

Implementation of Virtual Force Field Method for Movements Control Autonomous Mobile Robot in Soccer Robot Applications

ALI HUSEN ALASIRY¹, ENDAH SURYAWATI NINGRUM¹, AND BAYU PRASETYO¹

¹Politeknik Elektronika Negeri Surabaya,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 60111, Indonesia
email: ali@eepis-its.edu, endah@eepis-its.edu, bayup@student.eepis-its.edu

Abstract— Virtual Force Field method is the one method which have simply concept but have a good ability to solve problem about obstacle avoidance. From the research that have done by Borenstein, Virtual Force Field is developed from the research that have done before that is Potential Field Method which work based on Histogram Grid. But it use Weight Value that different in any place which have obstacle. From the poorness that method, finally it can handled by Virtual Force Field method. In the Virtual Force Field method, an obstacle will represented as Repulsive Force and the target will represented as Attractive Force toward robot. Then the result from two force will be command in steering robot. To detect an obstacle that surrounds robot we use An Ultrasonic Sensor SRF 04 which work optimally up to 100 cm. For detect the object in front of robot we use Object Tracking method which use CMU Cam2 camera. In practically, we get an error resultant about 0.059% for the vector angle and 0.073% for the value of vector.

Keywords— virtual force field method, Obstacle Avoidance, Ultrasonic SRF 04, object tracking, CMU Cam2 camera

I. PENDAHULUAN

Banyak metode yang telah kita ketahui sebagai konsep penghindaran halangan diantaranya adalah *Potential Field Method* sangat populer untuk aplikasi penghindar rintangan karena kesederhanaan dalam implementasi namun setelah dilakukan pengujian dalam beberapa kondisi seperti yang telah dilakukan oleh Y.Koren dan J.Borenstein. Kelemahan - kelemahan tersebut mendasari lahirnya metode Vector Field Histogram (VFH) dan Virtual Force Field (VFF).

Untuk memperbaiki kelemahan tersebut maka kami mencoba mengimplementasikan Metode Virtual Force Field (VFF), dengan mengkombinasikan dua konsep yang telah diketahui yaitu *target pursuing* obyek dan *obstacle avoidance* (menghindari halangan) [2]. Dengan mengkombinasikan dua konsep tersebut didapatkan pergerakan *soccer robot* secara terus menerus tanpa harus berhenti dulu di depan obyek halangan[2].

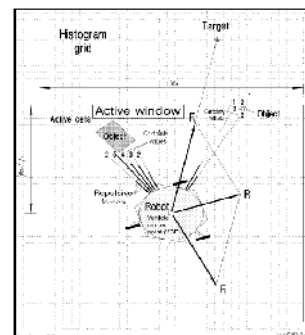
II. TEORI PENUNJANG

Teori penunjang yang digunakan untuk menyelesaikan pembuatan sistem ini terbagi atas beberapa hal yaitu teori atas hardware yang meliputi Kamera CMU Cam2, mikrokontroler ATMEGA 128 dan motor servo sedangkan untuk software yaitu proses pembacaan data sensor ultrasonic dan pembacaan data kamera CMU Cam2. Selain itu metode virtual Force Field juga akan diuraikan bersama dengan metode penjumlahan vektor

A. Metode Virtual Force Field

Metode VFF [7] menggunakan Cartesian Grid 2 dimensi, yang disebut *Histogram Grid* C, yang dianggap

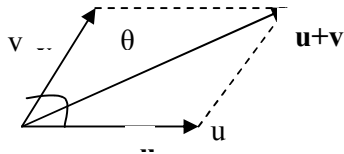
merepresentasikan sebuah halangan. Setiap sel (i,j) dalam suatu histogram Grid mengandung suatu nilai (*certainty value, CV*) yang menunjukkan keberadaan dari adanya suatu halangan pada titik tersebut. Besarnya *certainty value* ini akan meningkat ketika jarak dari pembacaan sensor ultrasonic ini mengindikasikan adanya objek pada sel tersebut. Dari nilai-nilai Certainty Grid yang telah kita tentukan tersebut, maka kita anggap halangan akan memberikan sebuah gaya tolak yang menuju ke arah robot (Repulsive Force), sedangkan target akan memberikan sebuah gaya tarik (Attractive Force) pada robot. Kemudian resultan dari gaya-gaya tersebut yang akan direpresentasikan sebagai arah gerak robot.



