

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Studi Literatur**

Pada penelitian tahun 2011 di buat modul Rancang Bangun Pisau Bedah Listrik dengan frekuensi 450 kHz (ESU). Telah dilakukan rancang bangun pisau bedah listrik dengan frekuensi 450 kHz digunakan dalam operasi bedah tubuh menggunakan loncatan arus listrik. Alat ini terdiri dari rangkaian pembangkit frekuensi tinggi, pengatur intensitas, transformator pengganda tegangan dan electrode keluaran. Hasil pembuatan menunjukkan bahwa frekuensi 450 Khz dapat dgunakan untuk memotong jaringan tubuh dengan kedalaman minimal 1 mm dan maksimal 2 mm. Pada penelitian tahun 2015 sudah ada yang menganalisa sinyal tegangan keluaran pada electrosurgery unit pada alat bedah medik yang mendapatkan hasil, frekuensi 100 KHz sampai dengan 200 KHz. Hasil akhir adalah tegangan keluaran 1350 Vpp frekuensi 100 KHz dan 1130 Vpp frekuensi 200 KHz yang dinaikkan menggunakan transformator step up selanjutnya dilewatkan pada tubuh pasien melalui pisau elektroda aktif[16][17]. Pada penelitian tahun 2018

dibuat modul dengan judul High Frequency (HF) Desiccator Aaron 940™ atau biasa disebut Electro Surgery Unit (ESU) berdaya rendah, menghasilkan arus frekuensi radio yang berguna untuk menghilangkan dan menghancurkan objek jerawat atau infeksi pada kulit. Hal ini dilakukan dengan melakukan prosedur pengeringan dan fulgurasi. Pada penelitian tahun 2019 dibuat modul mengenai “Electrosurgery Unit Monopolar Equipped with Cutting and Coagulation Function” peneliti alat tersebut merancang modul electrosurgery unit monopolar. Modul tersebut menggunakan generator frekuensi tinggi dengan pemilihan mode cutting dan coagulation, serta dilengkapi dengan pemilihan daya mulai dari low, medium, dan high[18][19]. Pada Penelitian tahun 2019 di buat sebuah modul Electrosurgery unit (Pure Cut) mode bipolar. Adapun yang menjadi penulis melatar belakangi pembuat modul ini karena peralatan bedah yang berfungsi melakukan pembedahan dengan meminimalisir darah yang dikeluarkan oleh pasien, dengan memanfaatkan frekuensi tinggi dan arus listrik untuk memotong (cutting), mengental (coagulation), dan pengeringan jaringan (fulguratian). Namun pada penelifian ini menggunakan

mode cutting saja dengan dua pemilihan daya dan frekuensi dapat diatur dengan rentang 100 kHz sampai 300 kHz[20].

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Bedah (*Surgery*)**

Bedah atau pembedahan (Bahasa Inggris: surgery, Bahasa Yunani: cheirourgia "pekerjaan tangan") adalah spesialisasi dalam kedokteran yang mengobati penyakit atau luka dengan operasi manual dan instrumen. Ahli bedah (surgeon) dapat merupakan dokter, dokter gigi, atau dokter hewan yang memiliki spesialisasi dalam bidang ilmu bedah. Sebutan ahli saat ini lebih lazim disebut sebagai spesialis. Jika disebut sebagai spesialis bedah saja maka itu adalah dokter sedangkan untuk dokter gigi lazim disebut dokter gigi spesialis bedah mulut sedangkan untuk dokter hewan lazim disebut spesialis bedah hewan. Pembedahan merupakan suatu tindakan pengobatan yang menggunakan cara invasif dengan membuka dan menampilkan bagian tubuh yang akan ditangani. Pembukaan bagian tubuh ini umumnya dilakukan dengan membuat sayatan. Setelah bagian yang akan ditangani ditampilkan, selanjutnya dilakukan

perbaikan yang diakhiri dengan penutupan dan penjahitan luka. Secara garis besar pembedahan dibedakan menjadi dua, yaitu pembedahan mayor dan pembedahan minor. Istilah bedah minor (operasi kecil) dipakai untuk tindakan operasi ringan yang biasanya dikerjakan dengan anestesi lokal, seperti mengangkat tumor jinak, kista pada kulit, sirkumsisi, ekstraksi kuku, penanganan luka. Sedangkan bedah mayor adalah tindakan bedah besar yang menggunakan anestesi umum/general anestesi, yang merupakan salah satu bentuk dari pembedahan yang sering.

