

**PENGARUH TEGANGAN TINGGI IMPULS TERHADAP
MELUNAKNYA DAGING**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia**



Disusun Oleh :

Nama : HERU ADITIA EKA PUTRA

No. Mahasiswa : 12 524 067

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2016

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PENGARUH TEGANGAN TINGGI IMPULS TERHADAP
MELUNAKNYA DAGING**

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Heru Aditia Eka Putra

No.Mahasiswa : 12524067

Yogyakarta,

Pembimbing 1

Pembimbing 2



Warindi, S.T., M.Eng.



Medilla Kusriyanto S.T., M.Eng.

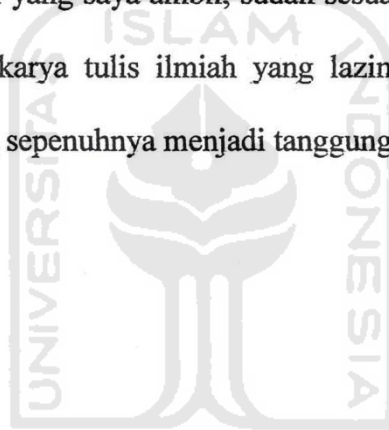
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Heru Aditia Eka Putra

No. Mahasiswa : 12524067

Menyatakan dengan jujur bahwa tugas akhir ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri, tanpa ada niat untuk menjiplak atau plagiat orang lain. Adapaun bagian-bagian tertentu dari materi yang saya ambil, sudah sesuai dengan tata tertib yang berlaku dalam membuat karya tulis ilmiah yang lazim. Jika ternyata terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.



Yogyakarta, 03 Desember 2016



LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PENGARUH TEGANGAN TINGGI IMPULS TERHADAP MELUNAKNYA DAGING

TUGAS AKHIR

Oleh:

Nama : Heru Aditia Eka Putra

No. Mahasiswa : 12524067

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknologi

Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 30 Desember 2016

Warindi, S.T., M.Eng.

Ketua



Dwi Ana Ratna Wati, ST., M.Eng.

Dosen Penguji I



Elvira Sukma Wahyuni, S.Pd., M.Eng

Dosen Penguji 2



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia




Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T.

HALAMAN PERSEMBAHAN



Alhamdulillah .. Alhamdulillah .. Alhamdulillahirobbil'alamin.

Sujud syukurku kupersembahkan kepadamu Allah SWT, atas jalanmu telah kau jadikan aku manusia yang senantiasa belajar, beriman, bertaqwa, bersabar dan membekaliku dengan ilmu serta memperkenalkanku dengan kasih dan sayang. Atas karunia serta kemudahan yang engkau berikan akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada junjungan nabi besar agung Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasihi dan kusayangi.

Bapak dan Ibu ...

Lantunan Al-fatihah beriring sholawat dalam silahku merintih, menadahkan doa dalam syukur yang tiada terkira, terima kasihku untukmu. Kupersembahkan sebuah karya kecil ini untuk Bapak dan Ibuku tercinta, yang tiada pernah hentinya selama ini memberikan semangat, doa, dorongan, nasehat dan kasih sayang serta pengorbanan yang tak tergantikan oleh suatu apapun. Bapak .. ibu .. terimalah bukti kecil ini sebagai kado keseriusanku untuk membalas semua pengorbananmu, dalam hidupmu demi hidupku kalian ikhlas mengorbankan segala perasaan tanpa kenal lelah.

Terima kasih Bapak .. Terima kasih Ibu ..

Adik-adikku tercinta

Untuk Amelia Setianing Putri, M Habib Luthfi dan Alifatun Nidaul Hafiya tercinta, tiada yang paling membahagiakan saat berkumpul bersama kalian, walaupun sering bertengkar tapi hal itu selalu menjadi warna yang tidak akan bisa tergantikan, terima kasih atas doa dan bantuan selama ini, hanya karena karya kecil ini yang dapat aku persembahkan. Maaf belum bisa jadi kakak seperti yang kalian inginkan, belum bisa menjadi panutan seutuhnya, tapi aku berjanji akan belajar menjadi kakak yang terbaik untuk kalian semua.

HALAMAN MOTTO

“Barang siapa menempuh jalan dalam rangka menuntut ilmu, niscaya Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga “

-HR: Muslim-

*“Something deep in my character allows me to take the his
and get on with trying to win ”*

-Lionel Messi-

*“Bukanlah kecerdasan, Namun sikap (akhlak) lah yang akan mengangkat
sebuah kehidupan“*

-Husna Nadiyya-

“Be as yourself as you want ”

-Heru Aditia Eka Putra-

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warohmatullahi Wabarokatuh.

Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayat dan karunia-Nya sehingga skripsi yang berjudul “Pengaruh Tegangan Tinggi Impuls Terhadap Melunaknya Daging” ini dapat terselesaikan dengan baik dan lancar. Tidak lupa pula sholawat serta salam selalu tercurah kepada Rosulullah Muhammad SAW. Semoga kita menjadi umat beliau yang mendapatkan syafaatnya besok di yaumul kiamat. Amin.

Rasa syukur tak henti-hentinya penulis haturkan atas terselesainya skripsi ini, sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi seluruh pembaca kedepannya. Banyak sekali kesan dalam proses pengerjaan skripsi ini.

Selama mengerjakan skripsi ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dukungan, fasilitas dan kemudahan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, yang selalu memberikan rahmat, karunia dan ridho-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Bapak dan Ibu serta adik-adikku tercinta yang selalu memberikan semangat, motivasi dan inspirasi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Warindi, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Medilla Kusriyanto, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II skripsi, yang telah

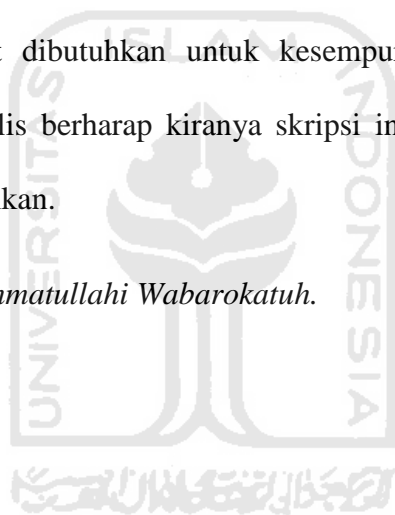
meluangkan waktu dan membagi pengetahuan untuk memberikan bimbingan sampai terselesaikan skripsi ini. Semoga Bapak selalu dalam rahmat dan lindungan-Nya.

4. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia, terima kasih atas bimbingan selama menempuh perkuliahan sehingga penulis bisa berada pada tahap ini.
5. Saudara-saudara kontrakan ACAB dan kontrakan GAUL Marsaban M, Dimas C, Imam DP, Bella AP, Wahyu ZR, Marito S, Sony, Aziz, Iyas S, Syarif H, Faisal dan Aldi yang selalu menemani dalam suka dan duka, terima kasih atas dukungan, semangat, dan doanya. Semoga kita semua menjadi orang-orang yang sukses dunia dan akhirat, serta menjadi orang yang bermanfaat bagi orang lain. Amin.
6. Sahabat kecilku Luthfi Aminuddin, Irham Fauqi Ridlo dan Doni Kurniawan Putra yang selalu mendukung, menemani dan memotivasi kepada penulis. Terima kasih atas segala ilmu, kenangan dan kebersamaanya selama ± 15 tahun ini.
7. Mbak Amal, Mbak Nurul serta Mas Nawi yang tak henti-hentinya memberikan sebuah dukungan moral kepada penulis.
8. Silvia Hana Navila dan Lefi Unsiyyati yang tak pernah lelah dalam memberikan sebuah semangat yang sangat membangun dan memotivasi selama ini.
9. Saudara seperjuangan di Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia angkatan 2012, terimakasih banyak atas kenangan, bantuan, dan kebersamaannya.

10. Teman-teman KKN unit 193 yang telah mengajarkan penulis tentang arti kekeluargaan dan kekompakan yang sangat luar biasa.
11. Orang-orang yang telah membuat saya tergerak untuk mengerjakan skripsi ini. Semoga pertemuan ini merupakan jalan yang ditunjukkan oleh-Nya.
12. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan ilmu yang dimiliki penulis. Kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan untuk kesempurnaan skripsi ini untuk kedepannya, namun penulis berharap kiranya skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak lain yang membutuhkan.

Wassalamualaikum Warohmatullahi Wabarokatuh.



Yogyakarta, 30 November 2016

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan Pembimbing	ii
Lembar Pernyataan Keaslian	iii
Lembar Pengesahan Penguji	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xvi
Abstrak	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6

2.1	Penelitian Yang Pernah Ada	6
2.2	Landasan Teori.....	7
2.2.1	Tegangan Impuls	7
2.2.2	Tegangan Impuls Petir	8
2.2.3	Generator Impuls.....	9
2.2.4	Pembangkit Impuls dengan Rangkaian <i>Discharge</i> Kapasitor.....	9
2.2.5	Proses Pengisian dan Pengosongan Kapasitor	10
2.2.6	Elektroporasi	13
2.2.7	<i>Green Fluorescence protein</i>	14
2.2.8	Resistansi.....	14
2.2.9	Elektroda	16
2.2.10	Transformator Pengukuran.....	17
2.2.10.1	Trafo Arus	17
2.2.10.2	Trafo Tegangan	18
BAB III METODE PENELITIAN		19
3.2	Bahan Penelitian	19
3.2	Lokasi Penelitian.....	20
3.3	Alat Penelitian.....	20
3.4	Variabel Penelitian.....	23
3.4.1	Pewarna	23
3.4.2	Jumlah Denyut Tegangan Impuls.....	24
3.4.3	Tegangan dan Arus.....	24
3.5	Cara Analisa.....	25
3.6	Alur penelitian	25

3.6.1	Perancangan dimesi fisik pembangkit impuls.....	27
3.6.2	Perakitan pembangkit Impuls.....	27
3.6.3	Persiapan sampel daging	31
3.6.4	Pengujian menggunakan <i>Ossilloscope</i>	31
3.6.5	Pengamatan menggunakan Mikroskop	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		34
4.1	Hasil Penelitian	34
4.1.1	Pengujian Menggunakan <i>Ossilloscope</i>	34
4.1.2	Pengujian Menggunakan Mikroskop	39
4.2	Pembahasan.....	43
BAB V PENUTUP.....		44
5.1	Kesimpulan	44
5.2	Saran	44
DAFTAR PUSTAKA		45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis tegangan impuls	8
Gambar 2.2 Sirkit elektroporator menggunakan prinsip <i>discharge</i> kapasitor.....	9
Gambar 2.3 Rangkaian pengisian kapasitor	10
Gambar 2.4 Rangkaian pengosongan kapasitor	12
Gambar 2.5 Mekanisme elektroporasi sel	14
Gambar 2.6 Elektroda pelat tembaga	17
Gambar 3.1 Daging ayam potong	19
Gambar 3.2 Pewarna <i>fluorescent</i>	19
Gambar 3.3 Mikroskop Olympus Cx-21	21
Gambar 3.4 <i>Oscilloscope</i> GW Instek GDS 1042	22
Gambar 3.5 Rangkain <i>discharge capacitor</i>	22
Gambar 3.6 Pembangkit impuls	23
Gambar 3.7 Diagram alur penelitian	26
Gambar 3.8 Desain konstruksi pembangkit impuls.....	27
Gambar 3.9 Pola bentuk kerangka pembangkit impuls.....	28
Gambar 3.10 Dimensi dudukan komponen elektronika	28
Gambar 3.11 Tampilan hasil setelah kapasitor pemuat terpasang pada akrilik....	29

Gambar 3.12	Pola dimensi dudukan utama untuk komponen elektronika	29
Gambar 3.13	Hasil setelah pemasangan relay pada akrilik	30
Gambar 3.14	Rangkaian pengukuran tegangan	32
Gambar 3.15	Rangkaian pengukuran arus	33
Gambar 4.1	Contoh bentuk gelombang saat objek uji diberi denyut tegangan sebanyak 1x	34
Gambar 4.2	Contoh bentuk gelombang saat objek uji diberi denyut tegangan sebanyak 15x	35
Gambar 4.3	Contoh bentuk gelombang saat objek uji diberi denyut tegangan sebanyak 30x	35
Gambar 4.4	Contoh bentuk gelombang saat objek uji diberi denyut tegangan sebanyak 40x	36
Gambar 4.5	Grafik hubungan rata-rata jumlah impuls dan nilai resistansi	38
Gambar 4.6	Hasil pengamatan objek uji daging yang belum diberi denyut tegangan impuls dengan perbesaran 10x	39
Gambar 4.7	Hasil pengamatan objek uji daging yang belum diberi denyut tegangan impuls dengan perbesaran 40x	40
Gambar 4.8	Hasil pengamatan objek uji daging yang sudah diberi denyut tegangan impuls dengan perbesaran 10x	40
Gambar 4.9	Hasil pengamatan objek uji daging yang sudah diberi denyut tegangan impuls dengan perbesaran 40x	41

Gambar 4.10 Hasil pengamatan objek uji daging yang sudah diberi denyut tegangan impuls dengan perbesaran 100x.....41



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat Penelitian	20
Tabel 4.1 Pengujian resistansi daging menggunakan osiloskop	36



ABSTRAK

Elektroporasi adalah suatu metode yang menggunakan kejutan listrik untuk memperbesar pori-pori membran sel sehingga dapat meningkatkan permeabilitas membran yang selanjutnya suatu molekul organik, gen, peptida antibodi, atau DNA dapat masuk ke dalam sel. Elektroporasi merupakan salah satu metode *delivery* vaksin DNA yang sangat menjanjikan. Berbagai penelitian telah menunjukkan hasil yang positif untuk penerapan vaksin DNA dan gen berbasis elektroporasi pada manusia dan tumbuhan. Namun, hingga kini masih minim penelitian elektroporasi yang ditujukan pada hewan.