Gambar 2.1 Ilustrasi konsep Virtual Force Field (VFF)

Dari konsep awal yang telah diketahui tersebut, maka kita akan melakukan modifikasi pada proses mendapatkan Certainty Grid tersebut. Yaitu dengan menggunakan system local navigation dimana untuk mengetahui adanya halangan digunakan sensor *ultrasonic* dan untuk mengetahui target kita menggunakan kamera CMU Cam2.

Selain itu ide dasar dari metode Virtual Force Field adalah penjumlahan vektor. Adanya *obstacle* diasumsikan akan memberikan gaya tolak pada robot yang arahnya 180° terhadap ultrasonic yang menerima halangan, sedangkan target diasumsikan akan memberikan gaya tarik pada robot[7]. Dari kedua gaya ini akan dicari resultannya sebagai solusi dari arah gerak robot untuk menghindari halangan dan mengejar target.



Gambar 2.2. Ilustrasi Penjumlahan vektor

B. Kamera CMU

CMUcam2 terdiri dari mikrokontroler SX52 dengan kamera omnivision CMOS OV6620 atau OV7620 dengan resolusi 160 x 240 pixel. Komunikasinya menggunakan RS-232 atau serial port TTL. Kegunaan yang paling utama dari CMUcam2 adalah untuk memonitor warna. Semua itu dapat dicapai pada warna yang mempunyai nilai kekontrasan dan intensitas yang tinggi. Sebagai contoh, CMUcam2 dapat dengan mudah memonitor bola yang berwarna merah pada background putih tetapi akan sulit untuk memonitor benda berwarna coklat pada pada pencahayaan yang tidak tetap.

Format pengiriman data untuk melakukan penjejakan menggunakan perintah TC (*Track Color*) dengan format sebagai berikut :

TC [Rmin Rmax Gmin Gmax Bmin Bmax] \r

Paket pengiriman data yang akan diterima adalah sebagai berikut :

Paket Data Type T:

T mx my x1 y1 x2 y2 pixels confidence\r

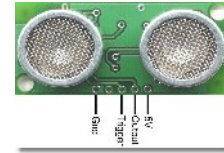
Merupakan tipe paket data yang diterima untuk memonitor warna atau instruksi pembedaan.

- mx – Titik absis dari obyek / nilai koordinat X untuk obyek
- my – Titik ordinat dari obyek / nilai koordinat Y untuk obyek
- x1 – Titik absis paling kiri dari tampak obyek di kamera
- y1 – Titik ordinat paling kiri dari tampak obyek di kamera
- x2 – Titik absis paling kanan dari tampak obyek di kamera
- y2 – Titik ordinat paling kanan dari tampak obyek di kamera
- pixels – Jumlah pixel di area yang di *tracking* 255: (pixels+4)/8
- confidence - (Jumlah pixel / daerah) * 256 dari batas persegi di 255

C. Sensor Ultrasonik SRF 04

Pada robot soccer ini sensor ultrasonik digunakan untuk menghindari halangan (*Obstacle Avoidance*). Data – data yang didapat dari sensor ini dapat diolah untuk menggambarkan dimensi ruang di sekitar robot. Umumnya sensor ultrasonik bekerja dengan sudut elevasi 30° sehingga diperlukan sedikit pengaturan letak sensor agar sensor dapat bekerja dengan baik. Pengaturan letak sensor ini dimaksudkan untuk meminimalisir daerah mati (*dead zone*). Daerah mati biasanya terletak di antara sensor dan tidak terjangkau daerah kerja sensor. Pada penelitian ini desain robot dengan

berdasarkan fungsi sebagai *obstacle avoidance* maka sensor yang digunakan tidak penuh seluruh lingkaran bodi robot. Jika sudut elevasi sensor ultrasonik adalah 30° maka jumlah sensor sebanyak 5 buah cukup memadai untuk menghindari halangan.



