



UWHS

ELECTROSURGERY UNIT BERBASIS MIKROKONTROLER

KARYA TULIS ILMIAH

FARAHDIBA AMY FAUZIAH

19.04.046

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNOLOGI ELEKTROMEDIK

FAKULTAS KESEHATAN DAN KETEKNISIAN MEDIK

UNIVERSITAS WIDYA HUSADA SEMARANG

2023



PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : ELECTROSURGERY UNIT BERBASIS MIKROKONTROLER

NAMA : FARAHDIBA AMY FAUZIAH

NIM : 19.04.046

“Saya menyatakan dan bertanggung jawab dengan sebenarnya bahwa karya tulis ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa karya tulis ini sebagai karyanya yang disertai bukti – bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar Ahli Madya Teknologi Elektro Medis saya beserta hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut.”

Semarang,

Farahdiba Amy Fauziah



PERNYATAAN PERSETUJUAN

JUDUL : ELECTROSURGERY UNIT BERBASIS MIKROKONTROLER

NAMA : FARAHDIBA AMY FAUZIAH

NIM : 19.04.046

Karya Tulis ini telah disetujui untuk dipresentasikan dihadapan tim penguji Ujian Akhir Program Pendidikan Ahli Madya Teknologi Elektro Medis Universitas Widya Husada Semarang.

Menyetujui,

Pembimbing

(Anggiat Winner Parluhutan. Os, SST)

NIP. 197208061997031003



PENGESAHAN KARYA TULIS

JUDUL : ELECTROSURGERY UNIT BERBASIS MIKROKONTROLER

NAMA : FARAHDIBA AMY FAUZIAH

NIM : 19.04.046

Karya Tulis ini telah disetujui untuk dipresentasikan dihadapan tim penguji Ujian Akhir Program Pendidikan Ahli Madya Teknologi Elektro Medis Universitas Widya Husada Semarang pada hari Jum'at tanggal 24 bulan Februari tahun 2023

Dewan Penguji :

Ketua Penguji

Basuki Rahmat, S.T. M.T.
NIDN. 0622057504

Anggota Penguji

Supriyanto, M.Kom
NIDN.0616037101

Ka. Prodi DIII Teknik Elektro Medis

Agung Satrio Nugroho, S.T.M.Eng
NIDN. 0619058101

ABSTRAK

Electrosurgery unit adalah alat kesehatan yang memanfaatkan frekuensi dan tegangan tinggi yang digunakan untuk memotong dan mengeringkan jaringan kulit tertentu dengan cara memanaskan jaringan tersebut selama proses pembedahan. Panas diperoleh dengan mengkonsentrasikan listrik frekuensi tinggi pada jaringan tubuh dengan menggunakan elektroda aktif dan pasif sebagai medianya. Frekuensi dan duty cycle didapat dari mikrokontroler yang output nya diatur pada 500K Hz.

Melatar belakang ini, maka penulis membuat modul electrosurgery unit yang dibuat agar selama proses pembedahan jaringan tubuh tidak mengalami banyak kehilangan darah. Selain dapat digunakan untuk operasi, juga dapat digunakan untuk menutup jaringan setelah operasi. Mode monopolar dapat digunakan untuk memotong jaringan dan pengeringan jaringan. Elektroda aktif digunakan untuk memotong jaringan dan membekukan pendarahan pada jaringan, sedangkan elektroda netral dipasang ke pasien.

Setelah penulis melakukan uji fungsi alat dengan analisa pengukuran, didapat presentase kesalahan pada alat electrosurgery unit secara keseluruhan adalah 0,83% dan memiliki tingkat keakurasian sebesar 99,17%.

Kata kunci: ESU, Frekuensi, Duty Cycle, Monopolar

ABSTRACT

Electrosurgery Unit is a medical device that utilizes high frequencies and voltages used to cut and dry certain skin tissues by heating those tissues during the surgical process. Heat is obtained by concentrating high-frequency electricity on body tissues by using active and passive electrodes as the medium. Frequency and duty cycle are obtained from a microcontroller whose output is set at 500K Hz.

Against this background, the author made an electrosurgery unit module that was made so that during the process of surgery the body's tissues do not experience much blood loss. In addition to being able to be used for surgery, it can also be used to close tissues after surgery. Monopolar mode can be used for cutting tissues and drying tissues. Active electrodes are used to cut tissues and freeze bleeding in tissues, while neutral electrodes are attached to the patient. So that an electric current flows from the ferrite core transformer to the active electrode.

After the author tested the function of the tool with measurement analysis, it was found that the percentage of errors in the electrosurgery unit as a whole was 0,83% and had an accuracy rate of 99,17%.

Keywords: ESU, Frequency, Duty Cycle, Monopolar

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini. yang berjudul “Electrosurgery Unit Berbasis Mikrokontroler”.

Karya Tulis Ilmiah ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program studi Diploma III Teknologi Elektro Medis Universitas Widya Husada Semarang. Dalam penyusunan karya tulis ini, penulis banyak mengalami kesulitan dan hambatan karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan. Penulis tidak dapat berjalan tanpa bantuan dari berbagai pihak baik berupa pengarahan, pemberian informasi, saran serta bimbingan yang sangat berarti bagi penulis. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah dengan baik.
2. Bapak, ibu dan keluarga penulis tercinta yang telah mencurahkan dukungan penuh berupa doa, moral, dan material kepada penulis.
3. Dr. Hargianti Dini Iswandari, drg., M.M, selaku Rektor Universitas Widya Husada Semarang.
4. Dr. Didik Wahyudi, S.KM., M.Kes, selaku Dekan Fakultas Kesehatan dan Keteknisian Medik Universitas Widya Husada Semarang.
5. Agung Satrio Nugroho, S.T., M.Eng, selaku Kepala Jurusan DIII Teknologi Elektro Medis Universitas Widya Husada Semarang.

6. Anggiat Winner Parluhutan. Os, S.ST, selaku pembimbing saya terimakasih atas segala bimbingan, pengarahan dan koreksi nya selama proses pengerjaan Karya Tulis Ilmiah.
7. Staf Pengajar dan Administrasi Program Studi Ahli Madya Teknologi Elektro Medis Universitas Widya Husada Semarang.
8. Rekan – rekan TEM angkatan 2019 dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang membantu proses pengerjaan Karya Tulis Ilmiah.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun penulis nantikan demi kesempurnaan tugas akhir ini. Sebagai akhir kata, penulis berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menambah wawasan pembaca maupun pihak penulis. Demikian yang dapat penulis sampaikan, kurang dan lebihnya penulis mohon maaf dan terima kasih.

Semarang, 2023

Farahdiba Amy Fauziah

DAFTAR ISI

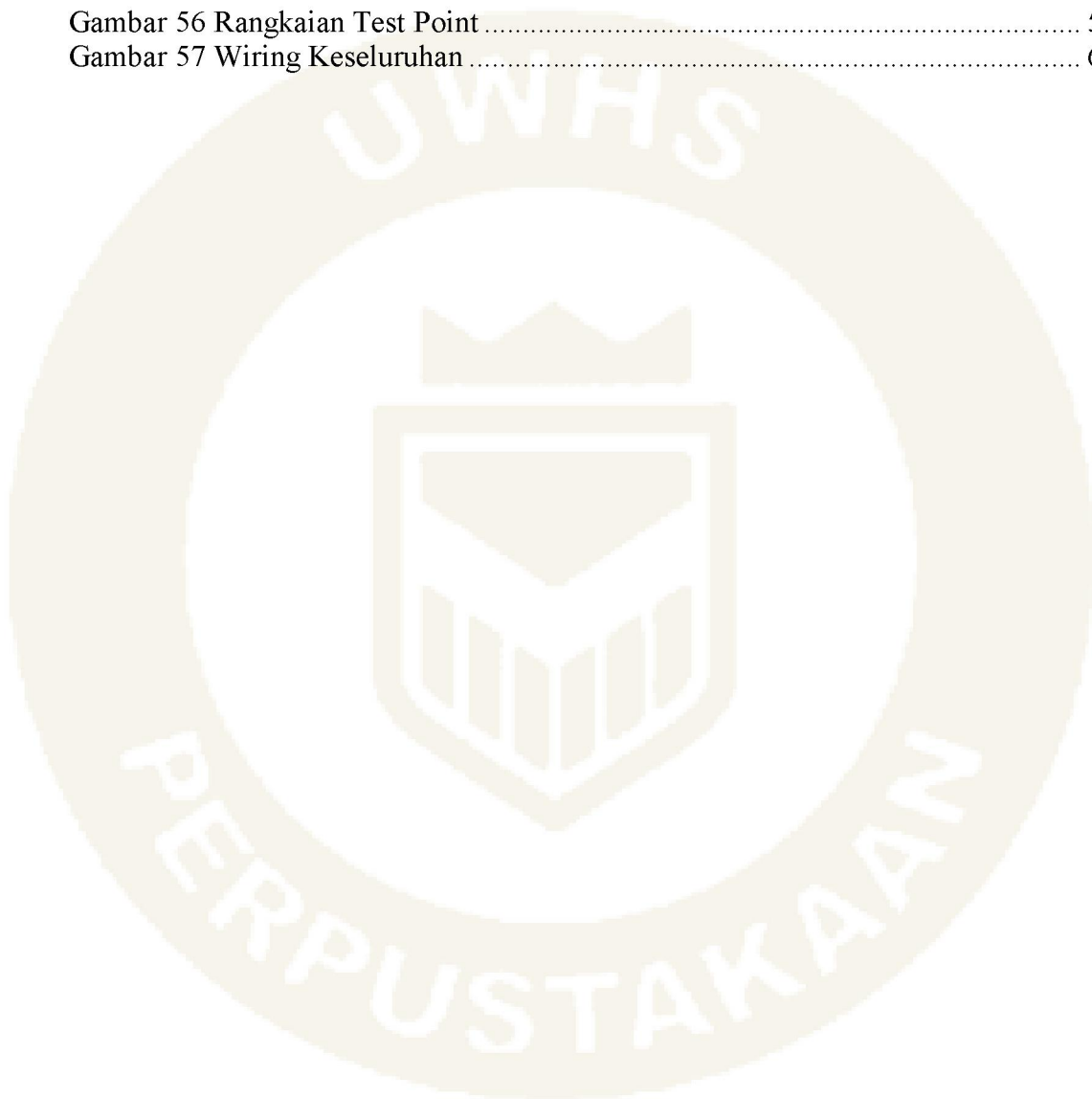
PERNYATAAN PENULIS	i
PERNYATAAN PERSETUJUAN	ii
PENGESAHAN KARYA TULIS	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Daftar Istilah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Jaringan Kulit	4
2.1.1 Epidermis	4
2.1.2 Dermis	5
2.1.3 Hipodermis	5
2.2 Efek Jaringan Biologis Terhadap Alur Listrik	5
2.2.1 Efek Thermal / Panas	6
2.2.2 Efek Faradik	6
2.2.3 Efek Elektrolit	7
2.3 Electrosurgery Unit	7
2.3.1 Jenis-jenis Elektroda Pada ESU	8
2.3.2 Cara Pemasangan Elektroda Netral	10
2.3.3 Bentuk Gelombang ESU	12
2.4 Pulse Width Modulation (PWM)	14
2.5 Saklar	15
2.6 Fuse	16
2.7 Tranformator	18
2.7.1 Transfomator Step Up	20
2.7.2 Transformator Step Down	21
2.7.3 Transformator isolasi	22
2.8 Dioda	22
2.9 Triac	24
2.10 Diac	25
2.11 Kapasitor	25
2.12 IC LM2596	27
2.13 Optocoupler PC817	28
2.14 Arduino Nano	29
2.14.1 Spesifikasi Arduino Nano	29
2.14.2 Konfigurasi Pin Arduino Nano	30
2.15 Resistor	31
2.15.1 Nilai Toleransi Resistor	32

2.15.2	Rangkaian Resistor.....	33
2.15.3	Variable Resistor.....	34
2.16	Transistor Bipolar.....	35
2.17	MOSFET Transistor.....	37
2.18	Relay.....	39
2.19	Light Emiting Diode (LED).....	41
2.20	Liquid Crystal Display (LCD).....	42
2.21	Inter Integrated Circuit (I2C).....	44
2.22	Presentase Kesalahan.....	45
BAB III	PERENCANAAN.....	47
3.1	Tahap perencanaan.....	47
3.2	Spesifikasi Alat.....	48
3.3	Desain Alat.....	48
3.4	Blok Diagram.....	49
3.5	Wiring Diagram.....	50
3.5.1	Rangkaian Power Supply.....	50
3.5.2	Rangkaian Modul Step Down.....	51
3.5.3	Rangkaian Mikrokontroler.....	52
3.5.4	Rangkaian Penguat Akhir.....	53
3.5.5	Rangkaian Kontrol Daya.....	53
3.5.6	Rangkaian Display.....	54
3.5.7	Rangkaian Kontrol Mode.....	55
3.5.8	Rangkaian Pengatur Intensitas.....	55
3.6	Persiapan Alat dan Bahan.....	56
3.7	Flowchart.....	57
3.8	Pembuatan Modul.....	57
3.9	Standar Operasional Alat.....	58
3.10	Perencanaan titik pengukuran atau test point (TP).....	58
BAB IV	PENGUKURAN DAN PENDATAAN.....	60
4.1	Pengertian.....	60
4.2	Persiapan Pengukuran.....	60
4.3	Metode Pengukuran.....	61
4.4	Hasil Pengukuran.....	61
4.4.1	Hasil Pengukuran Trafo Intensitas.....	61
4.4.2	Hasil Pengukuran Step Down.....	61
4.4.3	Hasil Pengukuran Relay Pada Saat On dan Off.....	62
4.4.4	Hasil Pengukuran Frekuensi Ketika Cutting dan Coagulation.....	62
BAB V	ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	63
5.1	Wirring Diagram Keseluruhan Alat.....	63
5.2	Cara Kerja Wirring Diagram Keseluruhan Alat.....	63
5.3	Analisa Data Hasil Pengukuran.....	64
5.3.1	Analisis Titik Pengukuran 1.....	65
5.3.2	Analisis Titik Pengukuran 2.....	66
5.3.3	Analisis Titik Pengukuran 3.....	66
5.3.4	Analisis Titik Pengukuran 4.....	67
5.3.5	Rata – Rata Persentase Kesalahan.....	67
5.4	Uji Fungsi Alat.....	67
BAB VI	PENUTUP.....	68
6.1	Kesimpulan.....	68
6.2	Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Jaringan Kulit	4
Gambar 2 Efek Biologis	6
Gambar 3 Electrosurgery Unit	8
Gambar 4 Elektroda Aktif	9
Gambar 5 Elektroda Netral	10
Gambar 6 Pemasangan Elektroda Netral	10
Gambar 7 ESU Mode Bipolar	11
Gambar 8 ESU Mode Monopolar	12
Gambar 9 Bentuk Gelombang Kontinyu	12
Gambar 10 Bentuk Gelombang Terputus (Intermittent)	13
Gambar 11 Bentuk Gelombang Tereadam	13
Gambar 12 Duty Cycle	15
Gambar 13 Saklar dan Simbol Saklar	16
Gambar 14 Cara Kerja Saklar	16
Gambar 15 Fuse dan Simbol Fuse	17
Gambar 16 Transformator	18
Gambar 17 Fluks Transformator	19
Gambar 18 Trafo Inti Besi	20
Gambar 19 Transformator Step Up	21
Gambar 20 Transformator Step Down	21
Gambar 21 Transformator Isolasi	22
Gambar 22 Dioda	23
Gambar 23 Prinsip Kerja Rangkaian Penyearah	23
Gambar 24 Triac	25
Gambar 25 Diac	25
Gambar 26 Kapasitor	26
Gambar 27 Kapasitor Paralel	26
Gambar 28 Kapasitor Seri	27
Gambar 29 IC LM2596	28
Gambar 30 Optocoupler PC817	28
Gambar 31 Arduino Nano	29
Gambar 32 Resistor dan Simbol Resistor	32
Gambar 33 Resistor Seri	33
Gambar 34 Resistor Paralel	34
Gambar 35 Variable Resistor	34
Gambar 36 Simbol dan Tipe Transistor	36
Gambar 37 Mosfet Cut-Off	38
Gambar 38 Mosfet On	39
Gambar 39 Relay	40
Gambar 40 Simbol Relay	40
Gambar 41 Bentuk dan Simbol LED	41
Gambar 42 Cara Kerja LED	42
Gambar 43 LCD Display 16x2	43
Gambar 44 I2C	44
Gambar 45 Desain Alat	48
Gambar 46 Blok Diagram ESU	49

Gambar 47 Wiring Power Supply	50
Gambar 48 Wiring Modul Step Down	51
Gambar 49 Wiring Mikrokontroler	52
Gambar 50 Wiring Penguat Akhir	53
Gambar 51 Wiring Kontrol Daya	53
Gambar 52 Wiring Display	54
Gambar 53 Wiring Kontrol Mode	55
Gambar 54 Wiring Pengatur Intensitas	55
Gambar 55 Flowchart	57
Gambar 56 Rangkaian Test Point	59
Gambar 57 Wiring Keseluruhan	63



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Efek Panas	6
Tabel 2 Spesifikasi Arduino Nano	29
Tabel 3 Kode Warna Resistor	32
Tabel 4 Konfigurasi Pin LCD	43
Tabel 5 Komponen Catu Daya	50
Tabel 6 Komponen Modul Step Down	52
Tabel 7 Komponen Rangkaian Penguat Akhir	53
Tabel 8 Komponen Rangkaian Kontrol	54
Tabel 9 Komponen Rangkaian Display	55
Tabel 10 Komponen Rangkaian Pengatur Intensitas	56



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembedahan atau operasi adalah semua tindakan pengobatan yang menggunakan cara invasif dengan membuka atau menampilkan bagian tubuh. Pada umumnya dilakukan dengan membuat sayatan pada bagian tubuh yang akan ditangani, lalu dilakukan tindakan perbaikan dan diakhiri dengan penutupan dan penjahitan luka.

