

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

Iwan Kurnianto Wibowo<sup>#1</sup>, Endah Suryawati N<sup>#2</sup>, Fernando Ardilla<sup>#3</sup>

<sup>#</sup>Jurusan Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya  
Kampus PENS ITS Sukolilo, Surabaya

<sup>1</sup>[korn\\_one2005@yahoo.com](mailto:korn_one2005@yahoo.com)

<sup>2</sup>[endah@eepis-its.edu](mailto:endah@eepis-its.edu)

<sup>3</sup>[nando@eepis-its.edu](mailto:nando@eepis-its.edu)

**Abstraks** Metode *vector distance function* yang digunakan dalam penghindaran halangan (*obstacle*) adalah modifikasi dari metode *potential field* yang telah dikembangkan oleh J. Borenstein dan Y. Koren. Ide dasar dari konsep ini adalah adanya gaya virtual robot berdasarkan resultan dari gaya tolak virtual terhadap *obstacle* dan gaya tarik virtual terhadap target. Metode *potential field* mempunyai sistem navigasi secara global menggunakan kamera terpusat sedangkan modifikasi yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah robot menggunakan sistem navigasi lokal. Jarak *obstacle* ke robot diketahui dengan menggunakan sensor ultrasonik.

Pencapaian target diam berupa sebuah posisi dalam koordinat kartesian diterapkan dengan teknik *odometry*. Data rotary encoder pada roda kanan dan kiri diolah dengan formula *odometry* sehingga robot mampu mengetahui posisinya dan jarak terhadap target saat itu.

Implementasi metode ini sangat tepat dan memberikan banyak keunggulan. Robot mampu menghindari halangan jebakan ruangan yang ada dengan tetap mendekati target dan mencapainya dengan error di bawah 13%. Aplikasi tugas akhir 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 posisi.

Sejauh ini banyak penelitian tentang kontrol pergerakan robot secara konvensional. Sedangkan pada kenyataan suatu

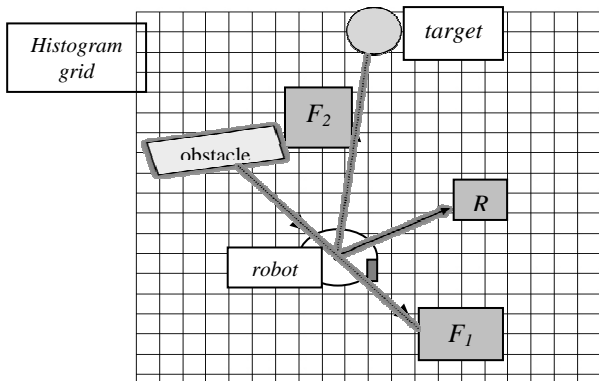
robot yang bergerak otonom, banyak tantangan yang dihadapi. Diantaranya adalah sejauh mana robot bisa menghindari halangan dan dituntut mencapai sebuah target posisi tertentu. Robot harus mampu mengetahui posisi halangan dan target sehingga mampu bergerak menghindari ke arah yang aman dan tetap berusaha mendekati target. Untuk menentukan arah menghindari yang aman digunakan metode *vector – distance*.

Berdasarkan metode ini maka jarak halangan terhadap pusat robot dapat diketahui dengan menggunakan ultrasonic. 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 arah gerak robot.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

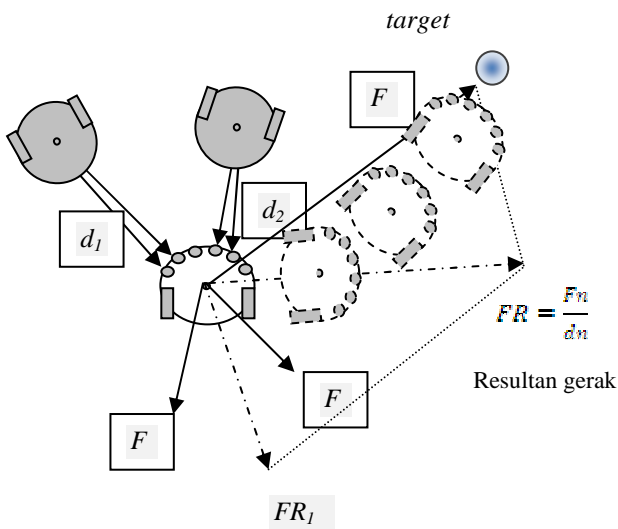
Telah dijelaskan bahwa *obstacle avoidance* adalah komponen utama untuk mencapai keberhasilan mobil robot bermanuver. Untuk mencapai optimalisasi kemudi diperlukan komputasi yang cukup rumit. Hal ini diatasi dengan teknik penghindaran halangan menggunakan metode *Vector Distance Function*. Ide dasar 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 yang telah dikembangkan oleh J. Borenstein dan Y. Koren, bahwa robot memiliki gaya tolak virtual terhadap *obstacle* dan gaya tarik virtual terhadap target dengan *global navigation* menggunakan kamera terpusat. Berikut ini adalah ilustrasi metode *Potential Field* sebagai penghindaran halangan dan pencapaian target.



