

Implementasi Metode Vector- Distance Function, sebagai Metode Penghindaran Halangan untuk Autonomous Mobile Robot

Endah Suryawati Ningrum¹⁾, Ali Husein Alasiry²⁾, Fernando Ardilla³⁾, Iwan Kurnianto Wibowo⁴⁾

Program Studi. Mekatronika - Politeknik Elektronika Negeri Surabaya¹⁾

Jurusan Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya^{2,4)}

Program Studi. Teknik Komputer, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya³⁾

Kampus PENS ITS Raya ITS Sukolilo, Surabaya

E-mail: endah@eepis-its.edu, ali@eepis-its.edu, nando@eepis-its.edu, korn_one2005@yahoo.com

Abstrak

Metode Vector Distance Function yang digunakan dalam penghindaran halangan (obstacle) pada penelitian ini adalah modifikasi dari metode potential field yang telah dikembangkan oleh J. Borenstein dan Y. Koren. Konsep dasar dari metode ini adalah adanya gaya virtual robot berdasarkan resultan dari gaya tolak virtual terhadap halangan dan gaya tarik virtual terhadap target. Akan tetapi pada metode Potential Field dibutuhkan sistem navigasi global seperti menggunakan kamera terpusat, sedangkan modifikasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan sistem navigasi lokal berupa beberapa pasang sensor ultrasonik. Sensor tersebut mendeteksi jarak halangan disekitar robot, sedangkan target pada penelitian ini berupa sebuah posisi dalam koordinat kartesian tertentu yang telah ditetapkan. Dengan menggunakan rotary encoder pada roda kanan dan kiri yang diolah dengan formula odometry, robot mampu mengetahui posisinya dan jarak terhadap target saat itu. Hasil dari implementasi metode ini memberikan banyak keunggulan, yaitu robot mampu menghindari halangan jebakan ruangan (U trap) dengan tetap mendekati target dan mencapainya tingkat keberhasilan menghindari halangan yang tinggi dengan error di bawah 13%. Aplikasi penelitian ini pada nantinya diterapkan pada pertandingan robot soccer.

Kata kunci : obstacle, robot, ultrasonik, avoidance

I. Pendahuluan

Soccer robot merupakan salah satu bentuk robot bergerak otonom yang banyak dirancang baik untuk penelitian, aplikasi industri maupun kompetisi robot. Sesuai dengan namanya, kemampuan yang dimiliki oleh soccer robot adalah mencari dan menggiring bola menuju gawang lawan. Untuk menemukan dan menggiring target bola, robot diharuskan mampu menghindari halangan berupa dinding dan robot lainnya, dengan menggunakan sensor ultrasonic serta mencapai sebuah target berupa sebuah posisi. Sejauh ini banyak penelitian tentang kontrol pergerakan robot secara konvensional. Sedangkan pada kenyataan, banyak

tantangan yang dihadapi oleh suatu robot yang bergerak otonom, diantaranya adalah sejauh mana robot dapat menghindari halangan dan dituntut mencapai sebuah target posisi tertentu. Robot harus mampu mengetahui posisi halangan dan target sehingga mampu bergerak menghindari ke arah yang aman dengan tetap berusaha mendekati target. Untuk menentukan arah dan kecepatan menghindari yang aman digunakan metode vector – distance function.

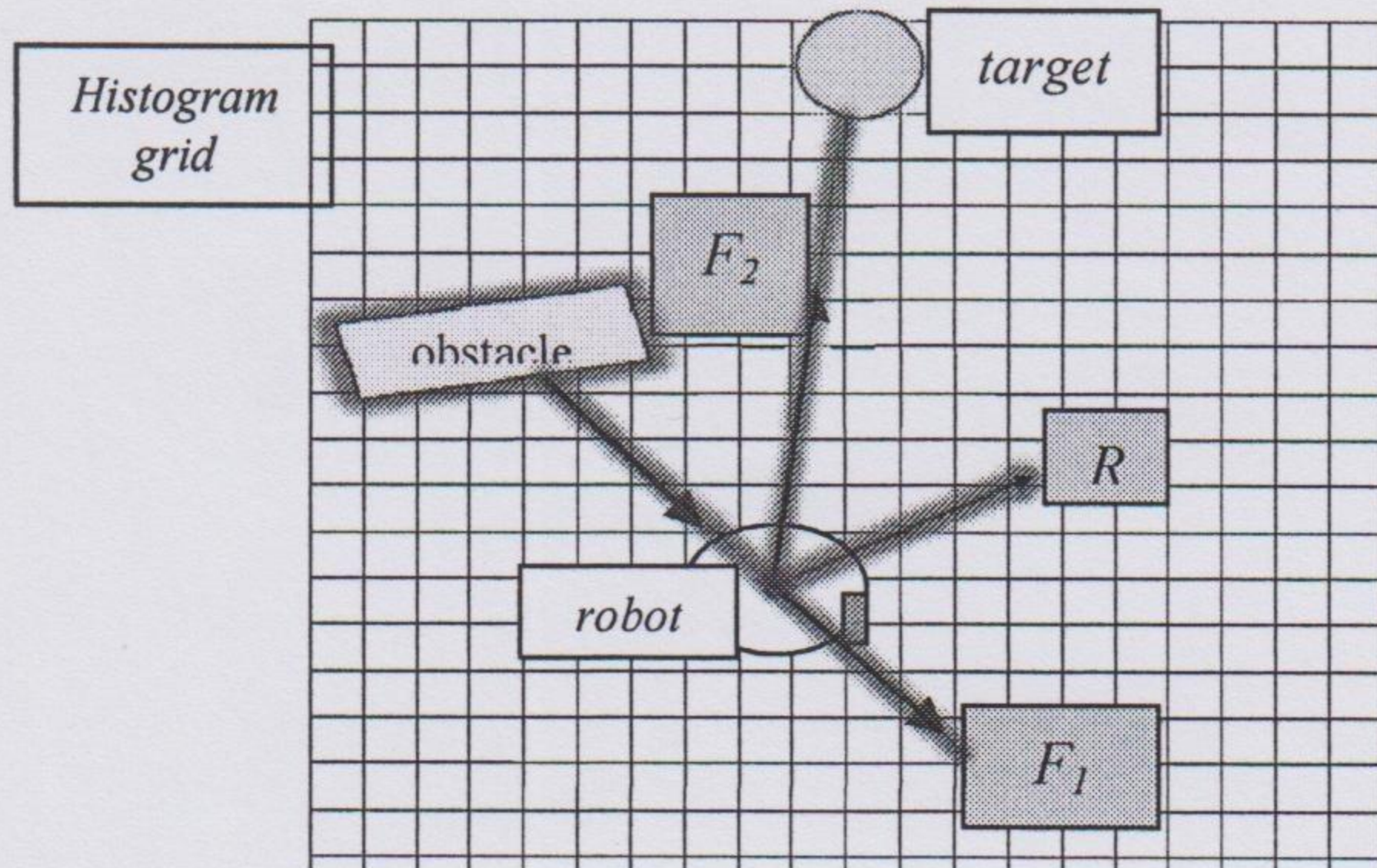
Berdasarkan metode ini jarak halangan terhadap pusat robot yang diketahui dengan menggunakan sensor ultrasonik menentukan besarnya gaya tolak virtual. Dengan arah hindar robot sebesar 180° menjauh terhadap garis lurus halangan dengan titik pusat robot. Apabila halangan lebih dari satu maka ditentukan vector resultan dari masing-masing halangan yang akan digunakan sebagai acuan arah gerak robot disamping posisi target.

