

**APLIKASI MIKROKONTROLER ATMEGA8535
SEBAGAI PEMBANGKIT PWM SINUSOIDA 1 FASA
UNTUK MENGENDALIKAN PUTARAN MOTOR SINKRON**

Rachman Soleman

Program Studi Elektro, Fakultas Teknologi Industri

Institut Sains dan Teknologi Nasional

Jl. Moh. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah, Jagakarsa, Jakarta Selatan

e-mail: rachman80@gmail.com¹veriahadi@gmail.com²

ABSTRACT

Single phase pulse width modulation inverter is a circuit which convert DC voltage to AC voltage for one phase. Generating PWM signal digitally give good performance because their immune from noisy. Designing a PWM signal generator using microcontroller has several advantages, such as easy to program and network inverter become modestly. The aim of this thesis is designing generating of signal PWM one phase by using microcontroller ATMEGA8535. By using this inverter, hence operation of speed of motor AC can be controlled with more carefully. This network inverter is designed so that summarize, therefore a minimum system of microcontroller only rely on the single chip mode.

Observation shows that the design of PWM generator work well. The PWM signal which produced has 24 pulse each period and frequency interval between 20 – 60 Hz with the increase and degradation of each every 1 Hz.

Keyword: Inverter PWM Satu Fase, ATMEGA8535

ABSTRAKSI

Pulse Width Modulation Inverter satu fase adalah rangkaian pengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak balik untuk satu fase. Pembangkitan sinyal PWM secara digital dapat memberikan unjuk kerja sistem yang bagus karena lebih kebal terhadap gangguan/derau. Perancangan sebuah pembangkit sinyal PWM menggunakan mikrokontroler memiliki beberapa keuntungan yaitu mudah diprogram dan rangkaian inverter menjadi sederhana. Tujuan penelitian adalah merancang pembangkit sinyal PWM satu fase dengan menggunakan mikrokontroler ATMEGA8535. Dengan menggunakan inverter ini, maka pengendalian kecepatan motor AC dapat dilakukan dengan lebih teliti. Rangkaian inverter ini dirancang supaya ringkas, oleh karena itu pada sistem minimal mikrokontroler hanya mengandalkan ragam chip tunggal.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa rancangan pembangkit PWM telah berfungsi dengan baik. Sinyal PWM yang dibangkitkan memiliki 24 pulsa setiap periode dan rentang frekuensi antara 20 – 60 Hz dengan kenaikan dan penurunan setiap 1 Hz.

I. Pendahuluan

Motor AC memiliki keunggulan dalam hal kesederhanaan dan murah biaya perawatan sehingga jenis motor ini banyak dipakai di lingkungan industri maupun rumah tangga. Pengendalian kecepatan putaran motor AC dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya dengan kendali tegangan dan frekuensi.

Inverter adalah konverter DC ke AC

dengan tegangan dan frekuensi keluaran dapat diatur sehingga motor AC dapat dikendalikan dengan fleksibel. Ada beberapa jenis inverter diantaranya adalah inverter PWM (*Pulse Width Modulation*). Keuntungan operasi inverter PWM sebagai teknik konversi dibanding dengan jenis-jenis inverter lainnya adalah rendahnya distorsi harmonik pada tegangan keluaran dibanding dengan jenis inverter lainnya. Selain itu teknik PWM sangat praktis dan ekonomis untuk

diterapkan berkat semakin pesatnya perkembangan komponen semikonduktor (terutama komponen daya yang mempunyai waktu penyaklaran sangat cepat) Pada pengendalian kecepatan motor AC, inverter PWM mempunyai kelebihan yaitu mampu menggerakkan motor induksi dengan putaran halus dan rentang yang lebar. Selain itu apabila pembangkitan sinyal PWM dilakukan secara digital akan dapat diperoleh unjuk kerja system yang bagus karena lebih kebal terhadap derau.

II. Tinjauan pustaka

Motor induksi pada dasarnya dapat mempunyai kecepatan yang beragam dengan cara (1) mengubah frekuensi sumber daya, (2) mengubah tegangan terminal, (3) mengubah jumlah kutubnya.

