



PERANCANGAN INVERTER 1 PHASA 12 VOLT DC KE 220/50 Hz AC BERBASIS TRANSISTOR 2N3055

SKRIPSI

Oleh :

JAWANDI PARDOSI

08.812.0029



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2014**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 23/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)23/9/23

ABSTRAK

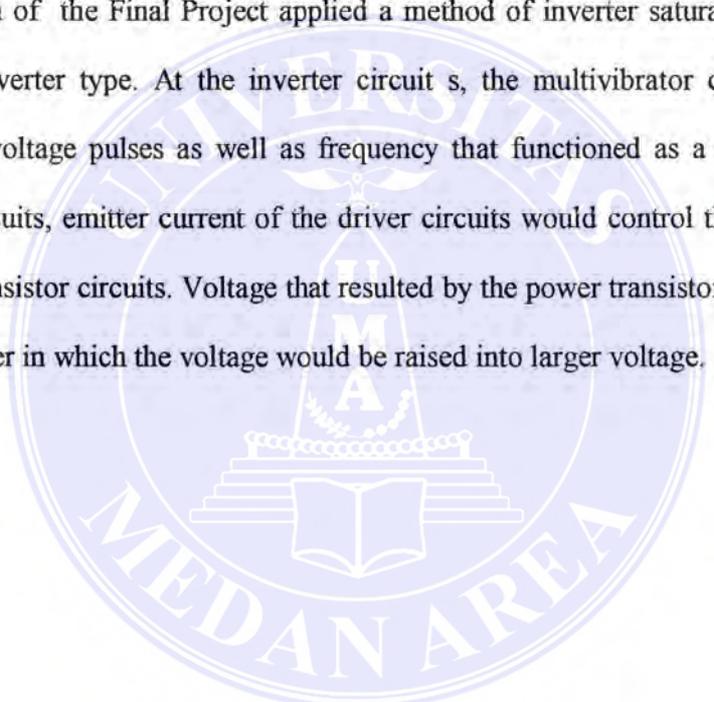
Salah satu cara untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan Ac adalah dengan menggunakan Inverter. Inverter berfungsi mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC, metode pembangkitan gelombang atau sinyal menggunakan Rangkaian osilator/Multifibrator yang di rancang dengan frekwensi kerja 50 atau 60 Hz, untuk membangkitkan Gelombang Square (Gelombang Kotak).

Salah satu tujuan Inverter adalah untuk supply tegangan AC yang paling banyak dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari. Dalam perencanaan dan pembuatan Tugas akhir ini menggunakan metode *inverter saturate Switch* dari jenis inverter arus. Pada rangkaian inverter ini rangkaian multivibrator akan membangkitkan pulsa tegangan serta frekuensi dimana berfungsi sebagai pengontrol dari rangkaian driver, arus emitor dari rangkaian driver ini akan mengontrol basis dari rangkaian transistor daya. Tegangan yang dihasilkan oleh rangkaian transistor daya akan menuju transformator, pada transformator ini tegangan akan dinaikkan menjadi tegangan yang lebih besar lagi.

ABSTRACT

One of methods to change voltage of DC into AC is by applying inverter. An inverter function to change voltage of 12v DC into 220 V AC. The wave/signal generating methods applied circuit of ascillator/multivibrator designed with operational frequency of 50Hz, to generate square wave.

One of the inverter aims to apply AC voltage on life, in designing in fabrication of the Final Project applied a method of inverter saturate Switch of current inverter type. At the inverter circuit s, the multivibrator circuit would generate voltage pulses as well as frequency that functioned as a controller of driver circuits, emitter current of the driver circuits would control the base from power transistor circuits. Voltage that resulted by the power transistor would go to transformer in which the voltage would be raised into larger voltage.





DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan.....	1
1.3. Ruang Lingkup Pembahasan	2
1.4. Metodologi Penelitian	2
1.5. Kerangka Pembahasan	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1. Inverter	5
2.2. Latar Belakang Inverter Dari Segi Sistem Kendali Motor.....	6
2.3. Latar Belakang Inverter Dari Segi Sistem Tenaga Listrik	7



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dengan` semakin majunya perkembangan teknologi pada masa sekarang, semakin dibutuhkannya alat-alat penunjang/variasi untuk melengkapinya. Semakin berkembangnya kemajuan teknologi membuat pasar elektronik memproduksi barang-barang elektronik yang semakin canggih. Dan penggunaan yang semakin simple dan mudah. Seperti aksesoris dalam mobil seperti TV, Komputer, dan alat-alat elektronik Lainnya. Tetapi kebanyakan dari alat-alat elektronik tersebut menggunakan sumber tegangan AC (Alternating Current) dan untuk mengaplikasikannya di dalam alat transportasi seperti Mobil, Perahu, Bus, yang umumnya menggunakan tegangan 12/24 Volt DC (Direct Current). Maka tegangan tersebut perlu diubah menjadi tegangan AC 220 Volt 50Hz, dan untuk mengubahnya perlu menggunakan alat yang dirancang khusus yang disebut Inverter.

1.2. Tujuan

Adapun Tujuan yang ingin dicapai dalam pembuatan Tugas Akhir ini adalah untuk mengaplikasikan inverter pada peralatan-peralatan Elektronik rumah tangga disaat lampu padam, ataupun untuk kendaraan transportasi seperti menambah untuk aksesoris mobil, dimana pada kendaraan bermotor tersebut

dapat dipasang peralatan listrik dengan tegangan 220Volt AC dan frekuensi 50Hz dari sumber tegangan Aki 12 V DC.

1.3. Ruang Lingkup Pembahasan

Ruang Lingkup pembahasan Pada Tugas Akhir ini meliputi :

1. Perencanaan dan Pembuatan Inverter
2. Metode Pembangkitan frekuensi menggunakan Osilator / Multivibrator
3. Switching Amplifier

1.4. Metodologi Penelitian

Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis menggunakan beberapa metodologi yaitu beberapa studi perencanaan :

1. Studi Literatur

- Mempelajari tentang konsep dasar perubahan tegangan DC menjadi AC
- Mempelajari hal-hal yang berhubungan dengan rangkaian switching, rangkaian driver dan komponen yang lain untuk pembuatan alat Tugas Akhir ini.

2. Studi Lapangan

- Mencari data-data yang diperlukan untuk merencanakan alat yang akan dirancang sehingga diharapkan alat tersebut dapat dimanfaatkan.
- Mencari data-data tentang komponen-komponen yang ada pada system misalnya data *sheets* masing-masing komponen, dan juga yang ada di pasaran.

3. Melakukan perancangan Serta Implementasi. Perancangan disini dimaksudkan adalah membuat system yang akan dipakai sesuai dengan materi atau topik

yang hendak dibuat. Misalnya, meliputi frekuensi output, teknik pensaklaran. Pengimplementasian dilakukan sesuai dengan kondisi yang ada.

4. Melakukan pengujian hasil rancangan. Pengujian system dilakukan di rumah atau di laboratorium kampus. Pengujian terhadap system dilakukan pada tiap-tiap bagaian atau modul, ini dimaksudkan apakah tiap-tiap bagian dari system sudah berjalan dengan benar dan sesuai dengan yang di inginkan atau tidak.

1.5. Kerangka Pembahasan

Untuk mengetahui gambaran ringkas mengenai Tugas Akhir ini dan untuk mempermudah pemahamannya, maka pembahasannya akan dibagi dalam berbagai Bab yang terdiri dari :

BAB I : PENDAHULUAN

Dalam bab ini dibahas latar belakang permasalahan, Tujuan, ruang Lingkup Pembahasan, Metodologi Penelitian dan Kerangka Pembahasan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Dalam bab ini menjelaskan tentang rangkaian *Astable Multivibrator*, rangkaian *Switching* serta Transformator.

BAB III: PERANCANGAN SISTEM

Dalam bab ini menjelaskan tentang perancangan system hardware dan perancangan Transformator.

BAB IV : PENGUJIAN SISTEM

Dalam bab ini menyajikan pengujian yang telah dilakukan meliputi

Pengujian Transformator, Pengujian rangkaian pembangkit frekuensi melalui media baterai.

BAB. V : KESIMPULAN

Dalam bab ini menyajikan kesimpulan dari pembahasab atau analisa dan hasil pengujian system.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Inverter

Inverter adalah alat yang digunakan untuk merubah daya DC (*direct Current*) ke daya AC (*Alternating Current*). Rangkaian inverter menggunakan transistor atau dengan SCR. Untuk daya yang rendah sampai sampai daya yang sedang digunakan transistor, sedangkan untuk daya yang tinggi digunakan SCR. Inverter dengan transistor mempunyai beberapa perbedaan dengan SCR yaitu :

- Kecepatan switching inverter dengan transistor yang mempengaruhi frekuensinya lebih tinggi
- Rangkaian pengontrolan (switching) inverter dengan transistor lebih sederhana dibanding dengan inverter dengan SCR

Inverter dengan transistor banyak sekali penggunaannya, misalnya :

- Untuk catu daya pada peralatan elektronik
- Dalam peralatan pendingin,
- Penerangan darurat (UPS)
- Dan lain-lain.

Rangkaian inverter dibagi menjadi dua kelas yaitu:

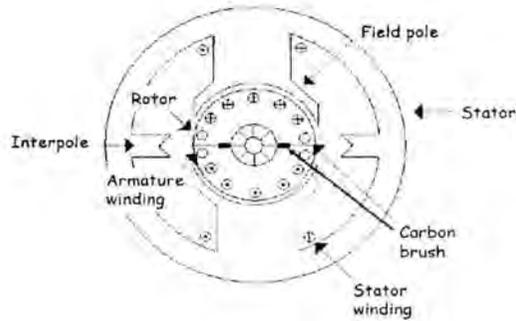
- *Inverter amplifier* dengan tipe gelombang sinus (*Sine Wave Inverter*)
- *Inverter Saturate Switch* dengan tipe gelombang kotak (*Square Wave Inverter*).

Transistor pada inverter amplifier, dapat beroperasi dalam keadaan tidak jenuh (*Non saturate Condition*). Efisiensi dari inverter tipe ini biasanya kecil, karena banyak daya yang diserap oleh transistor. Inverter ini banyak digunakan untuk

daya output kecil dan *power factor* beban serta memperhitungkan regulasi beban dan, efisiensi. Sedangkan *inverter saturate switch* mempunyai efisiensi yang tinggi, karena transistor atau SCR digunakan untuk operasi seperti switch, yaitu *Voltage Driven Inverter* (Inverter Tegangan) dan *Current Driven Inverter* (Inverter Arus). Penggunaannya inverter untuk penyediaan sumber listrik pada kendaraan bermotor menggunakan *Inverter Saturate Switch* dan Inverter Arus.

