

PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DENGAN MAGNETIK KOPLING MENGUNAKAN MIKROKONTROLLER AT89S51

Nyoto Susilo (L2F001626)

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Abstrak – Motor merupakan alat yang sangat diperlukan untuk menggerakkan berbagai peralatan baik yang sifatnya ringan maupun berat, dengan kecepatan tinggi atau rendah sesuai dengan yang kita kehendaki. Banyak kontrol yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor listrik. Namun biasanya menghadapi berbagai masalah diantaranya harga dari alat kontrolnya mahal, perawatannya susah, membutuhkan kondisi ruang yang dingin, selain itu untuk motor induksi hanya memiliki range kecepatan yang cukup kecil sehingga untuk mendapatkan range kecepatan yang lebar perlu cara lain untuk mengontrolnya.

Untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan kontrol kecepatan motor menggunakan magnetik kopling. Prinsip pengaturan motor ini adalah dengan kopling magnet yang diletakkan pada output poros motor. Output poros motor diberi kopel yang tidak menyambung satu dengan yang lain kemudian dikopling dengan magnet listrik yang dikendalikan menggunakan tegangan dc penyearah terkontrol (rectifier terkontrol) sehingga kecepatan output tersebut dapat dikendalikan dengan mengatur besar kecilnya kekuatan magnet.

Penyearah terkontrol yang digunakan dengan kendali SCR (Silicon Controlled Rectifier) yang diatur dengan sudut picu. Pemicuan yang digunakan adalah dengan menggunakan deteksi fasa (Zero Crossing Detector) untuk meng-on-kan thyristor yaitu tegangan anoda lebih besar dari katoda, sehingga besarnya tegangan keluaran akan dapat dikontrol sesuai besarnya sudut picu dengan mikrokontroler AT89S51. Alat ini dibuat dengan sistem open loop, kecepatan output poros kopel ke motor diambil dengan sensor kecepatan (optocoupler) untuk ditampilkan dalam seven segment kecepatan (tachometer) berbasis mikrokontroler AT89S51 sebagai tampilan nilai kecepatan yang dikontrol.

I. PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Motor dalam dunia industri merupakan alat yang sangat diperlukan untuk menggerakkan berbagai peralatan baik yang sifatnya ringan maupun berat, dengan kecepatan tinggi atau rendah sesuai dengan yang kita kehendaki. Banyak kontrol yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor listrik. Namun biasanya menghadapi berbagai masalah diantaranya harga dari alat kontrolnya mahal, perawatannya susah, membutuhkan kondisi ruang yang dingin, selain itu untuk motor induksi hanya memiliki range kecepatan yang cukup kecil sehingga untuk mendapatkan range kecepatan yang lebar perlu cara lain untuk mengontrolnya.

Motor induksi sering dipakai dalam berbagai bidang kerja untuk menggerakkan sesuatu. Motor induksi satu fasa pada umumnya berputar dengan kecepatan konstan, mendekati kecepatan sinkronnya. Ketika motor diasut (distart) maka torsi motor akan meningkat, bertambah terus sampai mencapai torsi maksimum. Setelah mencapai torsi maksimum maka akan cenderung turun sampai pada torsi nominal (beban penuh). Kenaikan torsi ini bersamaan putaran rotor yang meningkat menuju putaran nominal motor. Setelah berputar pada kecepatan nominal maka motor akan mempertahankan kecepatan tersebut, dan baru akan turun ketika motor dibebani. Hal ini membutuhkan kontrol untuk mengatur kecepatan motor tersebut sesuai keperluan.

Dengan fenomena tersebut maka perlu cara lain yaitu dengan magnetik kopling sebagai pengaturan variabel speed maupun variabel torsi motor. Pengaturan kecepatan motor ini tidak melibatkan konstruksi dalam motor, tetapi poros output motor sebagai media yang diatur. Output poros motor diberi kopel yang tidak menyambung satu dengan yang lain kemudian dikopling dengan magnet listrik yang dikendalikan menggunakan tegangan dc penyearah terkontrol (rectifier terkontrol) sehingga kecepatan output tersebut dapat dikendalikan dengan mengatur besar kecilnya kekuatan magnet.

1.2 TUJUAN

Tujuan yang hendak dicapai dalam tugas akhir ini adalah membuat peralatan pengaturan kecepatan dan pengaturan torsi motor induksi satu fasa dengan magnetik kopling, dengan range pengaturan yang lebar menggunakan penyearah terkontrol sudut picu dengan mikrokontroler AT89S51 serta dapat digunakan sebagai modul praktikum.

