

MOBIL ROBOT ANTI MENABRAK BERBASIS MIKROKONTROLER 68HC11

Nuryono Satya Widodo¹, Balza Achmad², Darmawan Sutanto¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta, Kampus III Jln. Prof Soepomo, Janturan, Telp. (0274) 379418 psw 116
Fax. (0274) 381523, email: wiwieet@yahoo.com

²Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Jln Grafika No.2,
Telp: +62 274 580882, Fax: +62 274 902210, email: balzach@t-fisika.ugm.ac.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah pertama, merancang prototip mobil robot anti menabrak, baik perangkat keras maupun perangkat lunaknya. Kedua, menentukan kesalahan perjalanan mobil robot anti menabrak dalam menghindari dinding khusus atau dinding yang memenuhi kriteria tertentu.

Subjek penelitian ini adalah mobil robot anti menabrak berbasis mikrokontroler 68HC11. Transdusernya adalah sensor inframerah dengan fototransistor menggunakan penguat operasional LM 324. Bagian-bagian yang dirancang adalah untai penguat instrumen sebagai penguat tegangan, rangkaian penguatan sensor inframerah, badan (body) mobil, tombol pemilih dan program untuk mengatur kerja rangkaian. Alat yang diperlukan untuk mengumpulkan data adalah perangkat mobil yang telah jadi dengan sensor inframerah sebagai transduser, penggaris untuk mengukur jarak respon mobil mulai membelok, berbagai macam bentuk benda penghalang yang dibuat dari karton dengan warna yang berbeda. Data diperoleh dengan melihat perbedaan jarak pada saat mobil mulai membelok ketika didepan mobil diberi benda penghalang yang bermacam-macam bentuk dan warna berbeda, juga respon sensor inframerah pada mobil robot terhadap penghalang dengan sudut yang berbeda-beda.

Hasil penelitian menunjukkan, telah dapat dirancang mobil robot anti menabrak berbasis mikrokontroler 68HC11, baik perangkat keras maupun perangkat lunaknya, dengan sensor inframerah sebagai pendeteksi dinding penghalang. Mobil robot dapat menghindari penghalang dengan baik pada posisi sudut $\geq 35^{\circ}$ terhadap penghalang dengan 0% kegagalan, mulai menunjukkan kesalahan pada sudut 30° terhadap penghalang dengan 10% kegagalan dan mulai gagal 100% pada sudut $\leq 20^{\circ}$ terhadap penghalang. Bentuk penghalang yang paling sensitif dideteksi oleh sensor inframerah adalah bentuk balok dan segitiga sama sisi, sedangkan yang paling tidak sensitif adalah bentuk tabung dan prisma sama sisi. Warna penghalang yang paling sensitif dideteksi oleh sensor inframerah adalah warna perak, kemudian diikuti warna putih dan hitam.

Kata Kunci : mikrokontroler, mobil robot, sensor, dinding penghalang.

1. PENDAHULUAN

Dunia teknologi dewasa ini berkembang begitu pesat, terlebih lagi dalam bidang elektronika, di mana peralatan elektronika sudah menjadi hal yang biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Peralatan elektronika sangat membantu dan mempermudah manusia dalam melaksanakan aktivitasnya, sehingga bagi orang yang berkecimpung dalam bidang elektronika merasa perlu dan terdorong untuk senantiasa mengikuti perkembangan yang ada, termasuk dalam bidang otomatisasi dan kendali.

Dalam dunia industri, sistem kendali otomatis sudah tidak asing lagi dan menjadi bagian yang sangat penting, karena suatu sistem kendali yang baik akan berpengaruh terhadap kerja mesin sesuai dengan pengaturan yang diinginkan. Dalam dunia industri, banyak dikembangkan mesin yang dapat membantu manusia dalam melakukan pekerjaan agar lebih mudah, praktis dan efisien. Diantaranya adalah robot. Sistem robotik sekarang banyak dimanfaatkan manusia di berbagai bidang. *Wheeled Mobile Robot* (robot yang bergerak

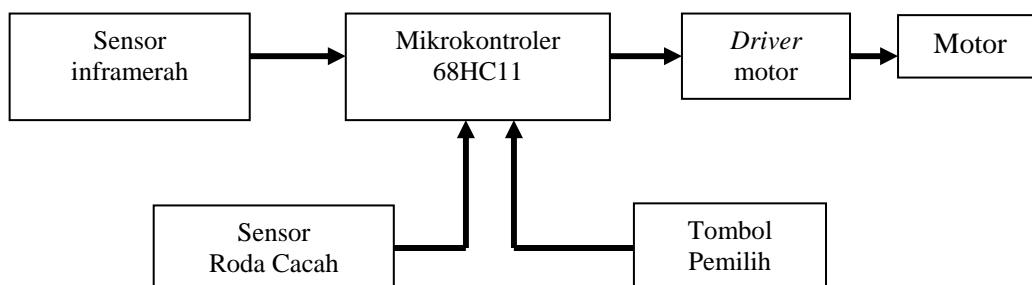
menggunakan roda) adalah salah satu bentuk dari sistem robot yang dewasa ini berkembang dan banyak mendapat perhatian. Perusahaan yang memerlukan tugas transportasi, inspeksi, dan operasi (industri, perakitan, pertambangan, keamanan) telah menggunakan *Wheeled Mobile Robot* untuk mengefisienkan waktu dan tenaga pada pekerjaan yang berulang-ulang. Mobil ini dapat melakukan pekerjaan sesuai dengan perintah yang diberikan secara kontinyu. Aplikasi lain yang menjanjikan penggunaan sistem robotik adalah untuk membantu orang cacat atau orang tua.

Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan kembali pada *Wheeled Mobile Robot* dalam melaksanakan tugasnya. Mobil tersebut akan dirancang untuk membelok atau berhenti bila ada penghalang di depannya, tergantung program yang dibuat. Pada aplikasi mobil robot anti menabrak, biasanya digunakan sensor ultrasonik, sehingga perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan sensor lainnya, seperti sensor inframerah. Sensor inframerah akan mempunyai respon yang lebih cepat dibandingkan dengan sensor ultrasonik karena kecepatan cahaya lebih cepat daripada cepat rambat gelombang suara ultrasonik. Perlu juga diteliti respon kepekaan sensor inframerah terhadap benda penghalang, karena pada penelitian yang menggunakan sensor ultrasonik, sensor mempunyai tingkat kepekaan yang tinggi, apabila benda halangan berbentuk benda pejal dan mempunyai sisi tegak lurus terhadap arah sensor ultrasonik, sehingga timbul pertanyaan, apakah dengan sudut yang sulit sensor inframerah masih mampu memberikan respon kepekaan yang tinggi. Sensor Inframerah mempunyai respon berbeda terhadap warna benda yang dideteksi, sehingga perlu diteliti juga respon sensor inframerah terhadap benda dengan beragam warna untuk mengetahui warna yang paling baik dan yang paling tidak baik dideteksi oleh sensor. Sensor inframerah dapat dipasang di antara bagian mobil dengan dinding. Mobil ini akan dilengkapi dengan mikrokontroler dan beberapa tombol untuk melakukan kendali.

Disediakan beberapa pilihan dengan cara menekan tombol untuk memerintahkan mobil tersebut untuk melakukan berbagai manuver yang diinginkan, misalnya berbelok ke kanan atau berbelok ke kiri sesuai dengan arah putaran motor yang diprogram ketika ada umpan balik dari pembacaan sensor. Sebagai contoh, penekanan tombol 1 membuat mobil akan berbelok ke kanan dan tombol 2 mengharuskan mobil menghindari halangan dengan manuver berbelok ke kiri, dan seterusnya. Berbagai manuver ini dapat disesuaikan dengan keinginan tetapi hanya dapat dilakukan pada saat seting awal. Setelah tersimpan dalam memori, perintah-perintah tersebut akan dijalankan dan tidak dapat diubah. Perintah dapat diubah dengan menseting ulang program yang dijalankan.

2. PERANCANGAN PERANGKAT KERAS (*HARDWARE*)

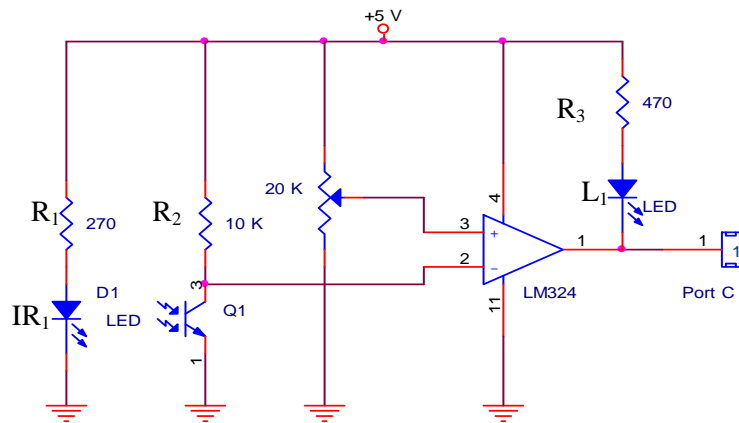
Secara umum rancangan mobil robot dan sistem kerjanya dapat dilihat pada Gambar 1.



