitas Katolik Musi Charitas.
- Suryanto, I., & Puspita, I. D. (2020). Hubungan Asupan Karbohidrat dan Lemak dengan Gejala Hipoglikemia Pada Remaja Di SMA Sejahtera 1 Depok. *Ghidza: Jurnal Gizi Dan Kesehatan*, 4(2), 197–205.
- Sutiknowati, L. I. (2016). Bioindikator pencemar, bakteri *Escherichia coli*. *Jurnal Oseana*, 41(4), 63–71.
- Tirono, M., Hananto, F. S., & Abtokhi, A. (2022). Pulse Voltage Electrical Stimulation for Bacterial Inactivation and Wound Healing in Mice with Diabetes. *Avicenna Journal of Medical Biotechnology*, 14(1), 95.
- Utami, P. (2012). *Antibiotik alami untuk mengatasi aneka penyakit*. AgroMedia.
- Waspadji, S. (2006). *Komplikasi Kronik Diabetes: Mekanisme Terjadinya, Diagnosis, dan Strategi Pengelolaan Dalam: Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam Edisi IV*. Jakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
- Widya, S. K. (2017). *Rangkaian RLC*. 47–83.
- Yang, S., & Chang, M. C. (2020). Effect of bipolar pulsed radiofrequency on chronic cervical radicular pain refractory to monopolar pulsed radiofrequency. *Ann Palliat Med*, 9(2), 169–174.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Gambar Penelitian



Sterilisasi alat



Penimbangan Media NA



Pembuatan Media NA



Bakteri *Escherichia coli*



Perkembangbiakan Bakteri *Escherichia coli*



Inokulasi Bakteri ke Daging Ayam



Pemberian arus RF pada daging ayam



Pengenceran suspensi



Proses Inkubasi



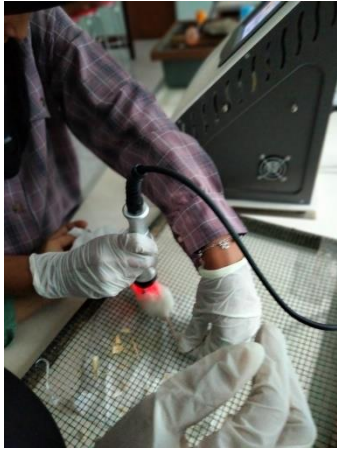
Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri



Penyuntikan Aloksan monohidrat pada mencit



Pemberian Luka Sayat pada Mencit



Pemberian Paparan Arus RF pada Mencit



Pengukuran Kadar Gula Darah Mencit

## Lampiran 2. Data Hasil Penelitian

### 1. Data Hasil Jumlah Koloni Bakteri *Escherichia coli* pada Daging Ayam

Tegangan (V)	Waktu/konsentrasi Antibiotik (menit/ml)	Jumlah Koloni Bakteri (CFU/ml)			Rata-rata (CFU/ml)
		1	2	3	
Kontrol(-) Tanpa Antibiotik	Kontrol	210	174	232	205
Kontrol(+) Antibiotik	0.1 ml	80	127	125	110
	0.15 ml	37	53	70	53
	0.2 ml	65	54	33	50
	0.25 ml	42	35	68	48
1 V	5 menit	147	113	152	137
	10 menit	105	108	100	104
	15 menit	92	104	94	96
	20 menit	81	104	74	86
1.5 V	5 menit	154	128	119	133
	10 menit	105	109	87	100
	15 menit	48	93	85	75
	20 menit	43	45	91	59
2 V	5 menit	93	107	68	89
	10 menit	40	60	58	52
	15 menit	58	20	44	40
	20 menit	24	32	30	28

Perhitungan Koloni Bakteri :  $\Sigma \text{ sel / ml} = \Sigma \text{ koloni} \times (1 / 10\text{-n}) \text{ CFU/ml}$

## 2. Data Hasil Perhitungan Konsentrasi Antibiotik Oxoferin

Dosis Asli 5-10 ml pada manusia

Konversi ke mencit

1.  $\frac{4 \text{ ml}}{1000} \times \frac{25 \text{ gr}}{BB} = 0,1 \text{ ml}$
2.  $\frac{6 \text{ ml}}{1000} \times \frac{25 \text{ gr}}{BB} = 0,15 \text{ ml}$
3.  $\frac{8 \text{ ml}}{1000} \times \frac{25 \text{ gr}}{BB} = 2 \text{ ml}$
4.  $\frac{10 \text{ ml}}{1000} \times \frac{25 \text{ gr}}{BB} = 0,25 \text{ ml}$