II. Teori

Telah dijelaskan bahwa kemampuan obstacle avoidance adalah komponen utama untuk mencapai keberhasilan mobil robot bermanuver. Untuk mencapai optimalisasi kemudi diperlukan komputasi yang cukup rumit. Hal ini diatasi dengan teknik penghindaran halangan menggunakan metode Vector Distance Function. Ide dasar dari konsep ini adalah adanya gaya virtual robot berdasarkan resultan dari gaya tolak virtual terhadap obstacle dan gaya tarik virtual terhadap target. Implementasi metode ini sangat cepat dan mudah tanpa perlu banyak perbaikan[1].

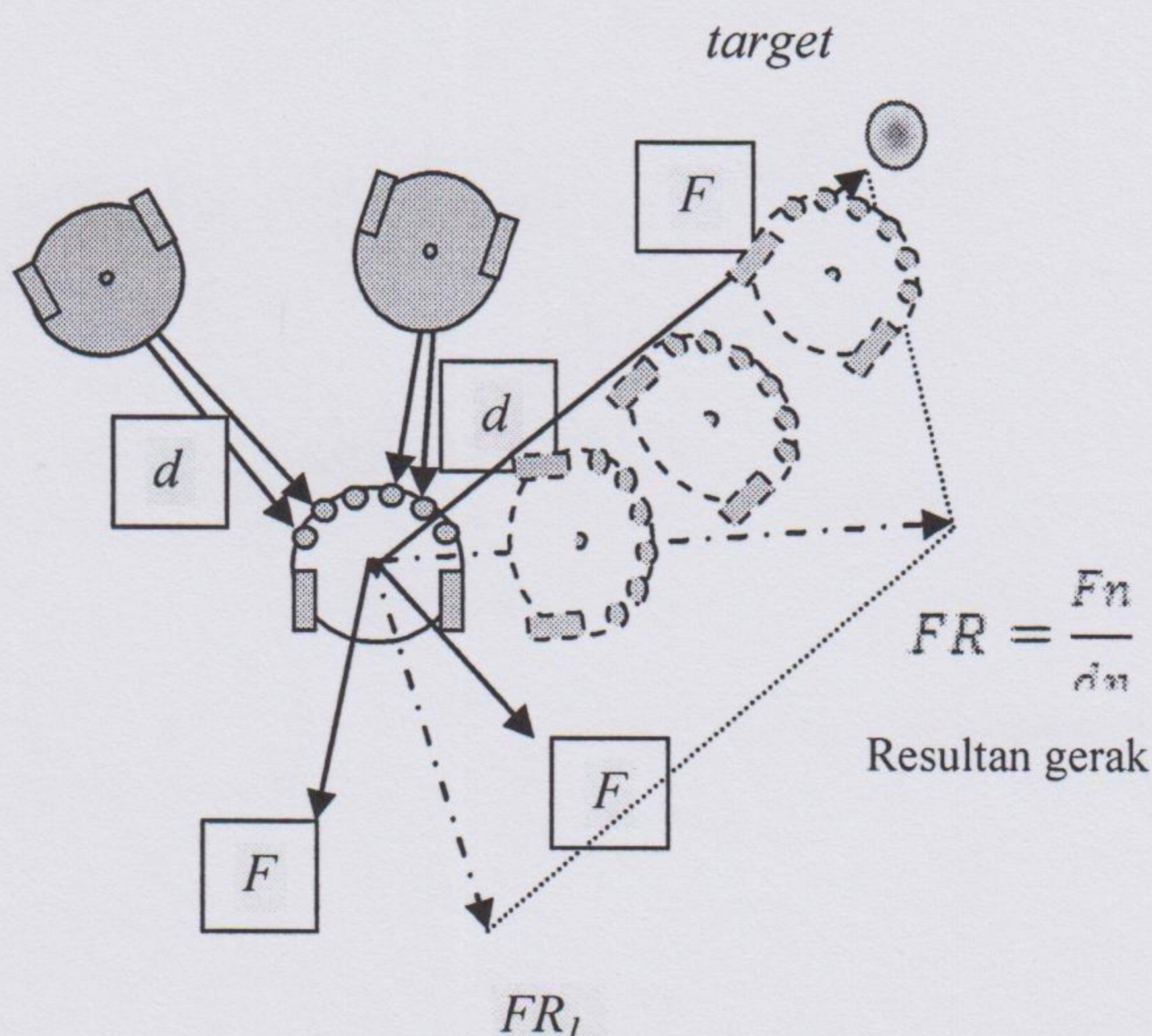
Metode ini telah dikembangkan oleh J. Borenstein dan Y. Koren, dengan menggunakan global navigation menggunakan kamera terpusat untuk mengetahui posisi robot terhadap lingkungan. Berikut ini adalah ilustrasi metode Potential Field sebagai penghindaran halangan dan pencapaian target. Sedangkan modifikasi yang akan dilakukan adalah menggunakan sistem local navigation dimana untuk mengetahui adanya halangan digunakan sensor ultrasonic sedangkan target merupakan sebuah titik yang telah ditentukan. Aplikasi obstacle avoidance pada sebuah robot dapat diilustrasikan bahwa robot dengan rintangan atau obstacle digambarkan memiliki

muatan yang sama sehingga jika saling berdekatan akan menghasilkan gaya tolak – menolak sedangkan robot dengan titik tujuan memiliki muatan yang berbeda sehingga menghasilkan gaya tarik – menarik.



Gambar 1. Ilustrasi metode Potential Field

Berikut ini adalah ilustrasi metode vector distance function sebagai penghindaran halangan sambil bergerak.



Gambar 2. Ilustrasi metode vector distance

Hal terpenting dalam metode vector distance function adalah gaya tolak virtual (Repulsive Potential) dan gaya tarik virtual (Attractive Potential). Repulsive Potential akan menjaga jarak antara robot dengan obstacle. Magnitude dari Repulsive Potential ini akan semakin besar jika jarak robot dengan obstacle semakin dekat demikian pula sebaliknya. Berbeda dengan Repulsive Potential, magnitude Attractive Potential semakin besar jika posisi robot semakin menjauhi titik tujuan[2].

Repulsive Potential dinotasikan sebagai fungsi scalar F_r yang merupakan resultan dari beberapa Repulsive Potential effect yang dihasilkan oleh obstacle[1]. Jika i adalah jumlah gaya tolak virtual yang dihasilkan dari obstacle, maka:

$$F_{ij} = \frac{F_{cr} W^n C_{ij}}{F^n(i, j)} \left(\frac{x_i - x_0}{d(i, j)} \hat{x} + \frac{y_j - y_0}{d(i, j)} \hat{y} \right) \quad (1)$$

$$F_r = \sum_{ij} F_{ij} \quad (2)$$

dimana

F_{cr} = konstanta gaya tolak.

$d(i, j)$ = jarak antara active cell (i,j) dan robot.

C_{ij} = nilai pasti active cell (i,j).

W = lebar mobile robot.

x_0, y_0 = posisi koordinat sekarang.

x_i, y_j = koordinat active cell (i,j).

Attractive Potential adalah gaya yang dibentuk antara posisi robot dengan posisi tujuan. Besarnya gaya tarik F_t adalah:

$$F_t = F_{ct} \left(\frac{x_t - x_0}{d_t} \hat{x} + \frac{y_t - y_0}{d_t} \hat{y} \right) \quad (3)$$

dimana

F_{ct} = konstanta gaya tarik.

d_t = jarak target terhadap robot.

x_0, y_0 = posisi koordinat sekarang.

x_t, y_t = koordinat target.