### **2.2.2 *Electrosurgery Unit (ESU)***

Proses pembedahan sebelum adanya perkembangan teknologi dilakukan dengan cara biasa, yaitu dengan pisau bedah. Pembedahan konvensional ini terkadang menyebabkan pasien banyak mengeluarkan darah. Dengan menggunakan ESU, pendarahan yang terjadi pada saat tindakan pembedahan dapat diminimalisir, karena pembuluh darah yang terbuka disekitar luka dapat langsung menutup.

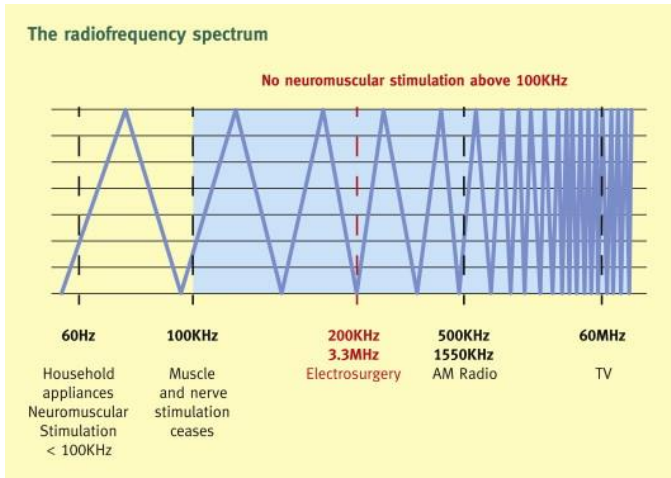
*Electrosurgery* merupakan alat bedah yang menggunakan frekuensi tinggi (> 100 KHz) arus bolak-

balik dilewati media biologis untuk memotong dan mengkoagulasi jaringan di bedah pembedahan. *Electrosurgery* merupakan alat yang digunakan oleh ahli bedah untuk memotong jaringan dan mengkoagulasi atau untuk menahan aliran darah dan manfaat yang tidak tersedia dengan pisau bedah baja dingin standar[8].



Gambar 2.1 Alat *Electrosurgery* Unit  
Sumber : (emed.pl)

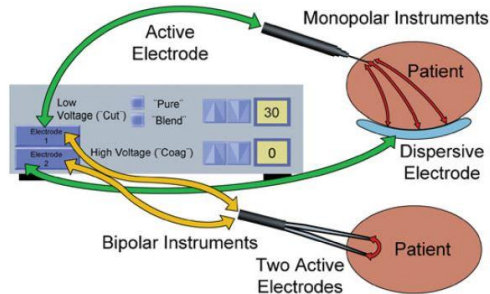
Alat ini memiliki prinsip kerja merusak jaringan tubuh tertentu dengan memanaskan jaringan tersebut. Panas didapat dengan cara pemusatan arus listrik frekuensi tinggi pada jaringan tubuh tertentu dengan menggunakan elektroda sebagai medianya. Adapun jangkauan frekuensi yang biasa dipakai berkisar antara 200 kHz sampai dengan 3,3 MHz[17].



Gambar 2.2 Pengaplikasian Frekuensi  
 Sumber : (gonedash.blogsopt.com)

