

## **RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI PENAMPUNG FRAKSI PADA KROMATOGRAFI KOLOM PENUKAR ION BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S52**

**SUBARI SANTOSO, SUDIONO, FANNY WIDYA R**

*Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-BATAN  
Jl. Babarsari Kotak Pos 1008 DIY 55010  
Telp. 0274.489716, Faks.489715*

### **Abstrak**

**RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI PENAMPUNG FRAKSI PADA KROMATOGRAFI KOLOM PENUKAR ION BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S52.** Telah dirancang dan dibuat system kendali penampung fraksi pada kromatografi kolom penukar ion berbasis mikrokontroler AT89S52. Kromatografi adalah metode pemisahan antara unsur - unsur atau senyawa - senyawa tertentu yang didasarkan pada perbedaan distribusi dari penyusun cuplikan antara dua fasa. Pada penelitian ini dibuat pengendali rotating table yang terdiri dari keypad untuk mengatur selang waktu, jumlah gerakan serta kondisi dari motor stepper, dan kemudian diubah menjadi sinyal untuk memutar empat buah motor stepper dan LCD sebagai media penampil. Motor stepper yang digunakan adalah jenis unipolar produksi StepSyn, dengan sudut putar  $1.8^{\circ}$ . Dari hasil pengujian sistem didapatkan penyimpangan untuk motor 1 saat tanpa beban sebesar 0,2 %, dengan beban piringan 0,3 %. Untuk motor 2 saat tanpa beban sebesar 0,3 %, dengan beban piringan 0,4 %. Untuk motor 3, baik saat tanpa beban, dengan beban berupa piringan, maupun dengan beban penuh berupa piringan dan container berisi cairan, hasil penyimpangan sebesar 0,3 %. Untuk motor 4, saat tanpa beban penyimpangan sebesar 0,2 %, dengan beban berupa piringan sebesar 0,3 %, dan saat dengan beban piringan dan container berisi cairan sebesar 0,4 %. Pada pengujian ketepatan selang waktu pergantian container, tidak terdapat nilai penyimpangan ( $e = 0\%$ ).

*Kata kunci: Sistem kendali penampung fraksi, kromatografi, mikrokontroler*

### **Abstract**

**AT89S52 MICROCONTROLLER BASED FRACTION RESERVOIR CONTROL SYSTEM DESIGN FOR ION CHANGER COLUMN CHROMATOGRAPHY.** Has designed an AT89S52 microcontroller based fraction reservoir control system for ion changer column chromatography. Chromatography is a method for separating certain elements or compounds that based on difference of two phases sampler distribution. In this research, rotating table controller was made, that contains keypads for controlling delay time, mounting movement and the condition of stepper motors, and a displaying media LCD. The stepper motors that being used are unipolar type produced by StepSyn, with  $1.8^{\circ}$  angle rotation, 5 volts of voltage and 1 ampere of current. The system test shown that motor 1 have 0.2 % deviation with load free and 0.3 % deviation with plate load. Motor 2 have 0.3 % deviation with load free and 0.4 % deviation with plate load. Motor 3 has a 0.3 % deviation for all load conditions i.e. load free, plate load and full load. Motor 4 have 0.2 % deviation with load free, 0.3 % with plate load and 0.4 % with full load. For containers changing delay time accuracy test, shown no deviation ( $e = 0\%$ )

*Keywords: Reservoir control system, cromatography, microcontroller.*

## PENDAHULUAN

Disiplin ilmu kimia nuklir, memerlukan alat penggerak tetap yang kontinyu. Dalam proses kimia diperlukan pemindahan tabung cuplikan untuk diganti dengan tabung yang lain. Untuk menampung tetesan zat kimia dengan volume sekitar 20 cc diperlukan waktu kira – kira satu jam sampai satu setengah jam. Proses penampungan tersebut berjalan secara kontinyu yang menjemukan dan kadang mencapai 2 bulan terus-menerus proses baru berhenti. Pekerjaan yang menjemukan dan berlangsung cukup lama tersebut dapat dengan mudah diatasi dengan membuat sistem pergantian tabung yang dirancang secara otomatis dengan memberikan fasilitas bagi pemakai alat untuk dapat memasukkan selang waktu yang diperlukan dengan memberi lokasi untuk jam, menit dan detik. Untuk itu perlu dibuat alat penggeser tabung cuplikan secara elektronik yang dikontrol oleh sistem mikrokontroler AT89S52 dengan memanfaatkan motor stepper sebagai penggeser sudutnya yang dapat ditentukan secara tepat dan dapat diandalkan. Dengan motor stepper ini dapat dihindarkan ketidaktepatan pergeseran tabung cuplikan yang akan menyebabkan tetesan zat kimia tidak tepat masuk pada lubang tabung yang tersedia. Berdasarkan alasan tersebut di atas, maka penulis mencoba untuk merancang bangun sistem kendali kromatografi kolom penukar ion dengan penampil LCD (*Liquid Cristal Display*) dan *controller* berupa *keypad matriks 3 X 4* yang sangat mudah dalam pengoperasiannya. Untuk itu penulis akan membuat “Rancang Bangun Sistem Kendali Penampung Fraksi pada Kromatografi Kolom Penukar Ion Berbasis Mikrokontroler AT89S52”, dengan harapan dapat mempermudah pekerjaan.

### Kromatografi Kolom Penukar Ion

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, bahwa dalam kromatografi kolom penukar ion terdapat dua fasa, yaitu fasa diam dan fasa gerak. Syarat-syarat bahan yang bisa digunakan untuk fasa diam adalah tidak terlarut pada fasa gerak, stabil pada kondisi proses yang dikehendaki dan mampu menyerap zat-zat yang dipisahkan. Sedangkan bahan yang bisa dipakai sebagai fasa gerak harus mempunyai sifat - sifat tidak melarutkan fasa diam, stabil terhadap

kondisi proses dan mampu melepaskan atau melarutkan unsur - unsur atau ion - ion yang terserap/terikat pada fasa diamnya, dengan besar kelarutan yang berbeda - beda.

