

APLIKASI IC AT89S51 SEBAGAI PENGONTROL KECEPATAN MOTOR DC

Mujiman¹

¹ Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi Akprind Yogyakarta

Masuk: 23 Juni 2007, revisi masuk: 7 Mei 2008, diterima: 15 Juni 2008

ABSTRACT

Controlling is tool up to can work as according to what expected by consumer. At controlling of speed of motor dc, matter which is most commonly done voltage regulation. Controlling design speed motor dc uses the IC AT89S51 as especial component at network. Govern the input by knob depress, processed at network of IC AT89S51, and output through of IC ULN200x (as driver), with the motor of dc stepper as controlled burden. LED use as indication of speed choice. Result of perception prove that with the arrangement of speed of motor rotation use the network microcontroller compared to a calculation theory of there are smallest error at low rotation.

Keywords: DC Motor, Microcontroller, Push Button

INTISARI

Mengontrol adalah menyesuaikan alat untuk dapat bekerja sesuai dengan apa yang diharapkan oleh pengguna. Pada pengontrolan kecepatan motor dc, hal yang paling umum dilakukan adalah pengaturan tegangan. Perancangan pengontrol kecepatan motor dc menggunakan IC AT89S51 sebagai komponen utama pada rangkaian. Perintah diinputkan oleh tombol tekan, diproses pada rangkaian IC AT89S51, dan output melalui IC ULN200x (sebagai *driver*), dengan motor dc *stepper* sebagai beban yang dikontrol. LED digunakan sebagai penampil pilihan kecepatan. Hasil pengamatan membuktikan bahwa dengan pengaturan kecepatan putaran motor menggunakan rangkaian mikro-kontroler dibandingkan dengan teori perhitungan terdapat eror yang paling kecil pada putaran rendah.

Kata Kunci : Motor DC, Mikrokontroler, Tombol Tekan

PENDAHULUAN

Generator listrik arus dc dapat berfungsi sebagai motor listrik apabila didalamnya terjadi proses konversi dari energi listrik menjadi energi mekanik. Sedangkan untuk motor dc, memerlukan suplai tegangan arus searah pada bagian kumparan jangkar dan kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik dari (Sumanto, 1987)

Motor dc kutub luar mempunyai kerangka luar disebut stator yaitu (bagian yang tidak berputar), kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar pada medan magnet, maka akan timbul tegangan gaya gerak listrik (ggl) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik, dengan mengacu pada hu-

kum kekekalan energi: Proses energi listrik = energi mekanik + energi panas + energi didalam medan magnet, maka dalam medan magnet akan dihasilkan kumparan medan dengan kerapatan fluks sebesar B dengan arus I serta panjang konduktor sama dengan L maka diperoleh gaya sebesar F , dengan persamaan 1 dan 2 (Zuhal, 1991) sebagai berikut ;

$$F = B I L. \quad (1)$$

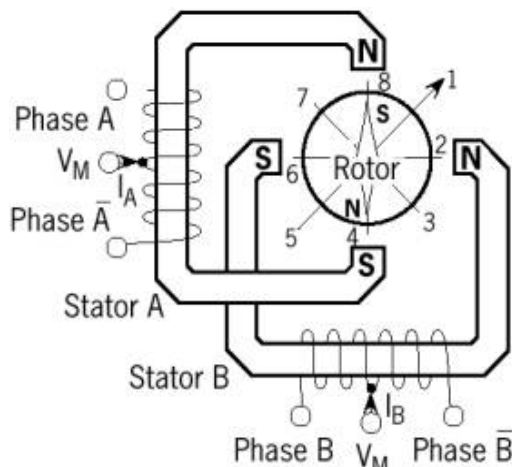
Arah dari gaya ini ditentukan oleh aturan kaidah tangan kiri, adapun kaidah tangan kiri tersebut sebagai berikut :

Ibu jari sebagai arah gaya (F), telunjuk jari sebagai fluks (B), dan jari tengah sebagai arus (I) bila motor dc mempunyai jari-jari (r), maka hubungan persamaan diperoleh:

$$Tr = Fr \quad (2)$$

Saat gaya (F) dibandingkan, konduktor, akan bergerak didalam kumparan medan magnet, menimbulkan gaya gerak listrik(ggl) yang merupakan reaksi lawan terhadap tegangan sumber. Proses perubahan energi mekanik dapat berlangsung secara sempurna, maka tegangan sumber harus lebih besar dari pada tegangan gerak yang disebabkan reaksi lawan, (Zuhal, 1991).