2.2. Latar Belakang Inverter Dari Segi Sistem Kendali Motor

Sebelum ditemukan komponen elektronika daya (*power electronic*), semua peralatan bergerak (contohnya adalah kereta listrik) masih menggunakan *DC drives* (motor listrik dengan sumber DC). Salah satu kelemahan dari *DC Drive* adalah pemakaian sikat arang dan cincin belah (*commutator*) sebagai penghubung aliran arus dari terminal motor listrik ke koilnya. Cincin belah (*commutator*) dan sikat arang pada motor DC berfungsi sebagai pencacah arus searah (DC) agar koil motor menjadi kutub medan magnet yang berlawanan sehingga motor dapat berputar. Kedua piranti tersebut akan saling bergesekan pada saat motor berputar sehingga mengakibatkan sering ausnya sikat arang (yang terbuat dari batangan karbon murni), lihat gambar 2.1. Penggantian sikat arang (*brush*) dari motor DC menjadi sebuah kebutuhan yang harus dilakukan dalam jangka waktu tertentu.



Gambar 2.1: Sikat dan komutator mesin DC

Berbeda halnya dengan motor AC (AC Drive), peralatan penggerak ini tidak menggunakan sikat arang karena sumber aliran listrik adalah bolak-balik (alternating current). Kelebihan mesin DC sebagai penggerak adalah:

- Mudah dalam pengendalian kecepatannya dengan mengatur arus eksitasi.
- Motor DC dapat dikopling sebagai metode perlambatan (*DC break*) motor.
- Mempunyai torsi yang besar

Kelemahan motor AC adalah pengaturan kecepatan hanya dapat dilakukan dengan mengubah frekuensi dan jumlah kutub. AC Drive tidak memiliki kelebihan-kelebihan seperti pada DC drive. Dengan adanya teknologi inverter maka kelebihan-kelebihan yang terdapat pada motor DC dapat diaplikasikan ke dalam motor AC.

2.3. Latar Belakang Inverter Dari Segi Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik belakangan ini menjadi sebuah aset yang vital dalam dunia produksi, terutama pada sistem produksi yang memerlukan sumber listrik secara keseluruhan (sebagai contoh: kilang minyak, pabrik-pabrik, server, dll.).

Hilangnya pasokan listrik tentunya akan membuat proses produksi terhenti bahkan bisa merusak hasil produksi yang ada.

Untuk menghindari permasalahan tersebut maka perlu dibuat sebuah sistem tenaga listrik cadangan (*backup power*). Pada awalnya *backup power* menggunakan diesel generator. Disamping pemakaian bahan bakar yang besar tentunya *backup power* ini tidak akan handal 100%. Untuk industri yang tidak memperbolehkan hilangnya sumber listrik tentunya harus menyiapkan diesel generator (*standby*) dalam kondisi mesin berjalan (*running*) agar apabila sewaktu-waktu sumber listrik hilang maka diesel generator segera mengambil alih dan memberikan sumber daya listrik yang hilang tersebut (diesel generator harus dalam kondisi *synchron* dengan sumber utama, misal: PLN). Hal inilah yang membuat pemakaian diesel generator kurang handal.

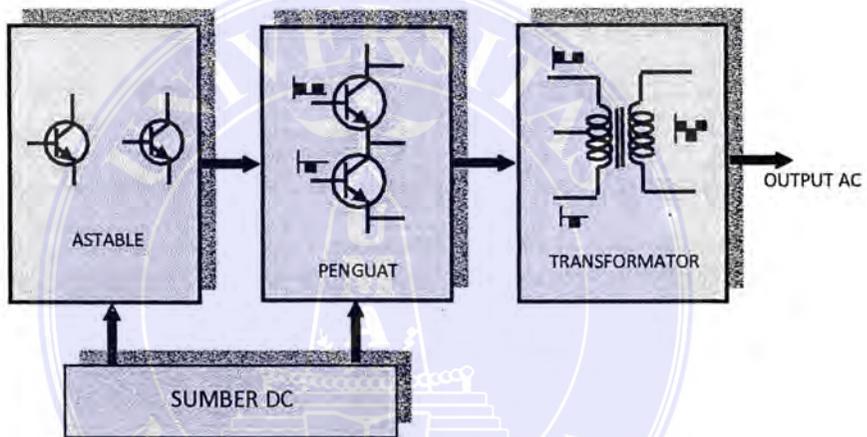
Salah satu sumber daya listrik yang mudah dan handal untuk digunakan adalah batere yang dapat diisi ulang atau *rechargeable battery* (DC). Baterai akan terisi arus listrik pada saat sumber utama masuk dan baterai akan menyuplai arus listrik ketika sumber utama hilang, namun baterai hanya bekerja pada sistem arus searah atau *direct current* (DC). Untuk sumber arus bolak-balik (AC) diperlukan peralatan semi-konduktor yang dapat merubah/menyearahkan arus bolak-balik menjadi searah (DC). Perangkat pengubah AC menjadi DC ini dinamakan rangkaian penyearah (*rectifier*) dengan komponen utamanya adalah dioda.

Jika pemanfaatan teknologi semi-konduktor bisa merubah arus bolak-balik (AC) menjadi searah, maka dengan kemajuan elektronika dimungkinkan untuk mengubah arus DC menjadi AC. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka

dirancanglah suatu rangkaian gabungan beberapa unit semi-konduktor menjadi satu paket dengan istilah inverter atau lebih dikenal sebagai UPS (*uninterruptible power supply*).

2.4. Prinsip kerja Inverter Secara Umum

Cara kerja inverter secara umum memiliki kesamaan dengan power suplai, yaitu sebagai penyuplai arus DC ke AC serta berfungsi sebagai pengubah arus DC menjadi tegangan AC. Blok diagram rangkaian inverter dapat dilihat seperti pada gambar 2.2



Gambar 2.2: Blok diagram inverter

Sebagai contoh penggunaan inverter dalam kehidupan sehari-hari adalah pada saat mati lampu bisa menggunakan aki mobil, karena bisa mengubah tegangan dari DC menjadi tegangan AC yang dimiliki listrik PLN. Dalam uji coba ini, aki atau baterai yang digunakan serta bebannya merupakan penentu seberapa lamanya ketahanan suatu rangkaian, karena kapasitas baterai ditentukan dalam AH (AmpereHour)

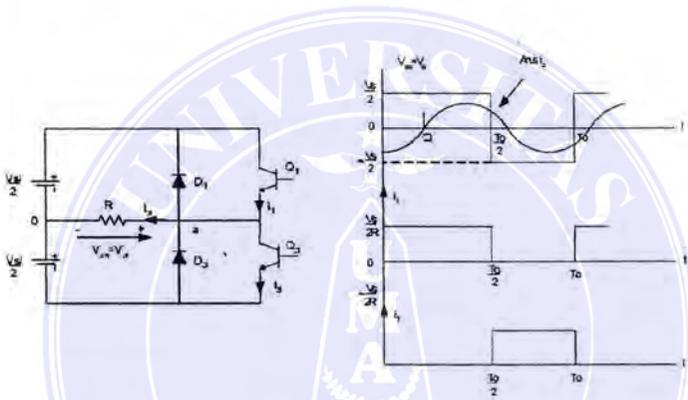
Selain itu inverter digunakan pada pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan pembangkit listrik tenaga angin (PLTB)

2.5. Jenis-jenis Inverter

Berdasarkan bentuk gelombang outputnya, inverter dapat dibedakan menjadi 2 bagian yaitu :

- a. Inverter setengah gelombang (*half wave inverter*)
- b. Inverter gelombang penuh (*full wave inverter*)

2.5.1. Inverter Setengah Gelombang



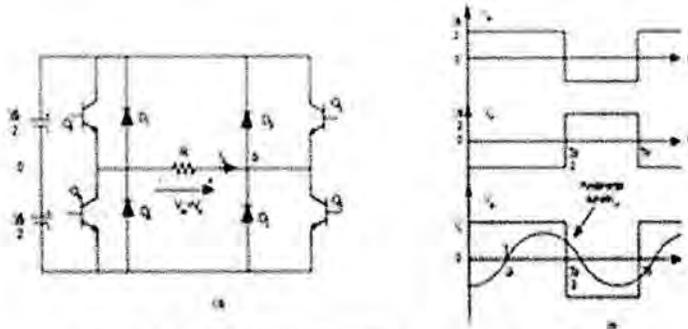
Gambar 2.3 : Inverter setengah Gelombang

Prinsip kerja dari inverter satu fasa dapat dijelaskan dengan gambar diatas. Ketika transistor Q₁ yang hidup untuk waktu T_O/2, tegangan pada beban V_O sebesar V_S/2. Jika transistor Q₂ hanya hidup untuk T_O/2, V_S/2 akan melewati beban. Q₁ dan Q₂ dirancang untuk bekerja saling bergantian. Pada gambar diatas ditunjukkan bentuk gelombang untuk tegangan keluaran dan arus transistor dengan beban resistif. Inverter jenis ini membutuhkan dua sumber DC (sumber tegangan DC simetris), dan ketika transistor off tegangan balik pada V_S menjadi V_S/2, yaitu :

$$V_0 = \frac{V_s}{2}$$

$$V_{eff} = 2V_s \sqrt{\frac{2}{\pi}} = 0.45 V$$

2.5.2. Inverter Gelombang Penuh



Gambar 2.4 : Inverter Gelombang Penuh

Rangkaian dasar inverter gelombang penuh dan bentuk gelombang output dengan beban resistif ditunjukkan pada gambar diatas. Ketika transistor Q1 dan Q2 bekerja (ON), tegangan V_s akan mengalir ke beban tetapi Q3 dan Q4 tidak bekerja (OFF). Selanjutnya, transistor Q3 dan Q4 bekerja (ON) sedangkan Q1 dan Q2 tidak bekerja (OFF), maka pada beban akan timbul tegangan $-V_s$.

2.6. Jenis Sinyal output Inverter

Jenis Sinyal output Inverter:

- a. *Sine wave inverter*
- b. *Sine wave modified inverter*
- c. *Square wave inverter*

2.6.1. Sine wave inverter adalah yaitu inverter yang memiliki tegangan output dengan bentuk gelombang sinus murni. Inverter jenis ini dapat memberikan suplai tegangan ke beban induktif atau motor listrik dengan efisiensi daya yang baik.

