

Perancangan Terbaru Pembuatan Model Inverter 1 Fasa Ke 3 Fasa Sebagai Penggerak Peralatan Listrik 3 Fasa

Zulkarnain Lubis

Universitas Pembangunan Panca Budi Medan

Abstrak

Peralatan Listrik tiga fasa seperti contohnya motor induksi memiliki kecepatan putaran yang telah ditentukan menurut spesifikasinya. Didalam sistem produksi kecepatan yang diberikan tidak sepenuhnya dapat beroperasi, karena kenyataan yang diinginkan tidak bertumpu pada kecepatan saja. Dengan inverter yang merupakan alat pengukur kecepatan motor induksi dengan frekuensi yang bervariasi yang bekerja secara elektrik dengan mengatur frekuensi dan tegangan yang masuk ke motor, maka dapat memberikan spesifikasi yang tepat dalam aplikasi. Perkembangan Inverter sebagai alat pengatur kecepatan motor induksi telah mengalami banyak perubahan. Komponen semi konduktor daya yang digunakan dari pertama kali pemunculannya mengalami banyak kemajuan, hingga akhirnya ditemukan suatu komponen yang memiliki tingkat efisiensi kerja yang lebih baik dari sebelumnya yaitu IGBT (Insulate Gate Bipolar Transistor). Pengatur kecepatan motor ini menggunakan Inverter sebagai pengontrol kecepatan. Dan motor induksi 3 phasa adalah sebagai bebannya. Penggunaan Inverter pada sebuah alat yang membutuhkan keakuratan ukuran dan cara kerja, dan dengan menggunakan motor sebagai penggerakannya sangatlah efisien bila memakai Inverter.

Kata Kunci : *Inverter 1 Fasa, Inverter 3 Fasa, Motor Induksi 3 Fasa.*

I. PENDAHULUAN

Inverter merupakan alat untuk mengubah bentuk arus listrik DC menjadi AC. Selain itu inverter juga bisa digunakan untuk mengubah arus 1 fasa menjadi arus 3 fasa. mengingat sumber arus 3 fasa tidak selalu tersedia terutama di perumahan. Sedangkan kebutuhan listrik 3 fasa sangat dibutuhkan, misalnya untuk industri perumahan (*home industri*) misalnya untuk menjalankan mesin-mesin produksi yang pada umumnya menggunakan motor 3 fasa. Untuk itu maka timbul ide untuk merancang dan merealisasikan sebuah sistem perubahan arus 1 fasa menjadi arus 3 fasa yang disebut inverter 3 fasa. Proses perubahan dapat dilakukan dengan prinsip switching atau pensaklaran 3 tahap untuk membentuk gelombang 3 fasa. Rancangan ini dapat diharapkan dapat menggerakkan beban-beban 3 fasa terutama motor induksi. Motor induksi termasuk salah satu peralatan 3 fasa yang paling banyak digunakan dalam industri karena banyak aplikasi yang menggunakan motor listrik 3 fasa. Salah satu contoh pengaturan kecepatan motor adalah pada sebuah konveyor, mesin penggiling, pompa hidrolik, dan sebagainya. Selain itu motor 3 fasa juga digunakan untuk menggerakkan elevator atau lift. Salah satu alasan penggunaan motor listrik 3 fasa adalah kemampuan mengatur kecepatan yang sangat stabil dibandingkan dengan motor 1 fasa.

