

PENGENDALIAN MOTOR SERVO AC

Rachmad Hartono

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik - Universitas Pasundan

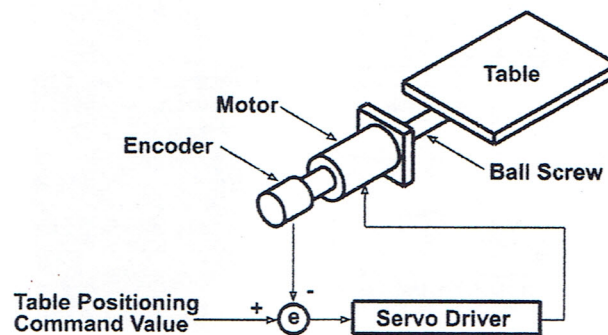
Abstrak: Motor servo secara sederhana dapat didefinisikan sebagai suatu motor listrik yang jumlah putarannya selalu dihitung agar motor berputar dengan jumlah putaran sesuai dengan yang diinginkan. Berdasarkan definisi tersebut setiap motor servo dilengkapi dengan suatu encoder yang berfungsi sebagai penghitung jumlah putaran poros motor servo. Motor listrik yang digunakan dapat berupa motor listrik DC, motor listrik AC satu fasa, maupun motor listrik tiga fasa. Pada penelitian ini motor listrik yang digunakan adalah motor listrik tiga fasa. Motor listrik tiga fasa dihubungkan dengan inverter. Frekwensi inverter diatur dengan cara mengatur tegangan pada kaki analog input inverter. Arah putaran motor ditentukan dengan cara memilih kaki mana pada logic input yang dihubungkan dengan kaki PCS. Poros motor dihubungkan dengan encoder yang menghasilkan pulsa sebanyak 360 pulsa dalam satu putaran. Pengaturan tegangan pada analog input, pemilihan kaki yang terhubung dengan PCS, dan pencatatan jumlah putaran yang telah dilakukan oleh motor listrik dilakukan oleh mikrokontroller ATmega8535. Besaran-besaran yang digunakan untuk menentukan frekwensi listrik tiga fasa dan jumlah putaran yang digunakan sebagai referensi untuk menghentikan motor listrik diterima mikrokontroller dari komputer melalui komunikasi serial.

Kata kunci: motor servo AC, PCS, encoder.mikrokontroller.

Pendahuluan

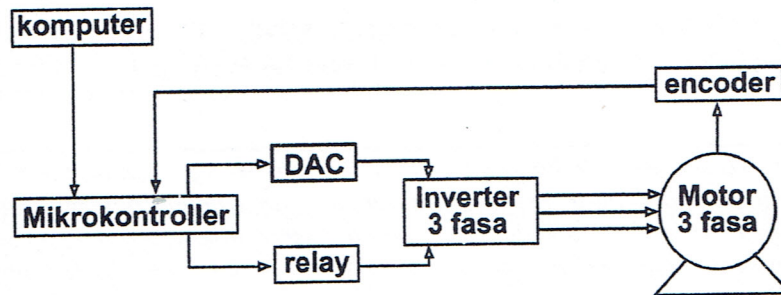
Motor servo secara sederhana dapat didefinisikan sebagai suatu motor listrik yang jumlah putarannya selalu dihitung agar motor berputar dengan jumlah putaran sesuai dengan yang diinginkan. Mekanisme pengontrolan motor servo dapat dilihat pada gambar 1.

Perintah untuk menggerakkan motor servo dikirimkan ke servo driver. Berdasarkan perintah tersebut servo driver akan menggerakkan motor servo ke arah yang diinginkan. Selama motor servo berputar, jumlah putaran motor servo dihitung oleh encoder. Jumlah putaran motor servo dibandingkan dengan nilai yang telah ditentukan. Bila terdapat perbedaan antara nilai yang sudah ditentukan sebelumnya dengan jumlah putaran motor servo maka motor servo akan terus diaktifkan. Motor servo akan dihentikan bila jumlah putaran yang telah dicapai sama dengan nilai yang telah ditentukan sebelumnya.