Berdasarkan metode perancangan rangkain pengendalinya, motor *stepper* dapat dibagi menjadi jenis unipolar dan bipolar. Rangkain pengendali motor *stepper* unipolar lebih mudah dirancang karena hanya memerlukan satu saklar/transistor setiap lilitannya. Untuk menjalankan dan menghentikan motor cukup dengan menerapkan pulsa digital yang hanya terdiri atas tegangan positif dan nol (ground) pada salah satu terminal lilitan (*wound*) motor sementara terminal lainnya dicatu dengan tegangan positif konstan (V_M) pada bagian yang ditengah (*center*), sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1 dan 2 (Sumanto, 1987).

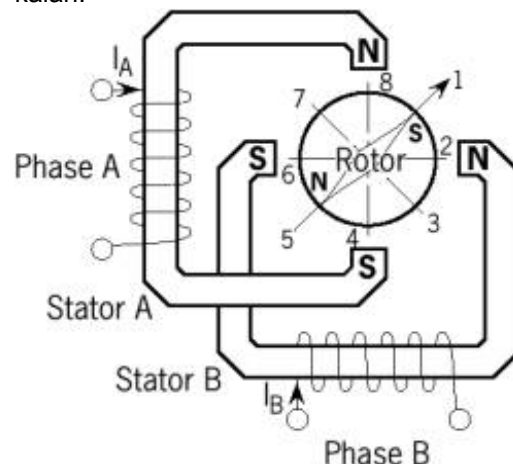


Gambar 1. Rangkain motor stepper dengan lilitan bipolar

Untuk motor *stepper* dengan lilitan bipolar, diperlukan sinyal pulsa yang berubah-ubah dari positif ke negatif dan sebaliknya. Jadi pada setiap terminal lilitan (A & B) harus dihubungkan dengan sinyal yang mengayun dari positif ke negatif dan sebaliknya. Karena dibutuhkan rangkain pengendali yang agak lebih kompleks daripada rangkain pengendali untuk motor unipolar. Motor *stepper*

bipolar memiliki keunggulan dibandingkan dengan motor *stepper* unipolar dalam hal torsi, lebih besar untuk ukuran yang sama.

Rangkain pengendali motor stepper (*stepper motor driver*) menggunakan komponen utama berupa sebuah IC logika XOR (74LS86) dan sebuah IC JK flip-flop (74LS76). Rangkain dengan kedua IC tersebut berfungsi untuk menghasilkan empat pulsa keluaran berurutan yang dapat berbalik urutannya dengan menerapkan logika tertentu pada rangkain.



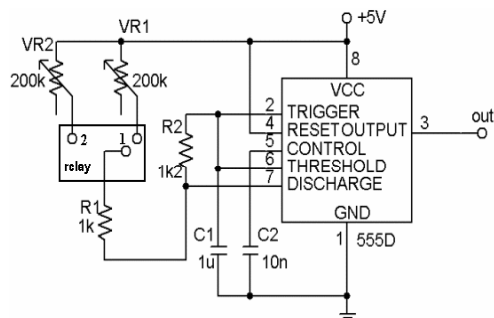
Gambar 2. Rangkain motor stepper dengan lilitan unipolar

Rangkain pada motor stepper memerlukan pulsa clock untuk dapat beroperasi. Sebagai sumber *clock* digunakan rangkain berbasis IC timer 555, (Michael Jacob, 1997). Rangkain pembangkit *clock* ini dapat menghasilkan dua macam frekuensi pulsa keluaran guna mendukung dua kecepatan motor *stepper*. Kemudian untuk mendukung pulsa-pulsa dengan arus besar (sekitar 1-3A) digunakan transistor daya NPN tipe TIP-31 sebagai *solid state switch*. Untuk lebih jelasnya memperhatikan rangkain utama, dengan pengendali motor *stepper*. Rangkain pengendali motor *stepper* dapat bergerak kedua arah, keluaran pengendali motor *stepper* ini ada empat (pena 15, 14, 11, 10 dari IC 74LS-76). Pena-pena tersebut akan menghasilkan pulsa yang dapat menggerakkan motor *stepper*.