Proses pembedahan atau operasi sebelum adanya perkembangan teknologi dilakukan dengan menggunakan pembedahan konvensional, pembedahan konvensional atau pisau medis manual akan banyak kehilangan darah dan penutupan jaringan sangat lama. Seiring perkembangan teknologi, alat medis pada saat ini banyak yang menggunakan peralatanan elektronik salah satunya peralatan bedah yaitu *Electrosurgery Unit* (ESU). Dengan menggunakan arus dan frekuensi tinggi yang digunakan untuk mengiris dan memotong jaringan kulit sehingga menimbulkan luka bakar pada pasien dan mengurangi terjadinya pendarahan yang berlebihan pada jaringan pada saat pelaksanaan pembedahan dan penutupan jaringan sangat lama.

Panas yang dihasilkan oleh alat akan mempermudah tim bedah dalam membuat sebuah sayatan pada pasien, dan juga mengurangi pendarahan yang akan dialami oleh pasien. Penggunaan ESU dalam operasi akan meningkatkan efektivitas dalam proses pembedahan dan meningkatkan keberhasilan dalam

operasi. Ini merupakan salah satu penerapan teknologi dalam bidang kesehatan untuk menunjang atau meningkatkan mutu kualitas di bidang kesehatan.

ESU sudah banyak beredar di pasaran dan harganya pun berkisar cukup mahal, selain itu komponen dari alat tersebut sulit didapatkan. Kondisi inilah yang melatar belakangi penulis membuat alat ESU dengan menggunakan komponen yang mudah didapatkan di pasaran dengan harga yang lebih terjangkau, sehingga ketika terjadi kerusakan pada alat ini maka komponen pengganti lebih mudah didapatkan.

Sehubungan dengan penjelasan dan permasalahan di atas, maka penulis merasa tertarik untuk merancang alat dengan sebaik mungkin, sebagai tugas akhir yang berjudul :

“ELECTROSURGERY UNIT BERBASIS MIKROKONTROLER”

1.2 Rumusan Masalah

1. Dapatkah pembuatan ESU dengan menggunakan komponen elektronika yang sederhana.
2. Bagaimana melewatkan arus listrik tanpa memberikan sengatan listrik pada pasien.

1.3 Tujuan

1. Pembuatan ESU dengan komponen elektronik sederhana
2. Pembuatan ESU yang mengalirkan arus dan berfrekuensi tinggi >300 KHz

1.4 Batasan Masalah

1. Menggunakan frekuensi tetap 500 KHz
2. Pembuatan ESU dengan metode monopolar

1.5 Daftar Istilah

ESU : *Electrosurgery Unit*, alat medis yang digunakan dalam pembedahan.

Cutting : Mode alat yang digunakan untuk pemotongan jaringan.

Coagulasi : Mode alat yang digunakan untuk pembekuan sel jaringan.

Elektroda aktif : Elektroda yang bergerak saat digunakan, berfungsi untuk mengalirkan arus frekuensi tinggi ke pasien.

Elektroda netral : Elektroda yang berpenampang luas, untuk menampung arus frekuensi tinggi dari elektroda aktif.

Monopolar : Teknik pembedahan engan menggunakan elektroda aktif dan elektroda netral.

Hand switch : Tombol yang terletak pada elektroda aktif, ditekan dengan jari tangan.

AC : *Alternating Current*, arus listrik yang memiliki arah arus yang berubah – ubah secara bolak-balik.

DC : *Direct Current*, arus listrik AC yang sudah disearahkan.

BAB II

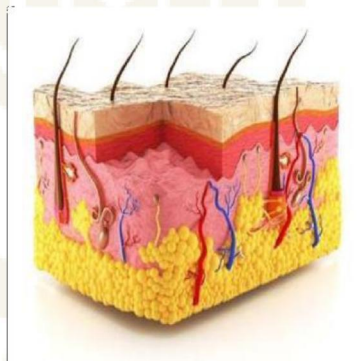
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jaringan Kulit

Kulit memiliki peran penting sebagai garda terdepan pelindung tubuh manusia, pada kulit manusia terdapat tiga struktur kulit yang masing-masing memiliki karakter dan fungsinya sendiri-sendiri.

Kulit manusia yang sehat memiliki sifat lentur, tidak menyerap air, kedap udara, dan merupakan pembatas antara dunia luar dengan organ dalam pada tubuh manusia. Fungsi kulit yang paling utama adalah menjaga agar organ – organ ini tetap stabil, begitu pula dengan kondisi kesehatan manusia pada umumnya.

Pada dasarnya, struktur kulit manusia terdiri dari tiga lapisan utama yang saling melengkapi, yaitu *epidermis*, *dermis*, dan *hipodermis* (subkutan).^[1]



Gambar 1 Jaringan Kulit

2.1.1 *Epidermis*

Epidermis atau kulit ari adalah struktur kulit terluar pada tubuh manusia dan selalu mengalami regenerasi karena peluruhan sel-sel kulit mati setiap hari.

Perlu diketahui bahwa manusia menghasilkan sekitar 500 juta sel kulit mati tiap harinya yang menyebabkan lapisan kulit paling luar ini dipenuhi oleh 25-30 lapisan kulit mati. Di sinilah fungsi *epidermis* bekerja.

Fungsi utama *epidermis* adalah memproduksi sel baru, memberi warna kulit, dan melindungi tubuh dari zat berbahaya yang datang dari lingkungan luar.

2.1.2 Dermis

Dermis adalah lapisan kulit yang berada di bawah epidermis. Fungsi *dermis* adalah bertugas memproduksi keringat dan minyak.

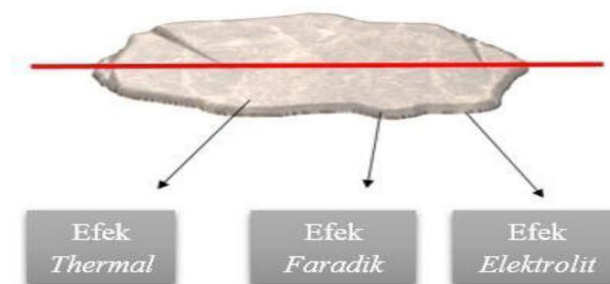
Dermis merupakan lapisan kulit yang paling tebal karena terdapat pembuluh darah dan saraf, kelenjar keringat dan kelenjar minyak (kelenjar sebacea), folikel rambut, hingga saluran limfe.

2.1.3 Hipodermis

Hipodermis adalah lapisan kulit paling bawah atau paling dalam. Pada lapisan ini, terdapat jaringan lemak, jaringan penghubung, dan elastin (sejenis protein yang membantu jaringan kulit kembali ke bentuk semula setelah mengalami peregangan).

2.2 Efek Jaringan Biologis Terhadap Alur Listrik

Prinsip yang paling mendasar dari suatu ESU adalah mengalirkan aliran listrik melalui suatu jaringan. Apabila arus listrik melalui jaringan biologis, maka akan terjadi efek-efek sebagai berikut :



Gambar 2 Efek Biologis

2.2.1 Efek Thermal / Panas

Arus listrik yang dialirkan ke dalam tubuh, menimbulkan efek panas dan efek panas tersebut tergantung pada tahanan spesifikasi dari jaringan dan juga tingkat kepadatan arus serta lamanya aplikasi. [2]

Berikut adalah rentang efek panas dan akibatnya pada jaringan tubuh.

Tabel 1 Efek Panas

Suhu	Efek Terhadap Jaringan
45°C - 60°C	Pembekuan
90°C - 100°C	Pengeringan
>100	Penguapan
>200	Karbonisasi
>500	pembakaran

2.2.2 Efek Faradik

Efek faradik akan timbul jika suatu jaringan otot pada tubuh diberikan arus dengan frekuensi tertentu maka secara refleks jaringan otot akan bergerak karena adanya rangsangan yang diterimanya. Untuk menghindari terjadinya efek faradik maka frekuensi yang digunakan tidak kurang dari 300K Hz.

2.2.3 Efek Elektrolit

Efek elektrolit terjadi ketika arus listrik yang dialirkan pada jaringan biologis adalah arus DC (*Direct Current*). Dimana ketika arus listrik dapat mengalir pada jaringan akibat konduktivitas dari kandungan elektrolit dalam jaringan biologis. Dalam jaringan biologis, ion-ion dari larutan elektrolit akan bergerak menuju elektroda – elektroda sesuai dengan polaritas dari ion – ion tersebut, akibatnya akan terjadi konsentrasi dari ion – ion pada sisi jaringan dimana elektroda – elektroda ditempelkan pada jaringan biologis tersebut. Akhirnya keseimbangan elektrolit akan terganggu dan akan terjadi kerusakan pada jaringan biologis. Berbeda jika menggunakan arus AC (*Alternating Current*) dengan frekuensi tinggi, arah pergerakan ion – ion tersebut akan berubah – ubah sesuai dengan frekuensi dari arus listrik tersebut, sehingga efek kerusakan yang dapat ditimbulkan dari efek elektrolit dapat dihindari. Maka perancangan ESU harus menggunakan arus listrik AC berfrekuensi tinggi.

2.3 Electrosurgery Unit

Electrosurgery unit (ESU) merupakan salah satu peralatan medis yang digunakan untuk tindakan pembedahan dengan memanfaatkan arus listrik dan frekuensi tinggi. prinsip dasar dari ESU ini adalah mengalirkan arus listrik ke jaringan, arus listrik dan frekuensi tinggi pada ESU digunakan untuk memaksimalkan efek panas (*thermal*), efek faradik, dan efek elektrolit. Oleh karena itu frekuensi yang digunakan diatas 300KHz, dan arus listrik didalam pembedahan dapat mengurangi pendarahan pada jaringan. Namun kerugiannya adalah dapat mengakibatkan terjadinya luka bakar dan memungkinkan sel-sel

disekitarnya mati. Pada ESU bekerja maka arus listrik dan frekuensi tinggi akan mengalir dari elektroda aktif ke jaringan dan tersalur ke elektroda netral. [3]

Pada ESU terdiri atas generator listrik, elektroda aktif (alat yang dipegang), pasien dan elektroda balik pasien yang kadang – kadang disebut elektroda pasif atau elektroda tanah (bantalan atau pelat pasien). Elektron atau muatan listrik merambat dari generator melalui elektroda aktif menuju pasien dan kembali ke generator lewat elektroda tanah pasien, dan dengan demikian terbentuklah rangkaian listrik lengkap.



Gambar 3 *Electrosurgery Unit*

2.3.1 Jenis-jenis Elektroda Pada ESU

a. Elektroda Aktif

Elektroda aktif terbuat dari bahan yang bersifat konduktor dengan bentuk fisik mempunyai permukaan yang sempit. Hal ini bertujuan agar arus listrik frekuensi tinggi akan lebih terpusat hingga panas yang dicapai pada tubuh merupakan panas yang maksimum. Jenis elektroda aktif yang digunakan pada proses pembedahan dibedakan menurut fungsinya antara lain:

1. Elektroda jarum (*Needle Electrode*) Elektroda ini sesuai dengan namanya berbentuk jarum dengan luas permukaan yang sangat sempit, dan digunakan pada pembedahan jaringan tubuh yang kecil.

2. Elektroda pisau (*Knife Electrode*) Elektroda aktif ini berbentuk pipih seperti pisau dan digunakan pada proses pemotongan/*cutting*.
3. Elektroda lingkaran pita (*Band Loop Electrode*) Elektroda aktif yang berbentuk lingkaran yang digunakan untuk mengambil bagian yang menonjol pada bagian kulit.
4. Elektroda bola (*Ball Electrode*) Elektroda aktif yang bentuknya menyerupai bola. Pada penggunaannya, elektroda bola digunakan untuk penggumpalan darah atau *coagulation*, dapat juga untuk pembakaran jaringan kulit yang tidak dikehendaki atau fulgurasi, dengan cara memberikan jarak antara elektroda terhadap permukaan kulit yang akan diterapi.



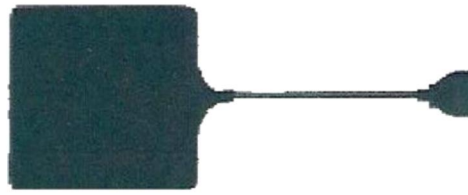
Gambar 4 Elektroda Aktif

b. Elektroda Pasif

Berguna untuk mencegah pasien agar tidak terkena sengatan listrik pada saat menjalani proses pembedahan.

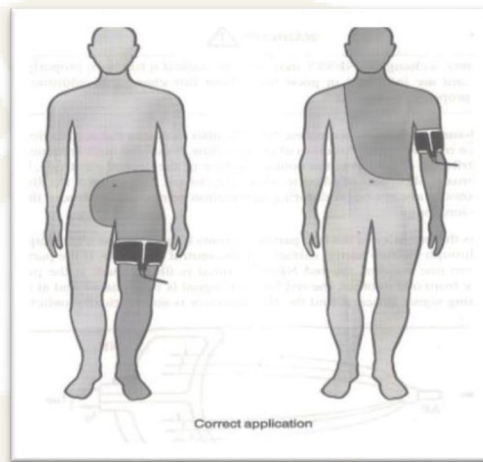
Elektoda pasif biasanya juga disebut dengan :

1. *Netral Electrode*.
2. *Dispersive Electrode*.
3. *Indifferent Electrode*.
4. *Ground Electrode*.^[3]



Gambar 5 Elektroda Netral

2.3.2 Cara Pemasangan Elektroda Netral



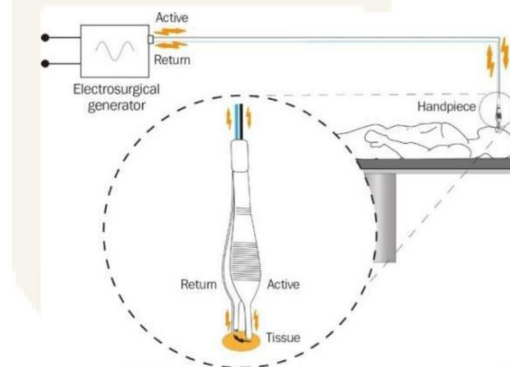
Gambar 6 Pemasangan Elektroda Netral

Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada pemasangan elektroda netral diantaranya :

- a. Seluruh area permukaan *patient plate* harus tepat menempel pada bagian tubuh pasien, pada lengan atau paha pasien, yang paling dekat dengan bagian yang akan dibedah.
- b. *Patient plate* termasuk kabel, jack dan konektor harus selalu dalam keadaan baik dan bersih.
- c. *Patient plate* harus benar-benar menempel dengan baik dengan menggunakan gelang karet, untuk mencegah *patient plate* bergeser.
- d. Daya hantar listrik (*konduktivitas electric*) dari bagian tubuh yang dipasang *patient plate* sebaiknya ditingkatkan.

- e. Selama penggunaan ESU, pasien tidak boleh berhubungan dengan benda-benda penghantar listrik. ^[4]

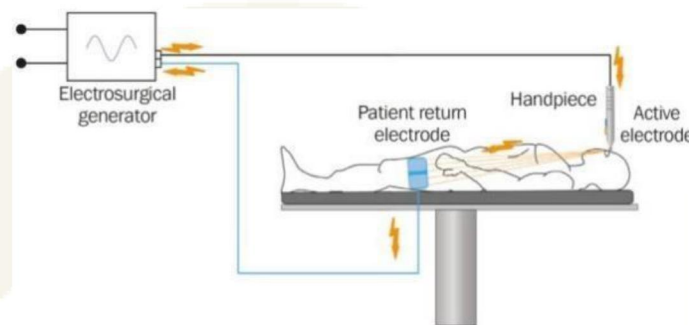
Pengoperasian ESU dibagi menjadi dua mode, yaitu bipolar dan monopolar. Mode bipolar biasa digunakan pada bedah minor untuk proses koagulasi (pembekuan). Sebuah elektroda berbentuk pinset digunakan untuk menjepit jaringan yang tidak diinginkan. Kemudian arus frekuensi tinggi mengalir dari ujung elektroda melewati jaringan tadi kemudian menuju ujung elektroda yang lain. Bedah minor merupakan kebalikan dari tindakan bedah mayor, operasi ini tidak membuat pasien nya harus menunggu lama untuk pulih kembali. Bahkan dalam beberapa jenis operasi, pasien diperbolehkan pulang pada hari yang sama. Contoh operasinya seperti biopsi pada jaringan payudara.



Gambar 7 ESU Mode Bipolar

Pada mode monopolar terbagi menjadi dua yakni monopolar *cutting* dan monopolar *coagulation*. Mode monopolar menggunakan dua elektroda terpisah, yaitu elektroda aktif dan elektroda pasif/netral dengan permukaan yang lebih luas yang ditempatkan dekat dengan lokasi yang akan di bedah. Arus listrik akan terpusat pada elektroda aktif dan elektroda netral didesain untuk mendistribusikan arus listrik yang tujuannya untuk mencegah kerusakan jaringan. Mode monopolar lazim nya digunakan pada bedah mayor dengan

metode pemotongan. Bedah mayor, merupakan operasi yang dilakukan dibagian tubuh seperti kepala, dada, dan perut. Salah satu contoh operasi ini adalah operasi cangkok organ, operasi tumor otak, atau operasi jantung. Pasien yang menjalani operasi ini biasanya membutuhkan waktu yang cukup lama untuk kembali pulih.