Gambar 1. Mekanisme pengontrolan motor servo.

Pada makalah ini dibahas cara pengontrolan motor listrik tiga fasa dengan menggunakan mikrokontroller ATmega8535 sebagai komponen utama sistem kontrolnya. Diagram blok pengontrolan dapat dilihat pada gambar 2.



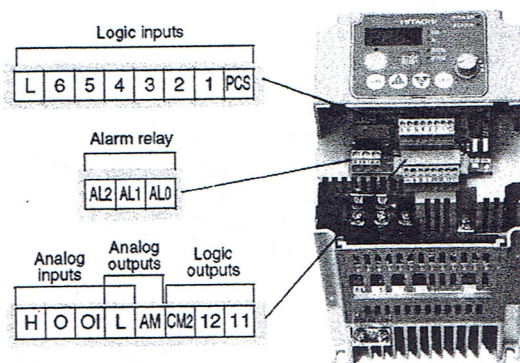
Gambar 2. Diagram blok pengontrolan motor listrik tiga fasa

Data pengontrolan berupa arah putaran motor, kecepatan putar motor, dan jumlah putaran dikirimkan oleh komputer melalui komunikasi secara serial. Data pengontrolan oleh mikrokontroller digunakan sebagai data *input* untuk DAC dan *relay*. *Output* DAC akan menentukan frekwensi *inverter* dan kontak *relay* akan menentukan arah fasa *inverter*. *Encoder* akan menghitung jumlah putaran dan jumlah putaran tersebut akan disampaikan ke mikrokontroller. Bila jumlah pulsa yang diterima oleh *encoder* sama dengan jumlah putaran yang dikirimkan oleh komputer, motor tiga fasa akan dihentikan.

Inverter

Inverter adalah suatu alat yang dapat mengubah listrik satu fasa menjadi listrik tiga fasa. Salah satu jenis *inverter* yang ada di pasaran adalah *inverter* jenis SJ200 keluaran Hitachi. *Inverter* jenis SJ200 dapat dilihat pada gambar 3.

Inverter jenis SJ200 dapat dioperasikan dalam dua mode operasi. Mode yang pertama adalah mode *keypad* dan mode yang kedua adalah mode terminal. Pada mode *keypad*, *inverter* dioperasikan melalui *keypad* yang terdapat pada bagian atas *inverter*. Pada mode ini *inverter* hanya dapat memutar motor tiga fasa dalam satu arah putaran. Kecepatan putar motor tiga fasa diatur melalui *potensiometer* yang terdapat pada *keypad* pada bagian atas *inverter*.

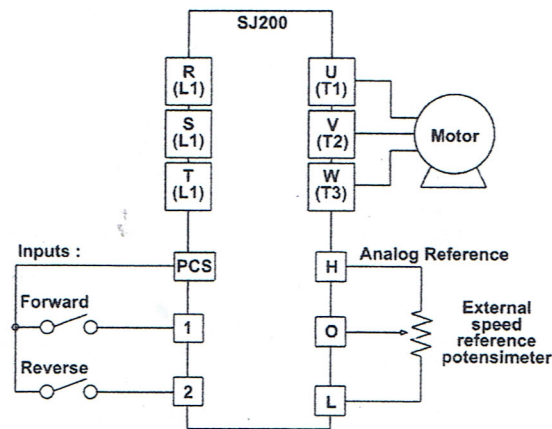


Gambar 3. *Inverter* jenis SJ200 keluaran Hitachi.

