

LINE FOLLOWER ROBOT BERBASISKAN MIKROKONTROLER ATMEL 16

Yani Prabowo ¹⁾, Sisyanto Hepy ²⁾

^{1) 2)} Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur
Jl. Ciledug Raya Petukangan Utara, Jakarta Selatan, 12260
e-mail : ¹⁾ yani.prabowo@budiluhur.ac.id

Abstract

Robotics is continuous growing unconscious man had begun to rely on robots to help in a variety of jobs, especially jobs that are routine and very dangerous. This study is an exploration and development of robotics by using the ATMEL microcontroller 16, the task of the robot is designed to follow the track by reading sensors and duties in accordance with a given program. This robot moves automatically and runs follow existing line on the field or by tracking and carrying objects and put them together. This robot uses one microcontroller ATMEL 16 that can be programmed within their command. Microcontroller in used for tracking a white line at 5 cm, where the sensor tracking used 6 LDR sensor. This microcoltroller is used for picking and flower Krathong and shift the body. Tracking sensors used are LDR sensor reading the ADC, the analog voltage from the sensor where it will be converted into a digital voltage. Atmega16 microcontroller it self al ready has an internal ADC, and can be actived through the program.

Keyword : Microcontroller, Robotics, Sensor Tracking, Embeded Program

1. PENDAHULUAN

Di zaman teknologi maju seperti sekarang, banyak robot-robot cerdas dengan bentuk dan fungsi yang beragam. Robot-robot mampu berkerja secara otomatis menggantikan tugas-tugas yang biasanya dilakukan manusia. Bekerja pada lokasi berbahaya seperti gunung berapi dan lapangan ranjau adalah pekerjaan berbahaya yang sekarang digantikan oleh robot. Meskipun mempunyai fungsi yang sama, desain, cara kerja, dan kinerjanya tergantung pada kretifitas pembuatnya. Dari sisi desain dan cara kerja, rata-rata robot menunjukkan kecanggihan dengan strategi dan pemakaian komponen yang bermacam-macam. Sebagaimana telah kita ketahui bahwa banyak robot yang kinerjanya dikontrol dengan cara merubah program-program pada komputer.

Urutan kerja yang harus dilakukan oleh robot telah diprogramkan ke dalam

perangkat lunak, sehingga computer dapat melaksanakan program tersebut dan robot akan melaksanakan semua perintah yang terkandung pada program tersebut. Namun dalam penggunaan komputer pada waktu mengontrol robot terlihat kurang efisien jika dilihat dari sisi pemakaian listrik dan mobilitas, maka digunakan mikrokontroler ATMEGA16 sebagai pengendali robot. Untuk efisiensi maka sistem gerak robot memakai roda dengan motor DC sebagai roda penggerak belakang sekaligus penentu arah belokan.

Robot ini merupakan robot otomatis yang memiliki kemampuan tracking sesuai dengan database dan program yang ada di dalam mikrokontroler robot tersebut, dan juga melakukan gerakan mekanik secara otomatis. Sehingga robot ini bisa melakukan perpindahan dari suatu tempat ke tempat yang lain sesuai dengan track yang telah disediakan bagi

robot tersebut dan melakukan banyak gerakan mekanik untuk meletakkan balok serapih mungkin (Budiharto, W.2004) [1]. Sebagai proses kontrol dan pengendali utama dari sistem robot tersebut, pada penelitian ini digunakan mikrokontroler ATMEGA16 keluaran ATMEL. Penggunaan mikrokontroler ATMEGA16 sebagai pengontrol dari sistem robot ini karena kemampuannya dalam melakukan penanganan terhadap sistemnya dan mampu melakukan pengontrolan dengan baik, sehingga pergerakan atau tracking dari robot ini sesuai dengan program yang sudah ada. Mikrokontroler ini sangat mudah didapat dipasaran dan memiliki kapasitas karakteristik komponen yang mendukung untuk aplikasi kerja sistem yang dirancang (Budiharto, W.2004) [2]. Tujuan Penelitian ini adalah mempelajari dan mengembangkan sistem pengendalian robot tracking dengan menggunakan mikrokontroler ATMEGA16. penelitian ini membatasi perancangan **“LINE FOLLOWER BERBASIS ATMEGA16”** sebagai berikut :

