



UNIVERSITAS INDONESIA

**SISTEM PENGENDALI MESIN MILLING OTOMATIS
BERBASIS MIKROKONTROLLER**

TUGAS AKHIR

ARJUNA AWAL SYAH PUTRA

0606108162

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA**

DEPOK

JULI 2009



UNIVERSITAS INDONESIA

**SISTEM PENGENDALI MESIN MILLING OTOMATIS
BERBASIS MIKROKONTROLLER**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Ahli Madya (A.Md)

ARJUNA AWAL SYAH PUTRA

0606108162

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA**

DEPARTEMEN FISIKA

DEPOK

JULI 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : ARJUNA AWAL SYAH PUTRA
NPM : 0606108162
Program Studi : INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA
Judul Tugas Akhir : SISTEM PENGENDALI MESIN MILLING
OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLLER

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md) pada Program Studi Diploma 3 Instrumentasi Elektro Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Prawito ()
Penguji : Surya Dharma, M.Si ()
Penguji : Dr. Sastra Kusuma Wijaya ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 13 Juli 2009

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dari semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : ARJUNA AWAL SYAH PUTRA

NPM : 0606108162

Tanda Tangan :

Tanggal : 13 Juli 2009

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir penulis yang berjudul:

“SISTEM PENGENDALI MESIN MILLING OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLLER”.

Tugas akhir ini disusun untuk melengkapi persyaratan akademik dalam penyelesaian kuliah dalam program studi DIII Instrumentasi yaitu dengan kekhususan Instrumentasi Elektronika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

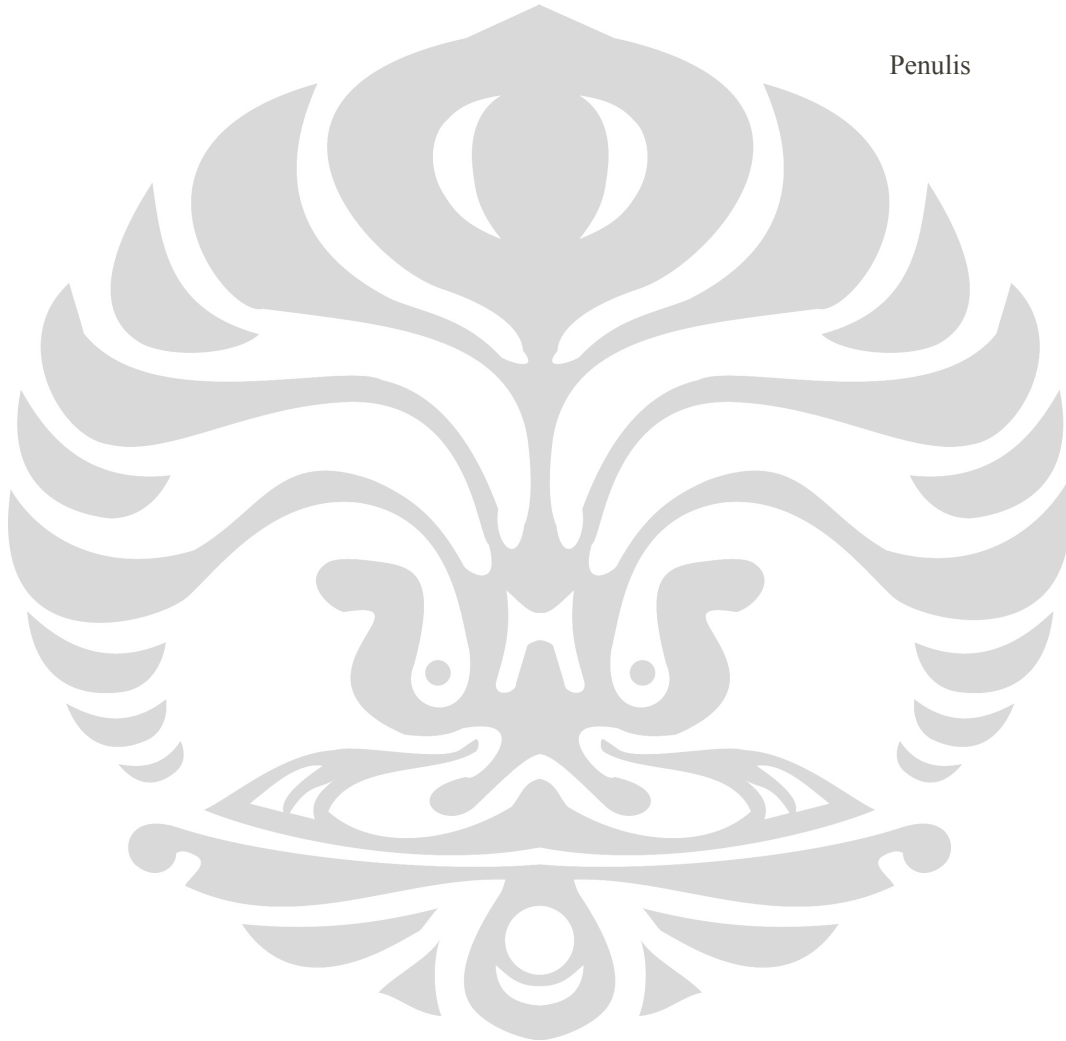
Dan tidak lupa saya mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu pada penyelesaian tugas akhir ini. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- (2) Dr. Prawito, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tugas akhir ini; dan
- (3) Para sahabat-sahabat Instrumentasi khususnya Aida Lovers yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Harapan saya adalah semoga apa yang telah saya tulis dalam karya tulis ini bermanfaat bukan hanya bagi saya sendiri melainkan bagi rekan-rekan mahasiswa pada khususnya dan seluruh pembaca pada umumnya.

Depok, 13 Juli 2009

Penulis



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Arjuna Awal Syah Putra
NPM : 0606108162
Program Studi : D3 Instrumentasi Elektronika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Laporan Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

SISTEM PENGENDALI MESIN MILLING OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLLER

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 13 Juli 2009

Yang menyatakan,

(Arjuna Awal Syah Putra)

ABSTRAK

Nama : Arjuna Awal Syah Putra
Program Studi : Instrumentasi Elektronika
Judul : Sistem Pengendali Mesin Milling Otomatis

Mesin *milling* adalah mesin yang mampu melakukan banyak tugas bila dibandingkan dengan mesin perkakas yang lain. Hal ini disebabkan karena mesin ini mampu menghaluskan benda kerja sesuai dengan dimensi yang dikehendaki. Mesin ini dikendalikan oleh mikrokontroler yang akan mengatur proses pembentukan benda sesuai dengan profil yang diinginkan. Terdapat beberapa input profil yang diinginkan, pemilihan dilakukan melalui keypad yang akan ditampilkan di LCD. Mesin ini akan bekerja secara otomatis dan bergerak berdasarkan sumbu x, y, dan z.

Kata Kunci :

Mikrokontroler, Keypad, LCD.

ABSTRACT

Name : Arjuna Awal Syah Putra
Study Program : Electro Instrumentation
Title : Controlling System of Automatic Milling Machine

Milling machine is a machine that could handle more task than other tools machine. It's because this machine is able to refine work object into a desirable dimension. This machine was being controlled by microcontroller that will arrange figuration object process based on desirable profile. There were some desirable profile input, the selection of desirable input could be done by pressing the keypad that will appear in LCD. This machine will work automatically and move based on x, y, and z axis.

Key words :

Microcontroller, Keypad, LCD.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Pembatasan Masalah.....	2
1.4. Deskripsi Singkat	3
1.5. Metodologi Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2. TEORI DASAR	6
2.1 Mikrokontroler ATMEGA 8535	6
2.2 Elemen dasar mesin perkakas	8
2.3 Motor DC	10
2.3.1 Teori motor DC	11
2.3.2 Cara membalik arah motor DC.....	12
2.3.3 Cara mempercepat putaran motor DC	13
2.3.4 Jenis motor DC	13
2.4 Gear	15
2.5 Limit Switch.....	16
2.6 Transistor	16
2.7 KEYPAD	18
BAB 3. PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM	18
3.1. Perancangan kerja <i>Sistem</i>	20
3.2. Limit Switch	21
3.3. Penggerak motor	22
3.4. LCD	23
3.5. Mikrokontroler	23
3.6. perangkat lunak (software)	26
BAB 4. HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA	37
4.1. Pengujian Sistem	37
4.2. Pengujian sensor limit switch	38
4.3 Hasil Percobaan.....	39
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	40
5.1. Kesimpulan	40
5.2. Saran	20
Daftar Referensi.....	41

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Deskripsi Singkat	3
Gambar 2.1 ATmega 8535	6
Gambar 2.2 Proses pada komponen mesin.....	8
Gambar 2.3 Struktur dasar mesin – mesin	9
Gambar 2.4. Motor DC	10
Gambar 2.5 Prinsip Kerja Motor DC.....	11
Gambar 2.6 Proses Konversi Pada Motor DC.....	11
Gambar 2.7. Karakteristik Motor DC <i>Shunt</i>	14
Gambar 2.8 . Gear.....	15
Gambar 2.9 . Gear Box pada motor	15
Gambar 2.10 . Bentuk Fisik Limit Switch	16
Gambar 2.11. Transistor npn dan pnp	16
Gambar 2.12. Kurva kolektor.....	17
Gambar 2.13,transistor sebagai switch	18
Gambar 2.14. Interface Keypad 4x4.....	18
Gambar 2.15. Bentuk fisik Keypad 4x4	19
Gambar 3.1 Blok diagram.....	20
Gambar 3.2 Rangkaian limit switch	21
Gambar 3.3 Rangkaian penggerak motor	22
Gambar 3.3 Rangkaian penggerak motor	23
Gambar 3.5 Rangkaian minimum system ATMEGA8535.....	24
Gambar 3.6 Flow Chart.....	25
Gambar 4.1 Hasil milling (tampak samping).....	38
Gambar 4.2 Hasil milling (Tampak atas).....	39
Gambar 4.3 Hasil milling (tampak atas).....	39