Pada penelitian ini dirancang sebuah pembangkit impuls yang digunakan sebagai penunjang untuk melakukan pengujian terhadap objek uji daging. Penelitian ini dilakukan percobaan menggunakan osiloskop dan pengamatan langsung menggunakan mikroskop.

Percobaan menggunakan osiloskop dilakukan sebanyak 4x sampel daging dengan jumlah denyut tegangan impuls berturut-turut setiap pengujiannya sebanyak 1x, 15x, 30x dan 40x, nilai resistansi daging rata-rata berdasarkan urutan jumlah denyut tegangan impuls yaitu 18708,25 Ω , 1629,5 Ω , 13458,25 Ω , 10812 Ω . Terlihat nilai resistansi daging semakin menurun sejalan dengan semakin banyaknya jumlah denyut tegangan impuls. Hal tersebut menandakan bahwa banyaknya denyut tegangan impuls mempengaruhi melunaknya daging. Hasil tersebut didukung dengan pengamatan langsung menggunakan mikroskop bahwa saat daging belum diberi denyut tegangan impuls, belum terjadi pelunakan terhadap daging yang menyebabkan belum terbukanya pori-pori membran sel dan saat daging sudah diberi denyut tegangan impuls terjadi pelunakan terhadap daging yang menyebabkan pori-pori membran sel daging terbuka.

Kata Kunci : Elektroporasi, Denyut tegangan impuls, Jumlah Impuls, Resistansi.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemakaian tegangan tinggi pada saat ini semakin luas. Selain digunakan untuk transmisi tenaga listrik, telah banyak tegangan tinggi yang dirancang untuk membantu pekerjaan manusia, salah satunya diaplikasikan pada penelitian di laboratorium. Dalam teknik biomedis salah satu cabang ilmu yang berkaitan dengan teknik elektro ini secara khusus biasa disebut dengan bioelektrik atau bioelektromagnetisme.

Studi tentang proses bioelektrik pada tubuh manusia memberi dampak yang sangat signifikan pada teknik biomedis. Metode klinis seperti elektroneurografi, elektromiografi, elektrokardiografi, dan elektroensefalografi melibatkan proses merekam dan menerjemahkan sinyal listrik yang muncul dari perubahan transien tegangan pada membran sel.

Konsep bioelektrik juga telah menghasilkan beberapa alat yang mampu mengalirkan arus ke tubuh untuk pengobatan atau terapi. Alat pacu jantung dan stimulator membantu untuk menjaga fungsi elektrik dari jantung, otot, dan saraf. Defibrilator digunakan untuk menghentikan aritmia yang berpotensi fatal. Alat-alat tersebut menjadi semakin canggih dengan mikroprosesor yang mampu memroses sinyal bioelektrik untuk menentukan tindakan yang tepat [1].

Pada 1970-an ilmuwan menemukan bahwa penerapan denyut tegangan listrik pada sel (dalam kondisi laboratorium) meningkatkan penyerapan sel terhadap material biologis karena terbukanya pori-pori membran sel secara temporer.

Fenomena ini dikenal sebagai elektroporasi. Sejak saat itu fenomena tersebut sering dimanfaatkan di laboratorium-laboratorium penelitian.

Penelitian-penelitian elektroporasi semakin marak dilakukan, diantaranya banyak diaplikasikan pada manusia dan tumbuhan. Vaksinasi DNA berbasis elektroporasi kini sedang marak diteliti di benua Amerika dan Eropa, terutama di Amerika Serikat, Jerman, dan Slovenia [2]. Metode vaksinasi DNA meningkatkan harapan dalam pengobatan penyakit manusia dan menawarkan vaksinasi yang lebih aman dan lebih murah dibanding vaksin konvensional [3].

Pada tumbuhan, elektroporasi digunakan untuk mentransfer genetik untuk menghasilkan tanaman pangan hasil rekayasa genetik yang memiliki sifat-sifat unggul, diantaranya ketahanan terhadap hama dan penyakit, ketahanan terhadap herbisida, perubahan kandungan nutrisi dan peningkatan daya simpan.

Elektroporasi adalah salah satu metode *delivery* vaksin DNA yang sangat menjanjikan. Berbagai penelitian telah menunjukkan hasil yang positif untuk penerapan vaksin DNA dan Gen berbasis elektroporasi pada manusia dan tumbuhan. Namun, hingga kini masih minim penelitian elektroporasi yang ditujukan pada hewan.

Hal inilah yang menginspirasi peneliti untuk mengkaji aplikasi elektroporasi pada hewan, dalam hal ini akan dilakukan percobaan dan pengamatan menggunakan denyut tegangan listrik yang dapat dimanfaatkan untuk memasukkan material biologis (Peptida antibodi, gen, molekul organik, DNA) ke dalam sel. Pada dasarnya tegangan tinggi impuls ini dapat melubangi sel hidup secara sementara, dengan adanya lubang pada sel tersebut maka bisa dapat dimanfaatkan untuk

memasukkan material biologis secara paksa. Oleh sebab itu, sangat penting perlu dikenali apakah lubang sel tersebut sudah terbentuk. Salah satu caranya adalah dengan cara memberikan denyut tegangan impuls, cara melakukan percobaan ini yaitu dengan melihat pengaruhnya secara langsung antara sebelum dan sesudah diberi tegangan denyut impuls pada objek uji yang diteliti.

Untuk mempermudah pada waktu penelitian dibutuhkan sebuah alat pembangkit tegangan tinggi yang mampu digunakan untuk membangkitkan denyut tegangan tinggi impuls yang nantinya akan digunakan untuk melakukan pengamatan dan pengukuran pengaruh dari melunaknya daging. Berdasarkan hal tersebut maka penulis menyusun skripsi ini dengan mengambil judul "Pengaruh Tegangan Impuls Terhadap Melunaknya Daging"

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

- a. Bagaimana pengaruh dari tegangan denyut impuls terhadap melunaknya daging dan pengaruh jumlah denyut tegangan terhadap resistansi daging?
- b. Bagaimana pengaruh dari tegangan denyut impuls saat daging belum diberi denyut tegangan impuls dan sesudah diberi denyut tegangan impuls.

1.3 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini, pembahasan masalah dibatasi pada batasan-batasan sebagai berikut :

- a. Perancangan pembangkitan tegangan tinggi impuls yang dihasilkan oleh generator impuls sebesar 2 kV.
- b. Daging yang digunakan dalam pengujian menggunakan daging ayam.

- c. Percobaan pengamatan langsung menggunakan mikroskop dan pengukuran menggunakan osiloskop.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dari tugas akhir ini adalah

- a. Membuat suatu alat pembangkitan denyut tegangan tinggi impuls yang berupa generator impuls.
- b. Mengetahui pengaruhnya tegangan denyut impuls terhadap melunaknya daging.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Sebagai bahan pengembangan pembangkitan tegangan tinggi impuls di Indonesia untuk masa yang akan datang.
- b. Dapat mengetahui peralatan yang digunakan dalam perancangan pembangkitan denyut tegangan tinggi impuls.
- c. Dapat digunakan untuk memperdalam teori tegangan impuls melalui praktik secara langsung.

1.6 Sistematika Penulisan

Pembuatan tulisan mengenai penelitian ini dilakukan dengan membagi penulisan menjadi beberapa bab, yaitu sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Pada bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika pembahasan dari tugas akhir “Pengaruh tegangan tinggi impulse terhadap melunaknya daging”

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang penelitian yang pernah ada dan membahas landasan teori yang digunakan dalam penelitian.

BAB III Metode Penelitian

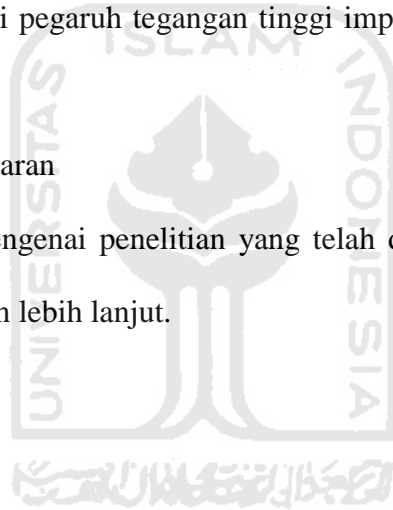
Bab ini berisi tentang bahan penelitian, lokasi penelitian, alat penelitian, variabel penelitian dan alur penelitian .

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini memuat hasil pengamatan, pengujian sistem dan penjelasannya, serta indikator keberhasilan dari pengaruh tegangan tinggi impuls terhadap melunaknya daging.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini memuat mengenai penelitian yang telah dilaksanakan serta saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Yang Pernah Ada

Pada pengerjaan tugas akhir ini, penulis mempelajari teori-teori dasar tentang elektroporasi dan impuls guna memperoleh ide-ide mengenai perancangan generator impuls dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Menurut Hadi [4], tentang pemetaan elektroporasi pada jaringan biologis menjelaskan grafik yang memperlihatkan potensial dan medan listrik. Dari simulasi numerik diperoleh bahwa kerapatan medan lebih tinggi pada tempat disekitar elektroda dan lebih rendah ditempat lainnya yang jauh dari elektroda. Melalui simulasi numeris, suatu peta elektroporasi *reversible* jaringan biologis yang terpapar denyut medan listrik dapat dibuat dan dapat digunakan sebagai petunjuk bagi praktisi untuk terapi berbasis elektroporasi dengan lebih akurat, berhasil dan aman.

Menurut Barades [5], Tentang transplantasi sel dengan label GFP pada ikan nila menjelaskan bahwa kelangsungan hidup sel pada kejut 100 dan 200 volt tidak signifikan ($P < 0,05$), akan tetapi lebih tinggi bila dibandingkan dengan perlakuan 300 volt ($P < 0,05$). Jumlah sel yang berpendar tidak berbeda antara perlakuan. Persentase kolonisasi sel pada ikan hasil transplan tertinggi pada perlakuan 200 volt (66,67%). Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian adalah perlakuan elektroporasi dengan kejut listrik 200 volt dapat digunakan untuk memberi label pada sel testikular yang akan ditransplantasikan.

Menurut Widodo [6], membahas pengaruh tegangan elektroporasi pada transformasi plasmid menjelaskan transformasi plasmid pND968 dengan menggunakan tegangan elektroporasi 2500 Volt, 200 Ohm dan kapasitor μF mampu menghasilkan tingkat efisiensi transformasi 7.72×10^4 CFU/ug DNA. Hasil tersebut pada kisaran tingkat efisiensi yang lazim diperoleh oleh beberapa peneliti sebelumnya. Setelah ekstraksi plasmid, setiap transforman yang diperoleh menunjukkan membawa plasmid pND968 pada ukuran yang sama.

2.2 Landasan Teori

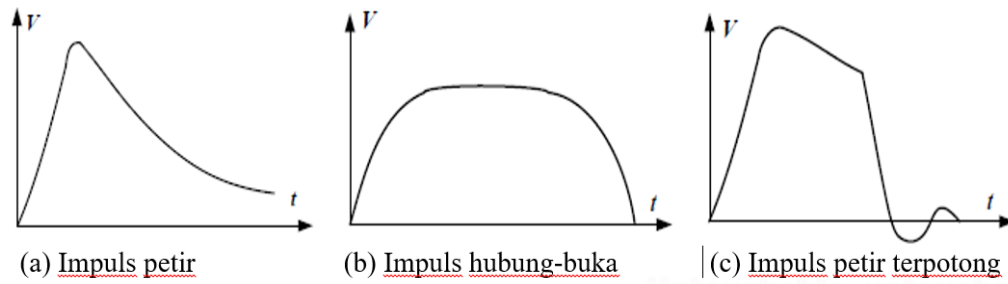
2.2.1 Tegangan Impuls

a. Pengertian

Tegangan Impuls (*impulse voltage*) adalah tegangan searah yang naik dalam waktu yang sangat singkat menuju ke nilai maksimal disusul dengan penurunan yang relatif lebih lambat menuju ke titik nol [7], [8]. Nilai maksimal disebut juga dengan nilai puncak tegangan impuls dan tegangan impuls ini ditetapkan berdasarkan nilai ini. Tegangan impuls digolongkan berdasarkan nilai puncak dan dua waktu intervalnya yaitu waktu gelombang muka (*wave front*) dan waktu gelombang ekor (*wave tail*).

b. Jenis tegangan impuls

Ada tiga bentuk tegangan impuls yang mungkin menerpa sistem tenaga listrik yaitu tegangan impuls petir yang disebabkan oleh sambaran petir (*lightning*), tegangan impuls hubung buka yang disebabkan oleh adanya operasi hubung-buka (*switching operation*) dan tegangan impuls petir terpotong [7].