Sebuah elevator sangat membutuhkan kecepatan yang stabil dan konstan agar orang yang menggunakannya merasa nyaman dan aman. Gerak elevator dimulai dengan kecepatan yang sangat lambat kemudian cepat, dan akan melambat

kembali saat akan berhenti. Topik pada pembahasan ini adalah bagaimana merancang sebuah inverter 3 fasa dari sumber arus 1 fasa untuk menggerakkan motor 3 fasa. Sumber tenaga berasal dari PLN 1 fasa yang diubah menjadi 3 fasa. Sebagai pembangkit atau membentuk sinyal 3 fasa digunakan mikrokontroler atmega 8. Kontroler diprogram dengan bahasa C untuk mengatur dan mengendalikan sinyal ke motor. Pengaturan kecepatan dilakukan dengan mengatur frekuensi keluaran 3 fasa. Pada umumnya frekuensi bekerja antara 0 hingga 50 Hz untuk kecepatan maksimum.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Motor induksi adalah motor listrik arus bolak-balik (AC) yang putaran rotornya tidak sama dengan putaran medan putar pada stator, dengan kata lain putaran rotor dengan putaran medan pada stator terdapat selisih putaran yang disebut slip. Motor induksi, merupakan motor yang memiliki konstruksi yang baik, harganya lebih murah dalam pengaturan kecepatannya, stabil ketika berbeban dan mempunyai efisiensi tinggi. Mesin induksi adalah mesin AC yang paling banyak digunakan dalam industri dengan skala besar maupun kecil, dan dalam rumah tangga.

2.2 Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa

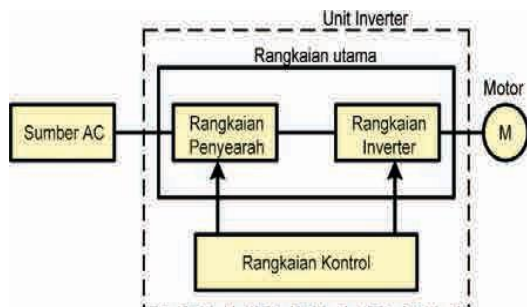
Motor induksi adalah peralatan pengubah energi listrik ke bentuk energi mekanik. Pengubah energi ini bergantung pada keberadaan fenomena alami magnet medan listrik, gaya mekanis dan gerak. Jika pada belitan stator diberi tegangan tiga

phasa, maka pada belitan stator akan mengalir arus tiga phasa, arus ini menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron (n_s). Medan magnet ini akan memotong belitan rotor, sehingga pada belitan rotor akan diinduksikan tegangan seperti halnya tegangan yang diinduksikan dalam lilitan sekunder transformator oleh fluksi yang dihasilkan arus pada belitan primer. Rangkaian rotor merupakan rangkaian tertutup, baik melalui cincin ujung atau tahanan luar.

2.3. Inverter

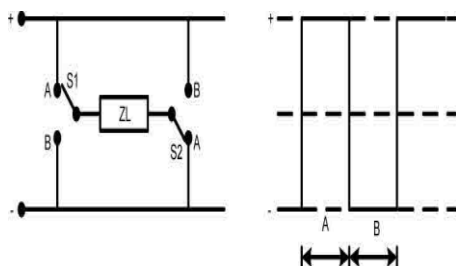
2.3.1 Inverter 1 Phasa

Inverter merupakan suatu rangkaian penyaklaran elektronik yang dapat mengubah sumber tegangan arus searah (*DC*) menjadi tegangan arus bolak-balik (*AC*) dengan besar tegangan dan frekuensi yang dapat di atur. Tegangan bolak-balik yang dihasilkannya berbentuk gelombang persegi dan pada pemakaian tertentu diperlukan *filter* untuk menghasilkan bentuk gelombang sinusoida. Pengaturan besar tegangan dapat dilakukan dengan 2 cara. Pertama, dengan mengatur tegangan input *DC* dari luar tetapi lebarwaktu penyaklaran tetap. Kedua, mengatur lebarwaktu penyaklaran dengan tegangan input *DC* tetap. Pada cara yang kedua besar tegangan *AC* efektif yang dihasilkan merupakan fungsi dari pengaturan lebar pulsa penyaklaran. Cara inilah yang disebut dengan *Pulse Width Modulation (PWM)*. Struktur inverter umumnya mempunyai bentuk seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur Inverter

Prinsip kerja dari inverter secara sederhana dapat dijelaskan dengan menggunakan saklar mekanik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Inverter Sederhana

2.3 2. Inverter 3 Phasa

Inverter 3 phasa merupakan inverter dengan tegangan keluaran berupa tegangan bolak balik (*AC*) 3 phasa per segi. Aplikasi Inverter 3 phasa digunakan pada UPS, AC motor drive dan untuk mensupply beban tiga phasa.

