

APLIKASI PENGUBAH DAYA TEGANGAN DC KE AC BERBASIS TRANSFORMATOR NON CT DAN TRANSISTOR MOSFET

Prastyono Eko Pambudi¹

ABSTRACT

Distorting of energy of tension DC to AC used to support the social life of society. There by will arise an problems form of electric current from PLN desisted sudden and long time.

The problems of course can be disregarded with the installation of power plant byself like generator AC or use the accumulator. Using of transistor energy of type MOSFET also used especially at final of switching showing optimal performance. This matter is showing with the temperature speed which relative lower and ideal performance temperature stability.

The result of comparison of output power and efficiency of changer of energy of tension DC to AC with the transformator non-CT indicate that the appliance can only work 90% from maximal appliance ability. This problems because of accumulator use ably small current or standart.

Key words: *Changer of tension energy, Transistor MOSFET, Transformator Non-Ct*

INTISARI

Pengubahan daya tegangan DC ke AC digunakan untuk menunjang kehidupan sosial masyarakat. Dengan demikian akan timbul suatu bentuk permasalahan apabila aliran listrik dari PLN terhenti secara tiba-tiba dan berlangsung lama.

Permasalahan tersebut tentu dapat diabaikan dengan pemasangan pembangkit tenaga listrik sendiri seperti generator AC atau menggunakan aki. Penggunaan transistor daya tipe MOSFET dapat juga digunakan terutama pada penguat akhir pensaklaran yang menunjukkan kerja optimal. Hal ini ditunjukkan dengan kecepatan suhu yang relatif rendah dan kestabilan suhu kerja yang ideal.

Dari hasil perbandingan daya keluaran dan efisiensi pengubah daya tegangan DC ke AC dengan transformator non-CT menunjukkan bahwa alat hanya dapat bekerja 90% dari kemampuan alat maksimal. Permasalahan ini disebabkan oleh penggunaan aki dengan kemampuan arus yang kecil atau standart.

Kata-kata kunci: Pengubah daya tegangan, transistor MOSFET, Transformator non-CT

PENDAHULUAN

Dewasa ini, tenaga listrik telah menjadi salah satu kebutuhan dasar yang harus tersedia dan digunakan untuk menunjang kehidupan sosial masyarakat. Dengan demikian akan timbul suatu bentuk permasalahan apabila aliran listrik dari PLN terhenti secara tiba-tiba dan berlangsung cukup lama. Bagi perusahaan besar yang tidak menggunakan jaringan listrik PLN sebagai satu-satunya sumber aliran listrik, permasalahan tersebut diatas tentu dapat diabaikan karena dapat diselesaikan dengan pemasangan pembangkit tenaga listrik terpisah atau generator AC. Tetapi untuk bidang usaha berskala kecil atau *home industry*

yang tidak memiliki generator AC, kondisi penyediaan listrik dapat mengganggu kelancaran proses kerja dan tentunya akan membawa dampak buruk terhadap biaya operasional perusahaan.

Pada saat ini, memang telah tersedia dipasaran berbagai macam alat pengubah daya tegangan DC ke AC yang siap digunakan. Sayangnya harga alat ini cenderung sangat mahal dan memiliki daya keluaran yang tidak sebanding. Dengan kata lain hampir semua merk alat pengubah daya tegangan DC ke AC yang tersedia dipasaran memiliki mutu dibawah standar. Kondisi ini tentu akan sangat merugikan masyarakat awam dan dapat

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro, ISTA, Yogyakarta

menyebabkan hilangnya kepercayaan masyarakat terhadap produk alat yang sejenis.

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana aplikasi pembangkit tenaga listrik yang bekerja atas dasar pengubah daya tegangan DC ke AC dengan komponen inti transformator non-CT dan transistor tipe MOSFET dengan kemampuan daya keluaran sekitar 100W.

Perumusan masalah dari penelitian ini adalah perancangan alat dengan perbandingan konsumsi daya keluaran DC ke AC pada saat pengubahan daya tanpa beban dan pada saat diberi beban, dan perbandingan efisiensi daya keluaran DC ke AC dengan transformator Non-CT, serta seberapa besar pengaruh penggunaan transistor daya tipe MOSFET dibandingkan transistor tipe BJT standart dan pengaruh penggunaan rangkaian kendali dengan sistem digital dibandingkan dengan rangkaian kendali yang bersifat analog.

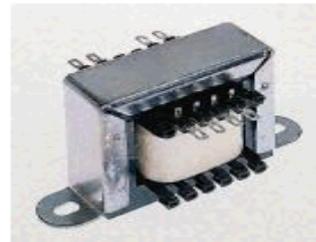
Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan suatu bentuk desain sistem rangkaian pengubah daya tegangan DC ke AC yang memiliki efisiensi dan daya keluaran lebih tinggi dibandingkan pengubah daya tegangan DC ke AC secara konvensional. Selain itu diharapkan desain sistem ini mempunyai nilai ekonomis yang lebih murah dibandingkan dengan desain sistem yang serupa.