Bahan yang dipakai untuk fasa diam adalah resin penukar ion. Resin penukar ion ini dapat menyerap ion - ion yang dipisahkan, dengan menukarkan ion - ion yang sesuai antara ion fasa diamnya dengan ion pada fasa geraknya.

Dalam proses pertukaran ion, fasa gerak bertugas mengambil kembali ion-ion yang terkait pada penukar ion dengan jalan mengalirkannya melalui tumpukan penukar ion. Pada umumnya proses ini berlangsung pada sebuah kolom, dan fasa gerak ini dialirkan dari atas ke bawah dengan kecepatan tertentu, sehingga mampu menyebabkan reaksi pertukaran ion ketika fasa gerak mengalir melalui tumpukan resin penukar ion.

Proses pengikatan (*adsorpsi*) ion yang akan dipisahkan oleh penukar ion disebut dengan pembebanan, sedangkan reaksi pelepasan kembali ion-ion yang terserap pada penukar ion oleh fasa gerak disebut dengan *elusi*, dan fasa geraknya sendiri disebut *eluen*. *Elusi* sangat menentukan keberhasilan proses pemisahan antara ion yang satu dengan ion dengan ion yang lain. Proses pemisahan terjadi ketika ion - ion bergerak turun secara berurutan eluat bersama-sama dengan *eluen* dengan kecepatan yang berbeda yang tergantung pada besarnya koefisien distribusi masing-masing ion.

Perbedaan kecepatan migrasi merupakan dasar pemisahan kromatografi. Tanpa perbedaan kecepatan migrasi tidak mungkin terjadi pemisahan. Perbedaan kecepatan migrasi merupakan hasil distribusi keseimbangan senyawa – senyawa fasa diantara fasa diam dan fasa gerak.

### Waktu Tambat (Retensi)

Jika kecepatan aliran fasa gerak dalam kolom adalah  $\mu$  (cm/detik), maka kecepatan rata – rata cuplikan x adalah  $\mu x$ . Harga  $\mu x$  ini tergantung pada harga  $\mu$  dan fraksi R molekul x dalam fasa gerak

$$\mu x = \mu R \quad (1)$$

Jika fraksi molekul x dalam fasa gerak adalah nol, berarti tidak ada migrasi ( $\mu x = 0$ ).

Jika fraksi molekul  $x$  dalam fasa gerak adalah satu, berarti semua molekul  $x$  dalam fasa gerak adalah satu (semua molekul  $x$  terdapat dalam fasa gerak), molekul  $x$  akan melalui kolom dengan kecepatan sama dengan kecepatan fasa gerak dan  $\mu x = \mu$ .

Harga  $\mu x$  dapat dihubungkan dengan satuan waktu retensi (detik) dan panjang kolom  $L$  (cm). *Retensi* adalah penahan secara terus menerus suatu zat yang secara normal seharusnya dikeluarkan. Seperti persamaan umum bahwa waktu yang diperlukan setara dengan panjang yang ditempuh dibagi kecepatan, maka :

$$tR = \frac{L}{\mu x} \quad (2)$$

Dalam kaitannya dengan kromatografi, istilah waktu retensi didefinisikan sebagai selang waktu mulai dari diteteskannya atau diinjeksikannya sample pada fasa diam sampai munculnya komponen tertentu pada alat deteksi.

Ion hasil pemisahan yang bergerak secara berurutan keluar dari kolom penukar ion selanjutnya ditampung dalam sebuah kontainer (berbentuk tabung) yang biasanya mempunyai daya tampung (volume) 20 mililiter. Volume ion hasil pemisahan yang ditampung dalam tiap kontainer harus sama antara kontainer yang satu dengan lainnya. Volume ion dalam kontainer diekuivalenkan dengan lama waktu penampungan dalam tiap kontainer tersebut, artinya lamanya waktu penampungan ion hasil pemisahan kontainer identik satu dengan yang lainnya. Kontainer – kontainer yang telah terisi ion hasil pemisahan diberi nomor secara urut berdasarkan urutan keluarnya ion tersebut dari buret kolom penukar ion.

### Mikrokontroler

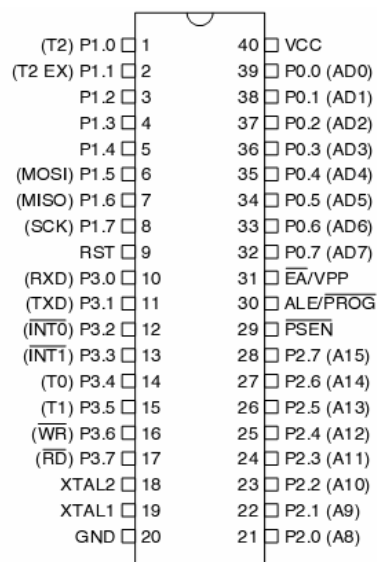
Mikrokontroler adalah sebuah *chip*. Kata *mikro* berarti bahwa objek tersebut berukuran kecil, sedangkan *controller* dalam bahasa Inggris berarti bahwa alat tersebut dapat digunakan untuk mengontrol objek, proses maupun kejadian. Dalam penggunaannya mikrokontroler biasanya ditanamkan pada alat yang akan dikontrol. Mikrokontroler mempunyai kemiripan dengan mikroprosesor dalam sebuah *computer*. Keduanya memiliki *Central Processing Unit (CPU)*. CPU

mengeksekusi instruksi – instruksi logika, matematika, dan fungsi – fungsi data dari sebuah *computer*. Untuk membuat sebuah *computer* yang lengkap, sebuah mikroprosesor membutuhkan memori untuk menyimpan data dan program, serta antarmuka input output. Sebaliknya, mikrokontroler adalah *computer* sebuah chip, karena dalam satu chip selain berisikan CPU juga telah dilengkapi memori dan antarmuka I/O.

### Mikrokontroler ATMEL AT89S52

Atmel AT89S52 merupakan mikrokontroler buatan Atmel Corp. yang merupakan keluarga MCS-51. Atmel AT89S52 memiliki fitur – fitur sebagai berikut:

1. Kompatibel dengan MCS-51.
2. 8 Kbyte memori program yang dapat ditulis hingga 1000 kali.
3. 0 kecepatan clock -33 MHz.
4. 256 byte memori RAM internal.
5. 32 jalur input – output (4 buah port parallel I/O.)
6. 2 timer/counter 16 bit.
7. 2 data pointer.
8. 6 Interrupt (2 timer, 2 counter, 1 serial, 1 reset).
9. ISP (In System Programmable) Flash Memory.
10. Port Serial full-duplex.



