

Rancang Bangun Robot Pengangkat Box Berbasis Mikrokontroler ATmega16

Risno Hamid

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik, Universitas Khairun
Email: risnohamid@yahoo.com

Abstrak—Pada bidang industri dengan adanya robot maka proses produksi akan lebih cepat. Biasanya pada industri-industri untuk membedakan jenis dari bahan pada box diberi tanda seperti warna box atau kode-kode lain yang dapat membedakan objek. Tanda yang sama pada objek menyatakan jenis bahan yang sama. Pada dunia industri, barang hasil produksi akan dikelompokkan berdasarkan jenis bahan atau barang yang sama. Tujuan dari studi ini adalah merancang robot menggunakan motor DC sebagai penggerak putaran roda dan sistem *forklift* dengan IC L293 sebagai driver motor, sensor garis *photodiode* sebagai pendeteksi garis hitam, sehingga robot dapat berjalan pada garis hitam dan robot dapat mengangkat box ketempat tujuan sesuai dengan warnanya. Pusat kendali dari mobile robot ini menggunakan mikrokontroler ATmega16 yang diprogram menggunakan bahasa BASCOM AVR. Perancangan ini, dapat menghasilkan robot yang dapat memindahkan box sesuai dengan warna yang di deteksi dengan tegangan warna merah= 3,11 V, hijau=2,23 V dan biru=1,13 V, dan robot dapat berjalan sesuai dengan track yang di deteksi oleh sensor garis yang telah ditentukan dengan tegangan deteksi putih= 0,488V – 267,8V dan untuk deteksi hitam = 4,13V – 4,43V.

Kata kunci: ATmega16, BASCOM, Photodiode, Motor DC, Robot.

I. PENDAHULUAN

Pada pertengahan tahun 60-an kebutuhan akan otomatisasi kerja semakin meningkat. Di negara maju seperti Amerika, Inggris, Jerman dan Perancis mulai bermunculan grup-grup riset yang menjadikan robotik sebagai temanya. Tak lama kemudian di Asia, yang dimotori oleh para peneliti Jepang bermunculan juga kelompok-kelompok peneliti di bidang robotik.

Dalam perkembangannya robot digunakan untuk industri dalam pelaksanaan produksi. Dengan adanya robot maka proses produksi akan lebih cepat dan efisien. Robot juga memiliki tingkat ketelitian yang tinggi jika dibandingkan dengan tenaga manusia. Sebagai contoh, pada industri-industri kimia, proses pengangkutan barang harus dengan hati-hati dan mengikuti prosedur yang telah ditetapkan oleh industri. Kesalahan sedikit saja akan

berakibat fatal terhadap keselamatan pekerja dan kerugian bagi perusahaan.

Pada dunia industri, untuk membedakan jenis dari bahan pada kotak diberi tanda seperti warna kotak atau kode-kode lain yang dapat membedakan kotak (boks). Tanda yang sama pada boks menyatakan jenis bahan yang sama. Di dalam industri, barang hasil produksi akan dikelompokkan berdasarkan jenis bahan atau barang yang sama. Dengan adanya *mobile* robot yang dapat mengangkut barang secara otomatis tentu bahaya terhadap pekerja tidak akan terjadi dan pekerjaan akan lebih cepat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

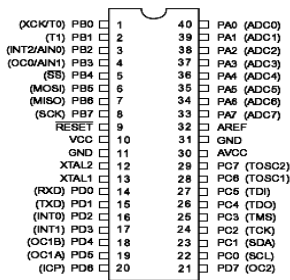
Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu serpih (*chip*). Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (*read-only memory*), RAM (*random access memory*), beberapa *port* masukan maupun keluaran, dan beberapa peripheral seperti pencacah atau pewaktu, ADC (*analog to digital converter*), DAC (*digital to analog converter*) dan serial komunikasi.

Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroler AVR. AVR adalah mikrokontroler RISC (*reduce instruction set compute*) 8 bit berdasarkan arsitektur *harvard*. Secara umum mikrokontroler AVR dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga AT90Sxx, ATmega dan ATtiny. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, *peripheral*, dan fiturnya.

Seperti mikroprosesor pada umumnya, secara internal mikrokontroler ATmega16 terdiri atas unit - unit fungsionalnya *arithmetic and logical unit* (ALU), himpunan *register* kerja, *register* dan dekoder instruksi, pewaktu beserta komponen kendali lainnya.

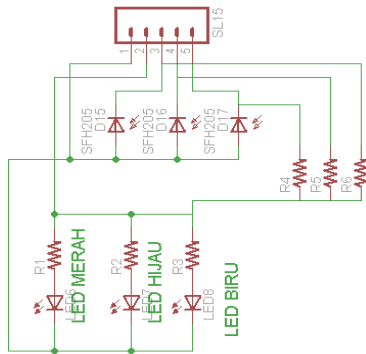
Konfigurasi *pin* mikrokontroler ATmega16 dengan kemasan 40 *pin* dapat dilihat pada gambar 1. Dari gambar tersebut dapat terlihat ATmega16 memiliki 8 *pin* untuk masing -masing *port* A, *port* B, *port* C, dan *port* D.