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Perbedaan Dari μP dan μC	7
Tabel 4.1 Data Keypad	37
Tabel 4.2 Hasil pengujian sensor limit switch	38



BAB 1

PENDAHULUAN

Pada Bab ini penulis menjelaskan mengenai latar belakang masalah mengapa alat ini dibuat, tujuan dari penelitian, batasan masalah dari alat yang akan di buat oleh penulis, deskripsi singkat mengenai alat yang akan dibuat, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

1.1 Latar Belakang

Pengerjaan logam dalam dunia manufacturing ada beberapa macam, mulai dari pengerjaan panas, pengerjaan dingin hingga pengerjaan logam secara mekanis. Pengerjaan mekanis logam biasanya digunakan untuk pengerjaan lanjutan maupun pengerjaan finishing, sehingga dalam pengerjaan mekanis dikenal beberapa prinsip pengerjaan, salah satunya adalah pengerjaan perataan permukaan dengan menggunakan mesin Frais atau biasa juga disebut mesin Milling. Mesin milling adalah mesin yang paling mampu melakukan banyak tugas bila dibandingkan dengan mesin perkakas yang lain. Hal ini disebabkan karena selain mampu memesis permukaan datar maupun berlekuk dengan penyelesaian dan ketelitian istimewa, juga berguna untuk menghaluskan atau meratakan benda kerja sesuai dengan dimensi yang dikehendaki.

Mesin milling dapat menghasilkan permukaan bidang rata yang cukup halus, tetapi proses ini membutuhkan pelumas berupa oli yang berguna untuk pendingin mata milling agar tidak cepat aus. Proses milling adalah proses yang menghasilkan *chips* (beram). Milling menghasilkan permukaan yang datar atau berbentuk profil pada ukuran yang ditentukan dan kehalusan atau kualitas permukaan yang ditentukan. **Prinsip kerja mesin milling**, tenaga untuk pemotongan berasal dari energi listrik yang diubah menjadi gerak utama oleh sebuah motor listrik, selanjutnya gerakan utama tersebut akan diteruskan melalui suatu transmisi untuk menghasilkan gerakan putar pada spindel mesin milling.

Spindel mesin milling adalah bagian dari sistem utama mesin milling yang bertugas untuk memegang dan memutar cutter hingga menghasilkan putaran atau gerakan pemotongan. Gerakan pemotongan pada cutter jika dikenakan pada benda kerja yang telah dicekam maka akan terjadi gesekan/tabrakan sehingga akan

menghasilkan pemotongan pada bagian benda kerja, hal ini dapat terjadi karena material penyusun cutter mempunyai kekerasan diatas kekerasan benda kerja.

1.2 Tujuan Penelitian

Dalam pembuatan tugas akhir ini penulis mempunyai beberapa tujuan antara lain:

1. Tujuan Umum :

Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan kurikulum Program D3 Jurusan Fisika Instrumentasi, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

2. Tujuan Khusus

Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah membuat suatu mesin milling secara otomatis yang dapat membentuk sebuah kayu berdasarkan bentuk yang telah ditentukan. Dengan demikian dapat menghemat tenaga manusia, dan dapat meningkatkan efisiensi dalam pembentukan sebuah kayu.

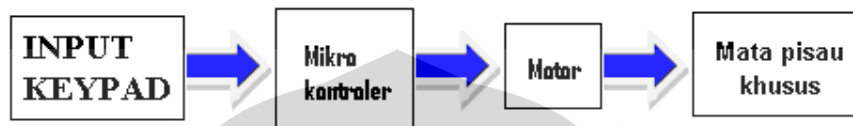
I.3 Pembatasan Masalah

Pada tugas akhir ini, penulis melakukan penelitian “ Sistem Pengendali Mesin Milling Otomatis Berbasis Mikrokontroler” kayu yang akan bentuk memiliki panjang dasar yang telah ditetapkan sebelumnya. Untuk dapat mengendalikan mesin milling tersebut secara otomatis dan efisien maka penulis harus mengetahui sistem pengendali yang tepat guna, agar didapatkan suatu ukuran yang memiliki ketelitian pengukuran dengan keakuratan yang memiliki nilai toleransi seminimal mungkin.

1.4 Deskripsi Singkat

Perancangan ini bertujuan untuk membuat suatu mesin yang dapat membubut kayu dengan pengendalian otomatis yang dapat membubut kayu sesuai dengan bentuk yang telah ditentukan dengan kata lain memiliki sebuah data base, dengan menggunakan media keypad sebagai input desainnya. Untuk mendapatkan bentuk

kayu yang optimal kami menggunakan mikrokontroler sebagai basis pengendaliannya, sehingga komponen yang terdapat dalam mesin ini semuanya dikendalikan oleh mikrokontroler. Untuk membuat suatu desain yang telah ditentukan pada kayu, mekanik menggunakan mata pisau khusus dan motor sehingga akan mengkilis kayu sesuai dengan bentuk yang telah ditentukan.



Gambar 1. Deskripsi Singkat

1.5 Metodologi Penelitian

Dalam pengerjaan Proyek Akhir ini diperlukan suatu metode untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Untuk itu penulis merencanakan suatu langkah-langkah yang dapat memaksimalkan dalam pelaksanaan pengerjaan Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Metode ini digunakan untuk memperoleh informasi tentang teori – teori dasar sebagai sumber penulisan skripsi. Informasi dan pustaka yang berkaitan dengan masalah ini diperoleh dari literatur, penjelasan yang diberikan dosen pembimbing, rekan – rekan mahasiswa, internet, *data sheet*, dan buku – buku yang berhubungan dengan tugas akhir penulis.

2. Perancangan dan Pembuatan Alat

Perancangan alat merupakan tahap awal penulis untuk mencoba memahami, menerapkan, dan menggabungkan semua literatur yang diperoleh maupun yang telah dipelajari untuk melengkapi sistem serupa yang pernah dikembangkan, dan selanjutnya penulis dapat merealisasikan sistem sesuai dengan tujuan.

3. Uji Sistem

Uji sistem ini berkaitan dengan pengujian alat serta hasil pengukuran dan pengendalian dari mesin tersebut.

4. Metode Analisis

Metode ini merupakan pengamatan terhadap pengendalian pengukuran yang diperoleh dari pengujian alat tersebut. Setelah itu dilakukan penganalisisan sehingga dapat ditarik kesimpulan dan saran – saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari bab-bab yang memuat beberapa sub-bab. Untuk memudahkan pembacaan dan pemahaman maka Tugas Akhir ini dibagi menjadi beberapa bab yaitu :

BAB 1 Pendahuluan

Pendahuluan berisi latar belakang permasalahan, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metode penulisan dan sistematika penulisan dari Tugas Akhir ini.

BAB 2 Teori Dasar

Teori dasar berisi landasan-landasan teori sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dalam perancangan dan pembuatan mekanik.

BAB 3 Perancangan Sistem

Pada bab ini akan dijelaskan secara keseluruhan sistem kerja dari mekanik sistem parkir bawah tanah

BAB 4 Pengujian Sistem dan Pengambilan Data

Bab ini berisi tentang unjuk kerja alat sebagai hasil dari perancangan sistem. Pengujian akhir dilakukan dengan menyatukan seluruh bagian-bagian kecil dari sistem untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan

tujuan awal. Setelah sistem berfungsi dengan baik maka dilanjutkan dengan pengambilan data untuk memastikan kapabilitas dari sistem yang dibangun.

BAB 5 Penutup

Penutup berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengujian sistem dan pengambilan data selama penelitian berlangsung, selain itu juga penutup memuat saran untuk pengembangan lebih lanjut.



