

IMPLEMENTASI METODE VIRTUAL FORCE FIELD (VFF) YANG DISEDERHANAKAN UNTUK KONTROL PERGERAKAN SOCCER ROBOT

Sandi Purnomo¹, Ali Husein Alasiry ,S.T.,M.Eng², Endah Suryawati Ningrum,S.T.,M.T.,²

¹Penulis, Mahasiswa Jurusan Teknik Elektronika PENS - ITS

²Dosen Pembimbing, Staf Pengajar di Jurusan Teknik Elektronika PENS - ITS

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Electronics Engineering Polytechnic Institute of Surabaya
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111, INDONESIA
Tel: +62 (31) 594 7280; Fax: +62 (31) 594 6114
email : sandi_mcron9@yahoo.com

Abstrak — Robot pemain sepak bola (*soccer robot*) merupakan sebuah *entertainment robot* yang dirancang untuk mampu bermain layaknya permainan sepak bola sehingga robot ini diharuskan mampu melakukan penjejakan (*tracking*) terhadap sebuah target yaitu bola serta mampu melakukan penghindaran terhadap halangan (*obstacle*) yang ada di sekitarnya, baik itu dinding maupun robot musuh. Untuk mengetahui target dan objek lain yang ada di sekitarnya , robot harus mempunyai sistem navigasi di mana dalam proyek akhir ini digunakan sistem navigasi global menggunakan kamera terpusat yang dipasang diatas lapangan permainan yang selanjutnya mampu memberikan data posisi masing-masing robot yang akan digerakkan, bola sebagai target, dan gawang sebagai tujuan akhir

Penggerak (*actuator*) terdiri dari motor servo kanan dan kiri yang bergerak berdasarkan data pwm yang dikirimkan oleh komputer ke robot secara wireless. Data pwm tersebut nantinya akan diolah oleh mikrokontroler sehingga motor mampu berputar untuk menggerakkan robot ke posisi yang dikehendaki. Pergerakan robot dibuat berdasarkan metode *Virtual Force Field (VFF)* yang disederhanakan yang mempunyai cukup kehandalan dalam melakukan *obstacle avoidance* dan *target tracking*. Pada metode *Virtual Force Field (VFF)* yang disederhanakan, adanya halangan pada soccer robot akan memberikan gaya tolak yang arahnya sebesar 180 ° terhadap arah halangan dan adanya bola(target) dianggap memberikan gaya tarik terhadap robot. Kemudian dari kedua gaya tersebut akan diperoleh resultan yang dijadikan robot sebagai referensi untuk melakukan penghindaran halangan (*obstacle avoidance*). Dengan metode ini, *soccer robot* dapat melakukan penghindaran halangan serta penjejakan bola dengan tingkat keberhasilan mencapai 96 %.

Kata Kunci : obstacle, *tracking*, metode VFF yang disederhanakan

I. PENDAHULUAN

Robotika kini telah menjadi salah satu tolok ukur perkembangan teknologi suatu negara. Beberapa negara maju terus berupaya untuk terus mengembangkan penelitian di dunia robotika. Dari robot yang ditugaskan untuk misi-misi berbahaya , robot industri , robot pelayan manusia, hingga robot-robot yang beraksi di dunia *entertainment*. Dari sekian banyak macam robot yang terus dikembangkan , salah satunya adalah robot pemain sepak bola (*soccer robot*). Sebuah robot yang beraksi di dalam lapangan sepak bola mini dengan peraturan yang lebih sederhana jika dibandingkan sepak bola sebenarnya. Sebuah *soccer robot* harus mampu mencari dan menggiring bola menuju gawang lawan. Untuk menemukan dan menggiring target bola, robot diharuskan mampu menghindari halangan berupa dinding dan robot lainnya, serta mencapai sebuah target berupa bola.