1.3 PEMBATAAN MASALAH

Pembatasan masalah dalam tugas akhir ini, yaitu :

1. Sistem yang pengaturan yang digunakan adalah sistem 'open loop' menggunakan mikrokontroler AT89S51 buatan ATMEL.
2. Pengaturan kecepatan putar motor maupun torsi motor induksi 1 fasa dengan magnetik kopling menggunakan penyearah setengah terkontrol.
3. Variasi tegangan yang masuk magnetik kopling berdasarkan sudut picu dari thyristor 5° sampai 175° .
4. Sistem penyearah terkontrol yang digunakan menggunakan rangkaian daya yang terdiri atas dua thyristor dan dua dioda.
5. Pembahasan tentang mikrokontroler dibatasi hanya yang berkaitan dengan tugas akhir ini secara langsung.
6. Tidak membahas harmonisa arus maupun harmonisa tegangan yang ditimbulkan dari alat ini dan tidak membahas berapa besar kekuatan induksi magnetik kopling saat diberi tegangan masukan tertentu
7. Pengaturan kecepatan maupun torsi dilakukan dalam keadaan berbeban

II. DASAR TEORI

2.1 Motor induksi

Motor induksi memiliki dua komponen dasar yaitu stator dan rotor, bagian rotor dipisahkan dengan bagian stator oleh celah udara (air gap). Kecepatan motor induksi satu fasa sangat dipengaruhi oleh banyaknya kutub pada statornya dan frekuensi sumber tegangan yang dirumuskan sebagai berikut

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p} \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana:

- n_s = kecepatan sinkron (rpm)
- f = frekuensi (Hz)
- p = Jumlah kutub

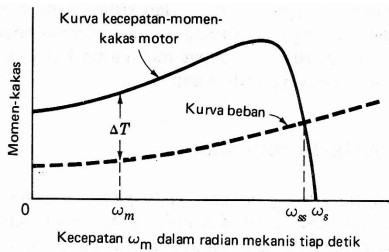
Pada kenyataannya perputaran *rotor* tidak sama dengan kecepatan sinkronnya. Perbedaan antara kecepatan sinkron dengan kecepatan rotornya disebut dengan Slip (*s*). Slip dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan :

- s = slip
- n_s = Kecepatan Sinkron [putaran/menit]
- n = Kecepatan *rotor*

dimana putaran dari rotor untuk motor induksi adalah cenderung stabil mendekati kecepatan nominal demikian juga torsi.



Gambar 2.1 Grafik Hubungan Torsi dengan Kecepatan

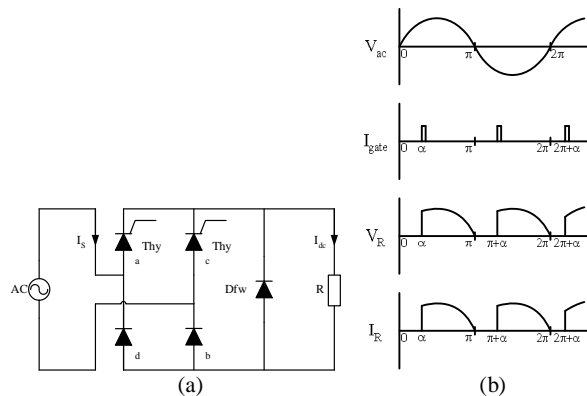
2.2 Penyearah Setengah Terkontrol Satu Fasa

Penyearah setengah terkontrol satu fasa tersusun dari 2 buah thyristor, 2 buah dioda, dan 1 dioda *freewheeling* seperti pada gambar 2.2, digunakan untuk mensuplai tegangan lilitan solenoid magnetik kopling dimana tegangan ini digunakan untuk mengatur kekuatan induksi magnet solenoid sehingga kecepatan putar poros beban yang terkopel poros motor akan dapat diatur sesuai dengan keperluan kerja.

Tegangan arus searah (V_{dc}) atau tegangan keluaran (V_o) diperoleh dari persamaan 2.3.

$$V_{dc} = \frac{2}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin \omega t d(\omega t) = \frac{2V_m}{2\pi} [-\cos \omega t]_{\alpha}^{\pi}$$

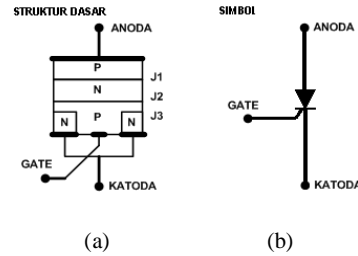
$$= \frac{V_m}{\pi} (1 + \cos \alpha) \dots\dots\dots (2.3)$$



Gambar 2.2 (a) Rangkaian setengah terkontrol 1 fasa
(b) Bentuk gelombang V_{ac} , I_{gate} , V_R , dan I_R

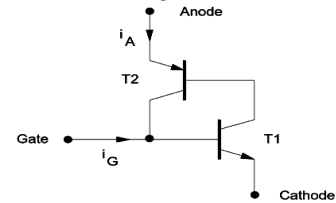
2.3 Thyristor

Thyristor adalah komponen yang prinsip kerjanya mirip dioda, namun dilengkapi *gate* yang dapat diatur besar fasa konduksi.

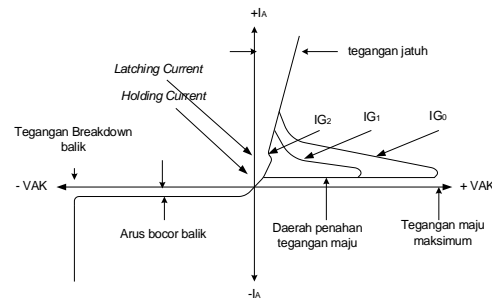


Gambar 2.3 (a) Struktur dasar *thyristor*
(b) Simbol *thyristor*

Pada arus searah setelah thyristor tersulut maka thyristor selalu akan dalam kondisi *on* atau menghantar, dan setelah menerima komutasi (*commutation*) thyristor akan *off* atau dalam keadaan tidak menghantar.