Komponen dalam sistem elektronik dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian yaitu komponen yang bersifat pasif dan komponen yang bersifat aktif. Komponen pasif merupakan salah satu bentuk komponen elektronik yang bekerja atas dasar karakteristik dasar bahan pembentuk komponen seperti karbon, metal, plastik mika, dan larutan elektrolit. Secara prinsip komponen-komponen jenis ini digunakan untuk menghambat maupun menyimpan arus dan tegangan listrik tetapi tidak dapat digunakan untuk menguatkan tingkat intensitasnya. Semikonduktor merupakan elemen dasar dari komponen elektronika yang bersifat aktif seperti dioda, transistor dan sebuah IC (*integrated circuit*) (Widodo T.S, 2002)

Transformator

Transformator adalah komponen analog paling penting jika kita menggunakan rangkaian catu daya DC selain tegangan DC dari baterai. Transformator pada dasarnya merupakan kumparan-kumparan yang tersekat secara listrik dan dililitkan ke suatu inti besi lunak/ferit (tipe inti U/E maupun toroidal) menggunakan alas lilitan/koker yang terbuat dari plastik keras maupun kertas (A.E.Fitzgerald, 1995).

Fungsi pokok dari transformator adalah menghasilkan suatu tegangan dan arus AC dari suatu sumber tegangan dan arus AC lainnya, dimana hubungan antara saluran masukan ke saluran keluarannya hanya melalui induksi lilitan primer sekundernya dan tersekat secara listrik. Hasil tegangan dan arus keluaran transformator dapat beraneka ragam tergantung jenis transformator dan mode kerja yang digunakannya.

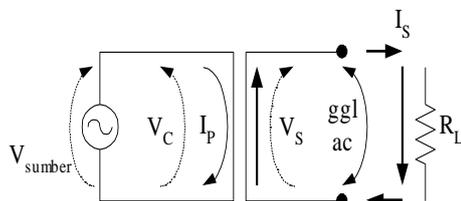


Gambar 1. Bentuk transformator standart

(<http://www.electronics2000.co.uk/transformator>)

Dalam perancangan alat ini, transformator yang dipergunakan merupakan *Step Down Transformer* dengan tegangan masukan maksimal 250Vac (*single phase 50/60Hz*). Konstruksi fisik transformer jenis ini termasuk jenis 1 (besi lunak) dengan koker isolator jenis B (plastik keras). Transformator jenis ini secara spesifik bekerja untuk menghasilkan tegangan dan arus AC yang lebih rendah dari tegangan dan arus AC masukannya. Isolasi koker antara kumparan primer dan sekunder mampu menahan tegangan sebesar 3750Vac, isolasi koker kumparan primer ke fisik (inti) mampu menahan tegangan sebesar

1875Vac sedangkan isolasi kumparan sekunder ke fisik (inti) mampu menahan tegangan sebesar *3750Vac (*=khusus transformator 250Vac). Transformator dalam bentuk yang paling sederhana terdiri atas kumparan kawat primer dan sekunder yang diletakkan dalam satu atau dua koker secara berdampingan dengan inti E berupa besi lunak. Sesuai dengan aturan generator tangan kiri, menurut teori arus elektron jika arus pada rangkaian primer mengalir ke arah bawah, maka ggl induksi pada rangkaian sekunder akan mengalir ke arah atas dan berbeda fasa 1800 dengan ggl (gaya gerak listrik) sumber.



Gambar 2. Induktansi kumparan primer dan sekunder

Keterangan Gambar :

- V_{sumber} = penghasil ggl sumber dan arus primer (IP)
- V_C = ggl lawan pada rangkaian primer
- V_S = ggl sekunder hasil induksi arus primer
- I_S = arus yang mengalir dari kumparan sekunder ke beban

Selama koefisien gandengannya tinggi, maka perbandingan tegangan tanpa beban pada transformator akan sama dengan perbandingan lilitannya. Secara persamaan hal ini dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} \quad (1)$$

N_P = jumlah lilitan primer
 N_S = jumlah lilitan sekunder
 V_P = tegangan primer
 V_S = tegangan sekunder
 Jadi untuk memperkirakan tegangan pada kumparan sekunder dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

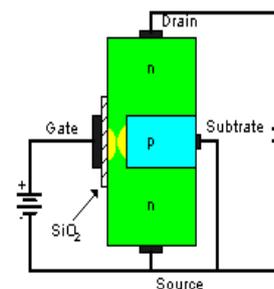
$$V_s = \frac{V_p N_s}{N_p} \quad (2)$$

Transistor MOSFET

Perbedaan transistor MOSFET (*Metal oxide FET*) dengan transistor biasa adalah memiliki *drain*, *source* dan *gate*. Namun perbedaannya *gate* terisolasi oleh suatu bahan oksida. *Gate* sendiri terbuat dari bahan metal seperti aluminium. Oleh karena itulah transistor ini dinamakan *metal-oxide*. Karena *gate* yang terisolasi, maka jenis transistor ini disebut juga IGFET yaitu *insulated-gate FET* (Widodo T.S, 2002).

Terdapat dua jenis MOSFET, yang pertama jenis *depletion-mode* dan yang kedua jenis *enhancement-mode*. Jenis MOSFET yang kedua adalah komponen utama dari gerbang logika dalam bentuk IC (*integrated circuit*), μC (*micro controller*) dan μP (*micro processor*) yang merupakan komponen utama dari komputer modern saat ini.

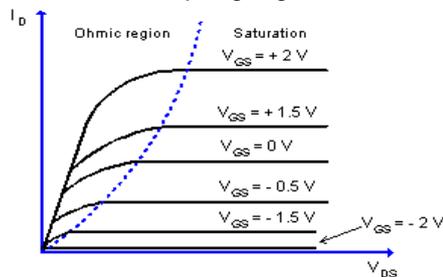
Struktur dari transistor MOSFET *Depletion-mode* nampak pada Gambar 3. Pada sebuah kanal semikonduktor tipe n terdapat semikonduktor tipe p dengan menyisakan sedikit celah. Dengan demikian diharapkan elektron akan mengalir dari *source* menuju *drain* melalui celah sempit ini. *Gate* terbuat dari metal (seperti aluminium) dan terisolasi oleh bahan oksida tipis SiO_2 (kaca).