Berbagai penelitian telah dilakukan sejak tahun 1991 dan telah memperoleh banyak hasil yang bervariasi. Salah satunya ialah pada robot CARMEL [8]. Pada penelitian ini, sensor yang digunakan adalah sensor ultrasonic. Robot ini dirancang untuk memiliki beberapa kemampuan untuk memperbaiki keterbatasan dan kelemahan pada metode Potential Field primitif, seperti kemampuan untuk menentukan jalur, menghindari tabrakan, mampu bergerak cepat dan berbasis real-time [8]. Pada proyek akhir sebelumnya Iwan Kurnianto membuat *soccer robot* yang mampu melakukan penghindaran halangan dan *tracking* terhadap bola dengan menggunakan sensor ultrasonik dan rotary enkoder sebagai sistem navigasinya. Kemudian Bayu Prasetyo memanfaatkan sensor ultrasonik dan kamera CMU Cam2 untuk sistem navigasinya. Kedua robot tersebut bekerja berdasarkan sistem navigasi lokal yaitu semua perintah dikendalikan oleh *controller* yang terpasang pada robot.

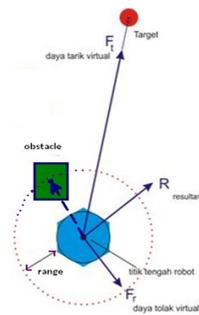
Pada proyek akhir ini algoritma *soccer robot* dibuat berdasarkan data input posisi dari robot , robot

musuh, dan target yaitu bola, dimana data posisi itu sendiri didapatkan dari sistem navigasi global menggunakan kamera terpusat yang dipasang diatas lapangan permainan yang dikerjakan oleh rekan saya. Dari data tersebut akan dibuat algoritma dengan menggunakan metode *Virtual Force Field* yang disederhanakan yang dikerjakan di dalam komputer untuk menghasilkan data eksekusi untuk pergerakan robot yang selanjutnya akan dikirimkan secara wireless kepada robot yang akan digerakkan.

II. DASAR TEORI

Sistem aktuator untuk pergerakan soccer robot pada proyek akhir ini terdiri dari beberapa bagian yaitu:

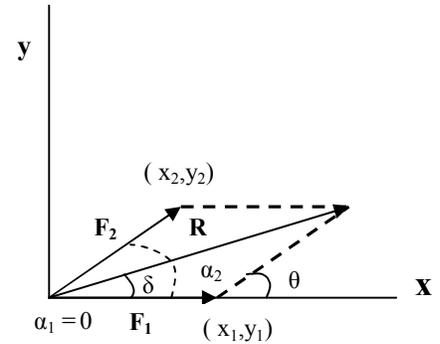
A. Metode Virtual Force Field yang disederhanakan



Gambar 2.1. Konsep *Simplified Virtual Force Field Method*

Metode Virtual Force Field (VFF) yang disederhanakan berbasis vektor, bukan grid, sehingga dari metode VFF diambil konsepnya sebagian, yaitu pada perhitungan vektor sedangkan *certainty value* tidak digunakan. Perhitungan vektor digunakan untuk mengetahui arah yang harus dituju robot. Sedangkan untuk pemetaan obstacle, digunakan range tertentu untuk menentukan apakah pada area tersebut terdapat halangan atau tidak. Jika terdapat halangan maka robot akan bergerak ke arah resultan antara robot lawan dan target. Jika tidak, maka ia akan langsung bergerak menuju target.

Untuk perhitungan besar dan arah resultan digunakan perhitungan vektor dengan metode jajar genjang dengan persamaan seperti di bawah ini.



Gambar 2.3. Metode jajar genjang [10]

$$F = \sqrt{(F_x)^2 + (F_y)^2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\tan \alpha = \frac{F_y}{F_x}$$

$$\text{sehingga, } \alpha = \tan^{-1} \frac{F_y}{F_x} \quad \dots\dots\dots (2)$$

Persamaan tersebut digunakan untuk menentukan nilai dari F_1 dan F_2 dengan arah α_1 dan α_2 . Sehingga besar sudut antara F_1 dan F_2 (θ) adalah sama dengan $\alpha_2 - \alpha_1$. Sedangkan besar vektor resultan, dapat ditentukan menggunakan rumus :

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 F_1 F_2 \cos \angle(F_1, F_2)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{Dimana } \angle(F_1, F_2) = \theta = \alpha_2 - \alpha_1 \quad \dots\dots\dots (4)$$

Untuk $\alpha_1 < \alpha_2$, dan sebaliknya.