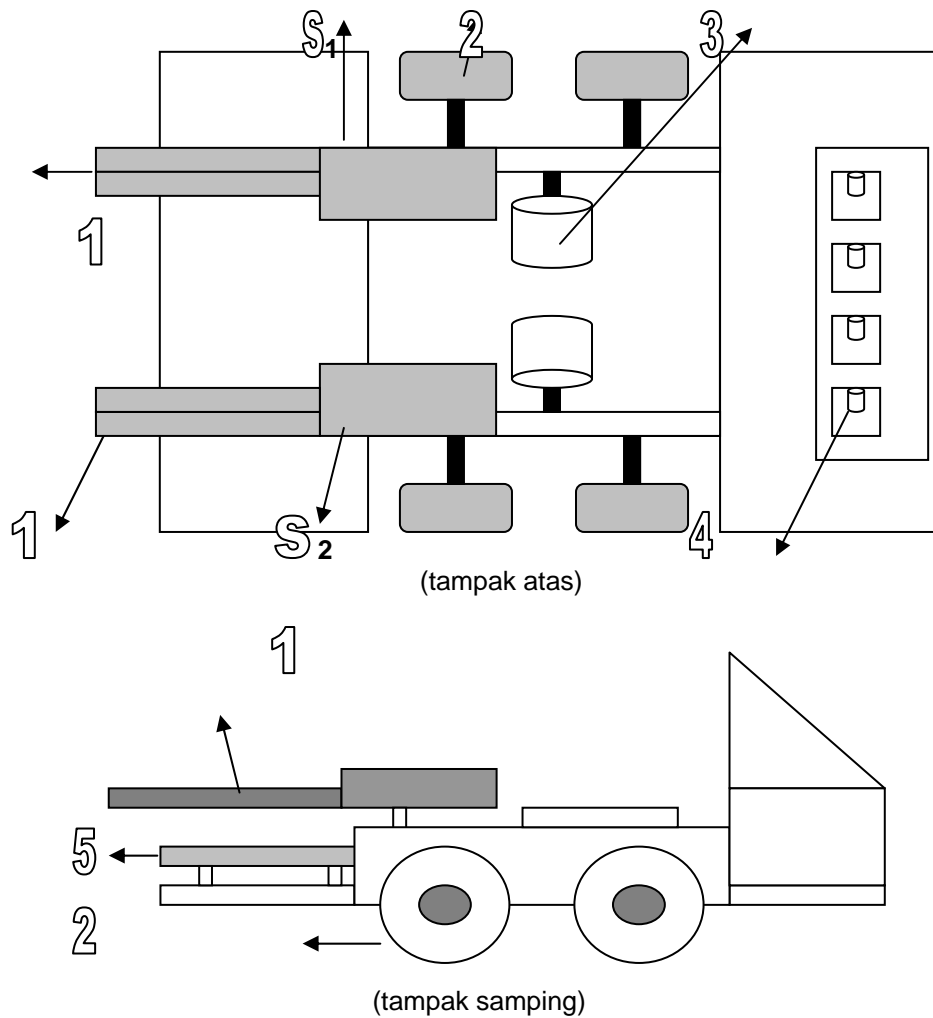
Gambar 1. Blok Sistem Kerja Mobil Robot

2.1 Sensor

Sensor yang digunakan adalah sensor inframerah dengan rangkaian seperti pada Gambar 2. LED inframerah sebagai pemancar, fototransistor sebagai penerima, dan op-amp (IC Lm324) sebagai komparator. Sensor dibagi menjadi dua yaitu sensor pembaca garis dan sensor rotary encoder. Kedua sensor menggunakan rangkaian yang sama tetapi hanya susunan letaknya yang berbeda.



Gambar 2. Rangkaian Sensor Inframerah.



Gambar 3. Letak Sensor Pendeteksi Dinding Penghalang.

Keterangan:

1. Sensor Inframerah yang mengarah ke depan mobil robot.
2. Roda mobil robot.

3. Motor DC.
4. *Push Button* sebagai tombol pilihan.
5. Fototransistor sebagai penerima dari led inframerah setelah mengenai suatu dinding penghalang tertentu.

2.2 Sensor dinding penghalang

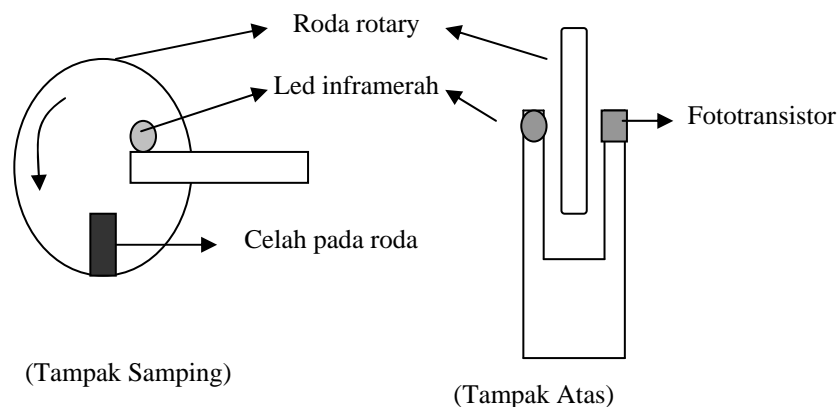
Sensor ini menggunakan dua buah rangkaian sensor yang ditempatkan pada body bagian kanan dan kiri mengarah ke depan mobil seperti pada Gambar 3.