Gambar 1. Pin ATmega16 [1]

Sensor warna photodiode

Sensor warna *photodiode* digunakan sebagai penangkap gelombang cahaya yang dipancarkan oleh LED RGB, setiap warna bisa disusun dari warna dasar. Untuk cahaya, warna dasar penyusunnya adalah warna merah, hijau dan biru, atau lebih dikenal dengan istilah RGB (*red, green, blue*). Seperti terlihat pada gambar 2.

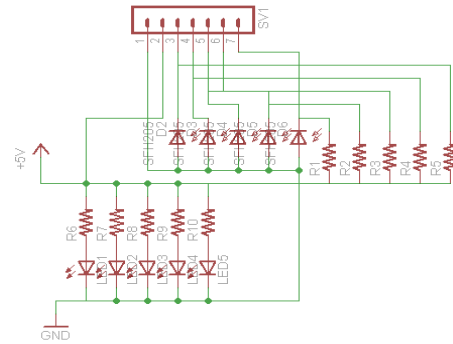


Gambar 2. Rangkaian sensor warna photodiode

Sistem sensor yang digunakan adalah sensor warna. Rangkaian sensor terdiri dari 2 bagian, yaitu bagian pemancar cahaya dan penerima cahaya. Rangkaian pemancar terdiri dari resistor sebagai pembatas arus serta LED sebagai piranti yang memancarkan cahaya. Sedangkan rangkaian penerima terdiri dari resistor sebagai *pull-up* tegangan dan photodiode sebagai piranti yang akan menerima pantulan cahaya LED objek atau benda di depannya, sehingga ADC akan membandingkan tegangan *input* dari sensor dengan tegangan referensi untuk menghasilkan logika 0 dan 1 untuk membedakan warna merah dan warna hijau.

Sensor garis photodiode

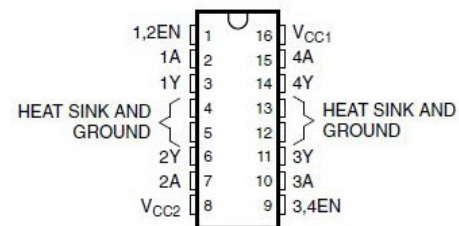
Sensor garis adalah jenis sensor yang berfungsi mendeteksi warna garis hitam atau putih. Sensor ini sangatlah penting karena sensor menentukan arah dan gerakan robot. Sensor pendeteksi garis yang digunakan dalam robot adalah mendasarkan pada prinsip pemantulan cahaya dan photodiode sebagai penerima cahaya. Dengan memanfaatkan sistem ADC sebagai pembanding tegangan, yang nantinya akan menghasilkan *output* digital dari sensor, terlihat pada gambar 3 rangkaian sensor warna.



Gambar 3. Rangkaian sensor garis

IC driver motor L293D

IC L293D adalah IC yang didesain khusus sebagai driver motor DC dan dapat dikendalikan dengan rangkaian TTL maupun mikrokontroler. Motor DC yang dikontrol dengan driver IC L293D dapat dihubungkan ke ground maupun ke sumber tegangan positif karena di dalam driver L293D sistem driver yang digunakan adalah totem pool. Dalam 1 unit chip IC L293D terdiri dari 4 buah driver motor DC yang berdiri sendiri-sendiri dengan kemampuan mengalirkan arus 1 Ampere tiap driver. Sehingga dapat digunakan untuk membuat driver H-bridge untuk 2 buah motor DC. Konstruksi pin driver motor DC IC l293D dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. IC driver motor L293 [2]

LCD (liquid cristal display)

Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (*liquid cristal display*) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*.

Motor servo

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup, sehingga dapat di *set-up* atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros *output* motor. motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo,

sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo [2].



Gambar 5. Bentuk fisik motor servo [2]

Motor DC

Motor DC merupakan peralatan elektromekanik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik. Secara umum, kecepatan putaran poros motor DC akan meningkat seiring dengan meningkatnya tegangan yang diberikan. Dengan demikian, putaran motor DC akan berbalik arah jika polaritas tegangan yang diberikan juga dirubah.

Baterai Li-Po

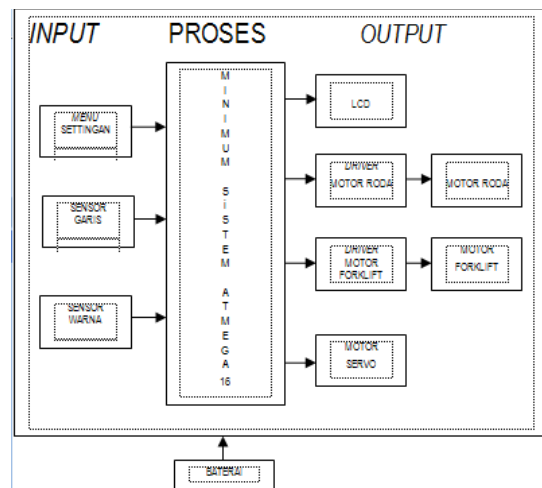
Baterai berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia, yang akan digunakan untuk mensuplai atau menyediakan listrik ke sistem, blok komponen. Baterai Li-Po (*lithium polymer*) adalah salah satu jenis baterai *rechargeable* yang sering digunakan pada RC pesawat atau *helicopter*. Baterai Li-Po memiliki tiga keuntungan utama jika dibandingkan dengan jenis baterai lain seperti NiCd dan NiMH, yaitu ukuran yang lebih kecil dan ringan memiliki kapasitas yang besar mampu men-discharge arus yang besar.