Arah vektor resultan ditentukan dengan rumus cosinus :

$$\sin \delta = \frac{F_2 * \sin (180^\circ - \theta)}{R}$$

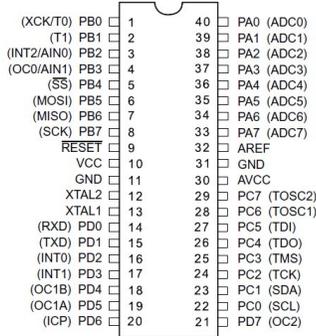
$$\text{sehingga, } \delta = \sin^{-1} \frac{F_2 * \sin (180^\circ - \theta)}{R} \quad \dots\dots\dots (5)$$

B. Mikrokontroler Atmega 8535

Mikrokontroler ATmega 8535 merupakan salah satu varian dari keluarga mikrokontroler AVR. Secara singkat AT Mega 8535 memiliki beberapa kemampuan :

1. Sistem mikrokontroler 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz.
2. Memiliki memori flash 16 KB, SRAM sebesar 1 Kbyte dan EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) sebesar 512 byte.
3. Memiliki ADC (Pengubah analog-ke-digital) internal dengan 10 bit 8 channel.

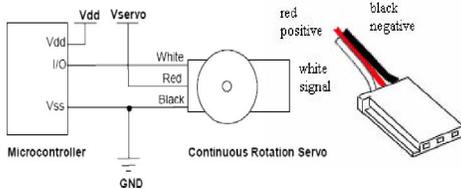
- Memiliki PWM (Pulse Wide Modulation) internal sebanyak 4 chanel.
- Mendukung komunikasi serial (USART) dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps. Berikut ini di sajikan diagram blok dan konfigurasi pin Mikrokontroler AT Mega 8535.



Gambar 2.3. Konfigurasi pin AVR ATmega8535

C. 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 2.5 . 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 frekuensi 50 Hz, dimana lebar pulsa antara 1,3 – 1,7 ms.
- Konstruksi di dalamnya meliputi internal gear, potensiometer dan feedback control.

D. Komunikasi Serial

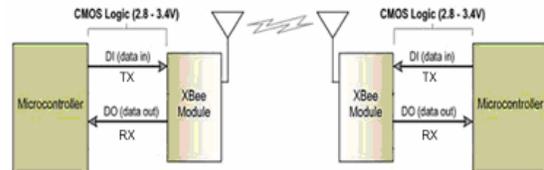
RS merupakan kependekan dari Recommended Standard yang ditetapkan oleh Electronics Industries

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

E. Wireless XBee-PRO

Pengiriman data eksekusi pergerakan robot dari hasil perhitungan di komputer dilakukan secara wireless dengan modul komunikasi Xbee-PRO. Modul Xbee pro ini merupakan sebuah wireless embedded module yang dapat dengan mudah diinterfacekan dengan berbagai macam mikrokontroler. *Radio frequency transceiver* ini merupakan sebuah modul yang terdiri dari RF receiver dan RF transmitter dengan sistem interface serial UART asynchronous.



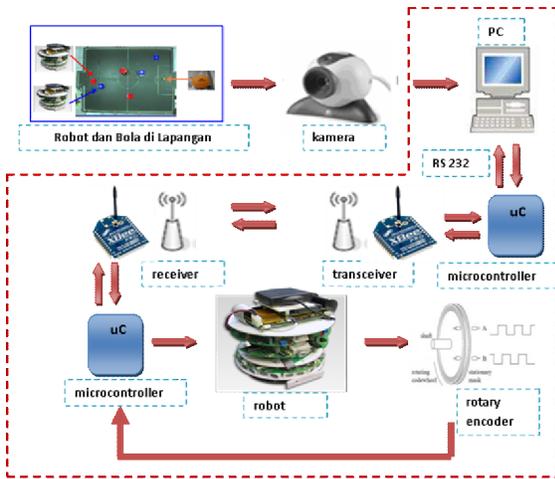
Gambar2.6 . Sistem aliran data serial data secara wireless