2.3.2.1 Pwm Dalam 3 Phasa Voltage Source Inverter

Keuntungan operasi inverter PWM sebagai teknik konversi dibandingkan dengan jenis jenis inverter lainya dapat dilihat dari rendahnya distorsi harmonik pada tegangan keluaran inverter PWM. Proses pembangkitan sinyal PWM menjadi salah satu faktor penentu unjuk kerja sistem secara keseluruhan. Selama ini pengendalian inverter PWM secara digital dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler atau DSP (*Digital Signal Processing*). Tuntutan akan kecepatan operasi dan unjuk kerja pengendali yang handal mendorong untuk mengimplementasikan sinyal PWM dalam bentuk rangkian logika perangkat keras (*hardware logic*). Operasi dalam bentuk perangkat keras ini mempunyai kecepatan lebih tinggi dibanding operasi yang dilakukan secara perangkat lunak oleh mikrokontroler, karena operasi dengan perangkat lunak membutuhkan waktu untuk menerjemahkan perintah-perintah pemrograman. Selain itu lebar data yang dapat diproses juga terbatas oleh kemampuan mikrokontroler. Implementasi operasi-operasi digital dalam bentuk perangkat keras dapat dilakukan dengan FPGA (*Field Programmable Gate Array*).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metodologi

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode perancangan sistem yaitu, merancang hardware dan software sistem. Rancangan dibuat untuk keperluan objek penelitian untuk menghasilkan beberapa kesimpulan. Objek dirancang, dirakit dan diuji hingga menghasilkan data-data. Dalam hal ini alat yang dirancang adalah sebuah inverter pengubah sumber 1 phasa menjadi 3 phasa. Sistem bekerja berdasarkan pengaturan waktu untuk membentuk gelombang 3 phasa dari sumber 1 phasa yang telah disearahkan terlebih dahulu.

3.2. Lokasi Penelitian

Adapun tempat lokasi penelitian dilakukan yaitu di I.T.M (*Insitut Teknologi Medan*), Jln. Gedung Arca No.52 Medan.

3.3. Alat dan bahan

3.3.1. Peralatan

1. Peralatan komputer/Laptop
2. Digital multi tester
3. Perkakas listrik
4. Oscilloscope
5. Mesin pendukung (gergaji listrik, bor dll.)