Pengaturan kecepatan putar motor induksi secara konvensional dengan mengubah jumlah kutub yaitu membagi belitan stator menjadi beberapa bagian yang sama dan menghubungkannya dengan saklar penghubung yang menentukan hubungan jumlah kutubnya. Kelemahannya, hasil pengaturan kecepatannya bertingkat tidak kontinyu, dengan dua atau lebih tingkat kecepatan. Motor dengan hubungan seperti ini biasa disebut motor Dahlander.

Pengaturan kecepatan putar motor induksi konvensional lainnya ialah mengubah nilai tegangan stator, dilakukan dengan menggunakan reaktor atau variac. Cara ini mengubah torsi motor induksi yang menyebabkan perubahan kecepatan, tetapi efisiensinya menurun tajam yang membuat metoda ini tidak banyak dipakai. Metoda ini digunakan untuk mengurangi arus awal motor induksi berdaya besar.

Pengaturan kecepatan putar motor induksi dengan mengubah frekuensi sumber tegangan pada stator dapat menghasilkan pengaturan lebih baik dibanding dengan dua metoda lainnya. Kecepatan motor lebih halus, tetapi sangat rumit dalam rangkaian pengaturannya. Konsep dasar pengubah frekuensi adalah mengubah sumber daya AC menjadi DC melalui penyearah yang dikontrol atau tidak, dan kemudian diubah kembali menjadi AC untuk memberi tegangan pada motor, yang dapat diatur besar tegangan dan frekuensinya.

Untuk mengkonversi sumber daya DC ke AC dengan tegangan dan frekuensi yang dapat diatur menggunakan salah satu cara yaitu mengatur lebar pulsa modulasi atau PWM (*pulsa-width-modulation*). Bentuk gelombang tegangan keluaran idealnya sinusoida, akan tetapi dalam prakteknya tidak sinusoidal dan mengandung komponen harmonik. Untuk aplikasi daya sedang dan rendah, bentuk gelombang tegangan masih berbentuk kotak yang masih dapat diterima, tetapi untuk aplikasi daya besar dibutuhkan bentuk gelombang tegangan

sinusoida yang distorsinya rendah. Untuk mengurangi komponen harmonik tegangan keluaran dapat digunakan komponen *switching* yang cepat.

Pada penelitian ini menggunakan mikrokontroler dengan metoda PWM dalam sistem pengaturan kecepatan putar motor induksi satu fasa untuk memberikan keuntungan pada ketelitian sistem dan memungkinkan melakukan modifikasi atas sistem yang sudah ada hanya dengan mengganti atau mengubah perangkat lunaknya. Dengan memperhatikan keunggulan mikrokontroler dalam sistem pengaturan kecepatan putar motor induksi akan dapat mengurangi tingkat kerumitan.

III. Dasar Teori

Inverter PWM Sinusoida satu fasa menghasilkan pulsa PWM bolak balik satu fasa dengan nilai tegangan bolak balik efektifnya dirumuskan sebagai berikut:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2 dt} \tag{1}$$

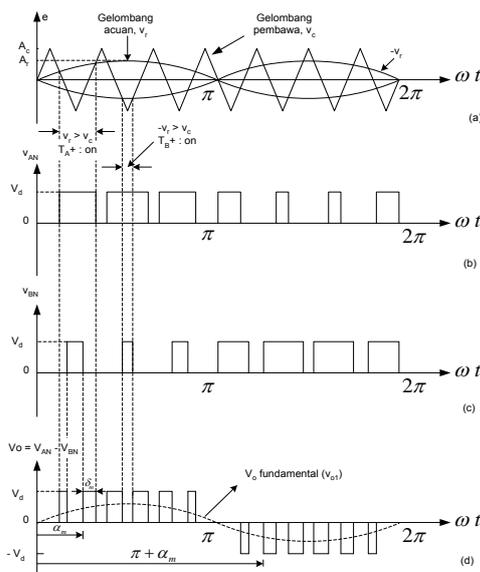
dengan V_{rms} = tegangan efektif
 v = fungsi tegangan
 T = perioda

Oleh karena pada inverter SPWM nilai tegangan masukan DC adalah konstan maka tegangan rms dapat juga dirumuskan :

$$V_{rms} = V_{dc} \sqrt{\frac{\sum t_p}{T}} \tag{2}$$

dengan V_{rms} = tegangan efektif
 V_{DC} = tegangan searah inverter
 t_p = lebar pulsa tinggi dalam 1 periode
 T = perioda