Tabel 2.1. Konfigurasi pin Xbee-PRO

Pin #	Name	Direction	Description
1	VCC	-	Power supply
2	DCOUT	Output	UART Data Out
3	DIN / CONFIG	Input	UART Data In
4	DO8*	Output	Digital Output 8
5	RESET	Input	Module Reset (reset pulse must be at least 200 ns)
6	PWM0 / RSSI	Output	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator
7	PWM1	Output	PWM Output 1
8	[reserved]	-	Do not connect
9	DTR / SLEEP_RQ / DI8	Input	Pin Sleep Control Line or Digital Input 8
10	GND	-	Ground
11	AD4 / DIO4	Either	Analog Input 4 or Digital I/O 4
12	CTS / DIO7	Either	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
13	ON / SLEEP	Output	Module Status Indicator
14	VREF	Input	Voltage Reference for A/D Inputs
15	Associate / AD5 / DIO5	Either	Associated Indicator, Analog Input 5 or Digital I/O 5
16	RTS / AD6 / DIO6	Either	Request-to-Send Flow Control, Analog Input 6 or Digital I/O 6
17	AD3 / DIO3	Either	Analog Input 3 or Digital I/O 3
18	AD2 / DIO2	Either	Analog Input 2 or Digital I/O 2
19	AD1 / DIO1	Either	Analog Input 1 or Digital I/O 1
20	AD0 / DIO0	Either	Analog Input 0 or Digital I/O 0

III. PERANCANGAN SISTEM

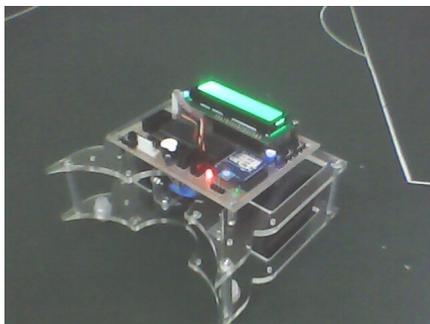
Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem untuk mempersiapkan perangkat keras dan perangkat lunak yang akan dibuat.



Gambar 3.1. Blok Diagram Sistem

A. Perancangan dan Pembuatan Mekanik Robot

Untuk desain mekanik, robot dibuat dengan bentuk bulat bertingkat dua dengan papan dasar mekanik akan terpasang sistem penggerak yaitu motor, roda, rotary encoder beserta sensor infra merahnya, serta baterai dari robot itu sendiri. Sedangkan tingkat duanya akan diisi dengan rangkaian-rangkaian untuk controller dan driver.

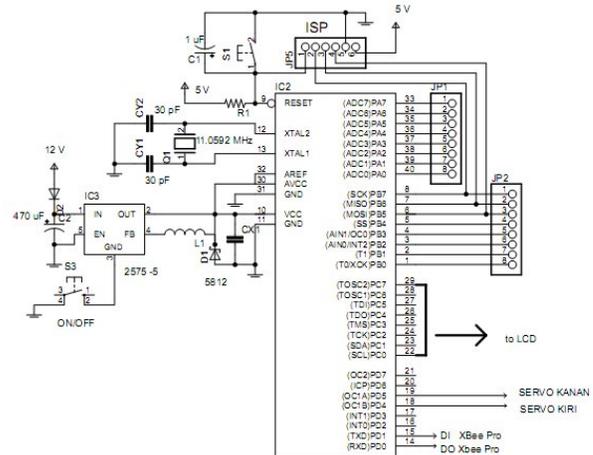


Gambar 3.2. Robot tampak orthogonal

B. Pembuatan Perangkat Keras

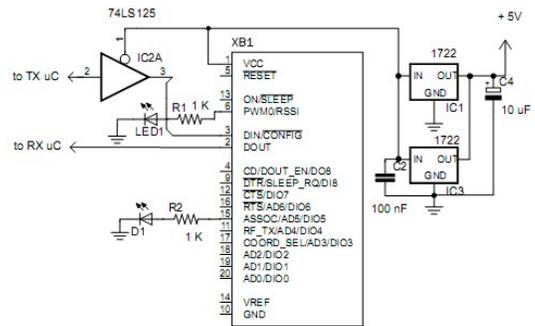
Pada tahap pembuatan perangkat keras ini terdiri dari sebuah rangkaian minimum sistem mikrokontroler ATMEga 8535 serta rangkaian konverter tegangan untuk wireless Xbee-Pro.