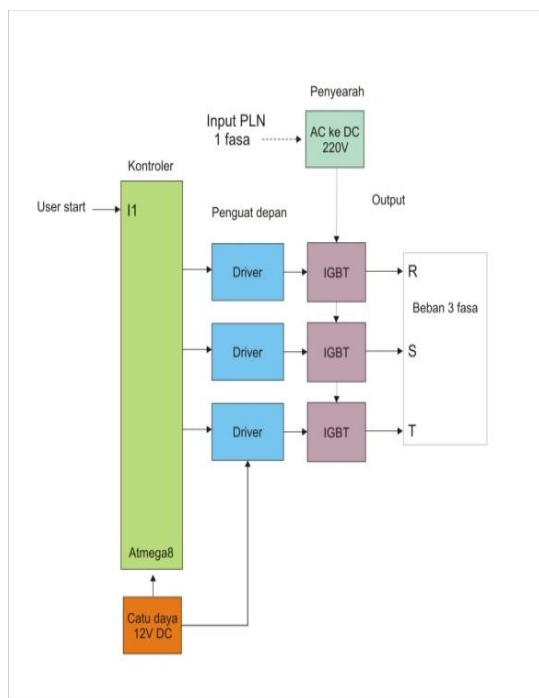
3.3.2. Bahan-bahan

1. Transistor IGBT FGL40N120.
2. IC AN 7805.
3. Kapasitor 220uF/450V, 10uF/50V, 2.2 uf/50V dll.
4. Transistor bipolar KSP42, KSP44.
5. Kristal osilator 4 mHz.
6. Resistor 10K ,4K7 ,100K dll.
7. Dioda 1N4148.
8. Catudaya/adaptor 12V.
9. Dioda silikon 1N4007, 1N4002
10. PCB rangkaian dan casis.
11. Kabel-Kabel dan terminal.
12. Trafo penurun tegangan.
13. Dioda bridge 25A.
14. Heat sink/pendingin.
15. Terminal kabel dan sebagainya.
16. Motor 3 fasa 1/2 hp.
17. IC mikrokontroller atmega 8.

3.4. Perancangan hardware

3.4.1. Blok diagram

Gambar Blok Diagram



Gambar 3. Blok Diagram

Blok Diagram diatas merupakan blok diagram sistem yang dibuat. Diagram menjelaskan konfigurasi dasar sistem yaitu inputoutput dan bagian pengontrol sistem. Rancangan yang dibuat adalah sebuah inverter yang berfungsi mengubah sumber arus 1 fasa menjadi 3 fasa. Bagian Input inverter terdiri dari rangkaian penyearah yaitu ac menjadi dc. Rangkaian ini bertugas mengubah arus bolak balik menjadi arus searah.

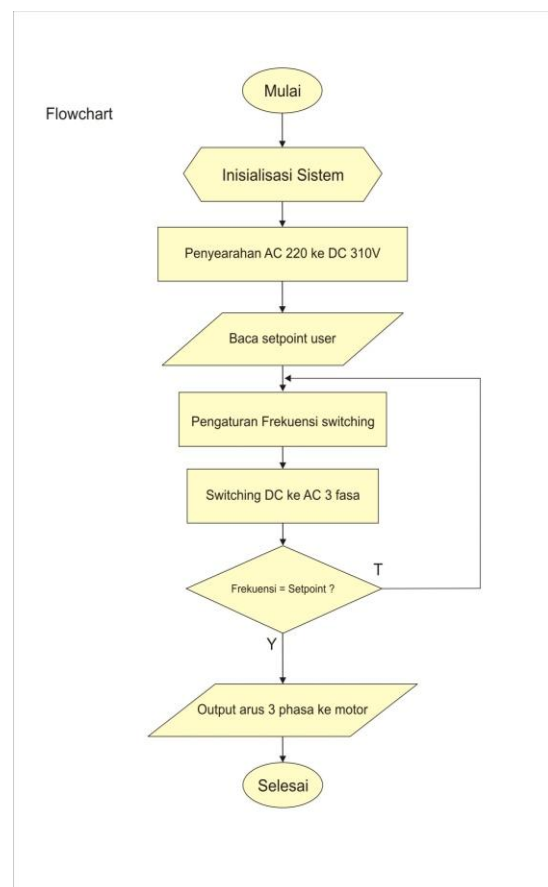
Bagian pengontrol akan melakukan pengaturan untuk menghasilkan pulsa pwm untuk membentuk gelombang sinus modifikasi.

Gelombang yang dihasilkan diatur agar memiliki 3 fasa keluaran dengan selisih waktu tertentu agar dihasilkan bentuk gelombang 3 fasa. Bagian ini dikerjakan oleh sebuah kontroler AVR yaitu atmega 8.

Output kontroler kemudian diberikan pada masukan transistor IGBT yang berfungsi menguatkan dengan cara mensaklar arus DC ke beban. IGBT merupakan komponen output dari blok diagram di atas atau bagian keluaran sistem yang memberikan hasil proses. Sedangkan output yang dihasilkan digunakan untuk menjalankan beban motor induksi 3 fasa.