Gambar 2.1 Jenis Tegangan Impuls [7]

Definisi bentuk gelombang impuls [9] :

- Bentuk dan waktu gelombang impuls dapat diatur dengan mengubah nilai komponen rangkaian generator impuls.
- Nilai puncak (*peak value*) merupakan nilai maksimum gelombang impuls.
- Muka gelombang (*wave front*) didefinisikan sebagai bagian gelombang yang dimulai dari titik nol sampai titik puncak.
- Ekor gelombang (*wave tail*) didefinisikan sebagai bagian gelombang yang dimulai dari titik puncak sampai akhir gelombang.

2.2.4 Tegangan Impuls Petir

Tegangan impuls petir adalah tegangan yang berasal dari sambaran petir. Tegangan impuls dinyatakan dengan tiga besaran yaitu tegangan puncaknya (V_{maks}), waktu muka (T_f), dan waktu ekor (T_t). Menurut IEC (*International Electrotechnical Commission*) waktu muka dan waktu ekor untuk tegangan impuls petir adalah

$$T_f \times T_t = 1,2 \mu s \times 50 \mu s \quad (2.1)$$

Waktu muka dan waktu ekor yang dihasilkan generator impuls tidak selalu tepat seperti yang diinginkan. Misalnya, untuk tegangan impuls petir berdasarkan

standar IEC, penyimpangan waktu muka (T_f) yang ditolerir adalah $\pm 30\%$, sedang penyimpangan waktu ekor (T_t) yang ditolerir adalah $\pm 20\%$.

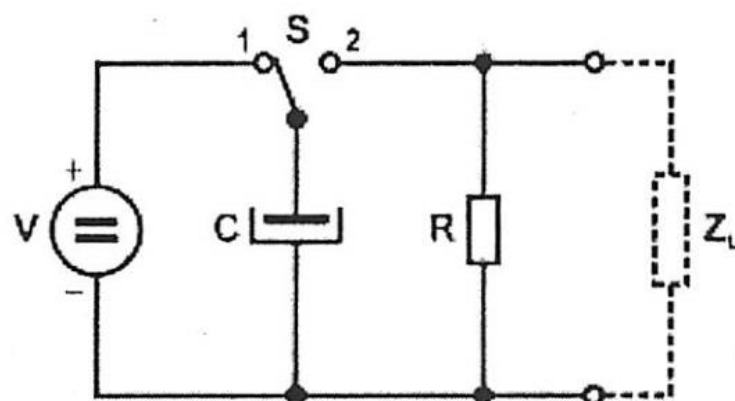
2.2.3 Generator Impuls

Generator Impuls adalah alat yang digunakan untuk pengujian tegangan impuls di mana generator impuls inilah yang berperan untuk membangkitkan tegangan tinggi impuls. Terdapat beberapa jenis generator impuls di antaranya generator impuls *RLC*, generator impuls *RC* dan generator Marx.

2.2.4 Pembangkit Impuls dengan Rangkaian *Discharge* Kapasitor

Rangkaian listrik untuk membangkitkan denyut impuls dapat dilihat dari gambar 2.2, yang terdiri dari catu daya tegangan tinggi variable V , kapasitor C , *Switch* S , dan resistor R [12].

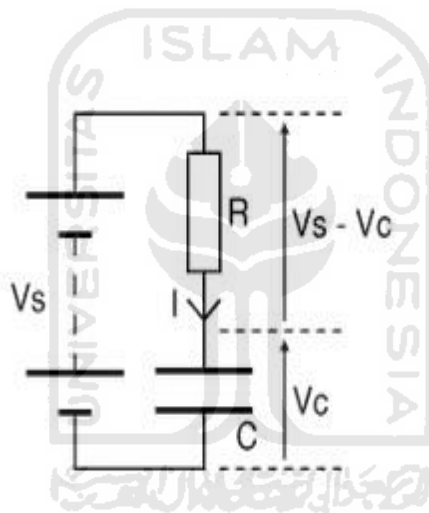
Alat tersebut bekerja dalam 2 tahap yaitu yang pertama adalah tahap *charging* (*Switch* pada posisi 1, dan kapasitor diisi pada tegangan tertentu) dan tahap kedua adalah tahap *discharging* (*Switch* pada posisi 2, dan kapasitor *discharges* kepada beban melalui elektroda). Berikut merupakan sirkuit elektroporator menggunakan prinsip *discharge* kapasitor seperti pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Sirkuit elektroporator menggunakan prinsip *discharge* kapasitor [12]

2.2.5 Proses Pengisian dan Pengosongan Kapasitor

Proses pengisian kapasitor terjadi pada rangkaian tertutup. Di mana saat saklar dihubungkan maka arus (I) akan mengalir melalui hambatan (R) menuju ke kapasitor (C). Tegangan pada kapasitor (V_c) akan naik seiring dengan lamanya waktu pengisian kapasitor. Semakin lama waktu pengisian kapasitor maka semakin meningkat juga tegangan kapasitor (V_c). Ketika nilai tegangan sumber (V_s) dan tegangan kapasitor (V_c) sama maka arus yang mengalir ke kapasitor akan berhenti ($I=0$).



Gambar 2.3 Rangkaian pengisian kapasitor

Nilai tegangan kapasitor pada waktu tertentu :

$$V_c = V_s (1 - e^{-t/RC}) \quad (2.2)$$

dengan

V_c = Tegangan di kapasitor (V)

V_s = Tegangan sumber (V)

e = Nilai euler (2,7182818)

t = Waktu (s)

R = Nilai resistor (Ω)

C = Nilai kapasitor (F)

Untuk nilai arus ketika proses pengisian berdasarkan tegangannya adalah

$$V_S = V_R + V_C \quad (2.3)$$

atau

$$V_R = V_S - V_C \quad (2.4)$$

dengan

V_S = Tegangan sumber (V)

V_R = Tegangan di resistor (V)

V_C = Tegangan di kapasitor (V)

Di mana nilai V_C akan bertambah seiring bertambahnya waktu pengisian. Maka arus pengisian kapasitor pada suatu waktu tertentu (t) adalah sama dengan arus yang mengalir pada suatu waktu tertentu (t) di resistor

$$I_C(t) = I_R(t) = V_R/R \quad (2.5)$$

atau

$$I_C(t) = (V_S - V_C(t))/R \quad (2.6)$$

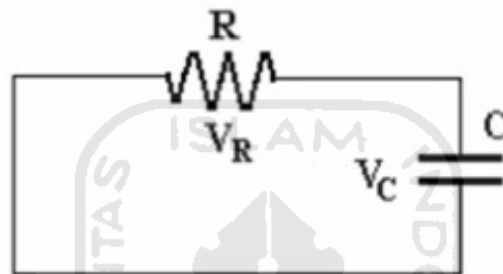
dengan

$I_C(t)$ = Arus kapasitor pada saat t (A)

$I_R(t)$ = Arus resistor pada saat t (A)

$V_C(t)$ = Tegangan di kapasitor saat t (V)

Pada proses pengosongan kapasitor dengan cara mematikan saklar secara langsung atau menghubungkan singkatkan rangkaian sehingga tidak ada tegangan dari sumber yang mengalir ke kapasitor. Sehingga arus yang mengalir akan berlawanan dengan arus semula ketika pengisian kapasitor, akibatnya V_C akan berkurang sampai arus yang mengalir berhenti.



Gambar 2.4 Rangkaian pengosongan kapasitor

Nilai tegangan saat pengosongan kapasitor :

$$V_C = V_{C_0} e^{-t/RC} \quad (2.7)$$

dengan

V_{C_0} = Tegangan mula-mula di kapasitor (V)

Nilai arus kapasitor saat proses pengosongan berdasarkan nilai tegangan adalah :

$$V_R = V_C \quad (2.8)$$

Di mana nilai V_C akan berkurang seiring bertambahnya waktu pengosongan. Maka arus pengosongan pada suatu waktu tertentu (t) adalah sama dengan arus yang mengalir pada suatu waktu tertentu (t) di resistor

$$I_C(t) = I_R(t) = V_R/R \quad (2.9)$$

atau

$$I_C(t) = V_C(t) /R \quad (2.10)$$

Waktu yang digunakan untuk pengisian dan pengosongan kapasitor tergantung dari nilai RC atau yang sering disebut konstanta waktu (*time constant*) yaitu :

$$\tau = RC \quad (2.11)$$

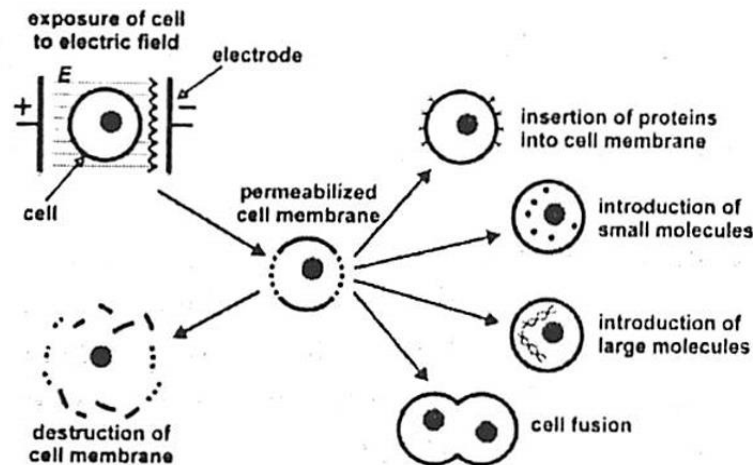
dengan

τ = konstanta waktu kapasitor (s)

2.2.6 Elektroporasi

Elektroporasi adalah suatu metode yang menggunakan kejutan listrik untuk memperbesar pori-pori membran sel sehingga dapat meningkatkan permeabilitas membran.

Elektroporasi terjadi saat energi listrik diinduksikan pada sel sehingga meningkatkan permeabilitas membran sel dan dapat membentuk pori-pori membran yang selanjutnya suatu molekul organik, gen, peptida antibodi, atau DNA dapat masuk ke dalam sel. Elektroporasi juga bisa digunakan untuk menggabungkan beberapa sel. Pada elektroporasi *reversible*, pori-pori membran sel akan menutup kembali setelah denyut listrik untuk elektroporasi menerpa dalam kurun waktu tertentu. Energi listrik yang dibawa melalui bentuk denyut listrik yang terlalu besar atau terlalu lama bisa mengakibatkan kerusakan sel dengan rusaknya membran sel (*irreversible electroporation*) [18]. Gambar skematis mekanisme elektroporasi sel terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Mekanisme Elektroporasi sel [18]

2.2.7 *Green Fluorescence protein (GFP)*

Merupakan protein berpendar yang ditemukan pada ubur-ubur *Aequorea victoria*. Protein tersebut menyebabkan terbentuknya pendaran warna hijau bila terpapar sinar UV. Pendaran warna hijau tersebut terbentuk karena adanya gugus *chromophore*. Aplikasi *green fluorescence protein* dalam penelitian molekular dapat digunakan sebagai label atau indikator ekspresi gen [19]. *Green Fluorescence protein* berperan sebagai *reporter gene* yang akan berfluorosensi menggunakan sinar UV pada mikroskop khusus, sehingga dapat mendeteksi sel yang telah tertransfeksi pada sel hidup [20]. Keunggulan *Green Fluorescence protein* dibandingkan *reporter gene* lain yaitu *luciferase* adalah ukuran gen yang lebih kecil sehingga lebih mudah untuk diinsersikan ke dalam vektor ekspresi [21].