Rangkaian minimum sistem ATMEga 8535 merupakan rangkaian utama yang terdapat pada robot. Rangkaian ini yang nantinya digunakan untuk mengontrol pergerakan robot dengan cara membangkitkan sinyal PWM. Di mana nilai PWM tersebut didapatkan dari data pwm yang dikirimkan oleh komputer.



Gambar 3.3 Rangkaian minimum system

Modul wireless Xbee Pro merupakan perangkat yang bekerja pada level tegangan yang kecil yaitu di antara 2.8 -3.4 V. Oleh karena itu diperlukan rangkaian konverter tegangan untuk mengkonversi tegangan mikrokontroler ke level tegangan Xbee Pro.

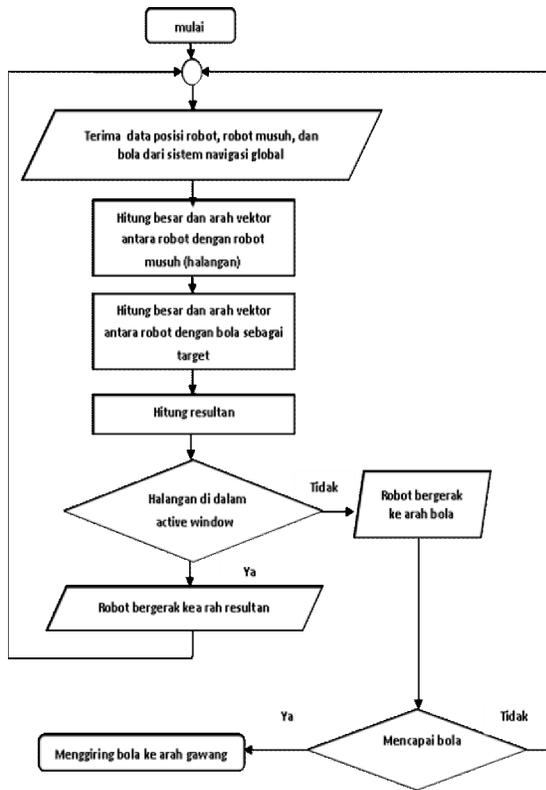


Gambar 3.4. Rangkaian konverter tegangan Xbee Pro

C. Pembuatan Perangkat Lunak

Algoritma pergerakan robot dibuat agar robot mampu melakukan penjejakan terhadap bola dan penghindaran terhadap halangan berdasarkan data eksekusi yang dikirim secara wireless. Di mana data eksekusi ini didapatkan berdasarkan data posisi objek dari sistem

navigasi. Algoritma tersebut berdasarkan metode *Virtual Force Field (VFF)* yang disederhanakan. Adapun flow chart untuk algoritma tersebut adalah sebagai berikut :