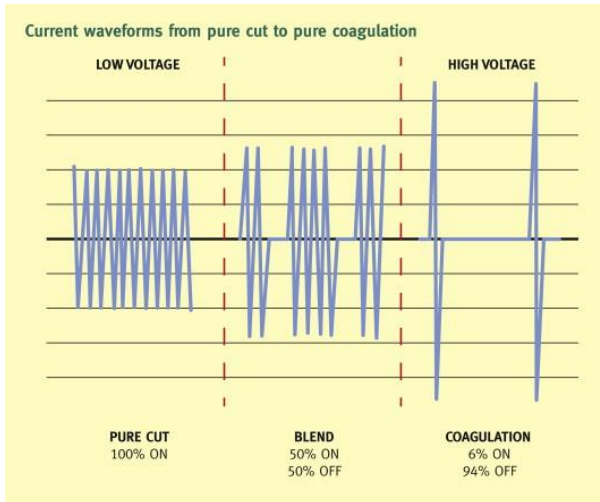
Pengoperasian ESU dibagi menjadi 2 (dua) mode, yaitu bipolar dan monopolar. Mode bipolar biasa digunakan pada bedah minor untuk proses koagulasi (pembekuan). Sebuah elektroda berbentuk pinset digunakan untuk menjepit jaringan yang tidak diinginkan, kemudian arus listrik frekuensi tinggi mengalir dari ujung elektroda melewati jaringan tadi kemudian menuju ujung elektroda yang lain. Pada mode monopolar digunakan dua elektroda terpisah, yaitu elektroda aktif dan elektroda pasif atau netral dengan permukaan yang lebih luas yang ditempatkan dekat dengan lokasi yang akan dibedah. Arus listrik akan

terpusat pada elektroda aktif dan elektroda netral didesain untuk mendistribusikan arus listrik dengan tujuan mencegah kerusakan jaringan.



Gambar 2.3 Perbedaan Mode Bipolar dan Monopolar  
Sumber : (Malcolm G. Munro , 2012)

Pada umumnya pesawat *electrosurgery unit* bisa menghasilkan berbagai gelombang listrik. Perubahan dari bentuk tiap gelombang tersebut akan menghasilkan efek yang berbeda terhadap jaringan. Penggunaan suatu bentuk gelombang yang *continue* menyebabkan terjadinya penguapan atau pemotongan jaringan. Bentuk gelombang *continue* menyebabkan terjadinya pemanasan yang sangat cepat.

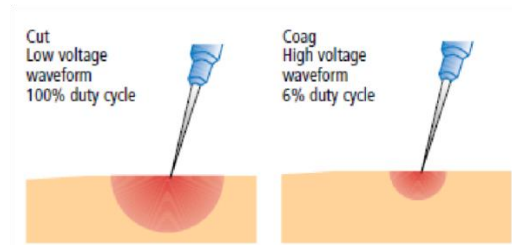


Gambar 2.4 Macam Gelombang Pada *Electrosurgery*  
 Sumber : (gonedash.blogspot.com)

Gambar diatas adalah gelombang yang biasanya digunakan dalam pesawat *electrosurgery pure cutting* (pemotongan), *blend* (gabungan antara *cutting* dan *coagulation*), dan *coagulation* (pembekuan). *Pure cutting* yaitu menggunakan gelombang *continue* yang *duty-cycle* nya 100% sehingga akan menghasilkan pemotongan jaringan karena panas yang dihasilkan pada gelombang *continue* lebih cepat. *Blend* yaitu menggunakan gelombang yang *duty-cycle* nya antara 50% hingga 25% aktif sehingga menghasilkan pemotongan jaringan disertai dengan pembekuan. *Coagulation* (pembekuan)



yaitu menggunakan gelombang yang *duty-cyclenya* hanya sekitar 6% aktif sehingga menghasilkan panas yang lebih sedikit. Hasilnya akan tercipta koagulum dibandingkan penguapan jaringan seluler. Untuk mengatasi impedansi yang tinggi, gelombang koagulasi memiliki tegangan yang jauh lebih tinggi dari proses pemotongan (*cutting*). Pada proses pemotongan (*cutting*) efek negatif yang ditimbulkan lebih banyak karena panas yang dihasilkan secara *continue*. Tubuh manusia memiliki tahanan atau resistansi dari elemen didalam tubuh yang berbeda – beda, namun besarnya relatif sama dari kadar air yang dikandung dari masing – masing elemen : otot berkadar air 72 – 75 %, otak berkadar air sekitar 68 %, lemak 14 %, semakin banyak kadar air yang dimiliki jaringan maka semakin banyak 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 semakin besar juga panas yang dihasilkan, serta semakin besar juga efek perusakan yang terjadi pada jaringan tubuh[21]



Gambar 2.5 Efek Panas Cutting dan Coagulasi  
Sumber : (Wibawa, 2015)

Dalam penggunaan pesawat ESU terdapat beberapa efek yang dapat mempengaruhi jaringan – jaringan biologis pada tubuh yang diakibatkan karena frekuensi tinggi. Efek yang dapat ditimbulkan dari frekuensi tinggi tersebut antaralain :

1) Efek *Thermal*

Efek *thermal* yaitu terjadinya panas pada jaringan tubuh yang disebabkan oleh aliran frekuensi tinggi yang masuk ke dalam tubuh.