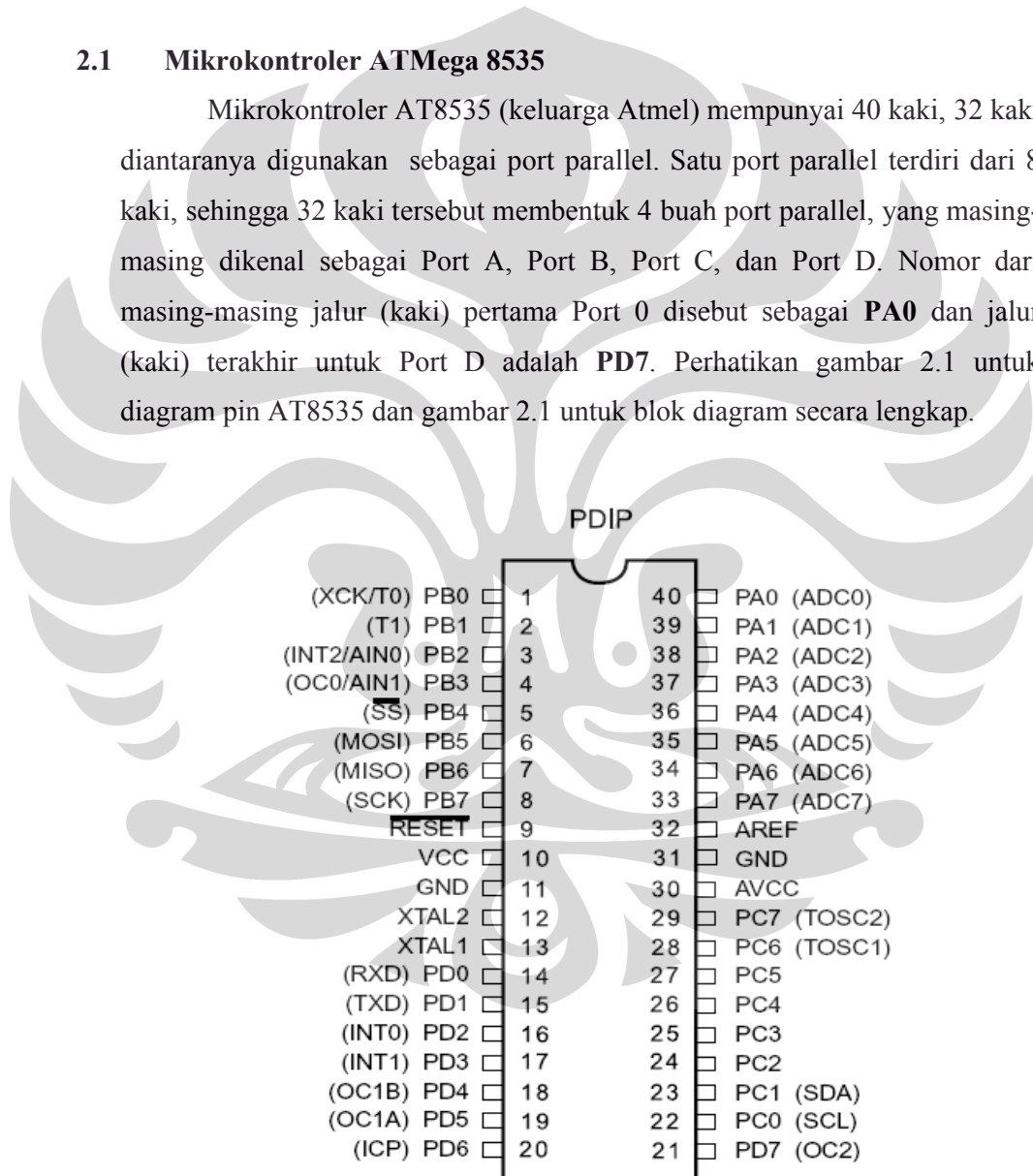
BAB 2

DASAR TEORI

Dalam bab ini akan dibahas mengenai teori yang mendasari dilakukannya penelitian ini. Adapun teori-teori tersebut antara lain:

2.1 Mikrokontroler ATmega 8535

Mikrokontroler AT8535 (keluarga Atmel) mempunyai 40 kaki, 32 kaki diantaranya digunakan sebagai port parallel. Satu port parallel terdiri dari 8 kaki, sehingga 32 kaki tersebut membentuk 4 buah port parallel, yang masing-masing dikenal sebagai Port A, Port B, Port C, dan Port D. Nomor dari masing-masing jalur (kaki) pertama Port 0 disebut sebagai **PA0** dan jalur (kaki) terakhir untuk Port D adalah **PD7**. Perhatikan gambar 2.1 untuk diagram pin AT8535 dan gambar 2.1 untuk blok diagram secara lengkap.



Gambar. 2.1 ATmega 8535

Dengan piranti kita dapat memprogramnya sesuai dengan keinginan dari alat yang kita inginkan. Penulis menggunakan sistem mikrokontroler dikarenakan mudah untuk memprogramnya dan juga kami telah belajar mengenai pemrograman mikrokontroler ini pada saat kuliah. Saya pelajari adalah pemrograman menggunakan *Software BASCOM* dan bahasa *Assembler*.

Ada perbedaan dari mikrokontroler dan mikroprosesor dapat dilihat secara umum perbedaannya pada tabel berikut;

Tabel 2.1 Perbedaan Dari μ P dan μ C

	Microprosesor	Microcontroler
Hardware	Single Chip CPU	Single Chip Microcomputer
Application	Data Processing	Control

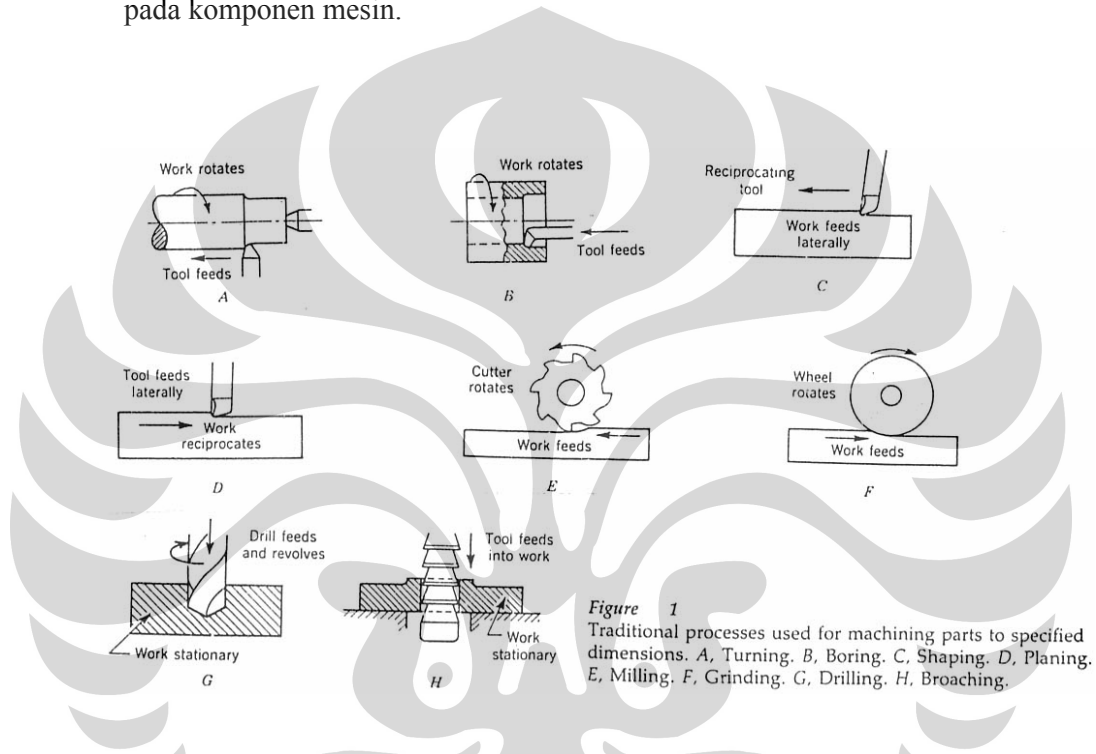
Dari tabel diatas penulis menggunakan mikrokontroler dengan tujuan untuk mengkontrol alat yang kami gunakan.

Adapun chip yang penulis gunakan adalah AT8535, berikut fitur ATmega8535 :

1. 8 KB Flash Memory ISP
2. 512 Bytes Internal SRAM
3. 4 x 8-bit I/O Port
4. 2 x 16-bit Time/Counter
5. External and Internal Interrupt Sources
6. Six Sleep Modes : Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby.

2.2 Elemen dasar mesin perkakas

Ada mesin dimana benda kerjanya tidak bergerak namun perkakasnya bergerak seperti mesin ketam, kempa gurdi (drill press), mesin frais (milling machine) dan grinda. Ada juga mesin dimana benda kerjanya bergerak namun perkakasnya diam seperti mesin mesin serut, bubut (lathe), dan frais pengebor (boring mills). Gambar dibawah ini yaitu proses-proses yang biasa dilakukan pada komponen mesin.



Gambar 2.2 Proses pada komponen mesin

Pada gambar 2.3 dibawah terlihat struktur dasar dalam mesin perkakas konvensional. Pada gambar A, benda kerja berputar dalam mesin bubut, tetapi perkakas (cutting tools) diam. Pada mesin pengebor (gambar B.) perkakasnya berputar sedangkan benda kerjanya diam. Menghantarkan atau menggeser kereta luncur perkakas kepada benda kerja berputar biasanya lebih menyenangkan dari pada menggeser benda kerja yang berputar pada kepala tetap kepada perkakas yang diam. Gambar C dan D adalah masing-masing mesin ketam dan penyerut. Bentuk struktur kedua mesin ini dipengaruhi oleh ukuran benda kerja dimana benda kerja kecil lebih cocok dikerjakan dengan mesin ketam.

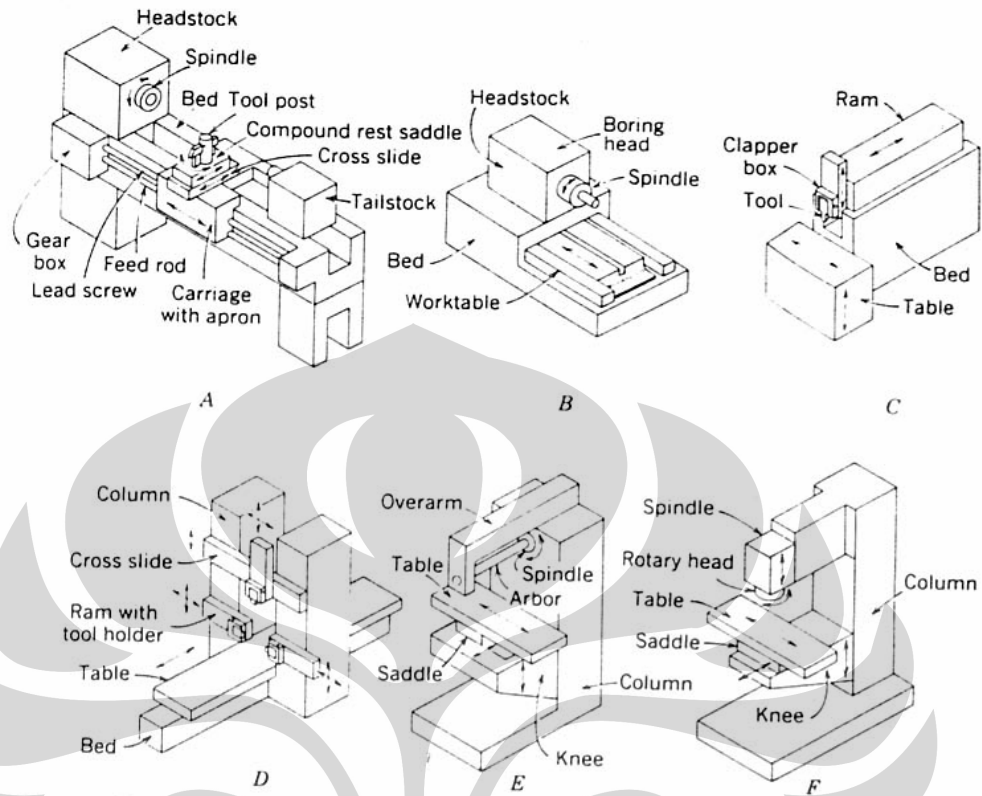


Figure 2 Basic structural elements in conventional machine tools. *A*, Lathe. *B*, Horizontal boring machine. *C*, Shaper. *D*, Planer. *E*, Horizontal milling machine. *F*, Vertical milling machine.