Gambar 2.1. Ilustrasi metode Potential Field

Sedangkan modifikasi yang akan dilakukan adalah menggunakan system *local navigation* dimana untuk mengetahui adanya halangan digunakan sensor *ultrasonic*. Aplikasi *obstacle avoidance* pada sebuah robot maka dapat diilustrasikan robot dengan rintangan atau *obstacle* 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. Berikut ini adalah ilustrasi metode *vector distance function* sebagai penghindaran halangan 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. Magnitud dari *Repulsive Potential* ini akan semakin besar jika jarak robot dengan obstacle semakin dekat demikian pula sebaliknya. Berbeda dengan *Repulsive Potential*, magnitud *Attractive Potential* semakin besar jika posisi robot semakin menjauhi titik tujuan [2].

*Repulsive Potential* dinotasikan sebagai fungsi skalar  $F_r$  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:

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

$$F_r = \sum_{ij} F_{ij} \quad (1)$$

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

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

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.

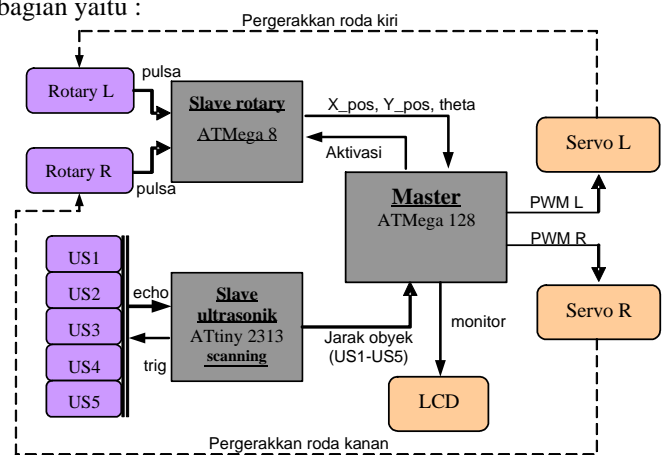
Selanjutnya jumlahkan  $F_r$  dan  $F_t$  sehingga diperoleh resultan gaya vector R

$$R = F_r + F_t$$

### III. PERANCANGAN SISTEM

#### A. Blok Diagram Sistem

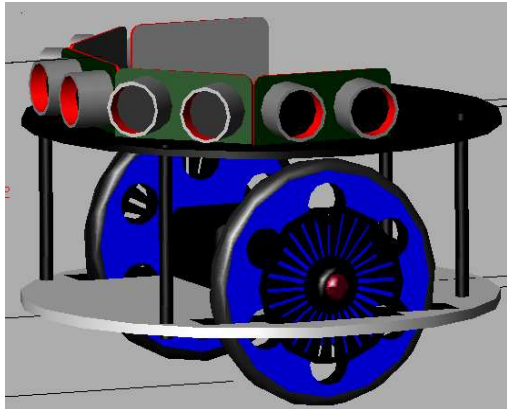
Secara keseluruhan, robot ini terbagi dalam beberapa blok bagian yaitu :



Gambar 3.1 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 ultrasonic. Hal ini dimaksudkan demi pencapaian desain yang serendah mungkin supaya robot mempunyai keseimbangan beban yang baik