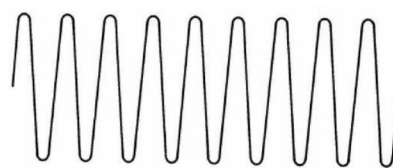
Gambar 8 ESU Mode Monopolar

2.3.3 Bentuk Gelombang ESU

ESU dapat menghasilkan berbagai bentuk gelombang listrik dan akan menghasilkan efek yang berbeda terhadap jaringan kulit, bentuk gelombang pada ESU yaitu diantaranya gelombang kontinyu, gelombang *intermittent*, dan gelombang teredam.

a. Gelombang kontinyu

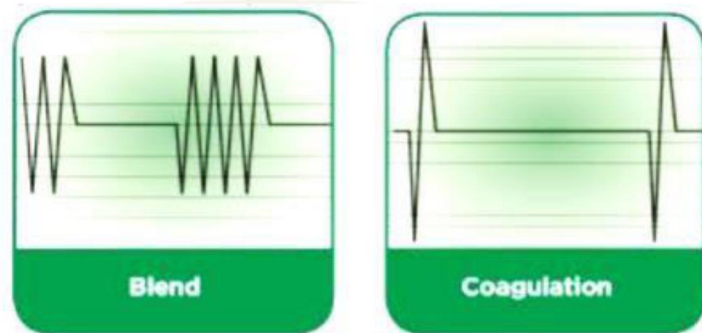
Gelombang kontinyu adalah bentuk gelombang sinusoidal yang terus-menerus dengan frekuensi dan amplitude tetap. Gelombang kontinyu menyebabkan terjadinya penguapan atau pemotongan jaringan, bentuk gelombang kontinyu menyebabkan terjadinya pemanasan yang sangat cepat.



Gambar 9 Bentuk Gelombang Kontinyu

b. Gelombang *intermittent*

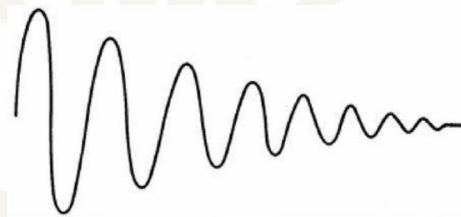
Bentuk gelombang sinusoidal yang muncul lalu hilang (tak ada pulsa) dengan jarak (jangka waktu) tertentu, kemudian muncul lagi. Gelombang *intermittent* (terpotong – potong) maka akan dihasilkan panas lebih, karena hal tersebut maka pada jaringan akan terjadi pengentalan atau koagulasi.



Gambar 10 Bentuk Gelombang Terputus (*Intermittent*)

c. Gelombang Teredam

Bentuk gelombang sinusoidal yang mempunyai amplitudo makin mengecil dan akhirnya teredam, kemudian muncul lagi. Pembangkit gelombang tersebut diproduksi oleh *spark gap*.



Gambar 11 Bentuk Gelombang Teredam

Tubuh manusia mempunyai suatu tahanan atau resistansi dari elemen-elemen didalam tubuh yang berbeda-beda, namun besarnya relatif sama dengan kadar air yang dikandung dari masing-masing elemen: otot berkadar air 72% hingga 75%, otak berkadar air sekitar 68%, lemak 14%, semakin banyak kadar air yang dimiliki jaringan maka semakin baik daya hantar listriknya. Apabila

tahanan ini dialirkan arus listrik, maka akan ada energi listrik yang hilang dan berubah menjadi panas. Semakin besar arus listrik yang dihasilkan maka akan semakin besar pula panas yang dihasilkan, serta makin besar juga efek perusakan pada jaringan tubuh.

2.4 Pulse Width Modulation (PWM)

PWM adalah singkatan dari *Pulse Width Modulation* atau dalam bahasa Indonesia dapat diterjemahkan menjadi modulasi lebar pulsa. PWM merupakan suatu teknik modulasi yang mengubah lebar pulsa (*pulse width*) dengan nilai frekuensi dan amplitudo yang tetap. PWM dapat dianggap sebagai DAC (*Digital to Analog Converter*) kebalikan dari ADC (*Analog to Digital Converter*) yaitu mengkonversi sinyal Digital ke Analog, PWM ini menghasilkan sinyal analog dari perangkat Digital (contohnya dari Mikrokontroler).

PWM merupakan mekanisme untuk sebuah sinyal membangkitkan keluaran periodenya yang berulang antara *low* dan *high* dimana kita dapat mengontrol durasi sinyal *low* dan *high* sesuai dengan yang kita inginkan.

Besarnya dari modulasi pulsa PWM yang dihasilkan disebut *duty cycle* dan frekuensi adalah banyaknya putaran atau periode gelombang yang terjadi dalam satu detik, dan satu periode gelombang (satu *cycle*) itu adalah satu kali munculnya denyut listrik positif dan satu kali munculnya denyut listrik negatif selama satu detik. Gelombang dapat diubah-ubah untuk mendapat tegangan keluaran berdasarkan rata-rata gelombang yang dihasilkan sehingga keluaran bervariasi

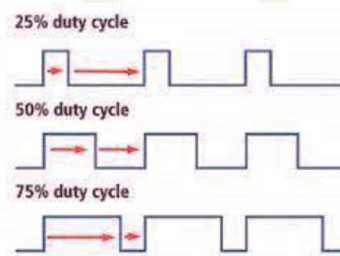
Duty cycle merupakan presentase periode sinyal *high* dan periode sinyal *low*, persentase *duty cycle* akan berbanding lurus dengan yang dihasilkan tegangan rata-rata.

Rumus untuk menghitung siklus kerja atau *duty cycle* dapat ditunjukkan seperti persamaan di bawah ini.

$$\text{Duty Cycle} = t_{\text{ON}} / (t_{\text{ON}} + t_{\text{OFF}}) \text{ atau } t_{\text{ON}} / t_{\text{total}}$$

Dimana :

- t_{ON} = Waktu ON atau Waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi tinggi (*high* atau 1)
- t_{OFF} = Waktu OFF atau Waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi rendah (*low* atau 0)
- t_{total} = Waktu satu siklus atau penjumlahan antara t_{ON} dengan t_{OFF} atau disebut juga dengan “periode satu gelombang”



Gambar 12 *Duty Cycle*

2.5 Saklar

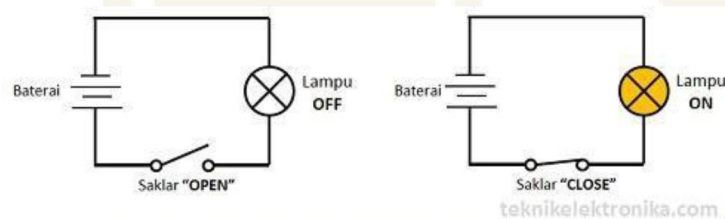
Suatu komponen atau perangkat yang digunakan untuk memutuskan atau menghubungkan aliran listrik. Saklar yang dalam bahasa Inggris disebut dengan *switch* ini merupakan salah satu komponen atau alat listrik yang paling sering digunakan. Hampir semua peralatan elektronika dan listrik memerlukan saklar untuk menghidupkan atau mematikan alat listrik yang digunakan. ^[5]



Gambar 13 Saklar dan Simbol Saklar

Prinsip Kerja Saklar :

Saklar yang paling sering ditemukan adalah saklar yang dioperasikan oleh tangan manusia dengan satu atau lebih pasang kontak listrik. Setiap pasangan kontak umumnya terdiri dari 2 keadaan atau disebut dengan “*State*”. Kedua keadaan tersebut diantaranya adalah keadaan “*close*” atau “tutup” dan keadaan “*open*” atau “buka”. *Close* artinya terjadi sambungan aliran listrik sedangkan *open* adalah terjadinya pemutusan aliran listrik.



Gambar 14 Cara Kerja Saklar

2.6 Fuse

Fuse atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan sekering adalah komponen yang berfungsi sebagai pengaman dalam rangkaian elektronika maupun perangkat listrik. *Fuse* pada dasarnya terdiri dari sebuah kawat halus pendek yang akan meleleh dan terputus jika dialiri oleh arus listrik yang berlebihan ataupun terjadinya hubungan arus pendek dalam sebuah peralatan elektronika. Dengan putusnya *fuse* tersebut, arus listrik yang berlebihan tersebut tidak dapat masuk ke dalam rangkaian elektronika sehingga tidak merusak komponen-komponen yang terdapat dalam rangkaian elektronika yang

bersangkutan. Karena fungsinya yang dapat melindungi peralatan listrik dan peralatan elektronika dari kerusakan akibat arus listrik yang berlebihan,

Fuse terdiri dari dua terminal dan biasanya dipasang secara seri dengan rangkaian elektronika yang akan dilindunginya sehingga apabila *fuse* tersebut terputus maka akan terjadi *open circuit* yang memutuskan hubungan aliran listrik agar arus listrik tidak dapat mengalir masuk ke dalam rangkaian yang dilindunginya.



Gambar 15 *Fuse* dan Simbol *Fuse*

Nilai *fuse* biasanya tertera pada badan *fuse* itu sendiri ataupun diukir pada terminal *fuse*, nilai *fuse* diantaranya terdiri dari arus listrik dalam satuan Ampere (A) ataupun miliAmpere (mA) dan tegangan dalam satuan Volt (V) ataupun miliVolt (mV).^[6]

Untuk menghitung berapa arus listrik yang mengalir dan berapa besaran ampere pada *fuse* untuk sebuah rangkaian, kita dapat menggunakan rumus seperti berikut :

$$I = P / E \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

I : Besar arus Ampere (A)

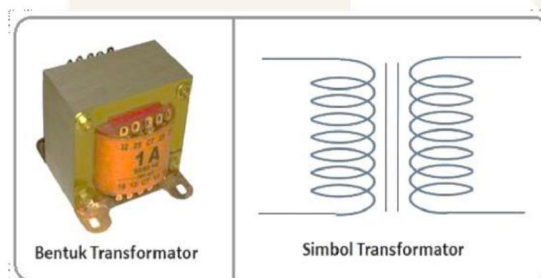
P : Daya listrik Watt (W)

E : Tegangan listrik Volt (V)

2.7 Transformator

Transformator atau sering disingkat dengan istilah Trafo adalah alat listrik yang dapat mengubah taraf suatu tegangan AC ke taraf yang lain. Maksud dari pengubahan taraf tersebut diantaranya seperti menaikkan tegangan AC dari 110 VAC ke 220 VAC atau menurunkan tegangan bolak balik (AC) dari 220 VAC ke 12 VAC.

Transformator terdiri dari 3 komponen pokok yaitu : kumparan pertama (Primer) yang bertindak sebagai *input*, kumparan kedua (Sekunder) yang bertindak sebagai *output*, dan inti besi yang berfungsi untuk memperkuat medan magnet yang dihasilkan. [7]



Gambar 16 Transformator

Transformator digunakan sebagai gandengan impedansi antara sumber dan beban untuk memisahkan rangkaian dari rangkaian yang lain dan untuk menghambat arus searah melakukan atau mengalirkan arus bolak-balik.

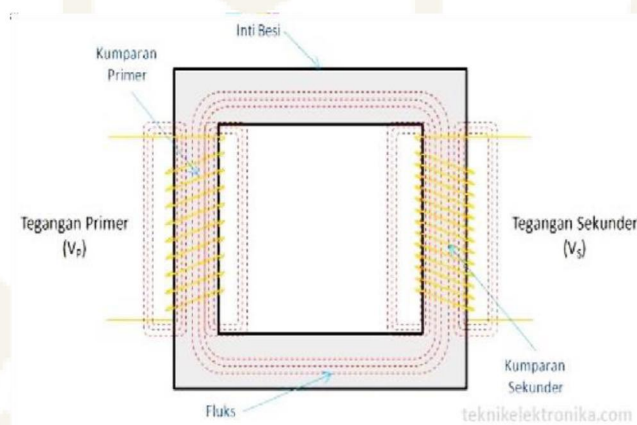
Sebuah transformator yang sederhana pada dasarnya memiliki 2 lilitan atau kumparan kawat yang terisolasi yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Pada kebanyakan transformator, kumparan kawat terisolasi ini dililitkan pada sebuah besi yang dinamakan inti besi (*core*). Ketika kumparan dialiri arus AC maka akan menimbulkan medan magnet atau fluks magnetik disekitarnya. Kekuatan medan magnet (densitas fluks magnet) tersebut

dipengaruhi oleh besarnya arus listrik yang dialirinya. Semakin besar arus listriknya semakin besar pula medan magnetnya.

Fluktuasi medan magnet yang terjadi di sekitar kumparan pertama (primer) akan menginduksi GGL (Gaya Gerak Listrik) dalam kumparan kedua (sekunder) dan akan terjadi pelimpahan daya dari kumparan primer ke kumparan sekunder. Dengan demikian, terjadilah tegangan yang lebih tinggi maupun dari tegangan tinggi menjadi tegangan yang lebih rendah.

Sedangkan Inti besi pada Transformator atau Trafo pada umumnya adalah kumpulan lempengan-lempengan besi tipis yang terisolasi dan ditempel berlapis-lapis dengan kegunaanya untuk mempermudah jalannya *Fluks* Magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik kumparan serta untuk mengurangi suhu panas yang ditimbulkan.

Dibawah ini adalah *Fluks* pada Transformator :

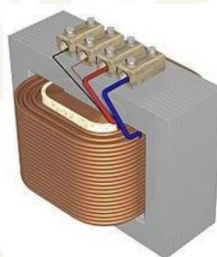


Gambar 17 Fluks Transformator

Pada umumnya ada dua jenis trafo berdasarkan intinya yaitu trafo inti besi dan trafo inti ferit. Dalam penggunaannya trafo inti besi dan trafo inti ferit sama-sama berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan tegangan listrik. Tetapi perbedaannya pada frekuensi tegangan yang digunakan oleh kedua jenis trafo

tersebut. Trafo inti besi bekerja pada frekuensi rendah 50 – 60 Hz, sedangkan trafo inti ferit bekerja pada frekuensi tinggi 30-50KHz.

Pada trafo inti besi, trafo jenis ini merupakan jenis trafo yang paling populer dan paling diminati hingga saat ini. Inti dari trafo ini merupakan susunan lembaran-lembaran dari besi lunak yang disatukan menjadi satu. Hampir seluruh trafo yang dipergunakan di gardu listrik menggunakan trafo jenis ini.



Gambar 18 Trafo Inti Besi

Transformator sendiri memiliki persamaan dan rumus sebagai berikut :

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} \dots\dots\dots(2.2)$$

Rumus perbandingan daya transformator :

$$\frac{P_p}{P_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_p}{I_s} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

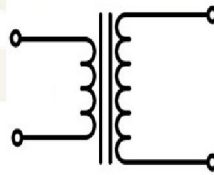
N_p : Jumlah lilitan primer V_p : Tegangan primer I_p : Arus primer

N_s : Jumlah lilitan sekunder V_s : Tegangan sekunder I_s : Arus sekunder

2.7.1 Transformator Step Up

Berfungsi untuk menaikkan tegangan bolak-balik dari suatu sumber dengan memiliki cirri-ciri sebagai berikut :

- a. Tegangan pada kumparan sekunder lebih besar dari tegangan pada kumparan primer. ($V_s > V_p$)
- b. Jumlah lilitan pada Kumparan sekunder lebih banyak dari jumlah lilitan pada kumparan primer. ($N_s > N_p$)
- c. Arus pada kumparan primer lebih besar dari arus pada kumparan sekunder. ($I_p > I_s$)



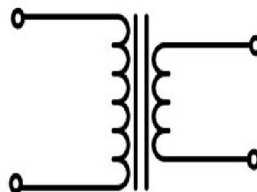
Gambar 19 Transformator Step Up

2.7.2 *Transformator Step Down*

Berfungsi untuk menurunkan atau memperkecil tegangan bolak-balik dari suatu sumber.

Ciri-cirinya sebagai berikut :

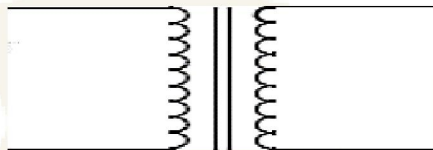
- a. Tegangan pada kumparan primer lebih besar dari tegangan pada kumparan sekunder. ($V_p > V_s$)
- b. Jumlah lilitan pada kumparan primer lebih banyak dari jumlah lilitan pada kumparan sekunder. ($N_p > N_s$)
- c. Arus pada kumparan primer lebih kecil dari arus pada kumparan sekunder. ($I_p < I_s$)



Gambar 20 Transformator Step Down

2.7.3 Transformator isolasi

Berfungsi untuk membatasi hubungan listrik secara langsung antara arus primer dan arus sekunder tanpa merubah rating tegangan dan arus. Trafo isolasi memiliki lilitan sekunder yang berjumlah sama dengan lilitan primer, sehingga tegangan sekunde sama dengan tegangan primer.