Gambar 3. Struktur MOSFET *depletion-mode*
 (http://web.vrn.ru/te/mosfet/index_e.htm)

Semikonduktor tipe p di sini disebut substrat p dan biasanya dihubung singkat dengan *source*. Seperti pada transistor JFET lapisan deplesi mulai membuka jika $V_{GS} = 0$. Dengan menghubungkan singkat substrat p dengan *source* diharapkan ketebalan lapisan deplesi yang terbentuk antara substrat dengan kanal adalah maksimum sehingga ketebalan lapisan deplesi selanjutnya hanya akan

ditentukan oleh tegangan *gate* terhadap *source*. Pada Gambar 3, lapisan deplesi yang dimaksud ditunjukkan pada daerah yang berwarna kuning. Semakin negatif tegangan *gate* terhadap *source*, akan semakin kecil arus drain yang bisa lewat atau bahkan menjadi 0 pada tegangan negatif tertentu karena lapisan deplesi telah menutup kanal. Selanjutnya jika tegangan *gate* dinaikkan sama dengan tegangan *source*, arus akan mengalir karena lapisan deplesi mulai membuka. Sampai di sini prinsip kerja transistor MOSFET *depletion-mode* tidak berbeda dengan transistor JFET. Karena *gate* yang terisolasi, maka tegangan kerja VGS boleh positif. Jika VGS semakin positif, arus elektron yang mengalir dapat semakin besar. Di sini letak perbedaannya dengan JFET, transistor MOSFET *depletion-mode* bisa bekerja sampai tegangan *gate* positif. Kurve *drain* MOSFET *depletion-mode* nampak pada Gambar 4. Analisa kurve *drain* dilakukan dengan mencoba beberapa tegangan *gate* VGS konstan, lalu dibuat grafik hubungan antara arus *drain* ID terhadap tegangan VDS.



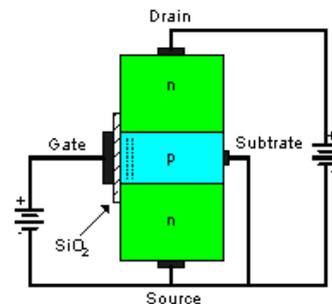
Gambar 4. Kurve *drain* transistor MOSFET *depletion-mode*

(http://web.vrn.ru/te/mosfet/index_e.htm)

Dari kurve ini terlihat jelas bahwa transistor MOSFET *depletion-mode* dapat bekerja (on) mulai dari tegangan VGS negatif sampai positif. Terdapat dua daerah kerja, yang pertama adalah daerah ohmic dimana *resistansi drain-source* adalah fungsi dari $R_{DS(on)} = V_{DS}/I_{DS}$. Jika tegangan VGS tetap dan VDS terus dinaikkan, transistor selanjutnya akan berada pada daerah saturasi. Jika keadaan ini tercapai, arus IDS adalah konstan. Tentu saja ada tegangan VGS (max), yang diperbolehkan. Karena jika lebih dari tegangan ini

akan dapat merusak isolasi *gate* yang tipis atau merusak transistor itu sendiri.

Jenis transistor MOSFET yang kedua adalah MOSFET *enhancement-mode*. Transistor ini adalah evolusi jenius berikutnya setelah penemuan MOSFET *depletion-mode*. *Gate* terbuat dari metal aluminium dan terisolasi oleh lapisan SiO₂ sama seperti transistor MOSFET *depletion-mode*. Perbedaan struktur yang mendasar adalah, substrat pada transistor MOSFET *enhancement-mode* sekarang dibuat sampai menyentuh *gate*, seperti terlihat pada Gambar 5.



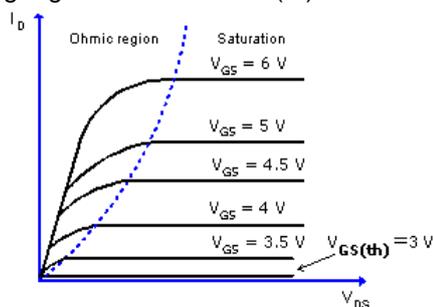
Gambar 5. Struktur MOSFET *enhancement-mode*

http://web.vrn.ru/te/mosfet/index_e.htm

Gambar 5, adalah struktur dari transistor MOSFET *enhancement mode* kanal n. Jika tegangan *gate* VGS dibuat negatif, tentu saja arus elektron tidak dapat mengalir. Juga ketika VGS = 0 ternyata arus belum juga bisa mengalir, karena tidak ada lapisan deplesi maupun celah yang bisa dialiri elektron. Satu-satunya jalan adalah dengan memberi tegangan VGS positif. Karena substrat terhubung dengan *source*, maka jika tegangan *gate* positif berarti tegangan *gate* terhadap substrat juga positif.

