

PENGUNAAN MIKROKONTROLER AT89C52 UNTUK MENGATUR KECEPATAN MOTOR ARUS SEARAH PENGUATAN TERPISAH

Yani Adiyoso
L2F399456

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

Abstrak

Peralatan-peralatan yang menggunakan motor arus searah penguatan terpisah sebagai penggerak suatu saat akan mengalami keadaan dimana ketika beban pada motor diberikan berubah-ubah kecepatan putar pun mengalami perubahan. Beberapa peralatan tersebut mungkin memerlukan keadaan dimana perubahan beban tidak mempengaruhi kecepatan putar dengan alasan efisiensi atau memang keadaan yang mengharapkan kecepatan tetap pada beban yang berubah-ubah.

Sebuah alat dengan AT89C52 digunakan untuk mengatur besarnya sudut pemicuan pada thyristor untuk suplai daya motor arus searah dengan sistem kalang tertutup dibuat untuk mengatasi masalah tersebut. Alat ini dibuat untuk mengatur tegangan pada lilitan jangkar dengan menggunakan penyearah gelombang penuh terkontrol penuh, serta dapat bekerja pada sistem kontrol kalang terbuka dan kalang tertutup. Untuk mencegah pembebanan berlebih maka ditambahkan pendeteksi arus.

Sebagai obyek percobaan digunakan motor arus searah penguatan terpisah bermerek Taco berkapasitas 1 Hp yang terdapat di Laboratorium Konversi Energi dan Sistem Tenaga Listrik Teknik Elektro Universitas Diponegoro. Setelah melewati pengujian, saat alat bekerja kalang tertutup pada kecepatan 1500 rpm dari kondisi diberi beban hingga beban dilepas kembali tetap mampu menjaga kecepatan putarnya di 1500 rpm, dengan akurasi kurang lebih 10 rpm.

I. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Untuk menghasilkan tegangan searah yang bervariasi untuk suplai daya motor arus searah terdapat beberapa alternatif diantaranya dengan menggunakan *dc chopper* dan *controlled rectifier* (penyearah terkontrol). Namun baik menggunakan *dc chopper* maupun penyearah terkontrol salah satu faktor penting supaya motor arus searah dapat menunjukkan akurasi kecepatan putar yang diinginkan adalah lebar jangkauan pengaturan pada *duty cycle* untuk *dc chopper* dan sudut picu untuk penyearah terkontrol. Semakin lebar jangkauan pengaturan semakin akurat penunjukan kecepatan putar yang diinginkan, demikian pula sebaliknya. Tetapi ada efek samping yang akan diterima jika lebar jangkauan pengaturan sangat besar, yaitu bila digunakan untuk bekerja kalang tertutup (*close loop*) tanggapan terhadap gangguan akan berjalan lambat menuju kecepatan acuannya, masalah tersebut diatasi dengan sistem pengaturan yang memberikan tanggapan sesuai dengan simpangan yang terjadi.

Dalam Tugas Akhir ini digunakan penyearah gelombang penuh terkontrol penuh untuk mensuplai tegangan pada lilitan jangkar sementara itu lilitan medan disuplai tegangan konstan dengan menggunakan penyearah gelombang penuh. Sistem untuk mengatur tanggapan pada saat bekerja pada kalang tertutup menggunakan pendekatan proporsional (ditabelkan). Model pengaturan ini membantu mempercepat tanggapan terhadap simpangan yang terjadi. Poros jangkar motor arus searah dihubungkan dengan generator induksi 3 fasa yang digunakan sebagai beban, generator ini digunakan untuk mensuplai daya pada

lampu pijar. Untuk mencegah pembebanan berlebih yang mengakibatkan arus lebih pada lilitan jangkar dibuatkan sensor arus searah sederhana yang dapat diaktifkan dan dinonaktifkan sesuai kebutuhan.

1.2. Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai pada pembuatan tugas akhir ini adalah :

- Mempelajari cara menggunakan mikrokontroler AT89C52 untuk membuat pengaturan sederhana kecepatan motor arus searah penguatan terpisah dengan mengatur besarnya sudut pemicuan pada thyristor.
- Mempelajari dan menerapkan penggunaan modul LCD tipe M1632 sebagai penampil informasi, komponen ADC0809 untuk mengkonversi tegangan *analog* ke *digital*, dan komponen TCA785 untuk pengaturan pemicuan pada thyristor.

1.3. Batasan Masalah

Karena kompleksnya permasalahan yang ada pada pembuatan tugas akhir ini, maka perlu adanya batasan-batasan masalah guna menyederhanakan permasalahan, batasan masalahnya yaitu :

- Beban motor arus searah berupa generator induksi 3 fasa yang digunakan untuk mensuplai lampu pijar. Generator ini tidak dibahas secara khusus.
- Mikrokontroler yang digunakan adalah AT89C52.
- Rangkaian elektronika yang digunakan hanya dibahas pada fungsi kerjanya.
- Pengaturan kecepatan motor arus searah hanya dilakukan dengan mengatur tegangan pada lilitan

jangkar melalui penyearah gelombang penuh terkontrol penuh, tegangan pada lilitan medan nilainya tetap.

- Sistem pengaturan yang digunakan pada saat kerja kalang tertutup menggunakan pendekatan proporsional, dimana tanggapan yang diberikan atas simpangan yang terjadi ditentukan dari hasil uji coba, tidak dari perhitungan matematis.
- Harmonisa yang terjadi pada alat tidak dibahas.