Perangkat lunak

Perangkat lunak adalah istilah umum untuk data yang di *format* dan disimpan secara digital, termasuk *program* robot, skrip, dan berbagai informasi yang bisa dibaca dan ditulis oleh robot. Dengan kata lain, bagian sistem robot yang tidak berwujud. Istilah ini menonjolkan perbedaan dengan perangkat keras robot. Perangkat lunak yang di gunakan pada robot ini yaitu *program* bahasa BASCOM AVR. (*Agfianto Eko Putra, 2010*)

III. PERANCANGAN

Adapun rancangan sistem robot pengangkat boks menggunakan sensor warna dan sensor garis berbasis mikrokontroler ATmega16 dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Diagram blok perancangan sistem

Blok input

Bagian blok *input* terdiri dari :

1. Baterai berfungsi untuk mensuplai tegangan listrik ke semua sistem blok.
2. *Menu* pengaturan difungsikan sebagai mengatur sensitifitas sensor.
3. Sensor garis difungsikan untuk mendeteksi garis hitam.
4. Sensor warna difungsikan untuk membaca warna boks.

Blok proses

Bagian ini terdiri dari :

1. Minimum sistem ATmega16 yang berfungsi sebagai pengolah data untuk mengontrol perangkat elektronika yang terhubung *port* mikrokontroler, berdasarkan intruksi yang telah dimasukan kedalam mikrokontroler.
2. *Script program* yang berfungsi untuk memberikan logika pada *port* mikrokontroler ATmega16.

Blok output

Blok *output* terdiri dari :

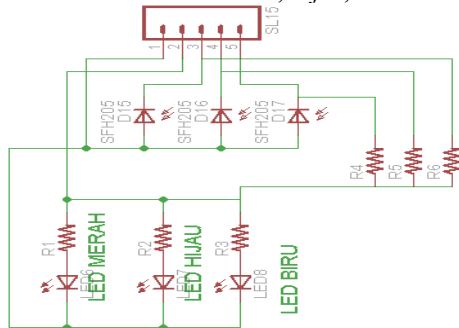
1. LCD dapat berfungsi untuk menampilkan karakter yang akan diatur.
2. *Driver* motor roda berfungsi sebagai penggerak motor roda
3. Motor roda berfungsi sebagai penggerak roda robot.
4. *Driver* motor *forklift* berfungsi sebagai penggerak motor *forklift*.
5. Motor *forklift* berfungsi sebagai *menurunkan* dan *menaikkan* boks.
6. Motor servo berfungsi sebagai penjepit boks.

Perancangan perangkat keras

Setelah perancangan sistem alat di buat, tahap selanjutnya adalah merancang perangkat keras. Berdasarkan blok diagram perancangan system alat tersebut terdiri dari tiga blok yaitu : blok *input*, blok proses dan blok *output*. Tahap pertama merancang terminal system blok *input* yakni rangkaian sensor garis, sensor warna dan *menu* pengaturan, tahap berikutnya yaitu merancang sistem blok proses yakni rangkaian minimum sistem ATmega16, dan tahap berikutnya yaitu merancang blok *output* yang terdiri dari rangkaian *driver* motor roda, *driver* motor *forklift*.

Rangkaian sensor warna

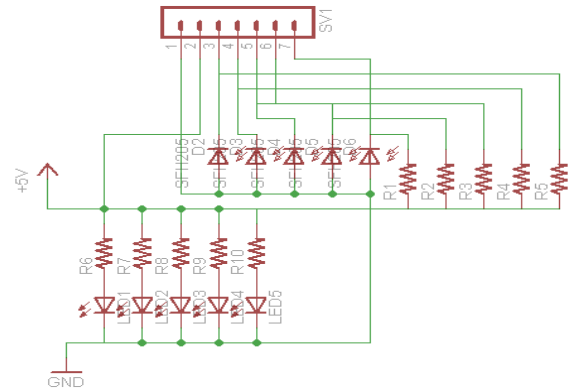
Rancangan sensor warna menggunakan *photodiode*. Setiap warna disusun dari warna dasar yaitu warna merah, hijau dan biru, atau lebih dikenal dengan istilah RGB (*red-green-blue*). Gambar 7 menunjukkan rangkaian sensor warna. Rangkaian sensor terdiri dari 2 bagian, yaitu bagian pemancar cahaya dan penerima cahaya. Rangkaian pemancar terdiri dari *resistor* sebagai pembatas arus serta LED sebagai piranti yang memancarkan cahaya. Sedangkan rangkaian penerima terdiri dari *resistor* sebagai *pull-up* tegangan dan *photodiode* sebagai piranti yang akan menerima pantulan cahaya LED objek. Rangkaian ADC akan membandingkan tegangan *input* dari sensor dengan tegangan referensi untuk menghasilkan logika 0 dan 1 untuk membedakan warna merah, hijau, dan warna biru.