3.4.2. Flow Chart

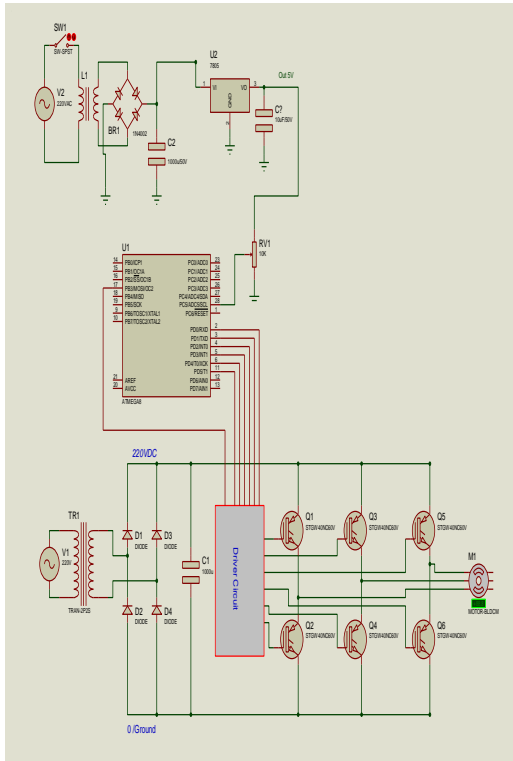
Gambar Flow Chart



Gambar 4. Flow Chart

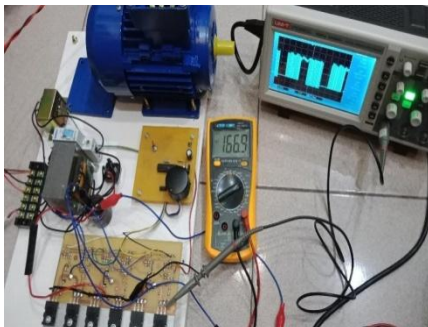
Gambar diagram di atas adalah flow chart atau diagram alir proses sistem. Flow chart menjelaskan tahapan tiap proses mulai dari mulai hingga selesai untuk satu siklus kerja. Dalam hal ini, dimulai dengan inisialisasi dan nilai awal variabel dan konstanta. Setelah itu proses penyearah oleh dioda dan kapasitor untuk membuat arus bolak-balik menjadi searah. Arus searah kemudian diswitching oleh kontroler menjadi 3 fasa melalui pengaturan waktu tiap fasa. Hasil proses 3 fasa dikuatkan oleh transistor IGBT agar dapat digunakan untuk menjalankan beban 3 fasa.

3.4.3. Prinsip Kerja Rangkaian

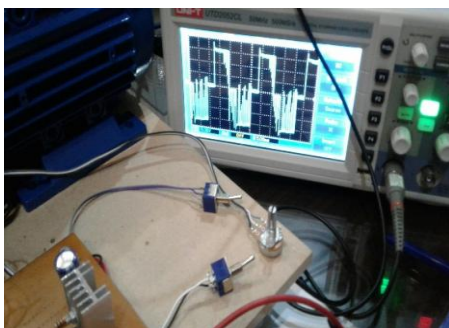


Gambar 5. Prinsip Kerja Rangkaian

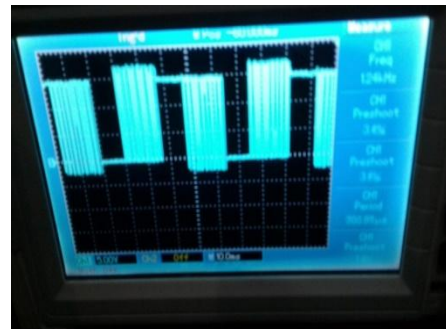
Rangkaian terdiri dari beberapa bagian yaitu penyearah, pembangkit gelombang dan penguat daya. Rangkaian bekerja mulai dari masukan sistem yaitu sumber arus 1 fasa, sumber berasal dari PLN dengan tegangan 220V. Tegangan tersebut.