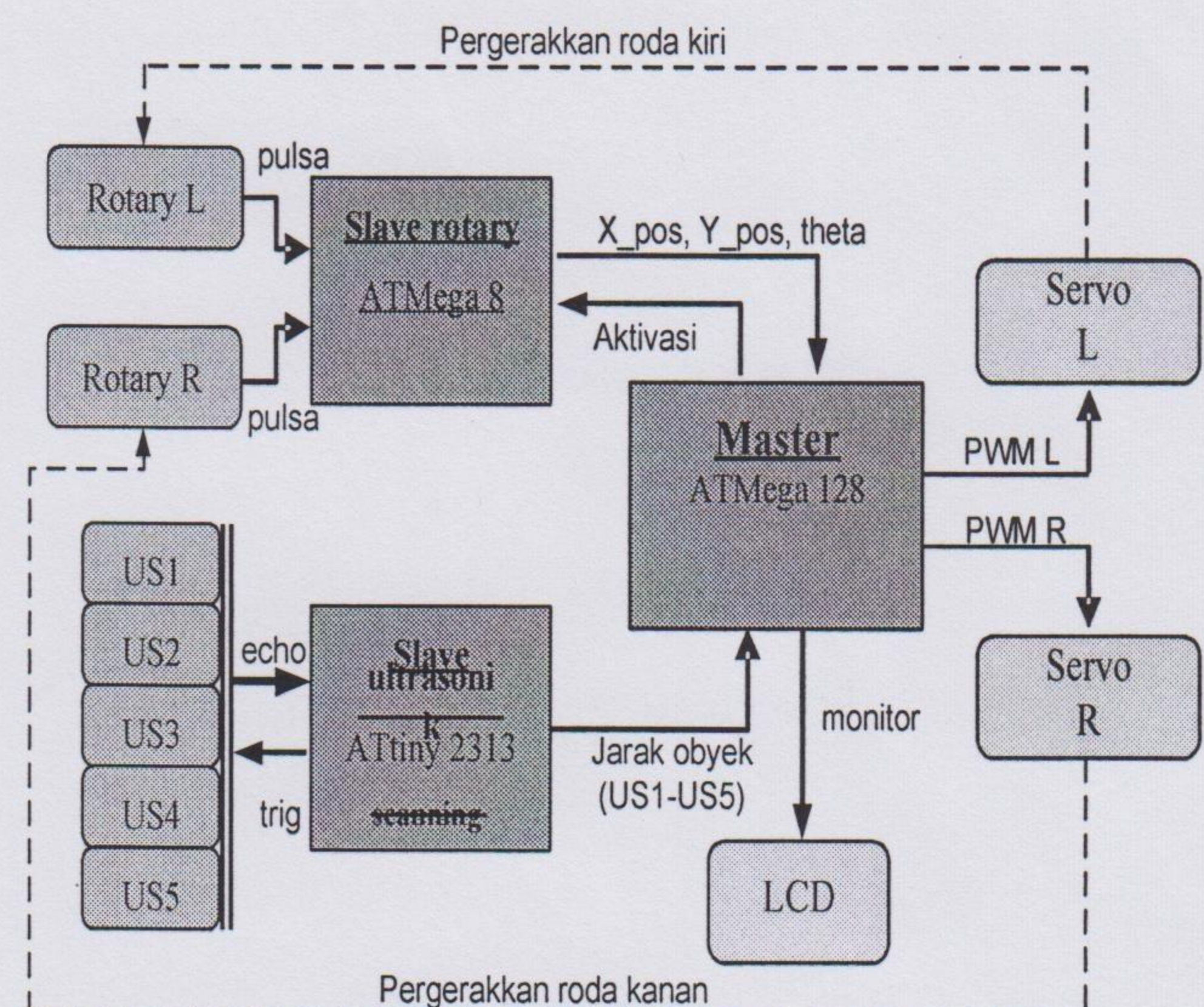
Selanjutnya jumlahkan F_r dan F_t sehingga diperoleh resultan gaya vector R:

$$R = F_r + F_t \quad (4)$$

III. Perancangan Sistem

A. Blok Diagram Sistem

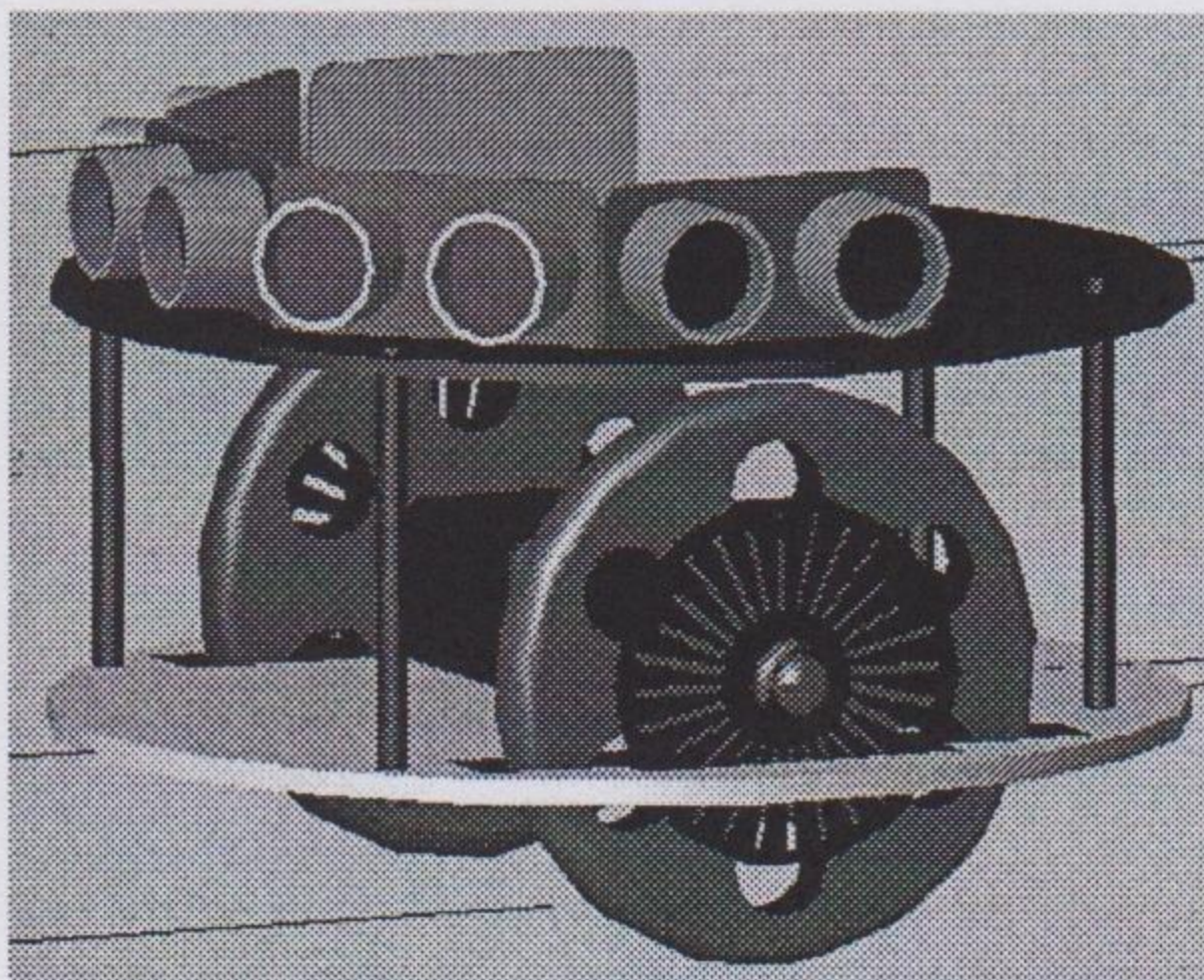
Secara keseluruhan, robot ini terbagi dalam beberapa blok bagian yaitu :