2.6.2. Sine wave modified inverter yaitu inverter dengan tegangan output berbentuk gelombang kotak yang dimodifikasi sehingga menyerupai gelombang sinus. Inverter jenis ini memiliki efisiensi daya yang rendah apabila digunakan untuk mensuplay beban induktor atau motor listrik.

2.6.3. Square wave inverter yaitu inverter dengan output berbentuk gelombang kotak, inverter jenis ini tidak dapat digunakan untuk mensupply tegangan ke beban induktif atau motor listrik.

2.7. Bagian-bagian Inverter

Dalam rangkaian inverter terdapat beberapa bagian penting untuk menghasilkan gelombang keluaran yang di inginkan, bagian-bagian tersebut mempunyai fungsi dan karakteristik yang berbeda-beda, yaitu:

- a. Multivibrator
- b. Penguat daya (misalnya transistor)
- c. Transformator

2.7.1. Multivibrator

Multivibrator adalah suatu peralatan elektronika yang dapat menghasilkan gelombang seperti halnya osilator. Multivibrator terdiri dari dua buah piranti aktif dengan keluaran yang saling berhubungan dengan masukan yang lain. Umpan balik positif yang dihasilkan menyebabkan piranti yang satu harus di *cut off*, sedangkan piranti yang lain dipaksa melakukan penghantaran. Multivibrator terdiri dari 3 jenis yaitu:

- a. **Monostabil multivibrator.** Multivibrator monostabil atau one shot, menghasilkan satu pulsa dengan selang waktu tertentu dalam menanggapi suatu sinyal trigger dari luar. Ini berarti bahwa hanya satu saja keadaan stabil. Penerapan trigger mengakibatkan perubahan keadaan kuasi stabil, yang berarti bahwa rangkaian tetap berada pada keadaan kuasi stabil pada selang waktu yang ditentukan dan kemudian kembali kekeadaan awal. Akibatnya adalah sinyal trigger internal dibangkitkan yang menghasilkan transisi keadaan stabil.
- b. **Bistabil multivibrator.** Rangkaian multivibrator bistabil memiliki ciri-ciri, bahwa rangkaian ini tetap berada pada tingkatan (level) keluaran yang diberikan apabila tidak dikenakan sinyal (*trigger*) dari luar. Penerapan sinyal dari luar akan menyebabkan perubahan keadaan, dan tingkat keluaran ini akan tetap sampai ada sinyal dari luar berikutnya. Jadi rangkaian bistabil memerlukan dua sinyal sebelum kembali kekeadaan awal.
- c. **Astabil multivibrator.** Multivibrator astabil atau **free running** adalah multivibrator yang memiliki dua keadaan kuasi stabil (bukan keadaan stabil), dan kondisi rangkaian berosilasi diantaranya. Dalam hal ini tidak diperlukan sinyal *trigger* luar untuk menghasilkan perubahan keadaan. Karena sifat osilasi diantara dua keadaan ini, rangkaian astabil digunakan untuk menghasilkan gelombang segi empat.

Pada penulisan Tugas Akhir ini yang digunakan hanya rangkaian *astable multivibrator* karena yang dibutuhkan adalah gelombang keluaran output yang memiliki kondisi *positive* dan *negative trigger* (*free Running*). Multivibrator ini

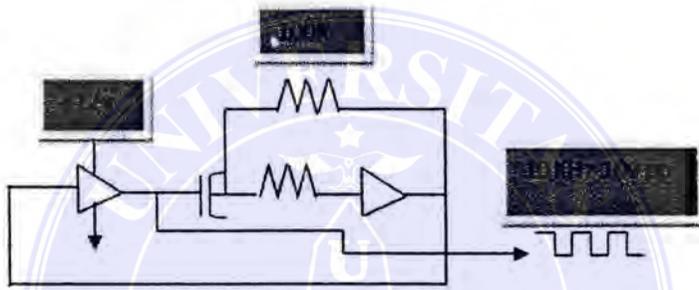
terdiri dari *+trigger*, *- astable*, dan *re-Trigger*. Rangkaian *astable* multivibrator memiliki *external reset buffer output*. Yaitu Q,Q dan oscillator untuk semua mode operasi, eksternal kapasitor harus disambungkan antara C- timing dan *RC-common terminal*.

Astable Multivibrator merupakan jenis osilator relaksasi yang sangat penting. Rangkaian osilator ini menggunakan jaringan RC dan menghasilkan gelombang kotak pada keluarannya. *Astabel multivibrator* biasa digunakan pada penerima TV untuk mengontrol berkas elektron pada tabung gambar. Pada komputer rangkaian ini digunakan untuk mengembangkan pulsa waktu. Multivibrator merupakan jenis osilator relaksasi yang sangat penting. Rangkaian osilator ini menggunakan jaringan RC. *Freerunning multivibrator* yang tidak mempunyai *stable state* yang permanen. Setiap transistor secara bergantian *saturated* dan *cut off*.

Astable Multivibrator sering disebut dengan detak bila mereka digunakan dalam system digital. System detak digunakan dalam semua system dasar mikroprosesor dan digital sinkron. Beberapa karakter penting dari detak dalam system digital adalah frekuensi, waktu putaran detak, kestabilan frekuensi, kestabilan tegangan. Detak memerlukan pulsa gelombang persegi dengan waktu naik dan waktu turun yang cepat.

Multivibrator terdiri atas dua penguat yang digandeng secara silang. Keluaran penguat yang satu dihubungkan dengan masukan penguat yang lain. Karena masing-masing penguat membalik isyarat masukan, efek dari gabungan ini adalah berupa balikan positif.

Dengan adanya *feed back*, osilator akan “*regenerative*” (selalu mendapatkan tambahan energi) dan menghasilkan keluaran yang kontinyu. Astabil Multivibrator mempunyai dua *state* (keadaan) dan yang berosilasi secara kontinyu guna menghasilkan bentuk gelombang persegi atau pulsa dioutputnya. Pada multivibrator astabil, outputnya tidak stabil pada setiap *state*, tapi akan berubah secara kontinyu dari 0 ke 1 dan dari 1 ke 0. Prinsip ini sama dengan rangkaian osilator dan kondisi ini sering disebut dengan *free running*.



Gambar 2.5 : Astable Multivibrator

2.8.1 Transistor

Transistor adalah komponen elektronika multitermal, biasanya memiliki 3 terminal yaitu basis (dasar), kolektor (pengumpul) dan emitor (pemancar). Secara harfiah, transistor berasal dari kata transfer resistor. Jadi pengertian transistor adalah suatu komponen yang memiliki nilai resistansi dimana antara terminalnya dapat diatur. Transistor dapat dijumpai pada setiap barang elektronika, mulai dari lampu kedip sampai yang berharga mahal. Keberadaannya selalu berangkai dengan resistor dan kondensator. Hal ini menunjukkan antara resistor dan transistor tidak dapat dipisahkan sesuai dengan pengertian transistor. Walaupun

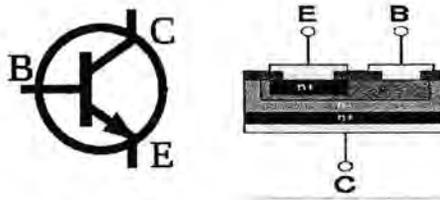
saat ini banyak barang-barang elektronika menggunakan IC sebagai komponen utama, tetapi tidak dapat meninggalkan transistor. Dari sini sudah jelas bahwa transistor memegang peranan sangat penting.

Sejak ditemukan pertama kali oleh *William Shockley, John Barden, dan W. H Brattain* pada tahun 1948, transistor dibagi menjadi dua jenis, yaitu NPN dan PNP. Jenis NPN adalah transistor yang memiliki katoda pada kaki basis. Sedangkan PNP, unsur katoda terletak pada emitor dan kolektor. Transistor adalah komponen yang sangat penting dalam dunia elektronik modern. Dalam rangkaian analog, transistor digunakan dalam amplifier (penguat). Rangkaian analog melingkupi penguat suara, sumber listrik stabil, dan penguat sinyal radio. Dalam rangkaian-rangkaian digital, transistor digunakan sebagai saklar berkecepatan tinggi. Beberapa transistor juga dapat dirangkai sedemikian rupa sehingga berfungsi sebagai logic gate, memori, dan komponen-komponen lainnya.

2.8.1. Transistor NPN

Struktur dasar dari Transistor NPN, bagian N sebelah kiri disebut Emitor (E), bagian N sebelah kanan disebut kolektor (C), sedangkan bagian P diantara kedua bagian N disebut Basis (B). emitor dan kolektor terbuat dari bahan semikonduktor jenis N yang di *doped* lebih keras (*heavily doped*) sedangkan basis terbuat dari bahan semikonduktor jenis P yang di *doped* sangat ringan (*lightly doped*) dan dengan ukuran yang sangat tipis. Pada gambar memperlihatkan symbol transistor NPN, tanda panah Menyatakan emitor (E) dan juga menunjukkan arah arus konvensional

Prinsip kerja dari transistor NPN adalah: arus akan mengalir dari kolektor ke emitor jika basisnya dihubungkan ke ground (negatif). Arus yang mengalir dari basis harus lebih kecil daripada arus yang mengalir dari kolektor ke emitor, oleh sebab itu maka ada baiknya jika pada pin basis dipasang sebuah resistor.

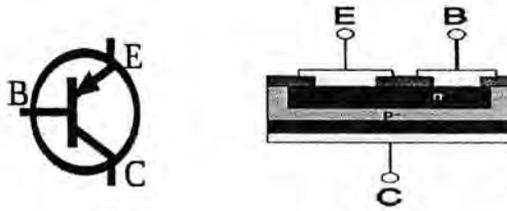


Gambar 2. 6: Simbol dan Struktur Dasar Transistor NPN

2.8.2. Transistor PNP

Untuk memudahkan memahami pengertian dan fungsi transistor adalah bahwa transistor itu dibentuk dengan dua buah dioda germanium dimana salah satu germanium memiliki muatan positif (P) dan germanium lainnya memiliki muatan negatif (N). Germanium jenis P (positif) memiliki jumlah elektron yang sangat sedikit. Dari germanium yang mempunyai muatan positif dan negatif itu digabungkan. Jika germanium P digabung dengan germanium N lalu digabung lagi dengan germanium P, maka terjadilah transistor jenis PNP.