Gambar 6. Foto capture hasil pengukuran IGBT dengan osiloskop.



Gambar 7. Bentuk gelombang pada output IGBT



Gambar 8. Bentuk gelombang Output IGBT fasa R ke S dengan beban motor

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan beberapa tahap yaitu pada masing-masing bagian atau blok hingga pada masing-masing keseluruhan sistem. Untuk melakukan pengujian dibutuhkan beberapa alat pendukung misalnya alat ukur listrik, alat ukur gelombang listrik, trafo slide regulator dan sebagainya.

4.1. Hasil Penelitian

Hasil yang diperoleh dari proses perancangan adalah sebuah inverter 3 fasa. Inverter yang dibuat digunakan untuk memberi suplai ke beban 3 fasa misalnya motor 3 fasa. Inverter yang dibuat terdiri dari 2 tahap yaitu penyearah AC ke DC yaitu 220V AC menjadi 220V DC. Selanjutnya tegangan DC tersebut diubah menjadi tegangan AC 3 fasa dengan metode switching. Untuk itu pembahasan dibagi atas beberapa bagian mengingat adanya beberapa tahapan yang berbeda secara teori maupun cara kerjanya. Pada bagian ini pembahasan difokuskan pada bagian Gambar 9. Pengubah arus 1 fasa ke 3 fasa secara keseluruhan diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil capture rangkaian inverter 3 fasa

4.2. Hasil pengujian

Untuk mengetahui kinerja alat yang dibuat maka dibutuhkan suatu proses pengujian. Pengujian dapat dilakukan secara bertahap mulai dari input hingga output. Input berasal dari sumber energi 1 fasa yaitu PLN. Tegangan PLN digunakan untuk mensuplai sistem termasuk rangkaian kontroler dan untuk menghasilkan tegangan 220V DC. Seperti pada umumnya

tegangan AC diinduksikan melalui sebuah trafo yang memiliki perbedaan jumlah lilitan.

Agar diperoleh tegangan yang sesuai maka sebuah transformator dibutuhkan untuk menurunkan tegangan 220V menjadi 160V. Tegangan tersebut kemudian disearahkan oleh dioda jembatan dan kapasitor. Hasil penyearahan membuat tegangan menjadi 220V DC. Tegangan DC tersebut kemudian diubah menjadi arus 3 fasa dengan metode switching yang dilakukan oleh 3 pasang transistor IGBT. Sampai tahap ini rangkaian telah berhasil dibuat dan direalisasikan. Untuk mengetahui hasil keluaran rangkaian inverter 3 fasa maka perlu dilakukan pengujian dan pengukuran. Berikut adalah hasil pengukuran yang dilakukan pada inverter yang dibuat.

1. Pengujian Input Inverter

Input dari inverter bersumber dari arus 1 fasa PLN yang distepdown dan disearahkan menjadi DC. Untuk menguji rangkaian stepdown dan penyearah dapat dilakukan dengan mengukur tegangan input dan output, Berikut adalah hasil pengukuran yang dilakukan.



Gambar 10. Pengujian Input Inverter

Analisa

Vin trafo adalah tegangan AC input yang diperoleh dari sebuah slide regulator atau sebuah auto trafo yang dapat mengatur tegangan dari 0 hingga 250V. Sedangkan Vout trafo adalah tegangan keluaran sebuah trafo stepdown yang digunakan untuk menurunkan tegangan. Hasil penurunan tegangan tersebut disearahkan oleh dioda dan kapasitor menjadi DC.



Gambar 11. Proses pengukuran step down dan penyearahan.