Gambar.2.3 Penampang SRF 04

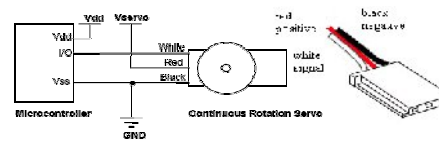
D. Mikrokontroler ATMEGA 128

AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Pada ATMEGA 128 mempunyai spesifikasi yang dibutuhkan untuk membuat minimum sistem sistem penjejak sebagai berikut :

- Frekuensi *clock* hingga 16 MHz
- Mempunyai 128 Kbyte *Flash Programmer*
- 2 buah USART
- Mempunyai Timer dengan mode Fast PWM

E. Motor Servo

Motor servo mampu bekerja dua arah (*CW* dan *CCW*) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan duty cycle sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya. Berikut ini pinout dari motor servo :



Gambar.2.4 Pin out dari motor servo

Kecepatan motor servo termasuk dalam kategori lambat, kelebihan yang dimiliki adalah torsi dan presisi yang handal. Dapat kita ketahui bahwa sebuah motor servo memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- 3 jalur kabel : vcc, ground, control data
- Sinyal kontrol mengendalikan putaran dan posisi
- Operasional dari servo motor dikendalikan oleh sebuah pulsa berfrekuensi 50 Hz, dimana lebar pulsa antara 1,3 – 1,7 ms.
- Konstruksi di dalamnya meliputi internal gear, potensiometer dan feedback control.

F. Komunikasi Serial

RS merupakan kependekan dari *Recommended Standard* yang ditetapkan oleh *Electronics Industries Association (EIA)*. Standar sinyal komunikasi yang banyak digunakan adalah standar RS232 yang dikembangkan oleh *Electronic Industry Association* and *The Telecommunications Industry Association (EIA/TIA)* yang pertama kali dipublikasikan pada tahun 1962. Standar Komunikasi Kabel RS (*Standard*) yang dikeluarkan EIA :

- RS-232 -> *single ended*
- RS-422 -> *differential, multi-drop, broad-band*
- RS-485 -> *differential, multi-drop, MIMO*

G. LCD

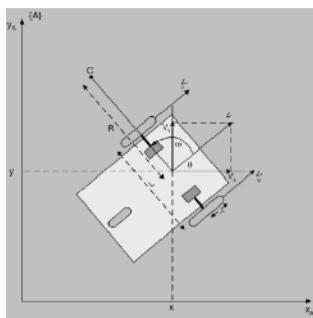
LCD yang digunakan merupakan LCD tipe karakter karena LCD ini dapat menampilkan data [10]. Keuntungan yang dapat diperoleh dengan menggunakan LCD adalah :

1. dapat menampilkan karakter ASCII
2. Mudah dihubungkan dengan port I/O karena hanya menggunakan 4 bit data dan 3 bit control.
3. Ukuran dari modul yang proporsional.
4. Penggunaan daya yang kecil.

H. Kinematik gerak differential drive

Salah satu jenis *mobile robot* yang umum digunakan, terutama untuk dioperasikan dalam ruangan adalah *mobile robot* dengan pengemudian atau sistem penggerak diferensial (*differential drive*) [6].