Gambar 7. Rangkaian sensor warna

Rangkaian sensor garis

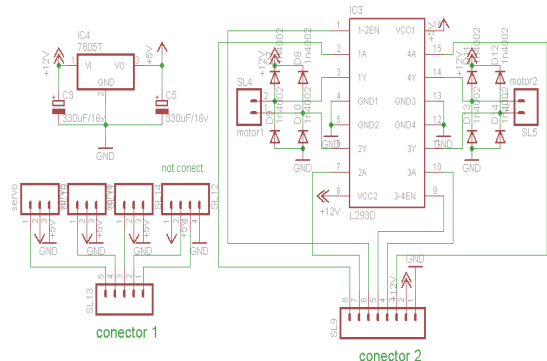
Pada rancangan sensor garis *photodiode* dibawah ini ada 5 LED, *photodiode* dan di ikuti *resistor* di susun secara paralel, pada rangkaian terdiri dari 2 bagian, yaitu bagian pemancar cahaya dan penerima cahaya seperti yang ditunjukkan pada gambar 8. Rangkaian pemancar terdiri dari *resistor* sebagai pembatas arus serta LED sebagai piranti yang memancarkan cahaya. Sedangkan rangkaian penerima terdiri dari *resistor* sebagai *pull-up* tegangan dan *photodiode* sebagai piranti yang akan menerima pantulan cahaya LED pada garis hitam. Untuk pemberi pantulan cahayanya digunakan LED *superbright*, komponen ini mempunyai cahaya yang sangat terang, sehingga cukup untuk mensuplai pantulan cahaya ke *photodiode*.



Gambar 8. Rangkaian sensor garis

Rangkaian driver motor roda

Rangkaian *driver* motor roda digunakan untuk mengontrol arah putaran dan kecepatan motor DC yang merupakan penggerak utama dari rangkaian *driver* ini (gambar 9). IC *driver* motor L293 yang didalamnya terdapat rangkaian *H-Bridge* akan mengontrol putaran motor sesuai data masukan digital yang berasal dari mikrokontroler dan pada IC L293 ini juga terdapat *pin* untuk pengaturan aplikasi PWM (*pulse width modulator*) yang akan mengatur kecepatan motor DC yang dikendalikannya. L293 memiliki rangkaian *dual H-Bridge*, sehingga mampu mengendalikan dua buah motor DC sekaligus.

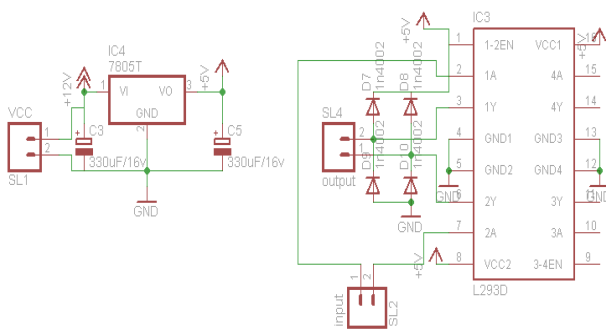


Gambar 9. Rangkaian driver motor roda

Rangkaian driver motor forklift

Rangkaian *driver* motor *forklift* digunakan untuk mengontrol arah putaran dan kecepatan motor DC yang merupakan penggerak utama dari rangkaian *driver* ini. IC *driver* motor L293 yang didalamnya terdapat rangkaian *H-Bridge* akan mengontrol putaran motor sesuai data masukan digital yang berasal dari mikrokontroler dan pada IC L293 ini juga terdapat *pin* untuk pengaturan aplikasi PWM (*pulse width modulator*) yang akan mengatur kecepatan motor DC yang dikendalikannya. L293 memiliki rangkaian *dual H-Bridge*, sehingga mampu mengendalikan dua buah motor DC sekaligus. Di sini saya hanya menggunakan satu *H-Bridge* untuk mengontrol satu motor *forklift*, seperti terlihat pada gambar 10.