Gambar 2.3 Struktur dasar mesin - mesin

Pada mesin pemotong fris, perkakas yang berputar digunakan hanya pada perkakas pengebor. Mesin fris banyak digunakan untuk memotong lubang lingkaran, membuat jalur pasak, membuat celah, menggergaji, memfris slab dan permukaan, memotong roda gigi dan untuk membentuk benda yang bentuknya tidak umum. Gambar 2.3E adalah mesin fris dimana perkakas berputar dikombinasikan dengan benda kerja yang bergerak melintang. Kebalikan kinematik dari mesin fris standar adalah mesin bor, penggurdi (drill) dan mesin fris horisontal tipe lantai (floor type).

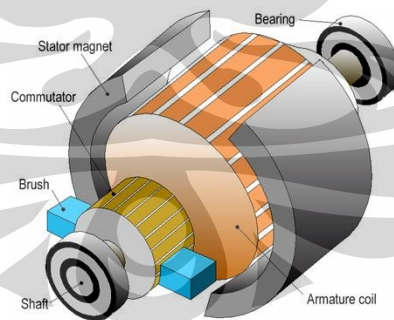
2.3 Motor DC

Motor DC biasanya digunakan dalam rangkaian yang memerlukan kepresisian yang tinggi untuk pengaturan kecepatan, pada torsi yang konstan. Semua motor DC beroperasi atas dasar arus yang melewati konduktor yang berada dalam medan magnet. Motor DC disini digunakan sebagai motor penggerak utama . Terdapat dua tipe motor DC berdasarkan prinsip medannya yaitu:

1. Motor DC dengan Magnet Permanen.
2. Motor DC dengan Lilitan yang terdapat pada Stator.

Motor DC memiliki prinsip kerja yaitu suatu penghantar yang berarus listrik dan ditempatkan dalam suatu medan magnet maka penghantar tersebut akan mengalami gaya. Prinsip kerja motor membutuhkan :

1. Adanya garis-garis gaya medan magnet (fluks), antara kutub yang berada di stator.
2. Penghantar yang berarus listrik yang ditempatkan dalam medan magnet tersebut.
3. Pada penghantar akan timbul gaya.



Gambar 2.4. Motor DC

Pada Motor DC didesain untuk memanfaatkan gaya magnet untuk menghasilkan gerak berputar yang kontinu dan disusun oleh komponen-komponen :

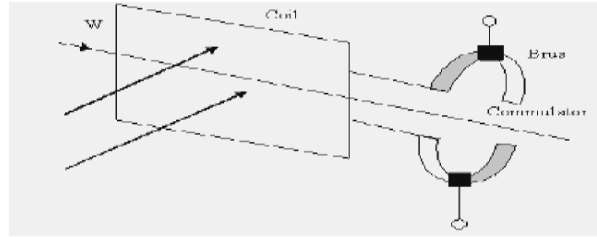
- Stator magnet digunakan sebagai penghasil gaya magnet permanen. Dibentuk menyesuaikan bentuk housing motor dengan setengah lingkaran atau satu lingkaran penuh.
- Armature coil digunakan sebagai kumpulan penghantar (konduktor) yang digulung sedemikian rupa hingga dapat menghasilkan torsi yang optimum. Duduk pada yoke yang dipasang permanen terhadap shaft.
- Commutator digunakan sebagai jalur masuk dan keluarnya arus listrik pada armature coil. Terbuat dari tembaga yang tersekat antar segmen oleh bahan isolator seperti mika.
- Brush digunakan sebagai medium penyalur arus listrik dari sumber listrik ke commutator. Terbuat dari tembaga atau carbon dan dedesain untuk lebih mudah aus dibandingkan dengan commutator.
- Bearing digunakan sebagai penyangga shaft pada housing motor.

Gaya yang dihasilkan motor DC tergantung pada :

- a. Kekuatan pada medan magnet.
- b. Besarnya arus yang mengalir pada penghantar.
- c. Panjang kawat penghantar yang berada dalam medan magnet.

2.3.1 Teori Motor DC

Prinsip dasar dari motor arus searah adalah jika sebuah kawat berarus diletakkan antara kutub magnet (U-S), maka pada kawat itu akan bekerja suatu gaya yang menggerakkan kawat itu. Arah gerakan kawat dapat ditentukan dengan mengguankan kaidah tangan kiri, yang berbunyi sebagai berikut :”Apabila tangan kiri terbuka diletakkan diantara kutub U dan S, sehingga garis-garis gaya yang keluar dari kutub utara menembus telapak tangan kiri dan arus di dalam kawat mengalir searah dengan arah keempat jari, maka kawat itu akan mendapat gaya yang arahnya sesuai dengan arah ibu jari”. Yang diperlihatkan dengan gambar berikut ini.



Gambar 2.5 Prinsip Kerja Motor DC

Pada motor DC, kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konverter energi baik energi listrik menjadi energi mekanik (motor) maupun sebaliknya dari energi mekanik menjadi energi listrik (generator) berlangsung melalui medium medan magnet. Energi yang akan diubah dari suatu sistem ke sistem yang lain, sementara akan tersimpan pada medium medan magnet untuk kemudian dilepaskan menjadi energi system lainnya. Dengan demikian, medan magnet disini selain berfungsi sebagai tempat penyimpanan energi juga sekaligus proses perubahan energi, dimana proses perubahan energi pada motor arus searah dapat digambarkan pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Proses Konversi Pada Motor DC

2.3.2 Cara Membalik Arah Motor DC

Arah gerakan motor arus searah dapat diatur dengan dua cara yaitu mengubah polarisasi arah arus searah pada belitan medan magnet (+) dan (-), atau dengan mengubah arah arus dengan menukar (+) dan (-) pada sikat.

Pada prinsipnya membalik arah motor searah memang dengan dua cara yang telah disebutkan di atas, namun dalam suatu rangkaian elektronika kita memerlukan suatu rangkaian penggerak motor yang dapat membalik arah gerak motor dengan mudah misalnya dengan menggunakan transistor.

Transistor pada rangkaian pembalik putaran motor berfungsi sebagai saklar (*switching*).

2.3.3 Cara Mempercepat Putaran Motor DC

Kecepatan putaran motor dc dapat ditingkatkan dengan memperbesar tegangan yang masuk ke motor, sehingga dapat mengakibatkan arus yang masuk ke motor menjadi besar pula. Hal ini sesuai dengan hukum Kirchoff berikut ini:

$$V = i \times R \quad (2.1)$$

Dimana:

V = Tegangan (Volt)

i = Besar arus (Ampere)

R = Hambatan (Ohm)

Dengan hambatan yang tetap dan tegangan diperbesar akan mengakibatkan arus menjadi besar pula. Dengan arus yang diperbesar maka akan menyebabkan gaya (**F**) menjadi besar pula sesuai dengan persamaan di atas. Dan apabila **F** semakin besar maka kekuatan rotor akan semakin besar dan berdampak pada makin cepatnya putaran motor. Dari persamaan di atas dapat diambil kesimpulan bahwa semua unsur yang mempengaruhi nilai **F** dapat mempercepat putaran motor, yaitu dengan memperpanjang lilitan (memperbesar **I**), dan memperbesar medan magnet (**B**).

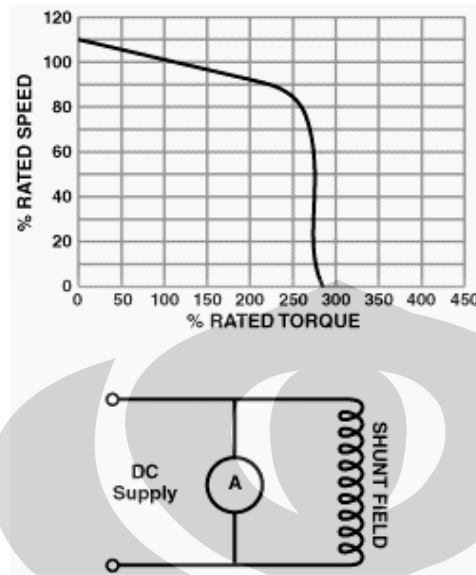
2.3.4 Jenis Motor DC

A. Motor DC sumber daya terpisah/ *Separately Excited*

Jika arus medan dipasok dari sumber terpisah maka disebut motor DC sumber daya terpisah/*separately excited*.

B. Motor DC sumber daya sendiri/ *Self Excited: motor shunt*

Pada motor *shunt*, gulungan medan (medan *shunt*) disambungkan secara paralel dengan gulungan dinamo. Oleh karena itu total arus dalam jalur merupakan penjumlahan arus medan dan arus dinamo.



Gambar 2.7. Karakteristik Motor DC *Shunt*

Kecepatan pada prakteknya konstan tidak tergantung pada beban (hingga *torque* tertentu setelah kecepatannya berkurang, lihat Gambar 2.7) dan oleh karena itu cocok untuk penggunaan komersial dengan beban awal yang rendah, seperti peralatan mesin. Kecepatan dapat dikendalikan dengan cara memasang tahanan dalam susunan seri dengan dinamo (kecepatan berkurang) atau dengan memasang tahanan pada arus medan (kecepatan bertambah).

