

# SISTEM VISION PADA ROBOT SOCCER

**Indra Sakti<sup>1)</sup>, Estiko Rijanto<sup>2)</sup>**

1) Pusat Penelitian Informatika - LIPI

Komplek LIPI Gd 20 Jl. Cisitu No. 21/154D Bandung 40135 INDONESIA

Phone/Fax : 022. 2504711 / 022. 2504712

Email: [indra@informatika.lipi.go.id](mailto:indra@informatika.lipi.go.id)

2) Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik

Komplek LIPI Gd 20 Jl. Cisitu No. 21/154D Bandung 40135 INDONESIA

Phone/Fax : 022. 2503055 / 022. 2504773

Email: [estiko@mekatronika.or.id](mailto:estiko@mekatronika.or.id)

## Abstrak

Makalah ini mengulas tentang sistem Sepakbola Robot (*Robot Soccer*) dengan penekanan pada sistem vision-nya. Tujuan dari makalah ini adalah untuk diseminasi ilmu pengetahuan dan teknologi yang berkaitan dengan *robot soccer*. Pada ulasan pertama akan diperkenalkan sistem *robot soccer* secara keseluruhan. Selanjutnya akan diulas bagian vision pada *robot soccer* yang juga merupakan komponen utama pada sistem *robot soccer*, dimana sistem vision ini digunakan sebagai sensor yang dapat mengenali robot satu tim atau pun tim lawan dengan cara mendeteksi warna yang digunakan pada tiap robot. Dibagian akhir akan diperkenalkan cara mengeksekusi program untuk menjalankan program dari *robot soccer*.

**Kata kunci :** *sepakbola robot, sistem vision, sensor*

## Abstract

*This paper describes robot soccer system with emphasis on its vision system. The objective of this paper is dissemination of science and technology which is related to robot soccer. Firstly, the configuration of the robot soccer system is introduced. Next, the vision system which is the main element of the robot soccer is described. This vision system is used as a sensor to identity robots from its own team as well as robots from its rival team. Lastly, this paper introduces the way how to execute the program to run the robot soccer system.*

**Keywords :** *robot soccer, vision system, sensor*

## 1. Pendahuluan

Sepakbola Robot (*Robot Soccer*) adalah sebuah sistem pengendalian robot menggunakan Kendali Cerdas (*Intelligent Control*) dan Sistem Multi Agen (*Multi Agent System*) [1].

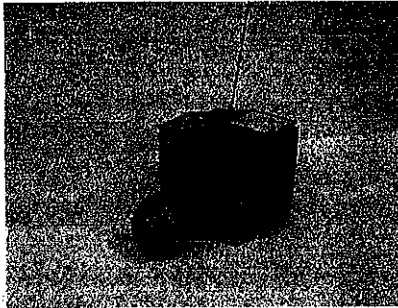
Dilihat dari tipe pengendali utamanya, pada *Robot Soccer* ada dua tipe, yaitu : *tipe remote brainless robot* dan *brain-on-board robot*. Tipe *remote brainless robot* mengandalkan komputer induk di luar robot untuk melakukan proses dan kemudian komputer tersebut mengirimkan perintah kepada robot di lapangan. Robot hanya merupakan alat yang dikendalikan oleh komputer induk. Sedangkan

tipe *brain-on-board robot* memiliki kemampuan untuk memproses data dan mengambil keputusan sendiri, tanpa bantuan komputer di luar robot [2].

Ada beberapa kategori *Robot Soccer* menurut *Federation of International Robot-soccer Association (FIRA)*, yakni : MiroSot, NaroSot, RoboSot, HuroSot, SimuroSot, dan KheperaSot [1].