2.2.8 Resistansi

Pada sebuah konduktor yang berada pada kondisi tidak berada pada kesetimbangan elektrostatik, maka arus yang dihasilkan medan listrik akan mendorong gaya pada muatan-muatan bebas. Arah dari arus yang dihasilkan ini searah dengan arah medan listrik dalam konduktor. Jika konduktor tersebut

memiliki luas penampang A , panjangnya dinotasikan dalam L , V adalah beda potensial tinggi dengan rendah, J adalah kerapatan arus dan medan listrik adalah E , maka nilai arus I terhadap selisih potensial dari masing-masing ujung didapatkan $I = JA$ dan besar beda potensial diperoleh $V = EL$. Melalui persamaan $E = \rho J$ jika persamaan I dan V dimasukkan maka akan didapatkan

$$\frac{V}{L} = \frac{\rho I}{A} \quad (2.12)$$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa I sebanding dengan beda potensial V yang melintasi kawat. Percobaan yang membuktikan hasil tersebut dikenal sebagai hukum ohm, konstanta perbandingan dapat ditulis $1/R$ dimana R adalah resistansi, sehingga didapatkan

$$I = \left(\frac{1}{R}\right) V \quad (2.13)$$

atau

$$R = \left(\frac{V}{I}\right) \quad (2.14)$$

Satuan resistansi dalam SI adalah volt per ampere atau biasa dikenal dengan ohm (Ω). Besar kecilnya resistansi dari suatu material bergantung pada panjang, luas penampang lintang, tipe material dan suhu. Terdapat dua tipe material dalam resistansi. Material yang mengikuti prinsip dari hukum ohm disebut sebagai material ohmik. Material ini memiliki resistansi yang besarnya tidak berdasarkan pengaruh dari perubahan arus, sedangkan material yang mengikuti perubahan arus disebut material nonohmik. Material ohmik tegangan jatuh pada suatu segmen sebanding dengan arus.

$$V = IR \quad (2.15)$$

Material nonohmik memiliki perbandingan V/I bergantung pada arus I , sehingga arus tidak sebanding dengan resistansi, seperti ditunjukkan persamaan (2.14). Resistansi memiliki kemiripan dengan impedansi, tetapi keduanya bekerja pada arus yang berbeda. Pada dasarnya impedansi dan resistansi memang sama, hanya saja impedansi bekerja pada arus AC sedangkan resistansi pada arus DC.

2.2.9 Elektroda

Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam dari sebuah sirkuit, misal semikonduktor atau elektrolit. Elektroda merupakan penghantar listrik yang menyerap dan melepaskan elektron-elektron dari permukaannya. Pada logam atau penghantar padat lainnya misalnya grafit, elektron-elektron bergerak melompat dari satu atom ke atom lainnya, tetapi atom-atom itu sendiri tidak bergerak. Tetapi pada permukaan elektroda, yang menyalurkan listrik bukan elektron, melainkan ion-ion. Disini secara fisik ion positif dan ion negatif bergerak lewat suatu zat perantara. Hantaran ion ini terutama terjadi dalam lauran dan lelehan garam.

Pada beberapa perangkat elektroda juga disebut kutub atau pelat. Elektroda baterai dipisahkan oleh larutan yang mengandung ion-ion (atom atau kelompok atom bermuatan listrik). Salah satu elektroda (elektroda negatif) mengalami reaksi kimia yang memberikan kelebihan elektron. Elektroda lainnya (elektroda positif) mengalami reaksi kimia yang menghilangkan elektron. Ketika dua elektroda dihubungkan oleh sebuah sirkuit listrik eksternal, kelebihan elektron akan mengalir dari elektroda negatif ke positif. Berikut merupakan contoh dari elektroda tembaga seperti pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Elektroda pelat tembaga [14]

2.2.10 Transformator pengukuran

Pada umumnya alat-alat ukur seperti voltmeter dan amperemeter dibuat dalam batas ukur yang relatif kecil, sedangkan dalam pengukuran-pengukuran sering ditemui nilai-nilai yang cukup besar. Agar supaya meter-meter tersebut dapat digunakan untuk batas ukur yang lebih besar, maka pada alat-alat ukur tersebut diberi tambahan alat-alat tertentu. Pada pengukuran listrik DC umumnya diberi tahanan depan atau tahanan paralel, sedangkan pada pengukuran listrik AC umumnya digunakan transformator. Dalam hal ini dikenal 2 jenis transformator :

2.2.10.1 Trafo Arus

Trafo Arus (CT) berfungsi untuk mentransformasi kan arus yang besar menjadi arus yang kecil guna menyesuaikan kemampuan arus pada alat ukur atau alat proteksi.

Pada pengukuran osiloskop jika trafo arus digunakan sebagai pembagi tegangan maka untuk mencari arus asli (trafo yang digunakan ratio 3/220 V) yaitu dengan menggunakan persamaan berikut :

$$I_p : I_s = 3 : 220 \quad (2.16)$$

atau

$$I_p = \frac{3 \times I_s}{220} \quad (2.17)$$

2.2.10.2 Trafo Tegangan

Trafo tegangan (PT) berfungsi mentransformasi tegangan tinggi atau tegangan menengah ke suatu tegangan rendah yang digunakan untuk pengukuran atau proteksi.

Pada pengukuran tegangan tinggi menggunakan osiloskop jika trafo tegangan digunakan sebagai pembagi tegangan maka untuk mencari tegangan asli (trafo yang digunakan ratio 220/3 V) yaitu dengan menggunakan persamaan berikut :

$$V_p : V_s = 220 : 3 \quad (2.18)$$

atau

$$V_p = \frac{220 \times V_s}{3} \quad (2.19)$$

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini pertama daging ayam yang dipotong sangat tipis, fungsinya agar supaya terlihat jelas ketika melakukan pengamatan menggunakan mikroskop. Bahan kedua yaitu pewarna yang bisa berpendar (bercahaya), fungsi pewarna ini adalah sebagai gen yang dimasukkan dalam testikular daging ketika melakukan pengamatan menggunakan mikroskop.



Gambar 3.1 Daging ayam potong [25]



Gambar 3.2 Pewarna *Fluorescent*

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian pertama dilakukan di Laboratorium Dasar Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Alat pengukuran yang digunakan menggunakan milik Laboratorium Dasar Teknik Elektro dengan gambar yang lebih jelas dari sumber lain.

Lokasi penelitian kedua dilakukan di Laboratorium Histologi dan Patologi Anatomi Fakultas Kedokteran Universitas Islam Indonesia. Alat pengamatan yang digunakan merupakan milik Laboratorium Histologi dan Patologi Anatomi dengan gambar yang lebih jelas dari sumber lain.

3.3 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam pengamatan dan pengujian penelitian ini yaitu :

Tabel 3.1 Alat Penelitian

Alat	Fungsi
Mikroskop binokuler	Alat untuk pengamatan terhadap objek uji daging
<i>Oscilloscope</i>	Untuk melihat gelombang impuls, mengukur tegangan dan arus
Generator Impuls	Alat yang digunakan untuk membangkitkan denyut tegangan tinggi impuls.
Trafo 0.5 A	Sebagai pembagi tegangan saat pengukuran tegangan dan arus.
<i>Cutter</i>	Sebagai sarana untuk memotong objek uji daging
Jumper	Untuk menghubungkan peralatan ke trafo 0.5 A
Kaca Preparat	Sebagai tempat objek uji saat melakukan pengamatan menggunakan mikroskop

a. Mikroskop Binokuler

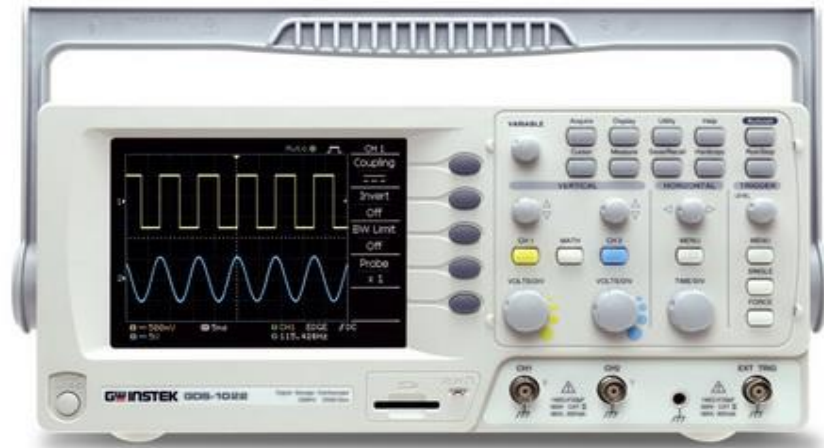
Merupakan mikroskop yang digunakan untuk pengamatan benda-benda yang tidak terlalu besar, transparan atau tidak. Penyinaran dapat diatur dari atas maupun dari bawah dengan sinar alam atau lampu. Mikroskop yang digunakan pada waktu pengamatan yaitu Mikroskop binokuler Olympus Cx-21. Mikroskop ini digunakan untuk melakukan pengamatan terhadap objek daging yang diteliti.



Gambar 3.3 Mikroskop Olympus Cx-21 [23]

b. *Oscilloscope*

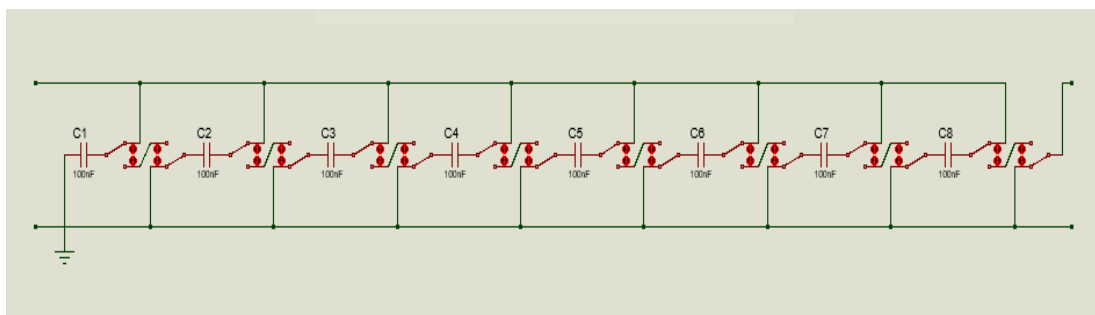
Merupakan alat ukur elektronika yang berfungsi memproyeksikan bentuk sinyal listrik agar dapat dilihat dan dipelajari. *Oscilloscope* yang digunakan pada waktu pengujian yaitu *Oscilloscope* GW Instek GDS 1042. Pengujian menggunakan *oscilloscope* ini digunakan untuk menampilkan sinyal atau bentuk gelombang elektromagnetik yang dibangkitkan oleh pembangkit impuls juga mengukur tegangan dan arus.



Gambar 3.4 Oscilloscope Gw Instek GDS 1042 [24]

c. Generator Impuls

Merupakan alat yang digunakan untuk pengujian tegangan impuls di mana generator impuls inilah yang berperan untuk membangkitkan denyut tegangan tinggi impuls. Pembangkitan impuls yang digunakan merupakan rancangan dan rakitan sendiri dimana rancangan pembangkit impuls ini menyesuaikan dengan rangkaian *Discharge Capacitor*, seperti pada gambar 3.5



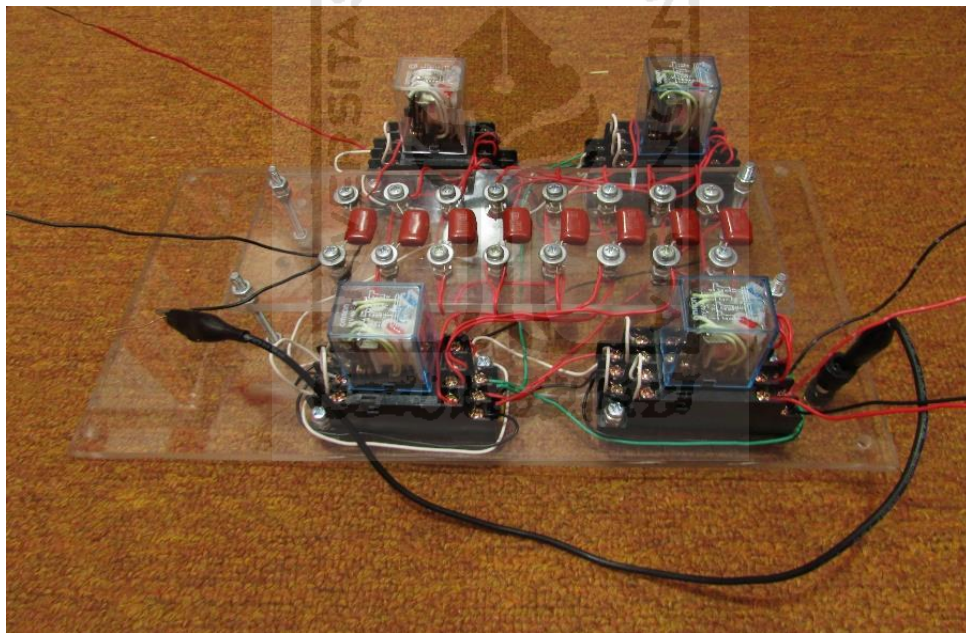
Gambar 3.5 Rangkaian *Discharge Capacitor*

Rangkaian *Discharge Capacitor* tersebut menggunakan beberapa bahan utama, diantaranya yaitu :

1. Kapasitor
2. Relay 220 V 4 pole.

Fungsi digunakannya kapasitor yaitu untuk menyimpan muatan listrik saat terjadi pengisian muatan, kapasitor pemuat ini mempunyai tegangan 630 V, artinya pada kapasitor tersebut mempunyai tegangan kerja maksimal sebesar 630 V, totalnya kapasitor pemuat ini berjumlah delapan kapasitor, karena rangkaian *Discharge Capacitor* ini mempunyai delapan tingkat.