Analisa

Efisiensi berbeda-beda untuk beban yang berbeda. Efisiensi dapat dicari dengan persamaan :
 $Eff = P_{out}/P_{in} \times 100\%$

$$Eff1 = 0$$

$$Eff2 = 5,24/10,03 \times 100\% = 52,2\%$$

$$Eff2 = 10,17/27,21 \times 100\% = 37,3\%$$

$$Eff3 = 47,96/78,35 \times 100\% = 61,2\%$$

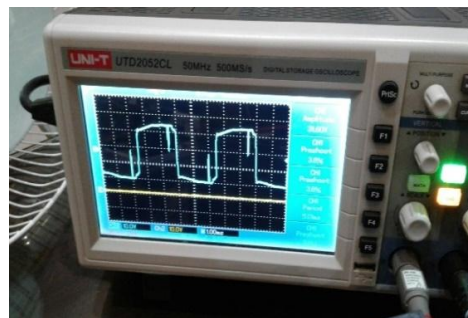
$$Eff4 = 87,76/152 \times 100\% = 57,7\%$$



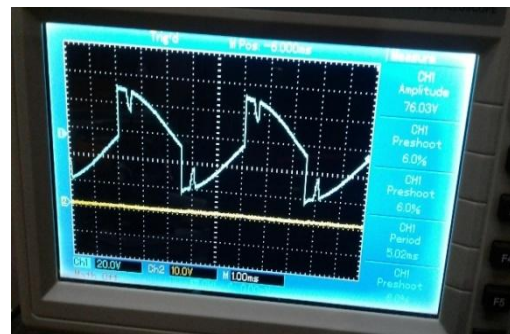
Gambar 12. Hasil pengukuran tegangan output inverter saat frekuensi rendah

2..Pengukuran Pulsa Input Dan Output Inverter.

Pengukuran pulsa adalah melihat bentuk pulsa atau gelombang tegangan input dan output inverter. Untuk itu dibutuhkan sebuah osiloskop untuk menampilkan bentuk gelombang dari tegangan inverter. Pengujian pada masukan dimulai pada output pulsa mikrokontroler atmega 8 . Kemudian pengukuran dilanjutkan pada output mosfet atau masukan trafo step down. Gambar hasil pengukuran diperlihatkan pada foto dibawah ini.



Gambar 13. Pengukuran output inverter dengan beban induktif (kipas -angin).



Gambar 14. Pengukuran output inverter dengan beban kapasitif (kapasitor).

3. Pengujian Rangkaian Penyearah AC-DC

Output inverter dc-ac digunakan untuk mensuplai inverter tahap berikutnya yaitu inverter 3 fasa. Agar dapat digunakan sebagai sumber arus untuk inverter 3 fasa maka tegangan keluaran inverter dc-ac harus disearahkan menjadi DC 220V. Untuk itu output inverter dihubungkan dengan dioda penyearah dan kapasitor. Untuk menguji rangkaian penyearah maka dapat dilakukan dengan pengukuran tegangan masuk dan keluaran penyearah. Pengujian dibantu dengan alat pengatur tegangan variabel yaitu auto trafo. Auto trafo adalah sebuah transformer yang dapat diatur tegangan keluarannya dengan memutar poros autotrafo. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui respon penyearah terhadap perubahan tegangan yang terjadi pada masukan saat beban nol dan dibebani dengan lampu pijar 100W. Berikut adalah data pengukuran yang dilakukan dengan berbagai masukan.

Tabel 1. Pengujian Rangkaian Penyearah AC-DC

Tanpa Beban		Lampu pijar 100 W	
Vin (V _{AC})	Vout (V _{DC})	Vout (V _{DC})	
100	140,29	120,19	
110	154,33	132,32	
120	168,19	144,39	
130	182,35	156,55	
140	196,17	168,32	
150	210,29	180,27	
160	224,27	192,29	
170	238,30	204,83	

Analisa:

Tegangan AC lebih rendah dari tegangan DC karena tegangan AC yang terukur dengan voltmeter adalah tegangan efektif. Sehingga saat menjadi DC tegangan tersebut dikali dengan akar 2 menjadi tegangan maksimum. Tegangan akan turun menjadi tegangan rata rata saat diberi beban.