Gambar 1. Konfigurasi Pin AT89S52

### Liquid Criystal Display (LCD)

LCD adalah suatu *display* dari bahan cairan kristal yang pengoperasiannya menganut

sistem *dot matrix*. LCD banyak diaplikasikan untuk alat-alat elektronika seperti kalkulator, *laptop*, *handphone* dsb. Komunikasi data yang dipakai menggunakan mode teks, artinya semua informasi yang dikomunikasikan memakai kode *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII). Huruf dan angka yang akan ditampilkan dalam bentuk kode ASCII, kode ini diterima dan diolah oleh mikroprosesor LCD menjadi titik-titik pada dot matrix yang terbaca sebagai huruf dan angka. Dengan demikian tugas mikrokontroler hanyalah mengirim kode-kode ASCII untuk ditampilkan.

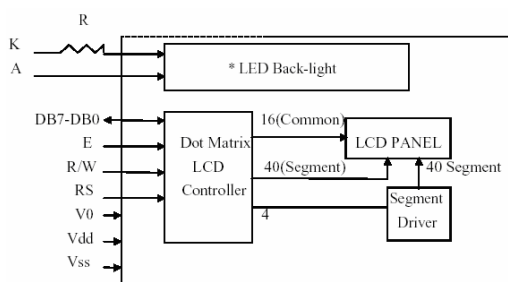
Seluruh pengiriman data ke LCD adalah melalui saluran data DB4 – DB7. Kombinasi sinyal RS,  $\overline{RW}$  dan E sangat menentukan dalam proses pengiriman data ke LCD. Kombinasi sinyal tersebut adalah:

1. Jika RS = 0,  $\overline{RW}$  = 0 dan E berubah dari 1 ke 0, maka data yang dikirim adalah perintah yang harus dilaksanakan oleh mikroprosesor pada LCD.
2. Jika RS = 1,  $\overline{RW}$  = 0 dan E berubah dari 1 ke 0, maka data yang dikirim kode ASCII yang ditampilkan.

Tabel 1. Pin pada Tampilan LCD

Pin LCD	Simbol	Level Logika	I/O	Fungsi
1	VSS	-	-	Ground
2	VCC	-	-	+ 5 Volt
3	VEE	-	-	Pengatur Kontras
4	RS	0/1	1	Input perintah (0) dan input data (1)
5	R/W	0/1	1	Tulis Baca (0/1) LCD
6	E	1	I/O	Sinyal Enable
7	DB0	0/1	I/O	Bus data baris 0 (LSB)
8	DB1	0/1	I/O	Bus Data Baris 1
9	DB2	0/1	I/O	Bus Data Baris 2
10	DB3	0/1	I/O	Bus Data Baris 3
11	DB4	0/1	I/O	Bus Data Baris 4
12	DB5	0/1	I/O	Bus Data Baris 5
13	DB6	0/1	I/O	Bus Data Baris 6
14	DB7	0/1	I/O	Bus Data Baris 7
15-16	Back light	-	I/O	Nyala Led

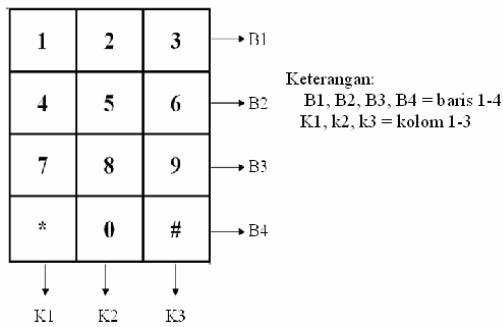
Panel LCD *CCM 162B2B Creation* ini memiliki dua baris 16 karakter. Luas dot matrix 5 x 7 tiap karakter, terdiri dari 16 terminal yaitu saluran data selebar 8 bit (DB0 – DB7), sinyal kontrol *Enable Signal* (E), *Register Select* (RS), *Read/Write* (R/W), catu (VCC) dan terminal *ground* (VSS). Juga dilengkapi dengan fasilitas *Control Adjustment* sebagai pengatur kontras gelap terangnya nyala LED (*Light Emiting Diode*) yang dikombinasikan dengan rangkaian *eksternal*.



Gambar 2. Blok Diagram Module LCD 16 x 2.

### Modul Tombol Keypad

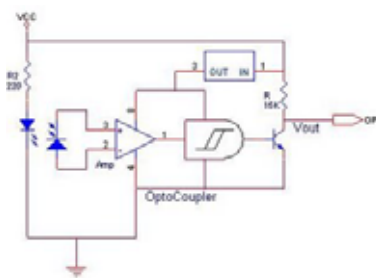
*Keypad matriks* 3x4 adalah kumpulan tombol yang berupa matriks 4 baris dan 3 kolom. Nilai yang diperoleh dari input keypad sesuai dengan posisi tombol tersebut, yaitu tergantung letak baris dan kolomnya. Misalnya tombol '0', berada pada kolom kedua dan baris keempat (K2B4) dan seterusnya untuk tombol yang lain terletak pada baris dan kolom sesuai konfigurasi. Apabila sebuah tombol ditekan maka antara kolom dan baris dari tombol yang ditekan terhubung. Konfigurasi tombol keypad dapat dilihat pada Gambar 3. berikut ini.