Fungsi digunakannya relay ini yaitu untuk menggerakkan tegangan yang besar dan sebagai elektromagnetik *switch* atau saklar yang dikendalikan oleh magnet listrik. Berikut hasil setelah semua komponen-komponen terpasang seperti pada gambar 3.6



Gambar 3.6 Pembangkit Impuls

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Pewarna

Pewarna dalam penelitian ini merupakan sebagai gen yang akan dimasukkan dalam testikular objek uji daging, pewarna yang digunakan adalah pewarna *fluorescent* (bercahaya) agar saat melakukan pengamatan pewarna bisa terlihat di

mikroskop, pengamatan ini dilakukan secara visual artinya objek uji akan diamati menggunakan indera penglihatan apakah pewarna yang digunakan sudah masuk ke jaringan atau belum.

3.4.2 Jumlah Denyut Tegangan Impuls

Jumlah denyut tegangan impuls dalam pengujian ini merupakan jumlah dari denyut tegangan yang akan diberikan kepada objek uji daging, pada pengujian menggunakan *osilloscope* jumlah denyut tegangan impuls yang diberikan pada objek uji daging sebanyak 4 kali pengujian, pengujian pertama yaitu objek uji daging diberi 1x denyut tegangan impuls, setelah itu dilakukan pengujian. Begitu juga ketika melakukan pengujian kedua saat objek daging diberi 15x denyut tegangan impuls, pengujian ketiga saat objek uji daging diberi 30x denyut tegangan impuls dan pengujian keempat saat objek uji daging 40x denyut tegangan impuls.

Pada pengamatan menggunakan mikroskop percobaan pengamatan ini dilakukan 2 kali pengamatan, pengamatan pertama saat objek uji daging belum diberi denyut tegangan impuls, setelah itu daging diberi pewarna dan selanjutnya dilakukan pengamatan menggunakan mikroskop. Pengamatan kedua saat objek uji daging diberi denyut tegangan sebanyak 40x denyut tegangan impuls, setelah itu daging diberi pewarna dan selanjutnya dilakukan pengamatan menggunakan mikroskop.

3.4.3 Tegangan dan Arus

Tegangan dan Arus dalam penelitian ini merupakan hasil dari data yang akan dibandingkan dan dihitung saat semua pengujian selesai dilakukan, pengamatan ini dilakukan secara kuantitatif artinya pengamatan dilakukan menggunakan suatu alat ukur dan hasil yang diperoleh akan dibandingkan apakah ada perbedaan antara

pengujian saat objek uji daging diberi denyut tegangan impuls sebanyak 1x, 15x, 30x dan 40x.

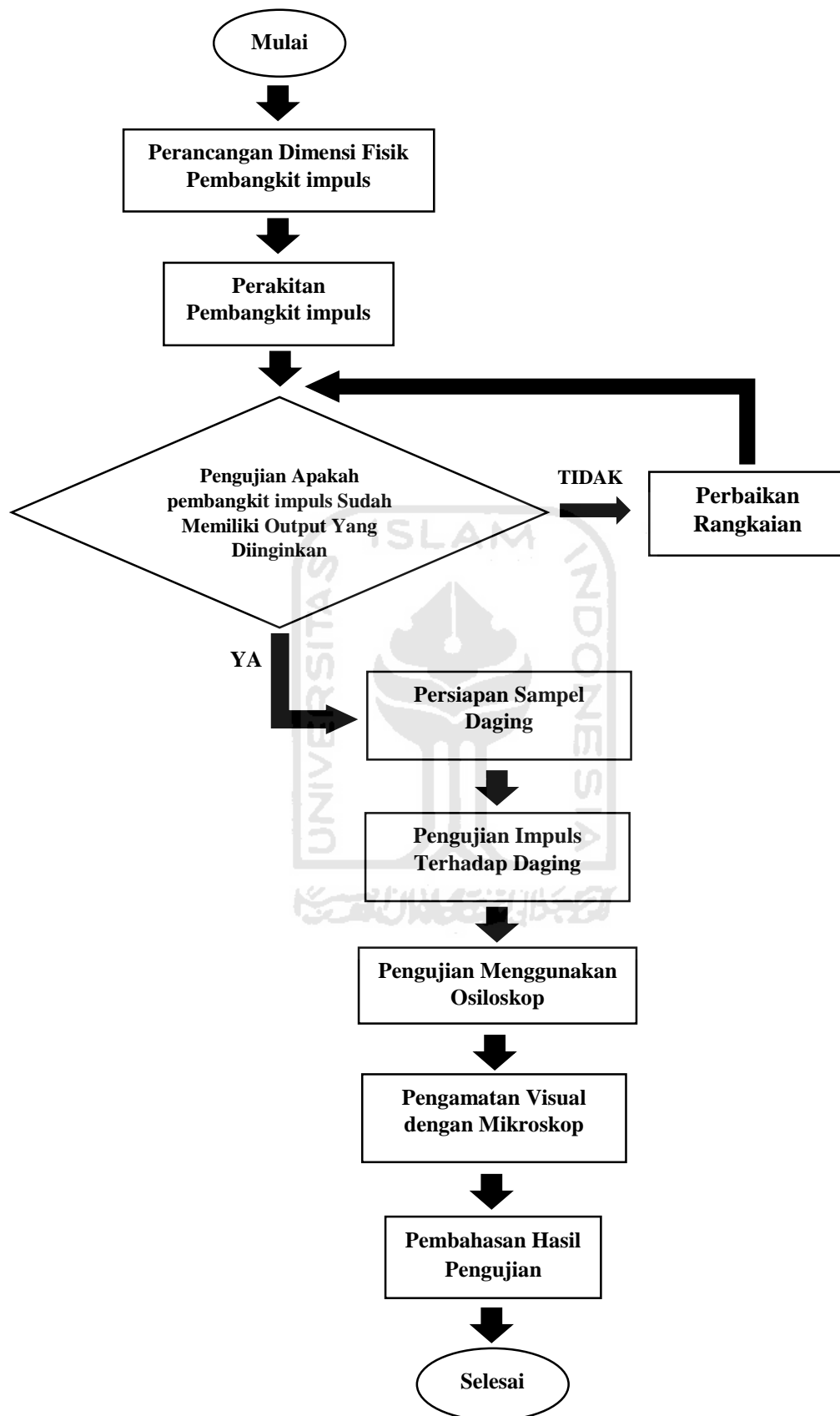
3.5 Cara Analisa

Cara analisa yang digunakan dalam penelitian ini yaitu analisa secara visual dan analisa secara statistik. Analisa secara visual artinya analisa yang dilakukan menggunakan pengamatan indera penglihatan, analisa ini nantinya akan melihat dari pewarna yang diberikan ke objek uji apakah pewarna tersebut masuk ke dalam jaringan, tidak masuk ke dalam jaringan atau masuk banyak ke dalam jaringan.

Analisa secara statistik artinya analisa yang dilakukan menggunakan data dari hasil pengujian yang telah dilakukan, setelah mendapatkan hasil data dari beberapa pengujian maka hasil data tersebut dirata-rata untuk dibandingkan apakah ada perbedaan dari pengujian saat objek uji daging diberi denyut tegangan impuls sebanyak 1x, 15x, 30x dan 40x.

3.1 Alur Penelitian

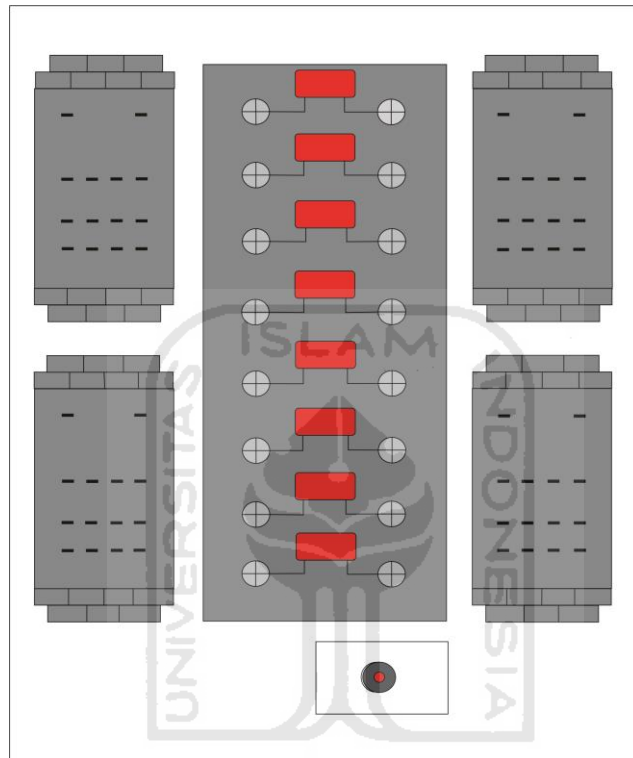
Adapun alur penelitian yang dilakukan meliputi seluruh proses perancangan dan pengujian. Berikut alur penelitian yang dilakukan seperti pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Diagram alur penelitian

3.6.1 Perancangan Dimensi Fisik Pembangkit Impuls

Pada tahapan ini akan dibahas mengenai rancangan dari pembangkit impuls yang akan dibuat.. Dengan mempertimbangkan rangkaian pembangkit impulsnya maka dibuat desain konstruksi pembangkit impuls seperti pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Desain konstruksi pembangkit impuls.

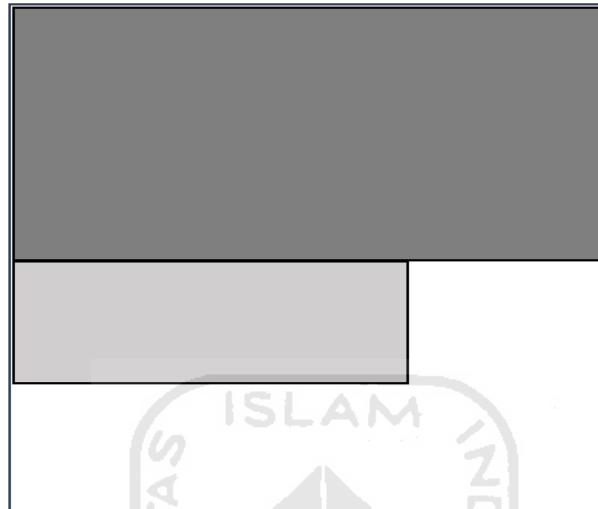
Bahan utama penyusun konstruksi tersebut adalah *acrylic* yang diatur sedemikian rupa supaya antara kerangka dan komponen-komponen elektronika yang akan digunakan bisa terpasang rapi dan *acrylic* ini selain merupakan bahan dielektrik juga mempunyai titik leleh yang tinggi, sehingga akan baik apabila digunakan sebagai kerangka generator impuls.

3.6.2 Perakitan Pembangkit Impuls

Pada tahap ini dilakukan perakitan komponen-komponen konstruksi bagian pembangkit impulsnya :

Langkah 1

Menyiapkan sebuah akrilik dengan ukuran 30 cm x 30 cm x 5 mm, lalu membuat pola bentuk kerangka pada pembangkit impuls seperti gambar {3.9}.



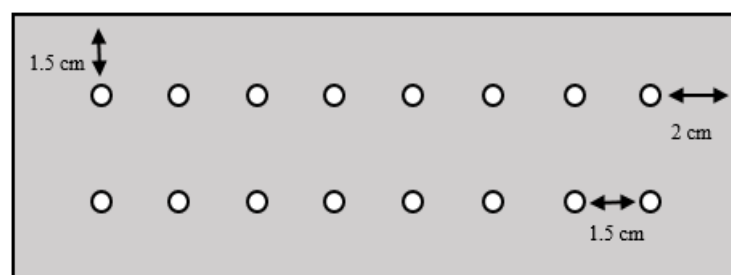
Gambar 3.9 Pola bentuk kerangka pembangkit impuls

Dengan :



Langkah 2

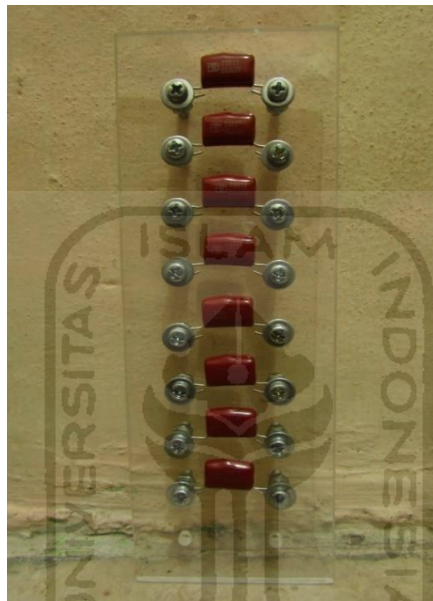
Setelah itu dipotong sesuai dengan ukurannya. Untuk warna kelabu dengan ukuran 7 cm x 20 cm, setelah dipotong akrilik tersebut dilubangi (lingkaran putih), fungsi lubang ini dipasang baut-baut yang akan digunakan untuk menghubungkan komponen elektroniknya. Pola lubang tersebut bisa dilihat pada gambar 3.10



Gambar 3.10 Dimensi dudukan komponen elektronika

Langkah 3

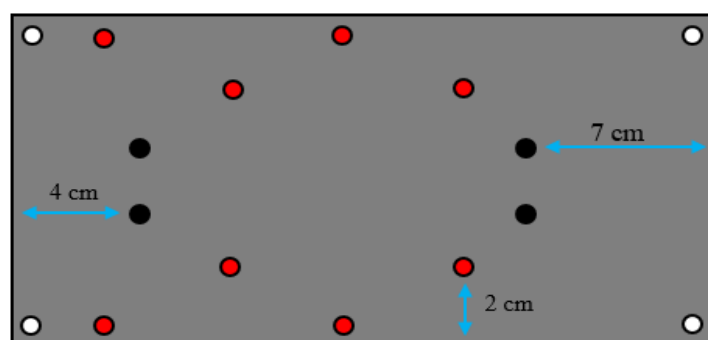
Pada tahapan ini dilakukan pemasangan baut, ring, dan mur pada lubang potongan akrilik dudukan komponen. Setelah semua baut, ring, dan mur terpasang, maka selanjutnya adalah pemasangan kapasitor pemuat. Hasil dari pemasangan baut, ring, mur dan kapasitor pada akrilik seperti pada gambar 3.11



Gambar 3.11 Tampilan hasil setelah kapasitor pemuat terpasang pada akrilik

Langkah 4

Selanjutnya adalah memotong akrilik warna hitam abu-abu dengan ukuran 30 cm x 15.5 cm, setelah dipotong akrilik tersebut dilubangi. Pola lubang tersebut bisa dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 Pola dimensi dudukan utama untuk komponen elektronika

Pada pola dimensi dudukan utama diatas, lubang warna merah akan dipasang relay. Lubang warna hitam akan dipasang akrilik yang sudah terpasang kapasitor pemuat sedangkan lubang putih akan dipasang kaki-kaki sebagai penahan dimensi dudukan.