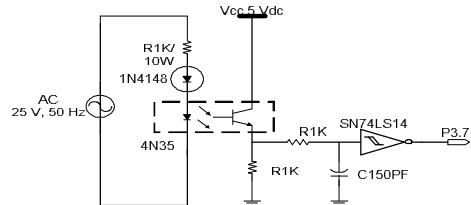
Gambar 2.3. Pemodelan thyristor dengan menggunakan dua buah transistor



Gambar 2.4 Karakteristik thyristor

2.4 Deteksi Fasa

Deteksi fasa adalah rangkaian yang digunakan untuk mendeteksi apakah tegangan fasa berada pada posisi positif atau negatif dilihat dari acuan neutral dan berfungsi untuk memulai melakukan pemucuan dan berapa besar sudut picu yang akan disulutkan pada thyristor.

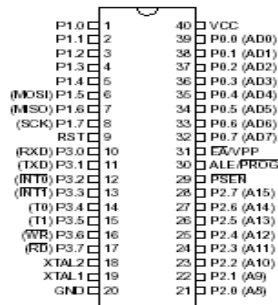


Gambar 2.5 Rangkaian Zero Crossing Detector

2.4 Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut: 4 kbytes *flash memory*, *In System Programming (ISP)*, 32 I/O yang dapat diprogram, 128 x 8 bit RAM internal, 2 buah timer/counter 16 bit, dan memiliki waktu pemrograman yang lebih cepat..

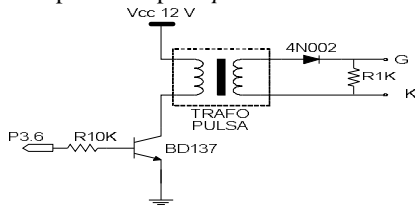
Mikrokontroler digunakan untuk mengatur semua proses pemucuan SCR dan untuk tampilan sevensegment berapa besar sudut picu yang disulutkan. Dimana mikrokontroler tersebut dapat diprogram secara langsung dari sebuah komputer tanpa harus mencopot / melepas mikrokontroler



Gambar 2.6 Diagram Pin Mikrokontroler AT89S51

2.5 Rangkaian Isolasi.

Rangkaian isolasi berfungsi sebagai pemisah antara tegangan rangkaian kontrol yang berupa tegangan rendah DC terhadap tegangan rangkaian daya yang berupa tegangan tinggi AC, bilamana terjadi gangguan ataupun kesalahan pada rangkaian daya, sehingga rangkaian kontrol tidak dialiri tegangan tinggi yang mungkin dapat merusakkan sistem kontrol. Rangkaian isolasi dapat berupa transformator pulsa ataupun *optoisolator*



Gambar 2.7 Rangkaian *trafo isolasi*

2.5. Magnetik Kopling

Dasar pemikiran dari alat ini yaitu menggunakan induksi magnet yaitu bahwa lilitan (solenoid) yang diberi arus listrik maka akan timbul medan magnet yang besarnya tergantung dari kekuatan dari (arus) dan jumlah lilitan rangkaian tersebut serta panjang dari solenoid.

$$B = \frac{\mu_o iN}{L} \dots\dots\dots (2.4)$$

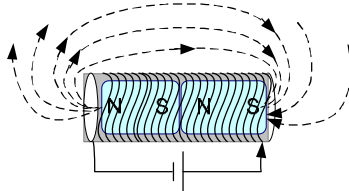
B = Induksi magnet(Tesla)

I = arus (amper)

N = jumlah lilitan

L = panjang solenoid (M)

μ_o = permeabilitas ($4\pi \times 10^{-7}$ H/m)



Gambar 2.8 Solenoid yang dialiri arus

Dengan melihat konstruksi solenoid tersebut maka terdapat komponen luas penampang A, jumlah lilitan N, dialiri arus I dan berada dalam induksi magnetik B. maka akan terjadi momen kopel (torsi) τ sebesar

$$\tau = N I B A \sin \theta \dots\dots\dots(2.5)$$

τ = momen kopel (Newton meter)

N = jumlah lilitan

A = luas penampang (m²)

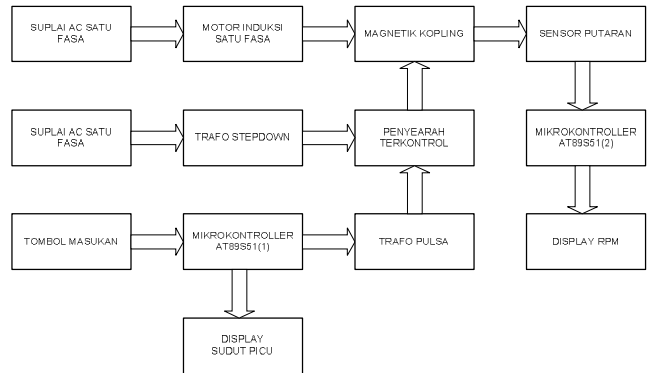
θ = sudut yang dibentuk medan magnet - penampang

Hal ini dijadikan dasar untuk menganalisa kekuatan dari kopel magnetik (torsi dari kedua poros yang dikopel). Sehingga kekuatan dari torsi kopel magnetik tergantung dari jumlah lilitan, arus, induksi magnet dan luas dari lilitan.