Gambar 3. Blok bagian sistem keseluruhan

B. Perancangan desain dan pembuatan mekanik

Robot didesain berbentuk bulat agar tidak terdapat sudut pada robot tersebut, sehingga gerakan robot semakin mudah dan lincah. Robot dibuat bertingkat dua, hal ini dikarenakan robot hanya berdiameter 14 cm, sedangkan rangkaian pendukung robot yang cukup banyak serta baterai yang cukup besar. Pada tingkat dasar terdiri dari motor servo kanan dan kiri, roda kanan dan kiri dengan rotary encoder, serta baterai 6 volt. Pada tingkat kedua berupa PCB rangkaian elektronika yang menyatu dengan lima buah sensor ultrasonik. Hal ini dimaksudkan demi pencapaian desain yang serendah mungkin supaya robot mempunyai keseimbangan beban yang baik.

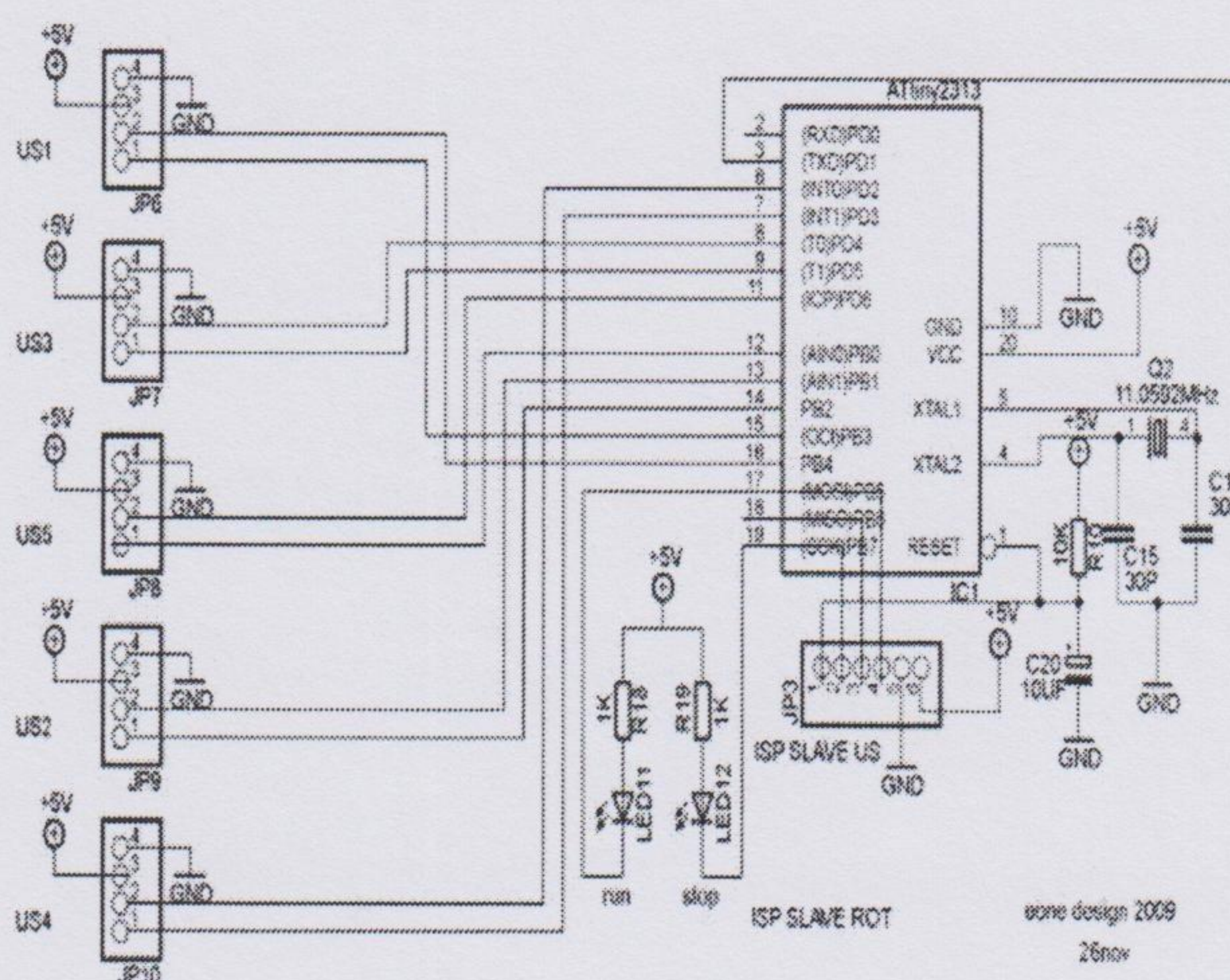


Gambar 4. Blok bagian sistem keseluruhan

C. Perancangan dan pembuatan perangkat keras

Sensor ultrasonik

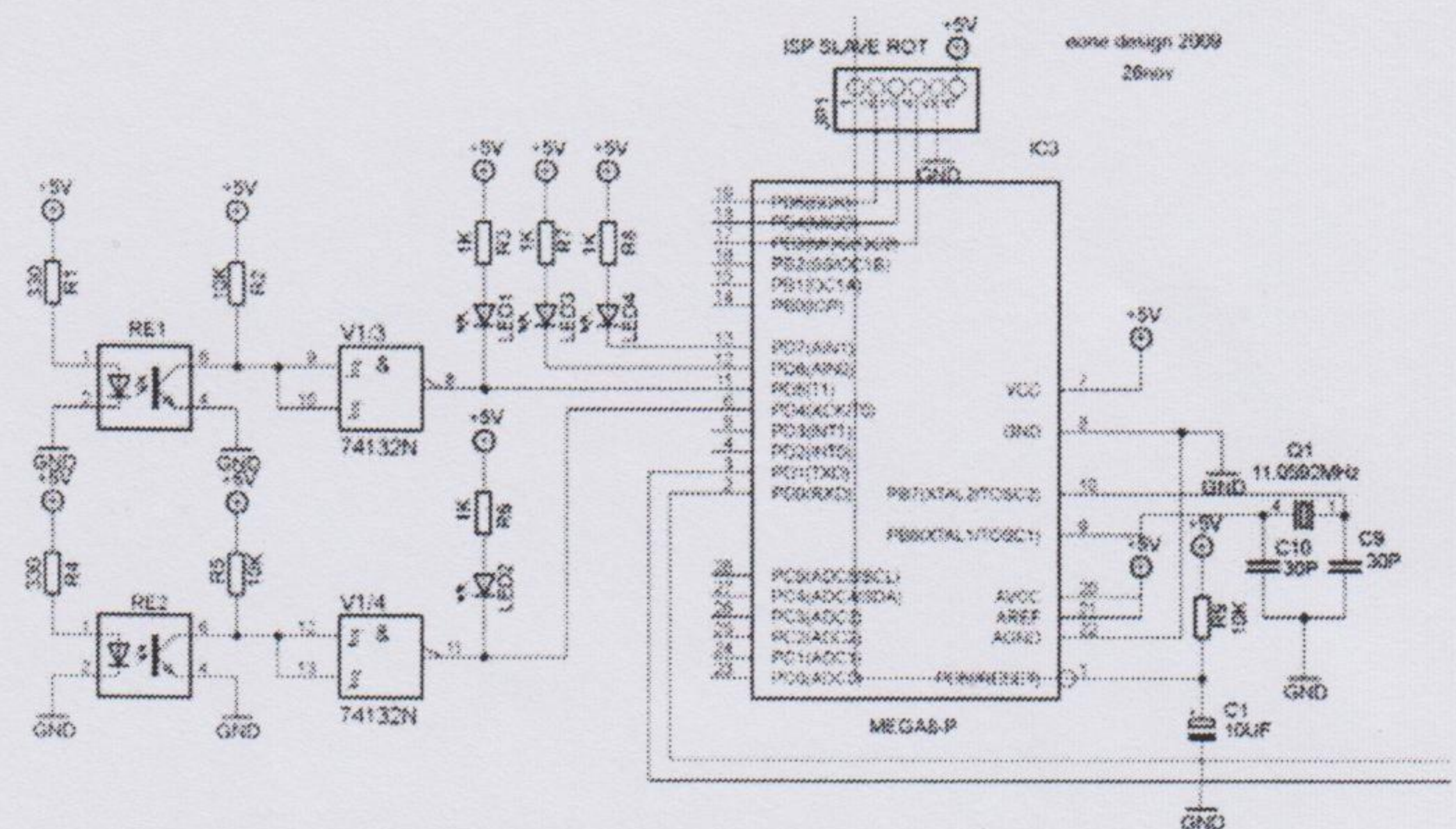
Jarak halangan dideteksi menggunakan sensor ultrasonik SRF04 sebanyak 5 buah. Sensor ini terpasang pada bagian depan dan samping dengan sudut 45° masing-masing sensor. Tugas pengambilan data jarak halangan dilakukan pada mikrokontroler slave ATtiny 2313. Berikut ini gambar rangkaian interface dengan mikrokontroler.