1. Satu buah mikrokontroler yang digunakan sebagai pengendali dan pengontrol utama dari sistem yang di rancang.
2. Sensor LDR yang digunakan sebagai sensor *tracking* dan kemudi robot.
3. 4 buah motor DC digunakan sebagai penggerak maju dan mundur roda, penggeser dan pengangkat objek.
4. Lintasan dan lapangan yang berupa garis putih, dengan lebar 5 cm, serta bentuk *track* yang telah ditentukan sebelumnya.
5. Pergerakan yang dapat dilakukan robot sesuai dengan *database* dan program yang telah dibuat.
6. *Software* / perangkat lunak yang digunakan adalah bahasa pemrograman BASCOM-AVR yang dibuat khusus untuk mikrokontroller berbasis AVR.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi pustaka, materi presentasi, literatur dan bahan lainya sebagai bahan referensi dan landasan ilmu dalam perancangan robot serta melakukan eksperimen dengan membuat perancangan dan uji coba perancangan seperti pembuatan dan pengujian alat-alat yang meliputi diagram blok rangkaian dengan memperhatikan data-data keseluruhan sehingga sistem dapat bekerja sesuai dengan proses yang diinginkan.

3. HASIL DAN DISKUSI

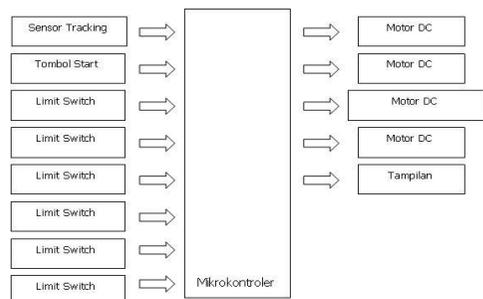
3.1. PERANCANGAN SISTEM

Dalam penelitian ada beberapa hal yang harus diperhatikan, seperti pemilihan komponen, rangkaian yang akan dibuat dan bahan atau material dari alat sampai harga komponen dan ketersediaan dipasaran.

1. Diagram Blok, dan Cara Kerja Alat

1.1. Diagram Blok

Perancangan dilakukan berdasarkan blok per blok dari setiap rangkaian, dimana tiap-tiap blok mempunyai fungsi masing-masing dan blok rangkaian yang satu dengan blok rangkaian yang lain merupakan satu kesatuan yang saling terkait dan berhubungan serta membentuk satu kesatuan yang saling menunjang kerja dari sistem. Blok rangkaian dari Robot ini dapat dilihat selengkapnya pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Rangkaian Keseluruhan

Diagram blok diatas dijelaskan bahwa *input* yang masuk pada mikrokontroler akan menggerakkan motor yang merupakan output pada mikrokontroler. Disini dapat dilihat pentingnya peranan mikrokontroler, yang mana mikrokontroler akan mengolah *input* dan mengatur output. Jadi mikrokontroler merupakan pengendali utama dari sistem kerja robot.

1.2. Cara Kerja Alat

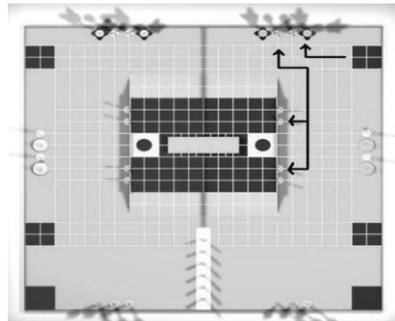
Sebelumnya penulis telah membuat garis putih sebagai lintasan serta obyek dan tempat objek diletakkan. Pada objek menggunakan bahan triplek dan plastik, pada saat diberi tegangan robot akan berjalan mengikuti garis putih yang dijadikan sebagai lintasan dan mengambil objek yang akan diletakkan pada tempat yang telah diatur sebelumnya. Pada prinsipnya robot ini merupakan robot tracking yang melakukan pergerakan berdasarkan 4 buah sensor track dan 2 buah sensor kemudi yang diletakkan pada bagian bawah robot. Sensor track merupakan pusat dari pergerakan robot karena sensor inilah yang melakukan perhitungan jarak yang ditempuh oleh robot dan sensor kemudi mengemudikan robot agar tidak keluar dari lintasan yang sudah dibuat.