Secara teknis, robot jenis ini pada dasarnya memiliki dua roda utama yang masing-masing digerakan oleh penggerak tersendiri (umumnya berupa motor DC magnet permanent dengan gear-pereduksi yang berfungsi untuk memperkuat torsi motor), selain itu robot ini dilengkapi juga dengan satu atau dua buah roda castor yang ditempatkan dibagian belakang robot yang berfungsi sebagai penyeimbang. Gambar 2.5 memperlihatkan arsitektur robot dilihat dari bagian atas: Jika kedua roda penggerak tersebut berputar dengan kecepatan yang sama maka robot tersebut akan bergerak dengan arah yang lurus, sedangkan jika kecepatan salah satu roda lebih lambat maka robot akan bergerak membentuk kurva dengan arah lintasan menuju salah satu roda yang bergerak lebih lambat.



Gambar 2.5 Posisi dan Orientasi Mobile Robot Dalam Sistem Koordinat Cartesian

III. PERENCANAAN SISTEM

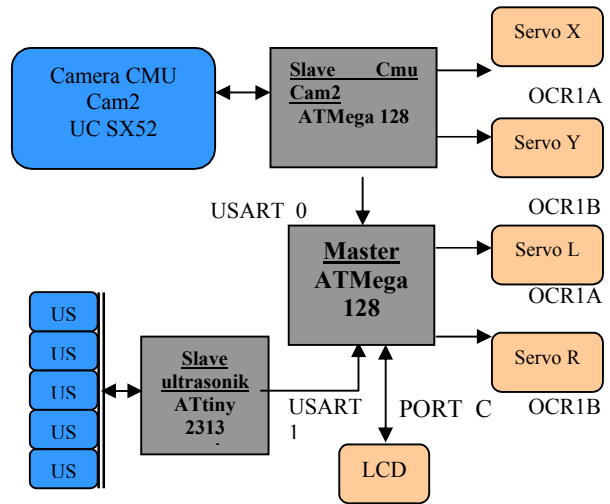
Proses pengerjaan penelitian ini secara umum dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu pengerjaan mekanik, pengerjaan hardware, dan pengerjaan software. Dan masing-masing pekerjaan tersebut saling berkaitan antara satu dengan yang lain.

Pengerjaan mekanik meliputi pembuatan body robot, peletakan motor servo, serta pembuatan visual servo.

Sehingga robot yang akan dibuat dapat bergerak dengan stabil sesuai dengan gerakan yang kita inginkan.

Pengerjaan hardware meliputi rangkaian dari mikrokontroler untuk mendapatkan data dari sensor ultrasonic SRF 04 dan kamera CMU Cam2. Kemudian data dari kedua sensor tersebut diolah untuk selanjutnya diinterpretasikan sebagai pergerakan pada motor servo utama robot.

A. Perencanaan sistem



Gambar 3.1 Blok diagram sistem

B. Perencanaan Mekanik



Gambar 3.2 Bentuk robot sebenarnya

C. Perencanaan Hardware

➤ Sensor Ultrasonik SRF 04

Dari datasheet diketahui bahwa sensor ultrasonik SRF 04 menggunakan pin echo dan trigger untuk mengakses datanya. Jadi untuk 5 buah sensor ultrasonik SRF 04 tersebut Kita hanya menggunakan 2 buah pin pada mikrokontroler untuk mengakses data setiap ultrasoniknya. Jadi kita membutuhkan 10 buah pin mikrokontroler untuk 5 ultrasonik.

➤ Kamera CMU Cam2

Kamera CMU Cam2 merupakan komponen utama dalam object tracking [9]. Di dalam CMU Cam2 ini terdapat beberapa fitur yang akan kita manfaatkan dalam object tracking ini diantaranya adalah tracking warna objek. Sehingga kita tidak perlu melakukan proses image processing

lebih lanjut untuk mengolah hasil citra yang telah didapat. Akan tetapi sebelumnya kita harus mengetahui nilai RGB dari objek yang akan kita amati. Untuk selanjutnya nilai RGB dari objek tersebut akan dijadikan referensi oleh CMU Cam2 dalam mengamati objek.