C. Motor DC daya sendiri: motor seri

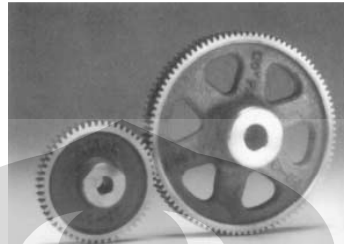
Dalam motor seri, gulungan medan (medan *shunt*) dihubungkan secara seri dengan gulungan dinamo (A). Oleh karena itu, arus medan sama dengan arus dinamo. Berikut tentang kecepatan motor seri (Rodwell International Corporation, 1997;

L.M. Photonics Ltd, 2002):

- Kecepatan dibatasi pada 5000 RPM
- Harus dihindarkan menjalankan motor seri tanpa ada beban sebab motor akan mempercepat tanpa terkendali.

2.4 Gear

Gear dapat mengubah kecepatan rotasi dan torsi untuk digunakan pada motor dan beban.

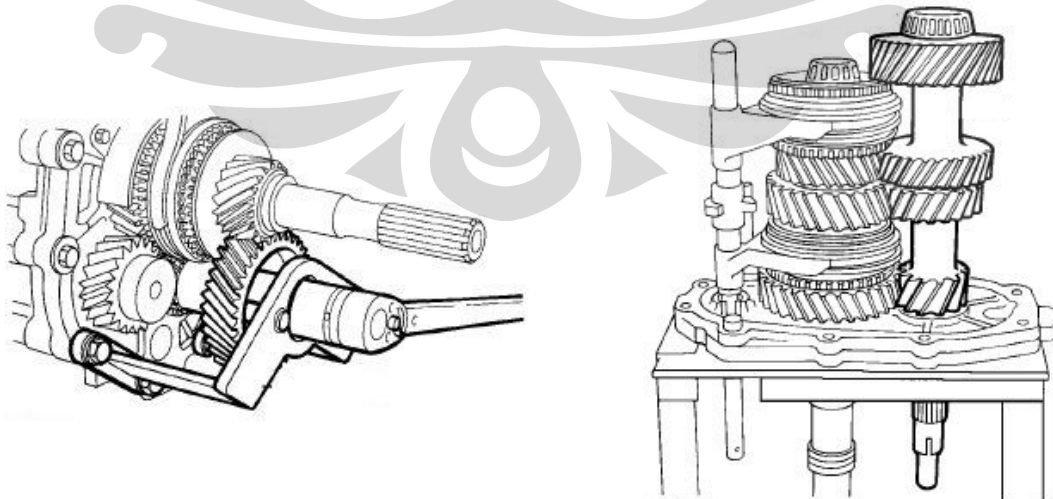


Gambar 2.8 . Gear

Gambar diatas dinamakan spur gear. Dimana power yang dikirim oleh sebuah gigi dari salah satu gear, kemudian mendorong berlawanan dengan gigi dari gear yang lain. Ketika 2 gear dengan diameter yang berbeda digabungkan, maka rotasi keduanya berada pada kecepatan yang berbeda.

Pada motor DC terkadang digunakan mekanik gear sebagai sistem kerjanya dikarenakan susunan gear yang dipasang secara sistematis dapat mengubah torsi motor . Biasanya hal ini banyak dipakai pada motor – motor yang dikhususkan mengangkat beban berat sehingga dibutuhkan power yang besar

Gambar 2.9 . Gear Box pada motor



2.5 Limit switch

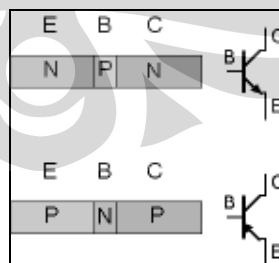
Switch digunakan dengan hal-hal yang berhubungan dengan jarak, kepekaan, deteksi ada tidaknya barang, maupun kontak pembatas. Sensor switch disini dipakai untuk pengaturan posisi yang diharapkan dari mekanik yang telah dirancang.



Gambar 2.10 . Bentuk Fisik Limit Switch

2.6 Transistor

Transistor merupakan dioda dengan dua sambungan (*junction*). Sambungan itu membentuk transistor PNP maupun NPN. Ujung-ujung terminalnya berturut-turut disebut emitor, basis dan kolektor. Basis selalu berada di tengah, di antara emitor dan kolektor. Transistor ini disebut transistor bipolar, karena struktur dan prinsip kerjanya tergantung dari perpindahan elektron di kutub negatif mengisi kekurangan elektron (hole) di kutub positif, $\beta = 2$ dan polar = kutub. Adalah William Schockley pada tahun 1951 yang pertama kali menemukan transistor bipolar.



Gambar 2.11. Transistor npn dan pnp

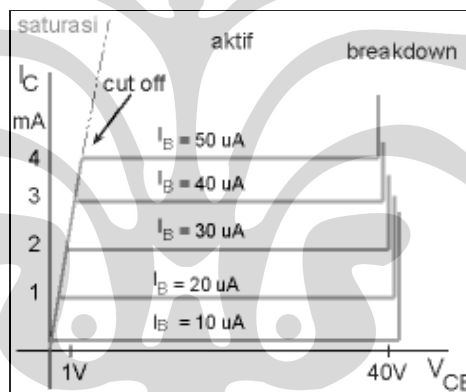
Transistor bipolar adalah inovasi yang menggantikan transistor tabung (*vacuum tube*). Selain dimensi transistor bipolar yang relatif lebih kecil,

disipasi dayanya juga lebih kecil sehingga dapat bekerja pada suhu yang lebih dingin. Dalam beberapa aplikasi, transistor tabung masih digunakan terutama pada aplikasi audio, untuk mendapatkan kualitas suara yang baik, namun konsumsi dayanya sangat besar. Sebab untuk dapat melepaskan elektron, teknik yang digunakan adalah pemanasan filamen seperti pada lampu pijar.

Adapun sebuah transistor yang digunakan sebagai swich bekerja pada daerah saturasi ketika on dan pada daerah cut'off ketika terputus.

- **Daerah Saturasi**

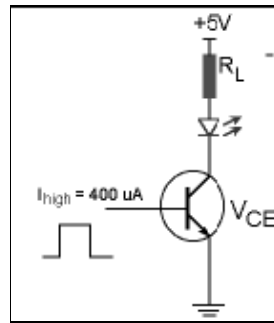
Daerah saturasi adalah mulai dari $V_{CE} = 0$ volt sampai kira-kira 0.7 volt (transistor silikon), yaitu akibat dari efek dioda kolektor-base yang mana tegangan V_{CE} belum mencukupi untuk dapat menyebabkan aliran elektron.



Gambar 2.12. Kurva kolektor

- **Daerah Cut-Off**

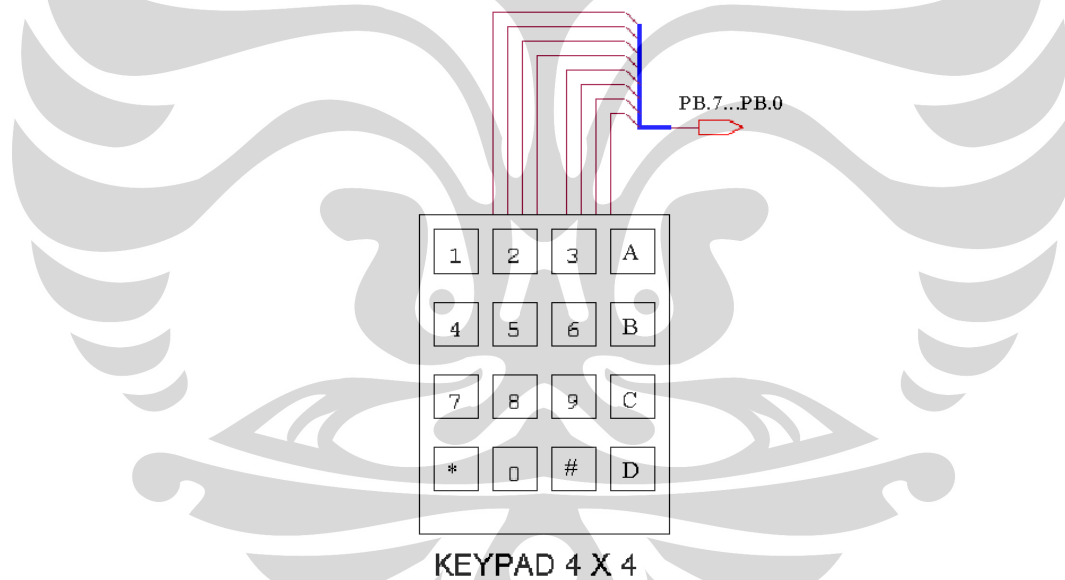
Jika kemudian tegangan V_{CC} dinaikkan perlahan-lahan, sampai tegangan V_{CE} tertentu tiba-tiba arus I_C mulai konstan. Pada saat perubahan ini, daerah kerja transistor berada pada daerah cut-off yaitu dari keadaan saturasi (OFF) lalu menjadi aktif (ON). Perubahan ini dipakai pada system digital yang hanya mengenal angka biner 1 dan 0 yang tidak lain dapat direpresentasikan oleh status transistor OFF dan ON.



Gambar 2.13,transistor sebagai switch

2.7 Keypad

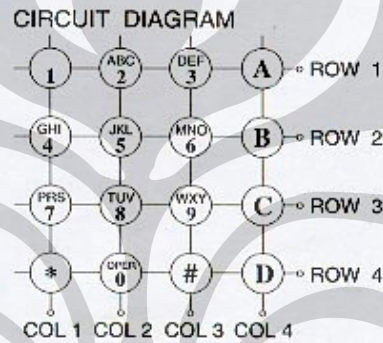
Keypad 4x4 disini adalah sebuah keypad matrix dengan susunan 4 kolom dan 4 baris kolom dengan susunan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.14.