Sensor S1 dan S2 berfungsi untuk mendeteksi adanya dinding penghalang dengan beragam macam bentuk dan warna. Pada penelitian ini penghalang yang terbuat dari kertas berwarna, terdiri dari warna putih, hitam dan warna perak. Apabila sensor S1 dan S2 difungsikan, maka akan dapat mendeteksi penghalang tersebut. Kemudian mobil robot anti menabrak akan otomatis membelok dengan sendirinya menghindari penghalang itu. Sensor inframerah diharapkan dapat mencapai kepekaan yang tinggi karena beragamnya bentuk penghalang. Jarak deteksi minimum yang diperbolehkan adalah lebih dari 5cm.

Rangkaian sensor inframerah dapat dilihat pada Gambar 27. Kedua sensor menggunakan rangkaian yang sama dan output meraka diinputkan pada port C mikrokontroler 68HC11 secara berurutan, sensor 1 pada PC0 dan sensor 2 pada PC1.

2.3 Sensor Rotary Encoder.

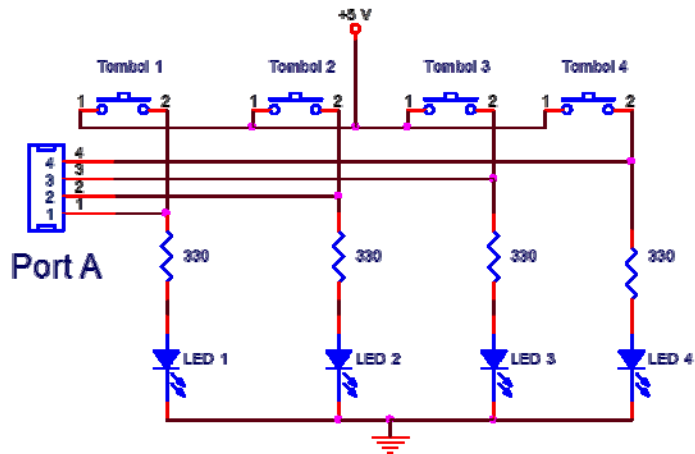
Sensor penentu jarak menggunakan *rotary encoder* seperti pada Gambar 4. Led inframerah dan fototransistor dipisahkan oleh sebuah roda yang memiliki sebuah lubang. Setiap sinar inframerah melewati lubang tersebut maka akan diterima fototransistor kemudian akan terjadi perubahan tegangan pada input komparator. Perubahan yang terus menerus ini akan menghasilkan bentuk pulsa. Mikrokontroler akan membaca setiap pulsa yang dihasilkan oleh *rotary encoder* tersebut. Output dri *rotary encoder* dimasukkan ke pulsa akumulator (PAI) mikrokontroler 68HC11 pada port A bit ke-7 atau pin PA7.



Gambar 4. Cara Pemasangan Sensor Penentu Jarak.

2.4 Tombol Pemilih.

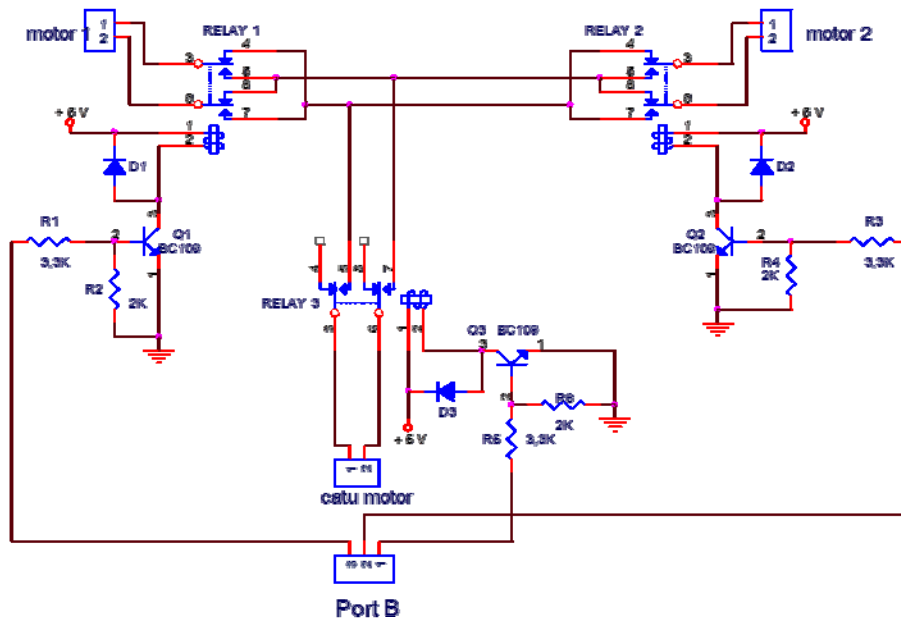
Tombol pemilih berupa tombol-tombol yang dirangkai secara paralel, seperti pada Gambar 5. Masing-masing output dimasukkan pada port A mikrokontroler, sehingga mikrokontroler akan membaca setiap kombinasi yang terjadi saat salah satu tombol ditekan. Tombol yang ditekan ditandai dengan menyalnya led indikator masing-masing tombol.