➤ *Perencanaan Kontroler Robot*

Kontroler yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan seberapa jauh fungsi dan kriteria tertentu misalnya kecepatan menjalankan suatu perintah yang membutuhkan perhitungan yang cukup rumit. Apabila kerja dari suatu sistem terlalu berat, maka dibutuhkan tambahan kontroler yang akan mengerjakan sebagian tugas secara paralel (terpisah). Sistem yang ada mengharuskan pembagian tugas tertentu yaitu pengambilan data sensor ultrasonik secara simultan.

D. *Perencanaan Software*

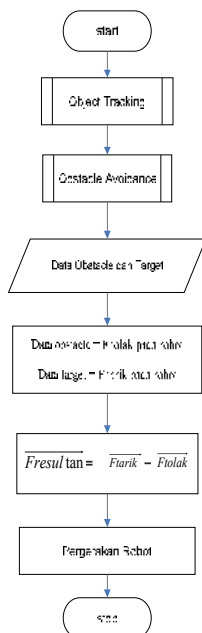
➤ *Pengambilan data sensor ultrasonik SRF04*

Lima buah sensor ultrasonik SRF04 diakses oleh mikrokontroler AT Tiny 2313. dapat diakses dengan jalur komunikasi paralel pada kontroler slave, diambil datanya bergantian satu sama lain. Teknik ini biasanya disebut dengan scanning ultrasonik. Sensor ultrasonik diambil data jaraknya dengan mengukur waktu pantulan terhadap obstacle. Untuk mengukur waktu pantul tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan timer 0 kontroler

➤ *Perancangan Software Penjejak (Tracking)*

Dalam membuat software penjejakan pada sistem ini kita tidak perlu untuk melakukan image processing karena telah dilakukan oleh kamera CMU Cam2. Tahapan yang dilakukan oleh mikrokontroler dalam melakukan penjejakan sebuah obyek.

➤ *Perencanaan Algoritma Virtual Force Field*



Gambar 3. 3 Flowchart VFF

➤ *Perintah putaran motor servo*

Perintah untuk menjalankan motor servo cukup dengan pemberian Pulse Modulation Width (PWM). Dengan nilai PWM tertentu motor servo akan berputar. Arah putaran dan kecepatannya berdasarkan duty cycle dari PWM yang diberikan. Perlu dilakukan pengaturan terlebih dahulu sebelum motor servo digunakan lebih lanjut. Motor servo berhenti berputar pada saat diberikan pulsa PWM dengan Ton = 1.5 ms dalam total periode 20 ms.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

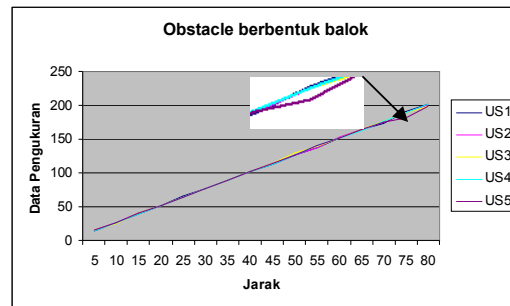
A. *Pengujian sensor ultrasonik SRF 04*

➤ *Pengukuran Jarak*

• *Tujuan*

Untuk mengetahui jarak optimal yang dapat dibaca oleh sensor ultrasonik SRF 04, dan menggunakan data tersebut sebagai input dari sistem.

• *Hasil Pengamatan*

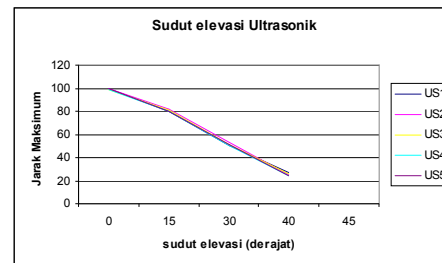


Gambar 4.1 Grafik pengujian dengan obstacle berbentuk balok

➤ *Pengukuran Sudut Elevasi*

• *Tujuan*

Untuk mengetahui sudut elevasi yang masih dapat dibaca oleh sensor ultrasonik SRF 04, dan menggunakan data tersebut sebagai input dari sistem.