II. Dasar Teori

2.1 Motor Arus Searah

Dari rumus umum motor arus searah untuk menentukan titik dimana dapat dilakukan pengaturan kecepatan adalah sebagai berikut :

$$E_b = C \cdot N \cdot \phi \quad (2.1)$$

dimana : E_b : gaya gerak listrik lawan (V)
 C : konstanta
 N : kecepatan putaran jangkar (rps)
 ϕ : flux magnet (Wb)

$$E_b = V_t - I_a \cdot R_a \quad (2.2)$$

dimana : V_t : tegangan terminal (V)
 I_a : arus jangkar (A)
 R_a : tahanan jangkar (Ω)

Dari persamaan 2.1 dan 2.2 digabungkan :

$$N = \frac{V_t - I_a \cdot R_a}{C \phi} \quad (2.3)$$

Dari persamaan diatas, dapat diperoleh kesimpulan bahwa kecepatan putar jangkar dapat diatur diantaranya dengan mengubah nilai ϕ (mengubah tegangan atau arus lilitan medan), R_a (memberikan resistor seri terhadap R_a), dan V_t (mengubah tegangan terminal lilitan jangkar). Untuk torsi yang dibangkitkan digunakan persamaan berikut :

$$T = \frac{E_b \cdot I_a}{2\pi \cdot N} \quad (2.4)$$

Pada saat motor arus searah diasut, arus pengasutan (*starting current*) mencapai 20 hingga 30 kali lebih besar dibandingkan arus nominal saat pembebanan penuh^{[12][17]}. Dari persamaan 2.2 dapat ditunjukkan sebagai berikut :

$$V_t = E_b + I_a \cdot R_a$$

$$I_a = \frac{V_t - E_b}{R_a}$$

Pada saat pengasutan $E_b = 0$ sehingga :

$$I_a = \frac{V_t}{R_a} = I_{st} \quad (2.5)$$

2.2. TCA785

TCA785 memiliki input *analog* pada pin 11 (V_{11}). Dengan melakukan penyesuaian anta pin 11 dengan pin 10 (V_{10}) ditentukan sudut picu 180° , dengan menggunakan *oscilloscope* tegangan puncak V_{10} diatur pada posisi 10 Volt. Sehingga untuk mengatur sudut pemicuan dapat dilakukan dengan menggeser *variable resistor* V_{11} (kontrol tegangan)⁽⁹⁾, bila V_{10} adalah V_{st}

dan V_{11} adalah $V_{control}$ maka persamaan yang dapat digunakan untuk mendapatkan sudut pemicuan adalah :

$$\alpha^0 = 180^0 \cdot \frac{V_{control}}{V_{st}} \quad (2.6)$$

2.3. AT89C52

Mikrokontroler ini memiliki spesifikasi sebagai berikut : memiliki 8k byte PEROM (*Programmable and Erasable Read Only Memory*) 256 x 8 bit internal RAM, 32 pin i/o yang dapat diprogram, 3 buah *Timer/Counter* 16 bit, dan 8 sumber interupsi.

Mikrokontroler ini digunakan sebagai kontrol dan pengolah data untuk menjalankan keseluruhan alat.

2.4. ADC0809

ADC0809 memiliki 8 input analog yang dapat dipilih melalui pengalamatan dan memiliki 8 bit data keluaran. ADC ini digunakan untuk mencuplik 2 tegangan searah dan 2 arus searah, salah satu pencuplikan arusnya digunakan untuk sensor arus lebih. Data 8 bit dikirim ke AT89C52 untuk diolah dan ditampilkan di LCD.

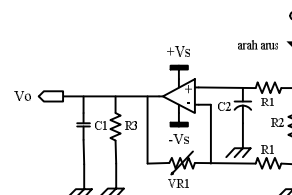
2.5. Pencuplik Tegangan Arus Searah

Pencuplik tegangan arus searah yang dimaksud adalah rangkaian seperti pada gambar 2.1 yang digunakan untuk mencuplik tegangan arus searah yang dihasilkan oleh perkalian I_{dc} dan R_2 yang kemudian disebut tegangan masukan (V_{in}) untuk kemudian dikuatkan oleh sebuah *op amp* (penguat operasi) LM741 hingga beberapa kali lipat yang hasilnya disebut tegangan keluaran (V_o). Dalam tugas akhir ini digunakan metoda tak membalik (*noninverting*) dalam penguatannya. Persamaan 2.7 menjelaskan hubungan A_v (penguatan), V_{in} dan V_o .

$$V_o = A_v \cdot V_{in} \quad (2.7)$$

Persamaan 2.8 adalah cara mendapatkan A_v , jika $VR1 = R_f$ dan $R1 = R_g$.

$$A_v = \frac{R_f}{R_g} + 1 \quad (2.8)$$



Gambar 2.1. Penguat tegangan

III. Perancangan dan Pembuatan Alat

3.1. Perancangan Sistem

Alat dibuat dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Tegangan suplai untuk alat adalah arus bolak balik 220 volt satu fasa, frekuensi 50 Hz.
- Aplikasi untuk motor arus searah penguatan terpisah. Pengaturan hanya dilakukan pada lilitan jangkar. Tegangan masukkan motor arus searah adalah 198 volt.