Tegangan positif ini akan menyebabkan elektron tertarik ke arah substrat p. Elektron-elektron akan bergabung dengan *hole* yang ada pada substrat p. Karena potensial *gate* lebih positif, maka elektron terlebih dahulu tertarik dan menumpuk di sisi substrat yang berbatasan dengan *gate*. Elektron akan terus menumpuk dan tidak dapat mengalir menuju *gate* karena terisolasi oleh bahan insulator SiO₂ (kaca). Jika tegangan *gate* cukup positif, maka tumpukan elektron akan menyebabkan

terbentuknya semacam lapisan n (*inversion layer*) yang negatif dan seketika itulah arus *drain* dan *source* dapat mengalir, karena substratnya tipe p, maka lapisan *inversion* yang terbentuk adalah bermuatan negatif atau tipe n. Tegangan minimum dimana lapisan *inversion* n mulai terbentuk disebut tegangan *threshold* $V_{GS(th)}$. Tegangan $V_{GS(th)}$ oleh pabrik pembuat tertera di dalam *data-sheet*. Di sini letak perbedaan utama prinsip kerja transistor MOSFET *enhancement-mode* dibandingkan dengan JFET. Jika pada tegangan $V_{GS} = 0$, transistor JFET sudah bekerja atau ON, maka transistor MOSFET *enhancement-mode* masih OFF. Dikatakan bahwa JFET adalah komponen *normally ON* dan MOSFET adalah komponen *normally OFF*. Kurve *Drain* MOSFET *enhancement-mode* nampak pada Gambar 6. Kurve D-MOSFET mirip seperti kurve *drain* transistor E-MOSFET, namun V_{GS} D-MOSFET semua bernilai positif. Garis kurve paling bawah adalah garis kurve dimana transistor mulai ON. Tegangan V_{GS} pada garis kurve ini disebut tegangan *threshold* $V_{GS(th)}$.

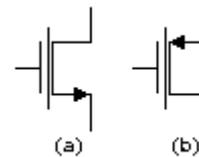


Gambar 6. Kurve *drain* E-MOSFET
(http://web.vrn.ru/te/mosfet/index_e.htm)

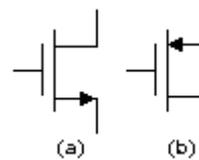
Karena transistor MOSFET umumnya digunakan sebagai saklar (*switch*), parameter yang penting pada transistor E-MOSFET adalah resistansi *drain-source*. Biasanya yang tercantum pada *data-sheet* adalah resistansi pada saat transistor ON. Resistansi ini dinamakan $R_{DS(on)}$. Besar resistansi bervariasi mulai dari 0.3 Ohm sampai puluhan Ohm. Untuk aplikasi *power switching*, semakin kecil resistansi $R_{DS(on)}$ maka semakin baik transistor tersebut. Karena akan memperkecil rugi-rugi disipasi daya dalam bentuk panas. Juga penting

diketahui parameter arus drain maksimum $I_{D(max)}$ dan disipasi daya maksimum $P_{D(max)}$.

Transistor MOSFET dalam berbagai referensi disingkat dengan nama transistor MOS. Dua jenis tipe n atau p dibedakan dengan nama NMOS dan PMOS. Simbol untuk menggambarkan MOS tipe *depletion-mode* dibedakan dengan tipe *enhancement-mode*. Perbedaan ini perlu untuk rangkaian-rangkaian rumit yang terdiri dari kedua jenis transistor tersebut.



Gambar 7. (a) NMOS (b) PMOS tipe *depletion mode*
(http://web.vrn.ru/te/mosfet/index_e.htm)



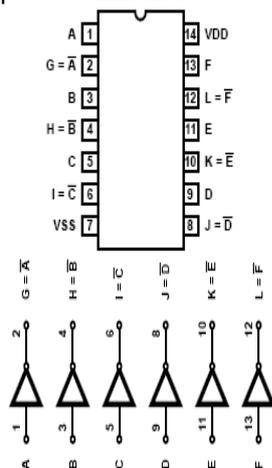
Gambar 8. (a) NMOS (b) PMOS tipe *enhancement mode*
http://web.vrn.ru/te/mosfet/index_e.htm

Transistor MOS adalah tipe transistor yang paling banyak dipakai untuk membuat rangkaian gerbang logika. Ratusan bahkan ribuan gerbang logika dirangkai di dalam sebuah IC (*integrated circuit*) menjadi komponen yang canggih seperti mikrokontroler dan mikropro-sesor. Transistor FET termasuk perangkat yang disebut *voltage-controlled device* yang tegangan masukannya (*input*) mengatur arus keluaran (*output*). Pada transistor FET, besar tegangan *gate-source* (V_{GS}) menentukan jumlah arus yang dapat mengalir antara *drain* dan *source*. Transistor MOSFET juga dikenal dengan sebutan transistor MOS umumnya gampang rusak. Ada kalanya karena tegangan *gate* yang melebihi tegangan $V_{GS(max)}$. Karena lapisan oksida yang amat tipis, transistor MOS rentan terhadap tegangan statik (*static voltage*) yang bisa mencapai ribuan volt. Untuk itulah biasanya MOS dalam bentuk transistor maupun IC selalu

dikemas menggunakan anti static. Terminal atau kaki-kakinya di hubung singkat untuk menghindari tegangan statik ini. Transistor MOS yang mahal karena RDS (on) yang kecil, biasanya dilengkapi dengan zener didalamnya. Zener diantara *gate* dan *source* ini berfungsi sebagai proteksi tegangan yang berlebih. Walaupun zener ini sebenarnya akan menurunkan impedansi *input gate*, namun cukup seimbang antara *performance* dan harganya.

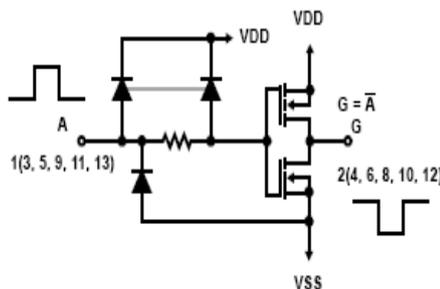
4069 Hex Inverter

4069 hex inverter merupakan CMOS yang memuat 6 gerbang NOT dan dikemas dalam bentuk DIP16. Bentuk fisik dan konfigurasi pin 4069 nampak pada Gambar 9.