Gambar 3 mengilustrasikan kecepatan motor ditentukan oleh frekuensi masukan *clock* yang berbentuk gelom-

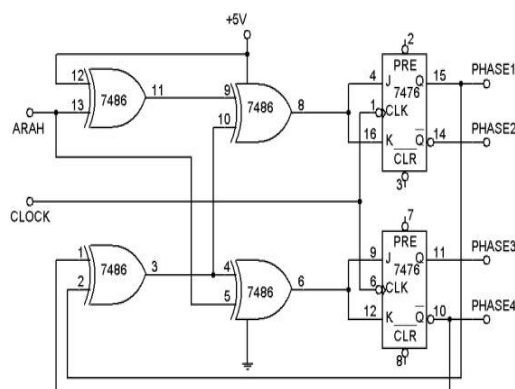
bang persegi empat. Pulsa *clock* dibangkitkan oleh rangkaian osilator pembangkit pulsa berbasis IC timer 555. Berikut ini adalah rangkaian pembangkit pulsa *clock* berbasis IC 555:

Rangkaian berbasis IC 555 yang bekerja pada mode astabil. Dalam rangkaian bekerja sebagai osilator pembangkit pulsa/gelombang. Rangkaian Gambar 3 akan membangkitkan pulsa berbentuk persegi empat pada keluarannya (pena 3) secara periodik, (Michael Jacob, 1997).



Gambar3. Rangkaian pengendali motor stepper.

Motor *stepper* umumnya memerlukan arus listrik yang relatif besar yaitu 1 hingga 2A. Untuk itu keluaran dari pengendali motor *stepper* perlu dikuatkan sehingga dapat mengalirkan arus yang besar. Penguat tersebut dapat dianggap sebagai *solid state switch* karena hanya menghasilkan sinyal tinggi dan rendah (1 dan 0). skema rangkaian *solid state switch* seperti pada Gambar 4 (Eko Putra, A, 2002).



Gambar. 4. Rangkaian transistor bipolar

Pada rangkaian tersebut digunakan transistor bipolar (BJT) tipe TIP31

sebagai open collector switch. Transistor TIP31 adalah tergolong transistor daya menengah mampu mengalirkan arus puncak hingga 5A. Transistor-transistor ini harus dilengkapi oleh lempengan pendingin aluminium untuk mengurangi panas yang terjadi akibat besarnya arus yang mengalir. L1-L4 adalah lilitan (*wound*) dalam motor *stepper*. Dioda D1-D4 berfungsi sebagai pelindung rangkaian dari tegangan tinggi (*back EMF*) yang mungkin timbul dari lilitan motor setep-*per*.

Keluaran dari rangkaian pengendali motor *stepper* (phase1-4) dihubungkan keemasukan dari empat transistor melalui R1-R2. Jika masukan bernilai sinyal rendah, maka transistor akan berada pada keadaan *cut-off* sehingga arus dalam lilitan motor *stepper* tidak mengalir. Jika masukan bernilai tinggi diatas tegangan ambang transistor, maka transistor akan on sehingga tegangan antara kolektor dengan emitor (V_{CE}) turun dan arus dapat mengalir ke tanah (ground), dengan begitu motor *stepper* berputar. Jika sinyal keluaran dari pengendali motor *stepper*, maka L1, L2, L3 dan L4 akan dialiri arus secara berurutan. Sedangkan rotor dari motor *stepper* akan berputar sesuai dengan arah urutan sinyal, (Zuhail, 1991)

Mikrokontroler ATMELE AT89C/Sxx AT89S51 mempunyai struktur memori terdiri : (Simanjuntak, dkk, 2001).

- RAM internal, memori sebesar 128 *byte* yang biasanya digunakan untuk menyimpan *variable* atau data yang bersifat sementara.
- SFR, memori yang berisi register-register yang mempunyai fungsi-fungsi khusus yang disediakan oleh mikrokontroler tersebut. Salah satu contoh SFR adalah untuk *Timer/ Counter*.
- *Flash PEROM*, memori yang digunakan untuk menyimpan perintah-perintah MCS-51. AT89S51 mempunyai struktur memori yang terpisah antara RAM internal dan *Flash PEROM*.

RAM internal dialamati oleh RAM *Address Register* (Register Alamat RAM) sedangkan *Flash PEROM* yang menyimpan perintah-perintah MCS-51 dialamati oleh *Program Address Register* (Register Alamat Program). Dengan adanya struk-

tur memori yang terpisah, walaupun RAM internal dan Flash PEROM, mempunyai alamat awal yang sama, yaitu alamat 00, namun secara fisiknya kedua memori tersebut tidak saling berhubungan.