Untuk menghasilkan sinyal PWM tersebut dapat menggunakan 2 buah sinyal sinus dan 1 sinyal segitiga atau dengan menggunakan 1 buah sinyal sinus dan 2 buah sinyal segitiga. Pada proses pembangkitan SPWM dengan menggunakan 2 buah sinyal sinus dan sebuah sinyal segitiga, dilakukan perbandingan amplitudo antara sinyal segitiga dengan sinyal sinus. Sinyal penggerak akan dibangkitkan apabila amplitudo sinyal sinus lebih besar daripada amplitudo sinyal segitiga. Masing- masing sinyal penggerak digunakan untuk penyaklaran sehingga diperoleh sinyal PWM. Proses pembangkitan SPWM tersebut dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. (a) Proses perbandingan antara sinyal pembawa dengan sinyal referensi, (b) Sinyal penggerak V_{AN} , (c) Sinyal penggerak V_{BN} , (d) Sinyal SPWM

Proses pembangkitan SPWM secara digital dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu:

1. Dengan membangkitkan gelombang segitiga dan gelombang sinus secara diskret dengan metode *look up table*. Kemudian dilakukan perbandingan untuk masing-masing nilai amplitudo gelombang sinus dan segitiga seperti pada gambar 1. Cara ini sama halnya dengan membangkitkan gelombang sinus analog dan gelombang segitiga analog secara digital.
2. Dengan mencari terlebih dahulu waktu untuk setiap pulsa masing-masing sinyal penggerak, untuk dijadikan data dalam proses pembangkitan sinyal penggerak secara *look up table*. Cara inilah yang dipakai dalam perancangan tugas akhir ini.

IV. Metodologi Penelitian

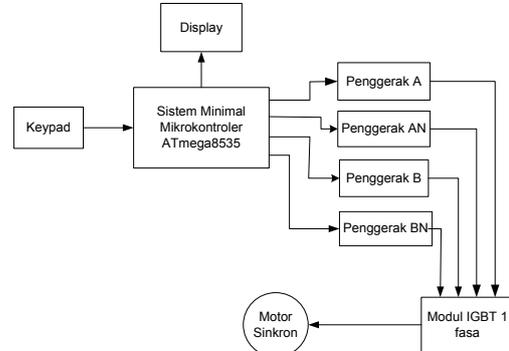
Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur mengenai Inverter PWM satu fase dan Mikrokontroler ATMEGA8535.
2. Merancang dan mensimulasi PWM Satu Fase secara software dengan simulink dari MATLAB 7
3. Merancang dan membuat sistem secara hardware.
4. Merancang perangkat lunak pembangkit sinyal penggerak dengan menggunakan bahasa Assembly.
5. Menguji dan mengambil data dari perancangan.
6. Menganalisa hasil dan membuat kesimpulan.

V. Hasil Implementasi dan Pembahasan

A. Perancangan Sistem

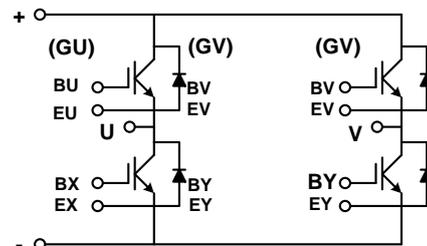
Secara lebih detailnya sistem pengendalian kecepatan motor sinkron dapat dilihat dalam gambar 2.



Gambar 2. Diagram blok secara detail

B. Untai H-Bridge

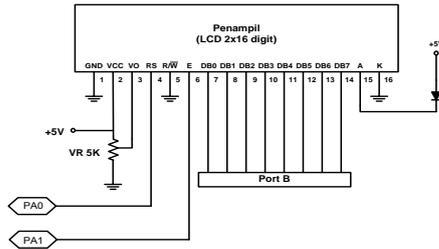
Rangkaian *H-bridge* berfungsi sebagai rangkaian penyalur tegangan sekitar 50 VDC. Untuk melakukan penyaluran, diperlukan MOSFET atau IGBT, dalam perancangan tugas akhir ini menggunakan Modul IGBT. Jenis IGBT yang digunakan pada tugas akhir ini adalah 6MBI30L-060 keluaran dari FUJI ELECTRIC, memiliki waktu naik dan turun yang cepat, dengan tegangan kolektor-emitor (V_{CE}) maksimal 600 Volt, tegangan Gate-Emitter (V_{GE}) maksimal $\pm 20 V_{DC}$, dan arus kolektor maksimal 60 Ampere.