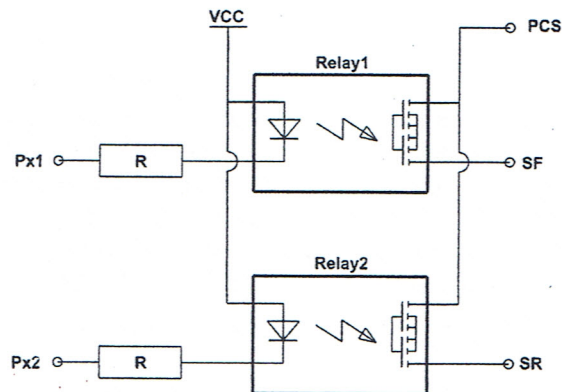
Pada mode terminal, *inverter* dioperasikan melalui kaki-kaki input yang terdapat pada *inverter*. Rangkaian dasar pada mode terminal dapat dilihat pada gambar 4. Motor akan aktif bila salah satu saklar *input* (saklar *forward* atau saklar *reverse*) dalam keadaan kontak. Bila saklar *forward* dalam keadaan kontak maka motor akan berputar searah dengan putaran jarum jam. Bila saklar *reverse* dalam keadaan kontak maka motor akan berputar berlawanan arah dengan arah putaran jarum jam. Kecepatan putar motor diatur dengan cara mengatur besar tegangan yang masuk pada kaki O analog *reference*. Kontak saklar pengatur arah putaran diaktifkan oleh *relay*. Besarnya tegangan yang masuk kaki O analog *reference* diatur oleh DAC (*Digital to Analog Converter*).

Relay

Relay adalah salah satu komponen elektronika yang digunakan untuk memisahkan rangkaian elektronik berarus rendah dengan rangkaian elektronik berarus tinggi. Salah satu jenis *relay* yang sering digunakan dalam aplikasi sistem kontrol adalah *solid state relay*. Simbol *solid state relay* dalam suatu rangkaian dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 4. Rangkaian dasar pada mode terminal.



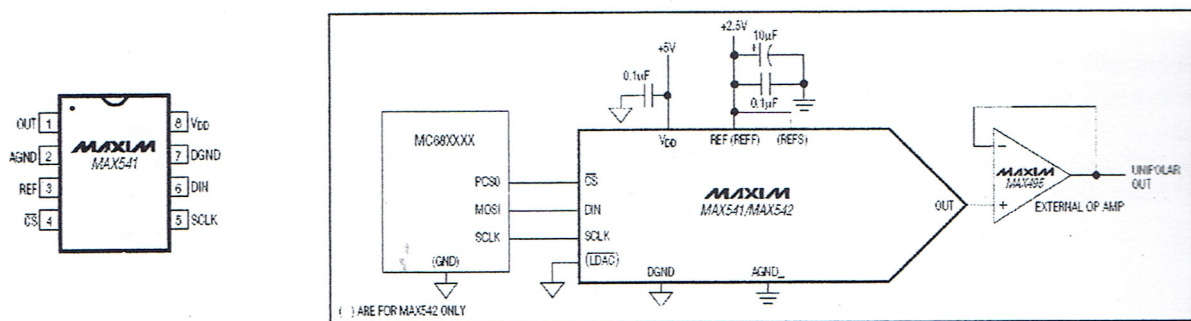
Gambar 5. *Solid state relay* dalam rangkaian.

Rangkaian pada gambar 5 pada sebelah kiri dihubungkan dengan mikrokontroler ATmega8535 dan pada bagian kanan dihubungkan dengan *inverter* SJ200 keluaran Hitachi. Bila kaki Px1 diberi logika 0

(low) kaki PCS akan terhubung dengan kaki SF sehingga motor listrik tiga fasa akan berputar dengan arah putaran searah dengan putaran jarum jam. Bila kaki Px2 diberi logika 0 (low) maka kaki PCS akan terhubung dengan dengan kaki SR sehingga motor listrik tiga fasa akan berputar dengan arah putaran berlawanan dengan arah putaran jarum jam.