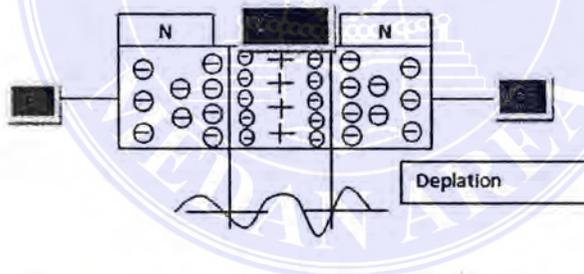
Selanjutnya ketiga germanium yang juga disebut gabungan elektroda itu dikemas dalam suatu lapisan. Lalu ketiga elektroda atau germanium diberi tep, kaki penyambung berupa kawat. Oleh sebab itulah pada umumnya transistor memiliki tiga kawat atau kaki.



Gambar 2. 7: Simbol dan Struktur Dasar Transistor PNP

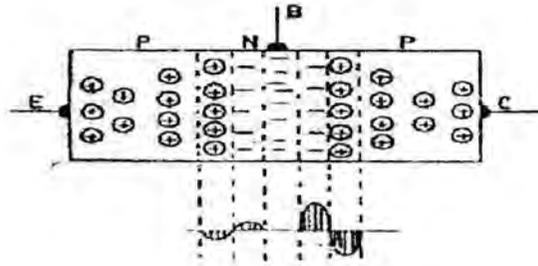
2.8.3. Pembagian Muatan Pada Transistor NPN

Pada gambar 2.6 terlihat pembagian muatan dalam transistor NPN. Sewaktu pembuatan transistor disekitajunction E-B terjadi suatu daerah netral yang disebut *depletion layer*. *Depletion layer ini* lebih lebar pada junction C-B karena secara fisik kolektor lebih besar dari emitor. Disini electron berfungsi sebagai pembawa muatan, karena ia mempunyai jumlah yang paling banyak/majority. Oleh karena itu ia juga disebut *majority carrier* dan holes *minority carrier*.



Gambar 2. 8: Pembagian Muatan Pada Transistor NPN

Pada gambar 2.4 diperlihatkan pembagian muatan pada transistor PNP. Disini hole mempunyai jumlah mayoritas, oleh karena itu ia disebut pula majority carriers sedangkan *electron minority carrier*



Gambar 2. 9: Pembagian Muatan Pada Transistor PNP

1.8. Prinsip Kerja Transistor

1. Transistor NPN

Prinsip kerja dari transistor NPN adalah: arus akan mengalir dari kolektor ke emitor jika basisnya dihubungkan ke ground (negatif). Arus yang mengalir dari basis harus lebih kecil daripada arus yang mengalir dari kolektor ke emitor, oleh sebab itu maka ada baiknya jika pada pin basis dipasang sebuah resistor.

Transistor NPN dapat dianggap sebagai dua diode adu punggung tunggal anode. Pada penggunaan biasa, pertemuan p-n emitor-basis dipanjar maju dan pertemuan basis-kolektor dipanjar mundur. Dalam transistor NPN, sebagai contoh, jika tegangan positif dikenakan pada pertemuan basis-emitor, keseimbangan di antara pembawa terbangkitkan kalor dan medan listrik menolak pada daerah pemiskinan menjadi tidak seimbang, memungkinkan elektron terusik kalor untuk masuk ke daerah basis. Elektron tersebut mengembara (atau menyebar) melalui basis dari daerah konsentrasi tinggi dekat emitor menuju konsentrasi rendah dekat kolektor. Elektron pada basis dinamakan pembawa minoritas karena basis dikotori menjadi tipe-p yang menjadikan lubang sebagai pembawa mayoritas pada basis. Daerah basis pada

transistor harus dibuat tipis, sehingga pembawa tersebut dapat menyebar melewatinya dengan lebih cepat daripada umur pembawa minoritas semikonduktor untuk mengurangi bagian pembawa yang bergabung kembali sebelum mencapai pertemuan kolektor-basis. Untuk memastikannya, ketebalan basis dibuat jauh lebih rendah dari panjang penyebaran dari elektron. Pertemuan kolektor-basis dipanjar terbalik, jadi sedikit sekali injeksi elektron yang terjadi dari kolektor ke basis, tetapi elektron yang menyebar melalui basis menuju kolektor disapu menuju kolektor oleh medan pada pertemuan kolektor-basis.

2. Transistor PNP

Prinsip kerja dari transistor PNP adalah arus akan mengalir dari emitter menuju ke kolektor jika pada pin basis dihubungkan ke sumber tegangan (diberi logika 1). Arus yang mengalir ke basis harus lebih kecil daripada arus yang mengalir dari emitter ke kolektor, oleh sebab itu maka ada baiknya jika pada pin basis dipasang sebuah resistor.

Transistor PNP terdiri dari selapis semikonduktor tipe-n di antara dua lapis semikonduktor tipe-p. Arus kecil yang meninggalkan basis pada moda tunggal emitter dikuatkan pada keluaran kolektor. Dengan kata lain, transistor PNP hidup ketika basis lebih rendah daripada emitter. Tanda panah pada simbol diletakkan pada emitter dan menunjuk kedalam.

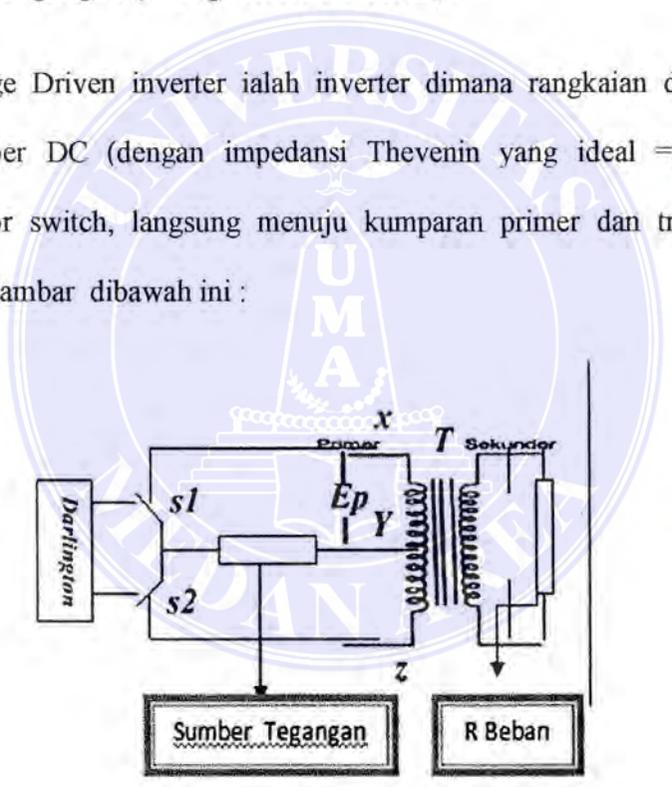
Jalur dalam transistor dwikutub pertemuan-taksejenis. Penghalang menunjukkan elektron untuk bergerak dari emitter ke basis, dan lubang untuk diinjeksikan kembali dari basis ke emitter.

Transistor dwikutub pertemuan-taksejenis (HBT) adalah sebuah penyempurnaan BJT sehingga dapat menangani isyarat frekuensi sangat tinggi hingga beberapa ratus GHz. Sekarang sering digunakan dalam sirkuit ultracepat, terutama sistem RF.[5][6] Transistor pertemuan-taksejenis mempunyai semikonduktor yang berbeda untuk tiap unsur dalam transistor. Biasanya emitor dibuat dari bahan yang memiliki celah-jalur lebih besar dari basis. Ilustrasi menunjukkan perbedaan celah-jalur memungkinkan penghalang lubang untuk menginjeksikan lubang kembali ke basis (diperlihatkan sebagai $\Delta\phi_p$), dan penghalang elektron untuk menginjeksikan ke basis ($\Delta\phi_n$). Susunan penghalang ini membantu mengurangi injeksi pembawa minoritas dari basis ketika pertemuan emitor-basis dipanjar terbalik, dan dengan demikian mengupansi arus basis dan menaikkan efisiensi injeksi emitor. Injeksi pembawa menuju ke basis yang telah diperbaiki memungkinkan basis untuk dikotori lebih berat, menghasilkan resistansi yang lebih rendah untuk mengakses elektrode basis. Dalam BJT tradisional, atau BJT pertemuan-sejenis, efisiensi injeksi pembawa dari emitor ke basis terutama dipengaruhi oleh perbandingan pengotoran di antaran emitor dan basis, yang berarti basis harus dikotori ringan untuk mendapatkan efisiensi injeksi yang tinggi, membuat resistansioya relatif tinggi. Sebagai tambahan, pengotoran basis yang lebih tinggi juga memperbaiki karakteristik seperti tegangan mula dengan membuat basis lebih sempit. Perbedaan tingkat komposisi dalam basis, misalnya dengan menaikkan jumlah germanium secara progresif pada transistor SiGe, menyebabkan gradien dalam celah-jalur di basis netral (ditunjukkan sebagai $\Delta\phi_G$), memberikan medan terpatri di dalam yang membantu pengangkutan

elektron melewati basis. Komponen alir tersebut membantu pengangkutan sebaran normal, menaikkan respons frekuensi transistor dengan memperpendek waktu pemindahan melewati basis. Dua HBT yang paling sering digunakan adalah silikon-germanium dan aluminium arsenid, tetapi jenis semikonduktor lain juga bisa digunakan untuk struktur HBT. Struktur HBT biasanya dibuat dengan teknik epitaksi, seperti epitaksi fase uap logam-organik dan epitaksi sinar molekuler.