Pada saat robot dijalankan, robot akan menghitung counttrack. Setelah robot ini sampai pada tempat pengambilan objek, *limit switch* Objek akan menyentuh objek lalu robot akan melakukan pengambilan objek dengan cara menjepit objek tersebut dan ekspansi keatas hingga mengenai *limit switch* yang berada diatas pada bagian tiang. Setelah objek dijepit dilanjutkan dibawa ke tempat dimana objek tersebut harus diletakkan. Sesampainya di tempat peletakkan objek robot melakukan ekspansi kebawah yang akan mengenai *limit switch* yang berada di bawah pada tiang dan mekanik bergeser sampai limit objek menyentuh

pole lalu melepaskan objek, kemudian robot kembali ke tempat *start*.

2. Area Kerja

Area kerja ini digunakan sebagai arena kerja dari robot tersebut, ditunjukkan gambar 2. Dengan ketentuan seperti : (1) Lintasan berwarna putih, dengan lebar 5cm, dengan latar belakang berwarna hitam atau hijau atau biru. (2) Robot dapat bergerak melintasi lintasan yang mempunyai persimpangan. (3) Robot dengan mengambil objek dan membawa ketempat yang ditentukan dengan cara menjepit dan mengangkat objek tersebut.

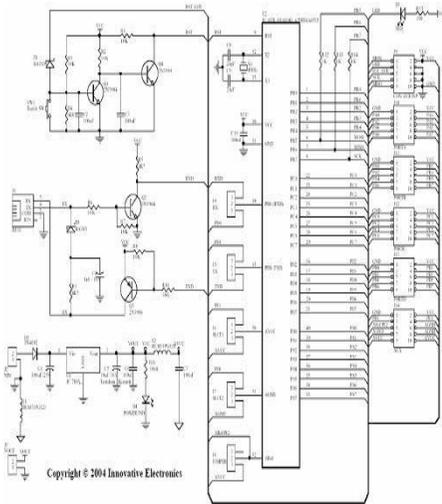


Gambar 2. area kerja
(<http://www.aburobocon2011.com>)

3. Rangkaian Keseluruhan

3.1. Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA16

Rangkaian ini merupakan jantung dan pusat rangkaian sebagai pengendali utama seluruh rangkain yang ada, dimana dipilihlah *IC Mikrokontroler ATMEGA16*. Gambar rangkaian ATMEGA16 ditunjukkan gambar 3. *Mikrokontroler* ini mempunyai 2 buah *port* yang digunakan sebagai *input-output (I/O)* dan 1 buah *port analog to digital converter* dan 1 *port* yang dapat digunakan untuk komunikasi *serial*. Ketiga buah *port I/O* itu adalah *port B*, *port C (P1)*, *port A* dapat berfungsi sebagai *port ADC* dan *port D* dapat berfungsi sebagai *port komunikasi serial*.



Gambar 3. Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA16 pada DT-AVR (www.innovativeelectronics.com)

Agar mikrokontroler dapat bekerja maka dibutuhkan suatu rangkaian *osilator* sebagai sumber *clock* dan dalam hal ini digunakan osilator internal yang sudah ada dalam mikrokontroler ATMEGA16, tinggal dihubungkan dengan sebuah kristal 4 MHz. C2 dan C3 merupakan penstabil *clock* dan merupakan saran atau rekomendasi dari pabrik pembuatnya (Atmel). Prinsip kerja dari mikrokontroler ini sesuai dengan program yang dibuat dengan aliran data atau *flowchart* program yang dibuat pada sub pembahasan perancangan *software*.

Agar mikrokontroler dapat mengeksekusi program dari awal program (alamat 00H) maka mikrokontroler akan di reset secara otomatis saat catu daya pertama kali dihidupkan dimana untuk reset otomatis ini dilakukan oleh C1 dan R1 (*power on reset*). Dengan cara ini maka reset akan berlangsung secara otomatis, namun reset manual tetap diperlukan untuk keadaan tertentu.