## 3. Data Hasil Pengukuran Gula Darah pada Mencit Diabetes

No	Kontrol			Perlakuan dengan Tegangan 2V		
	BB (gram)	Kadar Glukosa Darah (mg/dl)		BB (gram)	Kadar Glukosa Darah (mg/dl)	
		Awal	Akhir		Awal	Akhir
1	27,2	209	101	23,3	217	85
2	34,4	600	518	25,2	488	441
3	24,1	223	194	25,2	219	145
4	26,8	206	100	32,8	350	146
5	29,2	194	122	29,5	355	230
rata-rata						

## 4. Data Hasil Uji DMRT

Antibiotik				
Duncan <sup>a</sup>				
Antibiotik	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
4	3	48,33		
3	3	50,67		
2	3	53,33		
1	3		110,67	
0	3			205,33
Sig.		,795	1,000	1,000

Tegangan				
Duncan <sup>a,b</sup>				
tegangan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3	12	52,83		
2	12		94,92	
1	12		106,17	
0	3			205,33
Sig.		1,000	,474	1,000

Waktu				
Duncan <sup>a,b</sup>				
waktu	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
4	9	59,33		
3	9	70,89		
2	9	85,78		
1	9		120,11	
0	3			205,33
Sig.		,122	1,000	1,000

#### 5. Data Hasil Uji T Glukosa Darah pada Mencit

Kontrol					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	sebelum	286,40	5	175,611	78,536
	sesudah	207,00	5	178,045	79,624

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	sebelum - sesudah	79,400	32,122	14,365	39,516	119,284	5,527	4	,005



Perlakuan dengan Tegangan 2 V					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	sebelum	325,80	5	112,906	50,493
	sesudah	209,40	5	139,378	62,332

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	sebelum - sesudah	116,400	60,426	27,023	41,371	191,429	4,307	4	,013



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG

Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341)551354, Fax (0341) 572533  
Website: <http://www.uin-malang.ac.id> Email: [info@uin-malang.ac.id](mailto:info@uin-malang.ac.id)

JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 200604110029  
Nama : RISTTA JUAT AJENG ARTIKA  
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jurusan : FISIKA  
Dosen Pembimbing 1 : Dr. Drs MOKHAMMAD TIRONO, M.Si  
Dosen Pembimbing 2 : ARISTA ROMADANI, S.Si., M.Sc  
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : PENGARUH ARUS RADIO FREKUENSI DAN ANTIBIOTIK TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI *Escherichia coli* DAN PENGOBATAN LUKA PADA MENCIT (*Mus musculus*) PENDERITA DIABETES MELITUS

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	19 September 2023	Dr. Drs MOKHAMMAD TIRONO, M.Si	Konsultasi pengajuan judul skripsi	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
2	24 Oktober 2023	Dr. Drs MOKHAMMAD TIRONO, M.Si	Pengajuan judul skripsi	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
3	22 Januari 2024	Dr. Drs MOKHAMMAD TIRONO, M.Si	Konsultasi BAB I, BAB II, dan BAB III	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
4	30 Januari 2024	Dr. Drs MOKHAMMAD TIRONO, M.Si	Konsultasi BAB III (revisi)	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
5	22 Februari 2024	Dr. Drs MOKHAMMAD TIRONO, M.Si	Konsultasi terkait rancangan penelitian	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
6	13 Maret 2024	Dr. Drs MOKHAMMAD TIRONO, M.Si	Konsultasi BAB I, BAB II, dan BAB III (revisi)	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
7	02 April 2024	Dr. Drs MOKHAMMAD TIRONO, M.Si	Konsultasi mengenai induktan diabetes yang akan di pakai	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
8	29 April 2024	ARISTA ROMADANI, S.Si., M.Sc	Konsultasi integrasi al-qur'an terkait penelitian yang dilakukan	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
9	12 Juli 2024	Dr. Drs MOKHAMMAD TIRONO, M.Si	Konsultasi BAB IV dan BAB V	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui  
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

ARISTA ROMADANI, S.Si., M.Sc

Malang,  
Dosen Pembimbing

Dr. Drs. MOKHAMMAD TIRONO, M.Si