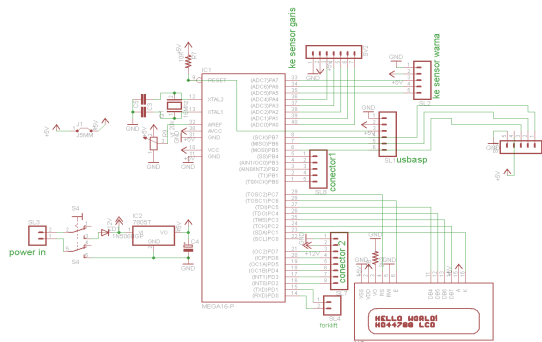
Rancang Bangun Robot Pengangkat Box Berbasis Mikrokontroler ATmega16



Gambar 10 Rangkaian driver motor forklift

Rangkaian minimum sistem ATmega16

Rangkaian minimum sistem mikrokontroler ATmega16 adalah rangkaian elektronika yang terdiri dari komponen - komponen dasar yang dibutuhkan oleh suatu mikrokontroler untuk dapat berfungsi dengan baik. Rangkaian ini berfungsi untuk dapat mengontrol semua sistem pada robot. Pada umumnya, suatu mikrokontroler membutuhkan dua elemen selain *power supply* untuk berfungsi: *Crystal oscillator* (XTAL), dan rangkaian *reset*, seperti terlihat pada gambar 11.



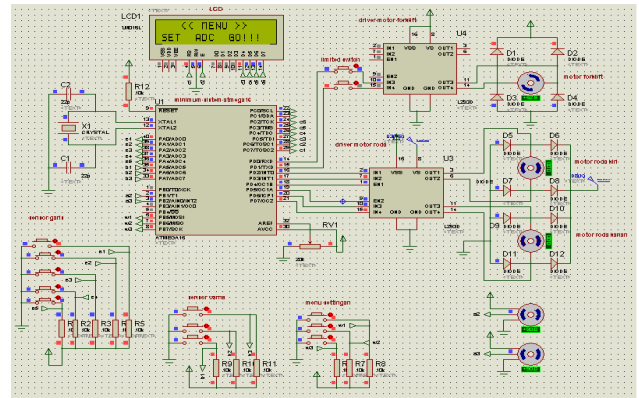
Gambar 11. Rangkaian minimum sistem ATmega16

Gabungan rancangan terminal dan komponen

Setelah blok rangkaian terminal didesain, selanjutnya mengintegrasikan setiap komponen – komponen ke minimum sistem mikrokontroler ATmega16 ke setiap *port* yang telah ditentukan. Langkah pertama dengan menghubungkan sensor garis dan sensor warna ke mikrokontroler ATmega16 di *port A*, pada *port B* di hubungkan pada motor servo dan *keypad* pengaturan *menu*, *port C* dihubungkan ke LCD, dan pada *port D* dihubungkan pada *driver* motor roda, *forklift* dan *limit switch*. Gambar 12 memperlihatkan rangkaian gabungan terminal dan komponen.

Perancangan perangkat lunak

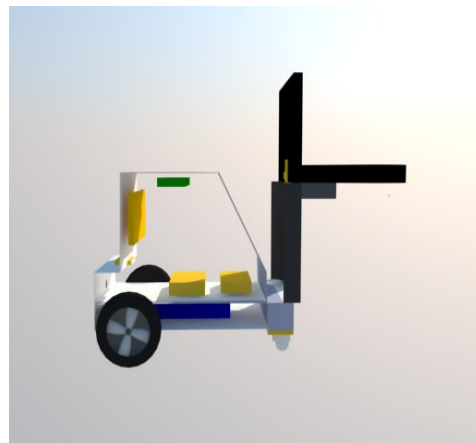
Rancangan robot pengangkat boks mikrokontroler ATmega16 yang dirancang pada skripsi ini dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman BASCOM AVR yang akan di burning kedalam IC Mikrokontroler. Minimum sistem yang di buat harus dapat berfungsi sebagai pengontrol dari blok *input* ke blok *output*.



Gambar 12 Gabungan rancangan terminal dan komponen

Perancangan sketsa robot

Robot pengangkat boks ini didesain dengan 2 buah motor DC sebagai penggerak roda, 2 buah motor servo sebagai penjepit boks, dan 1 buah motor DC sebagai *forklift*. Adapun rancangan sketsa robot dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Tampilan sketsa robot

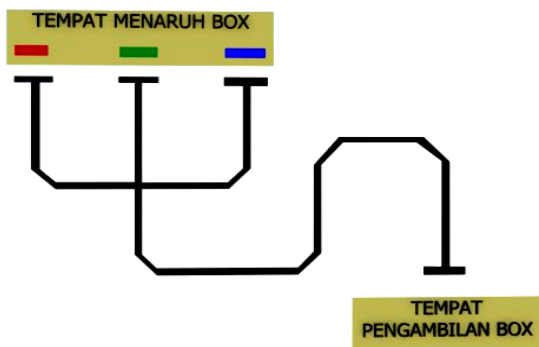
Adapun spesifikasi desain robot ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi desain robot

Keterangan	Ukuran (cm)
Panjang	22,5
Lebar	10
Tinggi boks robot	21
Tinggi forklift	28

Rancangan track robot

Berikut ini adalah bentuk *track* yang akan digunakan dengan spesifikasi bahan yang digunakan dari kertas baliho, untuk track atau garis dalam lintasan berwarna hitam menggunakan solasi warna hitam berukuran lebar 1,8 cm, dan untuk ukuran panjang dan lebar *track* dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Desain track robo

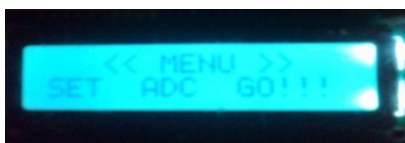
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari beberapa penjelasan rancangan yang telah diuraikan pada bagian sebelumnya, selanjutnya adalah melakukan pengujian robot yang telah dirancang. Pengujian dilakukan untuk mengetahui prinsip kerja dari sistem robot pengangkat boks secara keseluruhan baik perangkat keras maupun lunak. Dibawah ini memperlihatkan hasil bentuk keseluruhan perangkat keras.