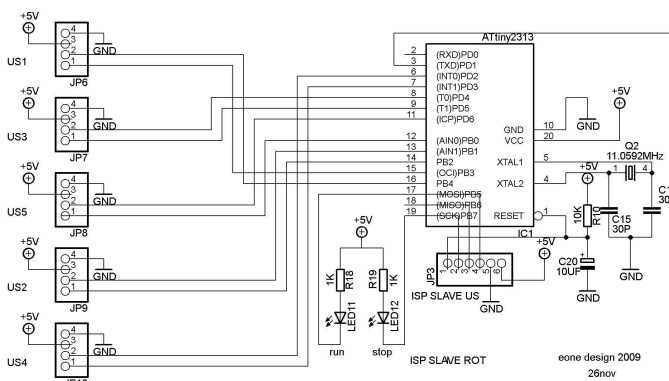


Gambar 3.2 Blok bagian sistem keseluruhan

## C. Perancangan dan pembuatan perangkat keras

### Sensor ultrasonik

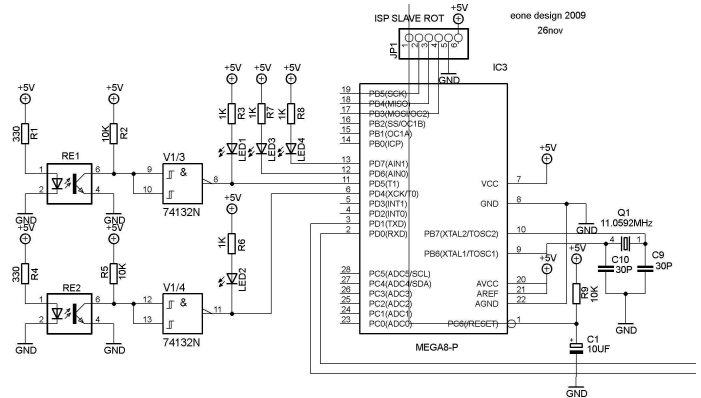
Jarak halangan dideteksi menggunakan sensor ultrasonik SRF04 sebanyak 5 buah. Sensor ini terpasang pada bagian depan dan samping dengan sudut  $45^\circ$  masing-masing sensor. Tugas pengambilan data jarak halangan dilakukan pada mikrokontroler slave ATTiny 2313. Berikut ini gambar rangkaian interface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



Gambar 3.3 Interface sensor ultrasonik dengan mikrokontroler

### Rotary encoder

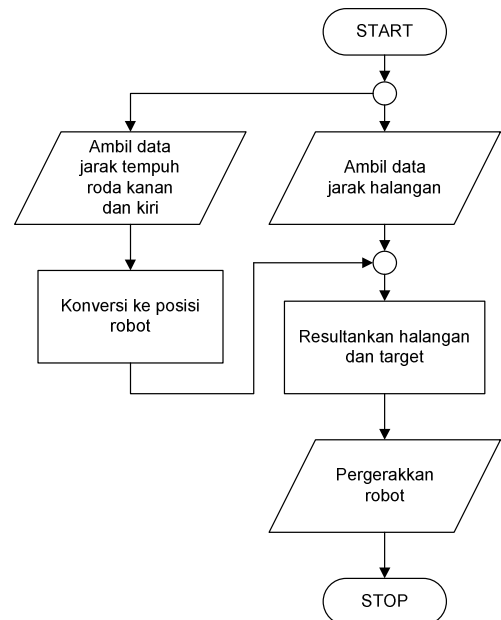
Untuk mendeteksi perpindahan atau putaran motor digunakan sensor rotary encoder. Yang menjadi pilihan adalah Incremental Encoder. Rotary Encoder Relatif (sering disebut juga Incremental Encoder) digunakan ketika metode pengkodean absolut tidak bisa digunakan (disebabkan ukuran dan bentuk piringan/cakram). 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 3.4 Interface rotary encoder dengan mikrokontroler

## D. Perancangan dan pembuatan perangkat lunak

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



Gambar 3.5 Algoritma vector distance function

## IV PENGUJIAN SISTEM

### A. Pengujian sensor ultrasonic

Pengujian sensor ultrasonic 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.

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

Tabel 4.1 Data pengukuran sensor ultrasonic

### B. Pengujian rotary encoder

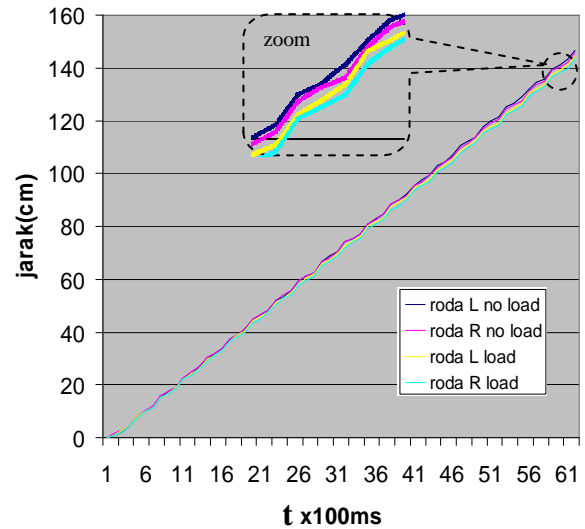
Dalam pencapaian target posisi, rotary ini berperan penting. Untuk itu sensor ini harus mempunyai keakuratan sesuai kebutuhan. Pada bagian ini sensor rotary encoder akan diuji agar diketahui seberapa ketelitian dan respon yang dapat dijangkau oleh sensor ini dengan kecepatan tertentu