3.0. Inverter Tegangan (*Voltage Driven Inverter*)

Voltage Driven inverter ialah inverter dimana rangkaian duhubungkan dengan sumber DC (dengan impedansi Thevenin yang ideal =0) melewati semikonduktor switch, langsung menuju kumparan primer dan transformator, seperti pada gambar dibawah ini :



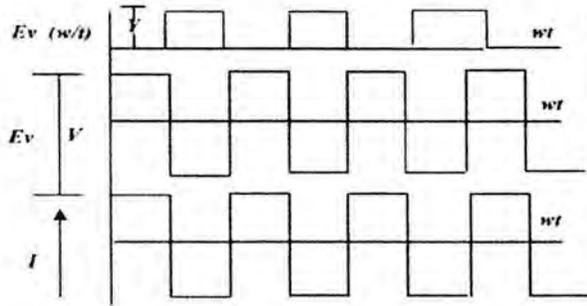
Gambar 2. 10: Inverter Tegangan dengan Rangkaian Thevenin

S_1 dan S_2 adalah switch semikonduktor dengan alternative open (buka) dan closed (tutup) untuk interval waktu tertentu yang tetap, peralatan switch didapat dengan operasi Astable Multivibrator pada suatu frekuensi tertentu. Ketika switch S_1

menutup, sumber tegangan akan lewat kumparan primer transformator antara X dan Z. tegangan jenuh yang drop dari peralatan yang kecil, dan biasanya diabaikan. S_1 akan menutup untuk periode tertentu sebelum S_2 ganti menutup, S_2 akan menutup periode waktu yang sama dengan S_1 . Dan selama itu sumber tegangan akan mengalir lewat kumparan primer transformator antara titik Y dan Z. S_2 akan membuka dan S_1 menutup, demikian bergantian pada periode tetap sehingga tegangan lain akan dikenakan langsung pada kumparan primer dari transformator, bentuk gelombang output dari inverter selalu kotak. Arus dari inverter tidak selalu kotak tapi tergantung dari tipe beban, atau power factor beban. Variasi beban tersebut adalah :

3.0.1. Beban Resistif

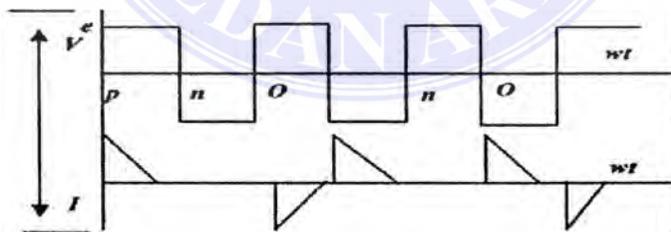
Beban Resistif tidak terlalu banyak mempengaruhi bentuk output dari arus beban seperti gambar 3. 1 tegangan output inverter berbentuk kotak, dan karena beban resistif maka tegangan dan arus satu phasa, maka gelombang arus juga kotak. Masing-masing switch membuka dan menutup selama 180° dan besar arus tergantung pada besar beban. Dengan daya yang diberikan oleh masing-masing semikonduktor adalah $V_1 dt$



Gambar 2. 11 Bentuk Gelombang Tegangan dan Arus inverter pada beban Resistif.

3.0.2. Beban Kapasitif

Beban kapasitif juga menimbulkan masalah pada output inverter, karena terjadi juga pergeseran fasa antara arus beban dan tegangan. Bentuk gelombang tegangan dan arus dari kumparan transformator seperti diperlihatkan pada gambar berikut :



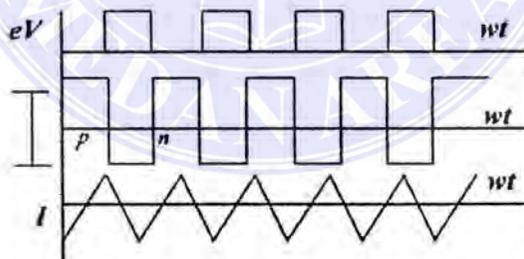
Gambar 2.12 Bentuk Gelombang Tegangan dan Arus Beban Kapasitif

Setiap kali switch semikonduktor mulai bekerja (menutup), arus besar mengalir pada kumparan primer transformator. Karena gelombang kotak dari transformator sekunder menyuplai daya pada kapasitor dengan muatan kosong

dengan impedansi yang sangat rendah dibandingkan dengan tahanan dari kumparan transformator dan dari tahanan saturation switch semikonduktor, arus akan mengalir lebih cukup besar. Dalam hal ini efisiensi inverter menjadi kecil selanjutnya harga di/dt yang besar melebihi harga batas keamanan komponen semikonduktor dan akan menyebabkan kerusakan. Metode untuk memperkecil akibat ini hanya dengan jalan menambahkan tahanan pada circuit, menjadikan ukuran inverter lebih besar jika diinginkan daya yang sama.

3.0.3. Beban Induktif

Beban Induktif jika disuplai dengan arus AC selalu menyebabkan phase arus bergeser dengan phase tegangan. Pergeseran ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

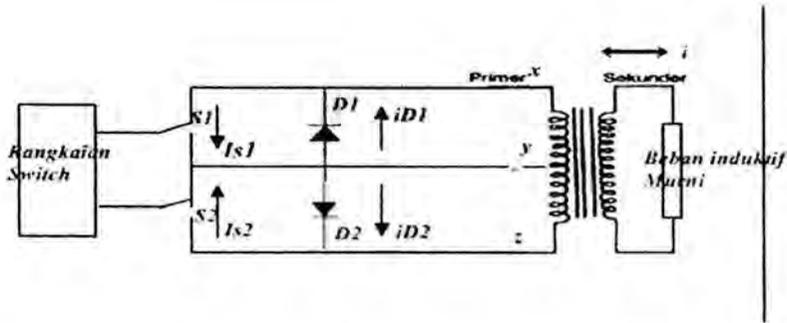


Gambar 2.13 Bentuk Gelombang Arus dan Tegangan untuk Beban Induktif

Dari gambar diatas daerah arsiran menunjukkan daya beban, dimana saat tegangan beban dan arus beban keduanya positif atau negative, daya diserap oleh beban, tetapi ketika tegangan dan arus berbalik fasa, daya dikirim oleh beban,

tetaoi ketika tegangan dan arus terbalik fasa, dan dikirim oleh beban. Pada beban induktif, sifat dari beban berusaha mendorong arus lewat oleh beban, tetapi ketika arus dan tegangan berbalik fasa, daya dikirim oleh beban. Pada beban induktif, sifat dari beban berusaha mendorong arus lewat peralatan. Padahal komponen semikonduktor akan menahan dan membalik arus. Arus yang berhenti secara mendadak akan menyebabkan tegangan balik yang sangat besar yang akan lewat transformator pada gulungan primernya. Tegangan balik ini sangat berpengaruh terhadap harga PIV dan komponen semikonduktor, untuk mengatasi hal ini ada 3 macam cara agar lebih efektif yaitu :

1. Dengan memberikan tegangan yang parallel pada beban pada, sisi beban Inverter ini dinamakan “ *Preloading Inverter*” preloading inverter memperbaiki *power factor*, tetapi metode ini menyebabkan efisiensi berkurang, sehingga untuk daya yang sama ukuran inverter harus ditingkatkan.
2. Sebagai pengganti tahanan, kombinasi rangkaian RC juga bias ditambahkan parallel dengan beban induktif, tetapi metode ini kurang efektif.
3. Dengan menggunakan teori *Back to Back Zener Diode* untuk menahan tegangan transient puncak selama *switching*.



Gambar 2.14 Rangkaian Inverter dengan beban Induktif Murni dari Dioda feed back.

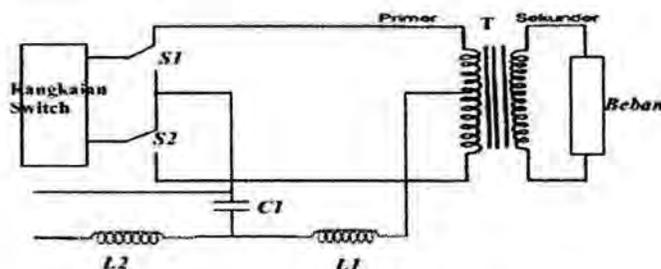
Metode yang paling banyak digunakan untuk mengatasi beban induktif adalah dengan menyediakan titik *by pass* pada arus *reverse* yang melewati komponen *switching* semikonduktor. Ini dilakukan dengan menghubungkan diode pada switch semikonduktor seperti pada gambar 2.12 diode ini dinamakan *diode feed back*. Jika ditinjau langsung dari beban, *diode feed back* beroperasi sebagai *Rectifier energy reverse* untuk mengalir dari beban ke sumber. Pada switch semikonduktor seperti pada gambar 2.12. diode ini dinamakan *diode feed back*. Jika ditinjau langsung dari beban, diode feed back beroperasi sebagai *rectifier*, melakukan *energy reverse* untuk mengalir dari beban ke sumber.

Jika kondisi S2 menutup dan arus mengalir melewatinya sesudah periode S2 menutup dan S1 membuka, arus melewati S2 tetapi energy pada beban induktif mencoba untuk mendorong arus pada arah yang sama, dan jika tidak tersedia arus mengalir akan menyebabkan tegangan kejut yang besar, sebesar 1, di/dt untuk mengatasi masalah ini diode D1 dan D2 dihubungkan pada S1 dan S2 seperti pada gambar diatas. Ketika S2 switch off transformator berlaku seperti sumber, dan tegangan yang besar melebihi suplai sumber. Arus melewati diode D1. Hal ini

akan berlangsung sampai tegangan transformator sama atau lebih kecil dari tegangan suplai, sehingga selama D_1 konduktor, S_1 reverse bias oleh tegangan drop dan D_1 tidak konduktor selama D_1 mendekati 0, S_1 mulai Konduktor jika S_1 ditutup. Keadaan sama akan terjadi pada siklus *reverse* ketika S_1 switch off dan S_2 ditutup.

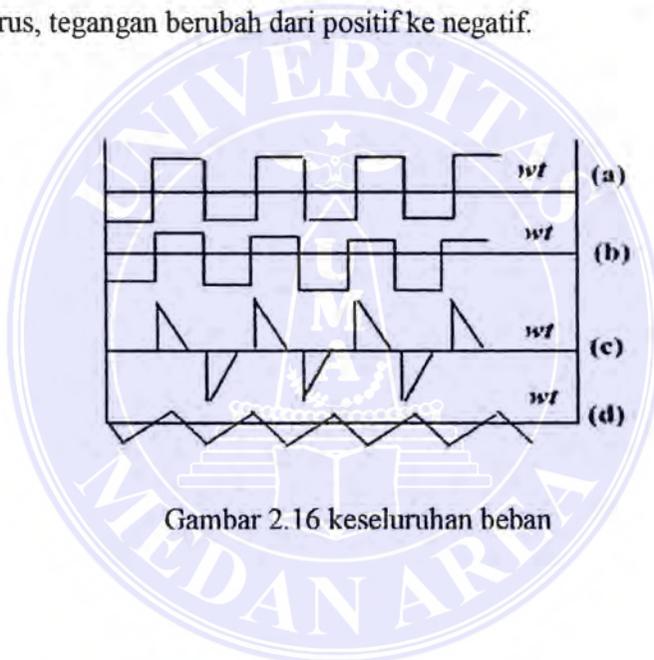
3.1. Inverter Arus (*Current Driven Inverter*)

Pada *voltage Driven Inverter* bentuk tegangan dari transformator adalah gelombang kotak, sedangkan perbedaan fasa arus tergantung pada tipe beban, pada *Current Driven Inverter* arus dipertahankan pada yang konstan dan pada fasa tertentu, tetapi pada waktu *switching* bentuk gelombang tergantung pada tipe beban. Pada *Current Driven Inverter*, arus yang konstan mengalir melalui switch semikonduktor dan kumparan primer transformator untuk satu periode penuh. Dengan metode ini, maka beberapa masalah yang terjadi pada Voltage Driven Inverter dapat dibatasi. Rangkaian pada *Current Driven Inverter* pada dasarnya sama dengan *Voltage Driven Inverter*, hanya suplai sumber adalah arus konstan.