Gambar 2.14. Interface Keypad 4x4

Seperti terlihat dalam gambar di atas, angka hexa pada keypad hanya untuk ilustrasi. Tekanan pada keypad dapat diterjemahkan sebagai perintah apapun, tergantung program yang ditanam ke μC . Keypad sering digunakan sebagai input pada beberapa peralatan yang berbasis mikroprocessor atau

mikrokontroller. Keypad sesungguhnya terdiri dari sejumlah saklar, yang terhubung sebagai baris dan kolom dengan susunan seperti gambar 2.15. Agar mikrokontroller dapat melakukan scan keypad, maka port mengeluarkan salah satu bit dari empat bit yang terhubung pada kolom dengan logika low “0” dan selanjutnya membaca 4 bit pada baris untuk menguji jika ada tombol yang ditekan pada tombol tersebut. Sebagai konsekuensi, selama tidak ada tombol yang ditekan, maka mikrokontroller akan melihat sebagai logika high “1” pada setiap pin yang terhubung ke baris.



Gambar 2.15. Bentuk fisik Keypad 4x4

BAB 3

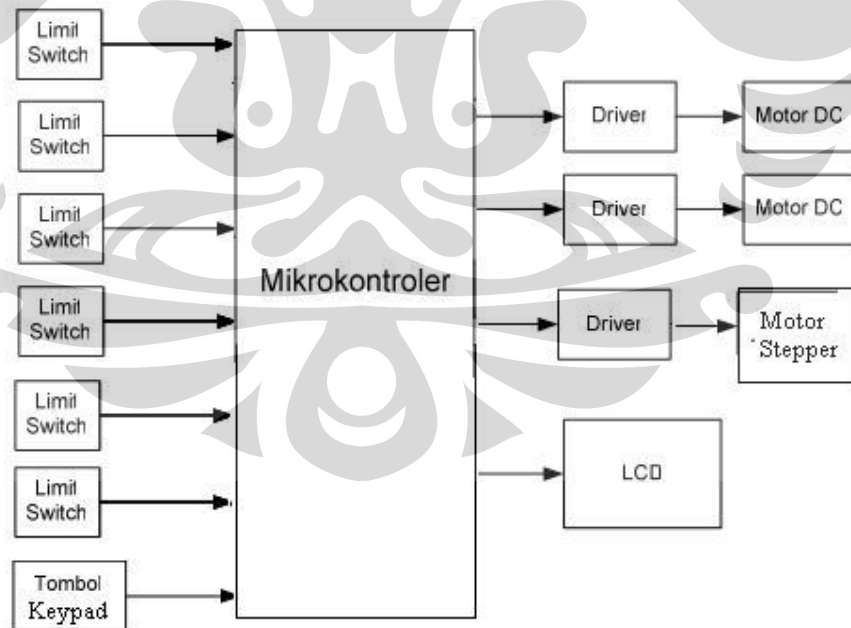
PERANCANGAN DAN CARA KERJA

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan sistem beserta cara kerja dari masing-masing *Software* dan *hardware* yang digunakan penulis dalam penyusunan alat "Sistem Pengendali Mesin Milling Otomatis Berbasis Mikrokontroler".

3.1 Perancangan Kerja Sistem

Pada bab ini akan membahas perencanaan perancangan dari pembuatan system (software) dan rangkaian elektronik (hardware). Pembuatan sistem terdiri dari perencanaan sistem pengendali yang tepat guna, agar didapatkan suatu ukuran yang memiliki ketelitian pengukuran dengan keakuratan yang memiliki nilai toleransi seminimal mungkin.

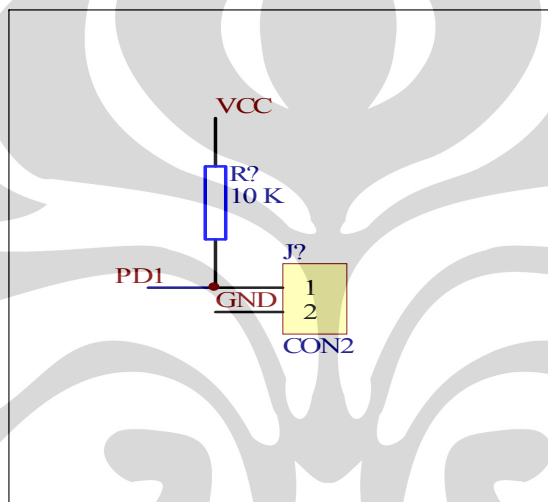
Proses cara kerja rangkaian dapat dilihat pada blok diagram berikut:



Gambar 3.1 Blok diagram

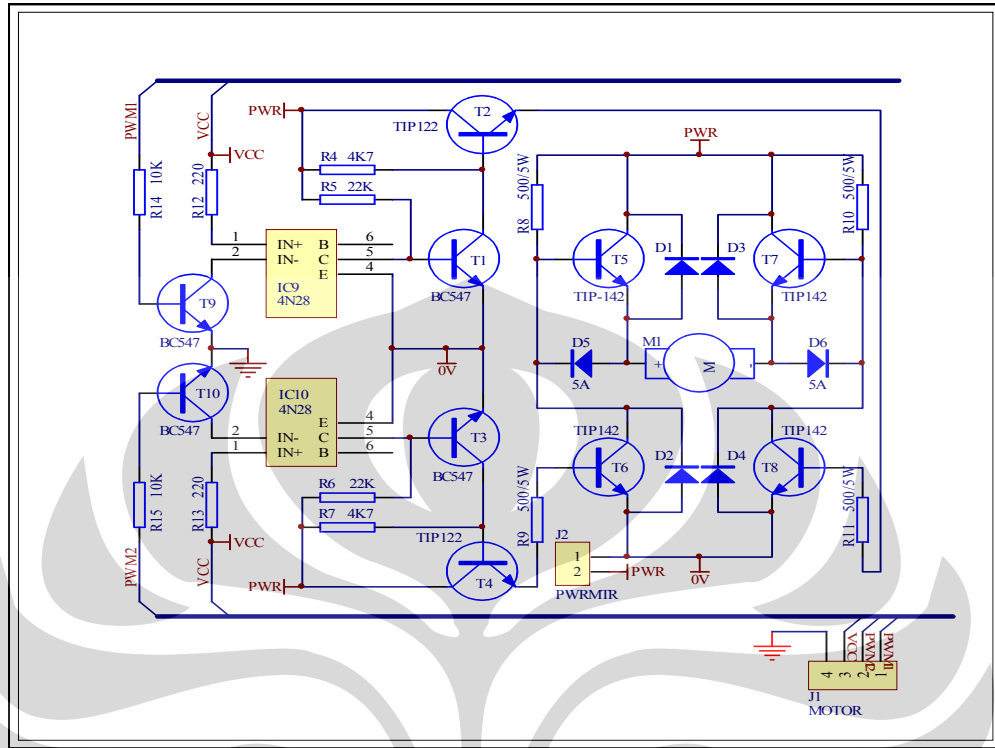
3.2 Limit switch

Limit switch mempunyai 3 kaki yaitu common, normally open, dan normally close. Konfigurasi pada normally open adalah ketika switch terhubung maka akan menghasilkan logika low, sedangkan konfigurasi pada normally close adalah ketika switch terhubung maka akan menghasilkan logika high. Fungsi limit switch pada alat ini adalah sebagai sensor posisi dimana limit switch tersebut akan membatasi gerak dari motor sehingga akan menghasilkan bentuk sesuai yang diinginkan. Dimana limit switch yang digunakan tersebut bertipe SPDT.



Gambar 3.2 Rangkaian limit switch

3.3 Penggerak motor (driver Motor DC)



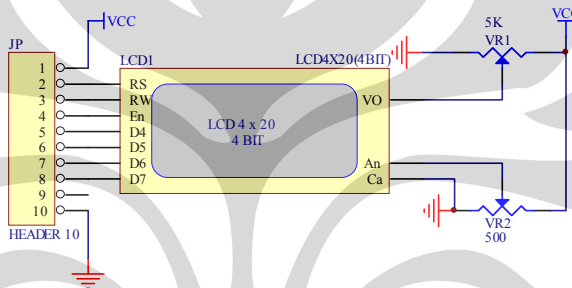
Gambar 3.3 Rangkaian penggerak motor

Sebagai driver motor dipergunakan rangkaian H-bridge, rangkaian ini berguna untuk menguatkan arus dari mikrokontroler. Saat inputan mikro j3 pin1 dari micontroller memberikan logika low maka pada led dalam ic 4n28 akan mati sehingga fototransistornya cutt'off akibatnya transistor T1 aktif hal ini mengakibatkan transiator T2 dan T8 cutt off dan T7 aktif sehingga kondisi di kaki motor (+) high. Karena J3 pin 3 berlogika 1 maka arus mengalir pada ic 4n28 dan fototransistor saturasi yang mengakibatkan T3 cutt off hal ini mengakibatkan T4 dan T6 aktif yang sekaligus menyebabkan T8 cutt off sehingga kondisi di kaki motor (-) low. Karena adanya beda potensial antara ujung-ujung terminal motor meka akan menyebabkan arus mengalir dari ujung terminal (+) motor dc ke ujung terminal (-) motor. Begitu juga sebaliknya jika kondisi J3 diberi logika yang berbeda maka arus akan mengalir dari dengan arah yang berlawanan. Saat kondisi j3 berlogika high maka tidak menghasilkan beda potensial, begitu juga ketika pin j3 sama-sama diberi logika low maka tidak menghasilkan beda potensial di kedua

ujung terminal motor. Fungsi utama dari rangkaian driver motor diatas adalah untuk menggerakkan motor bolak balik yaitu dengan cara memberikan logika yang berbeda dari inputan mikrokontroller.