3.2. Rangkaian Driver Motor DC

Rangkaian *driver* ini untuk mengendalikan motor DC yang akan digunakan pada robot. Motor DC yang akan diperlukan ada empat motor, yang mana untuk satu putaran motor diperlukan satu relay, jadi apabila motor yang digunakan ada empat sedangkan yang dibutuhkan satu motor dua relay maka butuh delapan relay. *Driver* motor menggunakan relay, yang penggunaan relay ini bertujuan untuk menghasilkan keluaran yang memiliki daya yang cukup besar agar kerja motor dapat bekerja dengan maksimal. Terdapat dua buah *input* yang akan menggerakkan motor dua arah. Misalkan *input* satu *NO* dan *input* dua *NC* maka motor akan berputar searah jarum jam, sebaliknya jika *input* *NC* dan *input* dua *NO* maka motor akan berputar berlawanan dengan arah jarum jam. ULN 2803 digunakan sebagai *interface* delapan unit *relay*, Setiap pin keluarannya adalah *free wheeling diode* yang akan melindungi motor dari tegangan balik.

3.3. Rangkaian Sensor Limit switch

Rangkaian sensor *limit switch* ini dipergunakan sebagai umpan balik bagi satu buah motor *ekspan* pada robot ini, sehingga ekspansi yang dilakukan oleh motor dapat diketahui dengan pasti oleh mikrokontroler. Untuk motor ekspansi objek digunakan 4 buah *limit switch*, untuk motor ekspansi pengangkat dan penurun lift digunakan 2 buah *limit switch*, untuk motor ekspansi geser kanan dan kiri digunakan 2 buah *limit switch*. Dimana pin yang *digroundkan* digunakan sebagai *input* bagi mikrokontroler.

3.4. Rangkaian Sensor LDR

Rangkaian sensor yang digunakan pada robot ini adalah rangkaian sensor LDR, yang terdiri dari rangkaian *transmitter* dan *receiver*. Rangkaian *transmitter* adalah rangkaian yang dibuat untuk membangkitkan LDR yang akan digunakan untuk sensor.

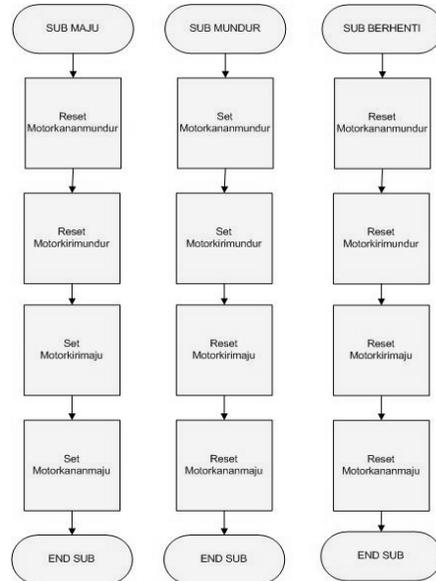
Pemilihan sensor ini didasarkan pada kemudahan pada pengaturan sensitifitas sensor. Dengan menggunakan sensor ini, untuk mendapatkan hasil kerja terbaik dari sensor, kita cukup mengatur frekuensi dari sensor LDR. Untuk mendapatkan hasil kerja yang lebih baik lagi, maka sensor LDR tersebut harus diberikan *filter* yang mengelinginya, sehingga cahaya lain diluar cahaya yang dihasilkan oleh rangkaian transmiter tidak ikut diterima oleh rangkaian *receiver*.

3.5. Rangkaian Keseluruhan Sistem

Setelah perancangan sistem secara blok per blok ditentukan, maka perancangan terakhir akan digambarkan secara keseluruhan rangkaian yang dapat dilihat pada gambar 6. Rangkaian keseluruhan sistem ini akan memperlihatkan keterkaitan seluruh sistem yang ada, mulai dari mikrokontroler ATMEGA16 sebagai pusat dari pengendali sampai sensor-sensor sebagai *input* dan motor DC sebagai *output*-nya.