Mikrokontroler merupakan sistem mikroprosesor yang dirancang secara khusus untuk aplikasi dengan kendali sekuensial, yaitu digunakan untuk mengatur dan memonitor. Suatu mikrokontroler sistem dengan urutan kerja tertentu. Gambar diatas memperlihatkan blok diagram mikrokontroler lengkap dengan komponen-komponennya dalam satu chip. Mikrokontroler merupakan gabungan antara mikroprosesor dengan ROM (*Read Only Memory*), RAM (*Random Access Memory*), *Paralel I/O (Input-output)*, *serial I/O (Input-output)*, *counter*, *timer* dan rangkaian pembangkit isyarat pulsa detak. Sedangkan suatu mikroprosesor sendiri atau CPU terdiri atas beberapa komponen, antara lain ALU (*Aritmatic Logic Unit*), PC (*Program Counter*), SP (*Stack Pointer*) dan *register-register*.

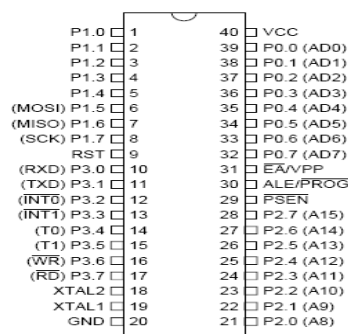
Menurut (Eko Putranto, 2002), dalam sejarahnya mikrokontroler MCS-51 merupakan jenis mikrokontroler yang termasuk tua, keluarga mikrokontroler MCS-51 adalah mikrokontroler yang paling populer saat ini. Keluarga mikrokontroler MCS-51, diawali oleh Intel yang mengenalkan IC mikrokontroler type 8051 pada awal tahun 1980-an. Sampai kini sudah lebih 100 macam mikrokontroler turunan 8051, sehingga terbentuklah 'keluarga besar mikrokontroler' dan biasa disebut sebagai MC-S-51. belakangan ini, pabrik IC (*Integra-ted Circuit*) Atmel ikut menambah anggota keluarga MCS-51. produksi mikrokontroler M-CS-51 Atmel dibagi dua macam, yang pertama yaitu mikrokontroler dengan jumlah pin 40 setara dengan 80-51 yang asli, dan yang kedua adalah mikrokontroler dengan jumlah pin 2 MC-S-51 yang disederhanakan. Perbedaan diantara keduanya adalah dalam kapasitas *Flash PEROM (Programmable and Erasable Read Only Memory)* dari tipe, AT89C51 mempunyai *Flash PEROM* dengan kapasitas 4K *byte*, AT89C52 dengan kapasitas 8K *byte*, AT89C53 dengan kapasitas 12K *byte*, AT89C55 dengan kapasitas 20K *byte* dan AT89C8252 berisikan

8K *byte Flash PE-ROM* dan 2K *byte EEPROM (Electrical Erasable and Programmable ROM)*, penyederhanaan daripada mikrokontroler ukuran kecil ini, dengan cara mengurangi jalur untuk I/O *paralel*, kemampuan lain sama sekali tidak mengalami pengurangan, penyederhanaan ini dimaksudkan untuk membentuk mikrokontroler yang bentuk fisiknya sekecil mungkin tetapi mempunyai kemampuan yang sama.

ATMEL sendiri memproduksi 3 buah mikrokontroler '*mini*', masing-masing adalah AT89C1051 dengan kapasitas *Flash PEROM* sebesar 1K *byte*, AT89C2051 kapasitas 2K *byte* dan AT89C4051 dengan kapasitas 4K *byte*.

AT89C51 adalah mikrokontroler 8 bit keluaran ATMEL dengan 4K *byte Flash PEROM (Programmable and Erasable Read Only Memory)* merupakan memori dengan teknologi *high density nonvolatile memory* dan kompatibel dengan mikrokontroler standard industri MCS51, isi memori tersebut dapat diisi ulang ataupun dihapus sampai batas 1000 kali, mikrokontroler ini merupakan *high performance* teknologi CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) dan dikemas dalam paket 40 pin dengan satu daya tunggal. Diagram susunan kaki mikrokontroler AT89-C51 dalam bentuk PDIP (*Plastic Dual Inline Package*) dapat dilihat pada Gambar 5.