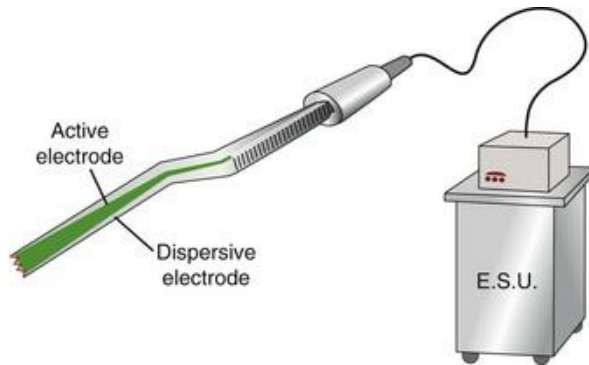
2) Efek Faradik

Efek Faradik yaitu bila suatu otot pada tubuh diberikan arus dengan frekuensi tertentu maka secara refleks otot akan bergerak akibat rangsangan yang diterimanya. Untuk menghindari efek faradik tersebut maka frekuensi yang digunakan sekurang – kurangnya sebesar 300 kHz.

3) Efek Elektrolisis

Efek Elektrolisis yaitu efek yang ditimbulkan karena mengalirnya arus listrik didalam jaringan biologis sehingga terjadinya pergerakan ion – ion dalam tubuh[18].

### 2.2.3 *Electrosurgery Unit (ESU) Mode Bipolar*



Gambar 2.6 Mode *Bipolar Electrosurgery Unit*  
Sumber : (veteriankey.com)

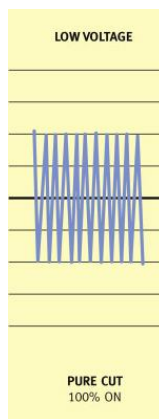
Bedah listrik bipolar menggunakan voltase yang lebih rendah sehingga lebih sedikit energi yang diperlukan. Tapi, karena kemampuannya terbatas untuk memotong dan mengkoagulasi area perdarahan besar, hal itu lebih ideal digunakan untuk prosedur-prosedur di mana jaringan dapat dengan mudah disambar di kedua sisi oleh elektroda forceps. Arus bedah elektro pada pasien dibatasi hanya pada jaringan antara lengan

elektroda forceps. Ini memberikan kontrol yang lebih baik atas area yang ditargetkan, dan membantu mencegah kerusakan pada jaringan sensitif lainnya. Dengan bedah elektro bipolar, risiko luka bakar pasien berkurang secara signifikan. Pada teknik yang paling umum, ahli bedah menggunakan forceps yang terhubung ke generator electrosurgical. Arus bergerak melalui jaringan yang dipegang di antara elektroda. Karena jalur arus listrik terbatas pada jaringan antara dua elektroda, dapat digunakan pada pasien dengan perangkat yang ditanamkan untuk mencegah arus listrik melewati perangkat yang menyebabkan sirkuit pendek atau short circuit. Itu selalu dianjurkan untuk meninjau manual pengguna perangkat implan sebelum preforming setiap aplikasi electrosurgical, untuk menghindari komplikasi.

#### **2.2.4 *Electrosurgery Unit Cutting***

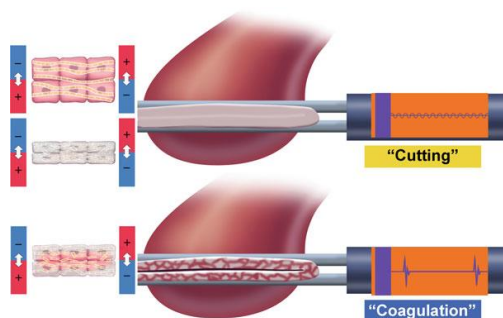
Generator electrosurgical mampu menghasilkan berbagai bentuk gelombang listrik. Ketika bentuk gelombang berubah, demikian juga efek jaringan yang sesuai. Menggunakan bentuk gelombang yang konstan, seperti "memotong," ahli bedah mampu menguapkan atau memotong jaringan. Bentuk gelombang ini