- Terdapat piringan sensor dengan jumlah slot 145 buah terpasang pada poros motor arus searah.
- Saat bekerja kalang tertutup (M1) kecepatan dapat dipilih antara 1000 rpm dan 2999 rpm (disesuaikan spesifikasi motor), pada saat kalang terbuka (M2) pembacaan dapat mencapai 5000 rpm.
- Alat memiliki 2 buah voltmeter arus searah maksimal pembacaan 255 volt yang diberi nama V_a untuk membaca tegangan pada lilitan jangkar dan V_f untuk membaca tegangan pada lilitan medan, dan 2 buah amperemeter arus searah yaitu I_a dengan kapasitas pembacaan 25,5 ampere untuk mengukur arus pada lilitan jangkar sekaligus berfungsi sebagai sensor arus (dapat diaktifkan dan nonaktifkan) dan I_f dengan kapasitas pembacaan 2,55 ampere untuk mengukur arus pada lilitan medan. Sensor arus dapat diatur bekerja dari 0,1 ampere hingga 12,0 ampere. Mode M3 adalah mode khusus pembacaan voltmeter dan amperemeter. Pembacaan voltmeter dan amperemeter dapat dikalibrasi secara manual.
- Alat memiliki fasilitas mengubah arah putar motor.
- Alat memiliki 3 macam pilihan untuk lama asut (*softstarting*).

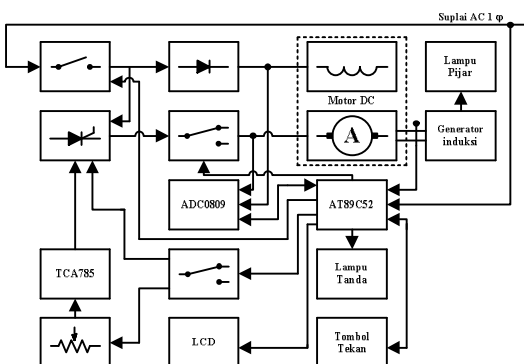
Dibuat sebuah diagram kerja perangkat keras yang menggambarkan aliran kontrol dan aliran data pada alat yang dibuat, diagram kerja perangkat keras terdapat gambar 3.1. Obyek pengaturan alat ini memiliki spesifikasi :

Motor arus searah penguatan terpisah :

- Daya : 1 HP
- Tegangan jangkar : 190 Volt
- Arus jangkar : 4,8 Ampere
- Tegangan medan : 198 Volt
- Arus medan : 0,26 Ampere
- Kecepatan putar : 175 – 1750 rpm

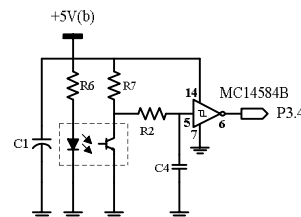
Generator asinkron sebagai suplai daya beban :

- Daya : 1 HP
- Tegangan jangkar : 220/380 Volt
- Arus jangkar : 2,0/3,45 Amp.
- Kecepatan : 1380 rpm
- Frekuensi : 50 Hz
- $\text{Cos } \phi$: 0,79



Gambar 3.1. Skema kontrol

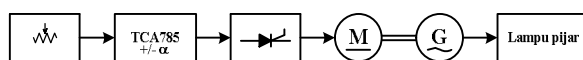
Piringan sensor yang digunakan sejumlah 145 slot, skema yang digunakan adalah gambar 3.2.



Gambar 3.2. Rangkaian sensor untuk *tachometer*

3.2. Kerja Kalang Terbuka

Kerja kalang terbuka diatur oleh TCA785 melalui sebuah regulator potensiometer, dengan memutar regulator tersebut diperoleh tegangan yang diinginkan untuk memutar motor.



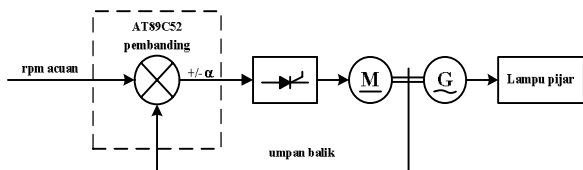
Gambar 3.3. Sistem kendali kerja kalang terbuka

Gambar 3.3 memperlihatkan sistem kendali pada kerja kalang terbuka, potensiometer memberikan data *analog* berupa tegangan kepada TCA785, kemudian TCA785 memproses data *analog* tersebut sehingga dihasilkan pemicuan untuk thyristor, pada kondisi seperti ini berlaku persamaan 2.6.

Tachometer pada kerja kalang terbuka prinsip kerjanya menghitung jumlah pulsa dalam jumlah waktu tertentu. Untuk mempermudah menampilkan data hasil perhitungan sehingga tidak diperlukan pengali maka diperbuat metode pengambilan data persatuan waktu yang khusus. Karena jumlah slot 145 buah maka pengambilan data kecepatan putar dilakukan setiap 413,793 milidetik.

3.3. Kerja Kalang Tertutup

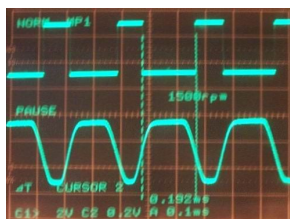
Sistem yang digunakan untuk kerja kalang tertutup terdapat pada gambar 3.4, dimana AT89C52 membandingkan antara kecepatan putar acuan dan kecepatan putar sebenarnya yang diperoleh dari sensor kecepatan, kemudian memutuskan besarnya sudut picu α yang hendak dikeluarkan untuk mengusahakan kecepatan putar motor arus searah sama dengan kecepatan acuan.