Langkah 5

Pada tahap ini akan dilakukan pemasangan relay, relay ini berkapasitas sebesar 220 V dengan mempunyai 4 pole, Untuk memudahkan dalam pemasangan relay di bidang akrilik maka relay harus dikasih sebuah soket relay yang sesuai dengan kaki-kaki relay tersebut. Soket ini nantinya juga akan memudahkan dalam pemasangan kabel-kabel rangkaian ke relay itu sendiri. Relay ini akan dipasang pada bidang akrilik utama dan akan dipasang di lubang yang bertanda merah pada gambar 3.12. Hasil setelah pemasangan relay pada akrilik seperti gambar 3.13.



Gambar 3.13 Hasil setelah pemasangan relay pada akrilik

Langkah 6

Pada langkah Selanjutnya adalah dilakukan pemasangan komponen kapasitor yang telah terpasang di akrilik pada gambar 3.11, pemasangan ini akan diletakkan pada posisi lubang bertanda hitam pada gambar 3.12.

Langkah 7

Langkah terakhir yaitu dilakukan pemasangan kabel-kabel. Pemasangan kabel-kabel rangkaian pada kaki-kaki relay bisa dilihat pada gambar 3.5, untuk lebih memudahkan pemasangan dan memudahkan dalam mendeteksi kesalahan dalam pemasangannya, maka kabel menggunakan warna berbeda-beda, misalnya ground/netral yang akan terpasang dengan kabel warna hitam, tegangan fasa akan terpasang dengan kabel yang berwarna merah. Kabel warna putih untuk penyambungan antar *pole* (misal *pole* satu dijumper dengan *pole* dua). Hasil setelah semua komponen terpasang bisa dilihat pada gambar 3.6.

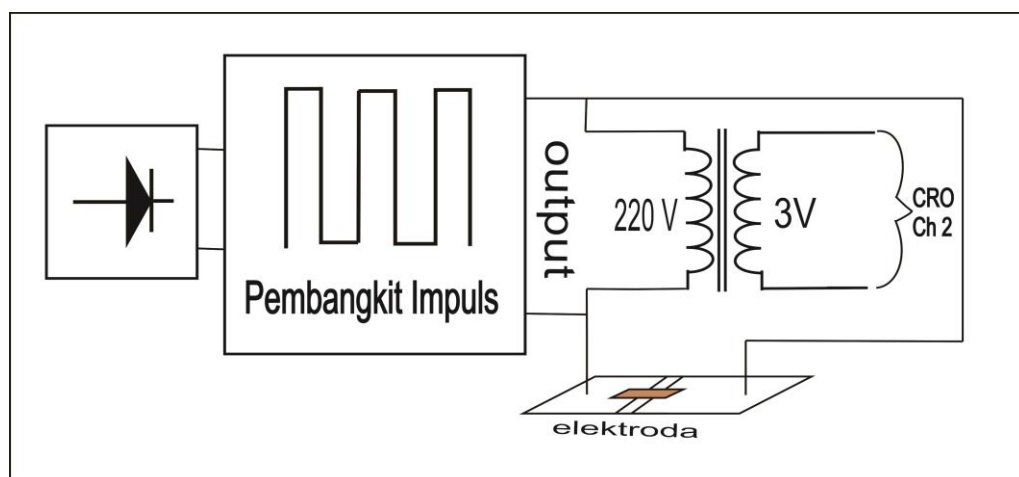
3.6.3 Persiapan sampel daging

Sebelum melakukan pengujian maka hal yang harus dipersiapkan pertama kali adalah mempersiapkan objek uji penelitian yang dalam hal ini adalah daging, daging yang digunakan merupakan daging ayam potong segar yang didapatkan dari penjual ayam potong disekitaran kampus Universitas Islam Indonesia, daging ini nantinya diiris (disayat) setipis mungkin, tujuannya ketika melakukan pengamatan menggunakan mikroskop bisa terlihat jelas.

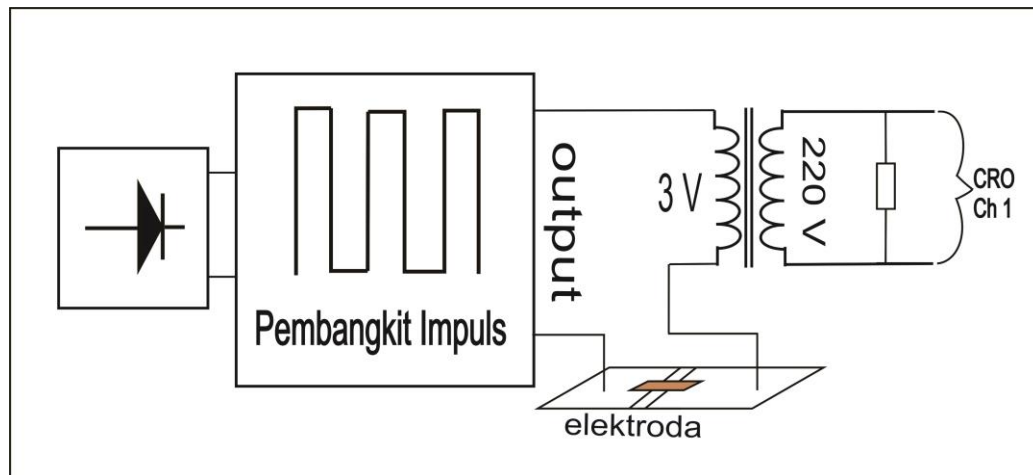
3.6.4 Pengujian Menggunakan *Osilloscope*

Pengujian menggunakan *Osilloscope* dilakukan untuk mengetahui nilai dari tegangan dan arus serta untuk mengetahui pengaruh jumlah denyut tegangan impuls terhadap gelombang impuls yang terukur. Karena *output* dari pembangkit impuls tersebut sangat tinggi, maka dibutuhkan sebuah pembagi tegangan, pembagi tegangan digunakan untuk menurunkan tegangan tinggi menjadi tegangan rendah sehingga dapat disambungkan ke *Cathode Ray Oscilloscope* (CRO). Pada pengujian ini pembagi tegangan menggunakan trafo 0,5 A sebanyak dua buah

masing-masing digunakan untuk mengukur tegangan dan arus. Pertama sumber listrik AC akan masuk melalui dioda, dioda ini berfungsi sebagai penyearah tegangan AC ke tegangan DC. Pengukuran tegangan yaitu saat *output* positif dan netral dari impuls terhubung ke sisi tegangan primer 0 V dan 220 V sedangkan pada sisi tegangan sekunder 3 V dan 0 V akan terhubung ke *oscilloscope probe channel* 2. Sedangkan cara pengukuran arus yaitu saat *output* positif dari impuls terhubung ke trafo pada sisi tegangan sekunder 3 V dan 0 V sedangkan pada sisi tegangan primer 220 V dan 0 V akan terhubung pada *oscilloscope probe channel* 1. Pada saat pengukuran arus karena yang terukur masih bernilai tegangan, maka dibutuhkan sebuah resistor. Resistor tersebut dipasang secara paralel dari sisi tegangan primer 220 V dan 0. Fungsi resistor tersebut sebagai pembagi dari tegangan yang hasilnya akan bernilai arus. Pada penelitian ini resistor yang digunakan mempunyai nilai 1k atau 1000 ohm. Keluaran dari pembangkit impuls ini akan terhubung pada batang elektroda yang fungsinya sebagai penghantar denyut tegangan impuls dan digunakan sebagai tempat objek uji pada daging (daging percobaan ditaruh diatas batang elektroda). Berikut merupakan rangkaian pengukuran tegangan dan arus seperti gambar 3.14 dan gambar 3.15.



Gambar 3.14 Rangkaian pengukuran tegangan



Gambar 3.15 Rangkaian pengukuran arus

3.6.5. Pengamatan Menggunakan Mikroskop

Pengamatan menggunakan mikroskop dilakukan untuk mengamati objek uji dari percobaan yang dilakukan menggunakan mikroskop. Untuk melihat hasil pengamatan tersebut dilakukan sebanyak 3 kali perbesaran pada mikroskop yaitu 10x perbesaran, 40x perbesaran dan 100x perbesaran. Pengamatan menggunakan objek uji daging dilakukan 2 kali percobaan, percobaan pertama dilakukan ketika objek uji daging belum diberi denyut tegangan impuls. Percobaan kedua dilakukan saat objek uji daging sudah diberi denyut tegangan impuls. Setelah selesai melakukan percobaan maka hasil beberapa kali perbesaran dari pengamatan tersebut di *capture* dan disimpan.

BAB IV

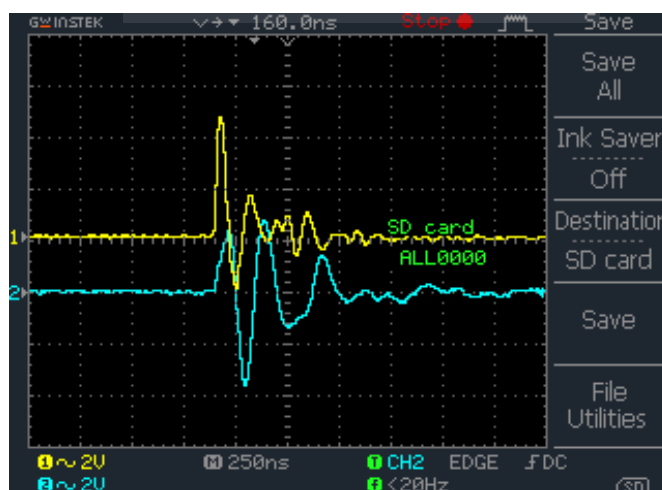
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Pengujian menggunakan *Oscilloscope*

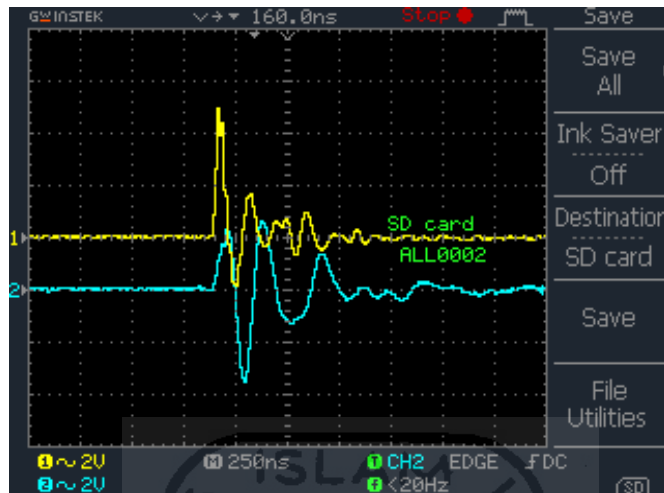
Pengujian menggunakan *Oscilloscope* dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan dan arus yang akan dibandingkan melalui perhitungan resistansi dari hasil yang telah dilakukan. Sebelum melakukan pengujian diatur nilai volt/div dan nilai time/div yang akan digunakan. Dalam pengujian ini nilai volt/div diatur sebesar 2 volt dan nilai rise/time yang diatur sebesar 250ns. Pada pengujian ini dilakukan pengujian sebanyak 4 sampel objek uji daging dan masing-masing dilakukan sebanyak 4 kali yang akan dibandingkan pengaruh dari jumlah denyut tegangan impuls yang diberi pada objek uji daging. Berikut merupakan beberapa contoh bentuk gelombang impuls yang terekam saat melakukan pengujian.