Gambar 3. Konfigurasi Tombol Pada Keypad

### Optocoupler

*Optocoupler* merupakan piranti elektronika yang berfungsi sebagai pemisah antara rangkaian *power* dengan rangkaian kontrol. *Optocoupler* merupakan salah satu jenis komponen yang memanfaatkan sinar sebagai pemicu *on/off*-nya. *Opto* berarti *optic* dan *coupler* berarti pemicu. Sehingga bisa diartikan bahwa *optocoupler* merupakan suatu komponen yang bekerja berdasarkan picu cahaya *optic*. *Opto-coupler* termasuk dalam sensor, dimana terdiri dari dua bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*. Bagian pemancar atau *transmitter* dibangun dari sebuah led infra merah untuk mendapatkan ketahanan yang lebih baik daripada menggunakan led biasa. Sensor ini bisa digunakan sebagai isolator dari rangkaian tegangan rendah kerangkaian tegangan tinggi. Dasar rangkaian dapat ditunjukkan seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 4. Optocoupler

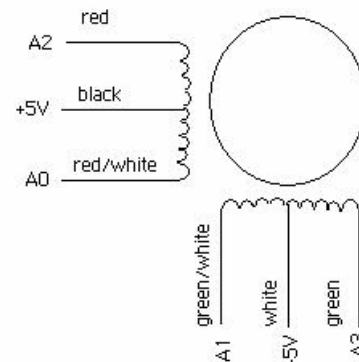
### Motor Stepper

Motor *stepper* adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. Motor *stepper* bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Karena itu, untuk menggerakkan motor *stepper*

diperlukan pengendali motor *stepper* yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik. Motor *stepper* merupakan motor yang digunakan bila dikehendaki jumlah perputaran yang tepat atau diperlukan perputaran sebagian dari perputaran motor. Pada dasarnya ada dua jenis motor *stepper*, yaitu *bipolar* dan *unipolar*. Sebuah motor *stepper* akan bekerja atau berputar 1 step apabila terjadi perubahan arus pada koil – koilnya, sehingga mengubah *pole-pole* magnetik di sekitar *pole – pole stator*.

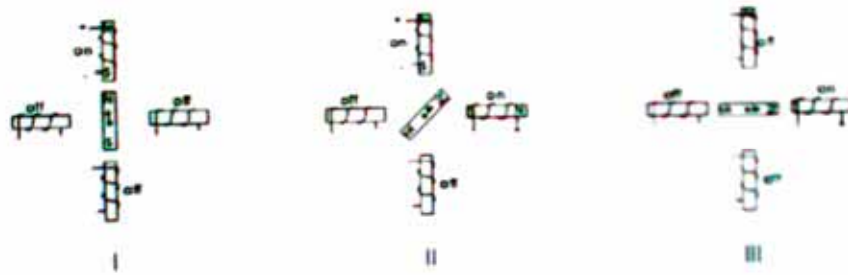
Perbedaan utama antara motor *stepper* jenis *bipolar* dan *unipolar* adalah :

1. Bipolar.
  - a. Arus pada koil dapat berbolak balik untuk mengubah arah putar motor
  - b. Lilitan motor hanya satu dan dialiri arus dengan arah bolak balik
2. Unipolar.
  - a. Arus mengalir satu arah.
  - b. Perubahan arah motor tergantung pada lilitan (koil) yang dialiri arus



Gambar 5. Konfigurasi Motor Stepper Jenis Unipolar

Motor *stepper* merupakan motor listrik yang tidak mempunyai komutator, di mana semua bagiannya merupakan bagian dari stator. Dan pada rotornya hanya merupakan magnet permanen. Semua komutasi setiap lilitan harus dikontrol secara *eksternal* sehingga motor *stepper* ini dapat dikontrol sehingga dapat berhenti pada posisi yang diinginkan atau bahkan berputar kearah berlawanan. Gerakan motor *stepper* diatur melalui eksitasi pada kumparan statornya.



Gambar 6. Mekanisme Putaran Motor Stepper

Pada penelitian ini menggunakan motor stepper jenis *unipolar*, dengan metode half-step. Pengiriman data pada motor stepper jenis *unipolar* ini dilakukan secara bergantian pada keempat kutubnya.

#### Bahasa Pemrograman

Secara umum, bahasa yang digunakan untuk pemrograman mikrokontroler adalah bahasa tingkat rendah, yaitu bahasa *assembly*. Setiap mikrokontroler memiliki bahasa pemrograman yang berbeda-beda. Karena banyaknya hambatan dalam penggunaan bahasa *assembly*, banyak *compiler* atau penerjemah untuk bahasa tingkat tinggi. Untuk MCS-51, bahasa tingkat tinggi yang banyak dikembangkan antara lain BASIC, Pascal, dan bahasa C. Dalam penelitian ini menggunakan *compiler* BASCOM-8051, yaitu *compiler* yang menggunakan bahasa BASIC. Alasannya

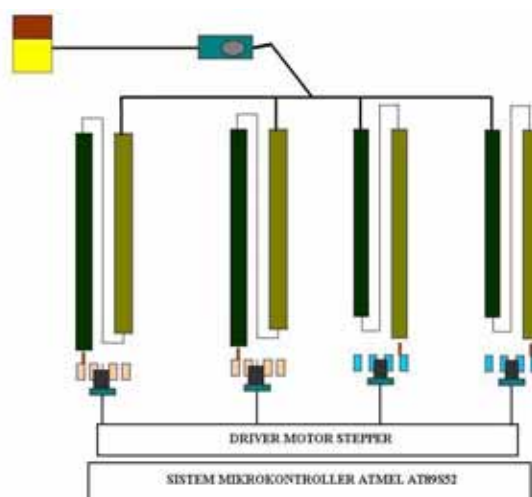
adalah bahasa BASIC relatif lebih mudah dibandingkan dengan bahasa tingkat rendah dan bahasa tingkat tinggi lainnya.

#### METODE PENELITIAN

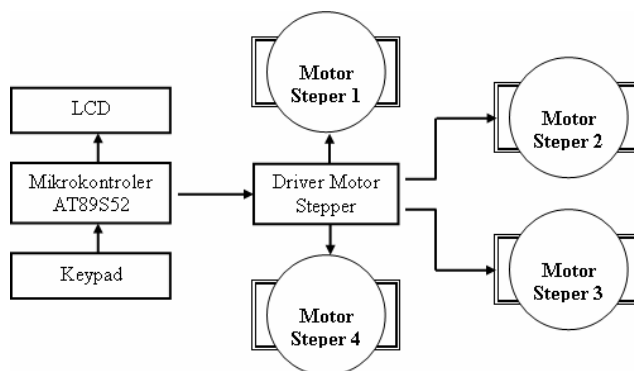
Pada pembuatan "Sistem Kendali Penampung Fraksi pada Kromatografi Kolom Penukar Ion berbasis Mikrokontroler AT89S52" untuk tugas akhir ini secara umum terbagi menjadi dua bagian pokok, yaitu pembuatan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Pembuatan perangkat lunak untuk pengolahan data ini dirancang dengan menggunakan bahasa pemrograman Basic.