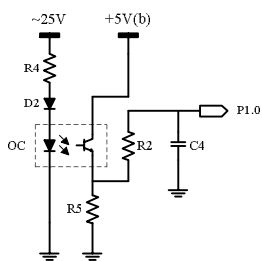
Gambar 3.4. Sistem kendali kerja kalang tertutup

Kerja kalang tertutup sepenuhnya dikontrol mikrokontroler AT89C52 untuk menghasilkan pemicuan untuk thyristor. Dengan menggunakan skema

pada gambar 3.2 untuk mendeteksi lebar perioda pulsa. Gambar 3.5 adalah salah satu contoh gambar yang diambil pada kecepatan 1500 rpm yang memperlihatkan bentuk gelombang diambil dari keluaran *optocoupler* sebelum masuk *schmitt trigger (inverter)* yang masih berbentuk tidak beraturan (bawah) dan keluaran setelah *schmitt trigger* yang sudah berbentuk beraturan (atas), bagian ataslah yang akan dibaca AT89C52 untuk diambil lebar perioda pulsanya sejumlah 10 pulsa.



Gambar 3.5. Bentuk gelombang dari sensor kecepatan

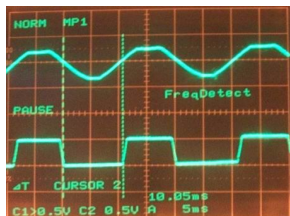


Gambar 3.6. Skema deteksi frekuensi jala-jala

$$T_r = \frac{4137931}{N} \text{ (mikrodetik)} \quad (3.1)$$

Persamaan 3.1 digunakan untuk merubah data kecepatan putar (N dalam rpm) menjadi perioda 10 pulsa (T_r dalam mikrodetik).

Proses kerja kalang tertutup dimulai dengan menunggu posisi *low* dari sensor frekuensi jala-jala. Gambar 3.6 adalah skema rangkaian untuk mendeteksi frekuensi jala-jala dan gambar 3.7 menunjukkan pembacaan bentuk gelombang tegangan bolak balik dikonversi menjadi gelombang kotak. Setelah posisi *low* terjadi pemicuan untuk setengah perioda pertama dilakukan, sesaat setelah itu dibuat tundaan 10000 mikrodetik untuk melakukan pemicuan pada setengah periode kedua. Sela waktu antara pemicuan setengah periode pertama dan setengah periode kedua digunakan untuk mengambil dan mengolah berbagai data.

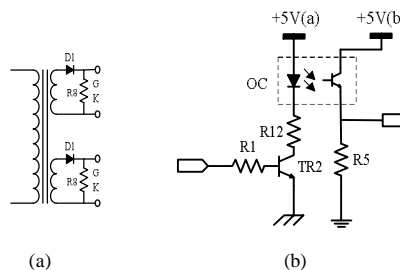


Gambar 3.7. Bagian atas adalah gelombang sinusoidal jala-jala dan bagian bawah bentuk gelombang kotak untuk input plfr

3.4. Rangkaian Isolasi

Alat ini bekerja dengan menggunakan dua macam isolasi, yaitu isolasi yang menggunakan trafo isolasi dan menggunakan *optocoupler*. Masing-masing memiliki fungsi yang berbeda

Trafo isolasi sebenarnya adalah sebuah trafo pulsa. Dalam alat ini digunakan untuk mengisolasi sekaligus mentransfer pulsa dari penguat pulsa ke *gate thyristor*.



Gambar 3.8. a. Trafo isolasi
b. *Optocoupler*

Karena digunakan penyearah gelombang penuh terkontrol penuh maka setiap keluaran dari penguat pulsa harus memicu 2 thyristor secara bersamaan, maka dibuat dua buah trafo isolasi dengan perincian setiap trafo memiliki satu lilitan primer dan dua lilitan sekunder yang masing-masing terpisah secara elektrik. Trafo isolasi atau trafo pulsa ini ditujukan hanya untuk mentransfer pulsa dan tidak diperlukan suplai daya tambahan.

Optocoupler ini digunakan untuk mengisolasi antara rangkaian ADC0809 dan mikrokontroler AT89C52, dimana AT89C52 terhubung langsung dengan jala-jala yang sangat riskan terjadi kesalahan. Jika terjadi kesalahan paling tidak hanya akan merusak rangkaian ADC0809. Karena digunakan sebagai komunikasi data maka bagian penerima memerlukan suplai daya tersendiri.

IV. Pengujian dan Analisa

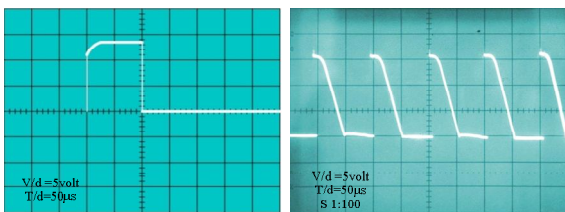
4.1. Voltmeter dan Amperemeter

Pada dasarnya penunjukkan voltampere tegangan jangkar V_a , voltampere tegangan medan V_f , amperemeter arus jangkar I_a , dan amperemeter arus medan I_f adalah cukup baik. Untuk voltampere tegangan jangkar V_a dan voltampere tegangan medan V_f terakhir keakuratannya mencapai ± 2 volt, dan amperemeter arus jangkar I_a keakuratannya mencapai $\pm 0,2$ ampere, serta amperemeter arus medan I_f keakuratannya mencapai $\pm 0,02$ ampere. Untuk memperbaiki tingkat akurasi dapat diatur dengan cara mengatur VR (*Variable Resistor*) yang digunakan sebagai penguatnya. Jadi disini voltmeter dan amperemeter yang dibuat memiliki sifat *adjustable* secara *hardware*. Amperemeter arus jangkar I_a yang juga difungsikan sebagai sensor arus terhadap beban lebih dapat bekerja dengan baik.