III. PERANCANGAN ALAT

3.1 Perancangan Perangkat Keras

Blok diagramnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



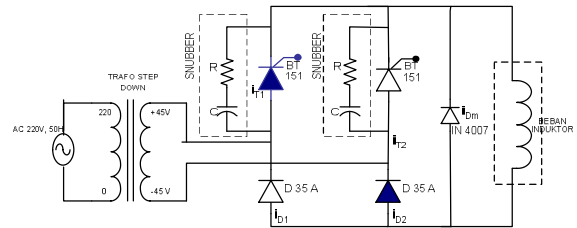
Gambar 3.1 Diagram blok perancangan penyearah setengah terkontrol satu fasa sebagai pengemudi magnetik kopling

3.1.1 Suplai AC 1 Fasa

Suplai AC 1 Fasa yang digunakan berasal dari jala-jala PLN dengan tegangan 220 Volt dan frekuensi 50 Hz.

3.1.2 Penyearah Setengah Terkontrol

Penyearah setengah terkontrol dirancang dengan menggunakan 2 buah thyristor, 2 buah dioda dan sebuah dioda freewheeling. Rangkaian penyearah setengah terkontrol digunakan sebagai input magnetik kopling. Rangkaian penyearah setengah terkontrol seperti ditunjukkan pada gambar 3.2 dibawah ini :



Gambar 3.2 Rangkaian penyearah setengah terkontrol

3.1.3 Dioda Freewheeling (Dioda Dm)

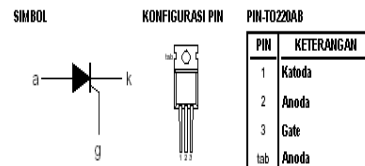
Dioda ini digunakan pada rangkaian yang mempunyai beban induktif.



Gambar 3.3. Konstruksi Dioda *Freewheeling*

3.1.4 Phase-Control Thyristor SCR BT 151-500R (Silicon-Controlled Rectifier)

SCR BT 151-500R produksi Phillips Semiconductor merupakan komponen utama yang nantinya akan digunakan dalam rangkaian komutasi thyristor. Bentuk dan konfigurasi pin dari SCR BT 151-500R ini dapat dilihat dari gambar 3.5 dibawah ini.

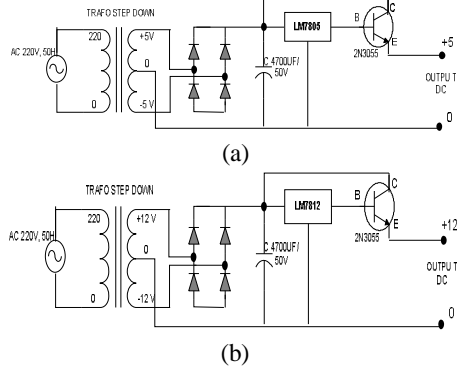


Gambar 3.4. Konfigurasi SCR BT 151-500R

3.2 Sumber Tegangan

Perancangan sumber tegangan yang digunakan ada tiga macam yaitu:

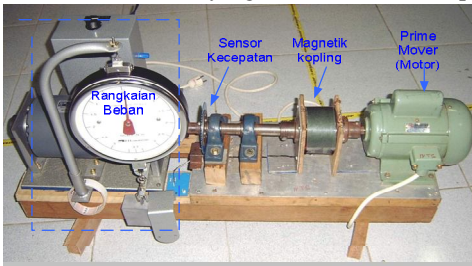
1. Sumber tegangan 45 V digunakan untuk mensuplai rangkaian *Daya penyearah terkontrol yang dihubungkan ke magnetik kopling*.
2. Sumber tegangan 5 V dan 12 V dengan arus 1 A untuk mensuplai rangkaian power suplai pemicuan dengan mikrokontroler AT89S51 dan untuk mensuplai rangkaian isolator pulsa (*trafo isolasi*).



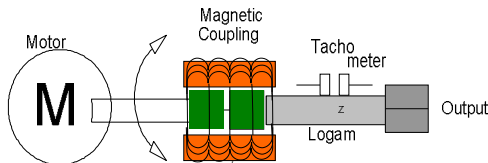
Gambar 3.5 Penyearah gelombang penuh menggunakan IC regulator (a) 7805, (b) 7812

3.3. Perancangan Magnetik Kopling

Perancangan magnetik kopling ini bertujuan untuk mengatur kecepatan motor induksi satu fasa juga untuk mengatur torsi yang ditransfer dari motor menuju beban. Tujuan utama dari magnetik kopling ini adalah mendapatkan medan magnet dan juga mendapatkan momen kopel (torsi) dari solenoid yang bervariasi sesuai keperluan.