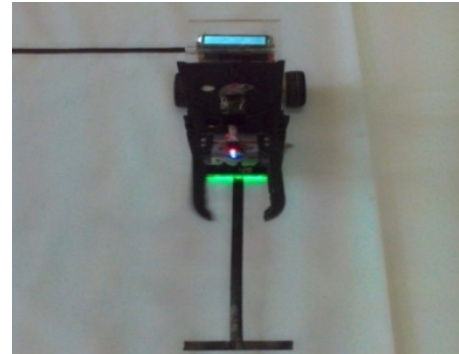
Gambar 14. Bentuk keseluruhan robot

Prinsip kerja robot pengangkat boks yang ada pada gambar 14. Setelah dihidupkan power baterai maka arus dan tegangan akan menuju pada tiap – tiap blok, maka akan memunculkan tampilan menu pengaturan pada LCD, tampilan tersebut untuk mengatur control PID dan kecepatan, untuk pengaturan ADC yaitu mengatur sensitifitas sensor, dan untuk pilihan GO yaitu untuk menjalankan robot, seperti terlihat pada gambar 15



Gambar 15. Tampilan menu pengaturan LCD

Setelah sudah selesai mengatur maka pilih pilihan GO untuk menjalankan robot maka sensor garis secara otomatis akan membaca garis hitam dan berjalan sistem *line follower* menuju ketempat pengambilan boks.



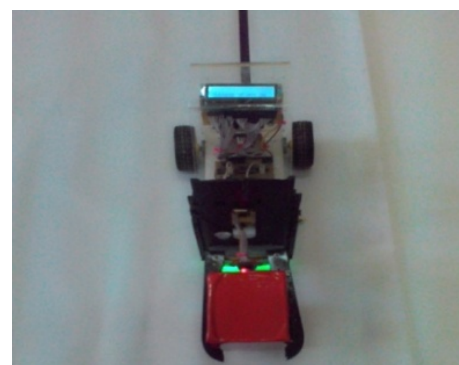
Gambar 16 Tampilan awal menghidupkan robot

Setelah sudah sampai di tempat pengambilan boks maka robot akan berhenti secara otomatis dan untuk menurunkan *forklift*, maka secara otomatis motor servo bergerak membuka penjepit boks, terlihat pada gambar 17.



Gambar 17 Tampilan menunggu boks

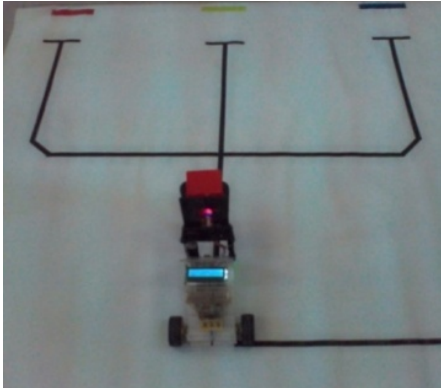
Setelah penjepit sudah renggang dan menunggu boks maka menaruh boks pada bagian tengah penjepit, maka secara otomatis sensor warna deteksi warna boks yang ditaruh, maka motor servo akan menjepit boks, terlihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Tampilan mengangkat boks

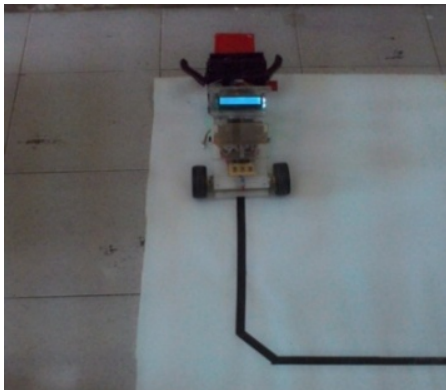
Rancang Bangun Robot Pengangkat Box Berbasis Mikrokontroler ATmega16

Setelah itu secara otomatis motor *forklift* menaikan boks yang sudah di jepit, maka robot balik kanan dan jalankan misi sesuai warna yang sudah terdeteksi, bila warna merah yang di deteksi maka robot belok kiri, bila hijau maka lurus dan jika biru maka belok kanan.