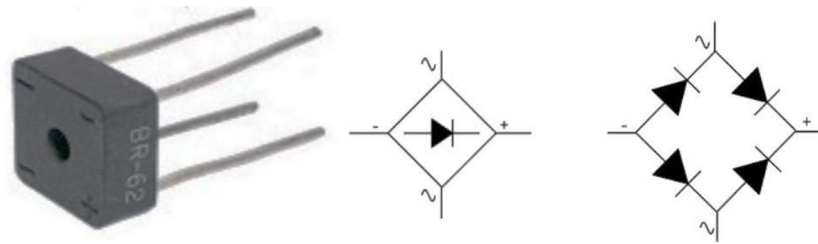


Gambar 21 Transformator Isolasi

2.8 Dioda

Dioda adalah komponen elektronika yang terdiri dari dua kutub dan berfungsi menyearahkan arus. Komponen ini terdiri dari penggabungan dua semikonduktor yang masing – masing diberi doping (penambahan material) yang berbeda, dan ditambah material konduktor untuk mengalirkan listrik.

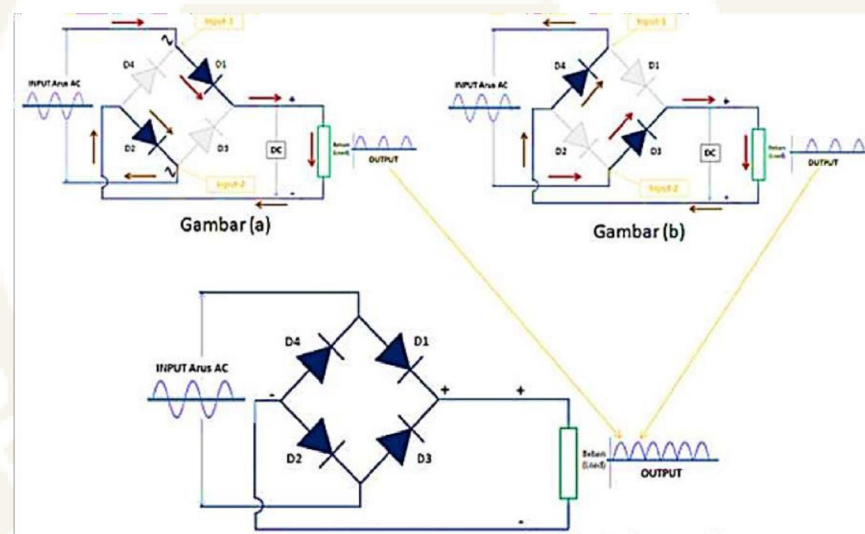
Diode Bridge atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Dioda Jembatan termasuk salah satu jenis dioda. *Diode Bridge* pada dasarnya merupakan susunan dari empat buah Dioda yang dirangkai dalam konfigurasi rangkaian jembatan (*bridge*) yang dikemas menjadi satu perangkat komponen yang berkaki empat. Dua kaki Terminal dipergunakan sebagai *input* untuk tegangan/arus listrik AC sedangkan dua kaki terminalnya lagi adalah terminal *output* yaitu Terminal *output* Positif (+) dan Terminal *output* Negatif (-).^[8]



Gambar 22 Dioda

Prinsip Kerja Diode Bridge :

Prinsip Kerja *Diode Bridge* pada dasarnya sama dengan 4 buah dioda penyearah biasa yang disusun dalam rangkaian jembatan. Cara kerjanya pun sama dengan cara kerja Penyearah Gelombang Penuh (*Full Wave Rectifier*). Untuk lebih jelas mengenai cara kerja *diode bridge*, kita dapat melihat gambar berikut :



Gambar 23 Prinsip Kerja Rangkaian Penyearah

Pada gambar diatas, keempat Dioda yang diberi label D1, D2, D3 dan D4 disusun secara seri dengan hanya dua dioda saja yang melewati arus satu sisi sinyal atau arus setengah siklus gelombang (*half cycle*). Pada saat sisi sinyal positif (+) diberikan ke *input-1* dan sinyal negatif (-) diberikan ke *input-2 diode bridge*, rangkaian internal D1 dan D2 akan berada dalam kondisi *forward bias*

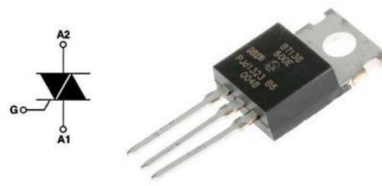
sehingga melewati sinyal positif tersebut, sedangkan D3 dan D4 akan berada dalam kondisi *reverse bias* yang menghambat sinyal sisi negatifnya (lihat gambar a diatas).

Kemudian pada saat sinyal berubah menjadi sinyal negatif (-) yang diberikan ke *input-1* dan sinyal positif (+) ke *input-2 diode bridge* maka D3 dan D4 akan berubah juga menjadi kondisi *forward bias* yang melewati sinyal positif sedangkan D1 dan D2 menjadi *reverse bias* yang menghambat sinyal sisi negatif (lihat gambar b diatas). Hasil dari Penyearah gelombang penuh adalah seperti yang dapat kita lihat di gambar c diatas.

Dioda pada umumnya mempunyai 2 Elektroda (terminal) yaitu Anoda (+) dan Katoda (-) dan memiliki prinsip kerja yang berdasarkan teknologi pertemuan p-n semikonduktor yaitu dapat mengalirkan arus dari sisi tipe-p (Anoda) menuju ke sisi tipe-n (Katoda) tetapi tidak dapat mengalirkan arus ke arah sebaliknya.

2.9 Triac

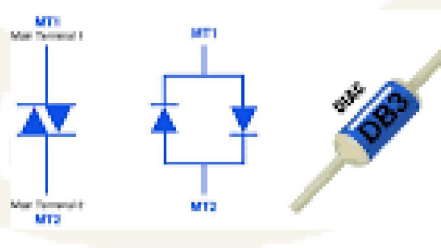
TRIAC adalah perangkat semikonduktor berterminal tiga yang berfungsi sebagai pengendali arus listrik. Nama TRIAC ini merupakan singkatan dari *Triode for Alternating Current* (triode untuk arus bolak balik). Sama seperti SCR, TRIAC juga tergolong sebagai *thyristor* yang berfungsi sebagai pengendali atau *switching*. Namun, berbeda dengan SCR yang hanya dapat dilewati arus listrik dari satu arah (*unidirectional*), TRIAC memiliki kemampuan yang dapat mengalirkan arus listrik ke kedua arah (*bidirectional*) ketika dipicu. Terminal *gate* TRIAC hanya memerlukan arus yang relatif rendah untuk dapat mengendalikan aliran arus listrik AC yang tinggi dari dua arah terminalnya. TRIAC sering juga disebut dengan *Bidirectional Triode Thyristor*.^[9]



Gambar 24 Triac

2.10 Diac

Diode Alternating Current atau sering disingkat dengan DIAC adalah komponen aktif Elektronika yang memiliki dua terminal dan dapat menghantarkan arus listrik dari kedua arah jika tegangan melampaui batas *breakover*-nya. DIAC merupakan anggota dari keluarga *thyristor*, namun berbeda dengan *thyristor* pada umumnya yang hanya menghantarkan arus listrik dari satu arah, DIAC memiliki fungsi yang dapat menghantarkan arus listrik dari kedua arahnya atau biasanya disebut juga dengan “*Bidirectional Thyristor*”. DIAC biasanya digunakan sebagai pembantu untuk memicu TRIAC dalam rangkaian AC *switch*, DIAC juga sering digunakan dalam berbagai rangkaian seperti rangkaian lampu dimmer (peredup) dan rangkaian starter untuk lampu neon (*fluorescent lamps*).^[10]

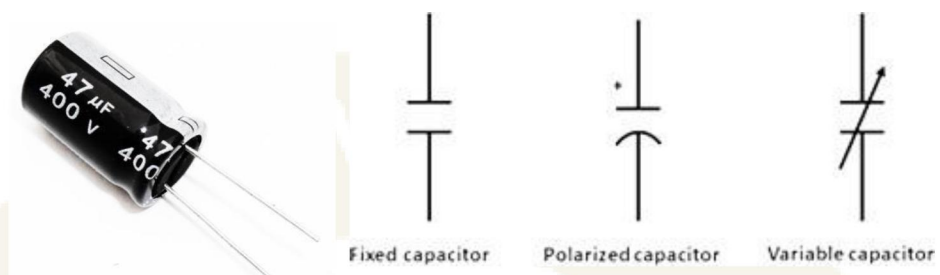


Gambar 25 Diac

2.11 Kapasitor

Kapasitor adalah komponen pada benda-benda elektronik yang memiliki kemampuan untuk menyimpan elektron-elektron muatan listrik dalam periode

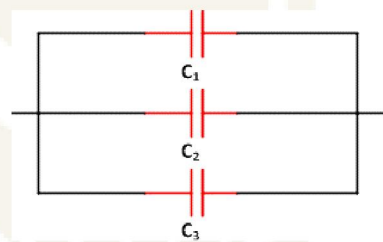
waktu tertentu. Atau dengan kata lain, kapasitor merupakan komponen pada benda elektronik yang memiliki fungsi sebagai penyimpan muatan listrik. Sedangkan menurut Michael Faraday, kapasitor juga dikenal dengan sebutan kondensator. ^[11]



Gambar 26 Kapasitor

Rangkaian – Rangkaian Kapasitor

a. Rangkaian Paralel Kapasitor



Gambar 27 Kapasitor Paralel

Rangkaian Paralel Kapasitor adalah Rangkaian yang terdiri dari 2 buah atau lebih Kapasitor yang disusun secara berderet atau berbentuk Paralel. Dengan menggunakan Rangkaian Paralel Kapasitor ini, kita dapat menemukan nilai Kapasitansi pengganti yang diinginkan.

Berikut Rumus Kapasitor Rangkaian paralel :

$$C_{total} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

C_{total} = Total nilai kapasitansi kapasitor

C_3 = Kapasitor ke-3

C_1 = Kapasitor ke-1

C_n = Kapasitor ke-n

C_2 = Kapasitor ke-2

b. Rangkaian Seri Kapasitor

Rangkaian Seri Kapasitor adalah Rangkaian yang terdiri dari 2 buah dan lebih Kapasitor yang disusun sejajar atau berbentuk Seri. Seperti halnya dengan Rangkaian Paralel, Rangkaian Seri Kapasitor ini juga dapat digunakan untuk mendapat nilai Kapasitansi Kapasitor pengganti yang diinginkan. Hanya saja, perhitungan Rangkaian Seri untuk Kapasitor ini lebih rumit dan sulit dibandingkan dengan Rangkaian Paralel Kapasitor.



Gambar 28 Kapasitor Seri

Berikut rumus rangkaian seri kapasitor :

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

C_{total} = Total nilai kapasitansi kapasitor

C_3 = Kapasitor ke-3

C_1 = Kapasitor ke-1

C_n = Kapasitor ke-n

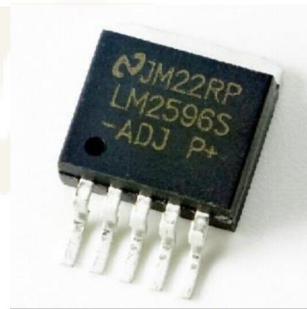
C_2 = Kapasitor ke-2

2.12 IC LM2596

IC LM2596 adalah IC monolitik merupakan komponen utama dalam rangkaian *step down DC power supply*, yang mengubah tegangan *input* antara 3.2V dan 40V

menjadi tegangan yang lebih kecil antara 1.25V dan 35V dan beban arus maksimal yang dapat dilewatkan pada komponen ini adalah 3A dengan sangat baik.

LM2596 dapat bekerja maksimum pada frekuensi switching 150 KHz, ini menyebabkan komponen filter dengan ukuran lebih kecil dibutuhkan serta spesifikasi *switching* frekuensi lebih rendah. ^[12]



Gambar 29 IC LM2596

2.13 Optocoupler PC817

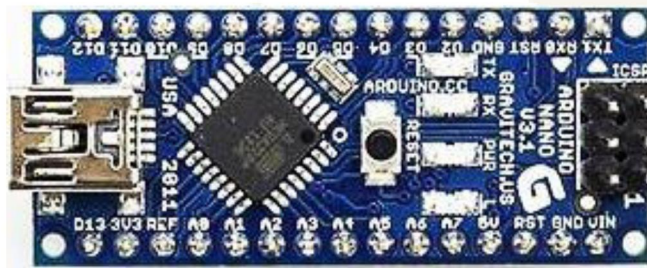
Optocoupler PC817 adalah IC optocoupler yang terdiri dari foto transistor dan dioda IR. Di berbagai rangkaian, filter memainkan peran kunci untuk menghilangkan noise. IC PC817 dapat dihubungkan ke mikrokontroler apapun atau perangkat DC apapun dengan voltasi lebih rendah, dapat di hubungkan secara langsung. Optocoupler berfungsi untuk melindungi bagian sinyal kuat yang bertegangan tinggi untuk mengendalikan sistem pada bagian yang menggunakan sinyal rendah atau bertegangan rendah ataupun sebaliknya. ^[13]



Gambar 30 Optocoupler PC817

2.14 Arduino Nano

Arduino Nano adalah salah satu *board* mikrokontroler yang berukuran kecil, lengkap dan mendukung penggunaan *breadboard*. Arduino Nano diciptakan dengan basis mikrokontroler ATmega328 (untuk Arduino Nano versi 3.x) atau Atmega 16 (untuk Arduino versi 2.x). Arduino Nano kurang lebih memiliki fungsi yang sama dengan Arduino Duemilanove, tetapi dalam paket yang berbeda. Arduino Nano tidak menyertakan colokan DC berjenis Barrel Jack, dan dihubungkan ke komputer menggunakan port USB Mini-B. Arduino Nano dirancang dan diproduksi oleh perusahaan Gravitech.



Gambar 31 Arduino Nano

2.14.1 Spesifikasi Arduino Nano

Spesifikasi Arduino Nano sebagai berikut:

Tabel 2 Spesifikasi Arduino Nano

Mikrokontroler	ATmega 328 atau Atmega168
Tegangan pengoperasian	5V
Tegangan <i>input</i> yang disarankan	7-12V
Jumlah pin I/O digital	14 (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah <i>input</i> analog	6 (A0 – A5)
Arus DC tiap pin	40 mA

Arus DC untuk pin 3,3v	50 mA
Memori Flash	32 KB (ATmega328).sekitar 2 KB digunakan oleh <i>bootloader</i>
SRAM	2KB (ATmega328)
EPROM	1 KB (AT mega328)
Frekuensi (<i>Clock Speed</i>)	16 MHz
Komunikasi	IIC, SPI, USART

2.14.2 Konfigurasi Pin Arduino Nano

Konfigurasi pin Arduino Nano memiliki 30 Pin. Berikut Konfigurasi pin Arduino Nano.

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya digital.
2. GND merupakan pin *ground* untuk catu daya digital.
3. AREF merupakan Referensi tegangan untuk *input* analog. Digunakan dengan fungsi *analogReference()*.
4. RESET merupakan jalur *low* ini digunakan untuk me-reset (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset pada shield yang menghalangi papan utama Arduino
5. Serial RX (0) merupakan pin sebagai penerima TTL data serial.
6. Serial TX (1) merupakan pin sebagai pengirim TT data serial.
7. *External Interrupt* (Interupsi Eksternal) merupakan pin yang dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau perubahan nilai.

8. Output PWM 8 Bit merupakan pin yang berfungsi untuk `dataanalogWrite()`.
9. SPI merupakan pin yang berfungsi sebagai pendukung komunikasi.
10. LED merupakan pin yang berfungsi sebagai pin yang diset bernilai *high*, maka LED akan menyala, ketika pin diset bernilai *low* maka LED padam. LED Tersedia secara built-in pada papan Arduino Nano.
11. *Input* Analog (A0-A7) merupakan pin yang berfungsi sebagai pin yang dapat diukur/diatur dari mulai *ground* sampai dengan 5 Volt, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka menggunakan fungsi `analogReference()`.

2.15 Resistor

Resistor adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk menghambat atau membatasi aliran listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian elektronika. Sebagaimana fungsi resistor yang sesuai namanya bersifat resistif dan termasuk salah satu komponen elektronika dalam kategori komponen pasif. Satuan atau nilai resistansi suatu resistor disebut Ohm dan dilambangkan dengan simbol Omega (Ω). Sesuai hukum Ohm bahwa resistansi berbanding terbalik dengan jumlah arus yang mengalir melaluinya. Selain nilai resistansinya (Ohm) resistor juga memiliki nilai yang lain seperti nilai toleransi dan kapasitas daya yang mampu dilewatkannya. Semua nilai yang berkaitan dengan resistor tersebut penting untuk diketahui dalam perancangan suatu rangkaian elektronika oleh karena itu pabrikan resistor selalu mencantumkan dalam kemasan resistor tersebut. ^[14]



Gambar 32 Resistor dan Simbol Resistor

2.15.1 Nilai Toleransi Resistor

Toleransi resistor merupakan perubahan nilai resistansi dari nilai yang tercantum pada badan resistor yang masih diperbolehkan dan dinyatakan resistor dalam kondisi baik. Toleransi resistor merupakan salah satu perubahan karakteristik resistor yang terjadi akibat operasional resistor tersebut. Nilai toleransi resistor ini ada beberapa macam yaitu resistor dengan toleransi kerusakan 1% (resistor 1%), resistor dengan toleransi kesalahan 2% (resistor 2%), resistor dengan toleransi kesalahan 5% (resistor 5%) dan resistor dengan toleransi 10% (resistor 10%).