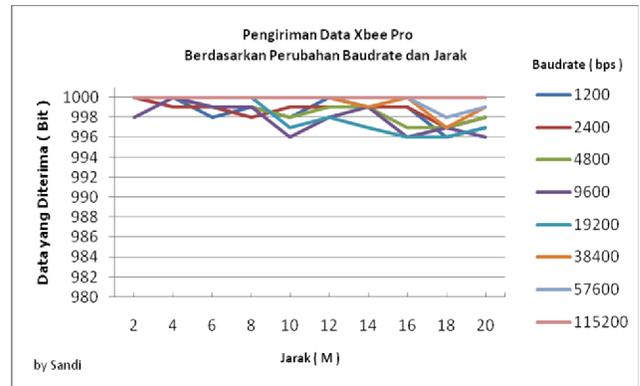


Gambar 3.5. Flowchart Pergerakan Robot

IV PENGUJIAN SISTEM

4.1. Pengujian *baud rate* komunikasi wireless Xbee Pro

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan pengiriman data oleh modul *Wireless RF* pada beberapa range *baud rate*. Pada datasheet yang disertakan, modul *wireless RF* secara fabrikasi menyediakan kemampuan *range baud rate* 1200 bps, 2400 bps, 4800 bps, 9600 bps, 19200 bps, 38400 bps, 57600 bps dan 115200 bps.



Gambar 4.1. Karakteristik pengujian X-Bee Pro

Data yang hilang selama pengiriman data untuk pengujian ini maksimal 4 bit data dan persentase keberhasilan minimal pengiriman data adalah 99,78 %. Pemberian *delay* sebesar 10 ms digunakan untuk proses

4.2. Pengujian Motor Servo

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kelinieran pemberian nilai PWM terhadap kecepatan robot

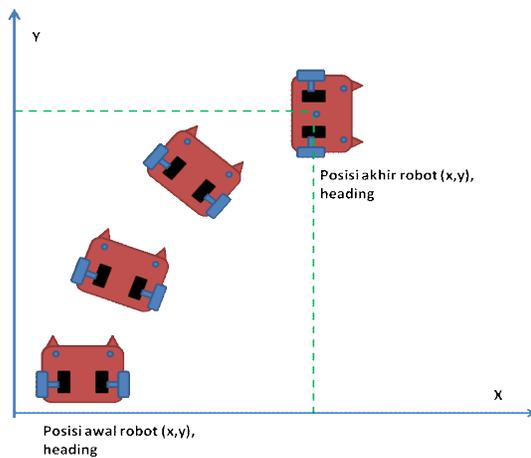
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Kecepatan Motor Servo

Nilai PWM	Robot 1		Robot 2		Robot 3	
	Kiri (rpm)	Kanan (rpm)	Kiri (rpm)	Kanan (rpm)	Kiri (rpm)	Kanan (rpm)
0	0	0	0	0	0	0
50	15	12	18	19	19	18
100	26	23	26	26	28	26
150	29	28	30	30	30	28
200	31	30	31	31	30	30
250	31	30	31	31	31	31

Dari nilai kecepatan tersebut dapat diketahui bahwa untuk **robot 1 dan robot 3**, motor servo kiri cenderung lebih cepat daripada kanan sehingga jika robot berjalan pada lintasan yang panjang, akan didapatkan pergerakan robot yang cenderung ke kanan. Sedangkan pada **robot 2**, motor servo kanan yang cenderung lebih cepat dari pada yang kiri, sehingga jika **robot 2** berjalan pada lintasan yang panjang, akan didapatkan pergerakan robot yang cenderung ke kiri.

4.3. Pengujian pergerakan robot mencapai koordinat tujuan

Pada pengujian ini dilakukan pengujian keakuratan robot dalam mengetahui posisinya. Posisi yang dimaksud berupa koordinat x, y dan sudut heading terhadap sumbu y. Koordinat x dan y mempunyai satuan *centimeter* (cm).



Gambar 4.2. Pergerakan menuju koordinat tujuan

Adapun hasil dari pengujian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2. Pencapaian robot pada titik koordinat (180,100)

Percobaan	Posisi akhir robot (x,y)	Jarak robot dengan titik sebenarnya (cm)	Heading	Error (%)
1	(127,75)	8.5	7	4,13
2	(143,78)	13	7	6,31
3	(141,89)	10.6	7	5,15

Tabel 4.3. Pencapaian robot pada titik koordinat (30,

Percobaan	Posisi akhir robot (x,y)	Jarak robot dengan titik sebenarnya (cm)	Heading	Error (%)
1	(25,38)	5,2	7	8,96
2	(22,42)	5	7	8,62
3	(23,38)	5,2	7	8,96

Tabel 4.4. Pencapaian robot pada titik koordinat (180,200)