Gambar 5. Interface sensor ultrasonik dengan mikrokontroler

Rotary encoder

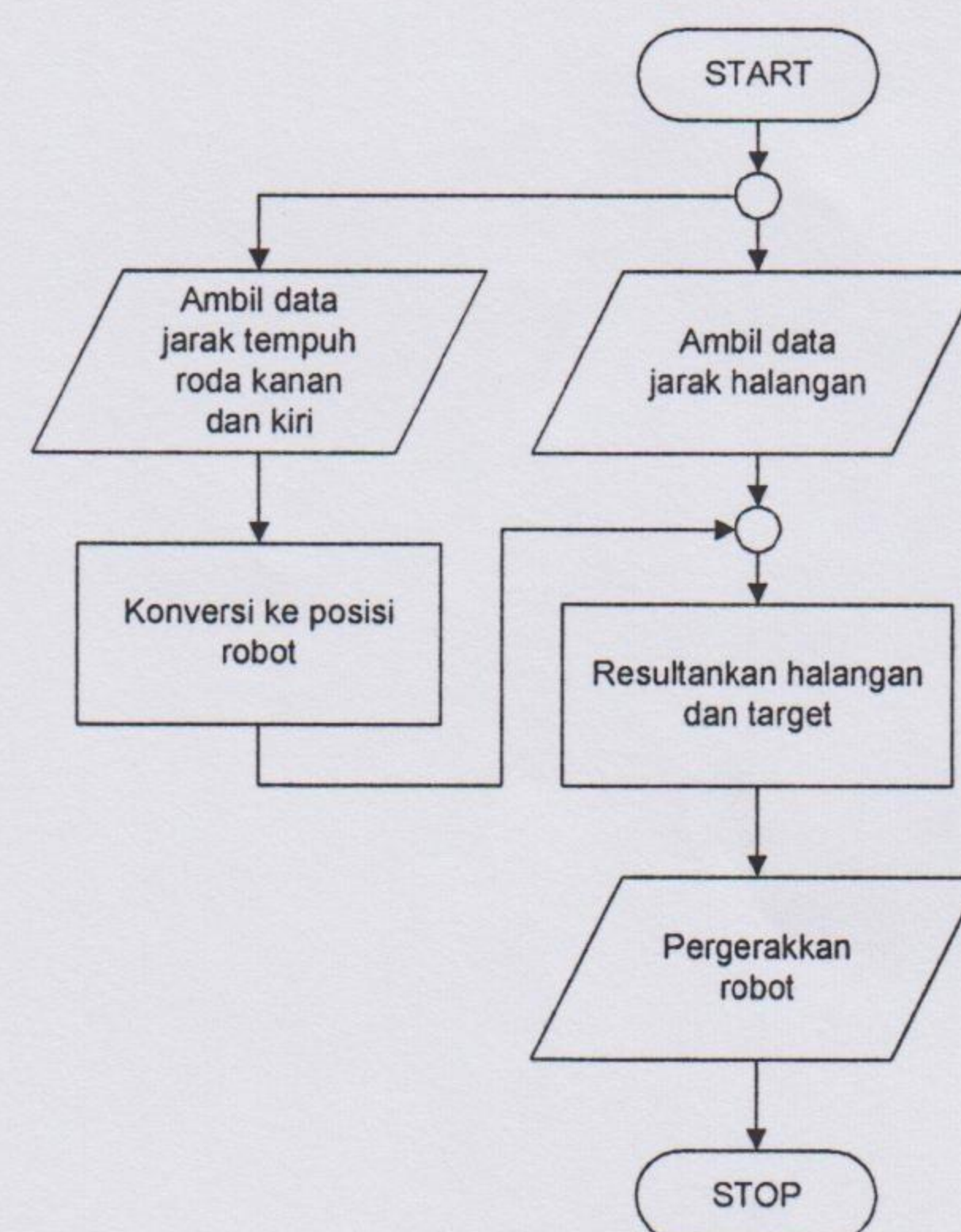
Untuk mendeteksi perpindahan atau putaran motor digunakan sensor rotary encoder. Yang menjadi pilihan adalah Incremental Encoder. Rotary Encoder Relatif (sering disebut juga Incremental Encoder) digunakan ketika metode pengkodean absolut tidak bisa digunakan (disebabkan ukuran dan bentuk piringan/cakram). Metode ini juga menggunakan piringan yang dipasang pada poros, tetapi ukuran piringan/cakram kecil, dengan jumlah garis radial yang banyak, seperti jeruji roda. Berikut ini gambar rangkaian interface dengan mikrokontroler.



Gambar 6. Interface rotary encoder dengan mikrokontroler

D. Perancangan dan pembuatan perangkat lunak

Algoritma penghindaran halangan dan pencapaian target dengan metode vector distance function adalah



Gambar 7. Algoritma vector distance function

IV. Pengujian Sistem

A. Pengujian sensor ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik dengan obstacle balok dus berdimensi (18,5 cm x 13,5 cm x 7 cm) diletakkan di depan sensor. Diperoleh data jarak sensor ultrasonik dengan obyek dengan tingkat kesalahan yang kecil.