Tabel 3 Kode Warna Resistor

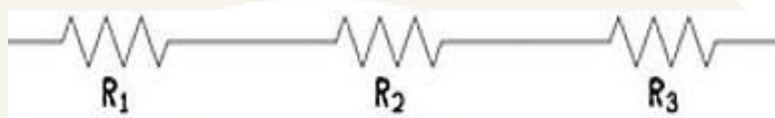
Warna	Nilai	Faktor Pengali	Toleransi
Hitam	0	1	
Coklat	1	10	1%
Merah	2	100	2%
Jingga	3	1.000	
Kuning	4	10.000	
Hijau	5	100.000	0.5%
Biru	6	1.000.000	0.25%
Ungu	7	10.000.000	0.1%
Abu-abu	8	100.000.000	
Putih	9	1.000.000.000	

Emas	-	0.1	5%
Perak	-	0.01	10%
Tanpa warna	-	-	20%

2.15.2 Rangkaian Resistor

A. Rangkaian Seri Resistor

Rangkaian Seri Resistor adalah sebuah rangkaian yang terdiri dari 2 buah atau lebih Resistor yang disusun secara sejajar atau berbentuk Seri.



Gambar 33 Resistor Seri

Berikut rumus rangkaian seri resistor :

$$R_{total} = R_1 + R_2 + R_3 \dots \dots + R_n \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :

R_{total} = Total nilai resistor

R_3 = Resistor ke-3

R_1 = Resistor ke-1

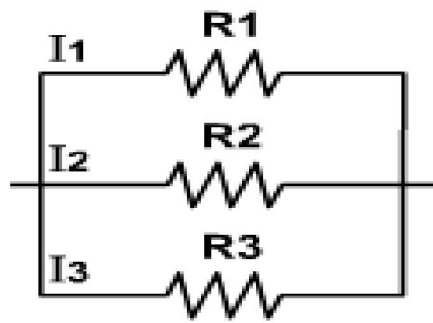
R_n = Resistor ke-n

R_2 = Resistor ke-2

B. Rangkaian Paralel Resistor

Rangkaian Paralel Resistor adalah sebuah rangkaian yang terdiri dari 2 buah atau lebih Resistor yang disusun secara berderet atau berbentuk Paralel. Sama seperti dengan Rangkaian Seri, Rangkaian Paralel juga dapat digunakan untuk mendapatkan nilai hambatan pengganti.

Perhitungan Rangkaian Paralel sedikit lebih rumit dari Rangkaian Seri.



Gambar 34 Resistor Pararel

Berikut rumus rangkaian paralel resistor :

$$R_{total} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

R_{total} = Total nilai resistor

R_3 = Resistor ke-3

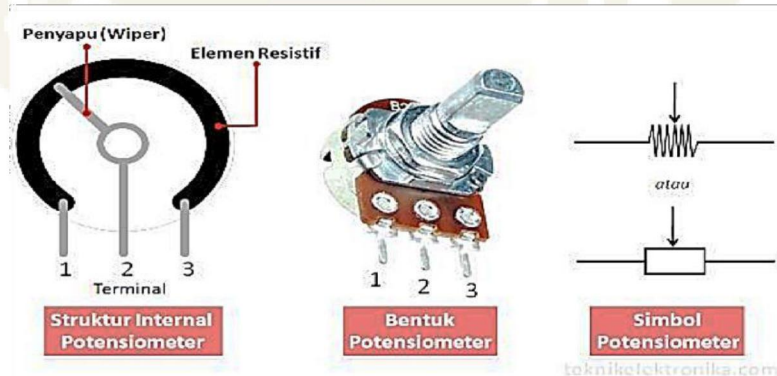
R_1 = Resistor ke-1

R_n = Resistor ke-n

R_2 = Resistor ke-2

2.15.3 Variable Resistor

Potensiometer merupakan jenis *variable resistor* yang nilai resistansinya dapat berubah-ubah dengan cara memutar porosnya melalui sebuah tuas yang terdapat pada potensiometer. ^[14]



Gambar 35 Variable Resistor

Secara struktur potensiometer terdiri dari 3 kaki terminal dengan sebuah *shaft* atau tuas yang berfungsi sebagai pengaturnya. Nilai resistansi antara kaki pinggir merupakan nilai yang tertera pada potensiometer, misalnya tertulis nilai $10K\Omega$ maka besarnya resistansi antara kaki pinggir selalu tetap sebesar $10K\Omega$. Kemudian nilai resistansi antara kaki tengah dengan kaki pinggir berubah (variabel) sesuai dengan posisi kaki tengah terhadap kaki pinggir, jika posisi tuas potensiometer berada pada kiri penuh maka besarnya resistansi kaki tengah dengan kaki sebelah kiri sama dengan nol dan besarnya resistansi kaki tengah dengan kaki sebelah kanan sebesar $10K\Omega$, dan sebaliknya saat posisi kanan penuh maka besarnya resistansi kaki tengah dengan kaki sebelah kanan sama dengan nol dan besarnya resistansi kaki tengah dengan kaki sebelah kiri sebesar $10K\Omega$.

2.16 Transistor Bipolar

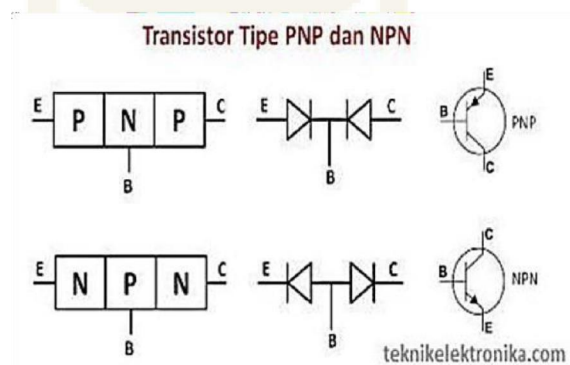
Transistor Bipolar adalah Transistor yang struktur dan prinsip kerjanya memerlukan perpindahan muatan pembawanya yaitu elektron di kutub negatif untuk mengisi kekurangan elektron atau *hole* di kutub positif. Bipolar berasal dari kata “bi” yang artinya adalah “dua” dan kata “polar” yang artinya adalah “kutub”. Transistor Bipolar juga sering disebut juga dengan singkatan BJT yang kepanjangannya adalah Bipolar *Junction Transistors*.

BJT sering digunakan untuk penguatan sinyal listrik serta pada saklar digital, BJT adalah komponen semikonduktor yang dibuat dengan tiga terminal atau kaki semikonduktor (basis, kolektor dan emitor), biasanya kaki atau terminal basis dan emitor memiliki tegangan penghalang sekitar $0,5 - 0,7 \text{ V}$, artinya bahwa dibutuhkan tegangan listrik minimal antara $0,5 - 0,7 \text{ volt}$ untuk

bisa membuat arus listrik mengalir melalui kaki emitor ke basis (basis ke emitor) dan atau kolektor ke basis (basis ke kolektor). Jika pada kaki basis transistor diberikan tegangan *bias* maka arus pada kolektor transistor akan mengalir ke kaki emitor

Transistor Bipolar terdiri dari dua jenis yaitu Transistor PNP dan Transistor NPN.

- a. **Transistor PNP** adalah transistor bipolar yang menggunakan arus listrik kecil dan tegangan negatif pada terminal basis untuk mengendalikan aliran arus dan tegangan yang lebih besar dari emitor ke kolektor.
- b. **Transistor NPN** adalah transistor bipolar yang menggunakan arus listrik kecil dan tegangan positif pada terminal basis untuk mengendalikan aliran arus dan tegangan yang lebih besar dari kolektor ke emitor.



Gambar 36 Simbol dan Tipe Transistor

Cara kerja transistor Bipolar :

Untuk mengoperasikan transistor harus diketahui dulu daerah kerjanya.

Ada tiga daerah kerja transistor yaitu :

- a. Daerah sumbat (*cut off*)

Daerah sumbat merupakan daerah kerja transistor saat mendapat *bias* arus basis ($I_b \leq 0$). Pada saat daerah ini terjadi bocor dari basis ke

emitor (IBEO). Hal ini sama dapat terjadi pula pada hubungan kolektor-basis. Jika arus emitor sangat kecil ($I_e = 0$), emitor dalam keadaan terbuka dan arus mengalir dari kolektor ke basis (I_{cbo}).

b. Daerah jenuh (saturasi)

Transistor akan bekerja pada daerah jenuh ketika hambatan basis terlalu kecil, maka arus kolektor meningkat sampai nilai maksimum dan tegangan kolektor-emitor turun mendekati nol.

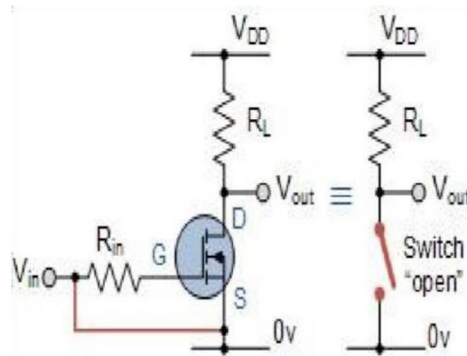
c. Daerah aktif

Daerah aktif terletak antara daerah jenuh dan daerah sumbat. Agar transistor bekerja pada daerah aktif, maka transistor harus mendapatkan arus basis lebih besar dari 0 ($I_b > 0$), dalam keadaan ini keluaran arus kolektor akan berubah sesuai dengan pemberian arus basisnya.

2.17 MOSFET Transistor

MOSFET merupakan singkatan dari *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* yang merupakan salah satu jenis transistor yang memiliki impedansi masukan (*gate*) sangat tinggi sehingga dengan menjadikan MOSFET sebagai saklar, maka dapat digunakan untuk mengendalikan beban dengan arus yang tinggi dan biaya yang lebih murah. Untuk membuat MOSFET sebagai saklar maka hanya menggunakan MOSFET pada kondisi saturasi (*on*) dan kondisi *cut-off* (*off*).

a. Kondisi MOSFET *Cut-Off*

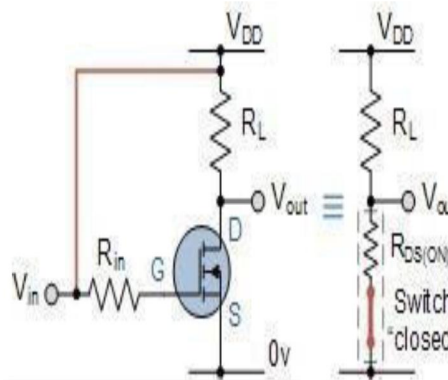


Gambar 37 Mosfet Cut-Off

Pada *Cut-Off* MOSFET Tidak mendapatkan tegangan *input* $V_{in} = 0$ volt sehingga tidak ada arus *drain* I_d yang mengalir kondisi ini akan membuat tegangan $v_{ds} = v_{dd}$. Dengan beberapa kondisi di atas maka pada daerah *cut off* ini MOSFET dikatakan *off (full off)* kondisi *cut off* ini dapat diperoleh dengan menghubungkan jalur *input (gate)* ke *ground*, sehingga tidak ada tegangan *input* yang masuk ke rangkaian saklar MOSFET.

Karakteristik MOSFET pada daerah *Cut-Off input gate* tidak mendapat tegangan *bias* karena terhubung ke *ground* (0V) tegangan *gate* lebih rendah dari tegangan *threshold* ($V_{gs} < V_{th}$) MOSFET *off (Full-Off)* pada daerah *cut-off*. Tidak arus pada drain yang mengalir pada MOSFET tegangan *output* $V_{out} = V_{ds} = V_{dd}$, pada daerah *cut-off* MOSFET dalam kondisi *open circuit*. Dengan beberapa karakteristik diatas maka dapat dikatakan bahwa MOSFET pada daerah *Cut-Off* merupakan saklar terbuka dengan arus *drain* $I_d = 0$ Ampere. Untuk mendapatkan kondisi MOSFET dalam keadaan *open* maka tegangan *gate* V_{gs} harus lebih rendah dari tegangan *threshold* (V_{th}) dengan cara menghubungkan terminal *input (gate)* ke *ground*.

b. Kondisi MOSFET *On*



Gambar 38 Mosfet On

Wilayah saturasi (MOSFET *On*) pada daerah saturasi MOSFET mendapatkan *bias input* (V_{gs}) secara maksimum sehingga arus *drain* pada MOSFET juga akan maksimum dan membuat tegangan $V_{ds} = 0V$. Pada kondisi saturasi ini MOSFET dapat dikatakan dalam kondisi *on* secara penuh (*Full-On*).

Karakteristik MOSFET pada kondisi saturasi tegangan *input gate* (V_{gs}) lebih tinggi dari tegangan *threshold* ($V_{gs} > V_{th}$) MOSFET *on* (*Full-On*) pada daerah saturasi tegangan *drain* dan *sourceideal* (V_{ds}) pada daerah saturasi adalah $0V$ ($V_{ds} = 0V$) resistansi *drain* dan *source* sangat rendah ($R_{ds} < 0,1 \text{ Ohm}$) tegangan *output* $V_{out} = V_{ds} = 0,2V$ ($R_{ds} \cdot I_d$) MOSFET dianalogikan sebagai saklar kondisi tertutup Kondisi saturasi MOSFET dapat diperoleh dengan memberikan tegangan *input gate* yang lebih tinggi dari tegangan *threshold* dengan cara menghubungkan terminal *input* ke V_{dd} , Sehingga MOSFET menjadi saturasi dan dapat dianalogikan sebagai saklar pada kondisi tertutup.

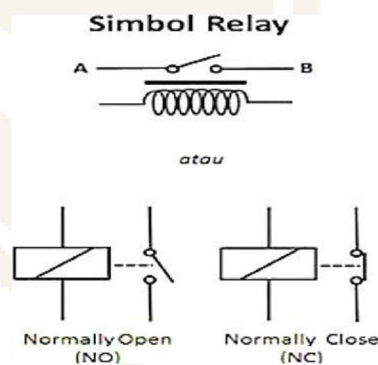
2.18 Relay

Relay pada dasarnya adalah saklar elektromagnetik. Dengan relay arus yang kecil dapat untuk menggerakkan beban dengan tegangan dan arus yang besar. Bagian-bagian utama dari relay diantaranya kumparan, inti besi, dan kotak-kontak.



Gambar 39 Relay

Bila ada arus listrik mengalir pada kumparan, maka inti besi akan menjadi magnet. Magnet ini akan menarik kotak-kontak yaitu *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC). Kontak NO terbuka pada saat relay tidak bekerja atau tidak ada arus di kumparan dan memutus pada saat ada arus di kumparan. Kontak NC adalah sebaliknya, saat relay tidak bekerja kontak terbuka dan pada saat relay bekerja kontak tertutup.



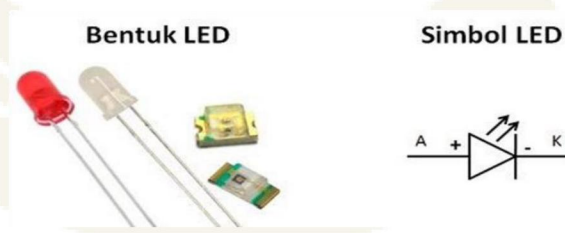
Gambar 40 Simbol Relay

Kotak-kontak NO dan NC dapat dipilih tergantung kebutuhan. Dalam perancangan dengan relay yang perlu diperhatikan adalah kemampuan kotak-kontaknya dalam menghantarkan arus. Bila arus yang dilewatkan pada kotak-kontak terlampau besar dan melebihi batas maksimal kemampuan relay tersebut mendapat arus, maka kotak-kontak pada relay tersebut rusak karena kelebihan arus dan panas.

2.19 Light Emitting Diode (LED)

Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan keluarga Dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. Warna-warna Cahaya yang dipancarkan oleh LED tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang dipergunakannya. LED juga dapat memancarkan sinar inframerah yang tidak tampak oleh mata seperti yang sering kita jumpai pada *Remote Control* TV ataupun *Remote Control* perangkat elektronik lainnya.

Bentuk LED mirip dengan sebuah bohlam (bola lampu) yang kecil dan dapat dipasangkan dengan mudah ke dalam berbagai perangkat elektronika. Berbeda dengan Lampu Pijar, LED tidak memerlukan pembakaran filamen sehingga tidak menimbulkan panas dalam menghasilkan cahaya. Oleh karena itu, saat ini LED yang bentuknya kecil telah banyak digunakan sebagai lampu penerang dalam LCD TV yang mengganti lampu tube. pada umumnya LED berfungsi sebagai indikator bahwa ada arus yang mengalir pada rangkaian tersebut.



Gambar 41 Bentuk dan Simbol LED

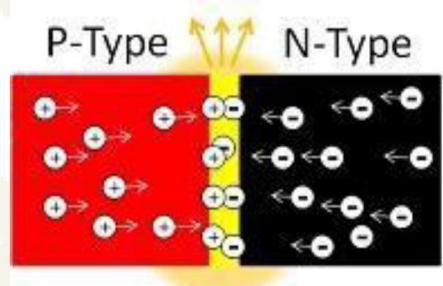
Cara Kerja LED :

Seperti dikatakan sebelumnya, LED merupakan keluarga dari dioda yang terbuat dari Semikonduktor. Cara kerjanya pun hampir sama dengan dioda yang

memiliki dua kutub yaitu kutub positif (P) dan kutub negatif (N). LED hanya akan memancarkan cahaya apabila dialiri tegangan maju (*bias forward*) dari anoda menuju ke katoda.