3.6. Perancangan Perangkat Lunak

Setelah alat atau bagian *hardware* dibuat maka langkah berikutnya adalah membuat perangkat lunak atau *software* yang akan mendukung kerja dari *hardware* karena tanpa *software* maka *hardware* tidak akan bekerja, dengan demikian perangkat lunak atau *software* merupakan pola pikir dari alat/*hardware* dan memegang peranan yang penting. Gambar *flowchart* program utama rancangan alat dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 : Flowchart Rutin Maju, Mundur dan Berhenti

4. ANALISA DAN UJI COBA

Setelah melakukan perancangan dan pembuatan alat, maka tahap yang harus dilakukan selanjutnya adalah melakukan pengujian pada alat yang telah dibuat. Pengujian dan pengamatan dilakukan pada perangkat keras dan keseluruhan sistem yang terdapat dalam peralatan ini. Pengujian ini dilakukan dengan cara melakukan pengukuran pada tiap blok sistem alat, sehingga didapat perbandingan antara hasil pengujian yang didapat dengan perancangan sistem. Dan juga dapat dianalisa apakah sistem pada “*Line Follower*” berbasis mikrokontroler ATMEGA16 ini berfungsi dengan baik dan stabil. Tujuan dari pengukuran sistem ini adalah :

1. Mengetahui apakah perangkat keras yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik.
2. Dapat diketahui parameter perbandingan antara hasil pengujian dengan perancangan, sehingga dapat diketahui apakah kinerja sistem stabil.

4.1. Prosedur Pengujian

a. Setup Alat

Setup alat adalah langkah awal agar peralatan dapat bekerja secara optimal. Mikrokontroler ATMEGA16 ini merupakan keluarga dari AVR yang memiliki pin berjumlah 40, tetapi di sini saya hanya akan menjelaskan pin-pin yang digunakan pada perancangan alat, dimana masing-masing port pada mikrokontroler memiliki fungsi/kendali khusus. Hampir semua port pada mikrokontroler dapat digunakan sebagai *input* serta *output*.

b. Upload Software

Setelah melakukan perancangan dan pembuatan alat, langkah selanjutnya adalah penyusunan program pengendalian alat yang disertakan pada sistem ini. Program pengendali tersebut diberikan untuk mengatur proses kerja pada masing-masing rangkaian. Setiap pengendali yang disusun berbasis kontroler yang dalam hal ini menggunakan ATMEL ATMEGA16. Bahasa pemrograman yang digunakan sebagai pengatur sistem alat ini adalah bahasa basic.

4.2. Analisa dan Pengujian Sistem

Komponen-komponen alat yang digunakan :

1. Mikrokontroler ATMEGA16
2. Sensor LDR
3. Relay Board
4. Limit Switch
5. Motor DC

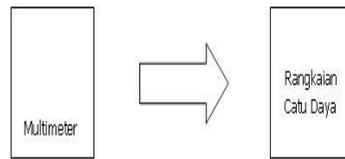
4.3. Sistem Pengukuran

Pengukuran dilakukan beberapa kali, dan dicatat dalam bentuk tabel. Dari data yang dikumpulkan pada tabel dapat simpulan dari alat tersebut sebagai berikut :

a. Pengukur Catu Daya

Rangkaian catur daya adalah hal pertama yang harus mendapat perhatian, mengingat catur daya merupakan sumber daya alat sehingga jika catur daya tidak bekerja maka alatpun tidak akan berjalan. Pengukuran

catur daya dapat diperlihatkan dengan menggunakan blok diagram, ditunjukkan pada gambar 5:



Gambar 5. Diagram Blok Pengukuran Catur Daya

Pengukuran dilakukan berulang-ulang dengan tujuan untuk meyakinkan apakah data yang diukur telah memenuhi standar rangkaian atau tidak. Catur daya yang sesuai perancangan adalah mempunyai tegangan keluaran positif 5 VDC. Berdasarkan pengukuran diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 1 :

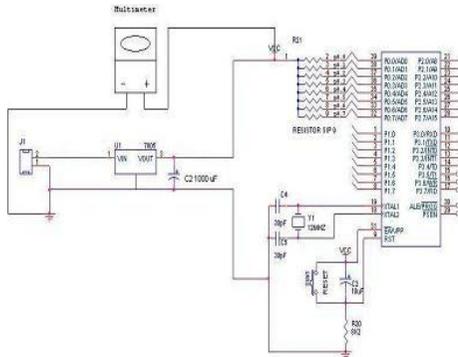
Hasil pengukuran tegangan output catur daya 5 Volt