Gambar 9. Bentuk fisik dan konfigurasi pin 4069

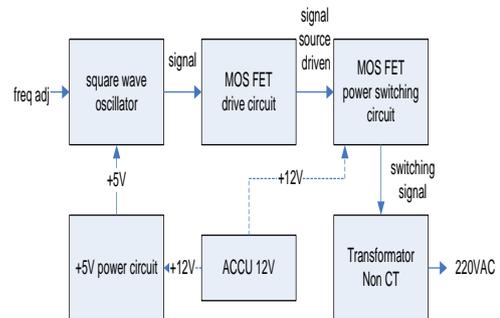
Setiap gerbang NOT internal 4069 dibentuk menggunakan skematik seperti internal seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Skematik internal gerbang NOT 4069

Metodologi Penelitian

Gambar 11 adalah bentuk susunan blok diagram dari sistem kerja pengubah daya tegangan DC ke AC dengan transformator non CT.



Gambar 11. Blok diagram sistem

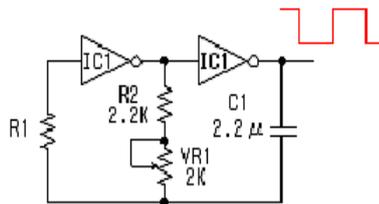
Cara kerja :

Rangkaian alat merupakan pengubah daya tegangan DC ke AC dengan transformator non CT yang bekerja menggunakan tegangan catuan +12V dari aki (accu). Pada saat sumber tegangan dipasang, tegangan +12V akan disalurkan ke penguat akhir pensaklaran dan ke bagian rangkaian catudaya +5V. Bagian catudaya +5V (+5V *power circuit*) akan menurunkan tegangan catuan tersebut menjadi tegangan +5V yang digunakan sebagai catuan rangkaian osilator gelombang kotak (*square wave oscillator*). Rangkaian osilator ini akan menghasilkan sinyal dengan bentuk gelombang kotak dan digunakan sebagai sinyal acuan proses pensaklaran dengan nilai frekuensi yang dapat diatur melalui saluran pengatur frekuensi (*freq adjustment*). Sinyal gelombang kotak sebesar 50Hz-60Hz keluaran rangkaian osilator disalurkan ke rangkaian pengendali MOSFET (*MOSFET drive circuit*) untuk dikuatkan tingkat sinyalnya. Sinyal yang sudah diperkuat tersebut, kemudian disalurkan ke rangkaian penguat akhir pensaklaran (*MOSFET power switching circuit*). Dengan pengaturan ini, rangkaian mosfet penguat akhir pensaklaran akan bekerja secara on/off sesuai frekuensi sinyal gelombang kotak dan mensaklar tegangan +12V di lilitan sekunder transformator. Proses ini akan menyebabkan lilitan sekunder transformator

menginduksi lilitan primernya dan menimbulkan terbentuknya tegangan AC hasil induksi dengan bentuk gelombang kotak. Tingkat tegangan AC di lilitan primer tersebut dipengaruhi oleh nilai lilitan primer dan frekuensi pensaklaran.

Osilator gelombang kotak (square wave oscillator)

Rangkaian osilator gelombang kotak dibentuk menggunakan CMOS gerbang logika NOT yang dikemas dalam bentuk IC_{1A}, IC_{1B} tipe 4069. Bentuk rangkaian osilator gelombang kotak nampak pada Gambar 12.



Gambar 12. Osilator gelombang kotak

Penggunaan gerbang NOT atau *logic inverter* ini berbeda dengan pengertian DC/AC *inverter*. Dalam rangkaian ini 2 buah gerbang NOT disusun secara seri dan diberi tambahan beban rangkaian RC pengatur frekuensi osilasi yang dikonfigurasi tanpa saluran pentanahan. Pengaturan ini sangat penting, karena untuk mencegah terjadinya gangguan atau interferensi sinyal keluaran osilator. Rangkaian pengatur frekuensi osilasi dibentuk menggunakan R₁, R₂, VR₁ dan C₁. Dengan menggunakan nilai komponen sesuai Gambar 12, dapat dilihat bahwa nilai frekuensi target yang akan dihasilkan oleh rangkaian osilator diatur menggunakan variabel resistor VR₁. nilai frekuensi tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$f = \frac{1}{2,2 \times C \times R} \tag{3}$$

Nilai frekuensi minimum yang dapat dicapai adalah :

$$f = \frac{1}{2,2 \times 2,2 \times 10^{-6} \times 4,2 \times 10^3}$$

$$f = \frac{1}{20,328 \times 10^3}$$

$$f = 49,2\text{Hz}$$

Nilai frekuensi maksimum yang dapat dicapai adalah :

$$f = \frac{1}{2,2 \times 2,2 \times 10^{-6} \times 2,2 \times 10^3}$$

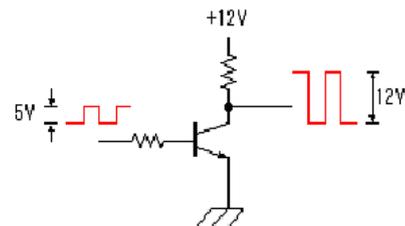
$$f = \frac{1}{10,648 \times 10^3}$$

$$f = 93,9\text{Hz}$$

Untuk menjaga kestabilan frekuensi keluaran rangkaian osilator pada saat dihubungkan dengan rangkaian pengendali mosfet, maka saluran keluaran osilator dihubungkan ke 2 buah gerbang NOT tambahan yang disusun seri IC_{1C} dan IC_{1D}. Dengan pengaturan ini rangkaian pengendali mosfet akan mendapat 2 buah sinyal gelombang kotak yang berlainan phase.