LED terdiri dari sebuah chip semikonduktor yang di doping sehingga menciptakan *junction* P dan N. Yang dimaksud dengan proses doping dalam semikonduktor adalah proses untuk menambahkan ketidakmurnian (*impurity*) pada semikonduktor yang murni sehingga menghasilkan karakteristik kelistrikan yang diinginkan. Ketika LED dialiri tegangan maju atau *bias forward* yaitu dari anoda (P) menuju ke katoda (K), Kelebihan elektron pada N-Type material akan berpindah ke wilayah yang kelebihan *hole* (lubang) yaitu wilayah yang bermuatan positif (P-Type material). Saat elektron berjumpa dengan *hole* akan melepaskan photon dan memancarkan cahaya monokromatik (satu warna).

LED yang memancarkan cahaya ketika dialiri tegangan maju ini juga dapat digolongkan sebagai transduser yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi cahaya. ^[15]



Gambar 42 Cara Kerja LED

2.20 Liquid Crystal Display (LCD)

Liquid Crystal Display atau yang sering di singkat dengan LCD merupakan modul penampil data yang mepergunakan kristal cair sebagai bahan

untuk penampil data yang berupa tulisan maupun gambar. LCD dengan karakter 16x2 menyatakan 2 baris dan 16 menyatakan kolom. ^[16]



Gambar 43 LCD Display 16x2

Konfigurasi pin pada LCD :

Konfiguarsi pin out LCD diantaranya sebagai berikut:

Tabel 4 Konfigurasi Pin LCD

Pin No	Keterangan	Konfigurasi Hubung
1	GND	<i>Ground</i>
2	VCC	Tegangan + 5 V DC
3	VEE	Pengaturan kontras
4	RS	<i>Register Select</i>
5	RW	<i>Read/write</i>
6	E	Kendali sinyal
7 - 14	D0 – D7	Data bit 0 - 7
15	A	Anoda (+5 V DC)
16	K	Katoda (<i>Ground</i>)

2.21 Inter Integrated Circuit (I2C)

Inter Integrated Circuit atau sering disebut I2C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang di desain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara I2C dengan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan sistem I2C Bus dapat dioperasikan sebagai *master* dan *slave*. *Master* adalah piranti yang memulai transfer data pada I2C Bus dengan membentuk sinyal *start*, mengakhiri transfer data dengan membentuk sinyal *stop*, dan membangkitkan sinyal *clock*. *Slave* adalah piranti yang di almati master.

Sinyal *start* merupakan sinyal untuk memulai semua perintah, didefinisikan sebagai perubahan tegangan SDA dari 1 menjadi 0 pada saat SCL 1. Sinyal *stop* merupakan sinyal untuk mengakhiri semua perintah, didefinisikan sebagai perubahan tegangan SDA dari 0 menjadi 1 pada saat SCL 1.

Sinyal dasar yang lain dalam I2C Bus adalah sinyal *acknowledge* yang disimbolkan dengan ACK Setelah transfer data oleh *master* berhasil diterima *slave*, *slave* akan menjawabnya dengan mengirim sinyal *acknowledge*, yaitu dengan membuat SDA menjadi 0 selama siklus *clock* ke 9. Ini menunjukkan bahwa *slave* telah menerima 8 bit data dari master. ^[17]



Gambar 44 I2C

2.22 Presentase Kesalahan

Setiap rangkaian yang dibuat dan dioperasikan pasti akan menghasilkan suatu hasil kerja *output* yang diinginkan, untuk dapat mengetahuinya dilakukan pengujian pada alat tersebut. Pengujian alat ini dilakukan dengan tujuan untuk dapat mengetahui apakah alat yang dirancang dapat bekerja dengan baik atau tidak, kemudian dapat dianalisa dari hasil pengukuran sehingga diketahui kelebihan dan kelemahan alat ini. Analisa pendataan dilakukan agar dapat melakukan perbandingan antara teori dan praktek. Data yang didapatkan secara teori dan diperhitungkan secara matematis menggunakan rumus-rumus yang relevan dan juga dari komponen yang dianalisa, Sedangkan untuk prakteknya berupa data yang diperoleh dengan pengukuran pada *test point*. Analisa data ini diperlukan untuk membandingkan antara hasil perhitungan secara teori dengan hasil pengukuran secara praktek sehingga dapat diketahui. Presentasi Kesalahan (PK) dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$PK = \left| \frac{HT - HU}{HT} \right| \times 100 \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan :

PK : Presentasi kesalahan dari hasil pengukuran

HT : Hasil teori *output* rangkaian

HU : Hasil ukur *output* rangkaian

Dan rata-rata presentasi kesalahan dapat dicari menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned}\text{Rata - rata PK} &= \left| \frac{(PK_1 + PK_2 + \dots + PK_n)}{n \text{ Total}} \right| \times 100 \\ &= \left| \frac{(\sum PK_i)}{n \text{ Total}} \right| \times 100 \dots \dots \dots (2.11)\end{aligned}$$

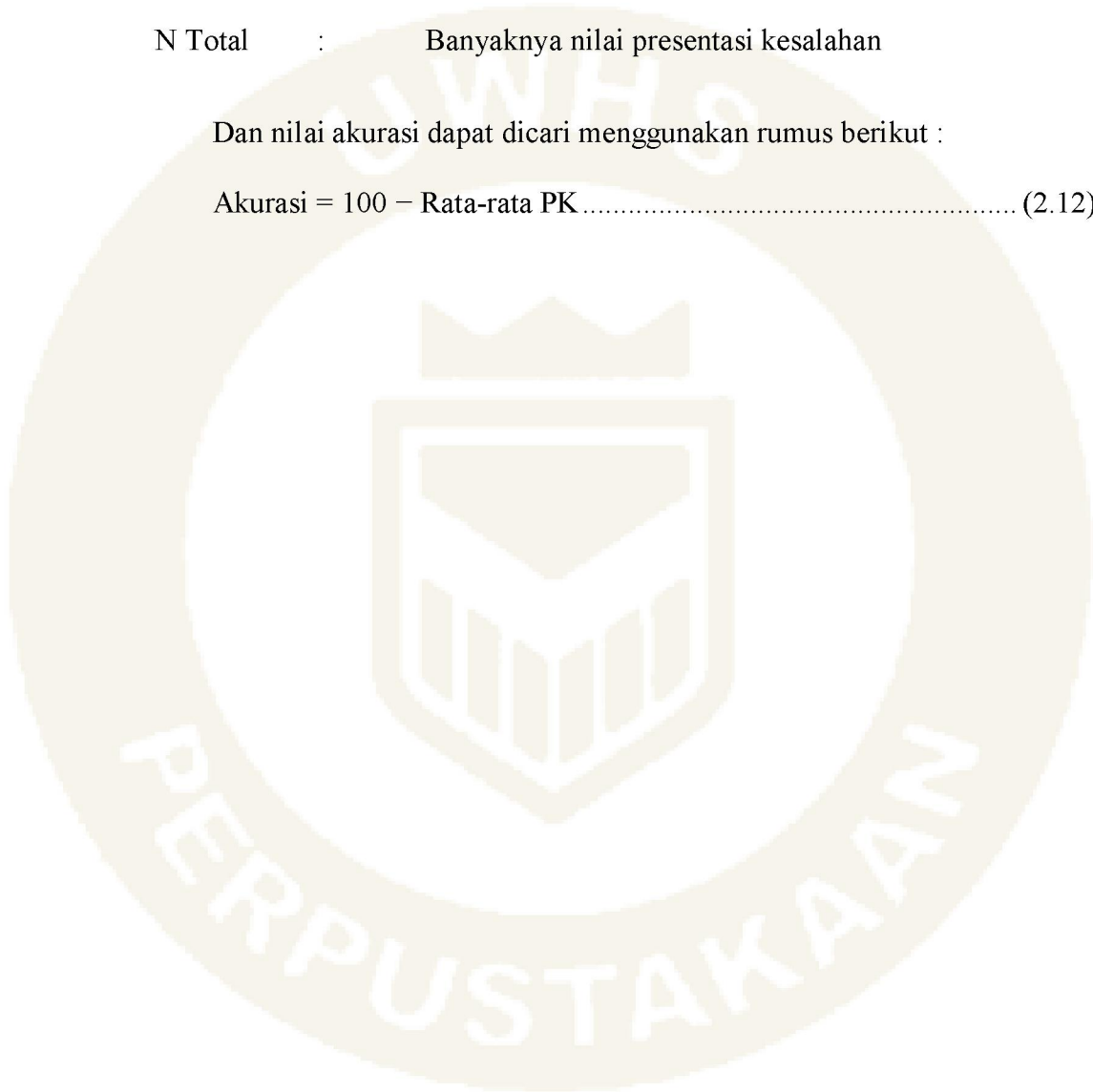
Keterangan :

$\sum PK_i$: Jumlah seluruh nilai presentasi kesalahan

N Total : Banyaknya nilai presentasi kesalahan

Dan nilai akurasi dapat dicari menggunakan rumus berikut :

$$\text{Akurasi} = 100 - \text{Rata-rata PK} \dots \dots \dots (2.12)$$



BAB III

PERENCANAAN

3.1 Tahap perencanaan

Sebelum pembuatan alat serta karya tulis, penulis terlebih dahulu membuat perencanaan alat yang akan dibuat. Hal ini bertujuan untuk memudahkan pembuatan alat serta karya tulis dan agar hasil yang dicapai sesuai dengan yang direncanakan.

Tahapan – tahapan perencanaan dalam pembuatan modul adalah sebagai berikut:

- a. Merancang desain yang sesuai untuk kerangka dan casing alat.
- b. Merancang blok diagram dan wiring diagram dari modul yang akan dibuat berdasarkan cara kerja yang diharapkan.
- c. Menentukan komponen – komponen yang diperlukan dalam pembuatan modul agar modul dapat bekerja dengan baik sesuai dengan harapan.
- d. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan modul.
- e. Merancang *flowchart* program dari alat yang dibuat.
- f. Merencanakan instalasi perkabelan yang tepat dalam papan rangkaian.
- g. Menentukan sumber tegangan masukan yang tepat untuk masing-masing modul.
- h. Menentukan titik-titik pengukuran (*test point*) untuk pendataan dan analisa data.

- i. Melakukan pengujian dan pendataan pada modul yang telah dibuat.
- j. Menyusun hasil dalam bentuk karya tulis ilmiah berdasarkan pada teori-teori yang relevan serta hasil pendataan modul.

3.2 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat merupakan sebuah rincian dan bandingan dari sebuah alat yang berkaitan dengan kemampuan khusus yang terdapat pada alat tersebut.

Berikut adalah spesifikasi dari *Electrosurgery Unit* Berbasis Mikrokontroler :

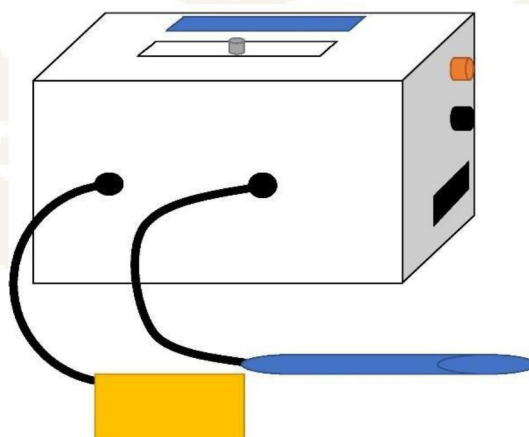
Nama alat : *Electrosurgery Unit* Berbasis Mikrokontroler

Catu daya : 220V AC

Fitur Alat : Dapat memotong dan membakar jaringan dengan frekuensi 500KHz

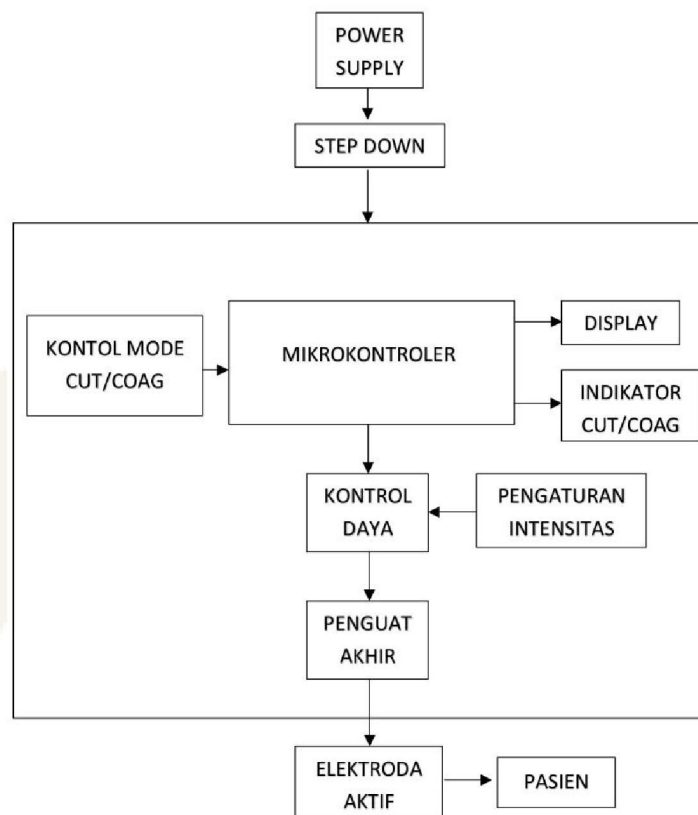
Dimensi alat : Tinggi : 11cm
: Panjang : 19cm
: Lebar : 19cm

3.3 Desain Alat



Gambar 45 Desain Alat

3.4 Blok Diagram



Gambar 46 Blok Diagram ESU

Cara Kerja Blok Diagram

Power supply mendapatkan tegangan dari jala – jala PLN, kemudian *output* dari *power supply* masuk ke rangkaian *step down* dan akan di distribusikan tegangannya ke seluruh rangkaian. Kontrol mode berfungsi untuk memilih mode *cutting* atau *coagulation* kemudian perintah tersebut akan masuk ke mikrokontroler dan mode tersebut akan di tampilkan ke dalam display. Selanjutnya ketika *cutting* atau *coagulation* dalam proses bekerja maka LED akan menyala sebagai rangkaian indikator cut/coag. Frekuensi dan *duty cycle* pada mode *cutting* dan *coagulation* diatur melalui mikrokontroler.

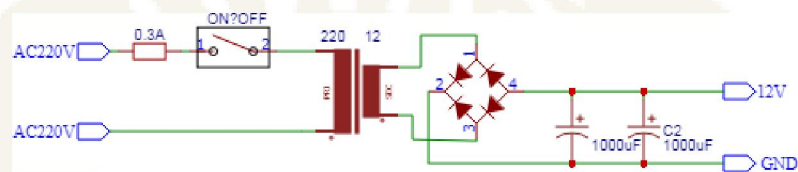
Rangkaian kontrol daya yang telah diberikan intensitas akan masuk kerangkaian penguat akhir. Kemudian tegangan *output* dari penguat akhir akan

masuk ke elektroda aktif dan pasif dan alat dapat digunakan untuk proses pembedahan.

3.5 Wiring Diagram

Berikut ini perencanaan wiring diagram dan komponen yang digunakan dalam pembuatan modul.

3.5.1 Rangkaian Power Supply



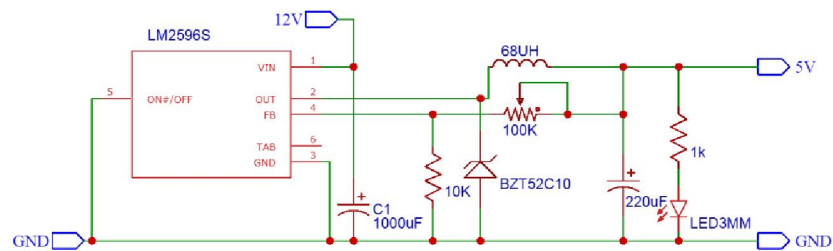
Gambar 47 Wiring Power Supply

Pada rangkaian ini terdapat rangkaian *power supply* yang berfungsi sebagai sumber tegangan DC untuk alat yang penulis buat. Tegangan dari 220V AC akan melewati *fuse* sebagai pengaman rangkaian ketika ada arus berlebih, kemudian tegangan AC diturunkan oleh trafo *step down* kemudian disearahkan oleh *diode bridge* dan *output* dari *diode bridge* akan masuk ke kapasitor yang bekerja untuk mengurangi *ripple* tegangan menjadi nilai *output* 12V DC.