menghasilkan panas sangat cepat. Pada cutting (pemotongan) yaitu menggunakan gelombang frekuensi dengan duty cycle 100% aktif sehingga menghasilkan panas sangat cepat. Gelombang cutting memiliki tegangan yang jauh lebih rendah dari proses koagulasi. Pada proses pemotongan (cutting) efek negatif yang ditimbulkan lebih banyak karena panas yang dihasilkan secara kontinyu. Pemotongan elektrosurgis membagi jaringan dengan percikan listrik yang memusatkan panas yang intens di lokasi bedah. Ini akan menghasilkan panas paling banyak dalam waktu yang sangat singkat, yang menghasilkan penguapan jaringan.



Gambar 2.7 Gelombang Mode *Cutting*  
Sumber : (Ward, Ladtkow, and Collins 2007)

Pada umumnya, pesawat electrosurgery unit bisa menghasilkan berbagai bentuk gelombang listrik. Perubahan dari bentuk gelombang tersebut akan menghasilkan efek yang berbeda terhadap jaringan. Penggunaan suatu bentuk gelombang yang kontinyu menyebabkan terjadinya pemotongan jaringan. Bentuk gelombang kontinyu menyebabkan terjadinya pemanasan yang sangat cepat.

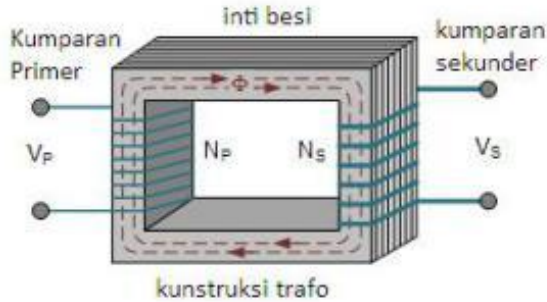


Gambar 2.8 Gelombang *Cutting* dan *Coagulation* pada Jaringan  
Sumber : (Malcolm G. Munro , 2012)

### 2.2.5 Transformator Inti Ferrite

Transformator atau transformer atau trafo adalah komponen elektromagnet untuk memindahkan daya listrik (arus dan tegangan) dari satu tempat ke tempat yang lain. Alat ini terdiri dari kumparan kawat-kawat dengan ukuran dan jumlah kumparan kawat yang sudah ditentukan sesuai dengan kebutuhan. Kumparan kawat

tersebut digulungkan pada inti besi (dari bahan ferromagnetik) yang dibuat tipis dan berlapis-lapis.



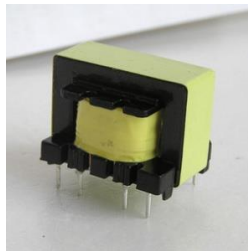
Gambar 2.9 Inti Besi dengan Gulungan Kawat  
Sumber : (fajarmukharom.blogspot.com)

Transformator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Tegangan masukan bolak-balik yang membentangi primer menimbulkan fluks magnet yang idealnya semua bersambung dengan lilitan sekunder. Fluks bolak-balik ini menginduksikan GGL dalam lilitan sekunder. Jika efisiensi sempurna, semua daya pada lilitan primer akan dilimpahkan ke lilitan sekunder.

Selain lilitan tersebut, juga terdapat sesuatu yang penting yaitu inti/ teras trafo. Inti transformator dibagi menjadi tiga macam bahan, yaitu:

- 1) Inti Besi, dipakai untuk tegangan bolak-balik dengan frekuensi rendah.
- 2) Inti Ferit, dipakai untuk tegangan bolak-balik dengan frekuensi tinggi.
- 3) Inti Udara, dipakai untuk tegangan bolak-balik dengan frekuensi sangat tinggi.

Saat kumparan primer dihubungkan ke sumber listrik AC, pada kumparan primer timbul gaya gerak magnet bersama yang bolak-balik juga. Dengan adanya gaya gerak magnet ini, di sekitar kumparan primer timbul fluks magnet bersama yang juga bolak-balik. Adanya fluks magnet bersama ini pada ujung-ujung kumparan sekunder timbul gaya gerak listrik induksi sekunder yang mungkin sama, lebih tinggi, atau lebih rendah dari gaya gerak listrik primer. Hal ini tergantung pada perbandingan transformasi kumparan transformator tersebut.