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

Tabel 4.2 Data pengukuran rotary encoder

### C. Pengujian kemampuan motor servo dalam menggerakkan robot

Motor servo yang digunakan pada robot mempunyai karakteristik sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik pengujian motor servo

Pada saat dibebani, kedua motor berputar sedikit lebih lambat dari pada saat tidak dibebani. Sedangkan untuk perbandingan kecepatan roda kiri dan kanan, terlihat motor kanan lebih lambat dari pada motor kiri. Dari data kecepatan menunjukkan bahwa motor servo sedikit teredam torsinya ketika dibebani robot dan kecepatan antara motor kiri dan kanan tidak identik.

### D. Pengujian obstacle avoidance dengan metode vektor distance function

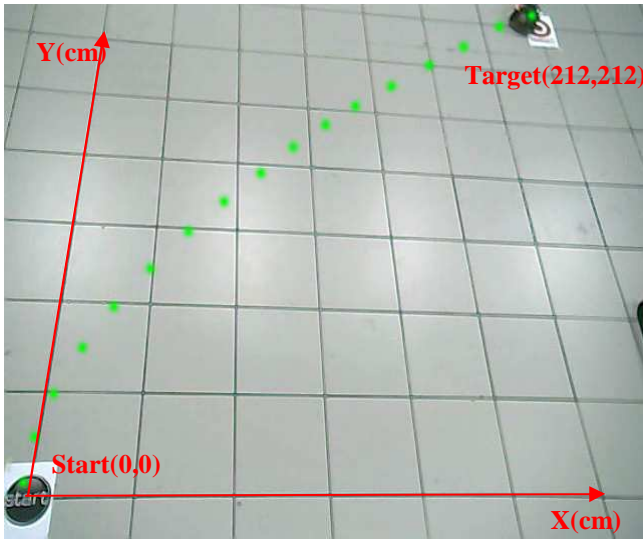
Dari pengujian ini diperoleh pergerakan robot yang efektif dalam menghindari halangan dengan osilasi yang relatif kecil. Keunggulan metode ini dibandingkan dengan metode konvensional look up table adalah ketika dihadapkan dengan halangan yang berada di kiri dan kanan sedangkan lintasan yang akan dilalui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



Metode konvensional look up table Metode vektor distance function

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

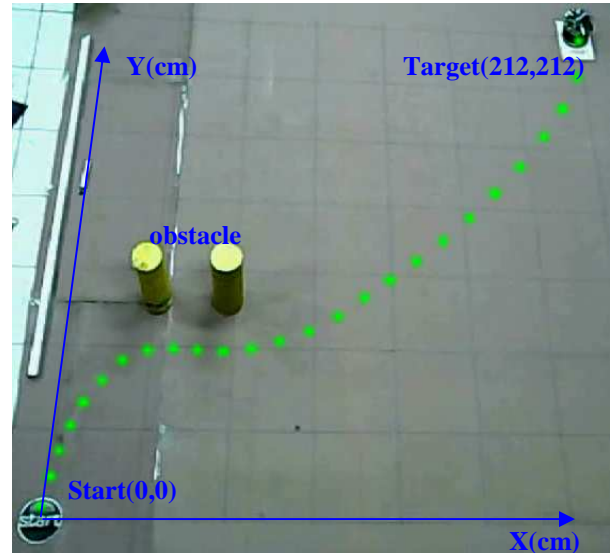
Posisi target berada pada koordinat (212,212) dalam satuan cm. Sehingga kalau dihitung jarak menuju target sebesar 299.8 cm. Error diketahui dari jarak posisi akhir robot berhenti terhadap target berupa deadzone dengan radius 3cm. Ketika robot sudah masuk deadzone maka target telah tercapai. Berikut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

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

Tabel 4.3 Data hasil pencapaian target posisi

**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 error pencapaian target dengan lima kali percobaan:

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

Tabel 4.4 Data hasil pencapaian target posisi

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 dilanjutkan 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 T´ecnico 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-mikrokontroler-avratmega/>.
- [8] <http://one.indoskripsi.com/node/7903>.
- [9] <http://www.mytutorialcafe.com/mikrokontroler%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>.