Gambar 2.15 Rangkaian Dasar Inverter Arus

Sumber tegangan konstan diubah menjadi arus konstan dengan memberi kumparan besar L yang seri kumparan (*Choke*) ini biasanya disebut *Feed Choke*. Pada waktu switch semikonduktor tertutup, arus konstan mengalir melewati switch dari transformator primer. Pada umumnya supply DC adalah baterai yang mempunyai impedansi dalam rendah. Rangkaian LC digunakan untuk mengurangi ripple baterai. Bentuk operasi Current Driven Inverter diperlihatkan pada gambar 2.13. Untuk arus gelombang kotak, tegangan pada beban resistif juga kotak, untuk beban induktif murni terlihat pada gambar 2.14, bahwa setengah cycle dari arus, tegangan berubah dari positif ke negatif.



Gambar 2.16 keseluruhan beban

- a. Bentuk Gelombang Arus
- b. Bentuk Gelombang Tegangan pada beban Resistif
- c. Bentuk Gelombang Tegangan pada Beban Induktif
- d. Bentuk Gelombang Tegangan Pada beban Kapasitif

3.2. Gelombang Output Kotak (*Signal Wave Square*)

Current Drivent Inverter (Inverter Arus) banyak digunakan untuk membangkitkan daya gelombang sinus. Pada inverter, gelombang sinus didapatkan dengan menambah rangkaian LC. Diagram skemanya seperti pada gambar 2.25. Dan gambar tersebut, terdapat rangkaian LC yang berfungsi sebagai filter. Rangkaian LC menerima tegangan berbentuk kotak dan arus berbentuk kotak, dan diubah sampai menghasilkan bentuk sinus.



Gambar 2.17 Inverter Arus untuk Menghasilkan Gelombang kotak

Bentuk Gelombang pada gambar 2.17 diatas, adalah masing-masing untuk beban resistif. Rangkaian LC ini juga menyebabkan impedansi output menjadi rendah. Dan gambar diatas untuk beban induktif maupun kapasitif selalu berbentuk sinus.

3.3. Inverter Transistor

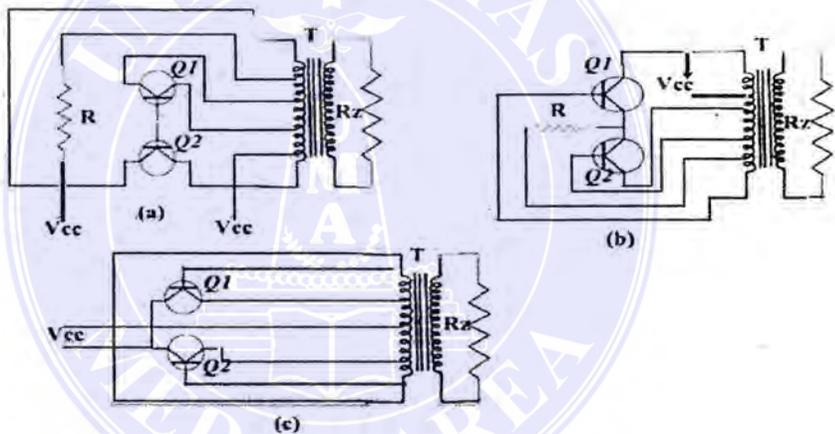
Inverter dengan menggunakan transistor dpat dibagi dalam 3 konfigurasi rangkaian yaitu :

- a) *Common Base*
- b) *Common Emitor*

c) *Common Colector*

Masing-masing konfigurasi tersebut seperti gambar 2.18 rangkaian dengan *Common Base* mempunyai keuntungan yaitu tegangan supplay input kecil, tetapi kumparan *feed back* harus menahan arus yang besar pada emitor. Demikian juga dengan rangkaian *Common Colector*, dimana dari kedua rangkaian tersebut memungkinkan meletakkan transistor pada pendingin (*heat sink*) ukuran yang sama (gambar dibawah menunjukkan tiga konfigurasi rangkaian inverter).

Common Emitor adalah merupakan rangkaian yang paling efisien. Oleh karena itu akan dibahas secara detail mengenai common emitor ini.



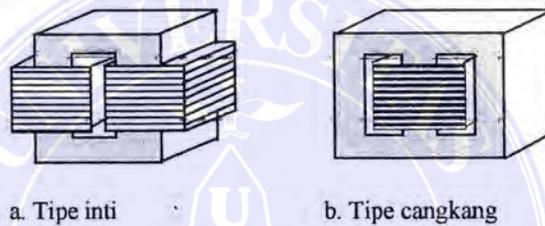
Gambar 2.18 Tiga Macam Konfigurasi Rangkaian Inverter

Prinsip kerja inverter dengan berpatokan pada konfigurasi common emitor, dan kurva Beta transformator pada gambar 2.18

3.4. Transformator

Transformator dapat didefinisikan sebagai suatu peralatan tetap (statis) yang dapat memindahkan daya listrik dari suatu rangkaian (rangkai primer) ke

rangkaian yang lain (rangkaiannya Sekunder) tanpa adanya perubahan frekuensi. Transformator mempunyai dua belitan primer dan sekunder, dimana kedua belitan terisolasi satu dengan yang lain. Prinsip kerja transformator berdasarkan induksi elektromagnetik, menghendaki adanya gandingan magnet (kopling magnetik) antara rangkaian primer dan sekunder. Kopling magnetik ini berupa inti besi tempat melakukan fluksi bersama. Berdasarkan cara melilitkan kumparan pada inti, dikenal dua macam bentuk inti transformator, yaitu tipe inti (*core type*) dan tipe cangkang (*shell type*), lihat gambar 2.



Gambar 2. 19 : Bentuk inti transformator

Bila belitan primer (N_1) suatu transformator dihubungkan dengan sumber tegangan V_1 yang sinusoidal akan mengalir arus pada belitan primer yang dinamakan arus eksitasi I_o yang juga sinusoidal. Arus primer I_o ini akan menghasilkan fluksi (ϕ) yang juga berbentuk sinusoidal, lihat gambar $\phi = \phi_{maks} \sin \omega t$, lihat gambar 2.19



Gambar 2. 20 Prinsip kerja transformator

Berdasarkan hukum Faraday fluksi akan menghasilkan tegangan induksi e_1

$$e_1 = - N_1 \frac{d\phi}{dt}$$

$$e_1 = -N_1 \frac{d(\phi_{\text{maks}} \sin \omega t)}{dt} = -N_1 \omega \phi_{\text{maks}} \cos \omega t$$

Nilai efektifnya adalah:

$$E_1 = \frac{N_1 2\pi f \phi_{\text{maks}}}{\sqrt{2}} = 4,44N_1 f \phi_{\text{maks}}$$

Pada rangkaian sekunder, fluksi (ϕ) bersama tadi menimbulkan tegangan induksi pada sisi sekunder:

$$e_2 = -N_2 \frac{d\phi}{dt}$$

$$e_2 = -N_2 \frac{d(\phi_{\text{maks}} \sin \omega t)}{dt} = -N_2 \omega \phi_{\text{maks}} \cos \omega t$$

Nilai efektifnya adalah:

$$E_2 = \frac{N_2 2\pi f \phi_{\text{maks}}}{\sqrt{2}} = 4,44N_2 f \phi_{\text{maks}}$$

dimana:

N_1 = Jumlah lilitan primer

N_2 = Jumlah lilitan sekunder

Bila diambil perbandingan antara kedua tegangan dengan mengabaikan rugi-rugi tahanan dan adanya fluksi bocor atau transformator dianggap ideal, maka:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = a$$

dimana :

E_1 = Tegangan induksi primer

E_2 = Tegangan induksi sekunder

$V_1 =$ Tegangan primer

$V_2 =$ Tegangan sekunder

$a =$ Faktor transformasi = faktor belitan transformator

Bila $a > 1$, maka transformator disebut step down transformator sedangkan bila $a < 1$, dinamakan step up transformator. Pada transformator ideal daya masuk (VA) pada sisi primer = daya keluar (VA) pada sisi sekunder:

$$S_1 = S_2$$

Sehingga:

$$V_1 \times I_1 = V_2 \times I_2$$

Dimana:

$S_1 =$ Daya pada sisi primer

$S_2 =$ Daya pada sisi sekunder

$I_1 =$ Arus pada sisi primer

$I_2 =$ Arus pada sisi sekunder

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} = a$$

atau:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{a}$$

Pada transformator ideal dapat juga dinyatakan bahwa daya (watt) sisi primer = daya (watt) sisi sekunder

$$P_1 = P_2$$

$$V_1 I_1 \cos \phi_1 = V_2 I_2 \cos \phi_2$$

Dimana:

P_1 = Daya pada sisi primer (watt)

P_2 = Daya pada sisi sekunder (watt)

$\cos \phi_1$ = Faktor daya pada sisi primer

$\cos \phi_2$ = Faktor daya pada sisi sekunder

Pada kenyataannya daya pada bagian sekunder transformator tidak sama dengan daya pada bagian primer. Hal ini terjadi karena terdapat rugi-rugi pada transformator antara lain :

1. Rugi-rugi Tembaga

Rugi-rugi ini disebabkan karena adanya hambatan di dalam lilitan kawat tembaga yang menyebabkan timbulnya panas pada lilitan kawat tembaga.

2. Rugi-rugi Arus eddy dan rugi-rugi hysteresis

Rugi-rugi ini terjadi akibat inti besi lunak yang menyebabkan timbulnya panas pada inti besi lunak. Rugi-rugi terjadi akibat perubahan medan magnetik yang ditimbulkan oleh lilitan kawat.

