

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Tahun 2009, negara-negara berkembang khususnya Indonesia sedang berproses mengembangkan era digital dan teknologi otomasi dimana dunia elektronika sudah sangat berkembang pesat. Perkembangan ilmu dan teknologi telah menuntut tiap-tiap bidang keilmuan yang mengutamakan adanya ketepatan konsepsi, akseptabilitas konsepsi dikalangan yang luas, serta konsepsi ilmu dan teknologi dapat diterapkan dalam memecahkan berbagai masalah yang manusia hadapi khususnya di dalam dunia mikroelektronika.

Perkembangan suatu ilmu tak lepas dari peran para peneliti kalau tak dapat dikatakan bahwa justru penelitilah yang menyebabkan suatu ilmu itu berkembang¹. Sistem pengendali secara otomatis pun juga mengalami pergeseran dari sistem berbasis mikroprosesor ke sistem berbasis mikrokontroler, tak terkecuali peralatan-peralatan teknologi yang dapat membantu pekerjaan manusia seperti perangkat komputer dan robot. Demikian pula pada sistem penyemprotan tanaman pada rumah hijau (*green house*) yang memerlukan teknologi otomatis sebuah robot, sehingga mampu mengurangi beban pekerjaan petani.

Pada teknologi maupun peralatan tertentu biasanya memiliki tingkat aktivasi rahasia yang tinggi dan sistem algoritma yang bervariasi dalam penggunaannya. Perusahaan akan memprogram sistem kode aktivasi acak yang akan mengamankan sistem dalam teknologi atau peralatan tersebut. Keamanan

¹ Endra Pitowarno, *Robotika-Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*. (Yogyakarta: Penerbit Andi, 2006), h. 7.

aktivasi penggunaan robot pun perlu diperhitungkan karena terdapat sistem penggunaan khusus yang bersifat rahasia. Aktivasi teknologi tanpa sekuritas dapat disalahgunakan oleh orang lain yang tidak berhak menggunakannya. Permasalahan keamanan aktivasi robot dapat diatasi jika perusahaan menggunakan sistem aktivasi robot dengan nomor PIN (*Personal Identification Number*) yang mudah diakses untuk mengaktivasi robot dan memiliki indikator tulisan apabila terjadi kesalahan PIN.

Puji Mustopa mengemukakan keterbatasan fungsi dalam setiap blok rangkaian alat yang diteliti, Nomor PIN yang dapat digunakan hanya memiliki 6 kombinasi angka (XXXXXX).² Kombinasi angka yang banyak menyulitkan untuk diingat, apalagi dengan adanya kombinasi angka cadangan. Dan untuk merubah PIN tidak dapat langsung dilakukan pada unit sistem pengunci pintu ruangan dengan 6 kode PIN sendiri, melainkan membutuhkan perangkat komputer, *software* CV AVR dan kabel ISP AVR.³

Selain permasalahan sekuritas, tidak sedikit robot otomatis memanfaatkan deteksi jalur untuk bergerak dan berpindah tempat. Keperluan untuk bergerak dan berpindah mengikuti jalur garis yang bervariasi membutuhkan sebuah rancangan algoritma yang harus dibuat sesuai dengan keperluan mobilitas perpindahan robot dalam industri.

Dwi Susilo Utomo menganalisa bahwa jalannya robot untuk mengikuti garis atau mendeteksi benda sangat dipengaruhi oleh kondisi cahaya ruangan⁴. Robot hanya menggunakan dua sensor inframerah untuk membaca jalur berwarna putih, dua sensor inframerah berfungsi mengaktifkan dan

² Puji Mustopa, *Aplikasi Mikrokontroler AVR Atmega8535 Pada Sistem Pengunci Pintu Ruangan Dengan 6 Kode PIN dan Tampilan Pada LCD*, (Jakarta: UNJ, 2008), h. 55.

³ *Ibid.*

⁴ Dwi Susilo Utomo, *Robot Mobil Pengikut Garis Sebagai Pemindah Barang Dengan Penumatik Berbasis Mikrokontroler AVR ATmega8535*, (Jakarta: UNJ, 2007), h. 77-79.

memberhentikan salah satu sisi motor tanpa sistem algoritma jalur dengan variasi persimpangan. Robot mobil penjejak jalur bergerak menggunakan baterai dan kecepatan pergerakan mobil robot sangat dipengaruhi oleh baterai yang digunakan.

Namun, robot penjejak jalur dengan kode PIN dan sistem algoritma deteksi garis dalam melaksanakan tugasnya hanya sebatas memberikan informasi aktivasi dan pengendalian gerak multi orientasi dengan sensing melalui jalur, tetapi bagaimana agar robot penjejak jalur memiliki kemampuan bermanuver tinggi dan dapat dikendalikan relatif mudah, sistem baterai yang terbatas, serta kemampuan menyemprotkan air (sprayer) dalam model rumah hijau (green house). Oleh karena itu, perlu ada tindak lanjut dalam robot penjejak jalur.

.Dari permasalahan dan kekurangan penelitian yang telah ada, maka peneliti akan merancang suatu robot otomatis penjejak jalur teraktivasi 4 kode PIN yang bisa fleksibel bergerak pada jalur tertentu sebagai robot otomatis menggunakan sensor pendeteksi jalur berupa LED inframerah dan dioda foto dengan teknologi mikrokontroler AVR ATmega16 dan penggunaannya dalam model rumah hijau (*green house*) sederhana. Nomor PIN yang terdiri dari kombinasi 4 angka terdapat 10000 kemungkinan kombinasi nomor PIN dengan kombinasi 0000-9999 yang mudah untuk diingat pengguna, tetapi cukup sulit untuk dipecahkan dengan menerka.

Disamping nomor PIN, robot mampu membaca jalur garis dengan sistem algoritma berbeda (adanya jalur garis dengan tipe lurus, lengkungan, dan belokan tajam). Oleh karena adanya faktor algoritma dan kasus program yang sulit untuk membuat robot yang sesuai dengan keinginan, maka harus memprogram robot dengan benar agar sesuai dengan yang diinginkan. Sensor

pendeteksi jalur yang digunakan dirancang secara maksimal dalam mendeteksi jalur dalam kondisi medan atau jalur yang berbeda-beda terutama yang memiliki variasi logika algoritma berupa perbedaan bentuk lintasan garis. Serta sistem sensor pendeteksi jalur untuk mengetahui letak pot tanaman dalam model rumah hijau (*green house*) sederhana.

B. Identifikasi Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, dapat diidentifikasi masalah yang muncul sebagai berikut:

1. Bagaimana sistem keamanan aktivasi robot dapat mengatasi penggunaan yang ilegal?
2. Apakah kode PIN dapat diganti sewaktu-waktu bila dimanfaatkan?
3. Bagaimana sistem memberikan indikator jika ada seseorang yang memasukkan sembarang kode PIN?
4. Bagaimana cara membuat rangkaian sensor inframerah dan driver motor?
5. Bagaimana cara mendisain, merealisasikan, dan menguji robot penjejak jalur yang dapat berjalan pada 3 kelompok tipe lintasan yang berbeda bentuk (lurus, lengkungan, dan belokan tajam) dengan sistem aktivasi 4 kode PIN dan sistem logika algoritma berdasarkan informasi posisi robot relatif terhadap garis yang dijejak robot dengan adanya perbedaan bentuk lintasan garis dan pemanfaatannya dalam model rumah hijau (*green house*) sederhana?

C. Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah di atas, maka pada penelitian ini masalah dibatasi pada pembuatan disain, realisasi, dan pengujian robot penjejak jalur yang dapat berjalan pada 3 kelompok tipe lintasan yang berbeda bentuk (lurus, lengkungan, dan belokan tajam) dengan sistem aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16 dan pemanfaatannya dalam model rumah hijau (*green house*) sederhana.

D. Perumusan Masalah

Dengan adanya pembatasan masalah yang telah dikemukakan, maka dapat dibuat suatu perumusan masalah yaitu “Bagaimana mendisain, merealisasikan, dan menguji robot penjejak jalur yang dapat berjalan pada 3 kelompok tipe lintasan yang berbeda bentuk (lurus, lengkungan, dan belokan tajam) dengan sistem aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16 dan pemanfaatannya dalam model rumah hijau (*green house*) sederhana?”.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian robot penjejak jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16 adalah:

1. Memberikan solusi alternatif dalam sistem keamanan robot.
2. Memberikan solusi alternatif dalam sistem penyiraman tanaman otomatis
3. Sebagai referensi dalam pengembangan perancangan robot otomatis lainnya.

BAB II

KERANGKA TEORITIS DAN KERANGKA BERPIKIR

A. Kerangka Teoritis

1. Robot Penjejak Jalur

a. Definisi Robot Penjejak Jalur

Kata robot berasal dari bahasa Czech, *robota*, yang berarti pekerja, mulai menjadi populer ketika seorang penulis berbangsa Czech (Ceko), Karl Capek, membuat pertunjukkan dari lakon komedi yang ditulisnya pada tahun 1921 yang berjudul RUR (*Rossum Universal Robot*) yang bercerita tentang mesin yang menyerupai manusia, tapi mampu bekerja terus menerus tanpa lelah.⁵

Menurut Heri, *Line Follower Robot* atau robot penjejak jalur adalah robot yang dapat mengikuti garis atau jalur.⁶ Sedangkan menurut Endra robot penjejak jalur termasuk robot dengan sistem kontrol *ON* atau *OFF* dimana input sensor dan sinyal *output* pada aktuator dinyatakan hanya dalam dua keadaan yaitu *ON* atau *OFF* atau logika 1 dan 0.⁷ Robot penjejak jalur bertipe gerak *non holonomic* yaitu tidak dapat bergeser ke kiri atau ke kanan tanpa melakukan gerak manuver.⁸

Dari beberapa teori di atas, maka dapat disimpulkan bahwa robot penjejak jalur adalah sebuah mesin atau robot yang dapat melakukan manuver gerakan mengikuti garis atau jalur.

⁵ Endra Pitowarno, *Robotika-Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*, (Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2006), h. 1.

⁶ Heri Andrianto, *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega16 Menggunakan Bahasa C (Code Vision AVR)*, (Bandung: Penerbit Informatika, 2008), h. 153.

⁷ Endra Pitowarno, *Robotika-Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*, (Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2006), h. 100.

⁸ *Ibid*, h. 199

b. Definisi Jalur

Jalur menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia berarti ruang memanjang di antara dua garis batas lurus.⁹ Garis atau jalur menurut Endra adalah *real world* atau dunia nyata didefinisikan sebagai daerah kerja robot penjejak jalur.¹⁰ Jalur adalah lintasan yang terbuat dari tape lakban berwarna hitam yang direkatkan pada bahan dasar berwarna putih. Jalur dibuat dengan ukuran lebar 2 cm, memiliki bentuk lintasan berupa jalur lurus, lengkungan, dan belokan tajam. Selain itu terdapat garis pendek untuk indikator tempat pot tanaman. Jalur robot warna hitam memberikan logika 0 dan pada warna putih memberikan logika 1 pada sensor inframerah yang digunakan untuk mengaktifkan dan menonaktifkan motor DC.

2. Mikrokontroler AVR ATmega16

a. Definisi AVR ATmega16

ATmega16 adalah mikrokontroler 8 bit CMOS dengan daya rendah berbasis AVR dan dilengkapi dengan arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computing*). Dengan mengeksekusi instruksi yang *powerfull* dalam satu siklus *clock*, ATmega16 telah mencapai pendekatan melewati 1 MIPS per MHz membolehkan desainer sistem untuk mengoptimalkan kecepatan proses melawan konsumsi daya.¹¹

Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan dalam teknologi antar muka, yaitu mikrokontroler AVR. AVR adalah mikrokontroler RISC (*Reduce Instruction Set Compute*) 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard, yang dibuat oleh

⁹ Departemen Pendidikan Nasional, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Ed Ketiga, (Jakarta: Balai Pustaka, 2007), h. 454.

¹⁰ Endra Pitowarno, *Robotika-Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*, (Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2006), h. 45.

¹¹ *ATmega16(L) Datasheet*, (Atmel Corporation, 2007), h. 3

Atmel pada tahun 1996.¹² AVR mempunyai kepanjangan *Advance Versatile RISC* atau *Alf and Vegard Risc processor* yang berasal dari nama dua mahasiswa *Norwegian Institute of Technology* (NTH), yaitu Alf-Egil Bogen dan Vegard Wollan.¹³

Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur RISC 8 bit, semua instruksinya mempunyai panjang 16-bit (*16-bits word*) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus *clock*, berbeda dengan instruksi MCS51 yang membutuhkan 12 siklus *clock*.¹⁴ Tentu saja perbedaan instruksi dalam 1 siklus *clock* terjadi karena kedua jenis mikrokontroler tersebut memiliki arsitektur yang berbeda. AVR berteknologi RISC (*Reduce Instruction Compute*), sedangkan seri MCS51 berteknologi CISC (*Complex Instruction Set Computing*). Secara umum, AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya.¹⁵ Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, bisa dikatakan hampir sama.

ATmega16 menyediakan fitur-fitur: Program memori 16K *byte In-System Programmable Flash* dengan kemampuan Tulis-Ketika-Baca, 512 *byte* EEPROM, 1K *byte* SRAM, 32 jalur I/O *general purpose*, 32 register kerja *general purpose*, sebuah antarmuka JTAG untuk batas *scan*, *On-Chip Debugging support and programming*, tiga *Timer/Counter* fleksibel dengan mode perbandingan, Interupsi Internal dan eksternal, serial *programmable* USART, *byte* terorientasi antarmuka serial dua kabel, dan 8 *channel*, 10 bit ADC dengan opsional masukan berbeda

¹² Heri Andrianto, *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega16 Menggunakan Bahasa C (Code Vision AVR)*, (Bandung: Penerbit Informatika, 2008), h. 2.

¹³ *Ibid.*

¹⁴ Lingga Wardhana, *Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535, Simulasi, Hardware, dan Aplikasi*, (Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2006), hal. 1.

¹⁵ *Ibid.*

dengan *programmable gain* (TQFP untuk paket), sebuah *programmable Watchdog Timer* dengan *Internal Oscillator*, Port serial SPI (*Serial Peripheral Interface*), dan enam mode *software* penyimpanan daya yang dapat dipilih.¹⁶

Perangkat ATmega16 dibuat menggunakan teknologi memori *nonvolatile* densitas tinggi Atmel. *On-chip ISP (In-System Programmable)* Flash membolehkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem melalui SPI (*Serial Peripheral Interface*), dengan pemrogram memori *nonvolatile* konvensional, atau dengan program *On-chip Boot* berjalan pada inti AVR.¹⁷ *Boot* program dapat digunakan disetiap antarmuka untuk men-*download* program aplikasi dalam memori *Application Flash*.¹⁸ *Software* pada bagian *Boot Flash* akan lanjut untuk berjalan ketika bagian *Application Flash* ter-*update*, menyediakan operasi *Read-While-Write* yang benar.¹⁹

Dengan mengkombinasikan 8 bit RISC CPU dengan *In-System Self-Programmable Flash* pada chip monolitik, Atmel ATmega16 adalah mikrokontroler *powerfull* yang memberikan fleksibilitas tinggi dan solusi efektifitas harga pada banyak aplikasi kendali tertanam.²⁰

Adapun fitur-fitur dari mikrokontroler AVR ATmega16 adalah sebagai berikut:²¹

1. Mikrokontroler AVR 8 bit yang memiliki kemampuan tinggi, dengan daya rendah.
2. Arsitektur RISC dengan *throughput* mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16MHz.