VDC Pengukuran	V out
1	4.8 V
2	4.8 V
3	4.8 V
4	4.8 V
5	4.8 V

Analisa : *Output* tegangan pada pengukuran catur daya tampak sudah sesuai dengan perancanganya yaitu sekitar 4,8 VDC meskipun nilai tegangan tidak murni bernilai 5V, tetapi sudah memadai untuk digunakan.

b. Pengujian Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroler

Pengujian rangkaian ini dilakukan untuk memeriksa apakah tegangan yang nantinya masuk ke mikrokontroler sudah benar-benar memenuhi persyaratan. Pengujian rangkaian ini dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Pengujian Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroler

untuk mengetahui hasil *output* tegangan dari rangkaian minimum sistem mikrokontroler dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2
Hasil Pengujian Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroler

Pengukuran	Vcc Mikrokontroler
1	4,8 V
2	4,8 V
3	4,8 V
4	4,8 V
5	4,8 V

Dari tabel 2 diatas dapat disimpulkan bahwa Vcc yang diterima oleh mikrokontroler dipastikan aman untuk mikrokontroler yang akandigunakan. Perlu diketahui bahwa tegangan yang masuk ke dalam IC 7805 adalah jumlah voltase dari baterai yaitu 11,8 Volt. Hal ini digunakan untuk menjamin arus dan voltase yang diminta mikrokontroler selalu dapat terpenuhi.

Dan sebagai listing program sederhana sebagai berikut (dengan menggunakan *Bascom-AVR*) digunakan untuk menguji *porta.0* pada mikrokontroler, jika rangkaian bekerja dengan baik maka led akan berkedip setiap 1 detik.

```

Do
Set porta.0          'hidupkan
led
Wait 1              'tunggu satu
detik
Reset porta.0
Wait 1              'matikan led
detik                'tunggu 1
Loop
    
```

c. Pengujian dan Analisa Rangkaian Sensor LDR

Tegangan referensi (*Vref*) dari komparator ditentukan oleh tegangan *potensiometer*. Sedangkan tegangan input (*Vin*) komparator diperoleh dari bagi tegangan sumber (+5 V) antara *LDR* dengan R330. Saat *LDR* dalam keadaan terang maka hambatan dari *LDR* menjadi sangat kecil sehingga *Vin* menjadi kecil, jika tegangan $Vin < Vref$, maka output komparator akan menjadi high (+ 5V). Sedangkan saat dalam keadaan gelap hambatan dari *LDR* menjadi sangat besar sehingga *Vin* menjadi besar dan jika $Vin > Vref$ maka *output* dari komparator akan menjadi low (0 V). Dengan prinsip kerja ini rangkaian mampu mendeteksi keadaan gelap ± terang dari lingkungan sekitar dengan memberikan *output high* (+5 V) saat keadaan terang dan low (0 V) saat keadaan gelap.

Karena kerja dari komparator hanya membandingkan *Vin* dengan *Vref*-nya maka dengan mengatur *Vref*, kita sudah mengatur kepekaan sensor terhadap perubahan tingkat intensitas cahaya yang terjadi. Dimana semakin rendah *Vref* semakin sensitive komparator terhadap perubahan tegangan *Vin* yang diakibatkan oleh perubahan intensitas cahaya.

Pengujian rangkaian Sensor *LDR* dilakukan dengan cara meletakkan sensor di garis *tracking* berwarna putih dan dilapangan *tracking* berwarna hitam. Rangkaian sensor *LDR* ini diuji sudah menggunakan penutup cahaya dan ketinggian ± 3 cm.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor LDR

Pengukuran	Tegangan
1	4,8 V
2	4,8 V
3	4,8 V
4	4,8 V
5	4,8 V

d. Pengujian dan Analisa Rangkaian Sensor Limit Switch

Langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

1. Berikan catu daya pada rangkaian transmitter dan receiver Inframerah.
2. Output atau com pada limit switch diumpunkan ke multimeter.
3. Tunjukkan hasil pengujian dalam bentuk tabel yang dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian sensor

Pengujian	Kondisi logic keluaran pada warna putih	Kondisi Logic keluaran pada warna hitam
1	1	0
2	1	0
3	1	0
4	1	0
5	1	0

e. Pengujian dan Analisa Driver Motor DC

Pengujian rangkaian ini dilakukan untuk memeriksa apakah driver motor yang nantinya terhubung dari mikrokontroler sudah benar-benar memenuhi seperti yang diharapkan.