#### Perancangan Perangkat Keras

Blok diagram dari perancangan perangkat keras dalam tugas akhir ini diperlihatkan pada Gambar 7 berikut ini:



Gambar 7. Sistem Penampung Fraksi Penukar Kolom



Gambar 8. Blok Diagram Alat

Perangkat keras yang dirancang meliputi sub-sub sistem yang kemudian dirangkai menjadi sistem, perangkat keras dalam tugas akhir terdiri dari beberapa rangkaian yaitu:

1. Rangkaian catu daya
2. Rangkaian sistem minimum mikrokontroler AT89S52
3. Rangkaian LCD
4. Rangkaian tombol keypad
5. Rangkaian penggerak (driver) motor Stepper
6. Rangkaian Optocoupler

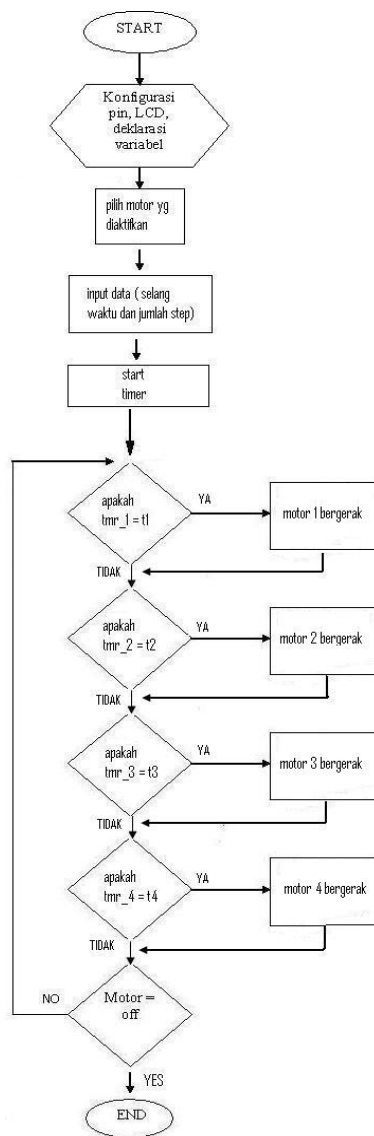
### Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak dalam penelitian ini digunakan agar mikrokontroler dapat menjalankan tugas sesuai dengan aplikasi yang diinginkan. Untuk mikrokontroler yang termasuk dalam keluarga MCS-51, terdapat banyak *compiler* yang dapat dipilih. Bahasa program yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahasa BASIC dengan software BASCOM-8051 yang merupakan salah satu bahasa tingkat tinggi yang penggunaannya relatif lebih mudah dibanding dengan bahasa tingkat tinggi lainnya. BASCOM-8051 juga mempunyai fasilitas untuk mengubah file .BAS menjadi .HEX. File .HEX ini yang kemudian ditanamkan dalam mikrokontroler. Gambar 9 merupakan gambaran program yang dibuat, yang secara singkat dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Start
- b. Melakukan inialisasi variabel, konfigurasi pin, dan LCD
- c. Menampilkan tampilan awal LCD "motor : off"
- d. Mengatur kondisi motor yang diinginkan untuk bergerak dengan

delay waktu dan arah putaran yang dikehendaki.

- e. Start timer.
- f. Selesai



Gambar 9. Diagram Alir Program Utama

## Alat Penelitian

Tabel 2 menunjukkan peralatan yang digunakan dalam penelitian, adapun fungsi dan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 2. Alat –Alat yang Digunakan Dalam Penelitian

No.	Nama Alat	Spesifikasi	Fungsi
1.	Solder	30 watt	Pemanas timah
2.	Penyedot timah		Sebagai penyedot timah
3.	Tang jepit		Untuk memasang komponen pada PCB
4.	Tang potong		Untuk memotong kabel serta kaki komponen
5.	Mini bor	Mata bor 0,8 mm dan 1 mm	Alat pengebor papan PCB
6.	Setrika listrik		Pemanas pada proses perekatan gambar pada papan PCB
7.	Multimeter	SANWA	Untuk mengukur tegangan dan resistansi
8.	Downloader	Universal Atmel Writer	Untuk mendownload program ke mikrokontroler
9.	Komputer	Dengan software BASCOM-8051	Untuk menulis program

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan dalam Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Alat-Alat Penelitian

No.	Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	Mikrokontroler	AT89S52	1
2	LCD	M162	1
3	PCB		2
4	Transformator	1 A	1
		300 Ma	1
5	Switch push button		2
6	Keypad	Matriks 3x4	1
7	Kristal	12 Mhz	1
8	Dioda	IN 4148	16
		IN4002	32
		Zener 5 volt	1
9	Konektor DB9 Male		8 pasang
10	Transistor	C 945	16
		TIP 31A	16
		LM 7805	2
		LM 7812	1
11	Socket IC	40 pin	1
12	Housing	8 pin	4
13	Kapasitor	10 $\mu$ F	1
		30 pF	2
14	Resistor	3k3	16
		8k2	16
		4k7	18
		1k	8
		10k	10
15	Switch power		1
16	Kabel IDE		20 cm
17	Lain – lain		Menyesuaikan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Ketepatan Sudut Motor Stepper

Dari pengujian yang dilakukan, *output* dari rangkaian dan *system* didapatkan seperti pada Gambar 10.