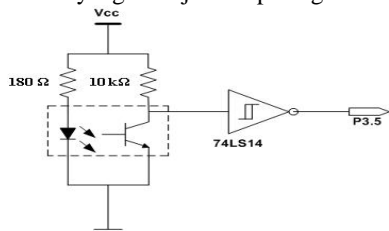
Gambar 3.6 Rangkaian Magnetik Kopling Berbeban



Gambar 2.7 Skema Variable Speed Motor

3.4. Tachometer

Tachometer bekerja dengan cara menghitung jumlah pulsa pada selang waktu tertentu dan kemudian menampilkannya dalam *sevensegment*. Pulsa-pulsa dikirim oleh perangkat sensor yang ditunjukkan pada gambar 3.8



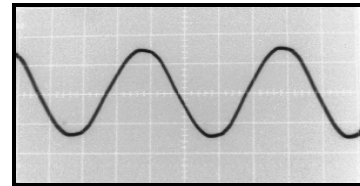
Gambar 3.8 Rangkaian sensor untuk tachometer

Diantara rangkaian LED dan *phototransistor* diletakkan sebuah piringan sensor 60 lubang. Ketika antara *phototransistor* dan LED mengenai lubang maka output kolektor akan berlogika *high* dan sebaliknya bila terhalang oleh piringan sensor output kolektor akan berlogika *low*.

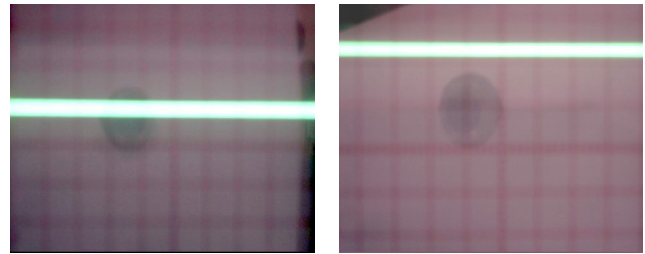
IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pengujian Sumber Tegangan

Pengujian sumber tegangan dengan menggunakan osiloskop menghasilkan gambar-gambar sebagai berikut :



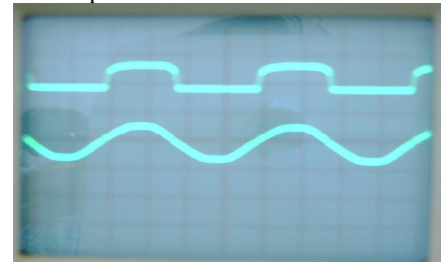
Gambar 4.1 Gelombang sumber tegangan rangkaian daya (220 Vac)



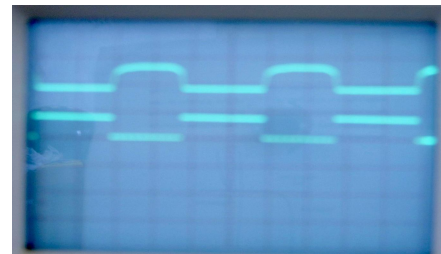
Gambar 4.2 Gelombang sumber tegangan (a). (+5 Vdc) (b). (+12 Vdc)

4.2 Pengujian Rangkaian Deteksi Fasa

Deteksi fasa berfungsi untuk mendapatkan kesesuaian fasa, Kesesuaian fasa diperlukan untuk mempermudah pengaturan sudut pemicuan pada SCR, tergantung pada posisi tegangan fasa terhadap netral.



Gambar 4.3. Bagian bawah adalah gelombang sinus dan bagian atas bentuk gelombang kotak untuk *zcd*

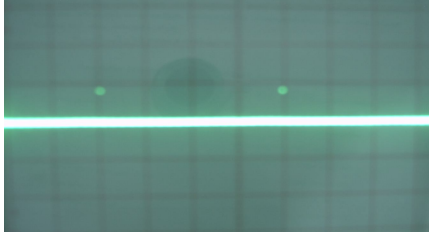


Gambar 4.4 bagian atas gelombang keluaran optoisolator Bagian bawah keluaran smith trigger

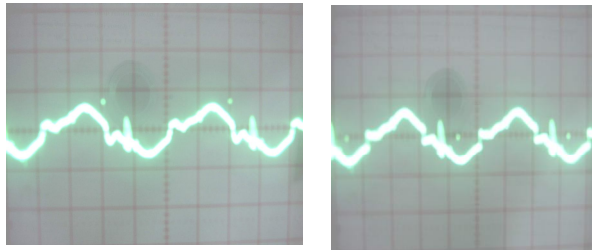
4.3. Sinyal Pemicuan

Salah satu fungsi mikrokontroler AT89S51 yang digunakan adalah untuk menghasilkan sinyal kontrol yang

berupa sinyal pemucuan yang akan mengontrol thyristor. Pulsa yang dihasilkan oleh mikrokontroller sesuai dengan sudut pemucuan yang diinginkan



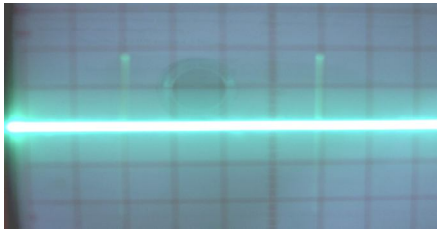
Gambar 4.5 Bentuk gelombang keluaran dari mikrokontroller



Gambar 4.6 Bentuk gelombang keluaran dari mikrokontroller diukur tanpa menggunakan ground