Gambar 15. Foto rangkaian pengujian penyearah ac ke dc

4. Pengujian Output Inverter 3 Fasa.

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan masukan tegangan secara bertahap melalui input dc kemudian diukur output keluaran inverter tiap fasa. Hasil pengukuran yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Pengujian Output Inverter 3 Fasa

Input	Output Inverter				
	Vin(VAC)	VDC	R(VAC)	S(VAC)	T(VAC)
10	13,07	10,89	10,35	10,65	
20	27,31	21,23	20,47	20,47	
30	41,49	30,17	30,23	30,68	
40	55,24	38,19	40,24	40,61	
50	69,42	49,27	50,28	50,59	
60	83,42	62,12	61,32	62,05	
70	97,29	74,19	74,21	75,97	
80	111,21	86,80	86,89	87,45	
90	121,38	98,35	97,38	98,05	
100	139,29	110,19	109,27	110,85	
110	153,31	120,32	120,21	120,39	
120	168,19	134,39	133,28	134,05	
130	181,35	146,55	145,55	145,60	
140	195,67	158,32	158,49	159,15	
150	211,39	169,27	169,23	170,33	
160	222,27	182,29	181,67	182,93	

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Rancang bangun inverter 3 fasa berhasil dibuat dengan menggunakan komponen elektronika yaitu mikrokontroler atmega 8 ,transistor dan igbt.
2. Pengaturan Frekuensi dan perioda 3 fasa dilakukan oleh mikrokontroler atmega 8 melalui output port.
3. Output daya yang dihasilkan adalah 1hp atau sekitar 746 watt sehingga mampu menggerakkan motor 1 hp.
4. Sinyal output keluaran adalah sinus termodulasi pwm sehingga terlihat berbentuk pulsa pada layar osiloskop.
- 5.

5.2. Saran

1. Masih membutuhkan banyak penyempurnaan agar inverter 3 fasa dapat diproduksi dan dipasarkan.
2. Untuk memperbesar daya keluaran dapat dilakukan dengan menambah jumlah IGBT atau menukar dengan tipe yang lebih besar.
3. Merancang ulang bentuk rangkaian agar ukuran lebih kecil dan kompak sehingga tidak memakan tempat.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Anthony Zuriman, 2004, *Perencanaan Kapasitor Jalan Untuk Mengoperasikan Motor Induksi 3 Fasa Pada Sistem Tenaga 1 Fasa*, Jurnal Momentum, Vol, 2 No 2, Agustus 2004, hal 9-13.

[2] Chapman, Stephen J., 1999, *Electric Machinery Fundamentals*, Third Edition, McGraw-Hill, New York.

- [3] David H. Sirait, 2008, *Analisis Starting Motor Induksi Tiga Fasa Pada PT. Berlian Unggas Sakti TJ. Morawa, 2008. USU Repository*©
- [4] Eugene C Lister, 1998, *Mesin dan Rangkaian Listrik*, Edisi Keenam, Erlangga, Jakarta.
- [5] Fitzgerald, A.E' Charles Kingsley, Jr, Stephen D. Umans, 1984, *Mesin – Mesin Listrik*”, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.
- [6] Hahn, J.H., 2006, *Modified Sine-Wave Inverter Enhanced, Power Electronics Technology*, Pages 20-22.
- [7] Kurniawan Ady, 2015, *Monitoring besaran listrik dari jarak jauh Pada jaringan listrik 3 Fasa Berbasis single board computer bcm2835*, UNILA
- [8] Sujarot, *Rancang Bangun Starting Motor induksi 3 Fasa Hubung Bintang-Segitiga Dilengkapi Pengaman 3 Fasa berbasis*
- [9] Suarmayasa Putu, 2012, *Paper Kapasitor/ Kondensator/ Transistor. Universitas Pendidikan Ganesha.*
- [10] Wijaya, Mochtar, 2001, *Dasar – Dasar Mesin Listrik*, Jakarta, Djambatan