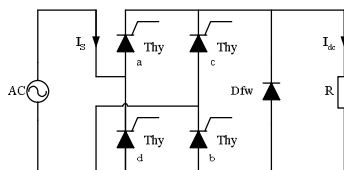
4.2. Rangkaian Thyristor

Rangkaian thyristor memiliki 4 buah thyristor yang tersusun sebagai penyearah gelombang penuh terkontrol penuh. Pemicuan masing-masing thyristor ditunjukkan pada gambar 4.1.a.

Rangkaian pada gambar 4.2 dicoba digunakan untuk menyalakan lampu pijar dengan $\alpha = 90^0$, bentuk gelombangnya terdapat pada gambar 4.1.b.



Gambar 4.1. a. Pulsa pemicuan thyristor
b. Bentuk gelombang tegangan pada sisi beban ketika rangkian thyristor dipicu 90^0



Gambar 4.2. Rangkaian penyearah gelombang penuh terkontrol penuh

4.3. Kalang Terbuka

Untuk merubah kecepatan putar motor arus searah dengan cara memutar regulator (potensiometer), semakin kekanan semakin besar tegangan yang dikeluarkan sehingga kecepatan putar juga semakin tinggi, percobaan ini dilakukan dengan tidak memberikan beban pada generator. Untuk mengetahui pengaruh perubahan V_t (tegangan jangkar) terhadap N (putaran) dan T (tors) yang dibangkitkan, dilakukan pengambilan data seperti pada tabel 4.1. Percobaan ini digunakan untuk simulasi *softstrarter*.

Tabel 4.1. Perubahan V_t terhadap I_a , N dan T

No	V_t volt	I_a amp	N rpm	V_f volt	E_b volt	T N.m
1	50	0,17	480	206	49,10	0,1660
2	60	0,19	573	206	58,99	0,1867
3	70	0,20	673	206	68,94	0,1956
4	80	0,20	770	206	78,94	0,1957
5	90	0,21	862	206	88,89	0,2067
6	100	0,21	954	206	98,89	0,2078
7	110	0,21	1042	206	108,89	0,2095
8	120	0,22	1158	206	118,83	0,2155
9	130	0,22	1255	206	128,83	0,2156
10	140	0,22	1344	206	138,83	0,2169
11	150	0,23	1445	206	148,78	0,2260
12	160	0,24	1540	206	158,73	0,2361
13	170	0,25	1642	206	168,68	0,2451

Pengambilan data dilakukan dengan cara memutar regulator dari posisi minimum kearah maksimum, kemudian ditentukan titik nilai tegangan untuk diukur kecepatan putarnya. Selanjutnya dilakukan pengambilan data untuk mengetahui

perubahan beban pada generator terhadap perbandingan komponen-komponen V_t (tegangan jangkar), I_a (arus jangkar), N (putaran), dan T (tors). Cara pengambilan datanya dalam kondisi awal tanpa beban dengan cara memutar regulator hingga kecepatan motor arus searah mencapai 1500 rpm, kemudian diberikan beban berupa lampu pijar pada generator sesuai dengan tabel 4.2 tanpa mengubah posisi regulator.

Pembacaan *tachometer* internal pada kerja kalang terbuka dibandingkan dengan *tachometer* eksternal diperoleh hasil pembacaan dengan selisih kurang lebih ± 1 rpm. Tingkat akurasi yang baik ini diperoleh karena sistem yang dipakai adalah menghitung jumlah pulsa secara langsung. Perbandingan jumlah pulsa yang dihitung sama dengan angka yang ditulis pada layar LCD sebagai *tachometer* internal.

Tabel 4.2. Percobaan pembebanan pada kalang terbuka.

No	N rpm	V_L volt	P_L watt	I_L amp.	I_a amp	V_t volt	I_f amp.	V_f volt	E_b volt	T N.m
1	1500	0	0	0	0,23	155	0,29	206	153,78	0,2251
2	1263	82	15	0,03	0,42	133	0,28	206	130,77	0,4151
3	1259	67	30	0,04	0,45	131	0,28	206	128,62	0,4388
4	1256	55	45	0,05	0,47	130	0,28	206	127,51	0,4555
5	1254	44	60	0,06	0,48	129	0,27	206	126,46	0,4620