Gambar 3. Rangkaian H-Bridge

C. Rangkaian LCD Penampil

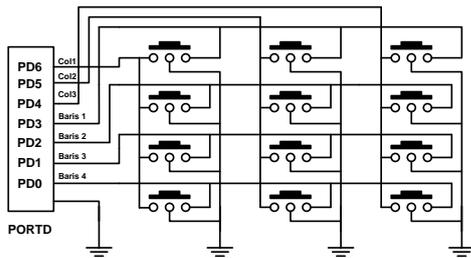
Untuk blok ini tak ada komponen tambahan karena mikrokontroler dapat memberi data langsung ke LCD, pada LCD Hitachi - M1632 sudah terdapat *driver* untuk mengubah data ASCII output mikrokontroler menjadi tampilan karakter. Pemasangan potensio sebesar 5 K Ω untuk mengatur kontras karakter yang tampil. Skematik dari blok ini:



Gambar 4. Rangkaian LCD penampil

D. Perancangan Rangkaian Keypad

Keypad disini menggunakan sistem matrik dimana kolom dan baris yang sama diseriakan satu sama lainnya. Perancangannya menggunakan saklar *Push Button* di setiap tombolnya, *Push Button* disini mempunyai tiga masukan yakni untuk kolom, baris, dan kommon (pada perancangan disini kommon dihubungkan ke *ground*). Dengan disetnya kommon dengan *ground*, apabila menekan tombol otomatis ketiga masukan terhubung, dengan kata lain kolom dan baris berlogika '0' perubahan logika inilah yang diproses oleh mikrokontroler. Skematik dari keypad ini:



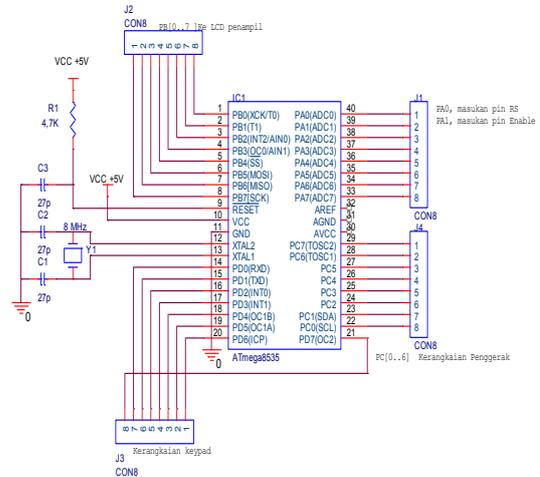
Gambar 5. Skematik rangkaian keypad

E. Sistem Minimal ATmega8535

Pengendali yang dirancang adalah menggunakan mikrokontroler dan bekerja dalam ragam *single chip operation* (mode operasi keping tunggal) yang tidak memerlukan memori luar karena ROM untuk menyimpan sandi sumber masih mampu untuk menampung program PWM yang akan dibuat serta penggunaan RAM yang masih bias ditampung oleh RAM dalam dan tidak memerlukan komponen tambahan seperti PPI, karena penggunaan *port* mikrokontroler hanya 4 *port*, yaitu untuk keluaran sinyal penggerak, masukan keypad, keluaran penampil, pin *RS* dan pin *enable* dari LCD penampil.

Kristal yang digunakan untuk pengoperasian mikrokontroler adalah 8 MHz. *Port* yang digunakan pada sistem, yaitu *Port C* (PC0..PC3) digunakan untuk keluaran sinyal penggerak PWM, *Port D* (PD0..PD6) digunakan untuk mengambil masukan dari keypad, dan *Port B* (PB0..PB7) digunakan untuk menampilkan data frekuensi inputan motor dalam satuan *Hertz* dari hasil

masukan keypad. Dan *Port A* (PA0..PA1) digunakan untuk pin *RS* dan *Enable* dari LCD.