Tabel 4.1 Data pengukuran sensor ultrasonik

Jarak sensor terhadap obyek (cm)	Data pengukuran (cm)				
	US1	US2	US3	US4	US5
5	5.57	5.97	5.97	5.57	5.97
10	10.35	10.35	9.95	10.35	10.35
15	15.53	15.93	15.93	15.53	15.93
20	20.70	20.70	20.70	20.31	20.70
25	25.88	25.48	25.48	25.48	25.48
30	30.66	30.66	30.66	30.26	30.26
35	35.44	35.44	35.44	35.44	35.44
40	40.61	40.21	40.21	40.21	40.21
45	44.99	45.39	45.39	44.99	45.39
50	50.56	50.56	51.36	50.17	50.56
55	54.94	54.94	55.34	55.74	55.74
60	60.52	60.92	60.12	60.52	60.52
65	65.30	65.30	65.30	64.90	65.30
70	69.28	69.68	70.07	70.07	69.68
75	75.65	75.25	75.25	75.25	72.46
80	80.43	79.63	79.23	80.03	79.23
85	85.20	85.20	84.01	84.81	84.41
90	89.58	89.19	89.58	89.58	89.19
95	93.56	93.96	93.56	93.56	93.56
100	99.94	99.94	99.14	99.54	100.33

B. Pengujian rotary encoder

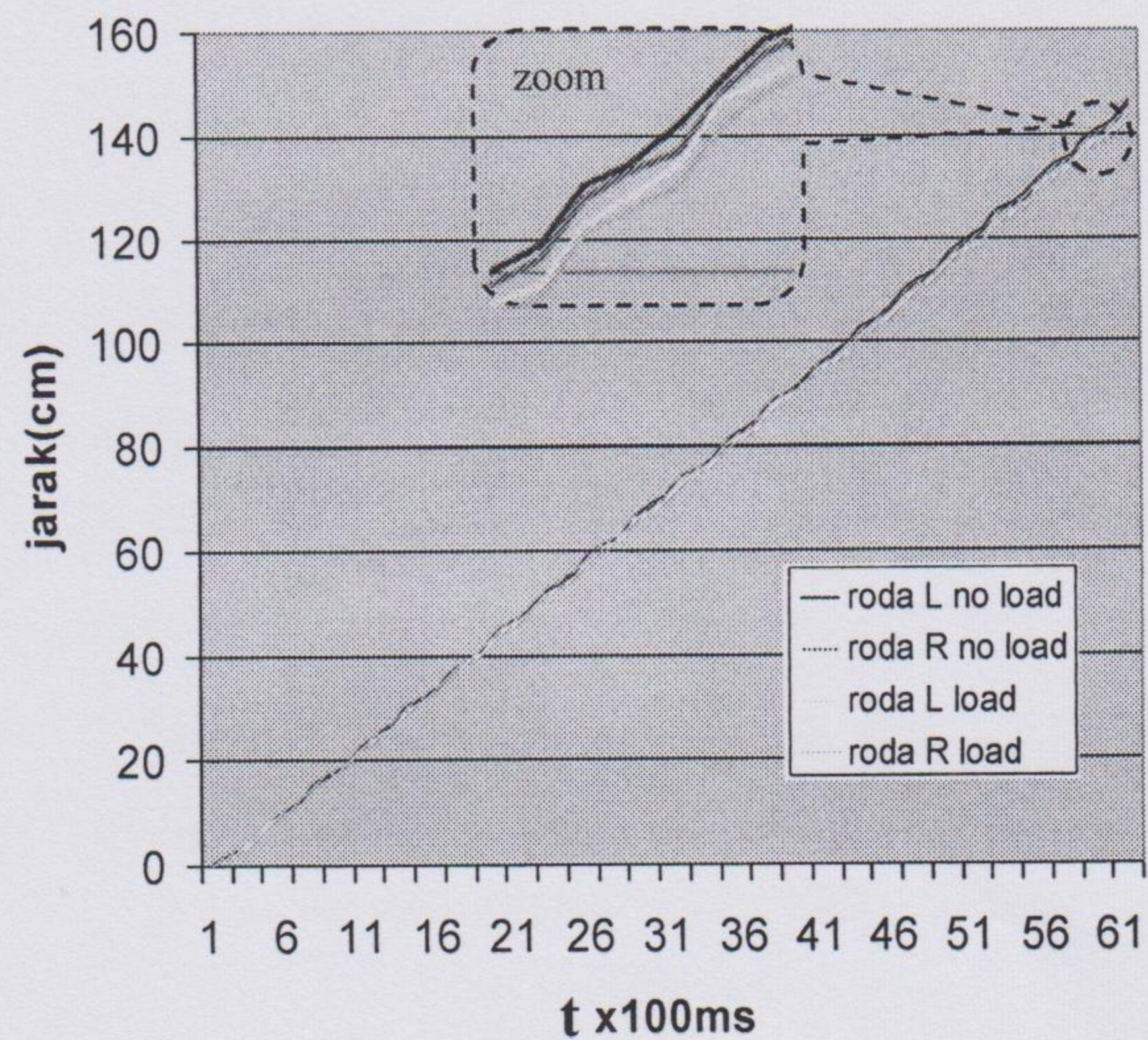
Dalam pencapaian target posisi, rotary ini berperan penting. Untuk itu sensor ini harus mempunyai keakuratan sesuai kebutuhan. Pada bagian ini sensor rotary encoder akan diuji agar diketahui seberapa ketelitian dan respon yang dapat dijangkau oleh sensor ini dengan kecepatan tertentu.

Tabel 4.2 Data pengukuran rotary encoder

Kecepatan (rpm)	Hitungan sebenarnya		Hitungan rotary encoder		Error %	
	Rot L	Rot R	Rot L	Rot R	Rot L	Rot R
15	140	140	140	140	0	0
30	140	140	140	140	0	0
45	140	140	140	140	0	0

C. Pengujian kemampuan motor servo dalam menggerakkan robot

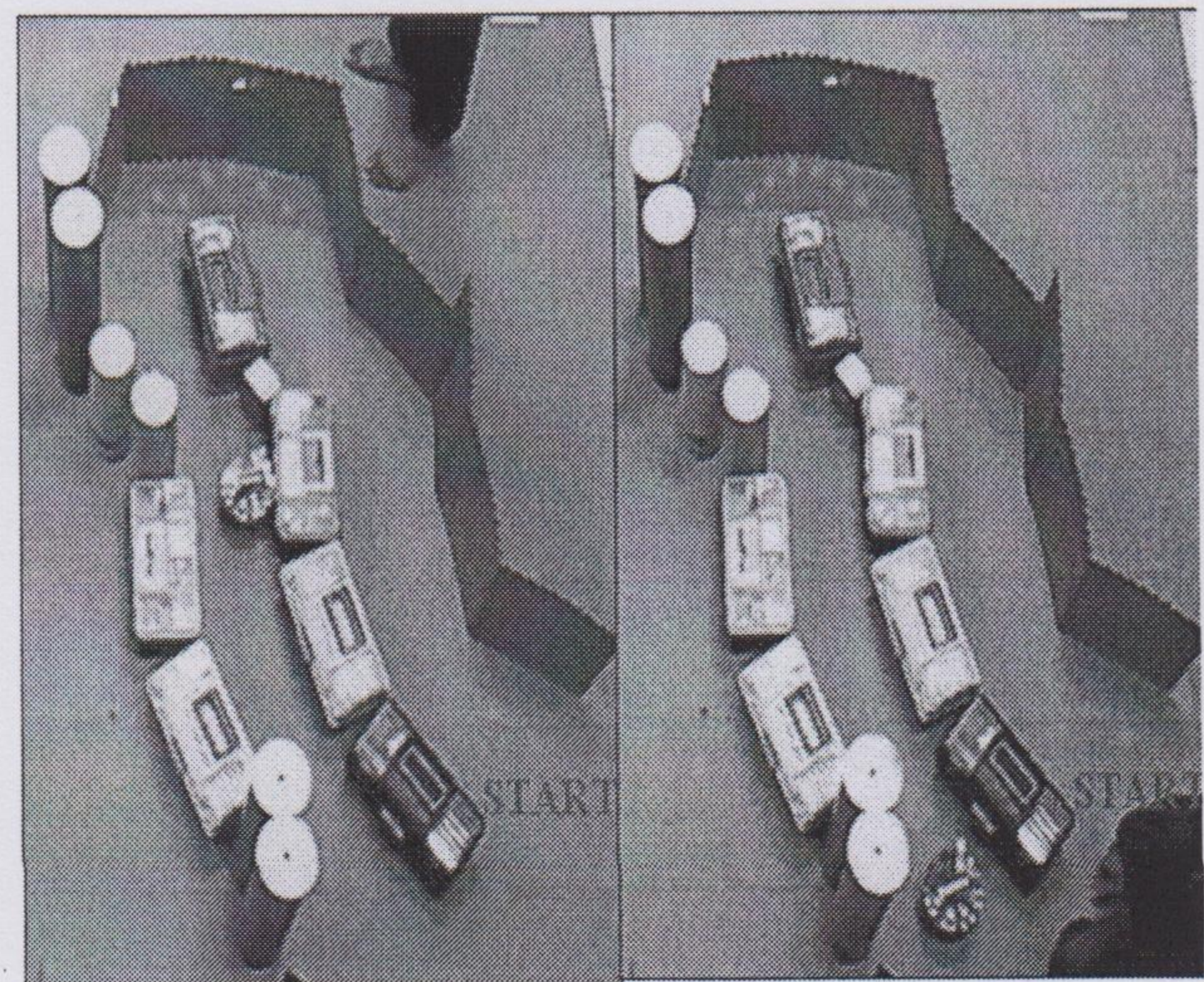
Motor servo yang digunakan pada robot mempunyai karakteristik sebagai seperti pada gambar hasil pegujian 4.1. Pada saat dibebani, kedua motor berputar sedikit lebih lambat dari pada saat tidak dibebani. Sedangkan untuk