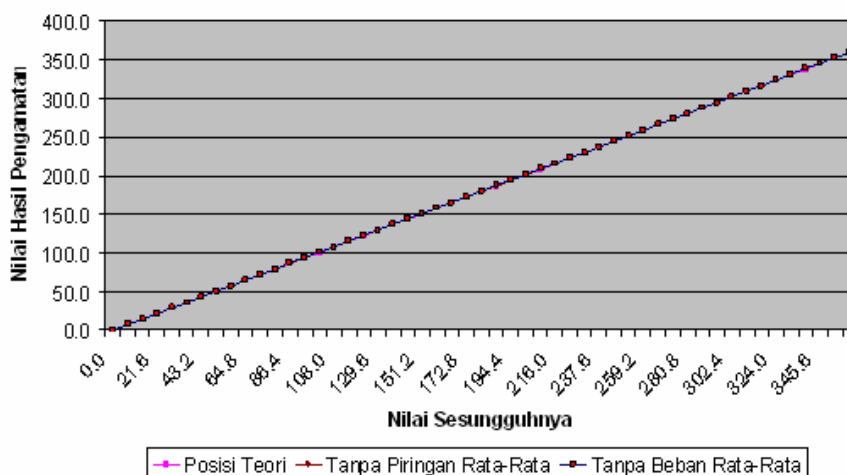
Gambar 10 menunjukkan hasil pengujian putaran motor *stepper* 1 selama 50 gerakan / satu putaran penuh dengan variasi beban. Perbandingan nilai sesungguhnya dengan nilai pengujian dengan putaran motor 50 gerakan / satu putaran penuh pada variasi tanpa beban sama sekali (tanpa piringan), dan menggunakan beban yaitu piringan tanpa kontainer.

Gambar 11 menunjukkan hasil pengujian putaran motor *stepper* 2 selama 50 gerakan / satu putaran penuh dengan variasi beban. Perbandingan nilai sesungguhnya dengan nilai pengujian dengan putaran motor 50 gerakan /

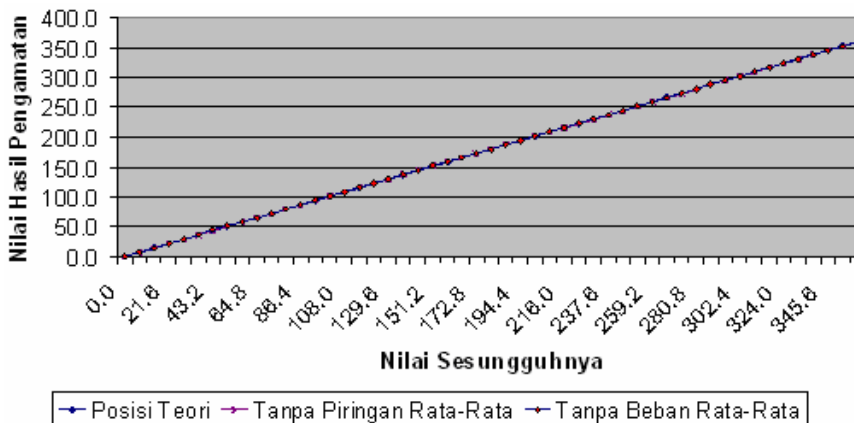
satu putaran penuh pada variasi tanpa beban sama sekali (tanpa piringan), dan menggunakan beban yaitu piringan tanpa kontainer.

Untuk pengujian dengan menggunakan beban penuh (piringan dan kontainer) baik pada motor 1 maupun motor 2 tidak dapat dilaksanakan, karena kontainer yang berukuran kecil untuk dapat dipasang pada piringan dengan kapasitas 50 kontainer tidak tersedia.

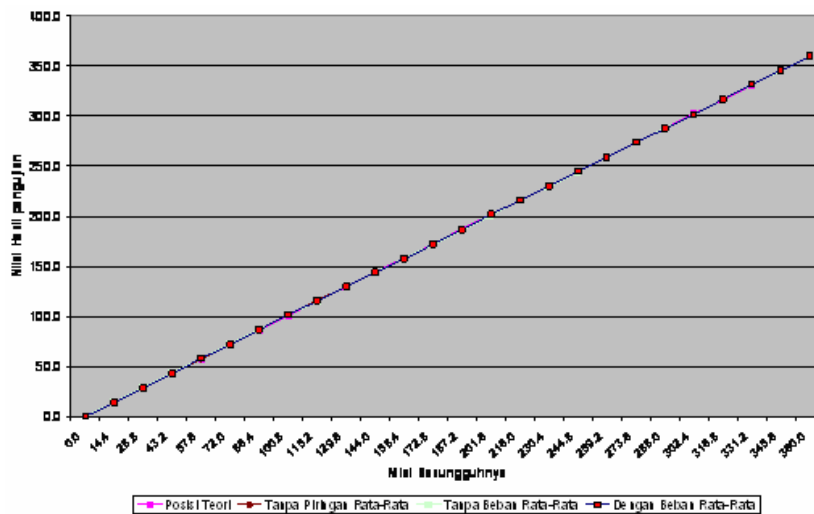
Gambar 12 menunjukkan hasil pengujian putaran motor *stepper* 3 selama 25 gerakan / satu putaran penuh dengan variasi beban. Perbandingan nilai sesungguhnya dengan nilai pengujian dengan putaran motor 25 gerakan / satu putaran penuh pada variasi tanpa beban sama sekali (tanpa piringan), menggunakan beban yaitu piringan tanpa kontainer serta menggunakan beban berupa piringan yang telah diberi muatan kontainer berisi cairan sejumlah 25 buah kontainer (kapasitas piringan yaitu 25 kontainer).