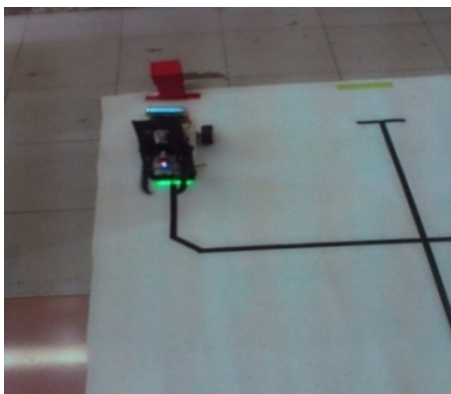
Gambar 19. Tampilan robot jalankan misi

Apabila robot sudah sampai ditempat tujuan maka secara otomatis berhenti dan *forklift* menurunkan boks, dan motor servo melepaskan boks yang telah di jepit.



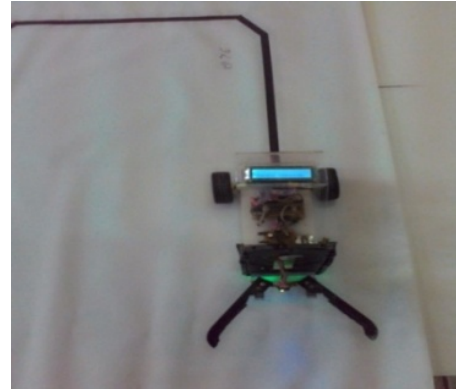
Gambar 20. Tampilan menaruh boks

Setelah misi selesai maka robot balik kanan dan jalankan fungsi *line follower* kembali ke tempat pengambilan boks.



Gambar 21. Tampilan kembali ke pengambilan boks

Setelah robot sudah sampai di tempat pengambilan boks, maka menunggu boks warna selanjutnya sampai semua rute terisi berdasarkan warna. Proses ini terjadi terus menerus hingga robot di nonaktifkan, terlihat pada gambar 22.



Gambar 22. Tampilan menunggu boks berikut

Pembahasan

Agar *program* yang terdapat pada alat ini dapat bekerja dengan baik maka hal - hal yang harus diperhatikan yaitu perangkat keras (*hardware*) apakah semua rangkaian mikrokontroler dan rangkaian elektronika lainnya seperti sensor garis, *driver* motor DC semuanya dalam kondisi baik dan terhubung dengan arus yang sesuai dengan yang dibutuhkan oleh masing - masing rangkaian serta pastikan semua rangkaian telah terhubung dengan benar dan pada *port* yang sesuai dengan konfigurasi *port* yang telah ditentukan sebelumnya. Pengujian digunakan untuk mengetahui kekurangan dan kelebihan dari alat yang dibuat ini. Pengujian yang dilakukan antara lain:

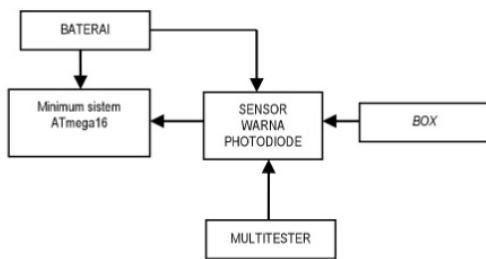
1. Blok *input*
2. Blok *output*
3. Listing *program*

Pengujian pada blok *input* agar dapat mengetahui sinyal dari sensor dan mikrokontroler terhadap objek yang akan dideteksi. Pengujian pada blok *input* antara lain:

1. Pengujian sensor warna
 - Pengujian ini di perlukan perangkat:
 - a. Baterai
 - b. Minimum sistem Atmega 16
 - c. Sensor warna *photodiode*
 - d. Multimeter
 - e. Boks

Rangkaian blok pengujian sensor warna *photodiode* dapat dilihat pada gambar 4.10.

Rancang Bangun Robot Pengangkat Box Berbasis Mikrokontroler ATmega16



Gambar 23. Pengukuran sensor warna

Prosedur pengujian :

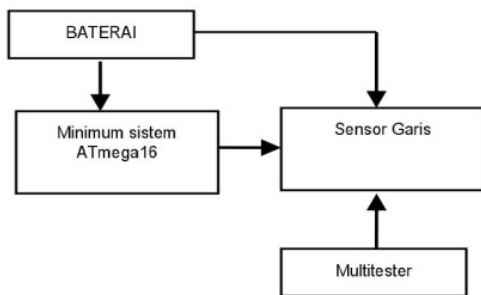
- a. Memasang rangkaian sesuai dengan gambar diagram blok.
- b. Menghubungkan minimum sistem dan sensor warna dengan baterai.
- c. Hubungkan *probe* multimeter pada *output* sensor warna *photodiode*.
- d. Dekatkan boks dengan sensor warna minimal 2 cm sampai dengan 4 cm.
- e. Mengamati hasil yang ditampilkan oleh multimeter dan LCD.

Tabel 2. Hasil pengukuran sensor warna

Jarak objek (cm)	Warna	Tegangan Input	Tegangan Output	Pembacaan ADC
2	Merah	5 V	3,91 V	468
	Hijau	5 V	2,209 V	711
	Biru	5 V	1.147 V	567
4	Merah	5 V	3,11 V	602
	Hijau	5 V	2,23 V	823
	Biru	5 V	1,13 V	723

2. Pengujian sensor garis *photodiode*
 Pengujian ini di perlukan perangkat:
 - a. Baterai
 - b. Minimum sistem Atmega 16
 - c. Sensor garis *photodiode*
 - d. Multimeter

Rangkaian blok pengujian sensor warna *photodiode* dapat dilihat pada gambar 23.