4.4. Pengujian Keluaran Trafo Pulsa

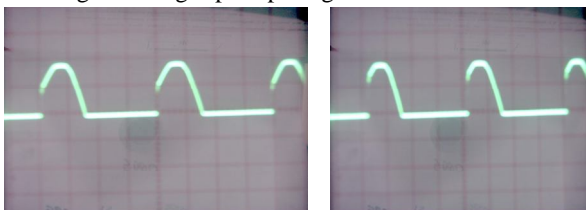
Keluaran dari *trafopulsa* ini digunakan untuk memicu thyristor pada rangkaian daya. Bentuk gelombang keluaran dari *trafopulsa* terbaca pada osiloskop seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4.7 Bentuk gelombang keluaran dari mikrokontroller setelah melewati trafo pulsa

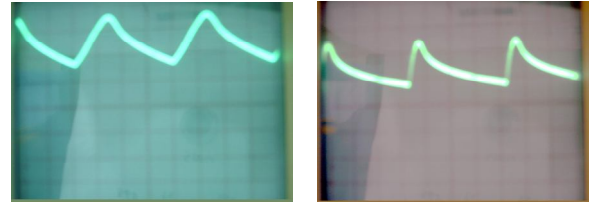
4.5. Pengujian Rangkaian Daya

Pengujian rangkaian dengan menggunakan beban lampu pijar dan diatur pada $\alpha = 60^\circ, 45^\circ$, menghasilkan bentuk gelombang seperti pada gambar 4.8.

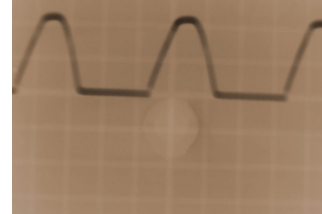


Gambar 4.8 Bentuk gelombang pada beban lampu yang dipicu (a)45, (b)60

Pengujian rangkaian dengan menggunakan beban solenoid magnetik kopling diatur pada $\alpha = 90^\circ, 120^\circ$ menghasilkan bentuk gelombang seperti pada gambar 4.9.



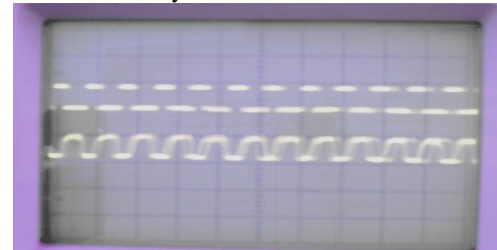
Gambar 4.9 Bentuk gelombang pada beban solenoid magnetik kopling



Gambar 4.10 Bentuk gelombang keluaran tegangan tanpa beban solenoid

4.6 Sinyal Sensor tachometer Mikrokontroller.

Pada kenyataannya output dari *phototransistor* ini tidak akan selalu bernilai 0 V untuk logika *low* dan 5 V untuk logika *high*. Agar output dari rangkaian ini menjadi lebih baik maka ditambahkan IC *schmitt trigger* 74LS14. IC ini berfungsi menegaskan output *optocoupler* (LED dan *phototransistor*), ketika berubah dari *low* ke *high* bila kurang dari nilai *Positive Going Threshold Voltage* (PGTV) maka output akan dibawa ke logika *low* dan sebaliknya bila lebih dari nilai PGTV.



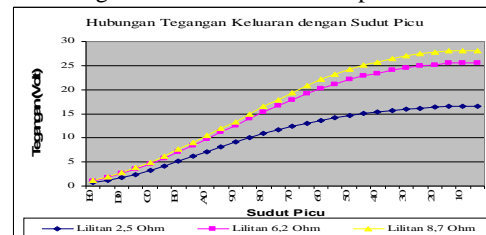
Gambar 4.11 Bagian atas; setelah melewati Smith triger 74LS14 bagian bawah; sinyal dari photoisolator

4.7 Pengujian Alat

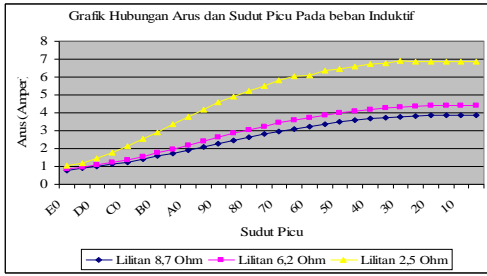
Dilakukan pada kondisi tanpa beban dan berbeban

4.7.1 Pengujian Alat Tanpa Beban

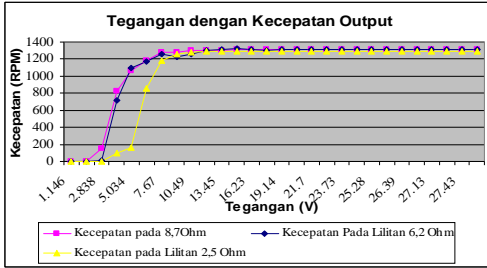
Percobaan ini dilakukan dengan tegangan dimasukkan pada solenoid magnetik kopling, maka poros beban (generator DC) akan terkopel dengan poros motor dengan tidak memberikan beban pada generator DC. Maka akan didapatkan berapa tegangan keluaran, arus keluaran serta kecepatan dari poros beban dengan memvariasikan sudut picu.