Gambar 5. Rangkaian Tombol Pemilih Lokasi

2.5 Driver Motor

Driver motor berfungsi untuk menjalankan dan mengatur arah putaran motor. Pada penelitian ini *driver* motor menggunakan tiga buah relay dan tiga buah transistor yang difungsikan sebagai saklar. Dua relai sebagai pengatur arah gerak motor dan satu relay sebagai saklar (*on/off*) motor. Rangkaian selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 6.

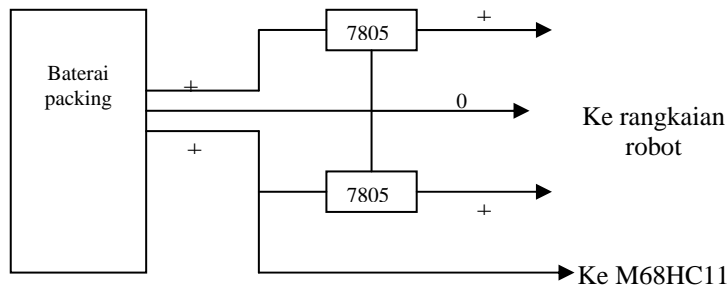


Gambar 6. Rangkaian *Driver* Motor

Input *driver* motor dihubungkan dengan port B mikrokontroler. Relay 1 dan 2 berfungsi untuk mengatur arah putaran motor dan relay 3 sebagai pemutus sumber catu daya motor.

2.6 Catu Daya

Perancangan mobil robot ini menggunakan catu daya baterai yang dapat *dicharge* ulang. Catu daya dibagi menjadi dua yaitu catu daya untuk motor dan catu daya untuk seluruh rangkaian. Catu daya motor menggunakan 4 buah baterai ukuran AA model N-3U 1,2 V/700 mAh. Untuk mensuplai seluruh rangkaian menggunakan baterai *packing* Ni-Cd 1000 mAh/9,6 V dengan dua keluaran. Rangkaian catu daya untuk rangkaian dapat dilihat pada gambar 7.



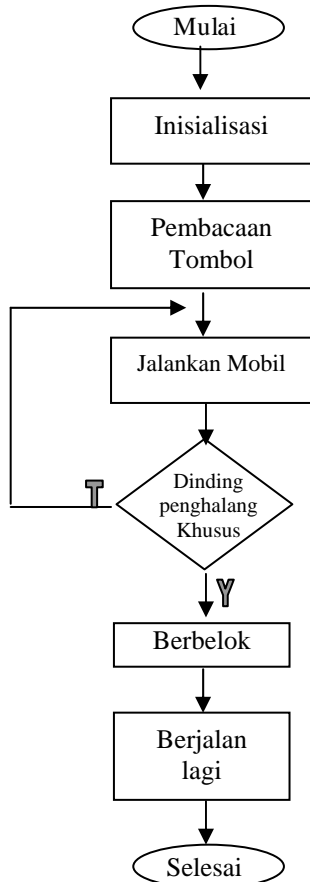
Gambar 7. Rangkaian Catu Daya

2.7 Dimensi Prototip Mobil Robot

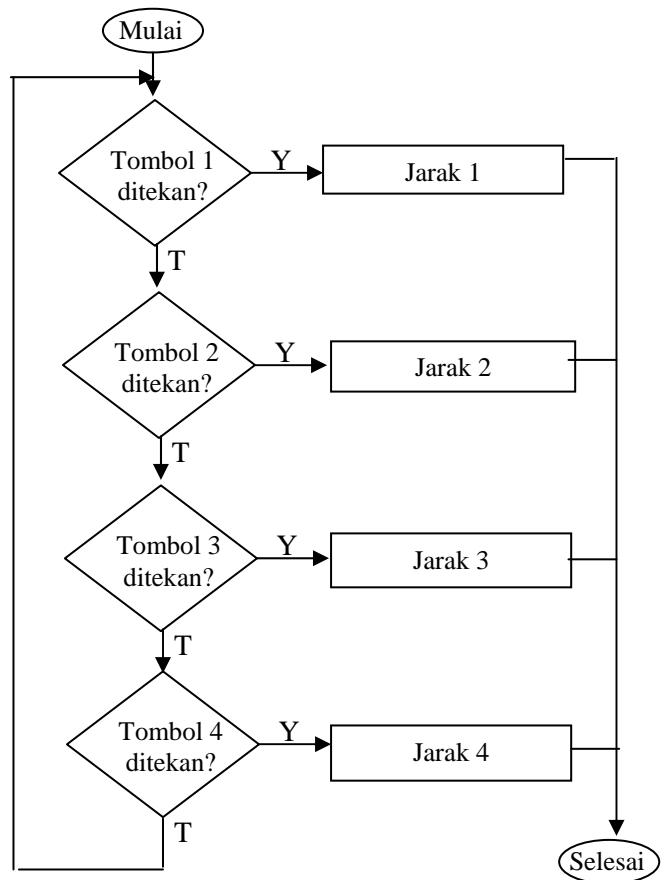
Prototip mobil robot yang dirancang berukuran panjang 23 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 15 cm. Bahan terbuat dari bahan *fiber* tembus pandang. Seluruh piranti/rangkaian disusun secara bertingkat. Mobil robot memiliki 4 roda penggerak dan 4 roda penyeimbang saat berjalan.

1. PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK (SOFTWARE)

Perangkat lunak yang digunakan adalah bahasa *assembly* dari Motorola dan program *procom* untuk menghubungkan program dari komputer ke EVBU 68HC11. *Flowchart* dari setiap langkah dan perintah mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9, yang terdiri dari program utama, program pembacaan tombol.



Gambar 8. Flowchart Program Utama



Gambar 9. Program Tombol.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN.

Berdasarkan data hasil percobaan, mobil robot anti menabrak berbasis mikrokontroler 68HC11 ini mempunyai karakteristik sensor inframerah dalam hal mendeteksi penghalang yang berbeda bentuk dan warnanya, seperti ditunjukkan pada lampiran.

Pada percobaan ini, dinding penghalang mempunyai berbagai bentuk, yaitu:

1. Tabung dengan diameter 6 cm dan tinggi 16 cm.
2. Prisma sama sisi dengan panjang masing-masing sisinya 16 cm.
3. Tabung segi lima sama sisi dengan masing-masing lebar sisi 4 cm dan tinggi 16 cm.
4. Tabung segi enam sama sisi dengan masing-masing lebar sisi 3 cm dan tinggi 16 cm.
5. Balok dengan lebar 5 cm, tinggi 5 cm, dan panjang 8 cm.
6. Segi tiga sama sisi dengan sisi 16 cm.

4.1. Pengujian dengan Penghalang Tunggal.

Pengujian dengan penghalang tunggal ini dilakukan dengan meletakkan benda penghalang secara bergantian di depan mobil robot, kemudian mobil robot mulai dijalankan dan dilihat berapa jauh mobil robot (dalam cm) mulai berbelok dari benda penghalang, kemudian hasilnya dirata-rata sehingga dapat diketahui bentuk dan warna benda apa yang paling peka dan yang paling tidak peka untuk dideteksi oleh sensor inframerah. Benda penghalang yang diletakkan secara bergantian itu berbentuk tabung, prisma, tabung segi lima, tabung segi enam dengan warna hitam, kemudian putih dan selanjutnya perak.

Tabel 1. Jangkauan (dalam cm) Deteksi Sensor Inframerah terhadap Penghalang Tunggal Berwarna Hitam.

Bentuk Benda	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Rata-rata
Tabung	25	25	25	24	26	25	25	25	26	25	25,1
Prisma	20	21	20	20	21	20	20	20	21	20	20,3
Tabung Segi Lima	23	24	24	23	23	23	24	24	22	23	23,3
Tabung Segi Enam	24	24	23	23	23	24	23	23	23	24	23,4
Balok	33	33	33	33	34	33	33	33	34	33	33,2
Segi Tiga Sama Sisi	34	34	33	34	33	33	34	34	34	34	33,7

Tabel 2. Jangkauan (dalam cm) Deteksi Sensor Inframerah terhadap Penghalang Tunggal Berwarna Putih.

Bentuk Benda	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Rata-rata
Tabung	47	46	47	46	47	47	46	46	45	47	46,4
Prisma	34	32	40	30	35	36	36	36	35	35	34,9
Tabung Segi Lima	50	50	51	50	51	49	50	50	49	50	50
Tabung Segi Enam	44	46	46	46	47	47	45	46	46	46	45,9
Balok	50	51	50	50	50	50	50	50	51	50	50,2
Segi Tiga Sama Sisi	58	58	57	58	57	58	58	58	57	58	57,7

Tabel 3. Jangkauan (dalam cm) Deteksi Sensor Inframerah terhadap Penghalang Tunggal Berwarna Perak.