Pengujian pertama saat objek uji daging diberi 1x denyut tegangan impuls, contoh hasil pengujian seperti gambar 4.1



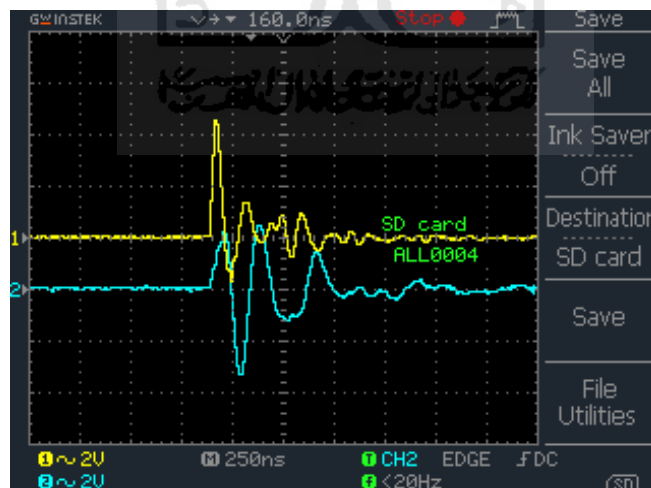
Gambar 4.1 Contoh bentuk gelombang saat objek uji diberi denyut tegangan sebanyak 1x

Pengujian kedua saat objek uji daging diberi 15x denyut tegangan impuls, contoh hasil pengujian seperti gambar 4.2



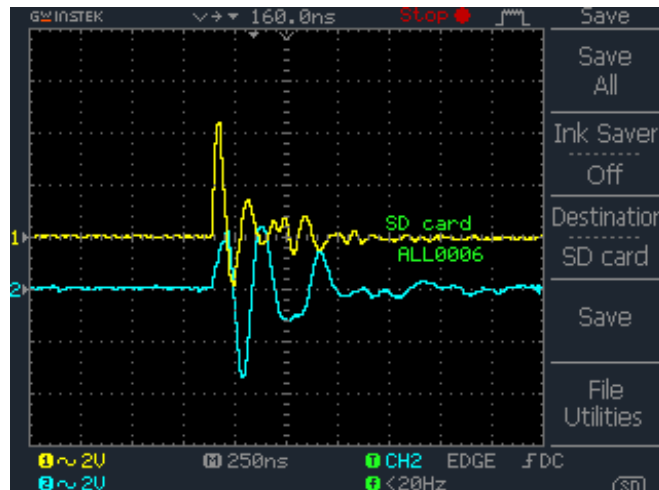
Gambar 4.2 Contoh bentuk gelombang saat objek uji diberi denyut tegangan sebanyak 15x

Pengujian ketiga saat objek uji daging diberi 30x denyut tegangan impuls, contoh hasil pengujian seperti gambar 4.3.



Gambar 4.3 Contoh bentuk gelombang saat objek uji diberi denyut tegangan sebanyak 30x

Pengujian keempat saat objek uji daging diberi 40x denyut tegangan impuls, contoh hasil pengujian seperti gambar 4.4.



Gambar 4.4 Contoh bentuk gelombang saat objek uji diberi denyut tegangan sebanyak 40x

Berikut merupakan hasil pengujian resistansi daging menggunakan osiloskop. Pengujian dilakukan sebanyak 4x percobaan sampel daging yang masing-masing pengujian dilakukan dengan jumlah impuls yang berbeda (jumlah impuls sudah ditentukan). Seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengujian resistansi daging menggunakan osiloskop

Jumlah denyut	Pengujian 1 (Ohm/ Ω)	Pengujian 2 (Ohm/ Ω)	Pengujian 3 (Ohm/ Ω)	Pengujian 4 (Ohm/ Ω)	Rata-rata	Standar Deviasi
1x	17000	20000	21000	16333	18708,25	2382,045
15x	16500	20000	12666	15500	16291,5	3241,69
30x	15500	13000	15333	10000	13458,25	2572,477
40x	10000	11250	13000	9000	10812,5	1724,517

Pengujian resistansi menggunakan osiloskop tersebut merupakan hasil dari perhitungan menggunakan persamaan (2.15). Berdasarkan tabel 4.1 pada pengujian pertama saat objek uji daging diberi denyut tegangan impuls sebanyak 1x hasil nilai

resistansi yang didapat sebesar $17 \text{ k}\Omega$, pada saat objek uji daging diberi denyut tegangan impuls sebanyak 15x nilai resistansi turun menjadi $16,5 \text{ k}\Omega$ begitu juga saat daging diberi denyut tegangan impuls sebanyak 30x dan 40x hasil nilai resistansi menunjukkan penurunan dari kondisi awal.

Pada pengujian kedua daging diganti sampel yang baru, saat daging diberi denyut tegangan impuls sebanyak 1x hasil yang didapat sebesar $20 \text{ k}\Omega$, hasil tersebut naik dibandingkan saat pengujian pertama dengan jumlah denyut tegangan impuls sebanyak 1x, pada saat daging diberi denyut tegangan impuls sebanyak 15x hasil nilai yang didapat sama seperti saat daging diberi denyut tegangan impuls sebanyak 1x yaitu sebesar $20 \text{ k}\Omega$, pada saat daging diberi denyut tegangan impuls sebanyak 30x dan 40x nilai resistansi yang didapatkan yaitu sebesar $13 \text{ k}\Omega$ dan $11,25 \text{ k}\Omega$, nilai resistansi tersebut menunjukkan penurunan dari pada saat daging diberi denyut tegangan sebanyak 1x.

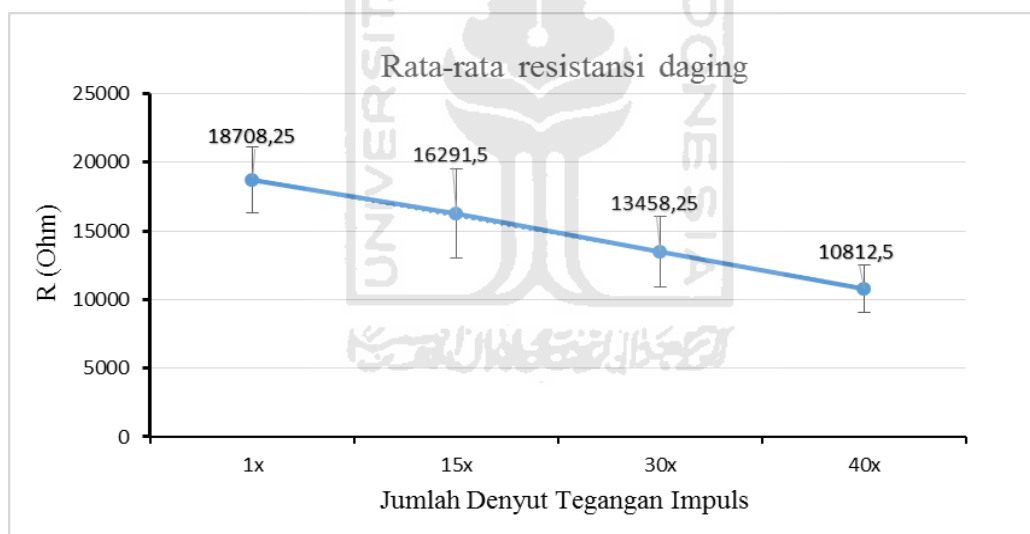
Pada pengujian ketiga terjadi perbedaan yang besar pada saat daging diberi impuls sebanyak 15x, nilai resistansi yang didapat terjadi penurunan yang cukup tinggi dan pada saat daging diberi impuls sebanyak 30x nilai resistansi daging naik dibandingkan dengan saat daging diberi denyut tegangan sebanyak 15x, Namun nilai resistansi tersebut masih dibawah dibandingkan pada saat daging diberi denyut tegangan impuls sebanyak 1x.

Pada pengujian keempat tidak terjadi adanya perbedaan yang terlalu besar, sama halnya saat pengujian pertama, kedua dan ketiga, saat jumlah denyut tegangan impuls yang diberi pada daging semakin banyak, maka nilai resistansi dari daging tersebut semakin turun. Hal itu dikarenakan pada saat daging diberi denyut tegangan impuls secara terus-menerus maka daging tersebut semakin lunak.

Setelah didapatkan hasil pengujian 1 sampai pengujian 4 selanjutnya dibuat rata-rata, hal ini digunakan untuk memudahkan dalam menganalisa hasil beberapa sampel dalam pengujian.

Standar deviasi digunakan untuk menggambarkan seberapa besar perbedaan nilai sampel terhadap rata-rata. Nilai standar deviasi yang terukur berturut-turut berdasarkan jumlah denyut tegangan impuls yaitu 2382,045 Ω , 3241,69 Ω , 2572,477 Ω , 1724,517 Ω .

Dari tabel pengujian diatas setelah didapatkan hasil pengujian 1 sampai pengujian 4 lalu dibuat grafik rata-rata hubungan jumlah impuls dan resistansi dari setiap pengujian seperti yang terlihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik hubungan rata-rata jumlah impuls dan nilai resistansi

Grafik pada gambar 4.5 diatas merupakan hubungan rata-rata jumlah impuls dan resistansi dimana terdapat perbedaan nilai resistansi saat jumlah denyut tegangan impuls ditambah, terlihat pada gambar diatas rata-rata nilai resistansi pada saat daging diberi denyut tegangan impuls 1x sebesar 18708,25 Ohm, pada saat daging diberi denyut tegangan impuls sebanyak 15x nilai resistansi menurun menjadi 1629,5 Ohm, begitu juga saat daging diberi denyut tegangan impuls

sebanyak 30x dan 40x nilai rata-rata resistansi sebesar 13458,25 dan 10812,5. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak denyut tegangan impuls yang diberi pada daging, maka nilai resistansi dari daging tersebut semakin menurun.

4.1.2 Pengamatan Menggunakan Mikroskop

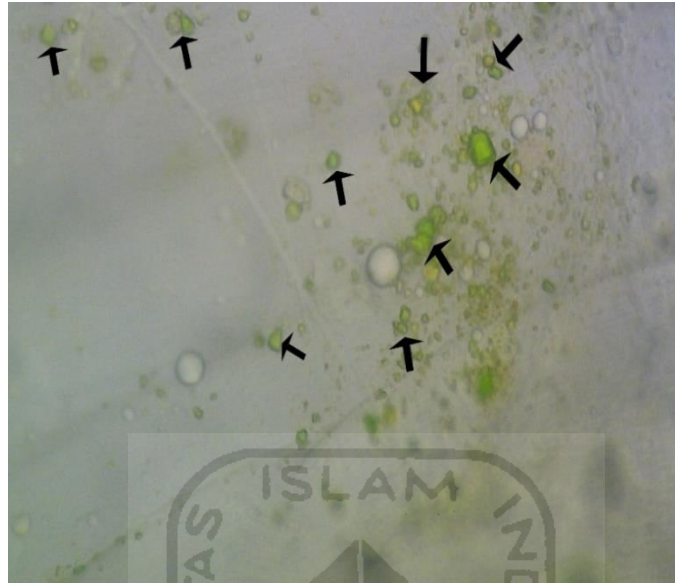
Pengamatan menggunakan mikroskop dilakukan untuk mengamati objek uji dari percobaan yang dilakukan menggunakan mikroskop. Pengamatan ini dilakukan sebagai pendukung dalam pengujian menggunakan *Oscilloscope*. Pada pengamatan ini dilakukan sebanyak 2 kali pengamatan dengan hasil gambar beberapa kali perbesaran pada mikroskop, pengamatan pertama pada saat objek uji daging belum diberi denyut tegangan impuls dan pengamatan kedua pada saat objek uji daging sudah diberi denyut tegangan impuls sebanyak 40x denyut tegangan impuls.

Pengamatan pertama saat daging belum diberi denyut tegangan impuls dengan perbesaran mikroskop sebesar 10x. Hasil pengamatan seperti gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hasil pengamatan objek uji daging yang belum diberi denyut tegangan impuls dengan perbesaran 10x

Pengamatan lanjutan saat daging belum diberi denyut tegangan impuls dengan perbesaran mikroskop sebesar 40x. Hasil pengamatan seperti gambar 4.7.