¹⁶ *ATmega16 (L) Data Sheet*, (Atmel Corporation, 2007), hal. 4

¹⁷ *Ibid.*

¹⁸ *Ibid.*

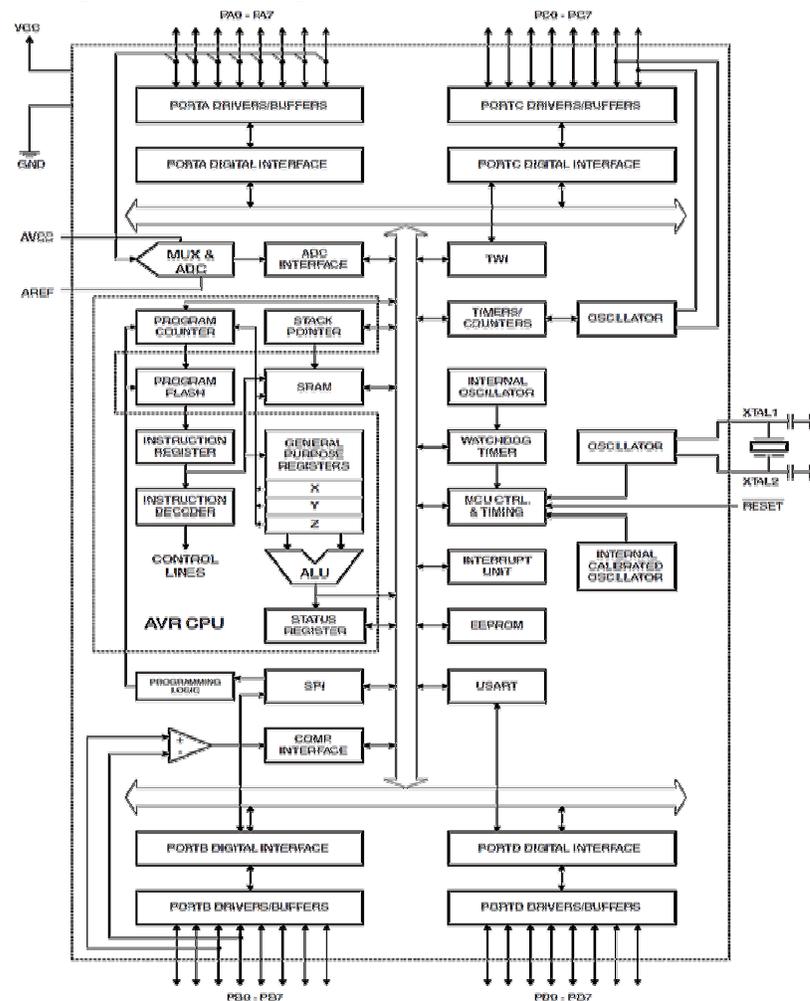
¹⁹ *Ibid.*

²⁰ *Ibid.*

²¹ *Ibid*, h. 1.

3. Memiliki kapasitas *Flash* memori 16 Kbyte, EEPROM 512 Byte dan SRAM 1 Kbyte
4. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C*, dan *Port D*.
5. CPU yang terdiri atas 32 buah register.
6. Unit interupsi internal dan eksternal.
7. *Port* USART untuk komunikasi serial.

b. Blok Diagram AVR ATmega16



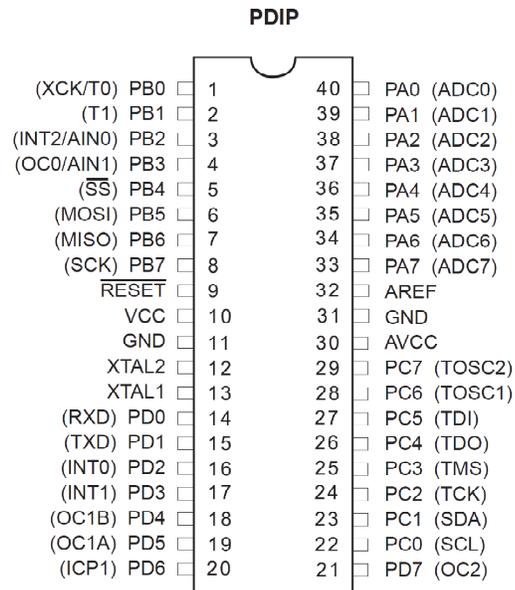
Gambar 2.1 Blok Diagram ATmega16²²

²² ATmega16 (L) Data Sheet, (Atmel Corporation, 2007), h. 3.

Gambar 2.1 menunjukkan blok diagram dari mikrokontroler AVR ATmega16, keterangan dari blok diagram tersebut sebagai berikut:

1. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu 8 buah *Port A*, 8 buah *Port B*, 8 buah *Port C*, dan 8 buah *Port D*
2. ADC 10 bit sebanyak 8 saluran
3. Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan perbandingan.
 - 1) 2 (dua) buah *Timer/Counter* 8 bit dengan *Prescaler* terpisah dan *Mode Compare*
 - 2) 1 (satu) buah *Timer/Counter* 16 bit dengan *Prescaler* terpisah, *Mode Compare*, dan *Mode Capture*
4. *Real Time Counter* dengan *Oscillator* tersendiri
5. 4 channel PWM (*Pulse Width Modulation*)
6. 8 channel, 10-bit ADC
 - 1) 8 *Single-ended Channel*
 - 2) 7 *Differential Channel* hanya pada kemasan TQFP
 - 3) 2 *Differential Channel* dengan *Programmable Gain* 1x, 10x. atau 200x
7. *Byte-oriented Two-wire Serial Interface*
8. Port *Programmable Serial* USART untuk komunikasi serial
9. Port Antarmuka SPI
10. *Watchdog Timer* dengan *oscillator internal*
11. *On-chip Analog Comparator*

Gambar 2.2 menunjukkan konfigurasi *pin* mikrokontroler AVR ATmega16 dengan kemasan 40 *pin* DIP (*Dual Inline Package*).



Gambar 2.2 Konfigurasi Pin (Kaki) AVR ATmega16²³

Fungsi dari masing-masing pin (kaki) AVR ATmega16 pada Gambar 2.2 dapat dijelaskan sebagai berikut:²⁴

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya.
2. GND merupakan pin *Ground*.
3. Port A (PA0 sampai dengan PA7) merupakan pin *input* analog ke *digital converter* (*A/D Converter*). Port A juga tersedia sebagai 8 *bit bi-directional port I/O*, jika *A/D Converter* tidak digunakan. *Pin-pin port* dapat menyediakan resistor *internal ull-up* (terseleksi untuk tiap bit).
4. Port B (PB0 sampai dengan PB7) merupakan *port I/O 8 bit bi-directional* dengan resistor *internal pull-up* (terseleksi untuk tiap *bit*). *Buffer output Port*

²³ ATmega16 (L) Data Sheet, (Atmel Corporation, 2007), hal. 2.

²⁴ Ibid, hal. 4-5

B memiliki karakteristik *drive* yang simetris dengan kedua kemampuannya *high sink* dan *source*.

5. Port C (PC0 sampai dengan PC7) merupakan *port I/O* dengan 8 bit *bi-directional* dengan resistor *internal pull-up* (terseleksi untuk tiap bit). *Buffer output* Port C memiliki karakteristik *drive* yang simetris dengan kedua kemampuannya *high sink* dan *source*. Port juga mempunyai fungsi JTAG *interface* dan fitur spesial lainnya.
6. Port D (PD0 sampai dengan PD7) merupakan port I/O dengan 8 bit *bi-directional* dengan resistor *internal pull-up* (terseleksi untuk tiap bit). *Buffer output* Port C memiliki karakteristik *drive* yang simetris dengan kedua kemampuannya *high sink* dan *source*. Port D memiliki pin fungsi khusus, yaitu *Timer/Counter Output Compare*, Interupsi eksternal, dan USART sebagai komunikasi serial.
7. RESET merupakan pin yang digunakan untuk me-*reset* mikrokontroler.
8. XTAL₁ dan XTAL₂ merupakan pin masukan *clock* eksternal.
9. AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC.
10. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.

Peneliti memilih mikrokontroler AVR ATmega16 karena beberapa hal berikut:

1. Mikrokontroler AVR ATmega16 memiliki 16K Bytes In-System Self-Programmable Flash dengan daya tahan 1000 siklus tulis atau hapus. Dibandingkan dengan ATmega8535 yang hanya memiliki kapasitas 8K Byte In-System Self-Programmable Flash. Dalam penelitian robot penjejak jalur dengan aktivasi 4 kode PIN memerlukan daya tahan tulis atau hapus dari mikrokontroler AVR ATmega16 yang banyak agar setiap instruksi yang ingin diaplikasikan dapat dilakukan program ulang (*re-program*) dengan efektifitas

dan efisien yang tinggi serta mencakup logika interaksi digital yang cukup rumit, yang tidak bisa dilakukan dengan banyaknya rangkaian digital biasa.

2. Mikrokontroler AVR ATmega16 memiliki 1K Byte Internal SRAM yang mengalokasikan *Stack* di data umum SRAM, dimana selama *interrupt* dan panggilan sub rutin, alamat balik *program counter* (PC) disimpan di Stack dengan kapasitas SRAM lebih banyak bila dibandingkan dengan mikrokontroler AVR ATmega8535 yang hanya memiliki 512 Bytes Internal SRAM. Dalam penelitian robot penjejak jalur dengan aktivasi 4 kode PIN memerlukan banyak memori program, terutama banyaknya panggilan sub rutin ketika sistem aktivasi robot berjalan.

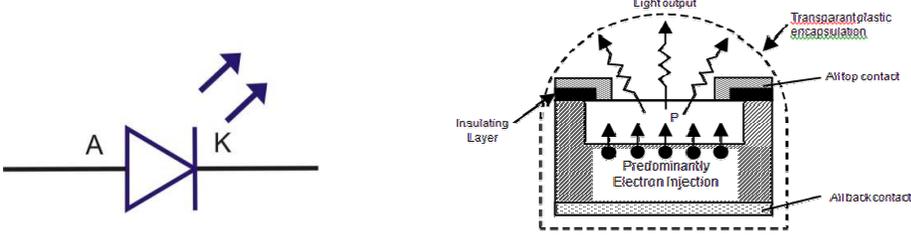
3. Sistem Sensor Pendeteksi Jalur

a. LED Inframerah (*infrared LED*)

LED inframerah (*infrared LED*) merupakan piranti semikonduktor, terdiri atas pertemuan semikonduktor, dimana arus gaya sinar inframerah dibangkitkan secara non termik, bila arus mengalir karena terjangkit oleh tegangan yang dikenakan. LED infra merah terbuat dari bahan *Arsenida Gallium* atau *Fosfida Gallium* (GaAs atau GaP) dan di tempatkan dalam suatu wadah yang tembus pandang.

Dilihat dari bentuknya LED banyak macamnya, tetapi cahaya yang dipancarkan LED inframerah berbeda dengan LED yang berwarna-warni, cahayanya berupa kasat mata (tak tampak). Untuk membedakan antara kaki katoda dan anodanya dapat dilihat dari bentuk elektrodanya, yang besar adalah kaki katoda. Keuntungan dari LED inframerah memancarkan cahaya yang

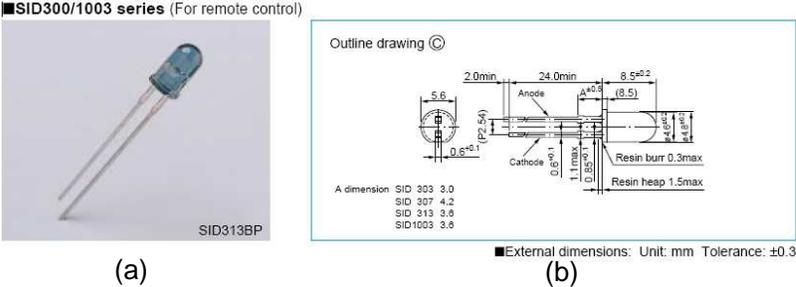
menyebar, lurus, dan memantul. Simbol inframerah dan skema tipe fabrikasi LED ditunjukkan pada Gambar 2.3 (a) dan (b).



Gambar 2.3 (a) Simbol LED inframerah (b) Skema tipe fabrikasi LED²⁵

Karakteristik LED merah infra adalah sebagai berikut: ²⁶

- 1. Mudah digunakan
- 2. Panjang gelombang antara 0,85 μm sampai 0,90 μm.
- 3. Tegangan rendah
- 4. Harga relatif murah.



Gambar 2.4 (a) Bentuk fisik LED inframerah (b) diagram skematik inframerah²⁷

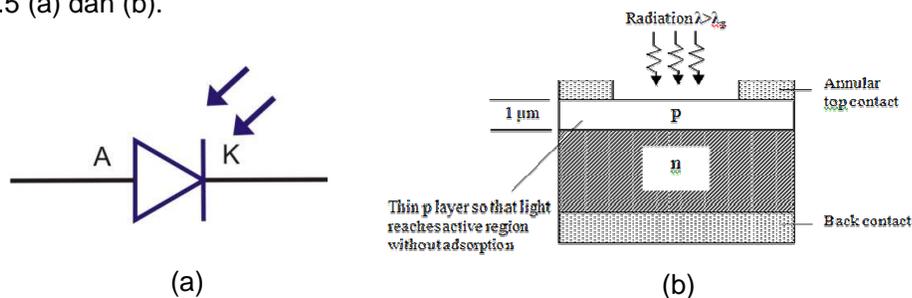
Gambar 2.4 (a) dan (b) menunjukkan bentuk fisik dari LED inframerah dan diagram skematik dari inframerah.

²⁵ John Allison. *Electronics Engineering Semiconductor and Device*. Mc Graw Hill International Edition.1990.Singapore.
²⁶ AN243 *Datasheet*, (2004 Microchip Technology Inc., 2004).
²⁷ SID300/1003 series *Datasheet*, (Sanken Electric Co., Ltd.2001)

b. Dioda Foto (*Photodiode*)

Dioda foto adalah suatu dioda yang arus *reverse*-nya berubah bila mendapat penyinaran. Detektor dioda foto secara esensial terdiri dari sebuah gabungan pn dengan sebuah jendela dimana insiden radiasi dapat mengiluminasi. Jika panjang gelombang radiasi kurang dari λ_q , kemudian pasangan lubang-elektron dihasilkan, dan mendekati gabungan dapat mengakibatkan arus cahaya mengalir ke dalam perangkat terbias *reverse*, dimana tambahan pada arus bocor biasa seharusnya secara panas tergenerasi menjadi pembawa minoritas, dan digunakan untuk mendeteksi radiasi.²⁸

Prinsip kerja dari dioda foto adalah apabila sebuah dioda diberi *reverse* bias, maka akan mengalir arus yang kecil sekali yang disebut arus *reverse* melalui dioda foto, besarnya arus *reverse* tergantung suhu dan intensitas cahaya yang jatuh pada *depletion layer*-nya. Oleh karena itu, dioda foto harus bisa tembus cahaya agar cahaya dapat mencapai *depletion layer*-nya sehingga terjadi arus *reverse* yang besarnya tergantung intensitas cahaya yang menyinarinya. Simbol fotodiode dan Elemen-elemen gabungan dioda foto ditunjukkan pada Gambar 2.5 (a) dan (b).



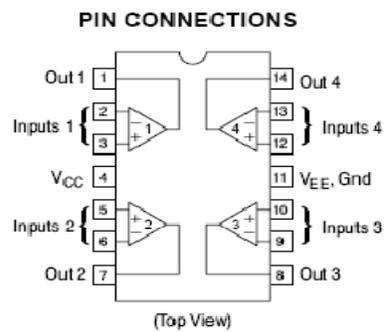
Gambar 2.5 (a) Simbol Fotodiode (b) Elemen-elemen gabungan dioda foto²⁹

²⁸ John Allison, *Electronics Engineering Semiconductors and Device*, (Singapore: Mc Graw Hills International Editions, 1990), hal. 325.

²⁹ John Allison, *Electronics Engineering Semiconductors and Device*. (Singapore: Mc Graw Hills International Editions, 1990), h. 325.

c. IC LM324

Seri LM324 adalah empat operasional amplifier harga murah dengan input differensial. Mereka memiliki beberapa manfaat nyata pada tipe operasional amplifier standar dalam satu aplikasi tegangan.³⁰ Empat amplifier dapat dioperasikan pada sumber tegangan rendah 3.0 V atau tinggi 32 V dengan arus diam dari satu sampai lima yang diasosiasikan dengan MC1741 (pada tiap basis amplifier).³¹ Gambar 2.6 menunjukkan diagram koneksi Pin IC LM324.



Gambar 2.6 Diagram koneksi Pin (Kaki) IC LM324 ³²

Karakteristik IC LM324 adalah sebagai berikut: ³³

- a) Proteksi output terangkai pendek.
- b) Operasi sumber tunggal: 3.0 V sampai 32 V (LM224, LM324, LM324A).
- c) Input rendah arus bias: 100 nA Maksimum (LM324A).
- d) Empat Amplifier per paket.
- e) Secara internal terkompensasi.
- f) *Pinout* standar industri.
- g) ESD *Clamps* pada *input* meningkatkan *ruggedness* tanpa mengganggu operasi alat.