Gambar 4.1 Grafik pengujian motor servo

D. Pengujian obstacle avoidance dengan metode vektor distance function

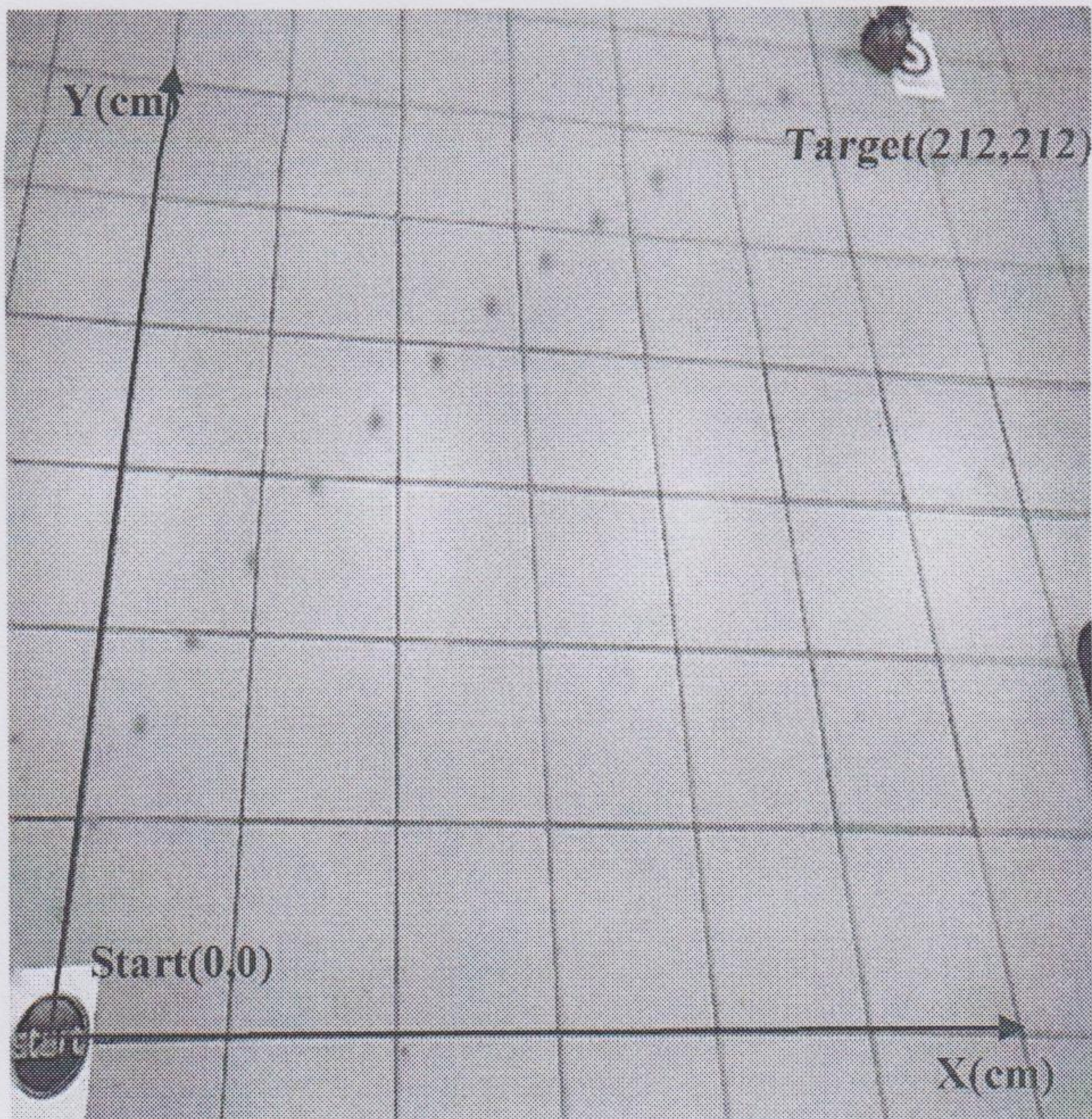
Dari pengujian ini diperoleh pergerakan robot yang efektif dalam menghindari halangan dengan osilasi yang relatif kecil. Keunggulan metode ini dibandingkan dengan metode konvensional look up table adalah ketika dihadapkan dengan halangan yang berada di kiri dan kanan sedangkan lintasan yang akan dilalui robot sempit, robot tetap mampu mencari jalan tengah untuk melaluinya.