Rangkaian pengendali mosfet (FET drive circuit)

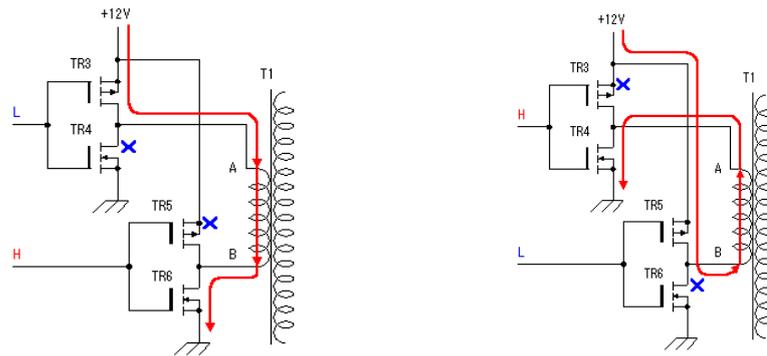
Rangkaian pengendali mosfet disusun menggunakan transistor 2SC1815 dan berfungsi menguatkan tingkat sinyal keluaran rangkaian osilator dari TTL tingkat 0 - 5V menjadi tingkat tegangan 0 - 12V. Sinyal keluaran rangkaian pengendali mosfet akan digunakan untuk mengendalikan *gate* mosfet di penguat akhir pensaklaran. Bentuk rangkaian osilator gelombang kotak nampak pada Gambar 13.



Gambar 13. Pengendali mosfet

Rangkaian penguat akhir pensaklaran (MOSFET power switching circuit)

Rangkaian penguat akhir pensaklaran merupakan inti dari rangkaian pengubah daya tegangan DC ke AC. Rangkaian ini menggunakan MOSFET TR₃, TR₄, TR₅ dan TR₆ yang dikonfigurasi dalam bentuk dual komplemen antiphase. Arah aliran arus dan bentuk skematik rangkaian penguat akhir pensaklaran nampak pada Gambar 14 (a) dan 14 (b).



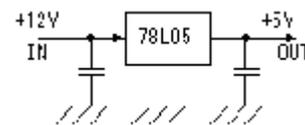
Gambar 14. Arah arus pensaklaran (a) TR₃ dan TR₆, (b) TR₅ dan TR₄

Pada saat saluran masukan TR₃ dan TR₄ berada dalam tingkat L dan saluran masukan TR₅ dan TR₆ berada dalam tingkat H, maka TR₃ dan TR₆ akan berada dalam kondisi ON sedangkan TR₄ dan TR₅ berada dalam kondisi OFF. Dengan pengaturan ini, arus akan mengalir kumparan sekunder transformator T₁ dari titik A ke B. Ketika tingkat masukan memiliki nilai berlawanan, TR₃ dan TR₆ akan berada dalam kondisi OFF, sedangkan TR₄ dan TR₅ akan berada dalam kondisi ON. Pengaturan ini menyebabkan arus akan mengalir B ke A.

Rangkaian catudaya +5V (+5V power circuit)

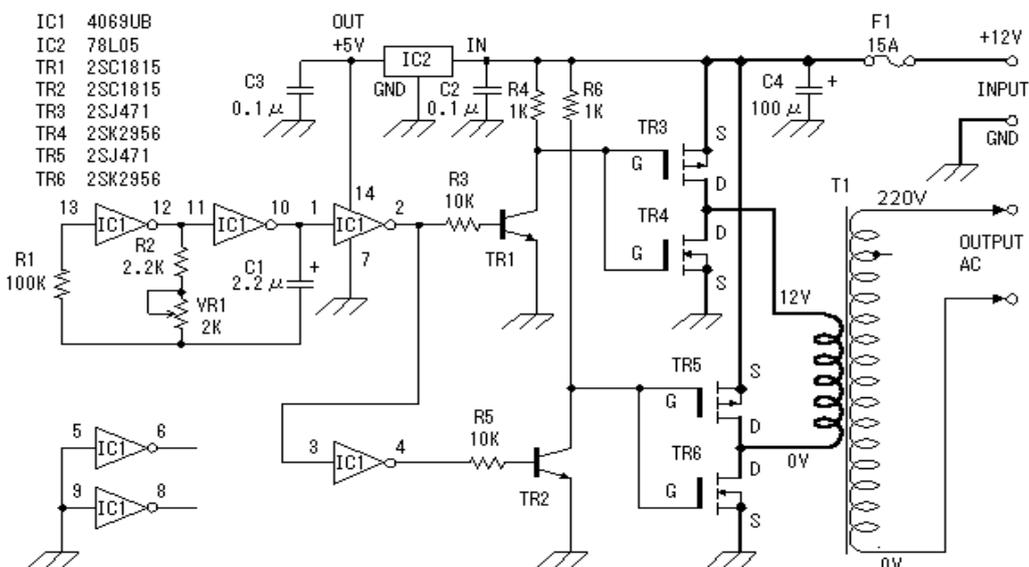
Rangkaian catudaya +5V berfungsi untuk menghasilkan tegangan catuan

+5V yang digunakan sebagai tegangan Vcc IC1. Rangkaian ini menggunakan regulator 78L05 karena arus yang diperlukan oleh IC1 hanya sebesar 100mA. Bentuk skematik rangkaian catudaya nampak pada Gambar 15.