³⁰ *LM324D Data Sheet*, (Semiconductor Components Industries, LLC, 2002) h. 1.

³¹ *Ibid.*

³² *Ibid.*

³³ *Ibid.*

d. Akuisisi Sinyal

Sistem sensor pendeteksi jalur menggunakan komponen berupa LED inframerah, dioda foto, dan komparator berupa IC LM324. LED inframerah dan dioda foto digunakan untuk mendeteksi garis hitam sebagai jalur robot. IC LM324 berfungsi sebagai rangkaian komparator yang berfungsi membandingkan besarnya dua sinyal masukan analog dan menghasilkan sinyal keluaran digital mengindikasikan mana dari dua masukan bernilai lebih besar.

Dalam beberapa situasi diperlukan fungsi membuat persegi atau konversi menjadi bentuk gelombang persegi panjang bahkan dalam kehadiran gangguan (*noise*).³⁴ Konversi tersebut dapat disempurnakan dengan memasukkan *hysteresis* ke dalam operasi perbandingan.³⁵ Dapat diikuti bahwa harus ada dua titik perjalanan dari komparator sebuah upper trip point (UTP) atau titik perjalanan atas dan lower trip point (LTP) atau titik perjalanan bawah.³⁶

Keluaran berubah pada keadaan positif sebagai sinyal masukan melewati UTP. Setelah berubah pada keadaan tersebut, titik perjalanan berubah menjadi nilai yang diberikan oleh LTP.³⁷ Ketika masukan jatuh di bawah titik perjalanan baru tersebut, keluaran komparator berubah menjadi keadaan semula dan titik perjalanan kembali pada nilai yang diberikan oleh UTP. Fitur tersebut mendiskriminasi melawan gangguan (*noise*).³⁸

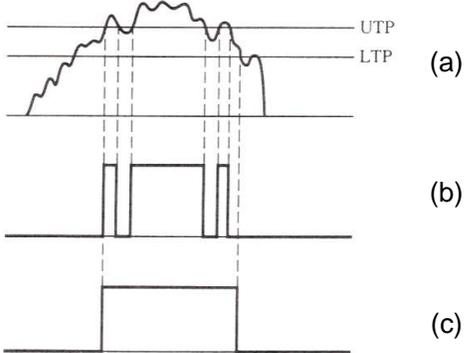
³⁴ David J. Comer, Donald T. Comer, *Advance Electronic Circuit Design*, (United States of America: John Willey and Son, Inc., 2003), hal. 363.

³⁵ *Ibid.*

³⁶ *Ibid.*

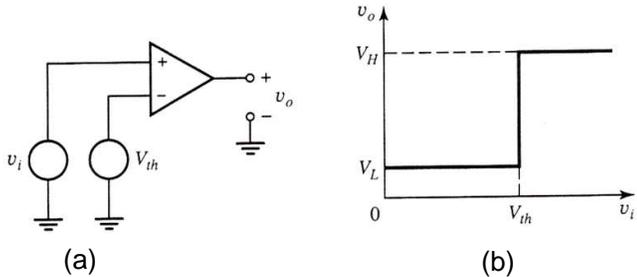
³⁷ *Ibid.*

³⁸ *Ibid.*



Gambar 2.7 Efek *hysteresis*: (a) sinyal masukan tanpa gangguan (*noise*). (b) keluaran komparator tanpa *hysteresis*. (c) keluaran komparator dengan *hysteresis*³⁹

Tanpa *hysteresis*, sebuah komparator dapat menghasilkan letupan pada keluaran sebagai tingkat ambang tunggal yang terlewati.⁴⁰ Keluaran secara acak berubah diantara keadaan yang digambarkan pada bagian (b) dari Gambar 2.7 Dengan *hysteresis*, letupan dieliminasi yang terindikasi pada bagian (c). dalam rangka mengeliminasi letupan, *hysteresis* atau perbedaan diantara UTP dan LTP harus melampaui amplitudo puncak dari sinyal gangguan.⁴¹



Gambar 2.8 (a) Komparator Op amp. (b) Karakteristik transfer⁴²

³⁹ *Ibid.*
⁴⁰ *Ibid.*
⁴¹ *Ibid.*
⁴² *Ibid.*

Sangat memungkinkan untuk membangun komparator menggunakan op amp tujuan umum yang dihubungkan pada Gambar 2.8 (a) dan (b). Proses sederhana dari perolehan sinyal sensor pendeteksi jalur adalah gelombang inframerah dipancarkan dari LED inframerah berupa gelombang analog dengan gangguan klasik seperti noise, diterima oleh dioda foto sebagai gelombang radiasi. Gelombang radiasi akan diolah oleh komparator, apabila gelombang inframerah diterima dioda foto.

IC LM324 akan membandingkan tegangan *reverse* pada dioda foto yang diumpankan pada masukan tak membalik (*non-inverting*) dengan tegangan referensi yang diumpankan pada masukan membalik (*inverting*) IC LM324 saat terhalang maupun pada saat tak terhalang. Sinyal atau tegangan yang dihasilkan oleh sensor penjejak jalur akan dikondisikan pada level yang dapat diterima oleh mikrokontroler berupa logika *low* "0" serta *high* "1" atau sekitar 0 sampai dengan 2,99Vdc (logis "0") dan 3 sampai dengan 5Vdc (logis "1"). Dua masukan tegangan pada op amp berasal dari keluaran rangkaian sensor penjejak jalur dan tegangan referensinya dihasilkan oleh potensiometer yang dihubungkan ke tegangan Vcc.

4. Sistem Aktivasi 4 Kode PIN

a. Definisi PIN (*Personal Identification Number*)

PIN (*Personal Identification Number*) sama dengan *Password*, lebih dari sebuah kunci yang menjalankan beberapa tujuan. *Password* atau PIN membuktikan (*authenticate*) pengguna pada mesin untuk membuktikan identitas pengguna, sebuah rahasia yang hanya pengguna yang harus mengetahuinya.⁴³

Menurut Joseph Kirtland, *Identification numbers* atau nomor identifikasi digunakan untuk mengidentifikasi materi individu, produk spesifik, akun masyarakat, atau dokumen.⁴⁴ Sebuah nomor identifikasi pada umumnya mengambil bentuk rangkaian angka, huruf, simbol, atau beberapa kombinasi dari angka, huruf, atau simbol. Sebuah angka adalah nomor 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, atau 9, dan sebuah simbol adalah sebuah tanda seperti *, /, #, &. or \.⁴⁵

b. Definisi Sistem Aktivasi 4 Kode PIN

Sistem adalah kombinasi dari beberapa komponen yang bekerja bersama-sama dan melakukan suatu sasaran tertentu. Sistem tidak dibatasi hanya untuk sistem fisik saja, konsep sistem dapat digunakan pada gejala yang abstrak dan dinamis seperti yang dijumpai dalam ekonomi.⁴⁶

Sedangkan aktivasi 4 kode PIN adalah sebuah konsep proteksi individu terhadap robot dengan menggunakan kombinasi angka yang terjamin kerahasiaan dan keamanannya. Nomor PIN yang terdiri dari kombinasi 4 angka terdapat 10000 kemungkinan kombinasi nomor PIN dengan kombinasi 0000-9999 yang cukup sulit untuk dipecahkan dengan menebak secara langsung.

⁴³ Mark Burnett, *Perfect Passwords-Selection, Protection, Authentication*, (Canada: Syngress Publishing, Inc., 2006), h.4.

⁴⁴ Joseph Kirtland, *Numbers and Check Digit Schemes*, (USA: The Mathematical Association of America, 2001), h.1.

⁴⁵ *Ibid*, h.2.

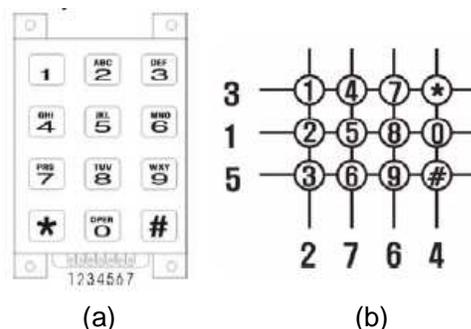
⁴⁶ Katsuhiko Ogata, *Teknik Kontrol Automatik*, (Jakarta: Penerbit Erlangga, 1997), h. 4.

c. Papan Tombol (*Keypad*)

Papan tombol (*keypad*), yaitu sekumpulan kunci karakter yang mendeteksi tekanan jari dan menutup saklar, dan sebuah penyandi yang mengubah keluaran dari kunci yang ditekan menjadi sebuah sandi biner yang menyajikan karakter yang dimaksud.

3x4 *Keypad Module* merupakan suatu modul *keypad* berukuran 3 kolom x 4 baris.⁴⁷ Modul *keypad* dapat difungsikan sebagai input dalam aplikasi seperti pengaman digital, datalogger, absensi, pengendali kecepatan motor, robotik, dan sebagainya.⁴⁸

Terdapat beberapa tipe papan tombol yang dapat digunakan. Peneliti menggunakan papan tombol dengan matriks 3x4 standar. Gambar fisik papan tombol dengan matriks 3x4 standar dan skematik papan tombol matriks 3x4 ditunjukkan pada Gambar 2.9 (a) dan (b).



Gambar 2.9 (a) Bentuk fisik papan tombol (*keypad*) matriks 3x4 standar
(b) diagram skematik papan tombol (*keypad*)⁴⁹

⁴⁷ *DT I/O Keypad Module Data Sheet*, (Innovative Electronics, 2010), h. 1.

⁴⁸ *Ibid.*

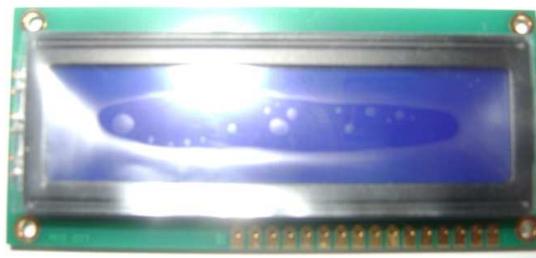
⁴⁹ *KEYPAD SWITCH DataSheet*, (Comfile Technology Inc, 2005), h. 1.

d. Penampil Kristal Cair (LCD)

LCD M1632 sama halnya dengan LCD HD44780U berjenis *display* alfanumerik LCD *dot-matrix*, karakter kanji Jepang dan simbol-simbol.⁵⁰ LCD M1632 dapat dikendalikan dengan kendali 4 atau 8 bit dari mikroprosesor. Semua fungsi seperti RAM, pembangkit karakter, dan *driver liquid crystal display*, amat dibutuhkan untuk menampilkan karakter pada *display dot-matrix* secara internal pada suatu *chip* IC, yang merupakan sistem minimum dari rangkaian penggerakannya.⁵¹

Sebuah HD44780U dapat menampilkan sampai 8 karakter satu baris atau 8 karakter dua baris.⁵² ROM generator karakter HD44780U diperpanjang untuk membangkitkan huruf-huruf 208.5 x 8 *dot* karakter dan huruf-huruf 32.5 x 10 *dot* karakter untuk jumlah keseluruhan dari 240 karakter huruf-huruf yang berbeda.⁵³

LCD yang digunakan adalah tipe HD44780U yang secara fisik ditunjukkan pada Gambar 2.10 dan konfigurasi pin-pin LCD HD44780U dijelaskan pada Tabel 2.1.



Gambar 2.10 Bentuk Fisik LCD 2x16 Karakter Hitachi HD44780U.

⁵⁰ *LCD HD44780U Datasheet*, (Hitachi, Ltd., 1998), h. 1.

⁵¹ *Ibid.*

⁵² *Ibid.*

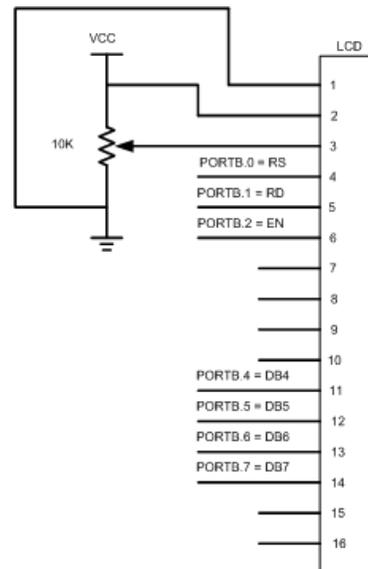
⁵³ *Ibid.*

Tabel 2.1 Konfigurasi Pin-pin LCD HD44780U⁵⁴

PIN	Nama Pin	Fungsi
1	VSS	<i>Ground voltage</i>
2	VCC	+5V
3	VEE	<i>Contrast voltage</i>
4	RS	<i>Register Select</i> 0 = <i>Instruction Register</i> 1 = <i>Data Register</i>
5	R/W	<i>Read/Write, to choose write or read mode</i> 0 = <i>write mode</i> 1 = <i>read mode</i>
6	E	<i>Enable</i> 0 = <i>start to lacht data to LCD character</i> 1 = <i>disable</i>
7	DB0	<i>Data bit ke-0 (LSB)</i>
8	DB1	<i>Data bit ke-1</i>
9	DB2	<i>Data bit ke-2</i>
10	DB3	<i>Data bit ke-3</i>
11	DB4	<i>Data bit ke-4</i>
12	DB5	<i>Data bit ke-5</i>
13	DB6	<i>Data bit ke-6</i>
14	DB7	<i>Data bit ke-7 (MSB)</i>
15	BPL	<i>Back Plane Light</i>
16	GND	<i>Ground voltage</i>

Selain mudah dioperasikan, kebutuhan daya LCD HD44780U sangat rendah. Untuk rangkaian *interfacing*, LCD tidak memerlukan komponen pendukung. Hanya diperlukan satu resistor atau satu variabel resistor untuk memberi tegangan kontras pada matriks LCD. Hubungan Port B (B₀ sampai dengan B₂, B₄ sampai dengan B₇) dengan LCD ditunjukkan pada Gambar 2.11..

⁵⁴ Heri Andrianto, *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega16 Menggunakan Bahasa C (Code Vision AVR)*, (Bandung: Penerbit Informatika, 2008), hal. 71.



Gambar 2.11 Hubungan PORT B dengan LCD ⁵⁵

5. Sistem Penggerak Motor DC

Penggunaan rangkaian penggerak memungkinkan mikrokontroler untuk melakukan pengendalian terhadap suatu objek yang menggunakan tegangan listrik dengan arus yang besar secara elektronik.

a. Motor DC 12 V

Motor arus searah adalah suatu mesin listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, yaitu dalam suatu bentuk tenaga gerak putar atau rotasi. Pada prinsipnya Konstruksi motor arus searah sama dengan generator arus searah, keduanya bekerja berdasarkan medan elektromagnetik pada magnet tetap yang dialiri arus listrik, tetapi pada keduanya juga terdapat perbedaan yaitu, tenaga listrik pada motor DC dapat menghasilkan energi

⁵⁵ Heri Andrianto, *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega16 Menggunakan Bahasa C (Code Vision AVR*, (Bandung: Penerbit Informatika, 2008), hal. 70.

mekanik, sedangkan generator sebaliknya yaitu tenaga mekaniknya dapat menghasilkan tenaga listrik.⁵⁶ Dalam penelitian robot pendeteksi jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16 menggunakan motor DC 12 V.

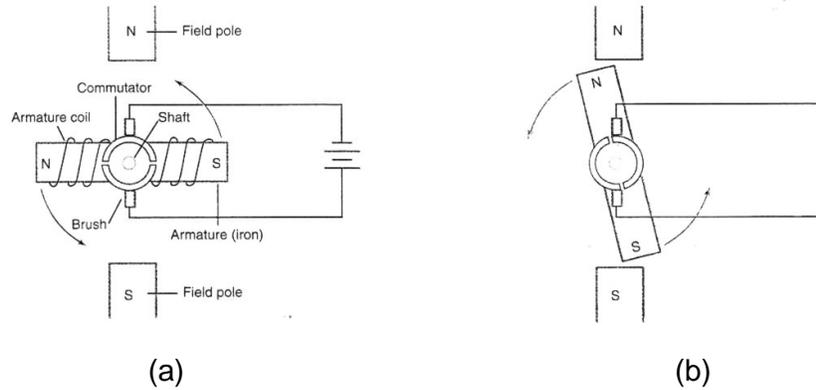
Mesin arus searah bila dialiri arus listrik pada kumparan medan terjadi penguatan, maka timbul gaya Lorentz pada tiap-tiap sisi kumparan jangkar tersebut. Arah gaya Lorentz ditentukan dengan kaidah tangan kiri:

- a. Ibu Jari menunjukkan arah gaya.
- b. Jari telunjuk menentukan arah medan (dari kutub utara ke kutub selatan).
- c. Jari tengah menunjukkan arah tegangan atau arus.

b. Prinsip kerja Motor DC

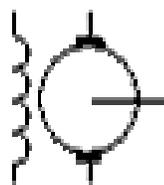
Prinsip dasar dari motor arus searah adalah : Kalau sebuah kawat berarus diletakkan antara kutub magnet utara dan selatan, maka pada kawat itu akan bekerja suatu gaya yang menggerakkan kawat itu, ditunjukkan pada Gambar 2.12 (a) dan (b).