Jenis Benda	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Rata-rata
Tabung	25	25	25	24	37	33	21	22	23	22	25,7
Prisma	15	16	17	17	16	15	17	17	16	17	16,3
Tabung Segi Lima	88	87	87	86	87	89	86	88	87	88	87,3
Tabung Segi Enam	88	89	89	88	87	88	87	89	89	88	88,2
Balok	118	118	118	119	119	119	118	117	118	118	118,2
Segi Tiga Sama Sisi	152	152	151	152	152	150	151	152	152	152	151,6

Dari Tabel 1, 2 dan 3 diketahui penghalang berbentuk segitiga sama sisi dapat memantulkan sinar inframerah dengan lebih baik dibandingkan dengan bentuk penghalang lain, karena posisi arah perambatan sinar datang inframerah yang diarahkan pada segi tiga sama sisi dipantulkan kembali mendekati arah sudut datang sinar inframerah sehingga sensor lebih sensitif, karena bentuk segitiga sama sisi mempunyai sisi tegak lurus, sedangkan pada tabung dan prisma, karena tidak mempunyai sisi tegak lurus, maka arah perambatan sinar inframerah

yang diarahkan pada tabung dan prisma dipantulkan menjauhi arah datang sinar inframerah sehingga menjauhi posisi sensor, akibatnya sensor sulit mendeteksi halangan.

Dari ketiga tabel tersebut juga dapat disimpulkan bahwa penghalang berwarna hitam paling sedikit memantulkan sinar inframerah karena sebagian besar akan diserap oleh warna gelap. Sedangkan warna cerah (putih) akan lebih banyak memantulkan sinar inframerah sehingga sensor lebih sensitif (jangkauan lebih jauh). Jangkauan inframerah terjauh adalah untuk penghalang berwarna perak, karena memantulkan paling banyak sinar inframerah, kecuali pada penghalang berbentuk tabung dan prisma. Hal ini terjadi karena sisi tabung dan prisma tidak mempunyai sisi tegak lurus terhadap posisi sensor mobil robot, sehingga sinar datang inframerah yang mengenai tabung dan prisma dipantulkan menjauhi arah sinar datang, sehingga sulit dideteksi sensor.

4.2. Pengujian Keberhasilan Mobil Robot.

Pengujian keberhasilan mobil robot ini dilakukan dengan cara meletakkan dinding penghalang kertas warna putih datar di depan mobil robot dengan sudut yang bervariasi, kemudian mobil robot dijalankan dengan sudut yang berbeda dan dilihat apakah dapat menghindari halangan atau tidak. Pengujian keberhasilan mobil robot dilakukan masing-masing sebanyak sepuluh kali percobaan, kemudian dicatat berapa kali mobil robot menabrak penghalang, sehingga dapat diketahui % kesalahan yang terjadi. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Dari hasil pengujian pada Tabel 4. dapat disimpulkan bahwa sensor inframerah pada mobil robot anti menabrak mempunyai daya deteksi yang baik dengan 0% kesalahan pada saat mobil dihadapkan pada penghalang dan membentuk sudut $\geq 35^{\circ}$, dikarenakan pada sudut ini sinar inframerah masih mampu dipantulkan oleh permukaan kertas putih. Makin besar sudut mendekati 90° , maka makin banyak berkas sinar yang akan kembali ke arah datang sinar inframerah, sehingga sensor menjadi makin peka.

Tabel 4. Pengujian Keberhasilan Mobil Robot dengan Besar Sudut Penghalang yang Berbeda.

Besar sudut	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	% Kesalahan
90°	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	0 %
$67,5^{\circ}$	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	0 %
60°	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	0 %
45°	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	0 %
35°	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	0 %
30°	TM	TM	TM	TM	TM	TM	M	TM	TM	TM	10 %
25°	TM	TM	M	TM	TM	M	M	TM	TM	TM	30 %
$22,5^{\circ}$	M	M	M	TM	M	M	M	TM	M	M	80 %
20°	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	100 %
18°	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	100 %
15°	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	100 %
$11,25^{\circ}$	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	100 %

Keterangan:

M : Menabrak.

TM : Tidak Menabrak.

Sensor menjadi tidak peka pada sudut 30° ke bawah, ini dibuktikan di antaranya dengan tingkat kesalahan pada sudut 25° yang mempunyai prosentase kesalahan mencapai angka 30%, sehingga dapat disimpulkan pada sudut $\leq 35^{\circ}$ tingkat kepekaan sensor inframerah pada mobil robot ini menjadi berkurang. Sensor sama sekali tidak dapat mendeteksi adanya penghalang kertas putih pada sudut $\leq 20^{\circ}$ dengan tingkat kesalahan mencapai angka 100%. Makin kecil sudut yang akan dilalui, maka akan makin besar kesalahan dikarenakan berkas sinar inframerah yang mengenai penghalang kertas putih dibiarkan menjauhi arah datang sinar, sehingga sensor semakin sulit mendeteksi adanya penghalang.