Gambar 15. Catudaya +5V

Rangkaian catudaya ini tidak memerlukan kondensator tapis dengan kapasitas yang besar karena sumber tegangan acuan IC₁ merupakan aki +12VDC. Oleh karena itu pemasangan C₂ dan C₃ cukup menggunakan kapasitor senilai 0,1uF.



Gambar 16. Skematik rangkaian pengubah daya tegangan DC ke AC

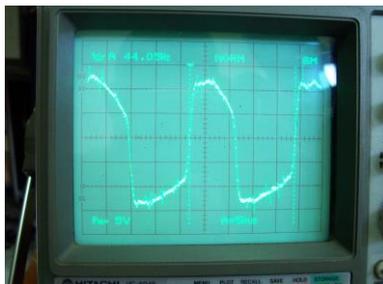
PEMBAHASAN

Pengujian bagian osilator gelombang kotak (*square wave oscillator*)

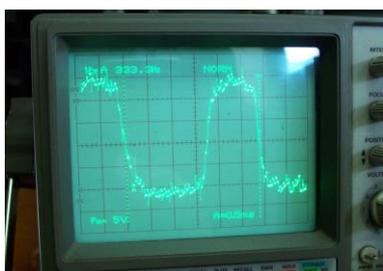
Pengujian bagian osilator gelombang kotak digunakan untuk mengetahui tegangan dan bentuk gelombang keluaran rangkaian osilator, dan keluaran penyangga rangkaian pengendali mosfet. Hasil pengujian bagian ini ditabulasikan dalam Tabel 1.

No	Test point	Tegangan		Ket
		Multi meter	osiloskop	
1	1	5V	6,2 Vpp	gambar ukur 15
2	2	5V	5,4 Vpp	gambar ukur 16
3	3	5V	5,2 Vpp	gambar ukur 17

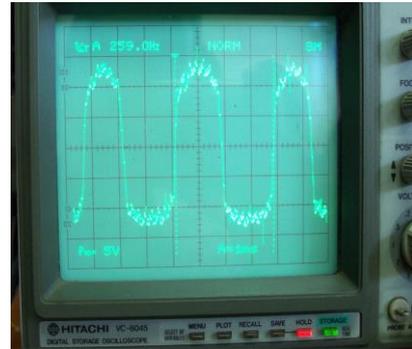
Dari hasil pengujian nampak bahwa pengukuran dengan menggunakan multimeter menunjukkan nilai tegangan statis 5V keluaran IC₁ pin 10, 2 dan 4. Keluaran IC₁ tersebut sebenarnya merupakan rentetan sinyal gelombang kotak dengan nilai frekuensi 50 Hz yang ditentukan oleh VR₁. Bentuk gelombang saluran keluaran IC₁ ini dapat dilihat pada Gambar 15 hingga Gambar 17.



Gambar 15. Bentuk gelombang keluaran IC₁ pin 10



Gambar 16. Bentuk gelombang keluaran IC₁ pin 2



Gambar 17. Bentuk gelombang keluaran IC₁ pin 4

Dari gambar bentuk gelombang di atas nampak bahwa keluaran IC₁ pin 2 dan 4 memiliki tingkat tegangan yang sama tetapi berlawanan phasenya.

Pengujian catudaya +5V

Pengujian bagian ini digunakan untuk mengetahui kemampuan IC₂ dalam menyalurkan arus dan tegangan catuan ke IC₁.

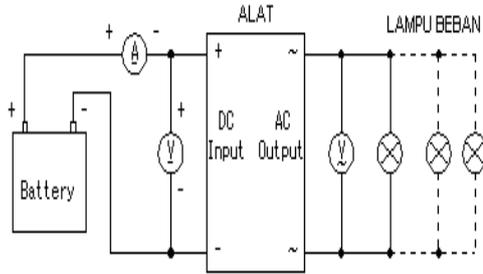
Tabel 2. Hasil pengujian bagian catudaya +5V

No	Test point	Tegangan multimeter	Keterangan
1	5	12V	Sumber dari aki
2	4	5V	Tegangan catuan IC ₁

Tegangan dan arus keluaran IC₂ tipe 78L05 terbukti digunakan untuk mencatu IC₁ meskipun saluran masukan dan keluaran IC₁ hanya ditapis menggunakan kapasitor senilai 0,1uF. Hal ini disebabkan karena rangkaian menggunakan aki sebagai sumber tegangan dan arus utama.

Pengujian lengkap

Dalam pengujian lengkap ini digunakan aki dari motor sebagai sumber tegangan catuan alat dan beberapa buah lampu untuk digunakan sebagai beban. Dalam pengujian ini bentuk pemasangan alat ukur, aki dan lampu beban dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Skematik pengujian lengkap