Gambar 23. Blok pengukuran sensor garis

Prosedur pengujian :

- a. Memasang rangkaian sesuai dengan gambar diagram blok
- b. Menghubungkan minimum sistem dan sensor garis *photodiode* dengan baterai
- c. Hubungkan *probe* multimeter pada *output* sensor garis.
- d. Dekatkan sensor dengan garis putih, setelah itu dekatkan ke garis hitam
- e. Mengamati hasil yang ditampilkan oleh multimeter dan LCD

Tabel 3. Hasil pengukuran sensor garis *photodiode* di permukaan putih

Titik Pengukuran	Tegangan Input	Tegangan Deteksi Putih	Output	Pembacaan ADC Putih
Sensor 1	5 V	1,722 Volt	High	196
Sensor 2	5 V	267,8 Volt	High	196
Sensor 3	5 V	0.488 Volt	High	74
Sensor 4	5 V	1,079 Volt	High	187
Sensor 5	5 V	1,082 Volt	High	289

Tabel 4. Hasil pengukuran sensor garis *photodiode* di permukaan hitam

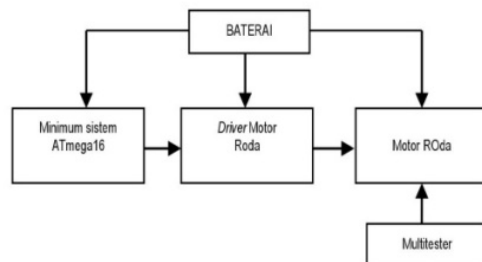
Titik Pengukuran	Tegangan Input	Tegangan Deteksi Hitam	Output	Pembacaan ADC Hitam
Sensor 1	5 V	4,43 Volt	Low	885
Sensor 2	5 V	4,13 Volt	Low	885
Sensor 3	5 V	4,32 Volt	Low	902
Sensor 4	5 V	4,19 Volt	Low	919
Sensor 5	5 V	4,19 Volt	Low	928

Pengujian blok output

Pengujian pada blok *output* agar dapat mengetahui sinyal keluaran pada mikrokontroler dan *driver* motor terhadap objek yang akan dideteksi. Pengujian pada blok *output* antara lain:

1. Pengujian *driver* motor DC motor roda
 Pengujian ini diperlukan perangkat:
 - a. Baterai
 - b. Minimum sistem Atmega 16
 - c. *Driver* motor
 - d. Multimeter

Rangkaian blok pengujian *driver* motor roda dapat dilihat pada gambar 24.



Gambar 24. Pengukuran driver motor roda

Prosedur pengujian :

- a. Memasang rangkaian sesuai dengan gambar diagram blok
- b. Menghubungkan minimum sistem dan *driver* motor dengan baterai
- c. Hubungkan *probe* multimeter pada *output driver* motor.
- d. Mengamati hasil yang ditampilkan oleh multimeter

Tabel 5. Hasil pengukuran *driver* motor DC

Tegangan <i>Input</i>	Enable	IN 1	IN 2	Kondisi Motor	Tegangan <i>Output</i>
11 Volt	0	X	X	Tidak berputar	0 Volt
	1	0	0	Tidak berputar	0 Volt
		0	1	Berputar	10,27 Volt
		1	0	Berputar berlawanan arah	-10,27 Volt
		1	1	Tidak berputar	0 Volt

V. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan ini, maka penulis mengambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Sebuah rangkaian dari kerja sensor yang dapat menggerakkan sebuah motor DC secara otomatis sehingga robot dapat berjalan sesuai rute.
2. Berdasarkan hasil pengujian sensor warna *photodiode* terbukti handal dengan membedakan warna merah, hijau dan biru. Hasil deteksi sensor warna terletak pada jarak 2 cm sampai dengan 4 cm, dengan tegangan merah =3,11 V, hijau =2,23 V dan biru=1,13 V.
3. Berdasarkan hasil pengujian terhadap sensor garis *photodiode* terbukti handal dalam mendeteksi antara permukaan hitam dan putih dengan tegangan 0,488 V sampai 267,8 V untuk deteksi putih dan untuk deteksi hitam dengan tegangan 4,13 V sampai 4,43 V.
4. Berdasarkan hasil pengujian *driver* motor terbukti handal dengan kondisi. Jika *enable* bernilai nol, maka berapapun inputnya motor tidak akan berputar dan jika *enable* bernilai satu, maka kondisi motor sesuai dengan inputan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Roni Setiawan, 2011. Trainer Mikrokontroler AVR Atmega16.
- [2] Syahrul, 2014. Pemrograman Mikrokontroler AVR Bahasa Assembly dan C
- [3] Agfianto Eko Putra, 2010. ATMega16 dan BASCOM AVR.