Gambar 10. Hasil Pengujian Motor *Stepper* 1 Selama 50 Gerakan / Satu Putaran



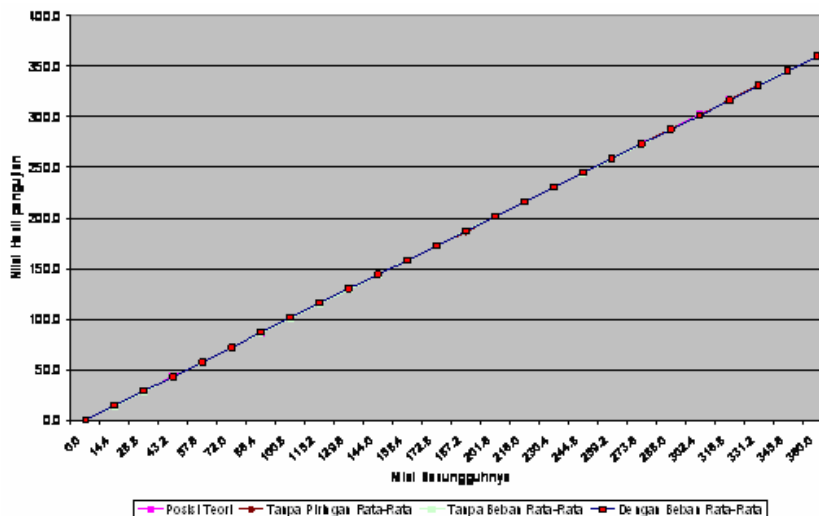
Gambar 11. Hasil Pengujian Motor *Stepper* 2 Selama 50 Gerakan / Satu Putaran



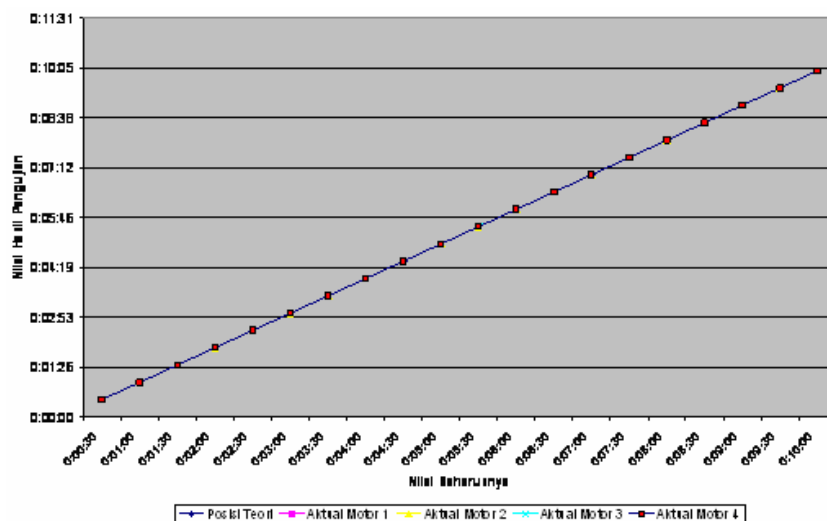
Gambar 12. Hasil Pengujian Motor Stepper 3 Selama 25 Gerakan / Satu Putaran

Gambar 13 menunjukkan hasil pengujian putaran motor stepper 4 selama 25 gerakan / satu putaran penuh dengan variasi beban. Perbandingan nilai sesungguhnya dengan nilai pengujian dengan putaran motor 25 gerakan / satu putaran penuh pada variasi tanpa beban sama sekali (tanpa piringan), menggunakan

beban yaitu piringan tanpa kontainer serta menggunakan beban berupa piringan yang telah diberi muatan kontainer berisi cairan sejumlah 25 buah kontainer (kapasitas piringan yaitu 25 kontainer).



Gambar 13. Hasil Pengujian Motor Stepper 4 Selama 25 Gerakan / Satu Putaran



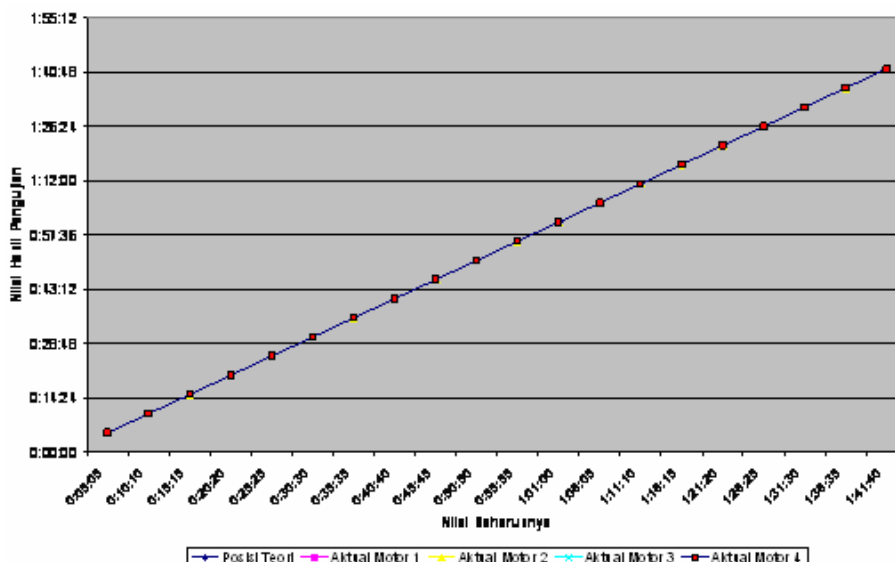
Gambar 14. Hasil Pengujian Selang Waktu Pergantian Kontainer 30 Detik

### Hasil Pengujian Ketepatan Selang Waktu Pergantian Kontainer

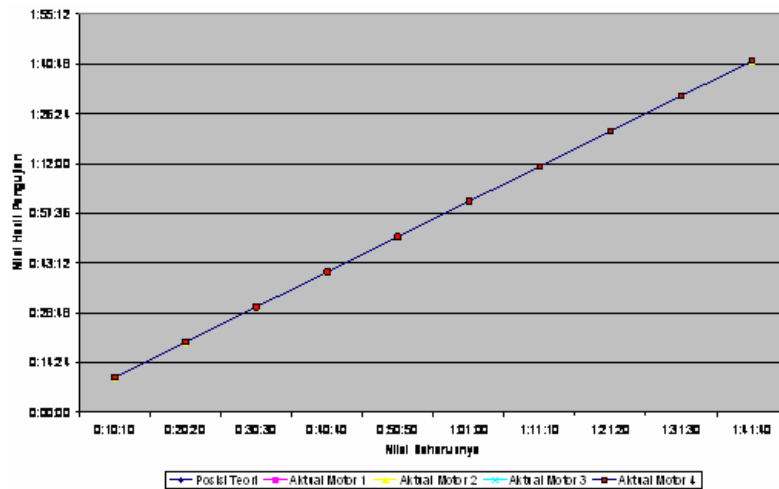
Dari pengujian yang dilakukan, ada tiga macam variasi selang waktu yang digunakan, yaitu pada 30 detik, 5 menit 5 detik dan 10 menit 10 detik. Untuk data selengkapnya terdapat pada lampiran. Hasil pengujian ketepatan selang waktu pergantian kontainer dapat dilihat pada Gambar 14 - 16.