Gambar 4.12 Grafik Hubungan Tegangan Keluaran dengan Variasi sudut Picu



Gambar 4.13 Grafik Hubungan Arus Keluaran dengan Variasi sudut Picu



Gambar 4.14 Grafik Hubungan Tegangan dengan kecepatan Output magnetik kopling

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa semakin kecil sudut picunya maka tegangan maupun arus yang keluar akan semakin besar, semakin besar tegangan yang masuk maka kecepatan dari poros output magnetik kopling akan semakin besar hal ini karena ketika solenoid diberi masukan tegangan dc maka akan timbul arus dan juga timbul medan magnet yang besarnya adalah

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} (1 + \cos \alpha) \dots\dots\dots(4.1)$$

$$B = \frac{\mu_o i N}{L} \dots\dots\dots(4.2)$$

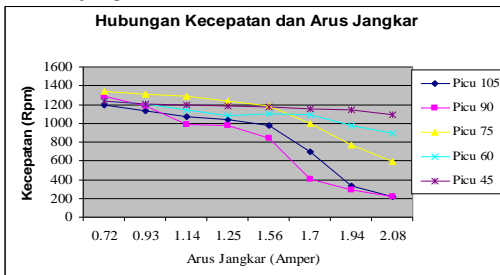
Dengan induksi magnet pada solenoid yang bertambah besar maka momen kopel magnetik yang terjadi akan menjadi besar. Sehingga kecepatan maupun torsi yang ditransfer dari motor akan semakin besar mendekati nominal motor.

$$\tau = N I B A \sin \theta \dots\dots\dots(4.3)$$

4.7.2 Pengujian Berbeban

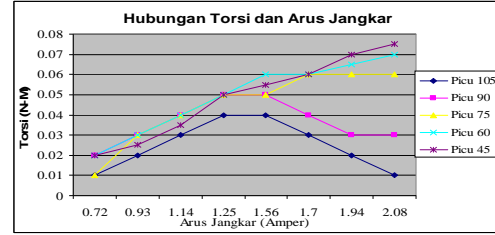
Cara pengambilan datanya dalam kondisi awal tanpa beban dengan cara memberikan suplai tegangan DC sampai mencapai kecepatan nominal poros beban yaitu sekitar 80-90% kecepatan nominal motor yaitu sekitar 1290 rpm, kemudian memberikan beban berupa lampu pijar yang bervariasi pada generator dc.

Dari data percobaan tersebut maka dapat dibuat berbagai grafik, hubungan kecepatan (n) dengan arus jangkar, kecepatan dengan torsi terukur, dan hubungan torsi dengan arus jangkar.



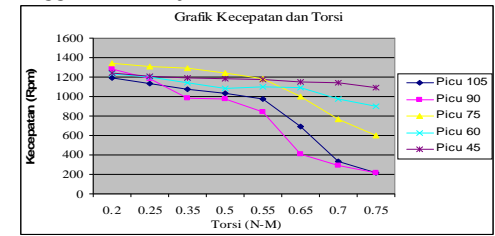
Gambar 4.15 Grafik Hubungan Arus Jangkar Generator DC dengan kecepatan Output magnetik kopling

Gambar 4.15 memperlihatkan perbandingan N dengan I_a , dengan kondisi penambahan beban (arus jangkar naik) maka akan terjadi penurunan kecepatan poros beban (generator DC).



Gambar 4.16 Grafik Hubungan torsi terukur Generator DC dengan Arus Jangkar

Gambar 4.16 memperlihatkan perbandingan T dengan I_a , dan terlihat perubahan I_a terhadap T adalah berbanding lurus. Untuk grafik dua garis yang menurun tersebut diakibatkan overload ketika beban ditambah sedangkan momen kopel magnetik kopling kurang kuat akibat tegangan solenoid kurang kuat, sehingga torsi menjadi turun.



Gambar 4.17 Grafik Hubungan torsi terukur Generator DC dengan kecepatan Output magnetik kopling

Gambar 4.17 menunjukkan bahwa hubungan torsi generator dan kecepatan yang berbanding terbalik. Semakin besar kecepatan maka semakin kecil torsi yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan rumus berikut :

$$P = F \cdot r \dots\dots\dots(4.4)$$

$$E_a I_a = T \omega_m \dots\dots\dots(4.5)$$

$$\omega_m = 2\pi n / 60 = \text{kecepatan sudut (Rpm)}$$

$$T = \frac{E_a \cdot I_a}{\omega_m} \dots\dots\dots(4.6)$$

Efisiensi Penyearah Terkontrol

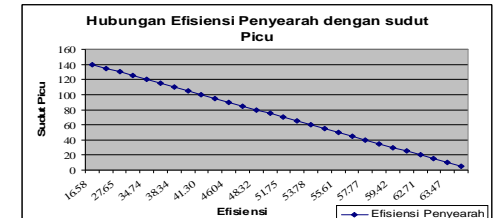
Dengan terlebih dahulu menghitung daya masuk (P_{IN}) dan daya keluar (P_{OUT}) pada masing-masing picuan.