Masing-masing dari pin memiliki fungsi tersendiri. Satu kumpulan pin yang memiliki fungsi sama dan diwakili oleh sebuah *register* atau alamat tersendiri pada *internal CPU*-nya disebut juga *port*. (Budiharto W, 2007), Fungsi dari pin-pin tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Rangkaian sebuah pin

Port 0 dapat berfungsi sebagai I/O biasa, *low order multiplex address/ data* ataupun menerima kode byte pada saat *Flash Programming*. Fungsi sebagai I/O biasa port ini dapat memberikan *output sink* ke delapan buah TTL input atau dapat diubah sebagai input dengan memberikan logika 1 pada port tersebut. Pada fungsi sebagai *low order mul-tiplex address/ data* port ini akan mempunyai *internal pull up*. Pada saat *Flash Programming* diperlukan *external pull up* terutama pada saat verifikasi program. Port 0 terdapat pada pin nomor 32-39.

Port 1 berfungsi sebagai I/O biasa atau menerima *low order address bytes* pada saat *Flash Programming*. Port ini mempunyai *internal pull up* dan berfungsi sebagai input dengan memberikan logika 1. Sebagai output, port ini dapat memberikan *output sink* ke empat buah input TTL. Port 1 terdapat pada pin nomor 1-8.

Port 2.Port 2 berfungsi sebagai I/O biasa atau *high order address* yaitu pada saat mengakses memori secara 16 bit (*Movx @Dptr*). Pada saat mengakses memori secara 8 bit, (*Mov @Rn*) port ini akan mengeluarkan isi dari P2 *Special Function Register (SFR)*. Port ini mempunyai *internal pull up* dan berfungsi sebagai input dengan memberikan logika 1. Sebagai output, port ini dapat memberikan *output sink* ke empat buah input TTL. Port 2 terdapat pin nomor 21-28.

Port 3.Port 3 yang terdapat pada pin nomor 10–17 berfungsi sebagai I/O (*Input/Output*) mempunyai sifat sama dengan Port 1 dan port 2, sedangkan sebagai fungsi special. PSEN (*Program Strobe Enable*) PSEN adalah kontrol sinyal yang mengizinkan untuk mengakses program (*code*) memori *eksternal*. Pin ini dihubungkan ke pin OE (*Output Enable*) dari EPROM. Sinyal PSEN akan 0 pada tahap *fetch* (penjemputan) instruksi. PSEN akan selalu bernilai 0 pada pembacaan program memori *internal*. PSEN terdapat pada pin 29. ALE (*Address Latch Enable*). Pin ini dapat berfungsi sebagai ALE (*Address Latch Enable*) *me-latch low byte address* pada saat mengakses memori *eksternal*. Sedangkan pada saat *flash programming* (PROG) berfungsi sebagai *pulse*

input, pada operasi normal ALE akan mengeluarkan sinyal *clock* sebesar 1/16 frekuensi osilator kecuali pada saat mengakses memori *eksternal*, sinyal *clock* pada pin ini dapat pula di *disable* dengan men-set bit 0 dari SFR dialamat 8Eh ALE hanya akan aktif pada saat mengakses memori *eksternal* (*Movx & Movc*). ALE terdapat pada pin 30. 7.EA (*External Access*). Pada kondisi logika rendah, pin ini akan berfungsi sebagai EA yaitu mikrokontroler akan menjalankan program yang ada pada memori *eksternal* setelah sistem direset. Jika ber-kondisi logika tinggi, pin ini akan berfungsi untuk menjalankan program yang ada pada memori *internal*. Pada saat *flash programming* pin tersebut mendapat tegangan 12Volt (VP). EA terdapat pada pin 31. *On-Chip Oscillator*. AT89C51 telah memiliki *on-chip oscillator* dapat bekerja dengan menggunakan kristal *eksternal* yang dihubungkan ke pin XTAL1 dan XTAL2. tambahan kapasitor diperlukan untuk menstabilkan sistem. Nilai kristal yang biasa digunakan oleh keluarga MCS-51 adalah 12MHz. *On-chip oscillator* juga dapat menggunakan isyarat pulsa detak dari luar, misalnya AFG (*eksternal oscillator*) cukup dihubungkan pada pin XTAL1. RST (*Re-set*). RST pada pin 9 merupakan *reset* dari AT89S51. jika pada pin diberi masukan logika tinggi selama 2 *machine cycle* maka register-register *internal* pada AT89C51 akan berisi nilai *default* setelah sistem direset.