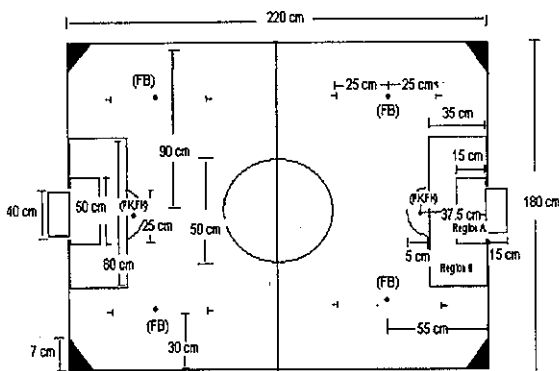
Kategori *Robot Soccer* yang akan diperkenalkan pada pembahasan ini adalah kategori MiroSot, dimana robot ini termasuk pada tipe *remote brainless robot*. Komponen utama dalam kategori ini adalah robot bergerak (*Mobile Robots*), *Host Computer*, Sistem Vision (*Vision System*) dan Modul Komunikasi (*Communication Module*). Sistem ini terdiri

dari atas 5 robot per tim (Liga Menengah). Masing-masing robot berukuran  $7.5 \times 7.5 \times 7.5 \text{ cm}^3$ , 2 motor DC dan baterai, serta dikendalikan oleh *Host Computer* dan sebuah sensor melalui kamera CCD. Gambar 1 menunjukkan photo dari sebuah robot bergerak kategori MiroSot yang sedang menggiring bola.



Gambar 1. Robot Bergerak Kategori MiroSot

Pertandingan *Robot Soccer* ini dilakukan di atas papan lapangan (*playground*) berbentuk persegi panjang yang terbuat dari kayu yang dicat hitam dan tidak memantulkan cahaya dengan ukuran  $220 \times 180 \text{ cm}^2$ . Gambar 2 menunjukkan papan lapangan lengkap dengan dimensinya.



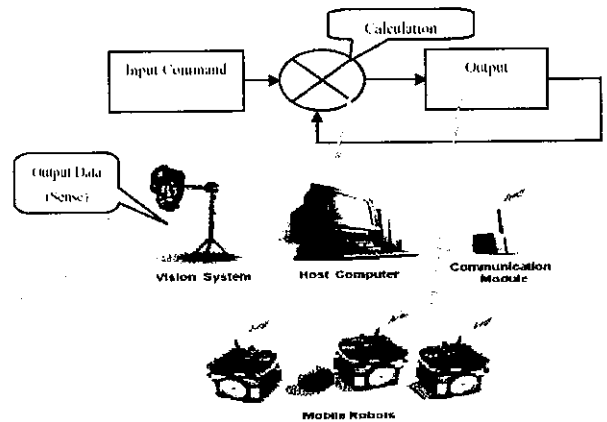
Gambar 2. Papan Lapangan Robot Sepakbola

## 2. Konfigurasi Sistem Robot Soccer

Gambar 3 menunjukkan ilustrasi konfigurasi sistem *Robot Soccer*, dimana cara kerja dari sistem *Robot Soccer* adalah sebagai berikut :

1. Kamera menangkap gambar dari seluruh lapangan serta postur (posisi dan sudut) dari robot dan bola.
2. *Host Computer* menghitung postur berikutnya dan kecepatan roda.

3. Modul komunikasi mengirim kecepatan roda ke robot dengan menggunakan Komunikasi Nir-kabel (*Wireless Communication*).
4. Tiap robot bergerak dengan kecepatan roda yang dikendalikan oleh masing-masing mikrokontroler.



Gambar 3. Sistem Robot Soccer

Pada makalah ini dibahas tentang sistem vision dari *Robot Soccer*, dimana pembahasan sistem mekanisme penggerak dari *Robot Soccer* ini telah dipublikasikan [3], sedangkan sistem komunikasi dan pemrograman pada komputer akan dibahas pada kesempatan lain.

Pada sistem vision ini digunakan kamera yang digunakan sebagai sensor, dimana yang disensor adalah warna-warna yang diletakkan pada masing-masing robot dengan warna-warna yang berbeda, tetapi dengan warna tim yang sama seperti terlihat pada gambar 1. Warna-warna ini akan dipilih pada waktu eksekusi program *robot soccer*.

## 3. Perancangan Pengolahan Citra

Perancangan pengolahan citra sebuah robot tidak bisa dilepaskan dari perangkat sensor dan kecerdasan robot. Fitur umum dari robot adalah mempunyai kemampuan untuk menerjemahkan sekuen dari rangkaian operasi penangkapan gambar selama alat itu dibutuhkan. Bagaimanapun, semua robot tidak mampu merasakan dan memberi tanggapan terhadap perubahan sesaat pada lingkungan [4].