Prototip mobil robot ini juga mempunyai kelemahan-kelemahan yang lain, yaitu: Mobil robot yang dibuat menggunakan empat daya motor sebesar 4,8 volt atau 4 buah baterai 1,2 volt, sehingga apabila kurang pada level tegangan ini, mobil robot tidak begitu kuat berjalan dan berbelok. Kemampuan mobil robot dalam menghindari halangan pada sudut sempit juga disebabkan bentuk *body* (kerangka) dan letak penyusunan rangkaian sensor inframerah. Sehingga saat berjalan terkesan terlalu berat. Idealnya, untuk mendapatkan hasil yang maksimal, selain memikirkan perangkat elektroniknya, perlu juga dipikirkan keseimbangan bentuk *body* atau kerangka dari mobil robot. Dalam penelitian ini program dimasukkan dalam memori yang bersifat sementara sehingga apabila direset atau catudaya dicabut, program harus *download* lagi apabila mobil robot akan dijalankan kembali, sehingga akan memakan waktu.

3. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Telah dapat dirancang mobil robot anti menabrak berbasis mikrokontroler 68HC11, baik perangkat keras maupun perangkat lunaknya, dengan sensor inframerah sebagai pendeteksi dinding penghalang.
2. Mobil robot dapat menghindari penghalang dengan baik pada posisi sudut $\geq 35^{\circ}$ terhadap penghalang dengan 0% kegagalan, mulai menunjukkan kesalahan pada sudut 30° terhadap penghalang dengan 10% kegagalan dan mulai gagal 100% pada sudut $\leq 20^{\circ}$ terhadap penghalang.
3. Bentuk penghalang yang paling sensitif dideteksi oleh sensor inframerah adalah bentuk balok dan segitiga sama sisi, sedangkan yang paling tidak sensitif adalah bentuk tabung dan prisma sama sisi.
4. Warna penghalang yang paling sensitif dideteksi oleh sensor inframerah adalah warna perak, kemudian diikuti warna putih dan hitam.

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Torsi motor dc yang digunakan dalam penelitian ini cukup kecil dan tidak maksimum. Untuk penelitian selanjutnya agar menggunakan motor dc dengan torsi yang lebih besar.
2. Sensor inframerah sebagai alat deteksi dinding penghalang yang digunakan pada penelitian ini hendaknya dapat ditingkatkan lagi sensitifitasnya atau diganti dengan transduser lainnya yang lebih sensitif dan presisi.
3. Pada penelitian selanjutnya dapat dibuat kendali logika fuzzy, sehingga mobil mampu berbelok dengan kombinasi benda penghalang yang lebih kompleks.
4. Pada penelitian selanjutnya diharapkan *body* mobil agar dibuat lebih baik dan lebih tahan menanggung beban berat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alonso, M. dan Finn, E.J., "**Dasar-dasar Fisika Universitas**" Penerbit Erlangga, Jakarta, 1994.
- [2] Budianto, T.M., "**Perancangan Termometer Digital Berbasis Mikrokontroler 68HC11**" Skripsi S-1, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, 2003.
- [3] Cahyono, A.E., "**Autonomous Mobile Robot B-Cak Sub Judul Mekanik dan Driver Motor (Hardware)**" Proyek Akhir, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2001.
- [4] Koren, Y., "**Robotic for Engineer**" Mc Graw-Hill Book Co, Singapore, 1987.
- [5] Meystel, A., "**Autonomous Mobile Robots Vehicles with Cognitive Control**" Department of Electrical and Computer Engineering Drexel University, World Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, 1991.
- [6] Muchlas, 2000, "**Mikrokontroler M68HC11**" Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, 1991.
- [7] Muchlas, "**Karakteristik Karakteristik Transduser Suhu Menggunakan Sensor Diode Silikon Berbasis Komputer Mikro**" Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, 1995.

-
- [8] Petruzella, F.D., "**Elektronik Industri**" penerjemah Sumanto, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2001.
- [9] Schuler, C.A., "**Electronics Principles and Applications**" California University of Pennsylvania, Mc Graw-Hill Book Co. Singapore, 1994,
- [10] Sutrisno, "**Elektronika Teori dan Penerapannya**" jilid 1, Penerbit ITB, Bandung, 1986.
- [11] Toyota Astra Motor Training Center, P.T, 2003, "**New Step 1 Training Manual**", Jakarta.
- [12] Iswanjono, Suwarno, B.Dj.U, dan Brymer, M.S, "**Simulator Alat Ukur Jarak dan Perhitungan Biaya Berbasis Mikrokontroler AT89C51**" Prosiding Seminar On Electrical Engineering, Vol.1 no.1, 159-166, 2003.
- [13] Trejo, A.J, University of Texas at El Paso, <http://www.public.asu.edu/~cbaral/cse494-f00/projects/students/t1/page1.htm>, 1999
- [14] Wasito, S., **Vandemekum Elektronik**, edisi kedua, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2001.
- [15], EE 227 Mobile Robot,
<http://www.eng.yale.edu/ee-labs/morse/courses/ee226/robot/default.htm>
- [16], Robot Sandwich, <http://www.robotroom.com/Sandwich.html>,
- [17], Robot Bakukang,
<http://www.upd.edu.ph/~mobotlab/projects/bakukang/bakukang.html>,
- [18], "**M68HC11 Reference manual**" <http://www.Motorola.com/>