Digital to Analog Converter (DAC)

Digital to Analog Converter (DAC) adalah komponen elektronik yang dapat mengubah data digital menjadi data analog. Salah satu jenis DAC adalah IC Max541. IC ini dapat mengkonversikan data digital 16 bit menjadi data analog maksimum 2.5 volt. Karena data analog yang digunakan untuk mengontrol kecepatan putar motor tga fasa maksimum sebesar 10 volt, *output* DAC perlu dikuatkan lagi oleh *operational amplifier* dengan faktor penguatan sebesar 4 kali. Bentuk DAC Max451 dan skematis rangkaiannya dapat dilihat pada gambar 6.

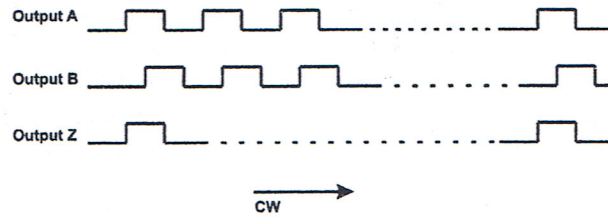


Gambar 6. DAC Max541 dan skematis rangkaiannya

Kaki-kaki CS, DIN, dan SCLK dihubungkan dengan kaki-kaki pada mikrokontroler ATmega8535. Pengiriman data digital dari mikrokontroler ke DAC dilakukan dengan cara mengatur logika pada kaki-kaki CS, DIN, dan SCLK sesuai dengan aturan yang telah ditentukan. *Output* DAC kemudian dikuatkan dengan faktor penguatan 4 kali dan selanjutnya *output* dari *operational amplifier* tersebut dihubungkan dengan kaki O analog *reference inverter* SJ200 keluaran Hitachi.

Encoder

Encoder adalah salah satu jenis sensor yang dapat digunakan untuk menghitung jumlah putaran suatu poros yang berputar. Salah satu jenis *encoder* adalah *encoder* tipe E40S6-3600-3-N-24 keluaran Autonic. *Encoder* ini mempunyai tiga output fasa yaitu output fasa A, output fasa B, dan output fasa Z. Jumlah pulsa pada output fasa A dan B adalah 3600 pulsa untuk satu putaran *encoder*. *Output* fasa A dan *output* fasa B berbeda setengah perioda. Jumlah pulsa pada *output* fasa Z adalah satu pulsa untuk satu putaran *encoder*. Bentuk pulsa yang dihasilkan oleh *encoder* E40S6-3600-3-N-24 dapat dilihat pada gambar 7.

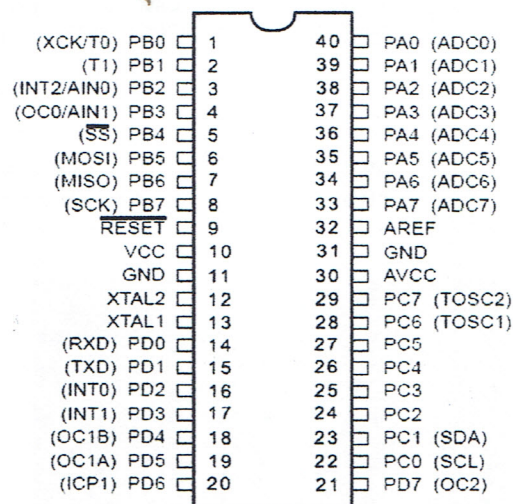


Gambar 7. Sinyal output pada encoder

Bila sinyal *output* pada fasa A digunakan sebagai penghitung jumlah putaran maka sinyal *output* B digunakan sebagai penentu arah putaran. Ketika terjadi perubahan harga sinyal dari H (*high*) ke L (*low*) pada fasa A harga pencacah ditambah satu jika harga sinyal pada fasa B bernilai H. Ketika terjadi perubahan harga sinyal dari H (*high*) ke L (*low*) pada fasa A harga pencacah dikurangi satu jika harga sinyal pada fasa B bernilai L. *Output* fasa A dihubungkan dengan kaki INT0 pada mikrokontroler ATmega8535 dan *output* fasa B dihubungkan dengan salah satu kaki mikrokontroler ATmega8535 yang lain. *Output* fasa Z digunakan untuk menghitung jumlah putaran motor dalam skala yang lebih besar.

Mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroler ATmega8535 merupakan mikrokontroler keluaran Atmel yang termasuk dalam keluarga AVR. Mikrokontroler ini mempunyai beberapa fitur yang mendukung pengontrolan motor servo AC tiga fasa. Bentuk mikrokontroler ATmega8535 dan penamaan kaki-kakinya dapat dilihat pada gambar 8.

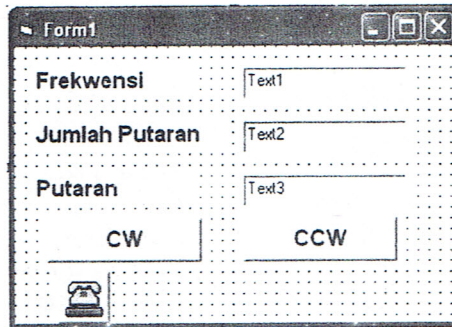


Gambar 8. Mikrokontroler ATmega8535

Fitur mikrokontroler yang digunakan pada pengontrolan *motor servo* AC tiga fasa adalah fitur komunikasi serial, fitur *interupsi eksternal*, dan fitur I/O. Komunikasi serial antara mikrokontroler dengan perangkat elektronik yang lain dilakukan melalui kaki TXD (kaki 15) dan RXD (kaki 14). Fitur *interupsi eksternal* dilakukan melalui kaki INT0 (kaki 16) dan INT1 (kaki 17). Fitur untuk keperluan I/O dilakukan pada PORT A, PORT B, PORT C, maupun PORT D.

Visual Basic

Bahasa pemrograman yang digunakan untuk melakukan komunikasi serial antara komputer dengan mikrokontroller adalah *Visual Basic*. Komunikasi serial dengan menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic* melibatkan objek *MsComm*. Form aplikasi yang digunakan untuk pengendalian *motor servo AC* dapat dilihat pada gambar 9.

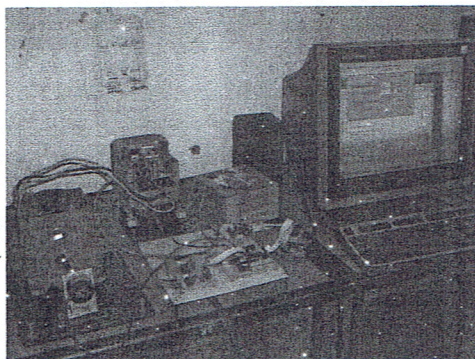


Gambar 9. Form aplikasi pengendalian motor servo AC

Textbox Text1 digunakan untuk memasukkan nilai frekwensi *inverter*. *Textbox* Text2 digunakan untuk memasukkan nilai jumlah putaran yang diinginkan sampai *motor servo* berhenti berputar. *Textbox* Text3 digunakan untuk menampilkan jumlah putaran yang dicapai saat *motor servo* mulai berputar sampai *motor servo* berhenti berputar. Tombol CW dan CCW digunakan untuk memulai perintah pengiriman data secara serial. Data serial yang dikirimkan komputer ke mikrokontroller berupa arah, frekwensi *inverter* (yang tertulis pada *Textbox* Text1), dan jumlah putaran yang diinginkan. Bila tombol CW ditekan maka data arah bernilai 0. Jika tombol CCW ditekan maka data arah bernilai 1.

Pengujian

Sebelum dilakukan pengujian pengendalian motor servo AC, semua komponen-komponen sistem kontrol perlu dirangkai menjadi satu kesatuan. Semua komponen sistem kontrol yang telah dirangkai dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. *Set up* pengujian.

Pengujian dilakukan dengan cara menjalankan sistem kontrol dengan parameter frekwensi dan jumlah putaran yang berbeda-beda. Jumlah putaran saat *motor servo* berhenti berputar dicatat. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel-tabel berikut ini.

Tabel 1. Data hasil pengujian pada setting putaran 90°.