Gambar 4.2 Grafik pengujian sudut elevasi ultrasonik SRF 04

B. *Pengujian Kamera CMU Cam2*

➤ *Pengujian penentuan titik tengah obyek*

• *Tujuan*

Pengujian ini untuk mengetahui, prosentase ketepatan kamera CMU Cam2 dalam menentukan titik tengah obyek atau titik berat obyek dibandingkan bila menghitung secara manual.

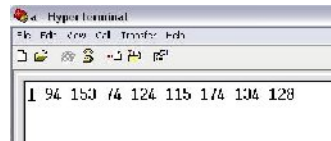
Nilai PWM	Kecepatan tanpa beban		Kecepatan dengan beban	
	kiri (rpm)	kanan(rpm)	kiri(rpm)	kanan(rpm)
0	0	0	0	0
50	19	11	19	12
100	29	23	26	23
150	31	30	30	26
200	32	31	31	27
250	32	31	31	28

• Hasil Pengamatan



Gambar 4.3 Tampak real obyek pada CMU Cam GUI

Obyek	Mx'	My'	Mx	%Ex	My	%Ey
Bola	94	153	99	5,05	144,5	5,8
Silinder	91	63	125,5	27,4	122	48,3
Persegi	73	132	69,5	5,03	135,5	2,58



Gambar 4.4 Data serial yang diterima

Dari hasil tersebut didapatkan titik tengah obyek :
Output CMU CAM2 :

- o Mx' = 94
- o My' = 153

Tabel 4.1 Pengujian titik tengah obyek

No	Jarak (cm)	Data Pixel yang didapat	
		Hyperterminal	Mikrontroller
1	10	85	71
2	15	59	42
3	20	48	34
4	25	37	28
5	30	28	22
6	35	5	14

...jian data pixel terhadap jarak robot

• Tujuan

Pengujian ini untuk mengetahui besarnya pixel yang didapat oleh CMU Cam2 terhadap jarak bola sebenarnya pada robot

Tabel 4.2 Data pengujian pixel obyek

C. Pengujian sistem penggerak robot

➤ Pengujian servo utama robot

• Tujuan

Pengujian motor servo utama ini ditujukan untuk mengetahui kelinieran pemberian nilai PWM terhadap kecepatan robot. Bagaimana perbedaannya saat robot berjalan tanpa beban maupun dengan beban

• Hasil Pengamatan

Tabel 4.3 Data pengujian kecepatan motor servo

D. Pengujian sistem

➤ Pengujian vektor jarak halangan

• Tujuan

Untuk mengetahui kemampuan sistem menentukan resultan vektor kelima data jarak obyek. Metode yang digunakan untuk menghitung resultan vektor jarak adalah metode jajarganjang

• Hasil Pengamatan

Tabel 4.4 Data pengujian vektor jarak

P	Jarak obyek ke sensor US (cm)					Vektor yang dihasilkan	
	us1e	us2	us3	us4	us5	Resultan(cm)	Sudut(°)
23.9 ^g	38.2	32.2	87.2	101.1	166.5	227.2	
7.6 ^g	4	4.8	97.9	64.5	145.4	211.9	
22.3 ^u	9.2	43	35.8	34.6	81.3	247.7	
101.1	101.1	101.1	101.1	101.1	244.1	270	
12.3	9.2	43.4	34.6	35	85.4	240.5	
22.7	19.9	10.4	8.4	35	30.5	264.7	

➤ Pengujian metode VFF

• Tujuan

Pengujian metode VFF ini bertujuan untuk mengetahui nilai yang didapatkan dari resultan halangan dan resultan target

mengoptimalkan pergerakan robot, maka kecepatan dari robot perlu ditingkatkan.