3. Fluks Bocor

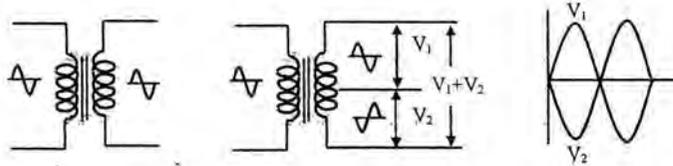
Kebocoran fluks terjadi akibat inti besi lunak dan lilitan kawat tidak dapat menangkap semua fluks yang timbul sehingga sebagian fluks tidak dapat dikonversikan sepenuhnya menjadi arus listrik.

Efisiensi (η) pada transformator dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

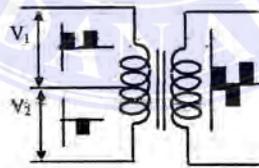
3.5 Transformator titik tengah (Center Tap Transformer)

Transformator dengan titik tengah adalah transformator yang menghasilkan dua tegangan (V_1 dan V_2) yang sama besar terhadap titik tengahnya (nol) dan kedua tegangan mempunyai beda fasa 180° pada sisi ouputnya.



Gambar 2.21 : Transformator titik tengah

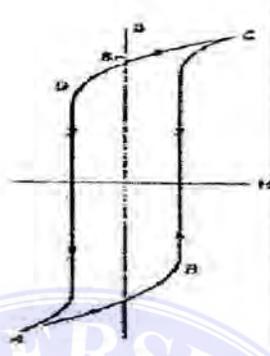
Bila titik tengah berada pada sisi primer, maka tegangan pada sisi sekunder merupakan penjumlahan kedua tegangan. Pada peralatan inverter digunakan transformator dengan titik tengah pada primernya dan diberikan suplai tegangan yang berbeda fasa 180° (pembalikan fasa) pada kedua terminal primer, lihat gambar 2.21



Gambar 2.22 : Transformator titik tengah pada inverter

Tegangan sisi primer transformator berasal dari output astable multivibrator setelah dikuatkan oleh transistor penguat

Sisi primer transformator titik tengah diberi dua tegangan berbentuk balok (DC pulsa) dimana V_1 dan V_2 yang mempunyai fasa berlawanan. Pada sisi sekunder transformator timbul tegangan AC yang berbentuk balok .



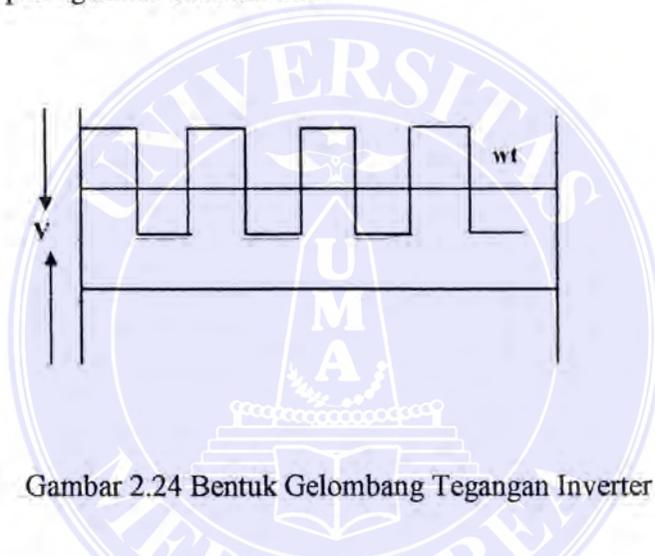
Gambar 2.23. Kurva B-H inti transformator

Akibat pengaruh dari tegangan konstan ini, *flux density* dan inti akan naik konstan mulai titik A, sepanjang ABC pada lengkung sebelah kanan kurva B-H

Transient saturated mempunyai tahanan yang rendah dan arus kolektor $I_{c1} = I_r + I_m$, dimana I_r adalah harga dari arus beban yang di refleksikan ke primer dan I_m adalah arus magnetisasi. Harga dari I_m adalah constant, tetapi I_m bervariasi terhadap waktu. Selama ini sisa *unsaturated*, harga dari I_m sangat kecil, tetapi naik dengan cepat sampai titik saturasi C sampai mencapai dB/dt konstan. Jika harga dan refleksi (pembalikan) arus beban meningkat dengan tajam, arus magnetisasi melebihi arus kolektor dimana TR_1 akan menyuplay Base. TR_1 mulai selesai dan keadaan saturasi, menyebabkan V_{p1} berkurang, V_B dan I_c : berkurang, menyebabkan TR_1 *off* dan setengah gelombang telah berakhir. Arus pada kolektor I_{cp} tergantung pada arus gain transistor h_{fe} dan arus base I_b , hingga didapat :

$$I_{cp} = h_{fe} \cdot I_B = I_r + I_{in}$$

Untuk tepatnya ketika arus kolektor mendekati arus basis maksimum, tegangan dari transformator turun hampir nol dan titik c Bc dan arus kolektor mulai turun. Ini menyebabkan tegangan memberikan bias pada TR₂ konduksi, dan dimulailah periode setengah gelombang yang pertama, hanya tegangan yang lewat NP₂ berharga negative, sehingga menyebabkan tegangan tegangan kebalikan dari setengah gelombang yang pertama. Bentuk gelombang tegangan inverter ini diperlihatkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.24 Bentuk Gelombang Tegangan Inverter

Kondisi paling penting adalah bahwa harus cukup arus pada inti saturated ini tergantung pada mmf inti, jumlah lilitan dan panjang magnetic, yang didapat dan hubungan :

$$H = \frac{0.4 Np}{l}$$

Dimana : H = mmf inti

l = Panjang inti magnetic

Np= Jumlah Lilitan pada setengah kumparan primer

Jika ampere turun primer yang tersedia tidak lebih besar kebutuhan saturate dan inti, operasi akan kacau. Frekuensi dari inverter tergantung dari luas inti transformator, *flux density*, jumlah lilitan, dan tegangan supplay yang dapat ditulis dalam bentuk :

$$F = \frac{V_p}{4ANpBs} 10$$

Dimana V_p = Tegangan yang melewati N_p

$$\equiv V_{cc} - V_{cc\ sat} - V_{rp}$$

V_{rp} = Tegangan drop karena

A = Luas inti cm^2

N_p = $N_{p1} = N_{p2}$ = jumlah lilitan primer

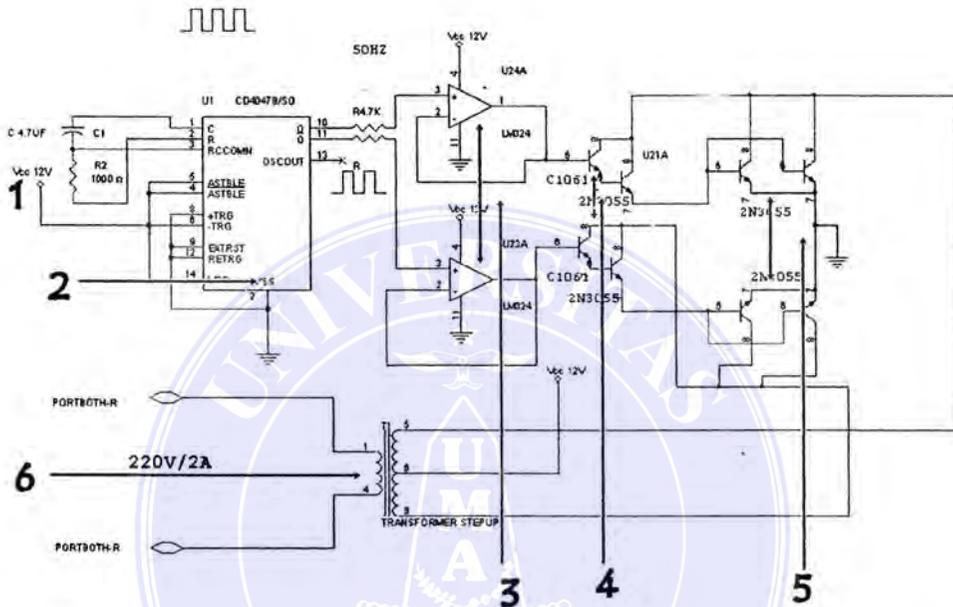
B_s = Flus density saturasi inti (*Gauss*)

Inverter yang di desain untuk berbagai kehunaan dengan syarat tegangan output dan frekuensi yang konstan serta efisiensi memerlukan desain yang cukup rumit. Syarat-syarat khusus yang perlu diperhatikan dalam desain inverter ialah :

- a. Kebutuhan Tegangan Input
- b. Tegangan Output nominal dan Regulasinya
- c. Frekuensi Output dan Kestabilannya
- d. Daya Output
- e. Tipe dari beban dan power factor beban
- f. Bentuk gelombang tegangan output, jika sinusoidal, *persentase dan distorsi harmonic* dan pengaruh variasi beban yang diinginkan, variasi tegangan input dan power factor
- g. Efisiensi pada berbagai tipe beban

BAB III PERANCANGAN SISTEM

3.1 Gambar Keseluruhan Sistem



Gambar 3.1 : Rangkaian Inverter Dengan Penguat Transistor 2N3055

Keterangan gambar :

1. Input Baterai 12/24V DC
2. Multivibrator/Pembangkit sinyal pulsa 50Hz dengan IC CD4047
3. Rangkaian PWM (Pulse with Modulation) dengan IC LM324
4. Transistor Penguat Awal C1061
5. Transistor Penguat Akhir 2N3055
6. Trafo Step-Up (output 220VAC 50Hz)

3.2. Perancangan Sistem

3.2.1. Alat Dan Bahan

3.2.1.1. Alat-alat Yang Digunakan

1. Kertas Milimeter, digunakan sebagai media tempat gambar layout jalur PCB.
2. White Board (Papan percobaan rangkaian) digunakan untuk pengujian rangkaian terlebih dahulu sebelum di aplikasikan di papan PCB.
3. Spidol permanen, digunakan untuk menggambar layout di papan PCB
4. Multitester Digital, digunakan untuk mengukur tegangan input dan output.
5. Ampere meter digunakan untuk mengukur Arus input dan output.
6. Osiloskop, digunakan untuk melihat gelombang output inverter.
7. Solder, Timah dan alat pendukung lainnya.