Koneksi catu daya Beroperasi pada Tegangan 5 volt. Pin Vcc terdapat pada pin 40 sedangkan Vss (*ground*) terdapat pada pin 20. Untuk merancang suatu sistem yang menggunakan mikrokontroler AT89S51 sebagai basis utama, diperlukan suatu pemahaman terhadap konstruksi, instruksi dan pendukung dari operasi yang dimiliki oleh mikrokontroler tersebut. Berikut ini adalah sekilas gambaran dari mikrokontroler AT89S51:

PEMBAHASAN

Setelah seluruh sistem mendukung pembuatan pengendali kecepatan motor selesai dirancang dan dihubungkan satu sama lain sehingga terbentuk sebuah sistem pengendali motor yang

diharapkan, maka selanjutnya adalah tahap pengujian motor, dimana pengujian motor ini bertujuan untuk :

- Mengetahui apakah pengendali yang dibuat telah dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan.
- Mengetahui kemampuan motor yang di-gunakan untuk melakukan proses pe-ngontrolan(*controlling*).
- Mengetahui adanya kesalahan-kesalahan yang terjadi pada sistem, dengan harapan dapat segera diperbaiki.

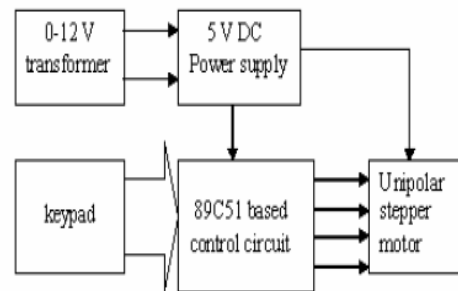
Proses pengujian rangkaian hanyalah sederhana, yaitu: dengan cara me-ngaktifkan rangkaian yang semua sistem pendukungnya telah selesai dirancang membentuk suatu sistem pengendalian. Kemudian selanjutnya mengamati hasil atau output pada motor, apabila tampak a-danya kesalahan (*error*) pada kinerja rangkaian maka segera dilakukan tindakan perbaikan pada bagian sistem yang mengalami kesalahan kerja. Sedangkan apabila tidak tampak adanya kesalahan dari sistem pengendalian tersebut, maka rangkaian pengendali kecepatan motor dc dianggap telah selesai dibangun. Berikut ini adalah pengujian-pengujian dari masing-masing elemen sistem pembangun pengendali kecepatan motor dc. Perhitungan kecepatan putar motor Untuk perhitungan kecepatan putar motor dapat digunakan persamaan:

$$360 \text{ Delay SPRSPRt} \dots\dots\dots(3)$$

$$T = N 60 \dots\dots\dots(4)$$

dengan : t = Waktu 1 putaran (detik)
N = Jumlah putaran (Rpm)
Delay = Tunda (second)
360° = Sudut satu putaran motor
SPR = *Step Per Revolution* Konsep rancangan perangkat keras (*Hardware*).

Dalam pembuatan sebuah sistem yang lengkap harus mengetahui terlebih dahulu gambaran umum tentang rancangan apa yang akan dibuat. Secara garis besar model pengendali motor dapat dilihat pada Gambar 6. (Eko Putra. A, 2002). Pada rancangan sistem ini, struktur perangkat keras (*hardware*) dibagi empat kelompok skema rangkaian yaitu rangkaian input yang menggunakan tombol tekan (*microswitch*), bagian pengolah menggunakan mikrokontroler AT 89-S51, bagian yang dikendalikan yaitu motor stepper sebagai beban.

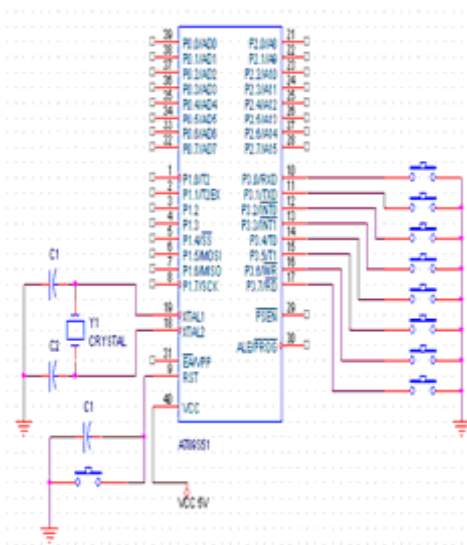


Gambar 6. Blok diagram DC motor speed controller

Pada rangkaian tombol input, mikrokontroler dari tipe AT89S51, terdiri dari beberapa bagian, yang terdiri dari antara lain adalah, menggunakan tombol tekan jenis pushbutton microswitch. Tombol tekan terdiri dari 9 (sembilan) tombol yaitu :