⁵⁶ Floyd. *Electronics Fundamentals (Circuits, Devices, and Applications)*, Sixth edition, Prentice Hall, New jersey, 2004, Hal.322.



Gambar 2.12 Prinsip dasar motor dc (a) Angker berotasi dengan daya tarik bergantian, (b) Tolak-menolak kutub magnet⁵⁷

Arus dari sebuah sumber eksternal mengalir melalui sikat-sikat, komutator, dan gulungan angker, memproduksi sebuah medan magnetik dalam besi angker. Kutub-kutub angker tarik-menarik oleh medan kutub magnet permanen. Hasilnya adalah gaya rotasi yang disebut tenaga putaran (*torque*). Gambar 2.13 menunjukkan simbol dari motor listrik.⁵⁸



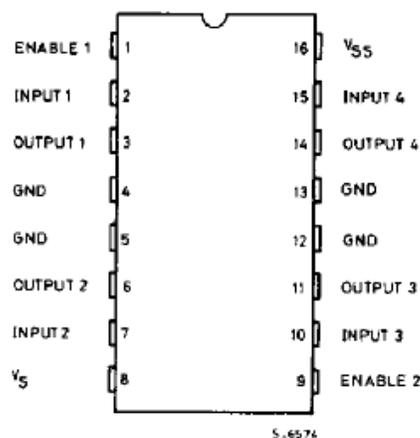
Gambar 2.13 Simbol Motor Listrik

⁵⁷ Richard J. Fowler. *Electricity-Principles and Applications, Fifth edition*, Mc Graw Hill, Singapore, 1999, hal. 163.

⁵⁸ *Ibid.*

c. IC L293D

L293D adalah driver 4 channel arus tinggi, tegangan tinggi terintegrasi monolitik yang didesain untuk menerima standar level logika DTL atau TTL dan beban-beban penggerak induktif (seperti solenoid, relay, motor DC dan motor stepper) dan pensaklaran transistor daya.⁵⁹ Gambar 2.14 menunjukkan gambar diagram koneksi pin IC L293D.



Gambar 2.14 Diagram koneksi Pin (Kaki) IC L293D.⁶⁰

Karakteristik IC penggerak L293D adalah sebagai berikut:⁶¹

- a) Arus keluaran (*peak output current*) sampai dengan 1,2A.
- b) Tegangan sumber sampai dengan 36V.
- c) Mampu mensaklar aplikasi sampai frekuensi 5 KHz.
- d) Memiliki 16 pin.

⁵⁹ *L293D Data Sheet*, (SGH-THOMSON Microelectronics, 1994), h. 1.

⁶⁰ *Ibid*, h. 2.

⁶¹ *Ibid*, h. 1.

d. Rangkaian Penggerak Motor DC Menggunakan IC L293D

Tabel 2.2 menunjukkan tabel kebenaran dari IC L293D.

Tabel 2.2 Tabel kebenaran IC L293D ⁶²

INPUT	ENABLE (*)	OUTPUT
H	H	H
L	H	L
H	L	Z
L	L	Z

Z= high output impedance (off)

(*) Relative to the considered channel

Tabel 2.2 menjelaskan bahwa, ketika *input* dan *enable* salah satu bagian kanal memiliki kondisi aktif *high* (H) maka keluarannya memiliki kondisi *high* (H), sedangkan pada saat input memiliki kondisi *low* (L) dan *enable* dalam kondisi *high* (H) maka keluarannya memiliki kondisi *low* (L). Ketika kondisi *input high* (H) dan *enable low* (L) maka keluarannya menghasilkan kondisi keluaran dengan impedansi tinggi (Z) atau kondisi *off*. Begitu juga ketika *input* dan *enable* memiliki kondisi sama yaitu *low* (L), maka keluarannya memiliki kondisi impedansi tinggi (Z).

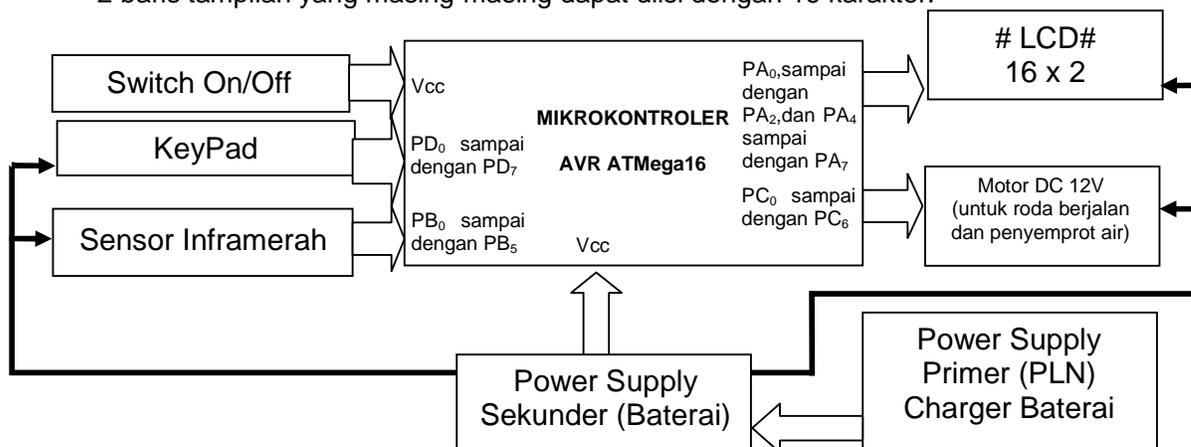
Pada rangkaian penggerak motor DC menggunakan IC L293D terdapat dua sumber catu daya untuk mengaktifkan sistem rangkaian berupa tegangan masukan 5 VDC dan 12 VDC menggunakan IC regulator LM7805 dan LM7812. Pada IC L293D terdapat 4 masukan (IN₁, IN₂, IN₃, dan IN₄) yang dihubungkan pada Port C (C₀ sampai dengan C₃) dari mikrokontroler AVR ATmega16. Keluaran (Out₁ dan Out₂) digunakan untuk menggerakkan motor DC 1 dan keluaran (Out₃ dan Out₄) digunakan untuk menggerakkan motor DC 2.

⁶² Ibid, h. 4.

B. Kerangka Berpikir

1. Blok Diagram

Berdasarkan tinjauan teori-teori yang dikemukakan, maka mikrokontroler AVR ATmega16 dapat diaplikasikan sebagai sistem robot pendeteksi jalur menggunakan sensor Inframerah dengan aktivasi 4 kode PIN dan tampilan LCD 2 baris tampilan yang masing-masing dapat diisi dengan 16 karakter.

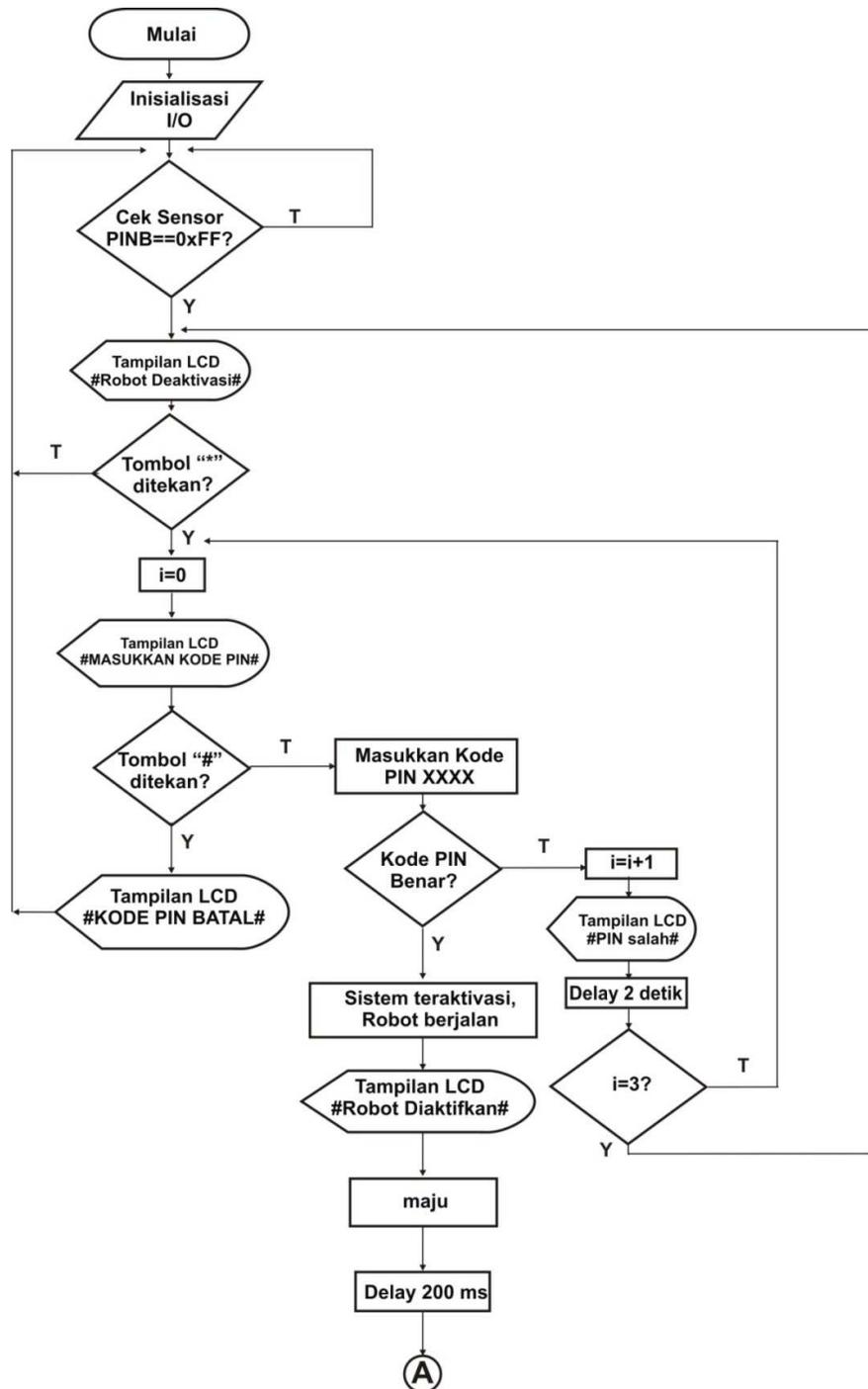


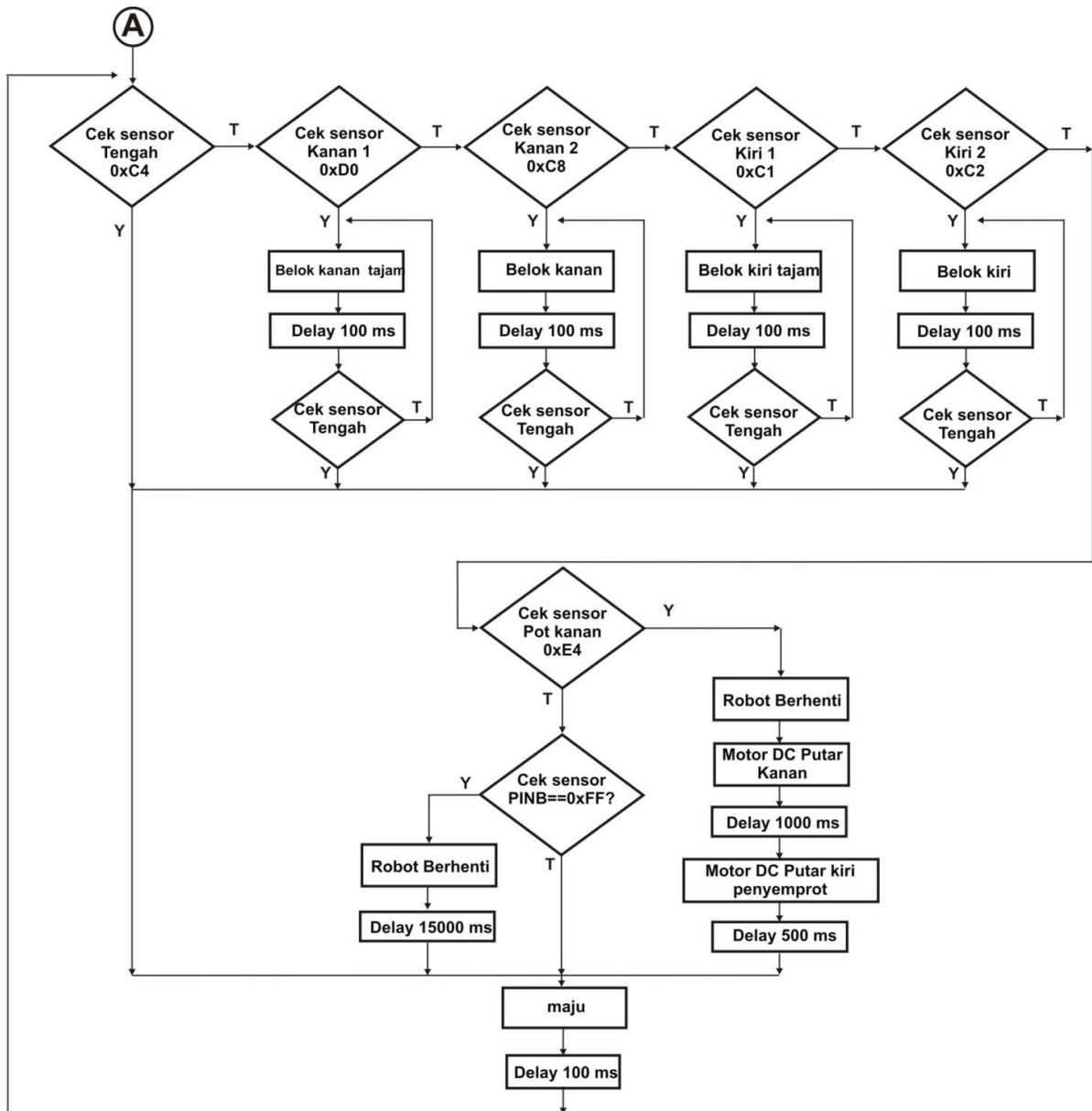
Gambar 2.15 Blok diagram sistem robot penjejak jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16

Gambar blok diagram sistem robot penjejak jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16 diperlihatkan pada Gambar 2.15. Dapat dilihat bahwa untuk mengaplikasikan mikrokontroler AVR ATmega16 pada sistem robot penjejak jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN membutuhkan perangkat-perangkat masukan seperti *switch* On/Off, *keypad*, sensor inframerah, dan perangkat-perangkat keluaran seperti LCD 16x2, Motor DC 12V.