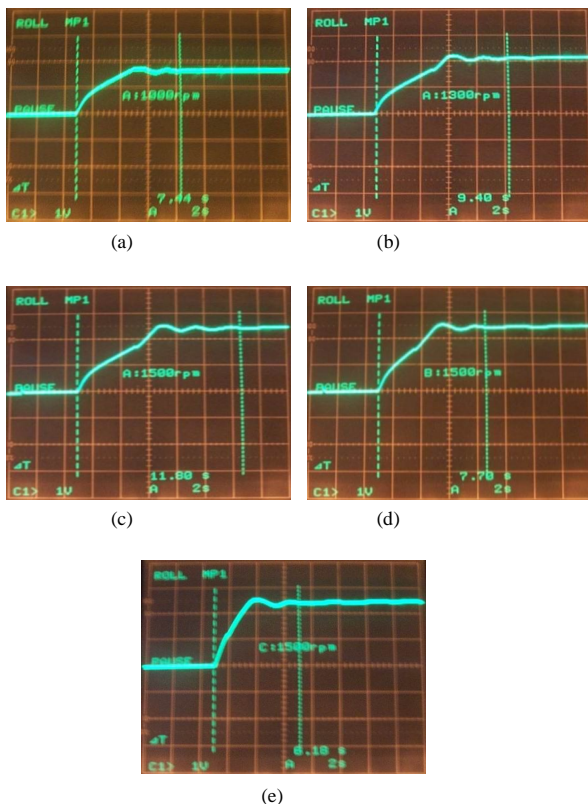
4.4. Kalang Tertutup

Sebelum kerja kalang tertutup dilakukan dahulu pengasutan terkontrol (*softstarting*), *softstarter* ini akan memutar motor hanya sampai pada kecepatan kurang lebih 1000 rpm, kemudian sistem kontrol diambil alih oleh sistem kerja kalang tertutup.

Alat ini memiliki 3 macam lama pengasutan yaitu A, B, dan C. Lama pengasutan A adalah *softstarting* terlama, dan C adalah *softstarting* tercepat. Gambar 4.3 memperlihatkan beberapa kondisi perubahan kecepatan saat pengasutan. Bagian gambar a menunjukkan bentuk perubahan kecepatan saat lama asut A pada kecepatan yang dituju 1000 rpm, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan tersebut dari posisi diam kurang lebih 7,44 detik. Bagian gambar b sama seperti kondisi gambar a tetapi kecepatan yang dituju 1300 rpm, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan tersebut dari posisi diam kurang lebih 9,40 detik. Bagian gambar c sama kondisinya dengan gambar a dan b namun kecepatan yang dituju 1500 rpm, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan tersebut dari posisi diam kurang lebih 11,80 detik. Bagian gambar d kecepatan yang dituju 1500 rpm tetapi lama pengasutannya adalah b, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan tersebut dari posisi diam kurang lebih 7,70 detik, dan terakhir bagian gambar e kecepatan yang dituju 1500 rpm dengan lama pengasutan c, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan tersebut dari posisi diam kurang lebih 6,18 detik. Dari gambar 4.3 dan penjelasan diatas membuktikan *softstarter* yang dibuat dapat bekerja dengan baik.

Selanjutnya dilakukan pengambilan data pada saat kerja kalang tertutup, dengan kecepatan yang ditentukan 1500 rpm. Hasil pengambilan data terdapat

pada tabel 4.3. Pengambilan data pada kalang tertutup dilakukan pada saat alat bekerja pada mode M1. Setelah rotor berputar 1500 rpm, generator diberi beban lampu pijar yang nilainya telah ditentukan seperti pada tabel 4.3.



Gambar 4.3. Beberapa kondisi perubahan kecepatan pengasutan.

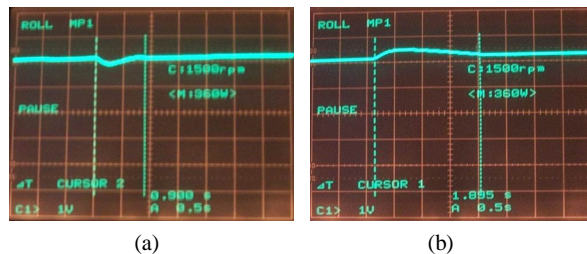
Pada saat diberi beban pada generator untuk beberapa saat kecepatan motor mengalami penurunan sebelum kembali kekecepatan awal, demikian pula saat generator dilepas bebannya untuk beberapa saat kecepatan motor mengalami kenaikan sebelum kembali kekecepatan awalnya. Proses menyesuaikan kecepatan ini kemudian disebut sebagai tanggapan atau *respond*.

Tabel 4.3. Perubahan pembebanan pada percobaan kalang tertutup

No	N rpm	VL volt	PL watt	IL amp.	Ia amp	Vt volt	If amp.	Vf volt	Eb volt	T Nm
1	1500	0	0	0	0,22	155	0,29	206	153,83	0,2154
2	1500	200	15	0,10	1,13	160	0,29	206	154,01	1,1075
3	1500	199	30	0,13	1,36	160	0,29	206	152,79	1,3223
4	1500	196	45	0,16	1,58	161	0,28	206	152,63	1,5346
5	1500	193	60	0,21	1,75	161	0,28	206	151,73	1,6897

Gambar 4.4 memperlihatkan bentuk tanggapan masuk dan lepasnya beban pada generator dalam mempengaruhi nilai kecepatan. Percobaan a ini dilakukan dengan cara memberikan beban sebesar 360 Watt setelah motor mencapai kecepatan 1500 rpm, sesaat setelah pemberian beban maka pada layar *oscilloscope* akan muncul lengkungan sebelum akhirnya kembali berupa garis lurus. Lengkungan tersebut diambil dengan sebuah kamera. Percobaan b ini

dilakukan dengan cara melepaskan beban sebesar 360 Watt setelah motor mencapai kecepatan 1500 rpm, sesaat setelah pemlepasan beban maka pada layar *oscilloscope* akan muncul lengkungan sebelum akhirnya kembali berupa garis lurus. Lengkungan tersebut diambil dengan sebuah kamera.