Level yang lebih tinggi dari hierarki sebuah sensor adalah kemampuan untuk merasakan perubahan sesaat pada lingkungan tersebut yang kemudian diasosiasikan dengan *interface*

dan algoritma *artificial intellegent*. Bila digambarkan dalam bentuk diagram, siklus yang didapat adalah tertutup melalui algoritma interpolator yang kemudian merespons perintah program asli yang berisi serangkaian instruksi dengan faktor koreksi yang didapat dari algoritma *artificial intellegent* yang sebelumnya.

Ada dua metode dasar dalam penggunaan sensor, yaitu sensor statik dan sensor siklus tertutup. Umumnya sensor-sensor yang digunakan dalam sistem robotika adalah yang dapat merasakan dan memanipulasi keadaan dengan fungsi matriks dan algoritma *artificial intelligent (AI)*. Manipulator tersebut akan terus dalam keadaan statik ketika proses sensing telah dilaksanakan. Kemudian, dapat diawasi gerak yang telah dikerjakan tanpa referensi yang lebih jauh dari sensor. Metode ini mengacu pada sensor statik.

Dalam sensor siklus tertutup, robot dikendalikan oleh alat sensing selama pergerakan manipulator. Kebanyakan sistem vision beroperasi pada mode siklus tertutup ini. Di sini sistem vision mengawasi faktor koreksi antara posisi aktual robot dengan posisi yang diinginkan. Faktor *error* ini kemudian digunakan untuk menggerakkan penggerak robot. Dengan sensor siklus tertutup, bahkan ketika objek masih dalam pergerakan, robot pasti mampu melakukan transfer informasi aktual yang diinginkan.

Kebanyakan sistem vision dilengkapi dengan kamera yang dihubungkan dengan prosesor vision. Prosesor ini kemudian mendigitalisasi citra yang ditangkap melalui kamera dan menganalisisnya untuk mendefinisikan objek tersebut. Aplikasi utama sistem vision adalah *handling*, *assembly*, pengklasifikasi terpisah, dan juga inspeksi. Dalam *handling* dan *assembly* sistem digunakan untuk mengenali posisi dan orientasi dari objek yang akan menjalani *assembly*. Sistem tersebut juga akan mendeterminasi presensi bagian-bagian dan mendeteksi tambahan partikular objek (misalnya diameter) untuk mengecek bagian mana yang tidak memenuhi kriteria fungsionalnya lagi.

Pada pengenalan perancangan pengolahan citra pada robot, citra yang telah terdigitalisasi akan disimpan dalam memori komputer vision dan diproses secara subsekuen. Komputer dapat mendeterminasi tipe objek dan orientasinya serta mentransfer informasi yang

didapat ke dalam pengendali komputer robot. Pada dasarnya, citra sebuah objek dapat direpresentasi dan disimpan dalam citra biner ataupun citra *grey-scale*. Dalam sistem pengolahan citra secara biner, peta dua warna dari pemandangan visual disimpan dalam komputer dengan bentuk representasi 1's untuk bayangan (*silhouette*) dan 0's untuk latarnya (*background*).

Piranti keras video preprosesor digunakan dalam sistem vision pada citra biner untuk memperbaiki perbandingan dari derau sinyal dan untuk mengurangi sejumlah informasi yang dikirimkan ke komputer. Salah satu perintah umum yang akan dibuat oleh piranti ini adalah mendeteksi sudut.

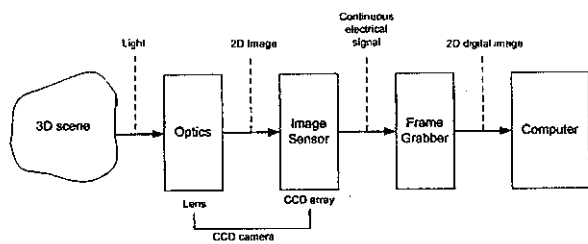
Piranti video preprosesor hanya mengirimkan titik-titik transisi kepada komputer, diikuti dengan pengurangan sejumlah informasi yang akan disimpan ke dalam komputer utama.