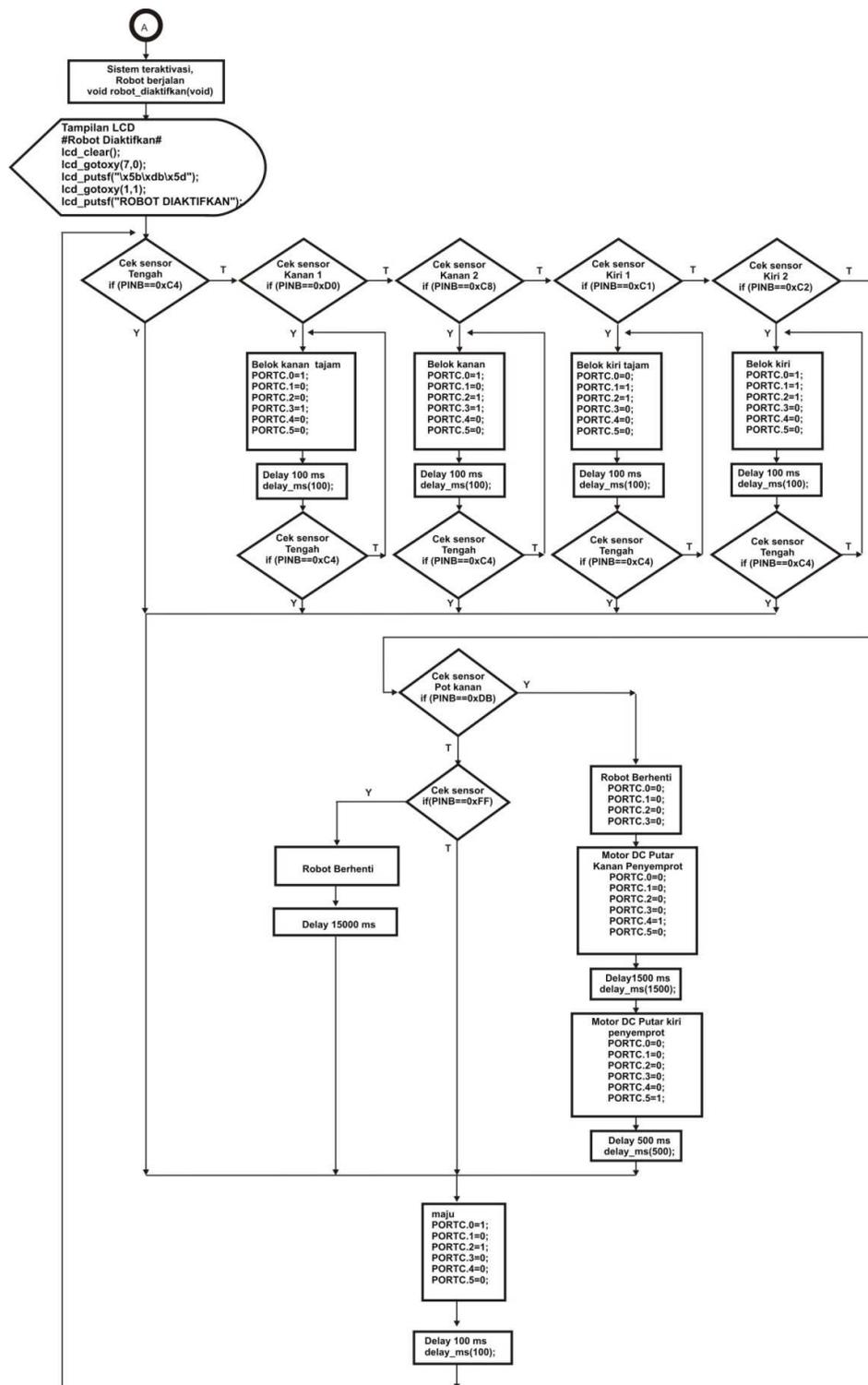
Gambar 2.16 menunjukkan *flowchart* sistem robot penjejak jalur dengan sistem aktivasi 4 kode pin berbasis mikrokontroler AVR ATmega16. Gambar 2.17 menunjukkan *Flowchart* sistem perangkat lunak robot penjejak jalur menggunakan aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16.

2. **Flowchart** Sistem Perangkat Keras Robot Penjejak Jalur Dengan Sistem Aktivasi 4 Kode PIN Berbasis Mikrokontroler AVR ATmega16





Gambar 2.16 Flowchart sistem perangkat keras robot penjejak jalur menggunakan aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16



Gambar 2.17 Flowchart sistem perangkat lunak robot penjejak jalur menggunakan aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16

4. Prinsip Kerja Sistem Robot Penjejak Jalur Dengan Sistem Aktivasi 4 Kode PIN Berbasis Mikrokontroler AVR ATmega16.

a. Prinsip Kerja Sistem Perangkat Keras Robot Penjejak Jalur Dengan Sistem Aktivasi 4 Kode PIN Berbasis Mikrokontroler AVR ATmega16.

Keypad adalah komponen utama dari sistem pengaman aktivasi robot penjejak jalur. Tombol "*" pada *keypad* digunakan untuk melakukan perintah memasukkan kode angka PIN (merupakan kombinasi angka 0-9) ke dalam sistem mikrokontroler, setelah sistem mikrokontroler menerima perintah kode nomor PIN yang benar, maka mikrokontroler akan menampilkan kode pemilik nomor PIN pada penampil LCD dan kemudian mikrokontroler akan mengaktifkan sistem robot penjejak jalur sehingga berjalan dengan semestinya.

LCD akan menampilkan tulisan "#Robot Deaktivasi#" apabila nomor PIN yang dimasukkan salah sebanyak 3 kali, sehingga dapat diketahui sistem keamanan aktivasi masih tetap aktif. Mobile robot yang dimaksud ialah *mobile robot* berpengerak dua roda kiri-kanan yang dikendalikan terpisah (*differentially driven mobile robot*). Dengan sensor inframerah yang terpasang pada bagian bawah robot mobile maka sensor pendeteksi jalur akan memerintahkan mikrokontroler untuk mengatur *driver* motor DC sehingga dapat menggerakkan motor DC untuk bergerak menyesuaikan jalur yang ada.

Sistem *State Chart* robot penjejak garis memberitahukan posisi robot secara langsung. Jika robot mengetahui posisinya berikut adalah logika yang benar: Jika robot di tengah garis maka robot akan bergerak lurus dengan kondisi [11000100], jika robot di sebelah kanan garis maka robot akan bergerak ke arah kiri dengan kondisi [11000010], jika robot di sebelah kiri garis maka robot akan bergerak ke

arah kanan dengan kondisi [11001000], jika robot di sebelah kanan garis tiba-tiba garisnya menghilang maka robot akan berbelok tajam ke arah kiri dengan kondisi [11000001], dan jika robot di sebelah kiri garis tiba-tiba garisnya menghilang maka robot akan berbelok tajam ke arah kanan dengan kondisi [11010000].

Pengujian robot dengan state chart akan dilakukan dengan tiga jalur yang berbeda bentuk berupa garis lurus, garis lengkungan, dan belokan tajam dalam model rumah hijau (green house) sederhana. Dalam program dikembangkan konsep *event* dan *action*. Robot penjejak jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN memiliki karakteristik sendiri. Gerakan yang dimiliki *mobile robot* ini termasuk dalam kategori gerak *nonholonomic*, dimana ujung atau suatu titik yang memiliki sifat *nonholonomic* mempunyai keterbatasan dalam arah gerakan.

Fungsi geometri tertentu yang berhubungan dengan “arah hadap” harus dipenuhi untuk mendapatkan gerak yang sesuai.⁶³ Contoh klasik robotik yang memiliki sifat *nonholonomic* adalah sistem penggerak dua roda kiri kanan pada *mobile robot* dengan satu atau lebih roda bebas (*castor*) untuk menjaga keseimbangan.⁶⁴ *Mobile robot* tidak dapat bergeser ke kiri atau ke kanan tanpa melakukan manuver (maju atau mundur sambil berkelok) seperti kalau kita memarkir mobil.⁶⁵

Sistem yang digunakan ada dua macam yaitu dalam bentuk *hardware* dan *software*. *Hardware* sendiri adalah rangkaian-rangkaian pendukung robot mobile seperti sistem minimum AVR ATmega 16, Driver Motor DC 12 V, Regulator DC (5V dan 12V), Driver sensor inframerah dengan LM324, *keypad 3x4 standar*,

⁶³ Endra Pitowarno, *Robotika-Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*, (Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2006), hal. 199.

⁶⁴ *Ibid.*

⁶⁵ *Ibid.*

Application Adapter, baterai *rechargeable*. Sedangkan *Software* yang digunakan adalah *Code Vision AVR C Compiler Evaluation* dengan bahasa program C.

Peneliti mengharapkan robot penjejak jalur menggunakan aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16 mampu dikendalikan secara otomatis berdasarkan pada perencanaan jalur (*path planning*). Peneliti menggunakan komponen utama mikrokontroler AVR ATmega16 agar setiap instruksi yang ingin diaplikasikan dapat dilakukan dengan efektifitas dan efisien yang tinggi, karena banyaknya logika interaksi digital yang cukup rumit yang tidak bisa dilakukan dengan banyaknya rangkaian digital biasa, serta sistem penyimpanan memori program baca/tulis yang cukup besar.

b. Prinsip kerja Sistem Perangkat Lunak Robot Penjejak Jalur Dengan Sistem Aktivasi 4 Kode PIN Berbasis Mikrokontroler AVR ATmega16.

Pada dasarnya prinsip kerja perangkat lunak robot penjejak jalur terdiri dari bahasa C. Bahasa C termasuk bahasa program yang banyak digunakan dalam membuat program mikrokontroler. Pada tahap inisialisasi I/O, robot mengecek sistem pada tiap PORT (PORTA sampai dengan PORTD). Dengan penulisan program sebagai berikut:

```
PORTA=0x00;
DDRA=0x00; // Port A dikonfigurasi sebagai output (LCD)
PORTB=0xFF; // internal pull-up aktif, yaitu PBo sampai dengan PB7
DDRB=0x00; // Port B dikonfigurasi sebagai input (sensor)
PORTC=0xFF; // Port C output high
DDRC=0xFF; // Port C dikonfigurasi sebagai output (motor dc)
PORTD=0xFF; // internal pull-up aktif, yaitu PD4 sampai dengan PD7//output high,PD0
                sampai dengan PD3
DDRD=0x8F; // Port D dikonfigurasi sebagai input (keypad)
```

Setelah inisialisasi I/O program berjalan memasuki program utama, yaitu:

```

while(PINB!=0xFF)          //syarat looping
{
    robot_deaktivasi(); //memanggil sub rutin robot_deaktivasi()
}
while(PINB==0xFF)         //syarat looping
{
    robot_deaktivasi(); //jika PINB==0xFF maka memanggil sub rutin robot_deaktivasi()
    cek_bintang();       //memanggil sub rutin cek_bintang()
}
/****Global Enable Interrupts*****/
#asm("sei")
while (1)                  //program utama
    // Place your code here
    {
        robot_diaktifkan(); //memanggil sub rutin robot_diaktifkan()
    }
}

```

Ketika dalam kondisi aktif (1) jika PORTB sebagai PORT untuk masukan sensor pendeteksi jalur bernilai 255 atau 0xff maka akan dipanggil sub program robot_deaktivasi() dimana sistem robot akan mati atau motor dc tidak bergerak. Lalu memanggil sub program masukkan_pin(), ketika menekan tombol "*" pemakai dipersilahkan untuk memasukkan nomor pin berupa 4 kombinasi angka xxxx yang akan diproses dalam pengecekan cek_no_pin(). Apabila terjadi kesalahan maka program akan mengulang kembali proses hingga pin yang dimasukkan benar. Apabila terjadi kesalahan pemasukan pin sebanyak tiga kali, maka sistem akan deaktivasi dan secara otomatis akan memasuki sub program pemasukkan nomor pin kembali.

```

void robot_deaktivasi(void)
{
    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(7,0);
    lcd_putsf("\x5b\x78\x5d");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf("ROBOT DEAKTIVASI");
    PORTC.0=0;
    PORTC.1=0;
    PORTC.2=0;
}

```

```

PORTC.3=0;
PORTC.4=0;
PORTC.5=0;
delay_ms(1000);
}

```

Apabila pemakai merasa ragu dengan nomor pin yang telah dimasukkan, pemakai dapat menekan tombol “#” untuk melakukan pembatalan pin.

```

void batalkan_pin(void)
{
  lcd_clear();
  lcd_gotoxy(0,0);
  lcd_putsf("KODE PIN BATAL");
  lcd_gotoxy(0,1);
  lcd_putsf("\xa5\xa5\xa5\xa5\xa5\xa5\xa5\xa5\xa5\xa5\xa5\xa5\xa5");
  delay_ms(2000);
  robot_deaktivasi();
  cek_keypad();
}

```

Apabila nomor pin yang dimasukkan benar maka program akan memanggil sub program aktivasi robot.

```

void pin_ok(void)
{
  lcd_clear();
  lcd_gotoxy(7,0);
  lcd_putsf("\x5b\xdb\x5d");
  lcd_gotoxy(0,1);
  lcd_putsf("ROBOT DIAKTIFKAN");
  delay_ms(2000);
  PORTC.0=1;
  PORTC.1=0;
  PORTC.2=1;
  PORTC.3=0;
  PORTC.4=0;
  PORTC.5=0;
  delay_ms(200);
  robot_diaktifkan();
}

```

Dalam tahap sub program robot diaktifkan, sistem sensor pendeteksi jalur teraktivasi dan robot mengidentifikasi jalur tiap jeda waktu 100 milidetik (100ms).

Ketika robot dalam kondisi aktif, sensor melakukan *scanning*. Jika sensor tengah mendeteksi jalur atau dalam kondisi 0b11000100 maka motor akan bergerak maju dengan kondisi program:

```
if (PINB==0xC4) //sinyal dari IR sensor tengah
{
  //==Robot Maju==
  //motor kiri (maju), // motor kanan (maju)
  PORTC.0=1;
  PORTC.1=0;
  PORTC.2=1;
  PORTC.3=0;
  PORTC.4=0;
  PORTC.5=0;
  delay_ms(100);
}
```

Jika sensor kiri 2 mendeteksi jalur atau dalam kondisi 0b11000010 maka motor akan belok kiri dengan kondisi program:

```
if (PINB==0xC2) //sinyal IR sensor kiri 2
{
  //==Robot Belok kiri==
  //motor kiri (stop), //motor kanan (maju)
  PORTC.0=0;
  PORTC.1=0;
  PORTC.2=1;
  PORTC.3=0;
  PORTC.4=0;
  PORTC.5=0;
  delay_ms(100);
}
```

Jika sensor kiri 1 mendeteksi jalur atau dalam kondisi 0b11000001 maka motor akan belok kiri tajam dengan kondisi program:

```
if (PINB==0xC1) //sinyal IR sensor kiri 1
{
  //==Robot Belok Kiri Tajam==
  //motor kiri (mundur), //motor kanan (maju cepat)
  PORTC.0=0;
  PORTC.1=1;
  PORTC.2=1;
```

```

PORTC.3=0;
PORTC.4=0;
PORTC.5=0;
delay_ms(100);
}

```

Jika sensor kanan 2 mendeteksi jalur atau dalam kondisi 0b11001000 maka motor akan belok kanan dengan kondisi program:

```

if (PINB==0xC8) //sinyal IR sensor kanan 2
{
  //==Robot Belok kanan==
  //motor kiri (maju), //motor kanan (stop)
  PORTC.0=1;
  PORTC.1=0;
  PORTC.2=0;
  PORTC.3=0;
  PORTC.4=0;
  PORTC.5=0;
  delay_ms(100);
}

```

Jika sensor kanan 1 mendeteksi jalur atau dalam kondisi 0b11010000 maka motor akan belok kanan tajam dengan kondisi program:

```

if (PINB==0xD0) //sinyal IR sensor kanan 1
{
  //==Robot Belok Kanan Tajam==
  //motor kiri (maju cepat), //motor kanan (mundur)
  PORTC.0=1;
  PORTC.1=0;
  PORTC.2=0;
  PORTC.3=1;
  PORTC.4=0;
  PORTC.5=0;
  delay_ms(100);
}

```

Jika sensor pot kanan mendeteksi garis posisi pot atau dalam kondisi 0b11100100 maka akan mengaktifkan motor dc sprayer yang akan bergerak bolak balik ke arah pot. Dengan kondisi program:

```

if (PINB==0xE4) //sinyal sensor sprayer
{
  //Robot Berhenti, //motor sprayer berputar bolak-balik, //motor sprayer
  berhenti, //motor maju 500 ms

```

```

PORTC.0=0;
PORTC.1=0;
PORTC.2=0;
PORTC.3=0;
PORTC.4=1;
PORTC.5=0;
delay_ms(1000);
PORTC.0=0;
PORTC.1=0;
PORTC.2=0;
PORTC.3=0;
PORTC.4=0;
PORTC.5=1;
delay_ms(500);
PORTC.0=1;
PORTC.1=0;
PORTC.2=1;
PORTC.3=0;
PORTC.4=0;
PORTC.5=0;
delay_ms(500);
}

```

Apabila robot mendeteksi garis atau jalur atau dalam kondisi 0b11111111

maka akan menghentikan motor dc selama jeda waktu 15 detik, lalu bergerak

kembali mendeteksi jalur. Dengan kondisi program:

```

if (PINB==0xFF)
{
//==Robot berhenti, tiap siklus selama 15 detik==
//motor kiri (stop), // motor kanan (stop)
PORTC.0=0;
PORTC.1=0;
PORTC.2=0;
PORTC.3=0;
PORTC.4=0;
PORTC.5=0;
delay_ms(15000);
PORTC.0=1;
PORTC.1=0;
PORTC.2=1;
PORTC.3=0;
PORTC.4=0;
PORTC.5=0;
delay_ms(500);
}

```

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

Tujuan operasional penelitian robot penjejak jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler ATmega16 adalah untuk mendisain, merealisasikan dan menguji robot penjejak jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16 yang dapat berjalan pada 3 kelompok tipe lintasan yang berbeda bentuk (lurus, lengkungan dan belokan tajam) dan sistem algoritma berdasarkan informasi posisi robot relatif terhadap garis yang dijejak robot.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Teknik Elektro FT-UNJ. Penelitian dilakukan pada bulan Januari sampai Juli (semester genap) tahun ajaran 2009/2010.

C. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam pembuatan robot penjejak jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16 adalah menggunakan tabel kebenaran dan lembar data untuk mendisain, merangkai, memodifikasi dan menguji perangkat robot penjejak jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16.

Langkah-langkah eksperimen laboratorium, yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Membuat blok diagram robot penjejak jalur dengan sistem 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16.
2. Membuat sistem kerja alat dari aplikasi robot penjejak jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16.
3. Perancangan skema rangkaian-rangkaian pada setiap blok rangkaian.
4. Pembuatan skema rangkaian setiap blok dan gambar *layout* rangkaian-rangkaian dengan menggunakan komputer. *Layout* rangkaian kemudian dicetak ke dalam *kertas transfer*, yang fungsinya adalah untuk memindahkan gambar *layout* rangkaian ke dalam PCB.
5. Proses pelarutan PCB (*etching*) yang telah digambar *layout* rangkaian pada PCB sampai dengan proses pengeboran PCB.
6. Pemasangan dan penyolderan komponen-komponen elektronika pada PCB blok-blok rangkaian sesuai dengan gambar skema rangkaian.
7. Pengujian pada setiap blok rangkaian yang sudah jadi, jika ada blok rangkaian yang tidak bekerja dengan baik, lakukan revisi atau perbaikan pada blok rangkaian hingga blok rangkaian bekerja dengan baik sesuai dengan sistem kerja alat.
8. Setelah blok-blok rangkaian uji coba, dan hasilnya sesuai dengan sistem kerja alat maka blok-blok rangkaian digabungkan menjadi satu kesatuan sistem robot penjejak jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN menggunakan mikrokontroler AVR ATmega16.
9. Melakukan pemrograman mikrokontroler dan pengujian kembali secara keseluruhan sistem robot penjejak jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN,

apabila sistem tidak bekerja sesuai dengan sistem kerja alat yang dirancang maka blok-blok rangkaian harus diperbaiki atau revisi hingga sistem kerja alat dapat bekerja dengan baik.

D. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan pada penelitian robot penjejak jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN menggunakan mikrokontroler AVR ATmega16 yaitu:

1. AVO Digital Multimeter merek Constant Instrument 50: digunakan untuk mengukur besar tegangan, besar arus, mengukur komponen-komponen elektronika yang digunakan pada rangkaian, mengecek jalur-jalur tembaga pada PCB dan kabel-kabel penghubung pada setiap rangkaian.

Perangkat pendukung pada penelitian robot penjejak jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16 antara lain:

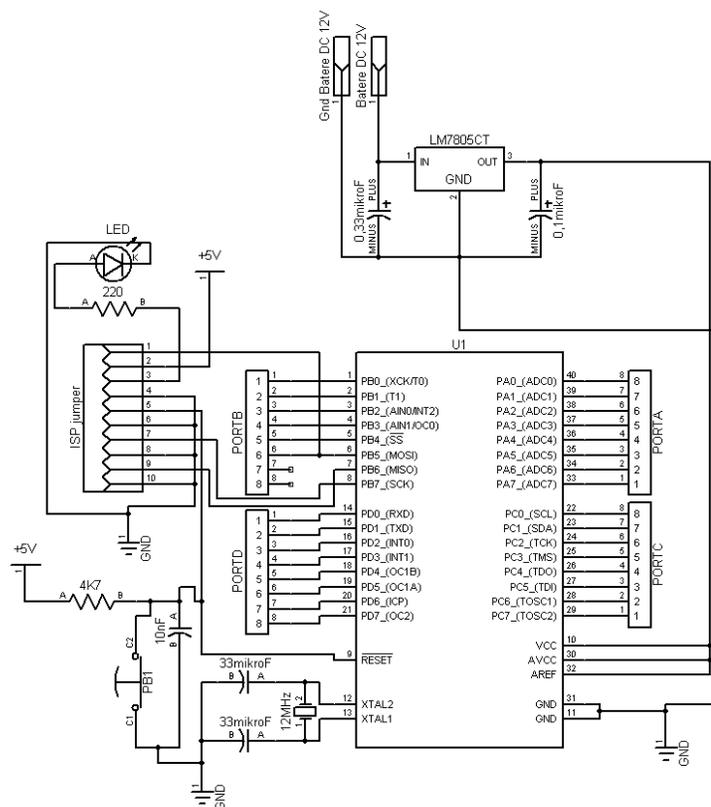
1. Komputer dengan spesifikasi prosesor Intel(R) Pentium(R) 4 CPU 3.06Ghz, 3.08 GHz, RAM 512 MB.
2. *Software* pendukung, diantaranya sebagai berikut:
 - a. *Software Diptrace*: digunakan untuk membuat gambar skema rangkaian dan jalur-jalur (*layout*) rangkaian pada PCB.
 - b. *Software Code Vision AVR V2.04.6 Evaluation*: digunakan untuk menulis *listing* program sekaligus sebagai *compiler* dan *downloader* AVR menggunakan kabel AVR ISP.

E. Pelaksanaan Penelitian

1. Perancangan Alat

a. Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler AVR ATmega16

Rangkaian sistem minimum mikrokontroler merupakan pusat rangkaian sebagai pengendali utama dan pemroses data seluruh blok rangkaian, sebagai pengendali digunakan IC mikrokontroler AVR ATmega16. Sistem minimum mikrokontroler AVR ATmega16 berfungsi dengan catu daya 5 VDC dan frekuensi osilasi sebesar 12 MHz. Gambar 3.1. menunjukkan rangkaian sistem minimum mikrokontroler AVR ATmega16.

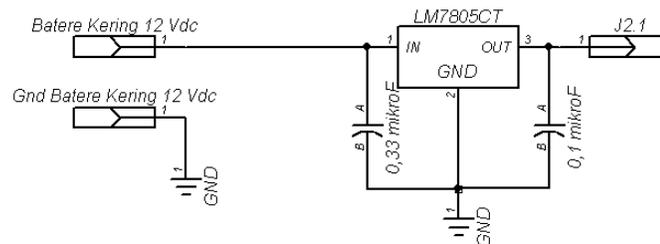


Gambar 3.1. Rangkaian Sistem Minimum AVR ATmega16

Mikrokontroler AVR ATmega16 memiliki 4 buah Port yang berfungsi sebagai masukan maupun keluaran (I/O). Pada rangkaian Sistem Minimum AVR ATmega16 masing-masing Port mempunyai fungsi kerja yaitu, Port A difungsikan sebagai keluaran penggerak *Liquid Crystal Display* (LCD) dengan konfigurasi kolom dan baris 16x2, Port B difungsikan sebagai masukan dari sistem sensor pendeteksi jalur, Port C difungsikan sebagai keluaran penggerak motor DC dan Port D difungsikan sebagai masukan dari papan tombol (*keypad*).

b. Rangkaian Catu Daya DC

Catu daya yang digunakan adalah catu daya DC 5 V dengan tegangan keluaran 5 VDC Untuk penstabil tegangan digunakan IC regulator LM7805 yang akan menstabilkan tegangan rangkaian mikrokontroler sebesar 5 VDC. Gambar rangkaian catu daya DC 5V ditunjukkan pada Gambar 3.2.



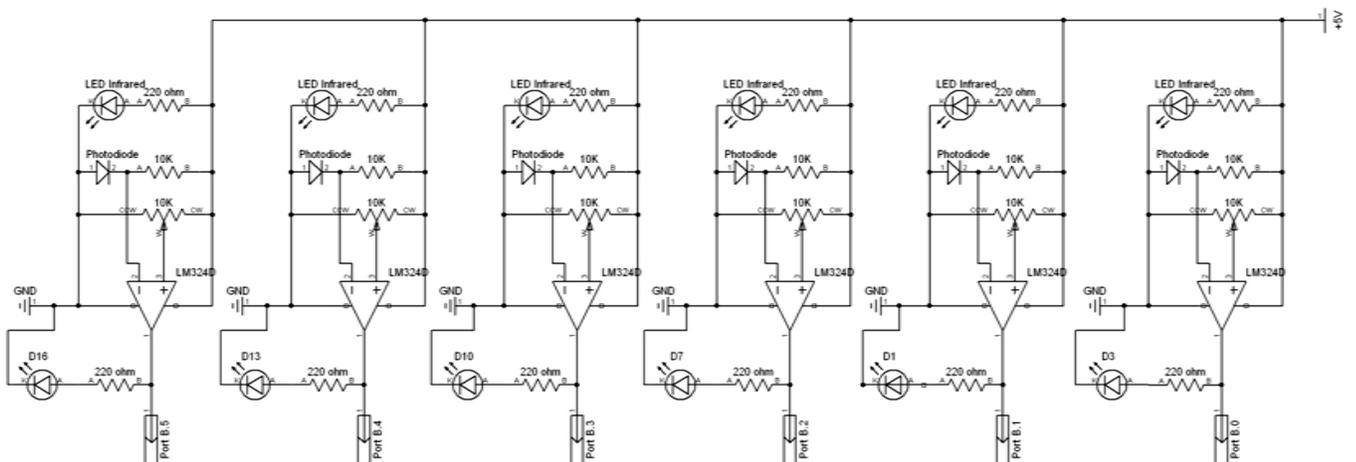
Gambar 3.2. Rangkaian Catu Daya DC 5 V

Dari Gambar 3.2 dapat dilihat bahwa terdapat 1 sumber tegangan yaitu catu daya DC tetap 5 V. Regulator tegangan tetap 5 V digunakan untuk menstabilkan tegangan yang masuk dari batere untuk digunakan pada rangkaian robot. Tegangan eksternal berupa sumber tegangan trafo untuk mengisi kembali batere

sebagai tegangan sekunder apabila kondisi batere habis. Saklar pemutus tegangan digunakan apabila mikrokontroler tidak digunakan, sehingga tegangan batere tidak cepat habis.

c. Rangkaian Sistem Sensor Pendeteksi Jalur

Sensor yang digunakan untuk mendeteksi jalur adalah LED inframerah dan dioda foto, dengan LED inframerah sebagai pengirim sinyal dan diode foto sebagai penerima sinyal. Untuk operasional amplifier digunakan IC LM324D, sebagai pemroses sinyal. Sistem sensor pendeteksi jalur dihubungkan ke mikrokontroler AVR Atmega16 melalui Port B₀ sampai dengan Port B₅ seperti diperlihatkan pada Gambar 3.3.

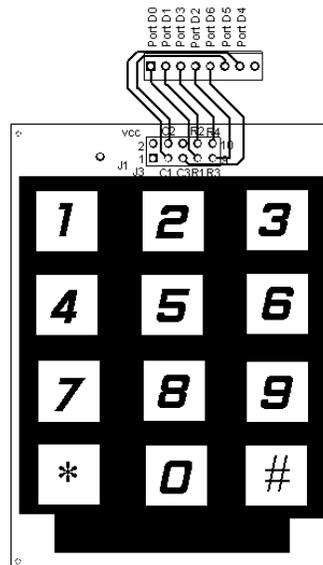


Gambar 3.3. Rangkaian Sistem Sensor Pendeteksi Jalur

d. Rangkaian Papan Tombol (*Keypad*)

Papan tombol yang digunakan dalam penelitian robot pendeteksi jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16 berfungsi memberikan data masukan dari pengguna dan mengaktifasi sistem mikrokontroler. Data tersebut berupa nomor PIN atau kode. Papan tombol yang digunakan memiliki konfigurasi 4 baris dan 3 kolom (4x3), yang terdiri dari tombol angka 0 sampai 9, serta tombol karakter “*” untuk memasukkan nomor PIN dan tombol karakter “#” untuk membatalkan nomor PIN.

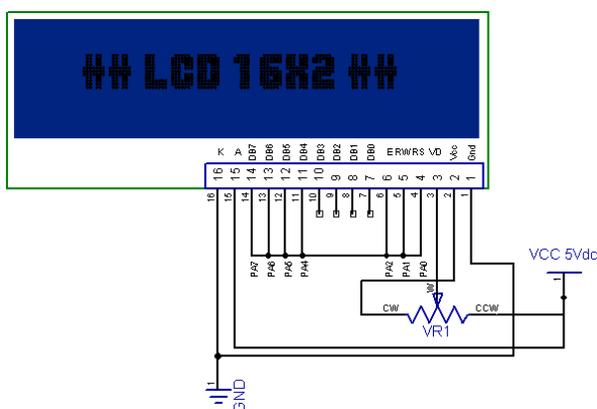
Papan tombol dihubungkan pada sistem minimum mikrokontroler AVR ATmega16 melalui Port D₀ sampai dengan Port D₆ seperti diperlihatkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Skema Papan Tombol Pada Port D Mikrokontroler

e. Rangkaian Penampil Kristal Cair (LCD)

Penampil kristal cair (LCD) yang digunakan dalam penelitian robot pendeteksi jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16 adalah LCD *Dot-matrix* Hitachi tipe *chip* HD44780U dan penggerak penampil LSI yang menampilkan alphanumerik, karakter kana Jepang, dan simbol-simbol, serta mampu menampilkan 16 karakter x 2 baris (16x2).



Gambar 3.5 Rangkaian Penampil Kristal Cair (LCD)

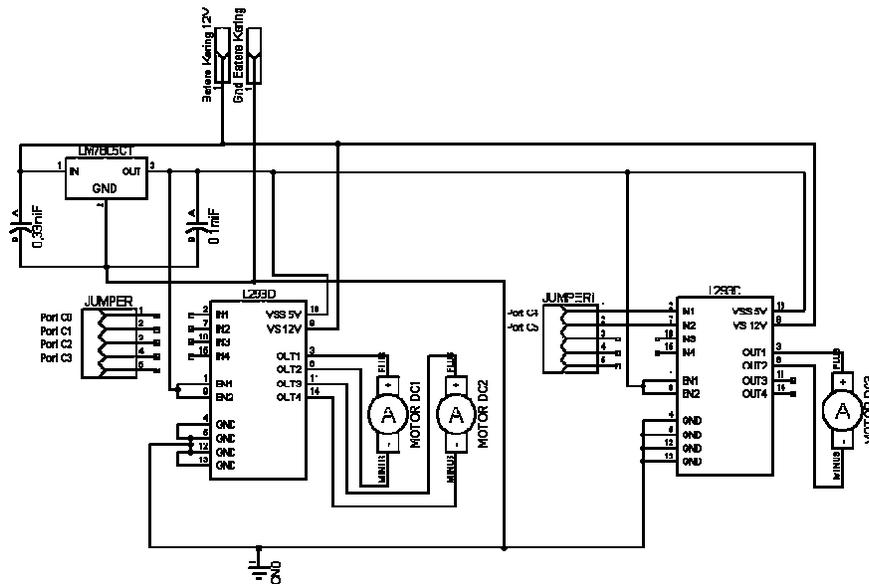
Gambar 3.5 menunjukkan rangkaian penampil kristal cair (LCD) yang dihubungkan pada Port A (A_0 sampai dengan A_2 dan A_4 sampai dengan A_7) dari mikrokontroler AVR ATmega16. Resistor Variabel (VR) sebesar $10K\Omega$ dipasang untuk mengatur kontras karakter pada penampil kristal cair (LCD).

f. Rangkaian Penggerak Motor DC

Pada rancangan robot pendeteksi jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16 digunakan motor DC dengan sistem *gearbox* serta penggerak motor DC menggunakan IC L293D. Mikrokontroler membutuhkan sebuah rangkaian untuk menggerakkan motor DC yang dinamakan rangkaian penggerak motor DC.