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \times 100 \% \dots\dots\dots(4.7)$$

dimana

$$P_{IN} = V_{IN} \cdot I_{IN} \cos \phi$$

$$P_{OUT} = V_{dc} \cdot I_{dc}$$

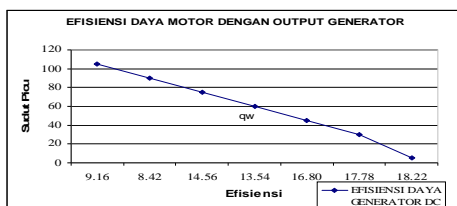


Gambar 4.18 Grafik Hubungan Efisiensi daya Rectifier dengan Variasi sudut Picu bebban induntif

Efisiensi Daya Motor

Dengan terlebih dahulu menghitung daya masuk (P_{IN}) dan daya keluar (P_{OUT}) pada masing-masing picuan.

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \times 100 \% \dots\dots\dots(4.8)$$



Gambar 4.19 Grafik Hubungan Efisiensi Daya Keluaran Generator dengan Variasi sudut Picu

Efisiensi Torsi magnetik kopling

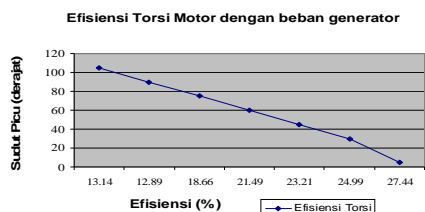
Efisiensi Torsi magnetik kopling dapat dihitung sebagai berikut :Torsi terukur pada generator DC:

$$T = \frac{E_a \cdot I_a}{\omega_m} \dots\dots\dots(4.9)$$

$$= \frac{E_a \cdot I_a}{2\pi N / 60} \text{ Rpm}$$

Torsi terukur pada motor induksi satu fasa (Torsi Input) dengan menganggap rugi-rugi motor diabaikan

$$T = \frac{V \cdot I \cos \phi}{\omega_m} \dots\dots\dots(4.10)$$



Gambar 4.20 Grafik Hubungan Efisiensi Torsi Keluaran Generator dengan Variasi sudut Picu

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengukuran dan pengujian Pengaturan kecepatan Motor Dengan Magnetik Kopling Menggunakan Mikrokontroler AT89S51 dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Rectifier setengah terkontrol dapat digunakan sebagai pengaturan kekuatan induksi magnet solenoid magnetik kopling untuk pengaturan kecepatan motor.
2. Semakin besar tegangan yang masuk pada lilitan solenoid magnetik kopling maka semakin besar kekuatan induksi magnetnya sehingga torsi maupun kecepatan yang ditransfer dari poros motor menuju poros beban akan semakin besar mendekati nominal motor.
3. Semakin banyak jumlah lilitan pada solenoid magnetik kopling maka semakin besar kekuatan torsi magnetnya, tetapi panas pada solenoid tersebut semakin kecil, hal ini karena arus pada solenoid semakin kecil.
4. Semakin kuat kecepatan poros beban pada magnetik kopling (tegangan magnetik kopling diperbesar) maka daya (tegangan dan arus) yang dihasilkan oleh beban (generator dc penguatan terpisah) akan semakin besar.

5.2 Saran

Untuk kepentingan pengembangan tugas akhir ini, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Piranti pengaturan variabel speed motor ini dapat dibuat kalang tertutup (close loop) untuk mendapat kepresisian putaran yang diinginkan dengan berbagai variasi beban.
2. Kepresisian susunan mekanik dari magnetik kopling sangat menentukan sekali kecepatan putar, torsi dari alat ini serta umur dari alat ini, sehingga harus benar-benar sentris dan kuat.
3. Pembuatan solenoid hendaknya menggunakan perhitungan yang bagus baik jumlah lilitan, ukuran diameter koil, maupun diameter inti, agar dihasilkan induksi magnet yang cukup besar dan mengurangi efek panas yang timbul.

DAFTAR PUSTAKA

1. <http://www.National.com>.
2. <http://www.atmel.com>.
3. <http://www.eddy current drive.com>.
4. <http://www.magtrol.com>.
5. Chilikin M. *Electric Drive*. MIR Publisher-Moscow, 1970.
6. Rashid, Muhammad H., *Power Electronics: Circuits, Devices and Application*, Prentice-Hall International Inc, Second Edition, New Jersey, 1993.
7. Malvino Albert Poul, *Prinsip-prinsip Elektronik*, Penerbit Erlangga, Jakarta,1984.
8. Zuhail, *Dasar Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*, Gramedia, 1995.
9. B.L. Theraja, *Electrical Technology*, Nirja Construction & Dev. Co. Ltd, 1980.
10. Theodore Wildi, *Electrical Machines, Drives and Power Systems 3rd*, Prentice Hall Inc, New Jersey, 1997.
11. P C Sen, *Power Electronics*, Tata McGraw-Hill, 1987.
12. Ir. Muslimin Marapung, *Teori Soal Penyelesaian Teknik Tenaga Listrik (TTL)*, Armico, Bandung, 1979.

Mengetahui / Mengesahkan :
Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Agung Warsito, DHET
NIP. 131 668 485

Mochammad Facta, ST MT
NIP. 131 231 134



NYOTO SUSILO (L2F001626)
Lahir di Pati 12 Desember 1982
Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro angkatan 2001, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, dengan pilihan konsentrasi **POWER**.