3.4 LCD

LCD yang dipergunakan adalah 20*4 dengan karakter yang dapat ditampilkan adalah maksimal 80 karakter dengan format ASCII. Untuk menampilkan pada LCD ada 2 cara yaitu metode 8bit dan metode 4bit, pada system ini dipergunakan metode 4bit.



Gambar 3.4. Rangkaian Display LCD dan Keypad

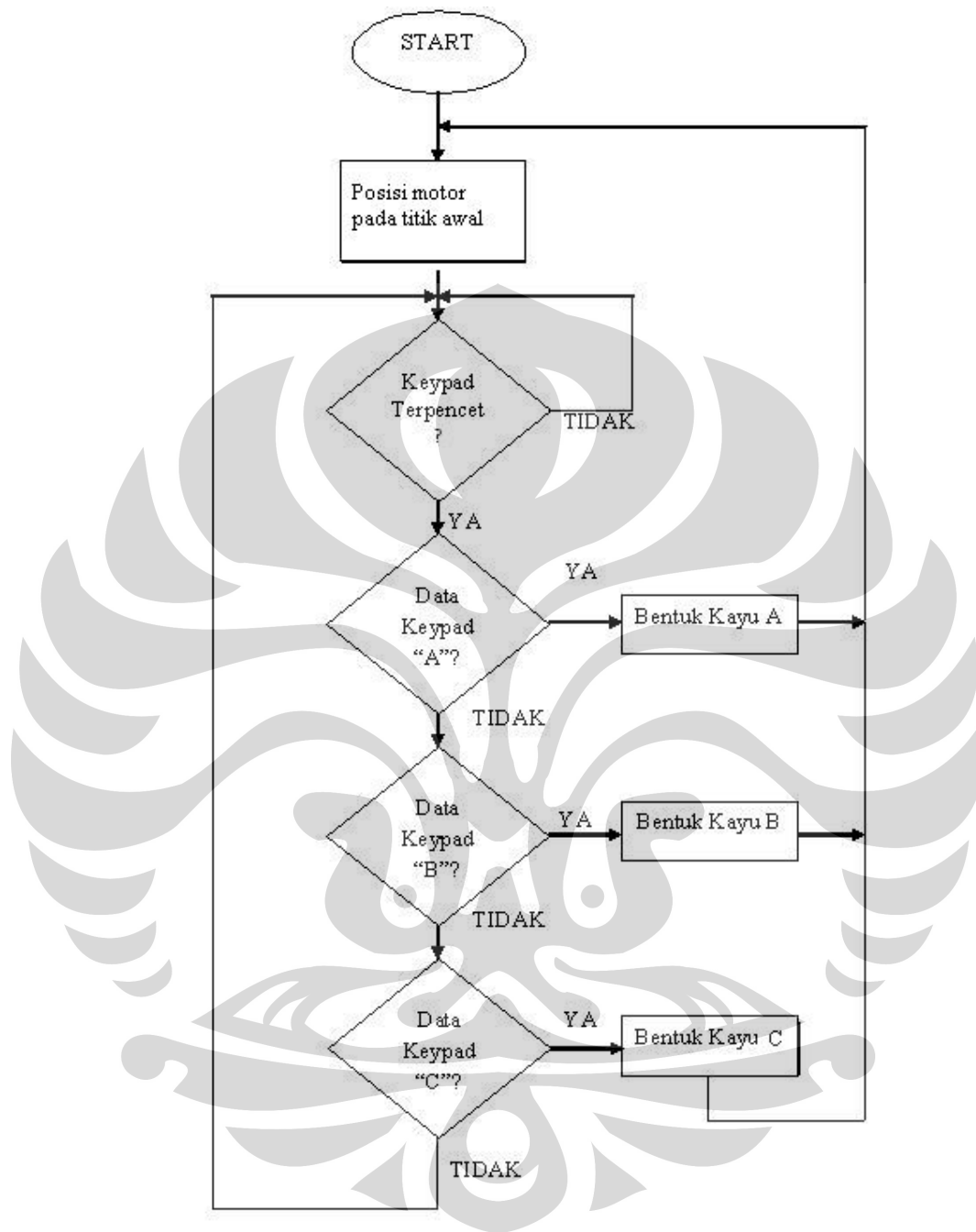
3.5 Microcontroller

IC dari rangkaian mikrokontroler yang digunakan pada alat mesin milling otomatis ini adalah dengan menggunakan IC AT8535 berjenis AVR. Kelebihan tipe AT8535 daripada keluarga AVR yang lain yaitu didalam *chip* terdapat memori . Adapun gambar rangkaiannya adalah sebagai berikut:





Gambar 3.5 Rangkaian minimum system ATMEGA8535



Gambar 3.6 Flow Chart

3.6 Perangkat Lunak (Software)

Bahasa Program yang penulis gunakan adalah Basic Compiler AVR.

Bahasa program yang dibuat untuk menjalankan alat mesin milling otomatis adalah sebagai berikut :

```
$regfile = "m8535.dat"
```

```
$crystal = 4000000
```

```
Config Lcdpin = Pin , Db4 = Porta.3 , Db5 = Porta.4 , Db6 = Porta.5 , Db7 =  
Porta.6 , E = Porta.2 , Rs = Porta.0
```

```
Config Lcd = 20 * 4
```

```
Cursor Off Noblink
```

```
Cls
```

```
'-----_KEYPAD
```

```
Config Kbd = Portc
```

```
Dim Serbuff As Byte
```

```
'-----_MOTOR
```

```
'==STEPPER
```

```
Config Portb.0 = Output
```

```
Config Portb.1 = Output
```

```
Config Portb.2 = Output
```

```
Config Portb.3 = Output
```

```
Stp1 Alias Portb.0
```

```
Stp2 Alias Portb.1
```

```
Stp3 Alias Portb.2
```

```
Stp4 Alias Portb.3
```

```
Declare Sub Steperoff
```

Dim Steper_data As Byte

'====DC

Config Portd.4 = Output

Config Portd.5 = Output

Config Portd.6 = Output

Config Portd.7 = Output

M1 Alias Portd.4

M2 Alias Portd.5

M3 Alias Portd.6

M4 Alias Portd.7

M1 = 0

M2 = 0

M3 = 0

M4 = 0

Declare Sub Dc_off

Declare Sub Motor_naik

Declare Sub Motor_turun

Declare Sub Motor_mundur

Declare Sub Motor_maju

'=====INPUT

Config Portd.0 = Input

Config Portd.1 = Input

Config Portd.2 = Input

Config Portd.3 = Input

Config Portb.4 = Input

Config Portb.5 = Input

Ls_belakang Alias Pind.0

Ls_tengah Alias Pind.1

Ls_depan Alias Pind.3

Ls_bawah Alias Pind.2

Ls_atas Alias Pinb.4

Ls_kanan Alias Pinb.5

Declare Sub Titiknol

Declare Sub Ruangtengah

Declare Sub Steperkiri 1step

Dim I As Word

Declare Sub Mode1

Declare Sub Mode2

Declare Sub Mode3

Dim Model As Byte

Goto Begin


```
Sub Dc_off
```

```
    M1 = 0
```

```
    M2 = 0
```

```
    M3 = 0
```

```
    M4 = 0
```

```
End Sub
```

```
Sub Motor_naik
```

```
    If Ls_atas <> 0 Then
```

```
        M1 = 1
```

```
        M2 = 0
```

```
        Bitwait Ls_atas , Reset
```

```
        M1 = 0
```

```
    End If
```

```
End Sub
```

```
Sub Motor_turun
```

```
    Dim Z As Word
```

```
    If Ls_bawah <> 0 Then
```

```
        M1 = 0
```

```
        M2 = 1
```

```
        Bitwait Ls_bawah, reset
```

```
        M2 = 0
```

```
    End If
```

```
End Sub
```

```
Sub Motor_mundur
```

```
    If Ls_belakang <> 0 Then
```

```
        M3 = 1
```

```
        M4 = 0
```

```
        Bitwait Ls_belakang , Reset
```

```
        M3 = 0
```

```
End If  
End Sub
```

```
Sub Motor_maju  
  If Ls_depan <> 0 Then  
    M3 = 0  
    M4 = 1  
    Bitwait Ls_depan , Reset  
    M4 = 0  
  End If  
End Sub
```

```
Sub Titiknol  
  Steper_data = &B0001_0001  
  Do  
    Rotate Steper_data , Right , 1  
    Portb = Steper_data  
    Waitms 5  
  Loop Until Ls_kanan = 0  
  Steperoff  
End Sub
```

```
Sub Ruangtengah  
  Motor_maju  
  M3 = 1  
  M4 = 0  
  Bitwait Ls_tengah , Reset  
  M3 = 0  
End Sub
```

```
Sub Steperkiri1step
  For I = 1 To 550
    Rotate Steper_data , Left , 1
    Portb = Steper_data
    Waitms 5
  Next I
  Steperoff
End Sub
```

```
Sub Model
  Dim J As Byte
  Motor_naik
  Waitms 100
  Titiknol

  For J = 1 To 12

    Motor_turun
    Waitms 100
    Motor_naik
    Waitms 100
    Steperkiri1step
    Waitms 100
    Steperkiri1step
    Waitms 100

  Next J
  Motor_naik
  Titiknol
End Sub
```