Rangkaian Penggerak L293D merupakan penggerak 4 kanal arus tinggi dan tegangan tinggi monolitik terintegrasi yang didesain untuk menerima tingkat logika standar TTI dan DTL, serta menggerakkan beban induksi seperti motor DC. Rangkaian Penggerak L293D digunakan untuk mengatur arah putaran motor DC.

Gambar rangkaian penggerak motor DC diperlihatkan pada Gambar 3.6.

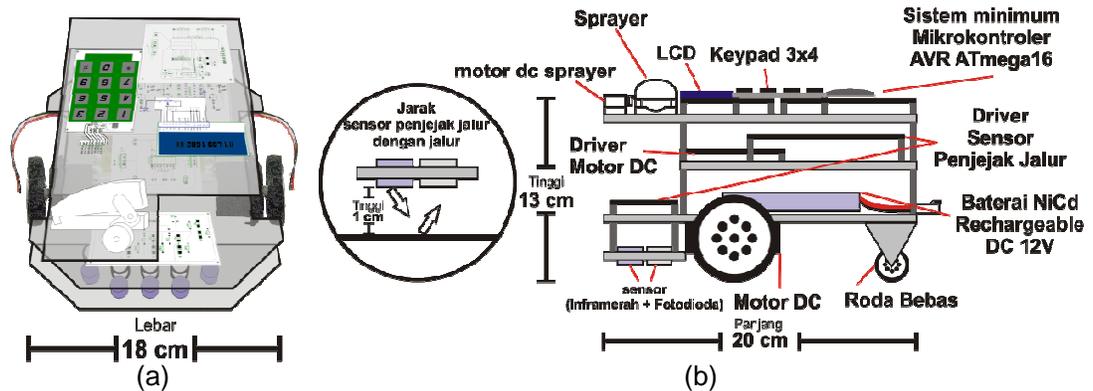


Gambar 3.6. Rangkaian Penggerak Motor DC

Rangkaian penggerak motor DC dihubungkan pada Port C, *Input 1* dan *Input 2* dihubungkan pada PortC₀ dan PortC₁, sedangkan *Input 3* dan *Input 4* dihubungkan pada PortC₂ dan PortC₃ dari mikrokontroler AVR ATmega16. Untuk motor DC sprayer, *input 1* dan *input 2* dihubungkan pada PortC₄ dan Port C₅.

g. Rancangan Robot Penjejak Jalur Dengan Sistem Aktivasi 4 Kode Pin Berbasis Mikrokontroler AVR ATmega16

1. Rancangan Robot (Gambar 3.7)



Gambar 3.7 Rancangan Robot Penjejak Jalur (a) tampak depan (b) tampak samping

Dari gambar 3.7 dapat dijelaskan bahwa robot penjejak jalur memiliki beberapa bagian dalam rancangan, yaitu robot penjejak jalur memiliki dimensi panjang 20 cm, lebar 18 cm, dan tinggi 13 cm, terdiri dari 3 tingkat, tingkat paling bawah ditempatkan sensor penjejak jalur berupa inframerah dan fotodiode, tempat baterai, penggerak sensor, dan tempat mounting untuk motor DC dan roda, tingkat kedua terdiri dari rangkaian penggerak motor DC, penggerak sensor penjejak jalur, dan regulator tegangan. Sedangkan tingkat ketiga terdiri rangkaian penampil kristal cair (LCD), rangkaian papan tombol (keypad), modul sprayer, dan sistem minimum mikrokontroler AVR ATmega16.

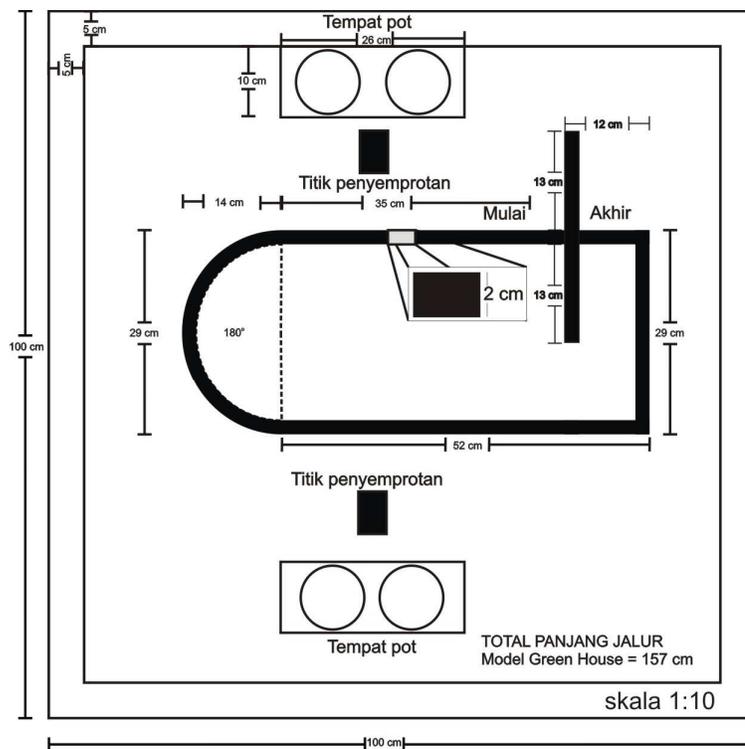
Di tiap tingkatan diperkuat oleh sekrup dan baut untuk memperkokoh rancangan robot penjejak jalur. Khusus untuk roda, robot penjejak jalur memiliki 3 roda, yang terdiri dari 2 roda di kiri kanan

independen, berfungsi untuk berjalan ke depan dan 1 roda bebas untuk mempermudah manuver robot penjejak jalur.

Sensor yang digunakan pada robot penjejak jalur adalah inframerah dan fotodiode berbasis ON/OFF sebanyak 5 pasang dan 1 pasang sensor pendeteksi pot dengan penggerak IC LM324. Jarak antara jalur dan sensor penjejak jalur yaitu 1 cm. Sensor penjejak jalur yang mendeteksi jalur hitam di atas papan putih memberikan nilai 0 jika berada di jalur hitam, dan bernilai 1 jika di luar jalur.

Aktuator menggunakan dua buah motor DC dengan gearbox yang dikendalikan secara ON/OFF, dan 1 buah motor DC gearbox untuk penggerak sprayer, dikendalikan dengan penggerak IC L293D.

2. Rancangan Jalur (Gambar 3.8)



Gambar 3.8 Rancangan jalur robot penjejak jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16

Robot penjejak jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16 akan berjalan melalui jalur berwarna hitam dengan lebar pita jalur 2 cm dan total panjang jalur 157 cm. di sisi samping terdapat pot tanaman yang di depannya diberi titik penyemprotan berupa lakban warna hitam. Robot penjejak jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16 akan berhenti di ujung jalur. Rancangan Jalur robot penjejak jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16 ditunjukkan pada Gambar 3.8.

h. Perancangan Program Robot

1. Penentuan Port Mikrokontroler Pada Robot Penjejak Jalur

Penentuan port mikrokontroler dilakukan dengan tujuan untuk mempermudah menentukan penempatan alamat dari masukan seperti sistem sensor penjejak jalur dan papan tombol, serta keluaran seperti penggerak motor DC. Jumlah Port yang digunakan dalam penelitian robot penjejak jalur dengan sistem aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16 sebanyak 4 Port (PortA, PortB, PortC, PortD). Berikut Penjelasan Port yang digunakan.

a. PortA

PortA digunakan untuk pemakaian LCD dengan konfigurasi pada mikrokontroler AVR ATmega16 yang ditampilkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Penggunaan PortA

PA.7	PA.6	PA.5	PA.4	PA.3	PA.2	PA.1	PA.0	Keterangan	Alamat (Hex)
DB.7	DB.6	DB.5	DB.4	-	EN	RD	RS	LCD	-

b. PortB

PortB digunakan untuk input dari sistem sensor penjejak jalur yang berupa LED inframerah dan fotodioda. Terdiri dari 6 pasang sensor, dengan konfigurasi 5 pasang sensor untuk penjejak jalur dan 1 pasang sensor untuk posisi titik pot. Tabel 3.2 menampilkan data dan alamat masukan sensor yang digunakan pada PortB mikrokontroler AVR ATmega16.

Tabel 3.2 Penggunaan PortB

PB.7	PB.6	PB.5	PB.4	PB.3	PB.2	PB.1	PB.0	Keterangan	Alamat (Hex)
1	1	0	0	0	0	0	1	Sensor kiri 1	C1
1	1	0	0	0	0	1	0	Sensor kiri 2	C2
1	1	0	0	0	1	0	0	Sensor tengah	C4
1	1	0	0	1	0	0	0	Sensor kanan 2	C8
1	1	0	1	0	0	0	0	Sensor kanan 1	D0
1	1	1	0	0	1	0	0	Sensor pot	E4

c. PortC

PortC digunakan sebagai keluaran untuk masukan ke penggerak motor DC IC L293D. Selanjutnya akan diproses sebagai pengendali motor DC dari 6 pasang sensor yang sebelumnya diproses oleh mikrokontroler. Tabel 3.3 menampilkan data dan alamat keluaran penggerak motor DC yang digunakan pada PortC mikrokontroler AVR ATmega16.

Tabel 3.3 Penggunaan PortC

PC.7	PC.6	PC.5	PC.4	PC.3	PC.2	PC.1	PC.0	Keterangan	Alamat (Hex)
1	1	1	1	0	1	0	1	Maju	F5
1	1	1	1	0	1	1	1	Belok Kiri	F7
1	1	1	1	0	1	1	0	Belok Kiri Tajam	F6
1	1	1	1	1	1	0	1	Belok Kanan	FD
1	1	1	0	1	0	0	1	Belok Kanan Tajam	F9
1	1	1	1	0	0	0	0	Berhenti	F0
1	1	0	1	0	0	0	0	Sprayer semprot	D0

d. PortD

PortD digunakan sebagai masukan papan tombol (*keypad*). Selanjutnya akan diproses sebagai masukan kode PIN yang diproses oleh mikrokontroler. Tabel 3.4 menampilkan data dan alamat masukan papan tombol yang digunakan pada PortD mikrokontroler AVR ATmega16.

Tabel 3.4 Penggunaan PortD

PD.7	PD.6	PD.5	PD.4	PD.3	PD.2	PD.1	PD.0	Keterangan Tombol	Alamat (Hex)
1	0	1	1	0	1	1	1	#	B7
1	1	0	1	0	1	1	1	0	D7
1	1	1	0	0	1	1	1	*	E7
1	0	1	1	1	0	1	1	9	BB
1	1	0	1	1	0	1	1	8	DB
1	1	1	0	1	0	1	1	7	EB
1	0	1	1	1	1	0	1	6	BD
1	1	0	1	1	1	0	1	5	DD
1	1	1	0	1	1	0	1	4	ED
1	0	1	1	1	1	1	0	3	BE
1	1	0	1	1	1	1	0	2	DE
1	1	1	0	1	1	1	0	1	EE

i. Pembuatan Program Robot Penjejak Jalur Dengan Sistem Aktivasi 4 Kode PIN Berbasis Mikrokontroler AVR ATmega16

Dalam pengembangan sistem menggunakan mikrokontroler AVR ATmega16, pembuatan program robot menggunakan perangkat lunak CodeVisionAVR V.2.04.6 Evaluation. Code Vision AVR V.2.04.6 Evaluation merupakan perangkat lunak *C-Cross compiler*, program dapat ditulis dalam bahasa C, Codevision memiliki IDE (*Integrated Development Environment*) yang lengkap, penulisan program, *compile*, *link*, pembuatan kode mesin (*assembler*) dan *download* program ke *chip* AVR dapat dilakukan pada Codevision, terdapat fasilitas terminal, yaitu untuk melakukan komunikasi serial dengan mikrokontroler

yang sudah diprogram. Program CodeVisionAVR didesain untuk bekerja di bawah sistem operasi Windows 95, 98, Me, NT 4, 2000 dan XP.⁶⁶

Hasil dari penulisan program berbasis bahasa C pada editor teks CVAVR dapat disimpan dengan nama berekstensi, *file source (*.c)*, *file project (*.prj)*, dan *file codewizard project (*.cwp)*. Setelah program selesai dibuat, program *file source (*.c)* dengan bahasa C harus dikompilasi terlebih dahulu. Proses *download* program ke IC mikrokontroler AVR dapat menggunakan sistem *download* secara ISP (*In-System Programming*) berupa Kanda System STK200+/300 untuk AVR *Chip Programmer Type*.

Adapun tahap *download* program adalah sebagai berikut:

1. Jika program sudah dibuat, *compile* program, pilih *Project | Compile*.
2. Jika ada kesalahan, klik keterangan *error* atau *warning* yang terdapat pada bagian *Messages*, kemudian letak kesalahan akan ditampilkan, perbaiki kesalahan tersebut dan kompilasi kembali.
3. Jika sudah tidak ada *error*, pilih *Project | Make*.
4. *Setting programmer*, pilih *Settings | Programmer*, pilih Kanda System STK200+/300 untuk AVR *Chip Programmer Type*. Pilih printer *port* = LPT1: 378h, biarkan *Delay Multiplier* = 1, dan pilihan untuk ATmega 16. Lalu tekan OK.
5. Untuk memasukkan program ke *Chip* Mikrokontroler ATmega16, pilih *Tools | Chips Programmer | Program All*. Tunggu sampai 60 detik hingga proses *download* selesai.

⁶⁶ CodeVisionAVR Version 1.24.7 User Manual. (HP Infotech. 2005). hal 7.

F. Kriteria Pengujian Rangkaian

Peneliti melakukan tahap pengujian rangkaian terhadap rangkaian sistem minimum mikrokontroler AVR ATmega16, rangkaian Catu Daya DC Tetap 5 V, rangkaian sensor Inframerah, rangkaian papan tombol (*keypad*), rangkaian penampil kristal cair (LCD), rangkaian penggerak motor DC, dan alat secara keseluruhan.

1. Pengujian Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler AVR ATmega16.

Pengujian rangkaian sistem minimum mikrokontroler AVR ATmega 16 adalah dengan menghubungkan Port A mikrokontroler dengan rangkaian *Light Emitting Diodes* (LED) sebagai indikator. Apabila program bahasa C membuat LED menyala dengan pola kerlap-kerlip, mengindikasikan bahwa rangkaian berfungsi.

```
#include <mega16.h>
#include <delay.>
void main(void) {
  DDRA=255;
  PORTA=255;
  While (1) {
    PORTA.0=0 ; //LED PA0 menyala
    PORTA.1=0 ; //LED PA1 menyala
    Delay_ms(1000) ; //Delay 1 detik
    PORTA.0=1 ; //LED PA0 mati
    PORTA.1=1 ; //LED PA1 mati
    Delay_ms (2000) ; //Delay 2 detik
  } ; //akhir looping
} //akhir program utama
```

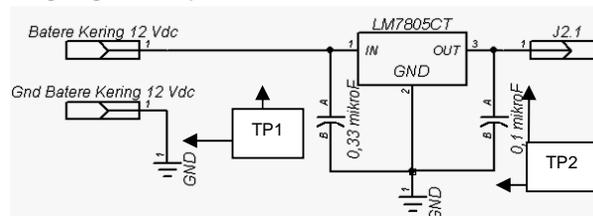
Pada saat proses program tidak dapat berjalan dapat dilakukan pengukuran pada Port A dari sistem minimum mikrokontroler AVR ATmega 16 untuk mengetahui besar tegangan pada saat kondisi “0” (*low*) dan “1” (*high*), hasil pengukuran dapat dimasukkan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Pengujian Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler AVR ATmega16

Kondisi LED	Besarnya Tegangan Port A	
	Port A.0	Port A.1
Menyala / High (1)	... V	... V
Padam / Low (0)	... V	... V

2. Pengujian Rangkaian Catu Daya DC Tetap (5 V)

Pengujian rangkaian catudaya DC tetap 5 V dilakukan dengan menggunakan multimeter pada tiap titik pengukuran (TP) dari rangkaian regulator tegangan. Gambar 3.9 menunjukkan titik-titik pengukuran pada masukan dan keluaran regulator tegangan tetap DC 5 V.