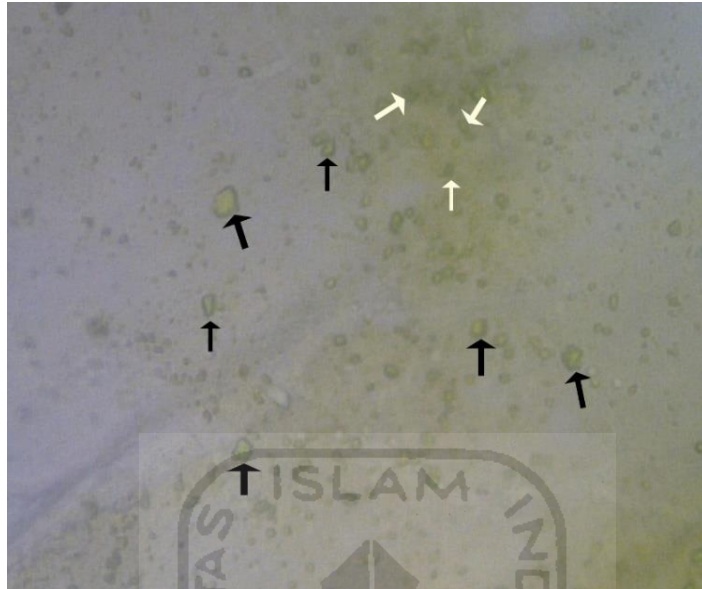
Gambar 4.7 Hasil pengamatan objek uji daging yang belum diberi denyut tegangan impuls dengan perbesaran 40x

Pengamatan kedua saat daging sudah diberi denyut tegangan impuls dengan perbesaran mikroskop sebesar 10x. Hasil pengamatan seperti gambar 4.8.



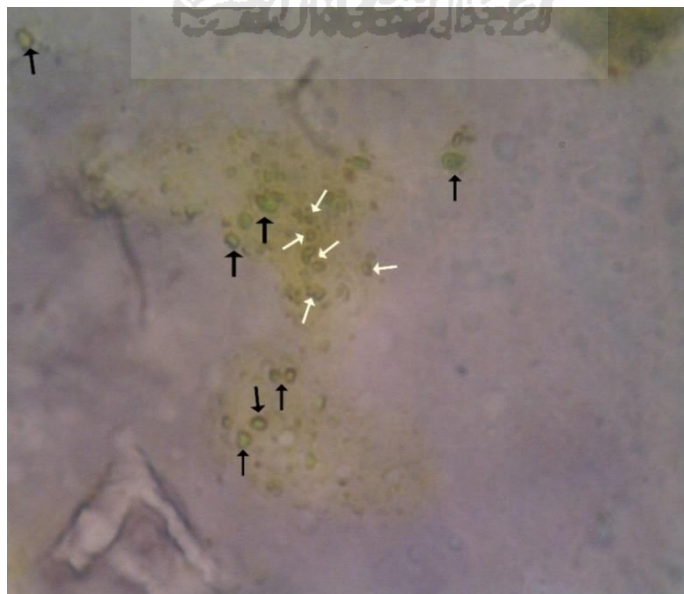
Gambar 4.8 Hasil pengamatan objek uji daging yang sudah diberi denyut tegangan impuls dengan perbesaran 10x

Pengamatan lanjutan saat daging sudah diberi denyut tegangan impuls dengan perbesaran mikroskop sebesar 40x. Hasil pengamatan seperti gambar 4.9.



Gambar 4.9 Hasil pengamatan objek uji daging yang sudah diberi denyut tegangan impuls dengan perbesaran 40x

Pengamatan lanjutan saat daging sudah diberi denyut tegangan impuls dengan perbesaran mikroskop sebesar 100x. Hasil pengamatan seperti gambar 4.10.



Gambar 4.10 Hasil pengamatan objek uji daging yang sudah diberi denyut tegangan impuls dengan perbesaran 100x

Berdasarkan hasil gambar dari beberapa pengamatan menggunakan mikroskop, pengamatan pertama saat objek uji daging belum diberi denyut tegangan dengan perbesaran 10x terlihat pewarna yang dalam hal ini difungsikan sebagai gen yang dimasukkan dalam testikular daging hanya menempel pada daging, dikarenakan gambar yang belum terlalu jelas dengan perbesaran 10x maka untuk memperjelas lagi dalam pengamatan perbesaran dirubah 40x, terlihat jelas tanda anak panah warna hitam menunjukkan pewarna hanya menempel pada daging dan belum masuk pada sel-sel daging. Pada saat perbesaran dirubah ke 100x gambar pada mikroskop tidak terlihat, hal ini dikarenakan kurang tipisnya daging saat melakukan pengirisan. Jadi hasil gambar saat dilakukan pengamatan dengan perbesaran 100x tidak dimasukkan dalam hasil penelitian.

Pengamatan kedua saat objek uji daging sudah diberi denyut tegangan impuls sebanyak 40 kali denyut tegangan impuls, pada waktu perbesaran mikroskop 10x terlihat ada indikasi dari pewarna yang masuk ke dalam sel-sel objek daging, meskipun kebanyakan yang terlihat pada pewarna hanya menempel pada daging, untuk memperjelas lagi dalam pengamatan maka perbesaran dirubah ke 40x, dibandingkan dengan hasil gambar pengamatan saat daging belum diberi denyut tegangan impuls, saat objek uji daging sudah diberi denyut tegangan impuls pewarna sedikit lebih redup, tanda anak panah warna hitam menunjukkan masih banyak pewarna yang hanya menempel pada daging, pada tanda anak putih warna putih mengindikasikan bahwa beberapa dari pewarna sudah masuk dalam sel-sel daging, untuk memperjelas lagi dalam hal pengamatan maka perbesaran dirubah ke 100x. Terlihat tanda anak panah warna hitam pewarna masih banyak yang hanya menempel pada daging, pada tanda warna putih menunjukkan beberapa pewarna

yang masuk ke dalam membran sel yang agaknya sulit terlihat karena pewarna yang memang sudah masuk ke dalam sel-sel daging sedikit redup dan akan sulit terlihat dalam mikroskop binokuler.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan data hasil pengujian dan grafik rata-rata menggunakan osiloskop, diketahui nilai resistansi pada saat daging diberi denyut tegangan impuls 1x sebesar 18708,25 Ohm, pada saat daging diberi denyut tegangan impuls sebanyak 15x nilai resistansi menurun menjadi 1629,5 Ohm, begitu juga saat daging diberi denyut tegangan impuls sebanyak 30x dan 40x nilai rata-rata resistansi sebesar 13458,25 Ohm dan 10812,5 Ohm. Dari hasil bisa dilihat bahwa nilai resistansi daging menurun sejalan dengan bertambahnya jumlah impuls. Hal tersebut menandakan bahwa banyaknya denyut tegangan impuls mempengaruhi melunaknya daging, hal ini yang mengakibatkan nilai resistansi dari daging tersebut semakin menurun.

Hasil tersebut diperkuat dengan hasil pengamatan menggunakan mikroskop. Pada gambar 4.7 merupakan saat daging belum diberi denyut tegangan impuls, pada tanda panah warna hitam terlihat jelas bahwa pewarna *fluorescent* hanya menempel pada daging. Pada gambar 4.10 merupakan saat daging sudah diberi denyut tegangan impuls, pada tanda warna putih menunjukkan beberapa pewarna yang masuk ke dalam sel yang agaknya sulit terlihat karena pewarna *fluorescent* yang memang sudah masuk ke dalam sel-sel daging warnanya sedikit redup dan akan sulit terlihat dalam mikroskop binokuler. Hal ini menunjukkan bahwa saat daging sudah diberi denyut tegangan impuls maka pori-pori membran sel pada daging akan terbuka dan pewarna *fluorescent* akan masuk ke dalam sel daging.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pengamatan dari pengaruh impuls terhadap melunaknya daging dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- a. Banyaknya jumlah denyut tegangan impuls mempengaruhi melunaknya daging, hal ini yang menyebabkan nilai resistansi dari daging menurun.
- b. Pada saat daging belum diberi denyut tegangan impuls, belum terjadi pelunakan terhadap daging yang menyebabkan pori-pori membran sel daging belum terbuka dan ketika sudah diberi denyut tegangan impuls terjadi pelunakan daging yang menyebabkan pori-pori membran sel daging terbuka.

5.2 Saran

- a. Pada saat melakukan pengamatan menggunakan mikroskop, dibutuhkan mikroskop dengan perbesaran yang lebih besar dan mikroskop yang dikhususkan untuk bisa melihat dari pewarna yang masuk dalam sel-sel daging.
- b. Dibutuhkan alat yang dikhususkan untuk mengiris dari preparat (daging) agar pada saat melakukan pengamatan dengan perbesaran tertentu tidak menjadi suatu kendala.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bronzino, J. Ed. 2000. *The Biomedical Engineering Handbook* (2nd ed.). Boca Raton FL: CRC Press.
- [2] Weaver, J., & Chizmadzhev, Y. 1996. Theory of electroporation: A review. *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*, 41, 135-160. doi:10.1016/S0302-4598(96)05062-3.
- [3] Henahan, S. 1997. DNA Vaccine Update. <http://www.accessexcellence.org/WN/SUA11/dnavax1297.php>. Diakses 08 Oktober 2016.
- [4] Hadi, Sasongko Pramono. 2011. *Pemetaan Elektroporasi Pada Jaringan Biologis Terpapar Denyut Listrik*. J. Manusia dan Lingkungan, Vol. 18, No.3, November 2011, Page(s) 212-219.
- [5] Barades, Epro. 2013. *Elektroporasi dan Transplantasi Sel Testikular dengan Label GFP pada Ikan Nila*. Jurnal Akuakultur Indonesia Vol. 12, No.2, Page(s)186–19.
- [6] Widodo. 2002. *Pengaruh Tegangan Elektroporasi terhadap Efisiensi Transformasi Plasmid pND968 Bakteri Asam Laktat ke E.Coli HB101*. Jurnal, Teknol dan Industri Pangan, Vol. XIII, No. 2 Th. 2002
- [7] Tobing, B. L. 2012. *Dasar-Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*. Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- [8] Kuffel, E., J. Kuffel., W.S. Zaengl. 2000, *High Voltage Engineering Fundamentals*. Butterworth-Heinemann. London
- [9] Arismunandar, A. 1984. *Teknik Tegangan Tinggi*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

- [10] Halim,Wangto Ratta. 2014. *Tugas Akhir : Analisis Rangkaian Generator Impuls Untuk Membangkitkan Tegangan Impuls Petir Menurut Berbagai Standar*. Universitas Sumatera Utara.
- [11] Gruber, CE. 1995. *Electroporation Protocols for Microorganism*. Vol. 47, page(s) : 67-69
- [12] Puc, M., C'orovic', S., Flisar, K., Petkovs'ek, M., Nastran, J., Miklavc'ic, D. 2004. *Techniques of signal generation required for electroporation: Survey of electroporation devices*, *Bioelectrochemistry* 64, Page(s) 113-124.
- [13] Hadioetomo, R. S. 1993. *Mikrobiologi Dasar dalam Praktek : Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium*. PT Gramedia. Jakarta.
- [14] Anonim. [Online] available at : <https://id.aliexpress.com/popular/plate-copper-2mm.html>. Diakses Tanggal 13 Oktober 2016.
- [15] Dadan Ahmad. 2016. *Pengertian dan Penggunaan Elektroda*. [Online] available at : <http://www.sridianti.com/pengertian-elektroda-dan-penggunaan-elektroda.html>. Diakses Tanggal 13 Oktober 2016.
- [16] Anonim. *Pengertian Elektrode*. [Online] available at : <http://arti-definisi-pengertian.info/pengertian-elektrode/>. Diakses Tanggal 13 Oktober 2016.
- [17] Dwiatmaja, Anggara Wahyu. 2012. *Tugas Akhir : Karakteristik Resistansi Daging Ayam Tiren Dan Daging Ayam Normal*. Universitas Islam Negeri Yogyakarta.
- [18] Miklavcic, D. 2008. *Electroporation based technologies and treatment*. Lecture notes. University of Ljubljana Slovenia.

- [19] Tsien, R. Y. 1998. The green fluorescent protein. *Annual Review of Biochemistry* 67: 509-544.
- [20] Freshney, R. I. 2005. Culture of animal cells : *A manual of basic technique*. 5th ed. John Wiley & Sons, New Jersey: xxvi + 642 hlm.
- [21] Day, J. C., M. J. Chaichi, I. Najafil & A. S. Whiteley. 2006. *Genomic structure of the luciferase gene from the bioluminescent beetle, Nyctophila cf. Caucasica*. *Journal of insect science* 6(37): 1-8.
- [22] Anonim. *Charging and Discharging Capacitor*. [Online] Available at : <https://komekstensi.wordpress.com/2014/04/08/charging-and-discharging-capasitor/>. Diakses Tanggal 17 Oktober 2016.
- [23] Anonim. *Olympus*. [Online] Available at : <http://www.vkorzinku.ru/olympus.html>. Diakses tanggal 08 November 2016.
- [24] Test and Measurement Editor. 2011. *GW Instek GDS-1042 Oscilloscope* [Online] Available at : <http://www.testandmeasurementtips.com/gw-instek-gds-1042-oscilloscope/>. Diakses tanggal 15 Desember 2016.
- [25] Anonim. [Online] Available at : <http://www.glatt-organics.com/pc/antibiotic-free/>. Diakses tanggal 16 November 2016.
- [26] Subekti, Lukman., Sutoyo. 2013. *Pengaruh Faktor Daya terhadap Hasil Transformasi pada Trafo Arus*. Sekolah Vokasi UGM Yogyakarta 7-8 Oktober, 2013.