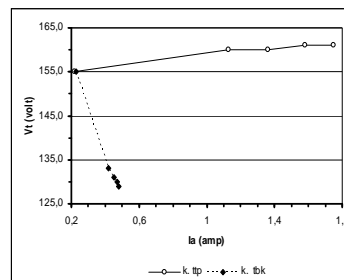


Gambar 4.4. Bentuk tanggapan
(a) Beban 360 Watt dimasukan
(b) beban 360 Watt dilepas

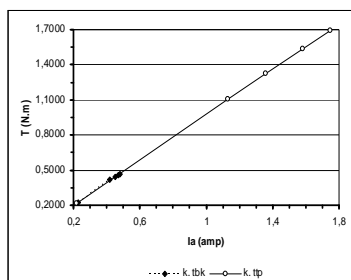
Pembacaan *tachometer* internal pada kerja kalang tertutup dibandingkan dengan *tachomete* eksternal diperoleh hasil pembacaan dengan selisih kurang lebih ± 10 rpm. Tingkat akurasi yang kurang baik ini diperoleh karena sistem yang dipakai adalah menghitung lebar pulsa secara langsung. Jumlah slot pada piringan sensor 145 buah secara penglihatan tampak seragam namun sebenarnya bila diukur mempunyai perbedaan, namun pengukuran lebar pulsa sejumlah 10 buah cukup membantu memperkecil kesalahan pembacaan. Bila ingin digunakan metoda ini maka digunakan piringan dengan jumlah slot cukup satu buah, pemilihan ini tentu saja akan perlu penyesuaian pada sistem yang bekerja tergantung padanya.

4.5. Perbandingan Kerja Kalang Terbuka dan Kalang Tertutup

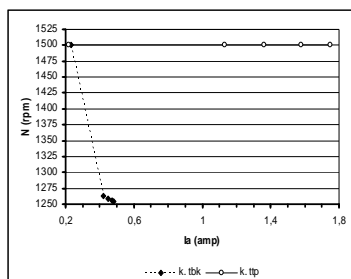
Sekarang diperbandingkan kerja kalang terbuka dan kerja kalang tertutup. Tabel yang diperbandingkan adalah tabel 4.2 dan tabel 4.3. Setelah tabel 4.1 membuktikan bahwa kenaikan tegangan terminal (V_t) dapat meningkatkan kecepatan putar (N). Kerja kalang tertutup diatur pada kecepatan 1500 rpm kemudian diberi beban sesuai tabel 4.3. Gambar 4.9 menunjukkan bagaimana V_t pada kerja kalang tertutup diatur sedemikian rupa sehingga kecepatan putarnya konstan dan perbandingan perubahan V_t terhadap I_a .



Gambar 4.9. Perbandingan V_t terhadap I_a pada kerja kalang terbuka dan kalang tertutup.



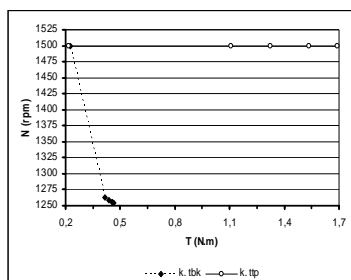
Gambar 4.10. Perbandingan T terhadap I_a pada kerja kalang terbuka dan kalang tertutup.



Gambar 4.11. Perbandingan N terhadap I_a pada kerja kalang terbuka dan kalang tertutup.

Gambar 4.10 memperlihatkan karakteristik kopel yang membandingkan perubahan I_a terhadap T . Pada saat kerja kalang tertutup kenaikan I_a mengakibatkan kenaikan T yang digunakan untuk memikul beban namun kecepatannya dijaga tetap di 1500 rpm. Pada saat kerja kalang terbuka kenaikan I_a juga mengakibatkan kenaikan T yang digunakan untuk memikul beban namun kecepatannya menurun dari 1500 rpm, karena tidak cukup kuat torsi yang dibangkitkan untuk mempertahankan kecepatan putarnya. Perbandingan I_a adalah berbanding lurus terhadap T .

Gambar 4.11 memperlihatkan karakteristik kecepatan yang membandingkan perubahan I_a terhadap N . Pada saat kerja kalang tertutup kenaikan I_a mengakibatkan kenaikan N yang digunakan untuk menjaga kecepatannya tetap di 1500 rpm, tiap-tiap perubahan beban diberikan V_i yang tepat untuk menjaga kecepatan putarnya. Pada saat kerja kalang terbuka kenaikan I_a mengakibatkan penurunan N . Perbandingan N adalah berbanding terbalik terhadap I_a , karena perubahan I_a disebabkan penambahan PL .



Gambar 4.12. Perbandingan N terhadap T pada kerja kalang terbuka dan kalang tertutup.

Gambar 4.12 memperlihatkan karakteristik mekanis yang membandingkan perubahan T terhadap N . Pada saat kerja kalang tertutup kenaikan T tidak mengakibatkan turunnya N karena tegangan pada V_i selalu menjaga N tetap di 1500 rpm, tiap-tiap perubahan beban diberikan V_i yang tepat untuk menjaga kecepatan putarnya. Pada saat kerja kalang terbuka kenaikan I_a mengakibatkan penurunan N tetapi juga menaikkan T . Perbandingan N adalah berbanding terbalik terhadap T .