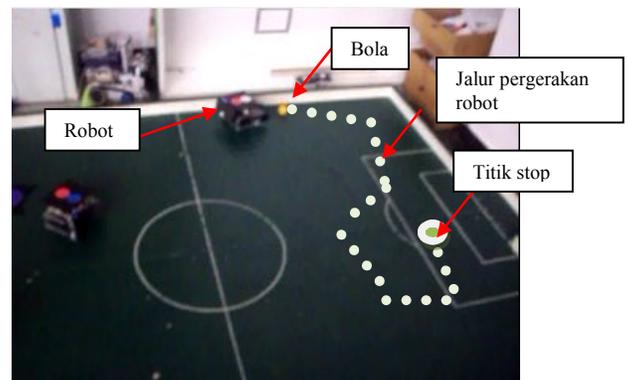
Percobaan	Posisi akhir robot (x,y)	Jarak robot dengan titik sebenarnya (cm)	Heading	Error (%)
1	(128,155)	8	7	2,97
2	(138,154)	7,4	7	2,48
3	(142,149)	7.8	7	2,61

Dari hasil pengujian diperoleh tingkat kesalahan yang relatif besar dibandingkan dengan posisi target sebenarnya jika diukur dengan meteran. Kesalahan tersebut muncul karena skala yang digunakan dalam sistem navigasi adalah dalam satuan pixel, selain itu adanya selip roda terhadap permukaan lapangan yang licin serta

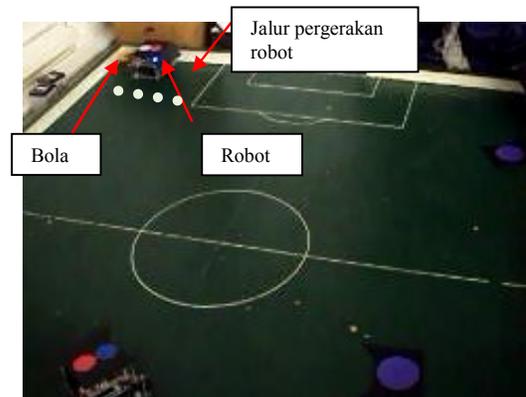
pemasangan roda pada mekanik robot yang menyebabkan robot tidak dapat berjalan lurus 100 %.

4.4. Pengujian pergerakan robot menggiring bola dan menghindari halangan

Pada pengujian ini dilakukan pengujian kemampuan robot dalam mencari target yaitu bola dengan menghindari halangan yang berupa dinding lapangan.



Gambar 4.5. Robot terus mencari bola dan menggiringnya



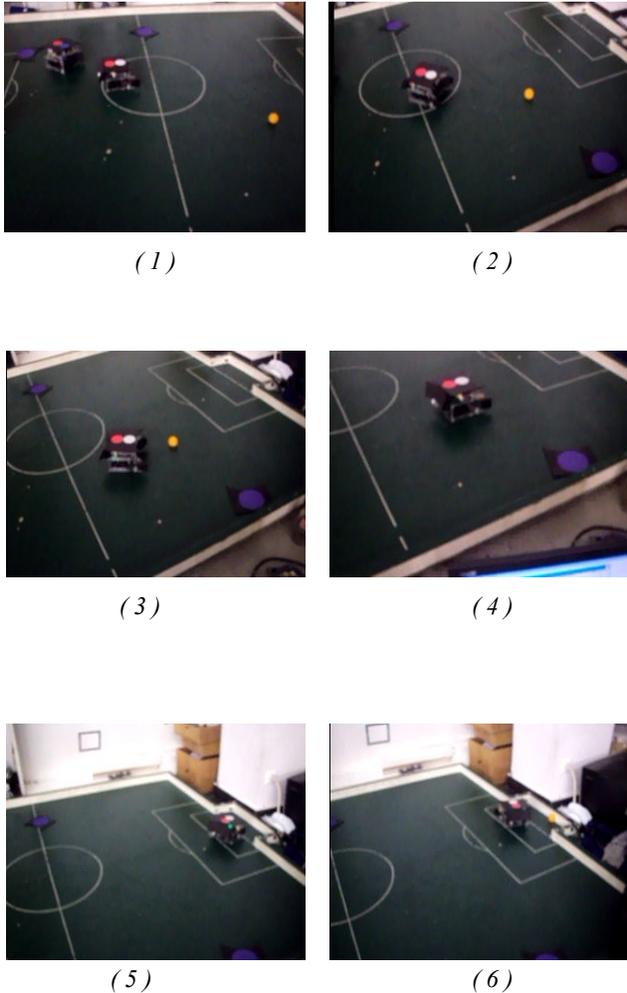
Gambar 4.6. Robot terus berusaha mengambil bola dipojok lapangan