Gambar 3.9. Titik-titik pengukuran rangkaian catu daya DC tetap 5 V

Hasil pengukuran dimasukkan ke dalam Tabel 3.6.

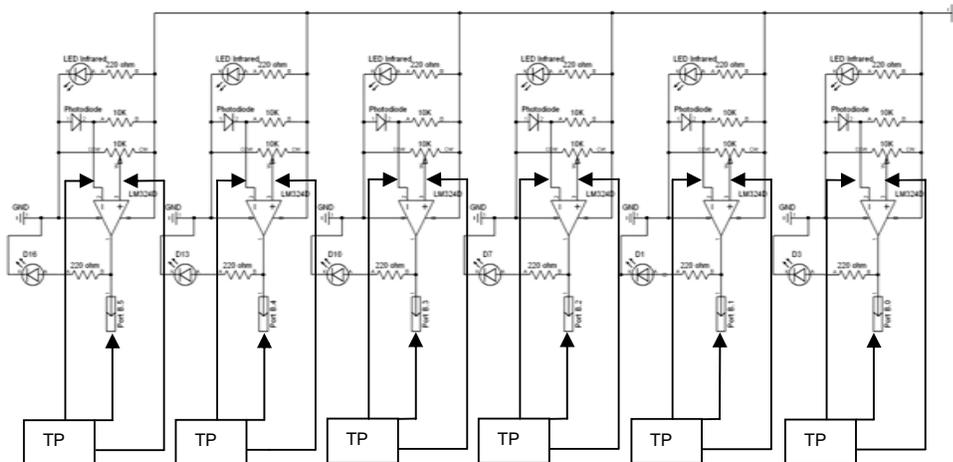
Tabel 3.6 Pengujian Rangkaian Catu Daya DC tetap (5 V)

Sumber Tegangan	Besarnya Tegangan Titik Pengukuran (Dengan Beban)	
	TP1	TP2
5Vdc	... V	... V
Batere 12V (masukan)	... V	-

3. Pengujian Rangkaian Sistem Sensor Pendeteksi Jalur

Rangkaian sensor pendeteksi jalur dikatakan baik apabila mengeluarkan logika 0 (*low*) jika mendeteksi jalur berwarna hitam dan berlogika 1 (*high*) jika mendeteksi jalur berwarna putih. Pengujian sensor inframerah dilakukan dengan cara mengukur tegangan keluaran yang dihasilkan pada titik pengukuran (TP) ketika mendeteksi jalur berwarna hitam atau mendeteksi jalur berwarna putih.

Pengujian dilakukan pada titik pengukuran sensor kiri, tengah dan kanan seperti ditunjukkan Gambar 3.10



Gambar 3.10. Titik-titik pengukuran rangkaian sensor pendeteksi jalur

Hasil pengukuran dicatat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Pengujian Rangkaian Sensor Pendeteksi Jalur

Sensor	Besar Tegangan Titik Pengukuran (Volt)					
	Logika 0 (low) warna hitam			Logika 1 (high) warna putih		
	Vin LM324 (+)	Vin LM324 (-)	Vout LM324 (+)	Vin LM324 (+)	Vin LM324 (-)	Vout LM324 (+)
	Non inverting	inverting	(+)	Non inverting	inverting	(+)
Sensor Kiri 1						
Sensor Kiri 2						
Sensor Tengah						
Sensor Kanan 2						
Sensor Kanan 1						
Sensor Sprayer						

4. Pengujian Rangkaian Papan Tombol (*Keypad*)

Pengujian rangkaian papan tombol (*keypad*) dilakukan dengan melakukan penekanan pada tombol berupa logika 1 (*high*) atau 0 (*low*) di tiap baris maupun kolom dari papan tombol. Hasil pengukuran dicatat pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8. Pengujian Rangkaian Papan Tombol (*Keypad*)

Tombol	Kolom								Baris	Hex.
	PD.7	C3	C2	C1	R4	R3	R2	R1		
		PD.6	PD.5	PD.4	PD.3	PD.2	PD.1	PD.0		
1	1									
2	1									
3	1									
4	1									
5	1									
6	1									
7	1									
8	1									
9	1									
0	1									
*	1									
#	1									

5. Pengujian Rangkaian Penampil Kristal Cair (LCD)

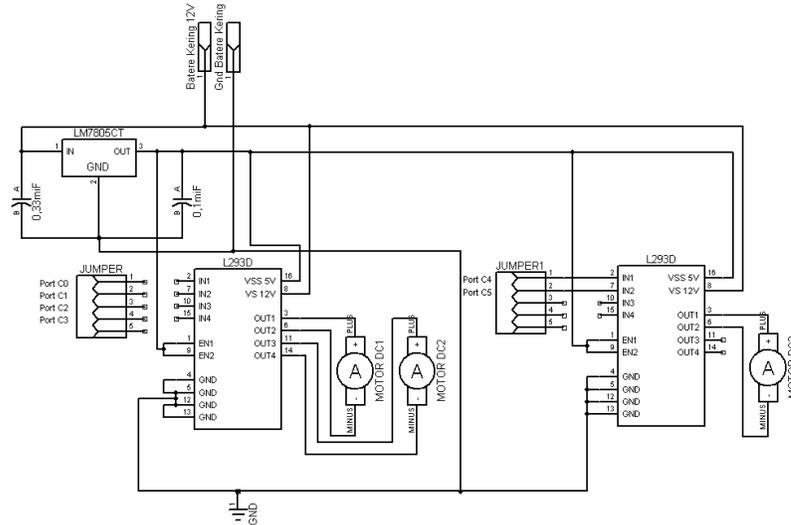
Pengujian rangkaian penampil kristal cair (LCD) dilakukan dengan melihat tampilan dalam tiap proses. Mulai dari robot diam (*standby*), pengaktifan robot berupa masukan PIN, Pembatalan PIN, Kesalahan PIN, hingga deaktivasi robot. Hasil pengujian tampilan dicatat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Pengujian Rangkaian Penampil Kristal Cair (LCD)

No.	Proses Sistem	Tampilan LCD
1	Robot diam (<i>standby</i>)/ deaktivasi	
2	Robot bergerak / diaktifkan	
3	Tombol "*" ditekan	
4	Tombol "#" ditekan	
5	PIN salah 3X	

6. Pengujian Rangkaian Penggerak Motor DC

Pengujian rangkaian penggerak motor DC dilakukan pada bagian masukan penggerak motor DC (IN1-IN4) dari L293D atau keluaran mikrokontroler dengan memberikan logika 1 (*high*) atau 0 (*low*), serta pada keluaran penggerak motor DC (Out 1 dan Out 3) dari L293D atau masukan motor DC, rangkaian penggerak motor DC ditunjukkan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 rangkaian penggerak motor DC.

Hasil pengukuran dicatat pada Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Pengujian Rangkaian Penggerak Motor DC

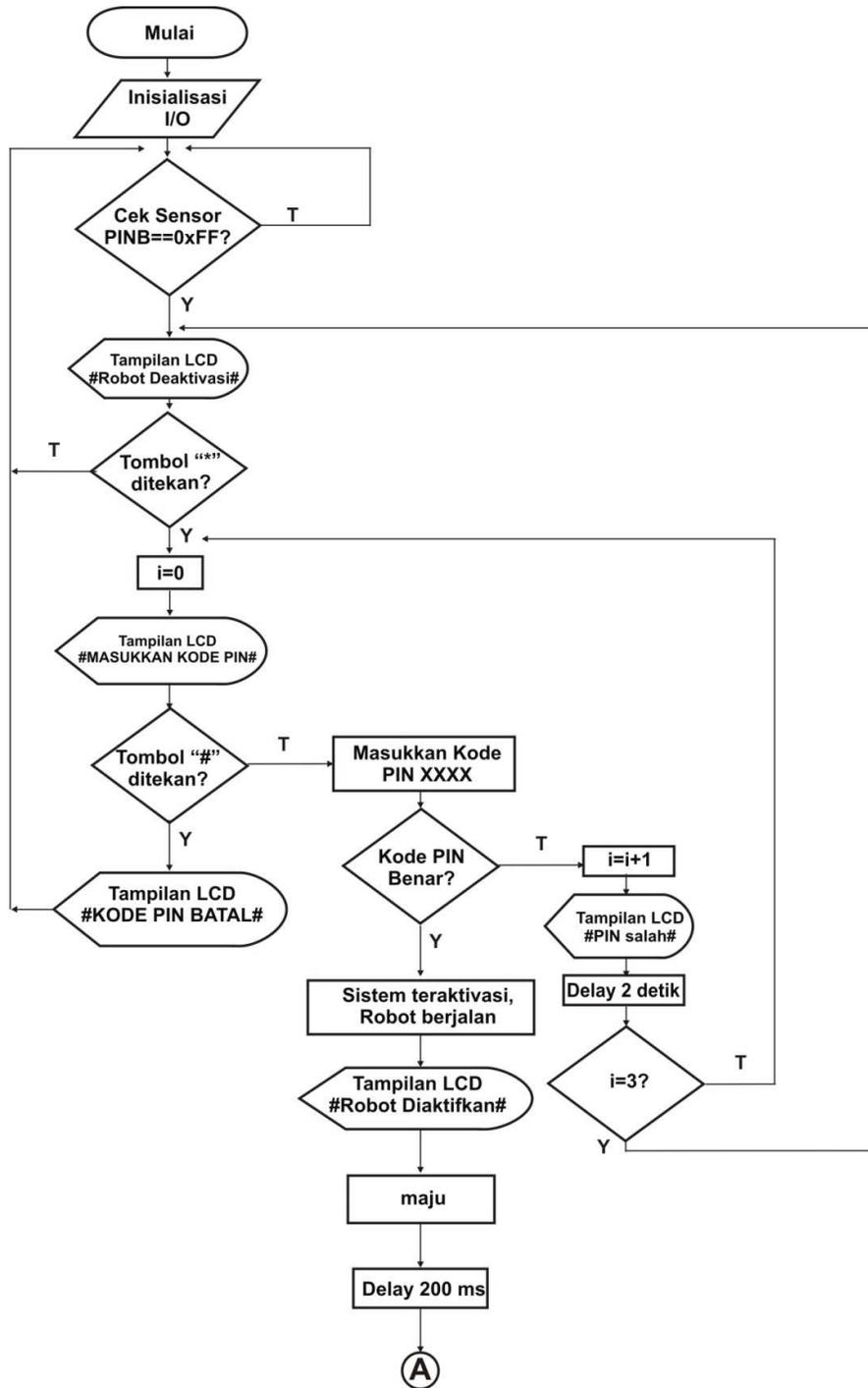
INPUT		OUTPUT (volt)		Arah putaran Motor DC Kanan CW (Clock Wise)/CCW (Counter Clock Wise)
IN1 PC.0	IN2 PC.1	Out1	Out2	
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			
INPUT		OUTPUT (volt)		Arah putaran Motor DC Kiri CW (Clock Wise)/CCW (Counter Clock Wise)
IN3 PC.2	IN4 PC.3	Out3	Out4	
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

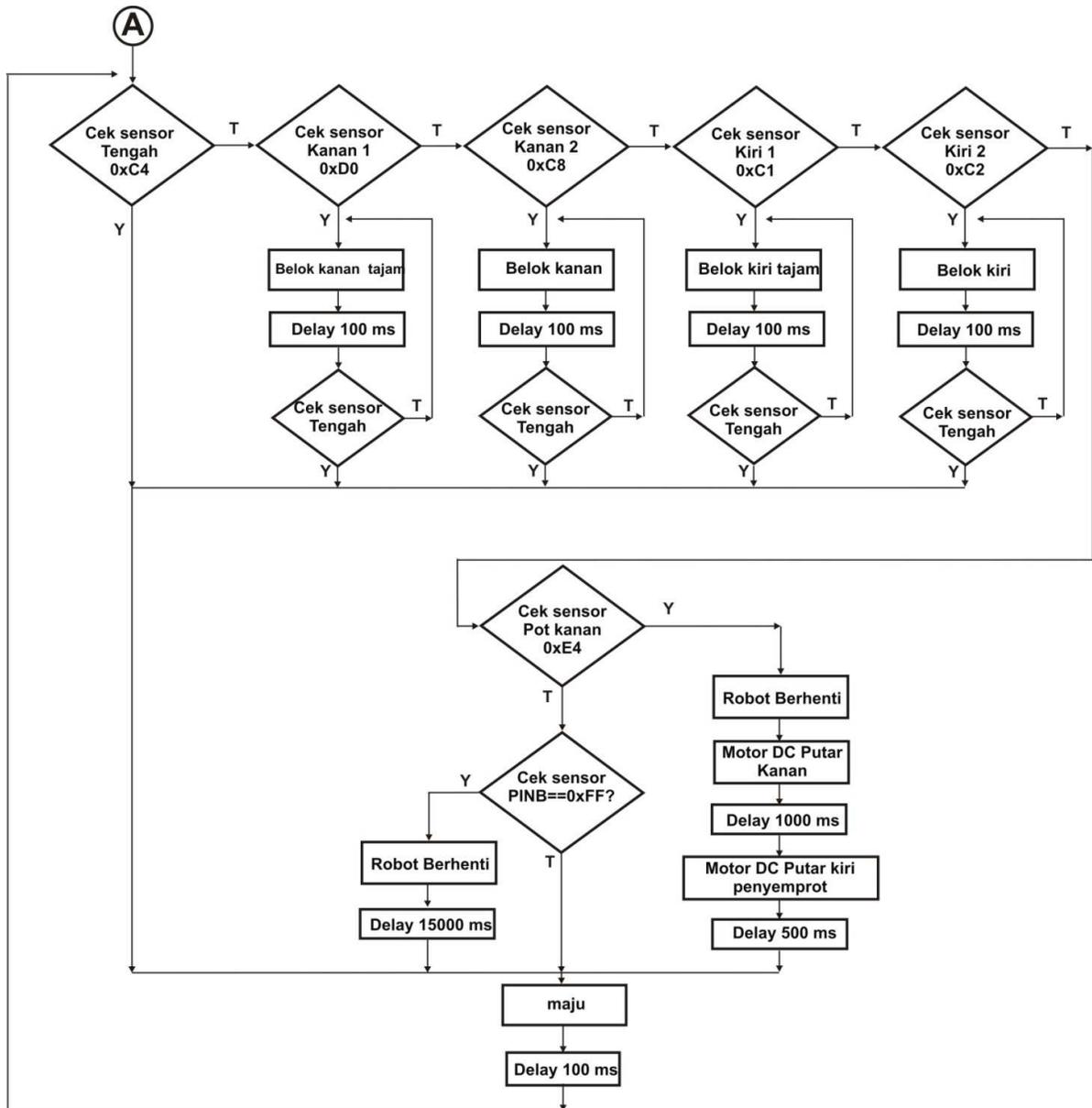
INPUT		OUTPUT (volt		Arah putaran Motor DC Sprayer CW (<i>Clock Wise</i>)/CCW (<i>Counter Clock Wise</i>)
IN1 PC.2	IN2 PC.3	Out1	Out2	
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

7. Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Robot penjejak jalur teraktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16 dikatakan bekerja dengan baik apabila *scanning* kode PIN pada papan tombol (*keypad*) dan deteksi sensor jalur inframerah dapat diproses oleh mikrokontroler AVR ATmega16 yang telah diprogram dan mampu mengeluarkan kondisi untuk menampilkan proses yang terjadi pada layar LCD serta menggerakkan motor DC.

Flowchart proses program dapat dilihat pada Gambar 3.12.





Gambar 3.12 *Flowchart* keseluruhan sistem robot penjejak jalur menggunakan aktivasi 4 kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16

Dalam pengujian alat secara keseluruhan, pengujian dilakukan pada masing-masing fungsi dari blok rangkaian. Gambar 3.13 menunjukkan blok-blok rangkaian yang diuji secara keseluruhan.



Gambar 3.13 Pengujian blok-blok rangkaian secara keseluruhan

Langkah-langkah pengujian alat secara keseluruhan adalah sebagai berikut:

- a. *Switch On* sistem batere untuk mengaktifkan sistem pengaktifasian Kode PIN berbasis mikrokontroler AVR ATmega16.
- b. Ikuti Prosedur Operasional Standar penggunaan robot yang dapat dilihat pada lampiran.
- c. Catat hasil kondisi alat pada Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Pengujian blok-blok rangkaian secara keseluruhan

No.	Keypad	Sensor Jalur Inframerah	LCD	Motor DC
1				
2				
3				
4				