Metode konvensional look up table Metode vector function distance

Gambar 4.2 Kemampuan robot dalam menghindari halangan

E. Pengujian pencapaian target titik diam dalam koordinat x dan y



Gambar 4.3 Kemampuan robot dalam mencapai target

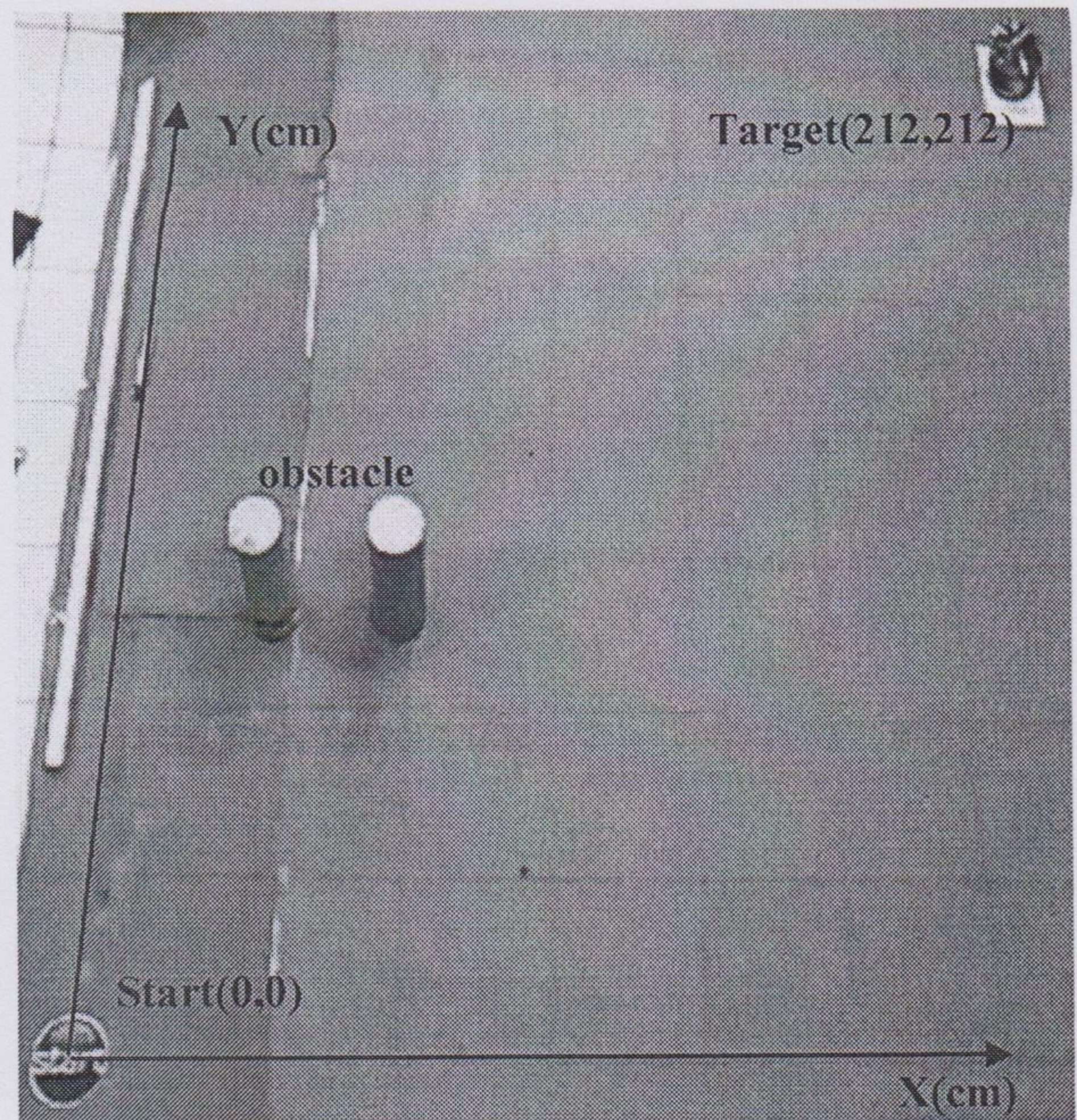
Posisi target berada pada koordinat (212,212) dalam satuan cm. Sehingga kalau dihitung jarak menuju target sebesar 299.8 cm. Error diketahui dari jarak posisi akhir robot berhenti terhadap target berupa deadzone dengan radius 3cm. Ketika robot sudah masuk deadzone maka target telah tercapai. Berikut ini error pencapaian target dengan lima kali percobaan.

Tabel 4.3 Data hasil pencapaian target posisi

Percobaan	Posisi akhir robot (x,y)	Jarak robot ke deadzone (cm)	Error (%)
1	(205,212)	4	1.3
2	(195,221)	16	5.3
3	(212,206)	3	1
4	(209,200)	9	3
5	(203,212)	6	2

F. Pengujian pencapaian target titik diam dalam koordinat x dan y dan obstacle avoidance

Pengujian ini membandingkan posisi pencapaian target robot dengan target sebenarnya dengan tuntutan robot mampu menghindari halangan yang ada.



Gambar 4.4 Kemampuan robot dalam mencapai target dengan menghindari halangan

Berikut ini adalah table yang menunjukkan besarnya error pencapaian target dengan lima kali percobaan:

Tabel 4.4 Data hasil pencapaian target posisi

Percobaan	Posisi akhir robot (x,y)	Jarak robot ke deadzone (cm)	Error (%)
1	(222,202)	11	3.7
2	(212,212)	0	0
3	(215,212)	0	0
4	(224,202)	12	4
5	(209,213)	0	0

Dari data-data pengujian diperoleh tingkat kesalahan yang relatif kecil. Faktor yang mempengaruhi error ini adalah selip roda yang tidak terbaca rotary encoder.

V. Kesimpulan

Setelah melakukan perencanaan dan pembuatan sistem kemudian dilakukan pengujian dan analisisnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan tentang sistem kerja alat, yaitu sebagai berikut:

- ❑ Robot mampu menghindari halangan dengan baik pada halangan yang bervariasi dengan menggunakan metode vector distance function. Ketika dihadapkan dengan halangan di sisi kanan dan kiri, robot mampu menjaga jarak dengan tetap di tengah. Ketika halangan berada di sebelah kanan, kiri atau depan, robot mampu menjaga jarak terhadap halangan dengan aman.
- ❑ Pencapaian target dengan teknik odometry sangat dipengaruhi oleh selip roda. Semakin panjang rute yang berbelok-belok maka potensi selip semakin besar. Dibuktikan pada pengujian pada jebakan ruangan, untuk ruangan tidak berpintu rata-rata error pencapaian target mencapai 9.07%, sedangkan jebakan ruangan berpintu yang memaksa robot berputar-putar, rata-rata error mencapai 12.49%.
- ❑ Sensor ultrasonik bekerja dengan baik (error di bawah 2 cm) pada halangan yang tidak menyerap gelombang ultrasonik. Pada halangan seperti spon busa, sensor ultrasonik mempunyai error cukup besar hingga 6 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kwon Y.D, Lee Jin S, " An Obstacle Avoidance Algorithm for Mobile Robot ", Paper, Juni 1995.
- [2] Borenstein J, Y. Koren, " Potential Field Methods and Their Inherent Limitations for Mobile Robot Navigation ", Proceedings of the IEEE Conference on Robotics and Automation, Sacramento, California, April 7-12, 1991, pp. 1398-1404.
- [3] Isabel Maria Ribeiro, " Obstacle Avoidance ", Paper, Institute for Systems and Robotics Instituto Superior Técnico Av. Rovisco Pais, Lisboa, Portugal, 2005.
- [4] Anderson David, " IMU Odometry ", Article, October 2006 Dallas, Texas, 2006.
- [5] Setiawan Iwan, " Perancangan dan Implementasi Sistem Kontrol Navigasi Robot Mobile Penjejak Trayektori Bezier ", Paper, Laboratorium Teknik Kontrol Otomatis, Teknik Elektro Undip
- [6] <http://indomicron.co.cc/elektronika/analog/sensor-ultrasonik/>.
- [7] <http://denumon.wordpress.com/2009/03/27/interface-rotary-encoder-ke-mikrokontroller-avr-atmega/>.
- [8] <http://one.indoskripsi.com/node/7903>.
- [9] <http://www.mytutorialcafe.com/mikrokontroller%20bab4%20LCDKarakter.htm>.
- [10] Adrianto Heri, " Pemrograman Mikrokontroler AVR Atmega16 ", Informatika Bandung, Bandung, 2008.
- [11] <http://payztronics.blogspot.com/2009/08/komunikasi-usart-avr-mode-sinkron.html>.
- [12] <http://payztronics.blogspot.com/2009/08/komunikasi-usart-avr-mode-asinkron.html>.