Gambar 2.10 Transformator Ferrite  
Sumber : (inverterenclosure.com)



Transformator yang digunakan pada rangkaian inverter frekuensi tinggi, biasanya inti transformator menggunakan inti ferrite. inti ferrite ini memiliki bentuk seperti inti besi namun tidak berbentuk lempengan-lempengan besi melainkan berbentuk seperti besi pejal. inti ferrite ini dibuat dari serbuk MnZn yang dicetak menjadi bentuk sesuai dengan inti transformator pada umumnya. kebanyakan bentuk inti transformator yang dipakai adalah bentuk EI atau E menyesuaikan dengan tempat lilitan untuk kawat tembaga email[2]. Trafo jenis ini menggunakan material inti berupa serbuk yang terdiri dari campuran Zinc, Besi, Mangan, serta berbagai campuran dengan komposisi yang telah menjadi rahasia pabrik peraciknya dan kemudian dinamakan Ferit. Jenis trafo ini bekerja dengan cara merubah arus listrik menjadi medan elektromagnetik dengan frekuensi tinggi untuk kemudian dirubah kembali menjadi arus listrik melalui rangkaian elektronik menjadi arus listrik dengan frekuensi yang dapat dipergunakan oleh peralatan elektronik.

### **2.2.6 Arduino**

Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat sumber terbuka (*open source*), diturunkan dari *wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Perangkat kerasnya memiliki prosesor Atmel AVR dan softwarnya memiliki bahasa pemrograman sendiri.



Gambar 2.11 Bentuk Fisik Arduino  
Sumber : (probotics.com)

Arduino juga merupakan perangkat keras terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan hardware dan software yang fleksibel dan mudah digunakan. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan syntax dengan bahasa pemrograman C. Karena

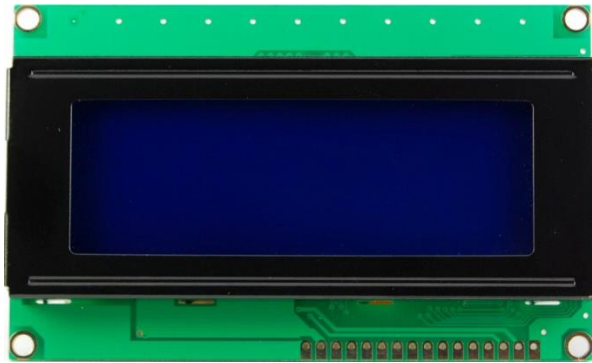
sifatnya yang terbuka maka siapa saja dapat mengunduh skema hardware arduino dan membangunnya.

### **2.2.7 LCD Character**

Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (Liquid Cristal Display) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit. LCD (Liquid Cristal Display) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik.

LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan sandwich memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan

reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan.

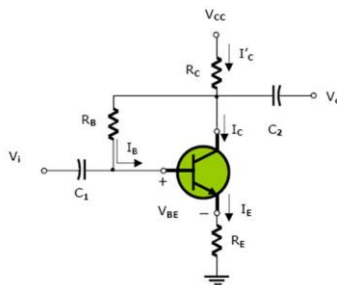


Gambar 2.12 Bentuk Fisik LCD *Character*  
Sumber : (techshopbd.com)

### **2.2.8 Transistor Sebagai Penguat**

Transistor Transistor adalah suatu komponen yang dapat memperbesar level sinyal keluaran sampai beberapa kali sinyal masukan. Sinyal masukan disini dapat berupa sinyal AC ataupun DC. Prinsip dasar transistor sebagai penguat adalah arus kecil pada basis mengontrol arus yang lebih besar dari kolektor melewati transistor. Transistor berfungsi sebagai penguat ketika arus basis berubah. Perubahan kecil arus

basis mengontrol perubahan besar pada arus yang mengalir dari kolektor ke emitter. Pada saat ini transistor berfungsi sebagai penguat. Dan dalam pemakaiannya transistor juga bisa berfungsi sebagai saklar dengan memanfaatkan daerah penjumlahan (saturasi) dan daerah penyumbatan (cut-off). Pada daerah penjumlahan nilai resistansi penyambungan kolektor emitter secara ideal sama dengan nol atau kolektor terhubung langsung (short). Ini menyebabkan tegangan kolektor emitter  $V_{ce} = 0$  pada keadaan ideal. Dan pada daerah cut off, nilai resistansi persambungan kolektor emitter secara ideal sama dengan tak terhingga atau terminal kolektor dan emitter terbuka yang menyebabkan tegangan  $V_{ce}$  sama dengan tegangan sumber  $V_{cc}$ .