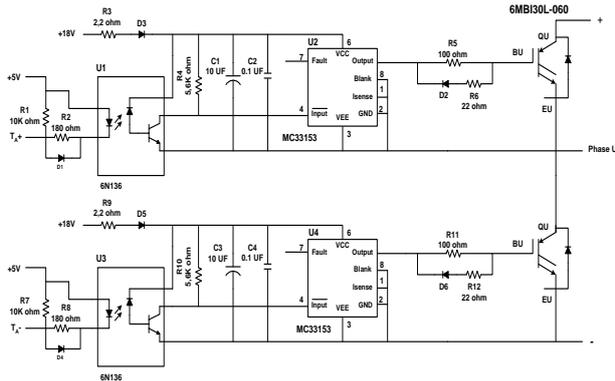


Gambar 6. Rangkaian Sistem Minimal ATmega8535

F. Untai Penggerak

Untuk menggerakkan IGBT, sinyal PWM keluaran mikrokontroler harus dikuatkan terlebih dahulu dengan menaikkan tegangan dari 5 V menjadi 18 V. penggunaan komponen dioda D1 dan D4, berfungsi untuk menghindari derau yang kuat sehingga pada saat pulsa masukan tinggi pengganggu optik padam (*turned off*) berimpedansi rendah. Resistor R1 dan R7 dipasang sebagai *pull-up* masukan, sedangkan resistor R4 dan R10 sebagai resistor *pull-up* keluaran pengganggu optik.

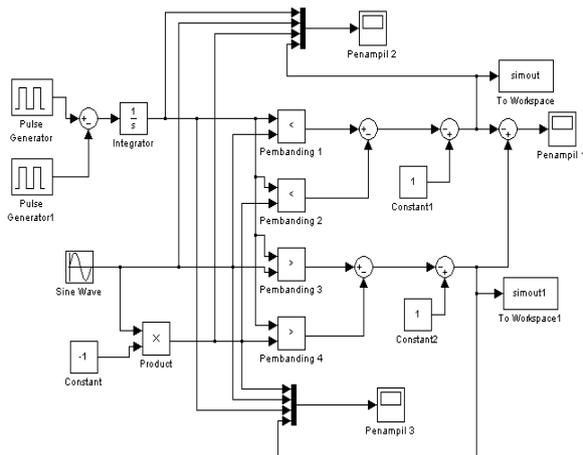
Resistor R3 dan R9 berfungsi untuk mengamankan catu daya 18 volt dari arus maksimum pada kondisi peralihan (*transient*). Kapasitor kecil C2 dan C4 sebagai tapis derau berfrekuensi tinggi dari catu daya. Penggerak gerbang IGBT yang digunakan adalah IC MC33153. bekerja pada masukan aktif rendah, mempunyai keluaran *totem pole* yang mampu memberikan arus sebesar 1A. Diantara keluaran penggerak dan gerbang IGBT dipasang sebuah dioda dan dua buah resistor. Penambahan komponen ini menjadikan pematapan (*turn on*) IGBT lebih lambat daripada pematamannya. Selain itu sesuai dengan karakteristik dioda pintas (*by pass*), ini dapat menghilangkan derau dibandingkan jika hanya digunakan sebuah resistor.



Gambar 7. Rangkaian Penggerak IGBT

G. Perangkat Lunak Pembangkit PWM

Untuk mendapatkan data pewaktuan masing-masing sinyal penggerak PWM, maka terlebih dahulu dibuat simulasi pembangkitan sinyal PWM dengan menggunakan MATLAB. Dengan menggunakan fasilitas simulink di MATLAB maka didapatkan simulasi seperti pada gambar 8 sebagai berikut:

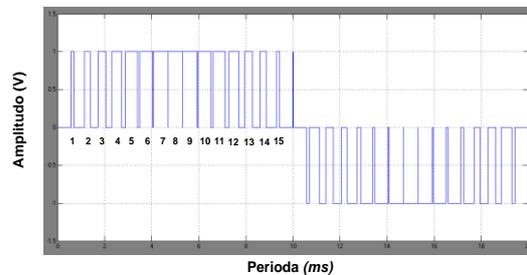


Gambar 8. Simulink Matlab untuk simulasi PWM

Disini digunakan inverter PWM sinusoida 15 pulsa setiap setengah periode. Untuk mendapatkan sinyal penggerak PWM 15 pulsa, maka dibutuhkan 16 buah sinyal segitiga setiap 1 gelombang sinusoida. Karena di pustaka simulink MATLAB tidak ada pembangkit gelombang segitiga, maka cara lainnya yaitu dengan mengintegrasikan gelombang kotak. Amplitudo gelombang segitiga dibuat 5 V.