Sub Mode2

Motor_naik

Waitms 100

Titiknol

Waitms 100

For J = 1 To 10

Motor_mundur

Waitms 100

Motor_turun

Waitms 100

Motor_naik

Waitms 100

Motor_maju

Waitms 100

Motor_turun

Waitms 100

Motor_naik

Waitms 100

Steperkiri 1step

Waitms 100

Steperkiri 1step

Waitms 100

Steperkiri 1step

Waitms 100

Next J

Motor_naik

Waitms 100

```
Titiknol  
End Sub
```

```
Sub Mode3
```

```
Motor_naik
```

```
Titiknol
```

```
For J = 1 To 10
```

```
Motor_mundur
```

```
Waitms 100
```

```
Motor_turun
```

```
Waitms 100
```

```
Motor_naik
```

```
Waitms 100
```

```
Steperkiri 1step
```

```
Waitms 100
```

```
Steperkiri 1step
```

```
Waitms 100
```

```
Motor_maju
```

```
Waitms 100
```

```
Motor_turun
```

```
Waitms 100
```

```
Motor_naik
```

```
Waitms 100
```

```
Steperkiri 1step
```

```
Waitms 100
```

```
Steperkiri 1step
```

```
Waitms 100
```

```
Next J
```

```
Motor_naik
```

```
Waitms 100
```

```
Titiknol
```

```
Waitms 100
Ruangtengah
End Sub
```

```
Begin:
```

```
Cls
Lcd "init"
```

```
Dc_off
Waitms 100
Motor_naik
```

```
Ruangtengah
Cls
Lcd "TITIK NOL"
Titiknol
```

```
main:
```

```
Steperoff
Waitms 400
Cls
Lcd " Pilih Mode Berikut "
Lowerline
Lcd "A : Mode 1      "
Thirdline
Lcd "B : Mode 2      "
Fourthline
Lcd "C : Mode 3      "
```

```
Do
```

```
Serbuff=getkbd()  
Loop until serbuff < 16
```

```
Select Case serbuff
```

```
  Cls
```

```
  Case 3:
```

```
    Model = 1
```

```
    Lcd " Your Select Mode 1 "
```

```
  Case 7:
```

```
    Model = 2
```

```
    Lcd " Your Select Mode 2 "
```

```
  Case 11:
```

```
    Model = 3
```

```
    Lcd " Your Select Mode 3 "
```

```
  Case Else:
```

```
    Cls
```

```
    Lcd " Please Press  "
```

```
    Lowerline
```

```
    Lcd " A / B / C  "
```

```
    Wait 1
```

```
    Goto main
```

```
End Select
```

```
Do
```

```
  serbuff= getkbd()
```

```
  if serbuff = 12 or serbuff = 14 then
```

```
    exit Do
```

```
  end if
```

```
Loop
```

```
  if serbuff = 12 Then go to main
```

```
  Cls
```

Lowerline

Lcd " Design By : "

Thirdline

Lcd " Joena Imoet "

Fourthline

Lcd " Daniel "

Select Case Model

Case 1:

Upperline

Lcd " Your List Mode 1 "

Mode1

Case 2:

Upperline

Lcd " Your List Mode 2 "

Mode2

Case 3:

Upperline

Lcd " Your List Mode 3 "

Mode3

End Select

Goto Begin

End

BAB 4

HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA

Setelah dilakukan pengerjaan keseluruhan sistem, maka perlu dilakukan pengujian alat serta penganalisaan terhadap alat, apakah sistem sudah bekerja dengan baik atau tidak.

4.1 Pengujian Sistem

Setelah semua rangkaian sudah dikerjakan dan dilakukan percobaan, maka selanjutnya melakukan pengambilan data dengan menggunakan pengendali *software*. Yang pertama ialah mengambil data keypad dengan menggunakan fungsi `getkbd()` yang sudah disediakan oleh compiler BasCom AVR, dimana didapat data keypad seperti dibawah ini :

Tabel 4.1 Data Keypad

Tombol Keypad	Data Asli Keypad
1	0
2	1
3	2
4	4
5	5
6	6
7	8
8	9
9	10
0	13
A	3
B	7
C	11
D	15
*	12
#	14

4.2 Pengujian sensor limit switch

Pengujian limit switch untuk menghentikan perpindahan mata pisau. Adapun hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil pengujian sensor limit switch

Posisi limit switch	Keadaan motor setelah bersinggungan dengan limit switch
Titik nol Meja atas	Berhenti
Titik nol Meja Tengah	Berhenti
Titik nol Meja Bawah	Berhenti

Dari data yang diperoleh pada setiap percobaan terhadap limit switch pada masing-masing posisi seperti yang terlihat pada tabel diatas dapat diamati bahwa motor akan langsung berhenti ketika normally open terhubung dengan common yang terhubung ke salah satu pin dari kaki-kaki mikro kontroller, keakuratan tersebut didukung dengan adanya gear pada bagian motor tersebut dan juga kecepatan eksekusi mikrokontroller dalam mengendalikan kerja motor.

4.3 Hasil Percobaan

Percobaan pada mode 1 menghasilkan kayu yang telah dimilling seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.1 Hasil milling (tampak samping)

Percobaan pada mode 2 menghasilkan kayu yang telah dimilling seperti gambar dibawah ini.

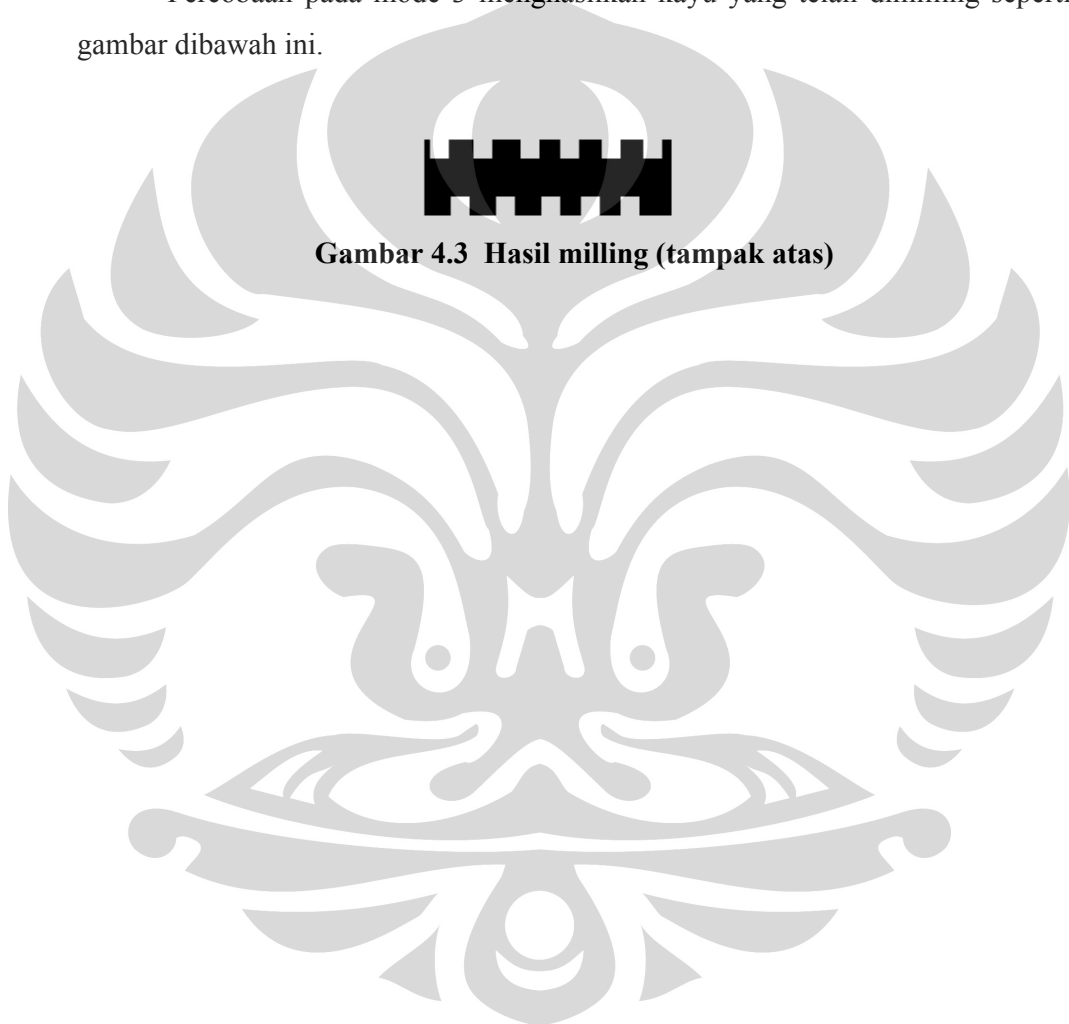


Gambar 4.2 Hasil milling (Tampak atas)

Percobaan pada mode 3 menghasilkan kayu yang telah dimilling seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.3 Hasil milling (tampak atas)



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah menganalisa dan pengambilan data maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat ini menggunakan limit switch sebagai sensor posisi.
2. Alat ini menggunakan 2 buah motor DC dan 1 buah stepper sebagai penggerak.
3. Penggunaan mata pisau milling yang tepat menentukan bagaimana hasil kayu yang dibentuk.
4. Penggunaan motor stepper mempermudah dalam proses kerja mesin ini karena keakuratannya.

5.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian ini pada masa yang akan datang penulis memiliki beberapa saran sebagai berikut:

1. Menggunakan mata pisau milling yang sesuai untuk kayu, sehingga dapat mempermudah proses milling kayu.
2. Penggunaan motor dc dengan gear box, dapat menambah torsi pada motor sehingga mampu menggerakkan beban yang berat.
3. Sebaiknya menggunakan driver motor dengan optocoupler agar keakuratan yang didapat lebih baik.

DAFTAR REFERENSI

Gadre, Dhanajay V. (2001). Programming and Customizing the AVR Microcontroller. The McGraw-Hill Companies.

Putra, Agfianto Eko. 2003. Belajar Mikrokontroler, Gava Media.

Atmel (2007). ATMEGA 8535 Datasheet.

United Nations Environment Programme (2006). Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia. www.energyefficiencyasia.org