Jumlah putaran yang diinginkan (s1)	Frekwensi (Hz)	Jumlah putaran yang tercapai (s2)	Selisih putaran (s1-s2)
90	25	91	1
	50	94	4
	75	99	9
	100	107	17
	125	116	26
	150	126	36
	175	146	56
	200	160	70
	225	175	85
	250	179	89

Tabel 2. Data hasil pengujian pada setting frekwensi 100 Hz.

Jumlah putaran yang diinginkan (s1)	Frekwensi (Hz)	Jumlah putaran yang tercapai (s2)	Selisih putaran (s1-s2)
10	100	19	9
30		46	16
50		66	16
70		85	15
90		105	15
110		129	19
130		146	16
150		166	16
170		186	16
190		206	16
230		246	16
250		265	15

Tabel 3. Data hasil pengujian pada setting frekwensi 100 Hz.

Jumlah putaran yang diinginkan (s1)	Frekwensi (Hz)	Jumlah putaran yang tercapai (s2)	Selisih putaran (s1-s2)
10	150	22	12
30		59	29
50		87	37
70		108	38
90		125	35
110		144	34
130		168	38
150		185	35
170		206	36
190		228	38
230		266	36
250		287	37

Analisa Data

Dari data hasil pengujian (tabel 1, tabel 2, dan tabel 3) dapat dilihat beberapa hal sebagai berikut :

- Jumlah putaran yang tercapai selalu lebih besar daripada jumlah putaran yang diinginkan. Hal ini disebabkan karena motor listrik masih mempunyai energi kinetik meskipun aliran listrik telah diputus ketika putaran telah mencapai harga yang telah ditentukan.
- Semakin tinggi frekwensi, selisih antara jumlah putaran yang tercapai dengan jumlah putaran yang diinginkan semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi frekwensi listrik tiga fasa, kecepatan motor semakin meningkat. Semakin tinggi kecepatan motor, mengakibatkan semakin tinggi energi kinetik yang dimiliki oleh motor listrik saat arus listrik diputus ketika putaran motor listrik telah mencapai harga yang telah ditentukan.
- Selisih jumlah putaran untuk frekwensi yang tetap, besarnya relatif tetap kecuali pada jumlah putaran yang diinginkan rendah. Hal ini disebabkan, pada setting jumlah putaran rendah, *inverter* belum mencapai frekwensi yang telah ditentukan, jumlah putaran motor sudah mencapai harga yang telah ditentukan. Saat arus listrik diputus, enegi kinetik motor belum mencapai maksimum sehingga kelebihan putaran menjadi lebih rendah.

Kesimpulan

Dari pembahasan pada paragraf-paragraf sebelumnya, dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

- Pengendalian motor listrik tiga fasa dengan sistem kendali yang telah diuraikan, sangat mungkin digunakan untuk mengendalikan motor listrik tiga fasa.
- Jumlah putaran yang tercapai selalu lebih besar daripada jumlah putaran yang diinginkan. Kelebihan putaran yang diinginkan besarnya relatif tetap untuk besar frekwensi yang sama.

Saran

Untuk pengembangan selanjutnya perlu dilakukan beberapa aktifitas lanjutan agar pengendalian motor listrik tiga fasa dapat digunakan untuk aplikasi-aplikasi yang lebih bermanfaat. Beberapa aktifitas tersebut antara lain :

- Menyempurnakan kembali program pengendalian motor listrik tiga fasa, sehingga putaran yang tercapai sama dengan putaran yang diinginkan.
- Melakukan pengujian pengendalian motor listrik tiga fasa dengan adanya beban pada poros motor listrik tiga fasa.

Daftar Pustaka

- Data Sheet DAC0808 8-Bit D/A Converter, *National Semiconductor*, May 1999.
- Data Sheet ATmega8535(L), ATMEL.
- Data Sheet E40S6-3600-3-N-24, Autonics.
- Data Sheet Inverter SJ200, Hitachi.