3.2.1.2 Bahan – bahan yang digunakan

1. PCB polos, digunakan sebagai media perancangan system (tempat komponen di rakit)
2. Wayar, digunakan untuk menyambung kaki – kaki komponen pada saat percobaan.
3. Heatsink (Pendingin) digunakan sebagai tempat peletakan Transistor penguat Akhir.
4. Lampu hemat energy dengan watt yang berbeda – beda

3.2.1.3. Komponen Yang Digunakan

1. Trafo 5A (1buah)
2. Aki (Baterai min 5Ah)
3. IC CD 4047 (1buah)
4. Resistor 4.7 K (2buah), 100ohm (1buah)
5. IC LM324 (2buah)
6. Transistor C1061 (2buah)
7. Transistor 2N3055 (4buah)

3.3. Perancangan Inverter

Secara umum rangkaian inverter sangat sederhana, hal ini dikarenakan komponen yang digunakan sudah menggunakan IC sebagai penghasil gelombang pulsa, dalam pembuatan inverter yang perlu diperhatikan adalah ketelitian dalam pemasangan kaki-kaki komponen terutama IC dan Transistor penguat. Karena kedua komponen ini sangatlah sensitive terhadap perubahan tegangan ataupun daya tahan terhadap panas, apabila terjadi short circuit ataupun overload, maka yang terjadi adalah Transistor putus (rusak).

Prinsip kerja inverter secara umum adalah seperti ditunjukkan gambar dibawah ini :



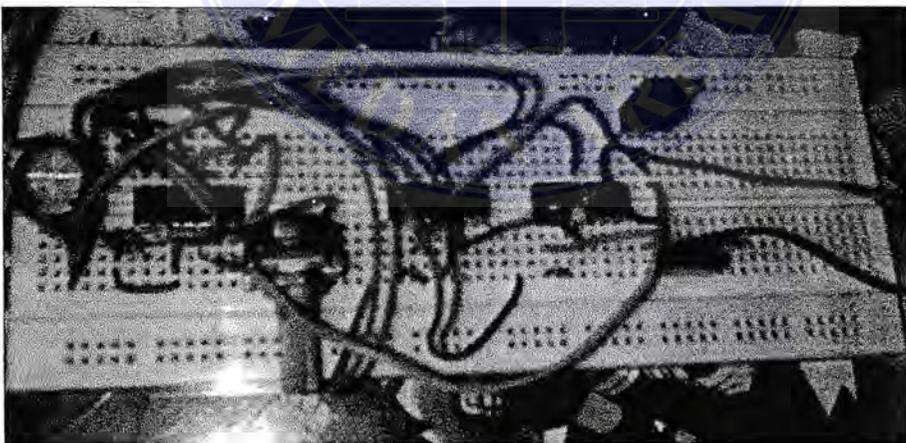
Gambar 3.2 Blog diagram rangkaian Inverter

3.4. Tahap Perancangan Inverter

Sebelum rangkaian di buat dalam satu kemasan Print Circuit Board (PCB) penulis melakukan uji coba rangkaian pada papan percobaan white Board, hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa sirkuit telah benar.

Dan setelah itu maka akan dilanjutkan pada tahap pembuatan Jalur PCB.

3.4.1. Tahap Pengujian Sistem Pada White Board Sebelum Dirakit



Gambar 3.3 Pengujian Rangkaian dan Komponen

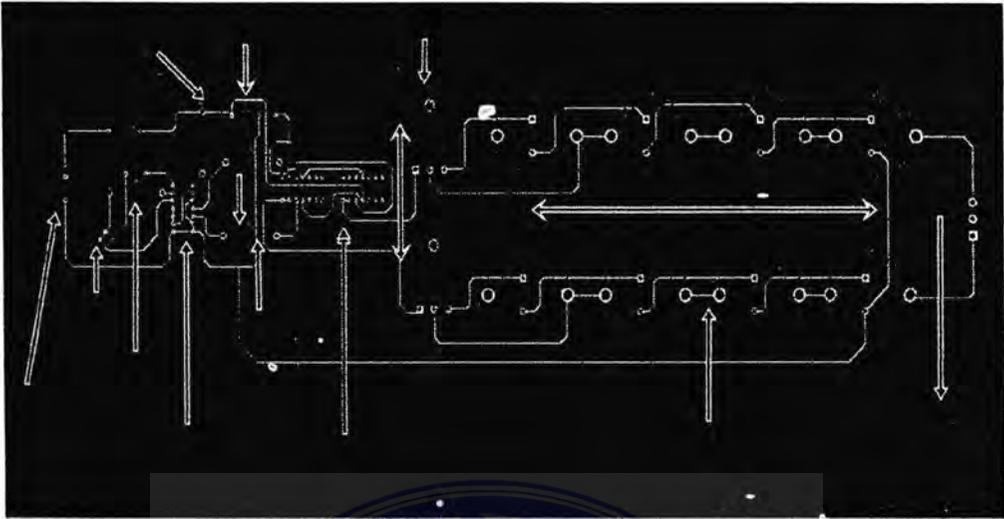
3.4.2. Tahap Pembuatan Jalur Layout PCB dengan program DipTrace

Tahap pembuatan gambar jalur layout pada papan PCB harus dilakukan dengan menggunakan bantuan software, hal ini dikarenakan penggambaran jalur pada PCB merupakan hal yang rumit mengingat jarak antara kaki-kaki komponen yang berjarak beberapa mili meter satu sama lain, dalam Tugas Akhir ini penulis menggunakan software yang bernama DipTrace, cara kerjanya adalah sebagai berikut :

Pertama-tama Kit yang sudah di print di gambar menggunakan DipTrace, kemudian hasil gambar layout yang sudah siap kemudian di prin kembali, setelah itu jalur tersebut di Print kembali ke PCB.



Gambar 3.4 Layout Sistem di Desain Dengan Software DipTrace



Gambar 3.5 Layout dan Susunan Komponen

3.5. Perancangan Sistem

Pada perancangan system atau perakitan kit pada PCB ada beberapa hal yang harus diperhatikan diantaranya :

1. Memperhatikan jalur pcb apakah ada yang rusak atau terhubung (short circuit)
2. Jarak antara jalur harus mempunyai ukuran tertentu, misalnya jarak antara kaki IC sekitar 5mm, hal ini harus diperhatikan supaya jalur tidak terhubung dengan jalur yang lain.
3. Peletakan komponen harus disusun rapi untuk mengurangi ukuran papan pcb.
4. Penyolderan kaki komponen minimal +/- 3 detik setiap kaki komponen (kecuali IC dan Transistor, karena sangat rentan dengan panas) hal ini

dilakukan supaya kaki komponen terhubung dengan jalur, dan tidak mudah lepas.

3.6. Tahap Pembuatan Jalur Rangkain Pada PCB

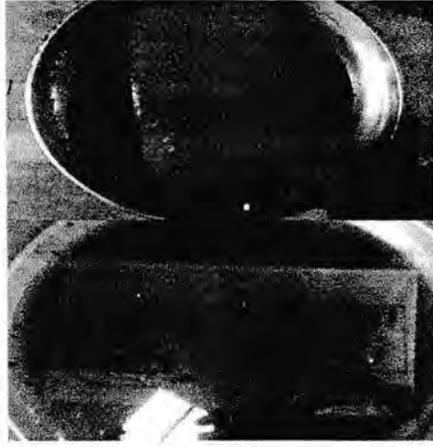
Gambar dibawah ini adalah tahap pembuatan atau penggambaran jalur rangkaian pada papan PCB (Print Circuit Board).



Gambar 3.6 Pembuatan jalur rangkaian pada PCB

3.7. Tahap Pelarutan Jalur Rangkaian PCB.

Pada tahap ini jalur yang sudah di gambar pada pcb dilarutkan menggunakan bahan kimia feerit cloryda, gambar di bawah ini adalah tahap pelarutan pcb.

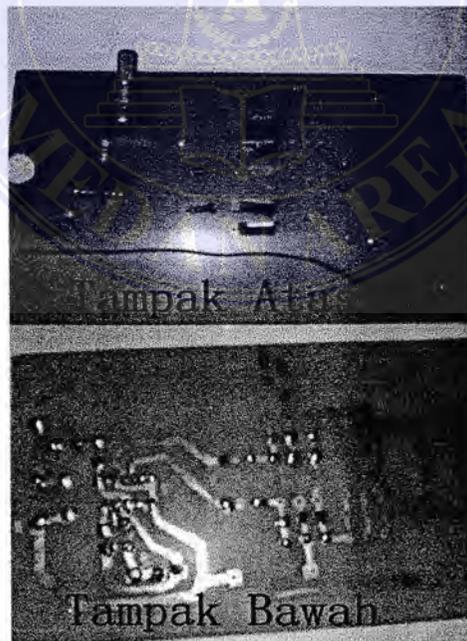


Gambar 3.7 Tahap pelarutan Jalur PCB.

3.8. Tahap Pemasangan Komponen pada PCB.

Setelah papan PCB selesai dibuat dan jalur rangkaian sudah terbentuk, maka semua komponen dipasang ke pcb.

Gambar dibawah ini adalah gambar pcb setelah komponen dipasang.



Gambar 3.8 Gambar pcb setelah komponen dipasang

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah selesai dilaksanakan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil keluaran tegangan inverter dapat diatur dengan menurunkan nilai R dan C yang terhubung dengan IC multivibrator CD4047
2. Untuk mendapatkan daya yang lebih besar tergantung pada kapasitas daya input dan trafo penguat
3. Inverter dengan Trafo kurang efisien karena menghasilkan loosis daya yang cukup besar mencapai 30%
4. Menaikkan tegangan dengan menurunkan nilai R dan C mengakibatkan sinyal output bertambah (diatas 100 Hz).
5. Karena rangkaian yang cukup sederhana, untuk mendapatkan sinyal output kotak-kotak murni di butuhkan penambahan komponen dan rangkaian.
6. Selain untuk menyuplai barang-barang elektronik Inverter jenis ini juga bisa digunakan untuk pengaturan kecepatan motor, karena frekuensi dapat diubah (dinaikkan dan diturunkan)
7. Inverter jenis square wave (Sinyal Kotak) kurang efisien untuk barang elektronik yang sensitive dengan sinyal.

5.2. SARAN

Untuk menyempurnakan inverter dimasa yang akan datang maka perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan sinyal kotak-kotak sempurna perlu di tambahkan IC OP-AMP
2. Perlu diperhatikan bahwa penambahan Transistor final untuk mendapatkan daya yang lebih besar tidak berpengaruh apabila Arus supply kecil.
3. Untuk menghasilkan tegangan tinggi perlu di tambah transistor penguat awal atau driver transistor final.
4. Inverter jenis ini sebaiknya digunakan untuk peralatan yang yang berdaya kecil