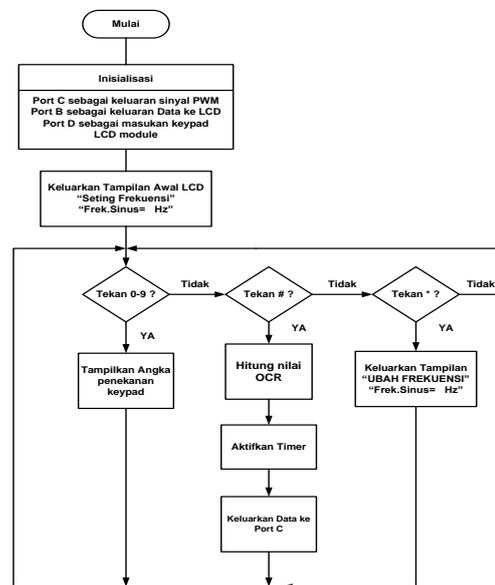
Blok pembanding1 dan pembanding 2 akan membandingkan antara gelombang segitiga dengan gelombang sinusoida. Cara kerjanya yaitu jika nilai gelombang segitiga lebih kecil dari gelombang sinusoida pada saat t yang sama, maka hasilnya 1. Apabila sebaliknya, maka hasilnya 0. Demikian pula untuk blok pembanding 2 dan pembanding3 juga akan membandingkan antara gelombang segitiga dengan gelombang sinusoida.

Data diambil pada blok simout1 dan simout2, data-data yang diambil berupa deret biner 0 dan 1 simulasi sinyal keluaran yang ingin dihasilkan, dari data-data tersebut kemudian ditransfer dalam format heksadesimal, kemudian disimpan dalam ROM mikrokontroler. Keluaran sinyal penggerak yang diharapkan dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Sinyal PWM yang diharapkan dari terminal motor

Perancangan perangkat lunak menggunakan bahasa assembler. Program dibuat untuk menghasilkan secara langsung keempat sinyal penggerak PWM dengan frekuensi dan indeks modulasi tertentu sesuai dengan masukan kecepatan RPM motor. Metode yang digunakan yaitu *look up table* berdasarkan data yang telah didapat dari hasil simulasi MATLAB. Berikut ini adalah diagram alir perangkat lunaknya:

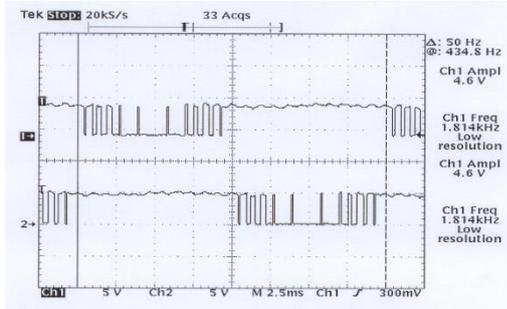


Gambar 10. Diagram Alir Program Utama

H. Hasil Pengamatan

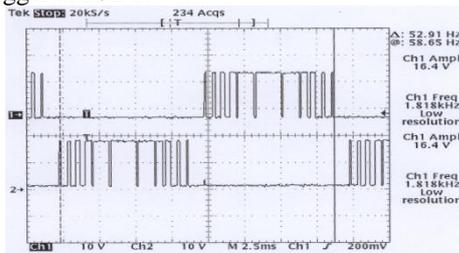
Isyarat yang diamati yaitu sinyal penggerak keluaran dari Port C0 dan Port C1 yang merupakan sinyal penggerak untuk pasangan penggerak T_{A+}

dan TA-. Serta mengamati keluaran Port C2 dan Port C3 merupakan pasangan penggerak TB+ dan TB-. Untuk memastikan bahwa sinyal penggerak yang dihasilkan sesuai dengan teori bahwa sinyal penggerak TA+,TA- dan TB+, TB- adalah saling berkebalikan.



Gambar 11. Sinyal penggerak TA+,TA- dan TB+,TB- dari Atmega8535

Sinyal dari mikrokontroler kemudian masuk pada rangkaian penggerak untuk dikuatkan tegangannya, sehingga dirasa cukup untuk menggerak IGBT.