Saat bekerja kalang tertutup akurasi ketepatan putaran motor setelah terjadi gangguan berupa perubahan beban kemudian dianggap dalam kondisi sudah stabil kurang lebih 10 rpm.

V. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Dari pembuatan alat dan laporan tugas akhir dengan judul Penggunaan Mikrokontroler AT89C52 untuk Mengatur Kecepatan Motor Arus Searah Penguatan Terpisah dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat pengatur kecepatan motor arus searah penguatan terpisah dengan menggunakan mikrokontroler AT89C52 yang telah dibuat dapat diselesaikan dan bekerja dengan baik.
2. Alat dapat dipilih bekerja sebagai kalang tertutup atau kalang terbuka sesuai dengan kebutuhan.
3. *Softstarter* yang dibuat dapat mengatasi arus *starting* yang tinggi.
4. Sensor arus dapat diaktifkan dan dinonaktifkan serta dapat diatur nilainya dapat bekerja dengan baik, pada saat sensor arus diaktifkan dapat mencegah pembebanan berlebih pada motor arus searah yang dapat mengakibatkan terbakarnya lilitan jangkar.
5. Pembacaan *tachometer* internal pada metoda menghitung jumlah pulsa dalam waktu tertentu memiliki akurasi pembacaan lebih baik, dibandingkan pembacaan lebar periode pulsa pada piringan yang memiliki banyak slot. Namun pembacaan lebar sejumlah periode pulsa memiliki keuntungan yaitu membutuhkan waktu lebih pendek dibandingkan metoda menghitung pulsa..
6. Metoda penyearah gelombang penuh terkontrol penuh dapat digunakan sebagai pengatur kecepatan motor arus searah dengan hasil yang baik, sebagai alternatif lain dari metode menggunakan *dc chopper*.
7. Pada saat kerja kalang tertutup dengan kecepatan acuan 1500 rpm akurasi kecepatan sesungguhnya kurang lebih 10 rpm.

5.2. Saran

1. Untuk *hardware* yang sama secara teori masih memungkinkan pengontrolan setiap setengah periode gelombang arus bolak balik.
2. Sistem pengaturannya diperbaiki untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.
3. Jika ingin merancang suatu pengaturan kalang tertutup perlu diperhitungkan lebar jangkauan

pengaturan, sehingga akurasi terhadap nilai acuan setelah tanggapan diberikan atas gangguan terjadi dapat dimaksimalkan.

4. Untuk melakukan sensoran kecepatan alternatif lain menggunakan metoda menghitung lebar pulsa namun dengan jumlah slot cukup satu buah pada piringan sensor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] _____, *Thyristor and Triac*, Philips Semiconductors, 1999.
- [2] _____, *TCA 785*, Siemens Semiconductor Group.
- [3] _____, *Ilmu Listrik*, PEDC Bandung, 1983.
- [4] _____, *Liquid Crystal Display Module M1632 User Manual*, Seiko Instruments Inc, Japan, 1987.
- [5] <http://www.National.com>.
- [6] <http://www.atmel.com>.
- [7] M. Rashid, *Power Electronics Circuit, Device, and Aplication 2nd*, Prentice-Hall International Inc, 1988.
- [8] Drs. Parsumo R, *Elektronika Daya*, Politeknik Negeri Semarang, 1997.
- [9] Mohan.Ned ,Tore M.Undeland ,William P Robbins, *Power Electronics : Converter, Applications, and Design*, John Wiley and Sons Inc, Canada, 1995.
- [10] Jacob M. Ph.D, C.C. Halkias, Ph.D, *Elektronika Terpadu*, Penerbit Erlangga, 1990.
- [11] Zuhail, *Dasar Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*, Gramedia, 1995.
- [12] B.L. Theraja, *Electrical Technology*, Nirja Construction & Dev. Co. Ltd, 1980.
- [13] Agfianto Eko Putra, *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 (teori dan aplikasi)*, Penerbit Gava Media, 2002.
- [14] Paulus Andi Nalwan, *Panduan praktis Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51*, Elek Media Komputindo, Jakarta, 2003.
- [15] Wolfgang Link, *Pengukuran, Pegendalian dan Pengaturan dengan PC Praktek Otomasi dengan pengaturan Numerik*, Elek Media Komputindo, Jakarta, 1993.
- [16] Katsuhiko Ogata, *Teknik Kontrol Otomatik*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1993.
- [17] Theodore Wildi, *Electrical Machines, Drives and Power Systems 3rd*, Prentige Hall Inc, New Jersey, 1997.
- [18] Sencer Yeralan , Ashutosh Ahluwalia, *Programming and Interfacing The 8051 Microcontroller*, Addison-Wesley Publishing Company, 1993.
- [19] Moh.Ibnu Malik, Anistardi, *Bereksperimen dengan Mikrokontroler 8031*, Elek Media Komputindo, Jakarta, 1997.
- [20] P C Sen, *Power Electronics*, Tata McGraw-Hill, 1987.
- [21] Richard AH, *Op Amps and Linier Integrated Circuit*, Delmar Publishers Inc, 1988.
- [22] Ir. Muslimin Marapung, *Teori Soal Penyelesaian Teknik Tenaga Listrik (TTL)*, Armico, Bandung, 1979

Menyetujui :
Pembimbing II

Mochammad Facta, ST. MT
NIP. 132 231 134