- Hasil Pengamatan

Tabel 4.5 Data pengujian resultan

Resultan Total		Hitung Resultan	
Sudut	Besar	sudut	besar
224.4	156.3	224.3439	156.2846
247.7	48.4	247.74154	48.34778
234.3	51.4	234.33504	51.34939
252.4	69.8	252.33175	69.81399
235.5	72.1	235.54515	72.01971
221.2	22.8	221.21302	22.78354
246	65.5	246.01468	65.51018
245.8	53.9	245.78469	53.94422
269.8	51.3	269.8259	51.23829
250.5	45.3	255.49497	45.20152
241.8	43.8	241.71059	43.79441
237.8	72.9	237.76495	72.89152

V. KESIMPULAN

Setelah melakukan tahap perancangan dan pembuatan sistem yang kemudian dilanjutkan dengan tahap pengujian dan analisa maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Kamera CMU Cam2 memiliki sensitifitas pada intensitas cahaya serta kekontrasan warna obyek pada saat *tracking*. Oleh karena itu kita perlu melakukan setting warna untuk tracking obyek di setiap tempat yang berbeda. Selain itu respon dan area jangkauan dari kamera CMU Cam2 masih kurang optimal sehingga mempengaruhi nilai resultan total pada saat proses perhitungan.
- Dari data pengamatan maka didapat %Error untuk nilai perhitungan resultan dengan nilai yang tampil pada LCD sebesar 0.059% untuk sudut vektor dan sebesar 0.073% untuk besarnya vektor
- Penggunaan metode VFF dalam robot soccer ini dapat memberikan hasil yang optimal dalam penghindaran halangan serta tracking obyek jika dibandingkan dengan metode konvensional menggunakan *lookup table*.
- Metode VFF dapat digunakan pada robot soccer dan kondisi *obstacle* yang tidak bergerak.

VI. SARAN

Dari banyak percobaan yang telah dilakukan, masih banyak terdapat kekurangan diantaranya adalah kondisi pencahayaan dari lingkungan disekitar robot. Dimana hal tersebut sangat mempengaruhi dalam pembacaan objek. Sehingga perlu kondisi pencahayaan yang sesuai di sekitar robot, kondisi cahaya yang konstan dan lebih merata pada penyinaran obyek. Respon dari pergerakan dan area jangkauan dari *object tracking* pun masih kurang optimal, sehingga masih harus ditingkatkan. Selain itu untuk

DAFTAR PUSTAKA

- [1] www.fira.net. 22 Juli 2009 . 22.30
- [2] Borenstein, Johann. Koren, Yorem. Real Time Obstacle Avoidance for Fast Mobile Robots. IEEE Press : 1989.
- [3] Katevas, N. Mobile Robotics in Healthcare. 2000
- [4] <http://www.ubicom.com/products/sx/sx.html>. 22 Juli 2009
- [5] Tampomas, Husein. Seribu Pena Matematika SMU Kelas 3. Penerbit Erlangga : 1999
- [6] Pitowarno, Endra. Robotika, Desain, Kontrol dan Kecerdasan Buatan. Yogyakarta : Andi; 2006.
- [7] J. Borenstein, Y. Koren. Potential Field Methods and Their Inherent Limitations for Mobile Robot Navigation, Paper; 1991
- [8] www.datasheet4u.com 22 Juli 2009 23.15
- [9] Kortiko, Ade. Rancang Bangun Sistem Penjejak Objek Menggunakan Kamera CMU Dilengkapi Dengan Kontrol PID dan Prediksi Gerakan. Surabaya : EEPIS, 2009.
- [10] <http://www.mytutorialcafe.com/mikrokontroler%20bab4%20LCDKarakter.htm>
- [11] <http://one.indoskripsi.com/node/7903>