- Tombol *speed 1*, tombol ini digunakan untuk mengoperasikan motor untuk pilihan kecepatan no 1.
- Tombol *speed 2*, tombol ini digunakan untuk mengoperasikan motor untuk pilihan kecepatan no 2.
- Tombol *speed 3*, tombol ini digunakan untuk mengoperasikan motor untuk pilihan kecepatan no 3.
- Tombol *speed 4*, tombol ini digunakan untuk mengoperasikan motor untuk pilihan kecepatan no 4.
- Tombol *speed 5*, digunakan untuk mengoperasikan motor untuk pilihan kecepatan no 6.
- Tombol *speed 6*, digunakan untuk mengoperasikan motor untuk pilihan kecepatan no 6.
- Tombol *speed 7*, digunakan untuk mengoperasikan motor untuk pilihan kecepatan no 7.
- Tombol *speed 8*, digunakan untuk mengoperasikan motor untuk pilihan kecepatan no 8.
- Tombol *reset*, digunakan untuk menghentikan putaran motor.

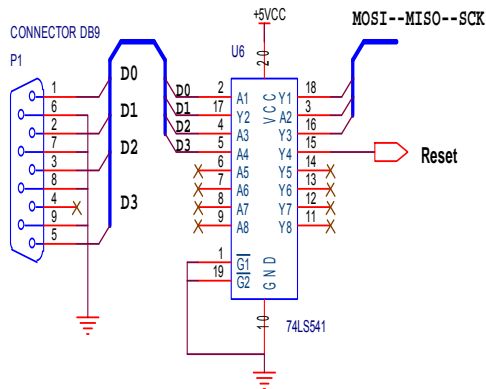
Rangkaian tombol tekan dapat digambarkan seperti Gambar 7 dan 8 Mikrokontroler AT89S51, Oleh (Eko Putra. A, 2002) bagian pengolah menggunakan mikrokontroler AT89C51 dimana kaki port 2 digunakan untuk motor stepper, port 0 untuk rangkaian indication (LED), port 3 untuk rangkaian tombol tekan, sedangkan port 1 tidak digunakan.



Gambar 7. Rangkaian tombol tekan

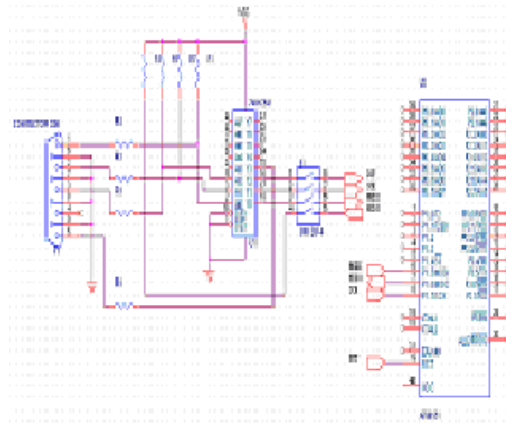
Pada motor stepper dilengkapi IC buffer yang digunakan untuk mencegah terjadinya arus balik menuju kemikrokontroler akibat arus dari tegangan sumber yang sangat besar pada motor stepper.

Antar muka antara mikrokontroler AT89S51 dengan motor dipasang IC ULN 2003 sebagai pengubah sinyal dari IC mikrokontroler ke motor stepper.



Gambar 8. Rangkaian downloader AT89S51

Menurut (Eko Putra, A, 2002) sesuai dengan Gambar 8 digunakan sebagai rangkaian untuk menghubungkan antara computer (PC) dengan rangkaian pengontrol AT89S51. hal ini digunakan untuk memasukkan program-program yang akan disimpan dalam IC AT89S51, yang mana program tersebut digunakan untuk menjalankan seluruh pengendalian motor stepper, (Bishop, 2004).