Dari pengujian ini dapat dipastikan bahwa robot mampu menemukan posisi bola dan menggiringnya dengan baik. Namun ketika bola berada di area sudut /pojok lapangan robot memerlukan waktu yang cukup lama untuk dapat membawa bola karena

BAB V KESIMPULAN

4.3. Pengujian pergerakan robot menggiring bola dan memasukkannya ke gawang

Pengujian ini dilakukan untuk kemampuan robot untuk melakukan *pursuing the ball* ke arah gawang. Dari pengujian ini diperoleh pergerakan robot sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut ini :



Gambar 4.7. Snapshot pergerakan robot mencari bola dan menggiringnya ke gawang

Dari hasil pengujian pergerakan robot untuk mencari bola dan menggiringnya ke gawang, robot mampu bergerak ke arah bola dan menggiringnya dengan baik. Robot terus membawa bola mendekati posisi gawang dan ketika posisi robot dan bola yang dibawanya sudah berada di depan gawang, robot mampu memasukkannya ke dalam gawang.

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

1. Robot mampu melakukan eksekusi pergerakan dengan baik karena mampu melakukan update data posisi meskipun eksekusi pergerakan sebelumnya belum selesai dikerjakan.
2. Dengan menggunakan konsep *Metode Virtual Force Field (VFF)* yang disederhanakan, robot soccer dapat melakukan penghindaran halangan serta penjejakan bola dengan tingkat keberhasilan mencapai 96 %.
3. Robot mampu menghindari halangan (*obstacle*) dengan cepat ketika obstacle berupa dinding lapangan, sedangkan respon penghindaran halangan untuk obstacle berupa robot musuh, respon pergerakannya sedikit lebih lambat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, 2004, *ATmega Preliminary Complete*, Atmel Corporation
- [2] <http://www.rev-ed.co.uk/docs/XBE001.pdf>, diakses tanggal 22 Oktober 2010
- [3] www.alldatasheet.com, diakses tanggal 22 Oktober 2010
- [4] Wardhana. 2005. *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR ATmega 32*, Yogyakarta : Andi.
- [5] www.fira.net, diakses tanggal 18 Oktober 2010
- [6] Prasetyo, Bayu. *Implementasi Metode Virtual Force Field Untuk Kontrol Pergerakan Autonomous Mobile Robot Pada Aplikasi Soccer Robot*. Surabaya : EEPIS, 2010.
- [7] Kurnianto, Iwan. *Implementasi Metode Vector-Distance Function sebagai Metode Penghindaran Halangan untuk Autonomous Mobile Robot*. Surabaya : EEPIS, 2010.
- [8] Koren, Y. Senior Member, IEEE and Borenstein, J., Member, IEEE The University of Michigan, Ann Arbor. Potential Field Methods and Their Inherent Limitations for Mobile Robot Navigation. IEEE Conference on Robotics and Automation, Sacramento California, pp 1398-1404. April 1991. Url : <http://www-personal.umich.edu/~johannb/Papers/paper27.pdf> .(diakses : 29 Desember 2010).
- [9] <http://www.gurumuda.com/fisika-sma/penjumlahan%20vektor.pdf>
- [10] Aprilianti P, Dini. *Strategi Permainan Dalam Sistem Soccer Robot Berbasis Pada Pengembangan Metode Virtual Force Field*. Surabaya: EEPIS, 2010.