Gambar 14. menunjukkan hasil pengujian ketepatan selang waktu pergantian kontainer 30 detik. Hasil yang didapatkan pada motor 1 sampai motor 4 dibandingkan dengan nilai yang seharusnya.

Gambar 15 menunjukkan hasil pengujian ketepatan selang waktu pergantian kontainer 5 menit 5 detik. Hasil yang didapatkan pada motor 1 sampai motor 4 dibandingkan dengan nilai yang seharusnya.



Gambar 15. Hasil Pengujian Selang Waktu Pergantian Kontainer 5 Menit 5 Detik



Gambar 16. Hasil Pengujian Selang Waktu Pergantian Kontainer 10 Menit 10 Detik

Gambar 16 menunjukkan hasil pengujian ketepatan selang waktu pergantian kontainer 10 menit 10 detik. Hasil yang didapatkan pada motor 1 sampai motor 4 dibandingkan dengan nilai yang seharusnya.

#### Data Pengamatan dan Pembahasan

Data pengamatan dan pembahasan di bawah ini merupakan hasil uji rangkaian dan akan dibahas unjuk kerja dari rangkaian tersebut berdasarkan perbandingan antara data secara teori dengan data hasil pengujian.

Pengujian yang dilakukan tersebut bertujuan untuk mengetahui besarnya sudut yang dihasilkan, sehingga besarnya penyimpangan sudut juga dapat diketahui dari pengujian ini. Hal yang sama juga dilakukan pada pengujian ketepatan selang waktu pergantian kontainer. Dari hasil pengujian tersebut maka diperoleh data, maka nilai *error* dapat ditentukan.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Penyimpangan Sudut (Error)

Motor - n	Tanpa Beban	Dengan Beban Piringan	Dengan Beban Piringan + Kontainer
Motor 1	0,2	0,3	--
Motor 2	0,3	0,4	--
Motor 3	0,3	0,3	0,3
Motor 4	0,2	0,3	0,4

Dari Tabel 4 dapat ditunjukkan data akurasi yang dimiliki oleh keempat motor

*stepper*. Karena hasil yang didapatkan akurat, di mana jarum penunjuk pada motor *stepper* akan berhenti di penanda sudut busur di setiap gerakannya, maka grafik yang dihasilkan dapat terlihat antara nilai sebenarnya dan nilai pengujian memiliki titik yang berhimpit. Hal ini dapat terjadi karena secara kasat mata, sudut yang dibentuk oleh motor *stepper* dan ditunjukkan oleh busur sangatlah kecil, sehingga mata mengabaikan kesalahan mikroskopik. Faktor lainnya yang turut mempengaruhi nilai *error* adalah ketidaktersedianya alat ukur derajat yang ukurannya besar dan memiliki tingkat ketelitian yang tinggi.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Penyimpangan (Error) Selang Waktu Pergantian Kontainer

Selang waktu Motor - n	5 detik	5 menit 5 detik	10 menit 10 detik
Motor 1	0	0	0
Motor 2	0	0	0
Motor 3	0	0	0
Motor 4	0	0	0

Dari Tabel 5 dapat ditunjukkan hasil perhitungan penyimpangan (Error) selang waktu pergantian kontainer. Berdasarkan hasil pengujian, maka tidak didapatkan penyimpangan (*error*).

#### KESIMPULAN

1. Mikrokontroler AT89S52 dapat digunakan *system* kendali utama dalam *system*

- otomatisasi kendali arah dan putaran untuk 4 buah motor *stepper*.
- Prinsip utama dari *system* ini adalah memanfaatkan *keypad* sebagai masukan untuk mengatur selang waktu yang digunakan, jumlah gerakan yang diinginkan, serta mengatur motor berapa saja yang akan digerakkan, dengan LCD (*Liquid Crystal Display*) sebagai media penampil.
  - Dari hasil pengujian sistem didapatkan penyimpangan untuk motor 1 saat tanpa beban sebesar 0,2 %, dengan beban piringan 0,3 %. Untuk motor 2 saat tanpa beban sebesar 0,3 %, dengan beban piringan 0,4 %. Untuk motor 3, baik saat tanpa beban, dengan beban berupa piringan, maupun dengan beban penuh berupa piringan dan kontainer berisi cairan, hasil penyimpangan sebesar 0,3 %. Untuk motor 4, saat tanpa beban penyimpangan sebesar 0,2 %, dengan beban berupa piringan sebesar 0,3 %, dan saat dengan beban piringan dan kontainer berisi cairan sebesar 0,4 %. Pada pengujian ketepatan selang waktu pergantian kontainer, tidak terdapat nilai penyimpangan ( $e = 0 \%$ ).
- <http://www.mytutorialcafe.com>
  - <http://www.alldatasheet.com>

#### DAFTAR PUSTAKA

- JOHNSON, EDWARD L. dan ROBERT STEVENSON., 1991. *Dasar Kromatografi Cair* (Terjemahan), ITB:Bandung
- DAY, RAY. JR. dan A.L. UNDERWOOD. 1994. *Analisa Kimia Kuantitatif* ed. 4. Erlangga: Jakarta
- ROHMAN, ABDUL, 2007. *Apt. Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Pelajar : Yogyakarta
- SANTOSO,SUBARI, 2008. "Petunjuk Praktikum Mikroprosesor : Untuk Gerak Motor Stepper", STTN-BATAN:Yogyakarta
- AGFIANTO, EKO PUTRO., 2003. *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55*, Gava Media:Yogyakarta.
- TIM LAB MIKROPROSESOR SURABAYA, 2006. *Pemrograman Mikrokontroler AT89S51*, Penerbit ANDI:Yogyakarta
- <http://www.atmel.com>
- <http://www.delta-electronic.com>