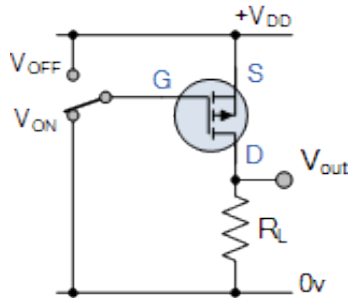


Gambar 2.13 Transistor Sebagai Penguat

Sumber : (<https://electroniclib.wordpress.com/2009/12/31/transisto/>)

### 2.2.9 Mosfet Sebagai Saklar

MOSFET (*metal oxide semiconductor field effect transistor*) merupakan salah satu jenis transistor yang memiliki impedansi masukan (*gate*) sangat tinggi (hampir tak berhingga) sehingga dengan menggunakan MOSFET sebagai saklar elektronik, memungkinkan untuk menghubungkannya dengan semua jenis gerbang logika. Dengan menjadikan MOSFET sebagai saklar, maka dapat digunakan untuk mengendalikan beban dengan arus yang tinggi dan biaya yang lebih murah daripada menggunakan transistor bipolar. Untuk membuat MOSFET sebagai saklar maka hanya menggunakan MOSFET pada kondisi saturasi (*on*) dan kondisi *cut-off* (*off*). Sementara menghubungkan bersama-sama berbagai MOSFET secara paralel dapat memungkinkan untuk beralih arus tinggi atau beban tegangan tinggi, sehingga menjadi mahal dan tidak praktis di kedua komponen dan ruang papan sirkuit. Untuk mengatasi masalah ini *power field effect transistor* atau daya fet di mana dikembangkan.

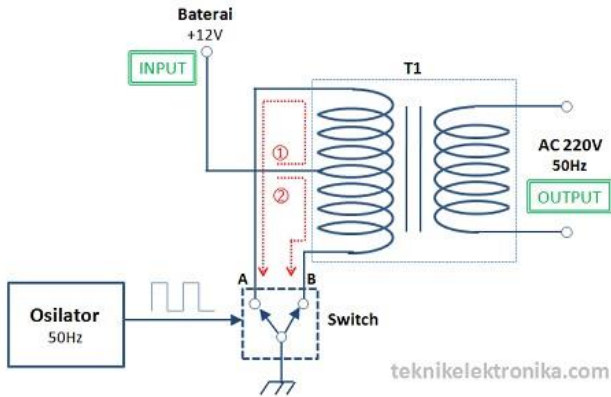


Gambar 2.14 Rangkaian Mosfet Sebagai Saklar  
 Sumber : (<http://myelectronicnote.blogspot.com>)

### 2.2.10 Rangkaian Inverter

Power Inverter atau biasanya disebut dengan Inverter adalah suatu rangkaian atau perangkat elektronika yang dapat mengubah arus listrik searah (DC) ke arus listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya. Sumber-sumber arus listrik searah atau arus DC yang merupakan Input dari Power Inverter tersebut dapat berupa Baterai, Aki maupun Sel Surya (Solar Cell). Inverter ini akan sangat bermanfaat apabila digunakan di daerah-daerah yang memiliki keterbatasan pasokan arus listrik AC. Bentuk-bentuk Gelombang yang dapat dihasilkan oleh Power Inverter diantaranya adalah gelombang persegi (square wave), gelombang sinus (sine wave), gelombang sinus yang dimodifikasi (modified

sine wave) dan gelombang modulasi pulsa lebar (pulse width modulated wave) tergantung pada desain rangkaian inverter yang bersangkutan.



Gambar 2.15 Rangkaian *Inverter* Sederhana

Sumber : (<https://teknikelektronika.com/pengertian-inverter-prinsip-kerja-power-inverter/>)