Dari rangkaian pengujian driver motor DC pada mikrokontroler tegangan 4.8 v dan tegangan untuk Relay sebesar 11,8 v. Ditunjukkan pada tabel 5. Hubungannya pada listing program dan rangkaian adalah setiap motor memakai dua relay, yang mana jika satu relay yang digunakan dalam kondisi set (hidup) dan yang satu lagi reset (mati) maka kondisi motor akan berputar, terlihat dari tabel Input set portd.0 maka kondisi motor akan berputar maju dan jika input set portd.1 maka kondisi motor akan berputar mundur, hal ini akan berulang-ulang dari portd.0 sampai dengan portd.7

sesuai dengan perintah program. Kapasitor keramik digunakan untuk meredam induksi listrik yang bisa mengakibatkan mikrokontroler reset. Hal ini dilakukan untuk menguji driver motor DC, dari hasil ini bisa dinyatakan bahwa driver motor DC telah bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

Tabel 5 Hasil Pengujian motor DC

No.	Input	Kondisi Relay	Tegangan Relay	Kondisi Motor
1	Set Portd.0	Hidup	11,8 V	Geser Kanan
	Reset Portd.0	Mati	0	Mati
2	Set Portd.1	Hidup	11,8 V	Geser kiri
	Reset Portd.1	Mati	0	Mati
3	Set Portd.2	Hidup	11,8 V	Naik
	Reset Portd.2	Mati	0	Mati
4	Set Portd.3	Hidup	11,8 V	Turun
	Reset Portd.3	Mati	0	Mati
5	Set Portd.4	Hidup	11,8 V	Kanan Maju
	Reset Portd.4	Mati	0	Mati
6	Set Portd.5	Hidup	11,8 V	Kanan Mundur
	Reset Portd.5	Mati	0	Mati
7	Set Portd.6	Hidup	11,8 V	Kiri Maju
	Reset Portd.6	Mati	0	Mati
8	Set Portd.7	Hidup	11,8 V	Kiri Mundur
	Reset Portd.7	Mati	0	Mati

5. KESIMPULAN

Setelah melakukan perencanaan dan pembuatan sistem kemudian dilakukan pengujian dan analisa dari robot maka dapat disimpulkan :

1. Dengan menggunakan mikrokontroler ATMEGA16, maka jumlah parameter Input dan parameter Output menjadi lebih banyak, sehingga proses pengontrolan kerja dari robot menjadi lebih akurat. Dan

2. mikrokontroler ATMEGA16 tersebut saling terhubung dan berkomunikasi sesuai dengan program yang dibuat.

3. Sensor LDR sebagai sensor tracking robot mampu memberikan data perbedaan ntara warna putih dan hitam dengan baik, sehingga dapat diproses lebih lanjut oleh mikrokontroler dan hasilnya akan menentukan arah pergerakan robot sesuai dengan yang telah ditentukan sebelumnya.

4. Sensor LDR sebagai sensor tracking sangat dipengaruhi oleh jarak ketinggian dengan lantai tracking dan juga sangat peka terhadap cahaya pantulan dari lingkungan sekitarnya sehingga diperlukan penutup untuk menghalangi cahaya masuk.

5. Kapasitor keramik yang digunakan untuk dua relay disetiap satu motor diperlukan untuk menahan induksi listrik dari relay yang kemungkinan

besar dapat mengakibatkan resetya mikrokontroler.

6. Output tegangan pada pengukuran catu daya tidak murni bernilai 5 V, tetapi sudah memadai untuk digunakan.

7. Input tegangan yang masuk pada rangkaian minimum sistem mikrokontroler harus selalu dapat terpenuhi yaitu sebesar 5 V.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budiharto, Widodo. *Interface Komputer dan Mikrokontroler*. Jakarta : Elex Media, 2004.
- [2] Budiharto, Widodo. *Belajar Sendiri Membuat Robot Cerdas*. Jakarta : Elex Media, 2004.
- [3] anonim.
<http://www.innovativeelectronics.com>
diakses 25-Mei-2011.
- [4] anonim,
<http://www.aburobocon2011.com>
diakses Thursday, 02 September.