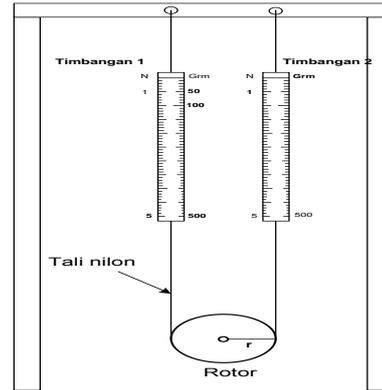
Gambar 12. Keluaran sinyal penggerak

Dan sinyal keluaran inverter diperlihatkan pada gambar 13. sinyal ini dihasilkan dengan menggunakan frekuensi masukan 50 Hz, dengan mengamati tampilan osiloskop dibawah ini, frekuensi masukan sama dengan frekuensi keluaran yang diharapkan.



Gambar 13. Sinyal keluaran inverter pada frekuensi masukan 50 Hz

Pengujian juga dilakukan dengan mengamati kemampuan putar motor terhadap perubahan beban. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metoda katrol yang diperlihatkan pada gambar 14.



Gambar 14. Pengujian Torsi Motor

Pertama kali dua buah timbangan harus dikalibrasi untuk memastikan pembacaan skala pada berat tertentu sudah benar. Saat dibebani dengan berat tertentu dalam kondisi seimbang jumlah berat diperoleh dari penjumlahan berat timbangan 1 dan timbangan 2. Cara pengukuran torsi didapatkan dari selisih pembacaan timbangan 1 dan timbangan 2 dan hasilnya dikalikan dengan besarnya jari-jari rotor. Penelitian yang sudah dilakukan dengan cara mengubah besarnya berat beban terhadap frekuensi tertentu menggunakan indeks modulasi 1 dan pengaruhnya terhadap perubahan torsi motor.

VI. Kesimpulan

Dari hasil simulasi, pengamatan dan pengujian pada rancangan yang dibuat, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Sinyal PWM satu fase yang dirancang merupakan jenis PWM sinusoida yang dibangkitkan menggunakan sebuah sinyal sinus dan dua buah sinyal segitiga.
2. Frekuensi sinyal PWM yang dirancang mempunyai rentang frekuensi yang lebar dari 20 sampai 60 hertz dengan kenaikan setiap 1 hertz.
3. Frekuensi sinyal PWM yang dihasilkan sama dengan frekuensi masukan yang diharapkan, dengan mengamati lebarnya pulsa dalam satu periode yang ditampilkan dengan osiloskop.
4. Rangkaian penggerak harus memiliki catu daya yang terisolasi satu sama lainnya agar benar-benar mampu memberikan tegangan picu (V_{gs}) yang cukup untuk membuat inverter on.
5. Pemakaian catu daya yang sendiri-sendiri dari masing-masing rangkaian penggerak berfungsi untuk membedakan referensi *ground*, sehingga pada saat penggerak TA+ ON atau TB- dan TB+ ON, maka tidak terjadi *short circuit*.
6. Untuk mengendalikan kecepatan putaran motor sinkron, kenaikan tegangan terhadap

frekuensi belum dapat dilakukan secara proporsional karena kenaikan indeks modulasi masih terlalu besar.

7. Arah mulai motor untuk berputar belum konstan. Pada posisi tertentu, arah putaran motor dapat konstan.

VII. Daftar Pustaka

- Rashid, M.H., 1993, "Power Electronics: Circuit, Devices, and Application", Prentice Hall International, INC., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Purwanto Gendroyono, 1999, "Sistem Penggerak Motor Induksi dengan Beban Berubah Menggunakan Inverter PWM Berbasis Mikrokontroler", Program Studi Teknik Elektro Jurusan Ilmu-ilmu Teknik, Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Andi Oratomo, 2004, "Panduan Praktis Pemograman AVR Mikrokontroler AT90S2313", C.V ANDI OFFSET, Yogyakarta.
- Lingga Wardhana, 2006, "Mikrokontroler AVR Seri Atmega8535 Simulasi, Hardware, dan aplikasi, C.V ANDI OFFSET, Yogyakarta.
- Zuhal, 1991, "Dasar Tenaga Listrik", Penerbit ITB, Bandung.
- Mochtar Wijaya, ST, 2001, "Dasar-dasar Mesin Listrik", Djambatan, Jakarta.
- ATMEL, "Datasheet ATmega8535"
<http://www.atmel.com>
- Kenjo, T., 1994, "Power Electronic for the Microprocessor Age", Oxford University Press, New York.