Pengujian daya keluaran alat

Nilai tegangan masukan, nilai arus masukan dan nilai tegangan keluaran alat akan berubah sesuai dengan nilai watt lampu beban yang terpasang disalurkan keluaran alat. Tegangan keluaran alat akan jatuh jika beban yang terpasang terlalu besar karena konsumsi arus lampu beban yang besar akan mempengaruhi nilai tegangan tersebut. Dengan mengasumsikan terlebih dahulu bahwa nilai hambatan setiap lampu beban tidak akan berubah,

maka konsumsi arus beban dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

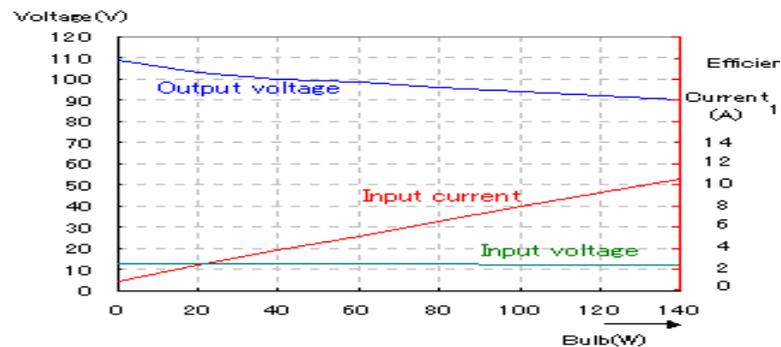
Sebagai contoh digunakan lampu beban sebesar 5 watt, dan tegangan keluaran alat sebesar 220VAC, maka nilai resistansi lampu 5 watt adalah :

$$R_{\text{lampu}} = V^2/W = (220)^2/5 = 96,8 \text{ k ohms}$$

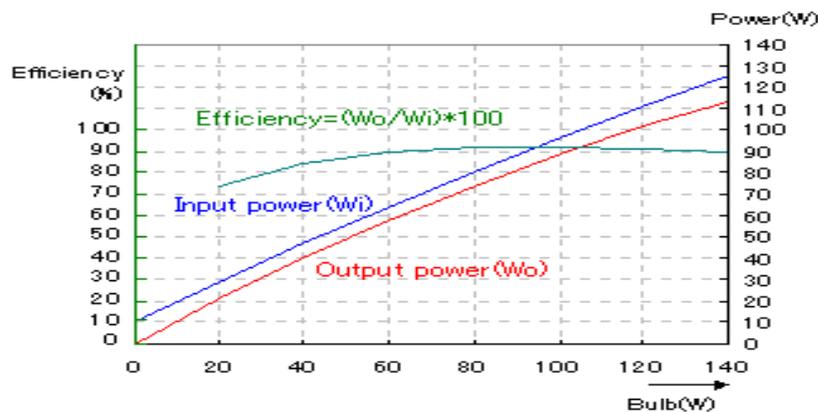
Apabila nilai tegangan keluaran alat turun sebesar 198V, maka konsumsi daya beban adalah :

$$98V = V^2/R = (198)^2/96,8 = 405 \text{ W}$$

Dalam langkah pengujian ini digunakan lampu beban sebesar 5 watt sampai dengan 40 watt. Dengan mengamati perubahan nilai arus masukan, nilai tegangan DC masukan dan nilai tegangan AC keluaran alat, hasil pengujian ini nampak pada Gambar 19 dan Gambar 20.



Gambar 19. Karakteristik tegangan dan arus keluaran



Gambar 20. Perbandingan daya keluaran dan efisiensi

KESIMPULAN

Dari hasil perbandingan konsumsi perubahan daya tegangan keluaran DC ke AC pada saat tanpa beban dan pada saat diberi beban menunjukkan bahwa alat memiliki kestabilan yang cukup baik meskipun memiliki batasan kemampuan daya keluaran pada saat diberi beban sebesar 120W, dan perbandingan daya keluaran dan efisiensi perubahan DC ke AC dengan transformator Non-CT menunjukkan bahwa alat hanya dapat bekerja 90% dari kemampuan alat maksimal. Permasalahan ini disebabkan oleh penggunaan aki dengan kemampuan arus yang kecil.

Penggunaan transistor daya tipe MOSFET di penguat akhir pensaklaran menunjukkan kerja yang optimal. Hal ini ditunjukkan dengan kecepatan peningkatan suhu yang relatif rendah dan kestabilan suhu kerja yang ideal serta penggunaan rangkaian kendali dengan sistem digital pada rangkaian osilator gelombang kotak menunjukkan hasil yang lebih baik dan lebih mudah dirakit.

DAFTAR PUSTAKA

- A.E.Fitzgerald, 1995. *Dasar-dasar Elektroteknik*. Edisi Keempat, Jilid 2, Erlangga, Jakarta
- Brink, O.G and Flink, R.J. 2003. *Dasar-dasar Instrumentasi*. Edisi Ketujuh, Binacipta, Jakarta
- D. Chattopadhyay., P.C. Rakshit, 1989, *Dasar Elektronika*, UI press, Jakarta.
- Seinoue , 2004, *e-ckt30.htm-MOSFET literature*, http://www.interq.or.jp/japan/se-inoue/e_ckt30.htm
- Widodo. T.S., 2002, *Elektronika Dasar*, Salemba Teknika.
- Yohannes.H.C., 1979, *Dasar-Dasar Elektronika*, Ghalia Indonesia.
-, 1992, *datasheet CMOS 4069 hex inverters*, Harris Semiconductor <http://www.harris.com/4069>
-, April 1997, *datasheet 2SC1815*, Toshiba Semiconductor Corp <http://www.national.com/2SC1815>
-, Juli 1999, *datasheet MOSFET IRF 9510*, Intersil (Taiwan), Ltd, China http://www.intersil.com/irf_9510
-, 1999, *datasheet MOSFET IRZ 44*, Fairchild Semiconductor Corp http://www.fairchild.com/irz_44
-, 2000, LM7805, *National Semiconductor Data-sheet & Cross reference*, <http://www.national.japan.com/icregulator/lm7805>