Gambar 9. Rangkaian IC AT89S51

Proses pengujian rangkaian dengan cara mengaktifkan rangkaian yang semua sistem pendukungnya telah selesai dirancang membentuk suatu sistem pengendalian. Kemudian dilakukan cara mengamati hasil atau output pada motor, apabila tampak adanya kesalahan (*error*) kinerja pada rangkaian maka segera dilakukan tindakan perbaikan pada bagian sistem yang mengalami kesalahan kerja. Sedangkan apabila tidak tampak adanya kesalahan sistem pengendalian tersebut, maka rangkaian pengendali kecepatan motor dc dianggap telah selesai. Berikut ini adalah pengujian-pengujian masing-masing elemen sistem pengendali kecepatan motor dc, perhitungan kecepatan putar motor dapat digunakan rumus (3,4), (D. Petruzella. dkk, 2001)

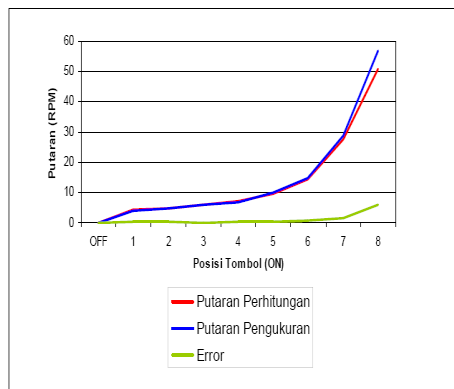
Tabel.1 Hasil pengukuran dan perhitungan kecepatan putaran motor

No	Posisi tombol	Putaran (rpm)		
		Perhitungan	Pengukuran	Error
1.	OFF	0	0	0
2.	1 ON	4.23	4	0.23
3.	2 ON	4.92	5	0.28
4.	3 ON	5.89	6	0.11
5.	4 ON	7.34	7	0.34
6.	5 ON	9.71	10	0.29
7.	6 ON	14.35	15	0.65
8.	7 ON	27.53	29	1.47
9.	8 ON	50.85	57	6.15

Merupakan jumlah langkah motor stepper dalam satu kali putaran (360°). Karena setiap *step* berjarak 1,8° dan satu putaran penuh adalah 360°, maka jumlah SPRnya adalah 200 *step*. Sedangkan

delay merupakan waktu penundaan antar step/langkah. Berikut ini perhitungan berdasarkan rumus 3,4 dapat kita tentukan nilai putaran motor sesuai dengan yang kita inginkan

Pengukuran kecepatan putar motor dilakukan dengan menggunakan strobescope, hal ini dikarenakan putaran yang dihasilkan relative kecil (pelan). Sehingga tidak mungkin digunakannya tachometer pengukuran dan perhitungan, Dari grafik dan tabel dapat dijelaskan bahwa kesalahan *error* antara hasil perhitungan dan pengukuran akan semakin besar seiring dengan putaran motor yang semakin cepat. Jumlah putaran hasil pengukuran akan selalu lebih besar dibandingkan dengan hasil perhitungannya.



Gambar 11. Grafik perbandingan putaran

KESIMPULAN

Pada rangkaian pengendali kecepatan putaran motor dc, batasan kecepatannya ditentukan atas jenis motor yang digunakan, serta catu daya untuk motor tersebut.

Kecepatan putaran motor secara pengukuran dan perhitungan akan selalu berbeda, dengan nilai pengukuran selalu lebih besar dibanding nilai perhitungan.

Dan kesalahan *error* akan semakin besar sejalan dengan peningkatan jumlah Rpm.

Adanya *error* antara nilai perhitungan dan pengukuran pada kecepatan motor dc lebih disebabkan adanya pengaruh dari kumparan, dimana kumparan yang secara terus-menerus dialiri arus akan menimbulkan panas yang akan mengakibatkan putaran motor cenderung naik.

Untuk mendapatkan putaran konstan yang sesuai dengan apa yang kita harapkan, dapat ditambahkan kipas pendingin atau dengan menambahkan rangkaian sensor kecepatan putaran motor, sehingga apabila terjadi kenaikan atau penurunan putaran dapat segera diatasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bishop, Owen. 2004, Dasar-dasar Elektronika, Erlangga, Jakarta,
Budiharto W, Rizal Gamayel., 2007, Belajar Sendiri 12 Proyek Mikrokontroler untuk Pemula, Elex Media Komputindo, Jakarta.
D. Petruzella, Frank., 2001, Elektronik industri, Andi offset, Yogyakarta.
Eko Putra A., 2002, Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55, Gava Media, Yogyakarta.
J. Michael Jacob, 1997, Industrial Control Electronics Application and Design, Prentice-Hall International, Inc.
Simanjuntak., Henri . SV., 2001, Dasar-dasar Mikroprosesor, Kanisius Yogyakarta
Sumanto, 1993, Mesin Arus Searah, Andi Offset, Yogyakarta
Zuhail., 1991, Dasar Tenaga Listrik, Bandung.