Tabel 5 Komponen Catu Daya

No	Nama Komponen	Type/Nilai	Jumlah
1	Saklar	On/Off	1
2	<i>Fuse</i>	500mA	1
3	Transformator	1A	1
4	<i>Diode Bridge</i>	1N4007	1
5	Kapasitor	1000µF	2

3.5.2 Rangkaian Modul Step Down



Gambar 48 Wiring Modul Step Down

Rangkaian modul *step down* berfungsi untuk menurunkan *output* tegangan DC to DC dari *power supply*. Pada rangkaian ini modul *step down* menggunakan IC LM2596 untuk menurunkan tegangan *output* dari *input power supply* 12V DC menjadi 5V DC untuk *input* ke rangkaian yang membutuhkannya. Tegangan dari *power supply* menuju tegangan *input* modul *step down* menggunakan kapasitor untuk menyaring *ripple* tegangan. Potensiometer (*port time*) digunakan untuk mengatur besar tegangan *output* sebelum di distribusikan ke rangkaian yang lain, kemudian tegangan masuk ke kapasitor untuk mengurangi kembali *ripple* tetap pada 5V DC. Lilitan induktor berfungsi untuk menyimpan energi dalam bentuk arus dan dioda freewheeling digunakan untuk mengalirkan arus yang dihasilkan induktor. *Output* tegangan tersebut akan menyalakan LED sebagai indikator modul *step down* ketika sedang bekerja yang sebelumnya melewati resistor untuk menghambat besaran arus agar LED dapat menyala.

$$V_{out} = V_{ref} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$R_2 = R_1 \left(\frac{V_{out}}{V_{ref}} - 1 \right)$$

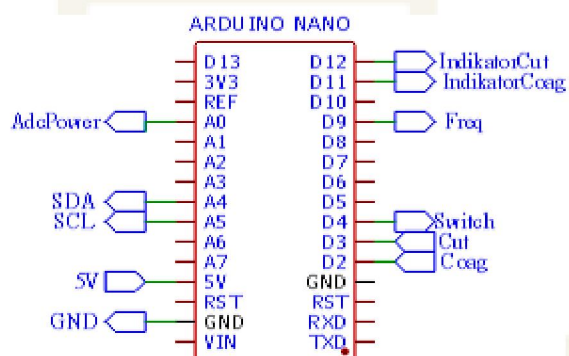
$$R_2 = 10K \left(\frac{5}{1,23} - 1 \right)$$

$$R_2 = 30.650,41\Omega$$

Tabel 6 Komponen Modul *Step Down*

No	Nama Komponen	Type/Nilai	Jumlah
1	Kapasitor	1000 μ F	1
		220 μ F	1
2	Induktor	68 μ H	1
3	Resistor	1K Ω	1
		10K Ω	1
4	Variable Resistor	100K Ω	1
5	Dioda Freewheeling	BZT52C10	1
6	Dioda LED	3MM	1

3.5.3 Rangkaian Mikrokontroler

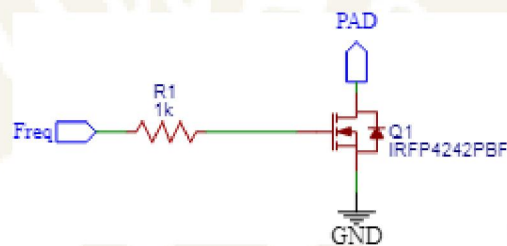


Gambar 49 Wiring Mikrokontroler

Rangkaian mikrokontroler seperti pada gambar diatas menggunakan Atmega328 sebagai IC Mikrokontroler. Untuk mengaktifkan rangkaian mikrokontroler tersebut perlu diberikan tegangan masukan sebesar 5V DC dan pemberian *ground*. Rangkaian mikrokontroler digunakan untuk mengontrol alat dan untuk memproses PWM yang menentukan *cutting* atau *coagulation*. Pin D9 pada mikrokontroler digunakan untuk memberikan pembangkit frekuensi, sedangkan pin D4 digunakan untuk mengontrol relay pada pengaturan intensitas.

Pin D2 dan D3 digunakan untuk tombol pemilihan mode *cutting* atau *coagulation*. Pin A0 digunakan untuk mengatur intensitas alat dan ditampilkan pada display. Pin D11 dan D12 digunakan untuk indikator ketika *cutting* atau *coagulation* sedang bekerja. Pin A4 dan A5 digunakan untuk modul I2C sebagai serial rangkaian *Liquid Crystal Display*.

3.5.4 Rangkaian Penguat Akhir



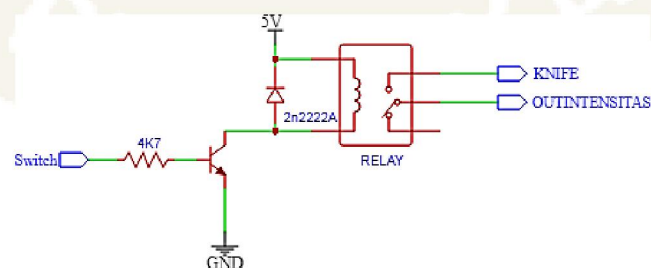
Gambar 50 Wiring Penguat Akhir

Berfungsi sebagai penguat sinyal frekuensi yang telah diatur dari mikrokontroler, kemudian dikuatkan oleh MOSFET.

Tabel 7 Komponen Rangkaian Penguat Akhir

No	Nama Komponen	Type/Nilai	Jumlah
1	Resistor	1K Ω	1
2	Mosfet	IRFP4242	1

3.5.5 Rangkaian Kontrol Daya



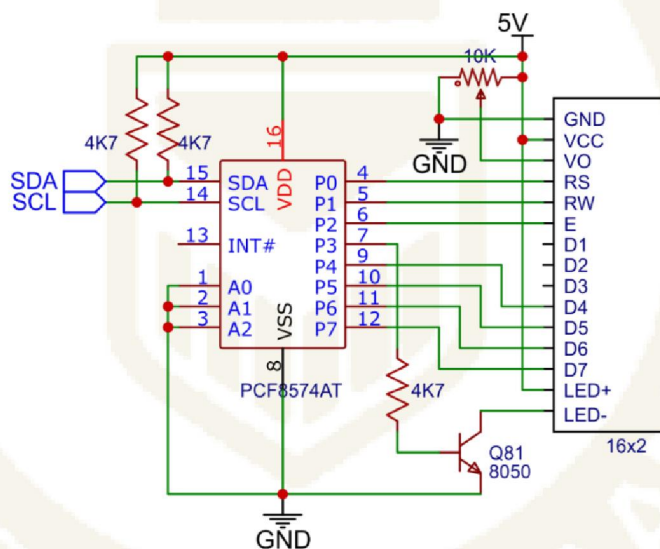
Gambar 51 Wiring Kontrol Daya

Rangkaian kontrol daya adalah rangkaian yang berfungsi sebagai pengontrol tegangan tinggi terdapat transistor NPN tipe 2n2222A, dioda dan resistor yang digunakan untuk driver tegangan tinggi.

Tabel 8 Komponen Rangkaian Kontrol

No	Nama Komponen	Type/Nilai	Jumlah
1	Resistor	4k7	1
2	Transistor NPN	2n2222A	1
3	Dioda	1n4007w	1
4	Relay		1

3.5.6 Rangkaian Display



Gambar 52 Wiring Display

Pada rangkain Display ini terdapat modul I2C yang berguna untuk meringkas jumlah kabel yang akan di hubungkan ke LCD. Keluaran dari modul I2C hanya ada 4 yaitu VCC, SDA, SCL, dan *Ground*. *Input* dari modul I2C ini mendapat tegangan sebesar 5V DC untuk bekerja. SDA di sambungkan ke port SDA atau pin A4 pada mikrokontroler dan SCL di sambungkan pada port SCL atau pin A5 pada mikrokontroler.

Rangkaian Pengatur Intensitas berfungsi untuk menghasilkan tegangan tinggi. Tegangan dapat diatur oleh rangkaian dimmer, maksimal tegangan yang didapat sebesar 222,1V DC yang akan digunakan oleh alat dan akan masuk kerangkaian kontrol daya.

Tabel 10 Komponen Rangkaian Pengatur Intensitas

No	Nama Komponen	Type/Nilai	Jumlah
1	Transfomator	220V	1
2	TRIAC	BT138	1
3	DIAC	BR100	1
4	Kapasitor	1000 μ F	4
		100 μ F	2
5	<i>Variable Resistor</i>	500K	1
6	Resistor	1K	2
7	<i>Diode Bridge</i>	3A	1

3.6 Persiapan Alat dan Bahan

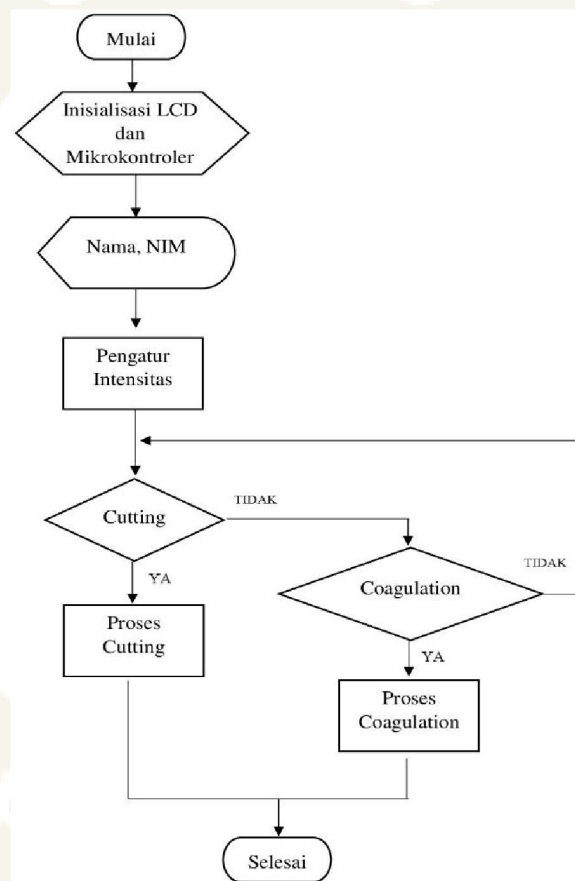
Sebelum mulai pada pembuatan alat, penulis mempersiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan. Adapun peralatan yang diperlukan adalah :

- a. *Project Board*
- b. *Tool set*
- c. Alat ukur, seperti multimeter
- d. PCB
- e. Solder dan timah.
- f. Lem tembak
- g. Kabel *jumper*

h. Box

3.7 Flowchart

Flowchart atau bagan alur adalah diagram yang menampilkan langkah-langkah dan keputusan untuk melakukan sebuah proses dari suatu program. Untuk memudahkan dalam membuat program, penulis terlebih dahulu mengurutkan proses yang akan dijalankan dalam gambaran sebuah *flowchart*. Berikut adalah *flowchart* dari alat ini :



Gambar 55 Flowchart

3.8 Pembuatan Modul

- Mempersiapkan gambar skematik nya
- Menentukan komponen elektronik yang diperlukan sesuai dengan rangkaian

- c. Menentukan bagian-bagian yang akan dipasang pada bagian luar casing seperti saklar *on off* dan tempat titik pengukuran
- d. Memastikan tiap titik memiliki hubungan tersendiri untuk dilakukan penyolderan komponen
- e. Memastikan tidak ada jalur antar penghantar yang saling bersinggungan
- f. Penggunaan *jumper* diusahakan seminimal mungkin

3.9 Standar Operasional Alat

Standar operasional pengoperasian dalam menggunakan alat *electrosugery unit* dengan pergerakan mode *coagulation* atau *cutting*:

- a. Pasang kabel power pada sumber tegangan
- b. Pasang elektroda *netral plate* dan pisau pada posisi sadapan yang telah ditentukan.
- c. Tekan tombol *on/off* ke posisi *on* untuk menghidupkan alat.
- d. Tunggu sampai proses inialisasi selesai.
- e. Putar potensiometer untuk mengatur tegangan.
- f. Tekan tombol untuk melakukan pemilihan mode *cutting* atau *coagulation*.
- g. Matikan alat jika telah selesai digunakan dengan menekan tombol *off* dan lepaskan prob elektroda aktif dan *netral plate* kemudian rapihkan.

3.10 Perencanaan titik pengukuran atau test point (TP)

Perencanaan titik pengukuran digunakan merencanakan pengukuran pada *output* dari setiap bloknya. Titik-titik pengukurannya adalah sebagai berikut:

- 1. Titik pengukuran 1 (TP1)
Titik pengukuran 1, yaitu terletak pada *output* pada pengaturan intensitas.
- 2. Titik pengukuran 2 (TP2)

BAB IV

PENGUKURAN DAN PENDATAAN

4.1 Pengertian

Pengukuran adalah kegiatan membandingkan suatu besaran yang diukur dengan alat ukur yang digunakan sebagai satuan. Titik pengukuran ditentukan berdasarkan kebutuhan untuk membandingkan antara perkiraan nilai menurut teori dan hasil pengukuran langsung pada titik-titik pengukuran.

Pendataan adalah suatu pencatatan hasil dari pengukuran pada titik-titik pengukuran yang ditentukan berdasarkan kebutuhan dari pembuatan alat. Hasil disajikan dalam bentuk tabel untuk mempermudah menganalisa data.

4.2 Persiapan Pengukuran

Dalam proses pengukuran, alat ukur yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. Multimeter Digital
 merek : SANWA
 Model : CD770
 Buatan : JEPANG
- b. Osiloskop
 merek : HANTEK
 Model : 6002BE

4.3 Metode Pengukuran


Metode pengukuran yang digunakan yaitu dengan menggunakan multimeter digital dan osiloskop pada beberapa titik pengukuran yang telah ditentukan. Untuk mengetahui letak titik pengukuran dapat dilihat pada wiring diagram *test point* pengukuran.

4.4 Hasil Pengukuran

Dari pengukuran yang dilaksanakan pada titik pengukuran diperoleh hasil sebagai berikut :


4.4.1 Hasil Pengukuran Trafo Intensitas

Dari pengukuran yang dilaksanakan pada titik pengukuran 1 (TP1) diperoleh hasil sebagai berikut:

No	Gambar	Hasil	Keterangan
TP1		222.1V DC	Tegangan <i>output</i> trafo 220V DC



4.4.2 Hasil Pengukuran Step Down

Dari pengukuran yang dilaksanakan pada titik pengukuran 2 (TP2) diperoleh hasil sebagai berikut:

No	Gambar	Hasil	Keterangan
TP2		5.00V DC	Tegangan <i>output step</i> <i>down</i> 5V DC

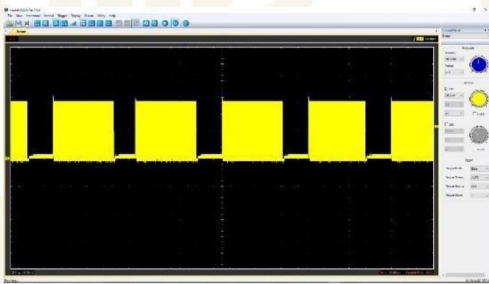
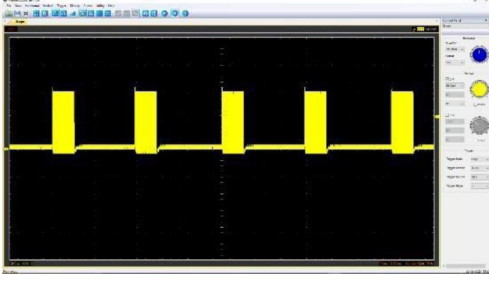
4.4.3 Hasil Pengukuran Relay Pada Saat On dan Off

Dari pengukuran yang dilaksanakan pada titik pengukuran 3 (TP3) diperoleh hasil sebagai berikut:

	Kondisi	Gambar	Hasil	Keterangan
TP3	OFF		1.6mV DC	Tegangan Relay pada saat kondisi mati
	ON		4,84V DC	Tegangan Relay pada saat kondisi hidup

4.4.4 Hasil Pengukuran Frekuensi Ketika Cutting dan Coagulation

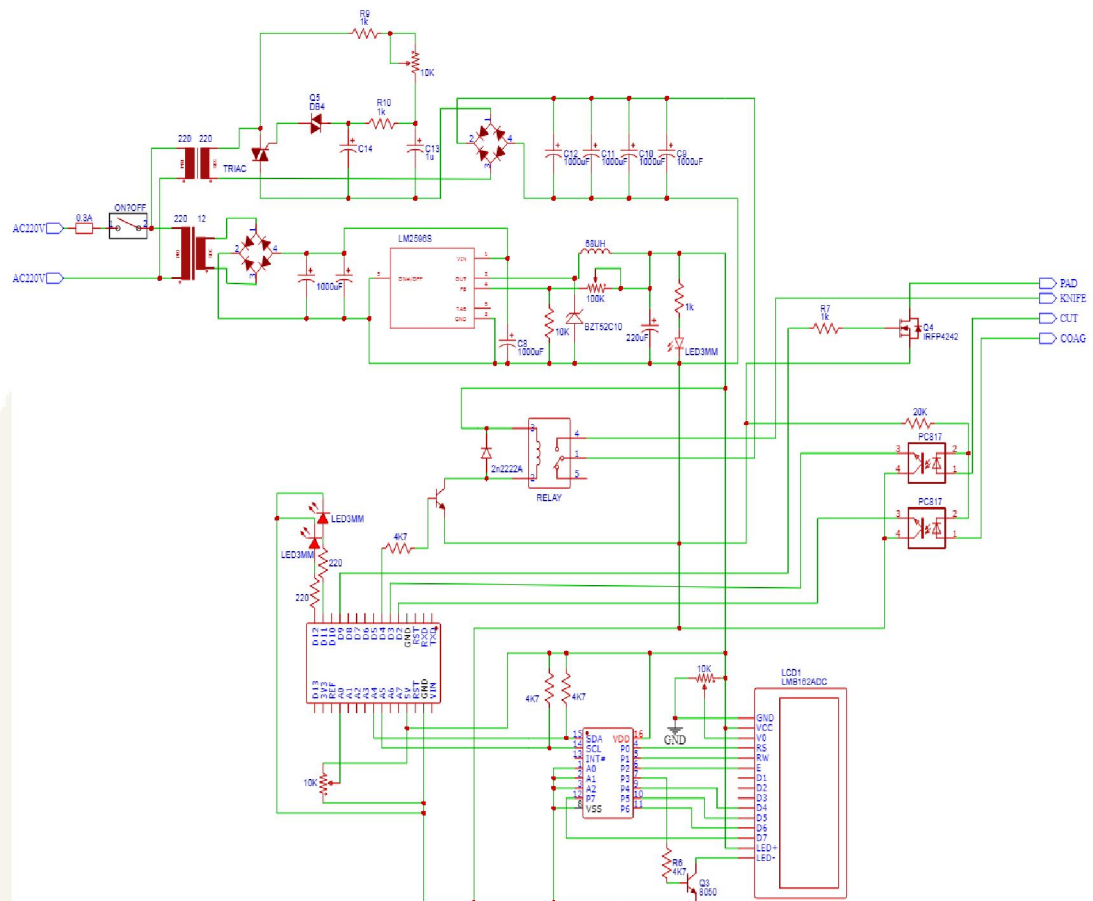
Dari pengukuran yang dilaksanakan pada titik pengukuran 4 (TP4) diperoleh hasil sebagai berikut:

	Kondisi	Gambar	Keterangan
TP4	<i>Cutting</i>		<i>Duty cycle cutting 65% on 35% off</i>
	<i>Coagulation</i>		<i>Duty cycle coagulation 20% on 80% off</i>

BAB V

ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1 Wiring Diagram Keseluruhan Alat



Gambar 57 Wiring Keseluruhan

5.2 Cara Kerja Wiring Diagram Keseluruhan Alat

Pada saat saklar (ON), tegangan 220V AC dari jala-jala PLN akan masuk menuju trafo *stepdown* dan trafo pengatur intensitas. Trafo *stepdown* berfungsi untuk menurunkan tegangan menjadi 12V AC, kemudian tegangan tersebut akan disearahkan oleh *diode bridge* menjadi tegangan DC dan akan masuk ke kapasitor yang berfungsi untuk mengfilter tegangan. Selanjutnya tegangan akan

masuk ke rangkaian *stepdown* yang terdiri dari LM2596S, induktor, potensiometer, dioda zener, dan lainnya untuk menurunkan tegangan menjadi 5V DC. Tegangan keluaran dari rangkaian *stepdown* didistribusikan ke seluruh rangkaian yang membutuhkan seperti mikrokontroler dan LCD. *Output* trafo pengatur intensitas akan masuk ke rangkaian dimmer yang berfungsi agar tegangan keluaran dari trafo dapat diatur kemudian masuk ke rangkaian penyearah, pengatur intensitas berfungsi memberikan tegangan tinggi untuk alat, *output* tersebut akan masuk ke rangkaian relay yang berfungsi sebagai pengontrol.

Input untuk mengatur *output* alat berasal dari rangkaian mikrokontroler, rangkaian indikator terdapat LED yang berfungsi sebagai indikator alat dapat bekerja dan optocoupler PC817 yang berfungsi sebagai pengatur atau pemilihan mode *cutting* dan *coagulation*. Melalui mikrokontroler mode diatur dan akan ditampilkan pada layar display LCD karakter. Selanjutnya untuk pengaturan pulsa atau duty cycle diatur langsung melalui mikrokontroler. Untuk mode *cutting* duty cycle nya yaitu 65% on 35% off, sedangkan mode *coagulation* duty cycle nya yaitu 20% on 80% off.

Karena pada saat pembedahan menggunakan frekuensi tinggi, maka pembangkit frekuensi tinggi tersebut diatur oleh mikrokontroler sebesar 500K Hz. *Output* frekuensi dari mikrokontroler akan masuk ke MOSFET irfp4242 yang berfungsi sebagai penguat sinyal dan masuk ke *output* alat.

5.3 Analisa Data Hasil Pengukuran

Analisis data hasil pengukuran ini bertujuan untuk :

1. Membandingkan antara hasil menurut teori dan hasil ukur pada tiap-tiap titik pengukuran.
2. Mengetahui besarnya presentase kesalahan (PK) pada tiap titik pengukuran.
3. Mengetahui kemungkinan penyebab perbedaan antara hasil teori dan hasil ukur.

Presentase kesalahan (PK) dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Teori} - \text{Hasil Ukur})}{\text{Hasil Teori}} \right| \times 100 \dots\dots\dots(5.1)$$

Rata-rata presentase kesalahan (PK) dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Rata - rata PK} = \frac{TP1+TP2+TP3+\dots+TPn}{\Sigma TP} \dots\dots\dots(5.2)$$

Nilai keakurasian alat dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{Rata-rata PK} \dots\dots\dots(5.3)$$

Analisa data untuk masing-masing titik pengukuran adalah sebagai berikut:

5.3.1 Analisis Titik Pengukuran 1

Titik Pengukuran (TP1) adalah untuk mengetahui tegangan trafo intensitas

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Teori} - \text{Hasil Ukur})}{\text{Hasil Teori}} \right| \times 100$$

$$PK = \left| \frac{220 - 222,1}{220} \right| \times 100$$

$$PK = 0,96\%$$

5.3.2 Analisis Titik Pengukuran 2

Titik Pengukuran (TP2) adalah untuk mengetahui tegangan *power supply* setelah diturunkan di rangkaian *step down* 5V DC

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Teori} - \text{Hasil Ukur})}{\text{Hasil Teori}} \right| \times 100$$

$$PK = \left| \frac{5V - 5,00V}{5V} \right| \times 100$$

$$PK = 0 \%$$

5.3.3 Analisis Titik Pengukuran 3

Titik Pengukuran (TP3) adalah untuk mengetahui tegangan relay ketika kondisi *low* dan *high*

a) Relay kondisi *low*

Pada saat kondisi *low*, hasil teori tegangan relay adalah 0V, berdasarkan hasil pengukuran tegangan yang didapat adalah 0.0016V.

Sehingga presentase kesalahan dapat dihitung sebagai berikut ini :

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Teori} - \text{Hasil Ukur})}{\text{Hasil Teori}} \right| \times 100$$

$$PK = \left| \frac{0V - 0V}{0V} \right| \times 100$$

$$PK = 0 \%$$

b) Relay kondisi *high*

Pada saat kondisi *high*, hasil teori tegangan relay adalah 5V, berdasarkan hasil pengukuran tegangan yang didapat adalah 4,84V.

Sehingga presentase kesalahan dapat dihitung sebagai berikut ini :

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Teori} - \text{Hasil Ukur})}{\text{Hasil Teori}} \right| \times 100$$

$$PK = \left| \frac{5V - 4,84V}{5V} \right| \times 100$$

$$PK = 3,2\%$$

5.3.4 Analisis Titik Pengukuran 4

Titik Pengukuran (TP4) adalah untuk mengetahui frekuensi 500K Hz

$$PK = \left| \frac{(\text{Hasil Teori} - \text{Hasil Ukur})}{\text{Hasil Teori}} \right| \times 100$$

$$PK = \left| \frac{500 - 500}{500} \right| \times 100$$

$$PK = 0 \%$$

5.3.5 Rata – Rata Persentase Kesalahan

Dari analisa data yang di ambil, dapat disimpulkan bahwa *electrosurgery* unit berbasis mikrokontroler memiliki presentase kesalahan sebesar

$$\begin{aligned} \text{Rata – rata PK (\%)} &= \frac{TP1 + TP2 + TP3 + \dots + TPn}{\Sigma TP} \\ &= \frac{0,96 + 0 + 0 + 3,2 + 0}{5} \\ &= 0,83 \% \end{aligned}$$

Sedangkan untuk keakurasian alat, dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Akurasi (\%)} &= 100 - \text{Rata-rata PK} \\ &= 100 - 0,83 \\ &= 99,17\% \end{aligned}$$

5.4 Uji Fungsi Alat

Pengujian fungsi alat ESU dilakukan dengan menggunakan daging ayam sebagai bahan. Alat ini dapat melakukan *cutting* atau *coagulation* suatu jaringan dengan adanya arus dan frekuensi tinggi. Frekuensi pada alat ini dihasilkan dari rangkaian *mikrokontroler*.

BAB VI

PENUTUP

Setelah melakukan perancangan dan pembuatan alat, melakukan pengukuran dan pendataan, serta melakukan perbandingan antara hasil pengukuran dengan hasil perhitungan teori, maka dapat diambil beberapa kesimpulan serta saran untuk pengembangan penelitian ini, antara lain:

6.1 Kesimpulan

- a. Alat ESU berbasis mikrokontroler yang penulis buat dengan menggunakan komponen elektronika sederhana dapat berkerja dengan baik.
- b. Alat ESU berbasis mikrokontroler bekerja dengan keakurasian 99,17% .

6.2 Saran

- a. Menaikkan daya agar dapat menghasilkan *cutting* dan *coagulation* yang lebih bagus.
- b. Dapat ditambahkan mode pencampuran antara *cutting* dan *coagulation*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Harismi, "Mengenal Struktur Kulit Manusia dan Masing-masing Fungsinya yang Penting," dr. Karlina Lestari, 12 maret 2020. [Online]. Available: <https://www.sehatq.com/artikel/struktur-kulit-manusia-dan-penyakit-yang-menyertainya>. [Accessed 25 februari 2022].
- [2] A. S. Nugraha, High Frequency Desiccator, Seminar Tugas Akhir Poltekkes Surabaya, 2018.
- [3] J. Sunardi, Rancang Bangun Pisau Bedah Listrik Dengan Frekuensi 450KHz, Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir VII, 2011.
- [4] T. Firmansyah, Rancang Bangun Low Power Electric Surgery (Pisau Bedah Listrik) Pada Frekuensi 10KHz, Jurnal Nasional Teknik Elektro, 2016.
- [5] D. Kho, "Pengertian Saklar Listrik dan Cara Kerja," Komponen Elektronika, [Online]. Available: teknikelektronika.com. [Accessed 17 july 2022].
- [6] D. Kho, "Pengertian dan Fungsi Fuse (Sekering) Serta Cara Mengukurnya," [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/mengukur-pengertian-fungsi-fuse-sekering/>. [Accessed 30 April 2022].
- [7] A. Setiawan, R. A. Purnama and Suryanto, Elektronika Dasar Untuk Pemula, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2020.
- [8] D. Kho, "Pengertian Diode Bridge (Dioda Jembatan) dan Prinsip Kerja," [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-dioda-bridge-dioda-jembatan-prinsip-kerja-bridge-diode/>. [Accessed 17 Agustus 2022].
- [9] K. Dickson, "Pengertian TRIAC dan Aplikasinya," [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-triac-dan-aplikasi-triac-thyristor/>. [Accessed 2 Februari 2023].
- [10] d. Kho, "Pengertian DIAC dan Cara Kerja," [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-diac-dan-cara-kerjanya/>. [Accessed 02 Februari 2023].
- [11] "Pengertian Kapasitor, Fungsi dan jenisnya," [Online]. Available: <https://wikielektronika.com/pengertian-dan-fungsi-kapasitor/>. [Accessed 6 Agustus 2022].
- [12] E. rangkaian, "Fungsi LM2596 Serta Contohnya Sebagai IC Variable Power Supply," [Online]. Available: <https://rangkaianelektronika.info/fungsi-lm2596-serta-contohnya-sebagai-ic-variable-power-supply/>. [Accessed 3 november 2022].

- [13] nyebarilmu, "Cara Mengakses optocoupler PC817 dengan Arduino," 12 agustus 2017. [Online]. Available: <https://www.nyebarilmu.com/cara-mengakses-optocoupler-pc817-dengan-arduino/#:~:text=Pada%20gambar%20skema%20diatas%2C%20optocoupler,t erpisah%20sedangkan%20pada%20transistor%20menyatu..> [Accessed 23 januari 2023].
- [14] S. M. d. D. D. I. S. M. Irma Yulia Basri, "KOMPONEN ELEKTRONIKA," Agustus 2018, SUKABINA Press.
- [15] D. Kho, "Pengertian LED (Light Emiting Diode) dan Cara Kerjanya," [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-led-light-emitting-diode-cara-kerja/>. [Accessed 4 Oktober 2022].
- [16] A. Faudin, "Cara Mengakses Modul Display LCD 16x2," 16 September 2017. [Online]. Available: <https://www.nyebarilmu.com/cara-mengakses-modul-display-lcd-16x2/>. [Accessed 21 Mei 2022].
- [17] S. R. Ramadhan, "SISTEM MONITORING DEMINERALIZE WATER SEBAGAI AIR UMPAN BOILER MENGGUNAKAN SMS (SHORT MESSAGE SERVICE) DI PT.PETRO JORDAN ABADI," 2017.

LAMPIRAN

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <TimerOne.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
#define freqPin 9
#define powerPin A0
#define switPin 4
#define cutPin 3
#define coagPin 2
#define ledcoag 12
#define ledcut 11
int menu, setpower, setfreq, hitungpisau, nilaiadc;
unsigned long millisdulu, millishitung;
void setup()
{
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  pinMode(ledcoag, OUTPUT);
  pinMode(ledcut, OUTPUT);
  pinMode(switPin, OUTPUT);
  pinMode(freqPin, OUTPUT);
  pinMode(cutPin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(coagPin, INPUT_PULLUP);
  menu = 0;
  Timer1.initialize(2);
  Timer1.pwm(freqPin, 0);
  //Timer1.pwm(freqPin, 0);
  digitalWrite(switPin, HIGH);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Farahdiba Amy F.");
  lcd.setCursor(0, 1);
```



```
lcd.print(" 1904046 UWHS ");
delay(1500);
lcd.clear();
}
void loop()
{
    nilaiadc = analogRead(A0);
    setpower = map(nilaiadc, 0, 1021, 0, 100);
    if (setpower >= 100)
    {
        setpower = 100;
    }
    millis();
    switch (menu)
    {
        case 0://Tampilan

            lcd.setCursor(0, 0);
            lcd.print("Power:");
            lcd.print(setpower);
            lcd.print("% ");
            lcd.setCursor(0, 1);
            lcd.print("Mode :      ");
            if (digitalRead(cutPin) == LOW && digitalRead(coagPin) == HIGH)
            {
                digitalWrite(switPin, HIGH);
                delay(250);
                menu = 1;
                hitungpisau = 0;
                Timer1.initialize(2);
                Timer1.setPwmDuty(freqPin, 512);
                millishitung = millis();
```

```

}
if (digitalRead(cutPin) == HIGH && digitalRead(coagPin) == LOW)
{
    delay(250);
    menu = 2;
    hitungpisau = 0;
    Timer1.initialize(2);
    Timer1.setPwmDuty(freqPin, 512);
    millishitung = millis();
}
break;
case 1://mode cutting
digitalWrite(ledcut, HIGH);
if (millis() - millisdulu > 8 && millis() - millisdulu < 10)
{
    digitalWrite(freqPin, LOW);
    //Timer1.setPwmDuty(freqPin, 0);
}
if (millis() - millisdulu >= 10)
{
    digitalWrite(freqPin, HIGH);
    //    Timer1.initialize(2);
    //    Timer1.setPwmDuty(freqPin, 512);
    millisdulu = millis();
}
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Power:");
lcd.print(setpower);
lcd.print("% ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Mode:Cutting  ");
if (digitalRead(cutPin) == HIGH && digitalRead(coagPin) == HIGH)

```

```
{
  if (millis() - millishitung >= 100)
  {
    hitungpisau++;
    millishitung = millis();
  }
  if (hitungpisau >= 5)
  {
    hitungpisau = 0;
    delay(250);
    menu = 0;
    digitalWrite(freqPin, LOW);
    digitalWrite(ledcut, LOW);
    digitalWrite(ledcoag, LOW);
    //Timer1.pwm(freqPin, 0);
  }
}
else
{
  hitungpisau = 0;
}
break;
case 2://mode coagulation
  digitalWrite(ledcoag, HIGH);
  if (millis() - millisdulu > 3 && millis() - millisdulu < 5)
  {
    digitalWrite(freqPin, LOW);
    //Timer1.setPwmDuty(freqPin, 0);
  }
  if (millis() - millisdulu >= 5)
  {
    digitalWrite(freqPin, HIGH);
```

```
//Timer1.initialize(2);
//Timer1.setPwmDuty(freqPin, 512);
millisdulu = millis();
}
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Power:");
lcd.print(setpower);
lcd.print("% ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Mode: Coagulation");
if (digitalRead(cutPin) == HIGH && digitalRead(coagPin) == HIGH)
{
    if (millis() - millishitung >= 100)
    {
        hitungpisau++;
        millishitung = millis();
    }
    if (hitungpisau >= 5)
    {
        hitungpisau = 0;
        delay(250);
        menu = 0;
        digitalWrite(freqPin, LOW);
        digitalWrite(ledcut, LOW);
        digitalWrite(ledcoag, LOW);
        //Timer1.setPwmDuty(freqPin, 0);
    }
}
else
{
    hitungpisau = 0;
}
```

```
break;
case 5://buat test aja
    digitalWrite(switPin, HIGH);
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Power:");
    lcd.print(setpower);
    lcd.print("% ");
    lcd.setCursor(0, 1);
    if (digitalRead(cutPin) == LOW)
    {
        lcd.print("Mode :Test A");
        Timer1.setPwmDuty(freqPin, 512);
    }
    if (digitalRead(coagPin) == LOW)
    {
        lcd.print("Mode :Test B");
        Timer1.setPwmDuty(freqPin, 0);
    }
    break;
}
}
```