Piranti lunak komputer utama terdiri dari atas algoritma pendeteksian sudut yang akan mendeterminasi sudut mana yang dimiliki oleh masing-masing objek yang dilihat, dan memasukkan titik yang didapat ke dalam daftar sudut yang telah dibuat sebelumnya.

#### 4. Piranti Keras Sistem Vision

Pada gambar 4 diilustrasikan cara kerja dari piranti keras sistem vision *Robot Soccer*, yakni :

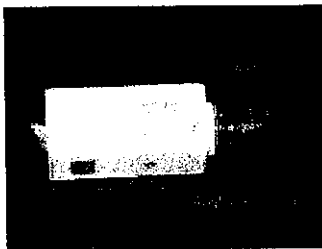
- *3D scene* (objek/benda 3 dimensi) akan memantulkan cahaya yang diterimanya kepada kamera
- Cahaya yang dipantulkan oleh objek akan diterima oleh optik dari kamera dan menjadi gambar dua dimensi (*2D image*)
- *2D image* akan diubah menjadi sinyal elektrik analog (*continous electrical signal*) oleh *Image Sensor* yang ada pada kamera
- Sinyal elektrik analog dari *Image Sensor* akan diterima oleh *frame grabber* dan sinyal elektrik analog akan dirubah menjadi sinyal digital (*2D digital image*), dimana *frame grabber* ini berbentuk *card* yang dipasang pada komputer
- Di dalam komputer sinyal digital yang diterima akan diolah oleh piranti lunak.



Gambar 4. Cara Kerja Piranti Keras Sistem Vision

Seperti terlihat pada gambar 3 piranti keras sistem vision *Robot Soccer* terdiri dari : kamera, *frame grabber*, dan komputer.

Kamera yang digunakan adalah sebuah kamera CCD dengan lensa zoom yang digunakan untuk menampilkan lapangan permainan pada layar. Kamera yang digunakan adalah kamera CCD warna buatan SAMSUNG bertipe SDC-410ND. Sinyal keluaran dari kamera ini mengadopsi sistem standar warna NTSC komposit. Kamera ini memerlukan catu daya DC 12 Volt.

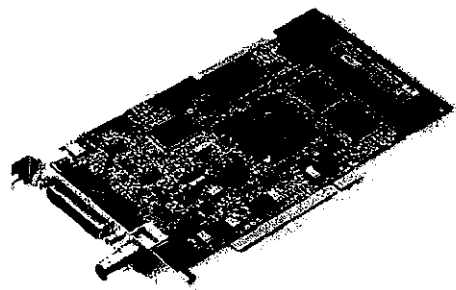


Gambar 5. Kamera Samsung SDC-410ND

Kamera dipasang pada tiang dengan ketinggian 2 m atau lebih, dan untuk menampilkan seluruh area permainan pada layar dari ketinggian ini perlu digunakan sebuah lensa dengan zoom. Panjang fokus zoom lensa harus diantara 3,5 mm dan 8,0 mm dan harus memiliki iris yang dapat dikontrol manual. Dengan mengontrol iris, *brightness image* pada layar dapat diset pada level yang tepat meskipun *brightness* dari lapangan permainan di sekitarnya berubah. Untuk pemasangan kamera, harus dipastikan posisi kamera berada kira-kira tepat di atas bagian tengah lapangan pertandingan, dengan fokus dan zoom yang cukup tajam untuk mencakup seluruh lapangan pertandingan.

*Frame Grabber Card* yang digunakan adalah Matrox Meteor-II. Fungsi dari *frame grabber* ini adalah mengubah sinyal analog menjadi data digital yang dapat diproses oleh komputer. Spesifikasi dari *card* ini adalah sebagai berikut :

- PCI, CompactPCI® or PC/104-Plus™ *form factor*
- dapat menangkap sinyal video standar NTSC, PAL, RS-170 dan CCIR
- dapat mengambil sampai dengan 12 kanal input video
- *trigger input*
- 32-bit/33 MHz *PCI bus-master*
- *real-time* transfer ke memori sistem atau VGA
- *buffer on-board* yang besar untuk keandalan pengambilan *frame* (4MB)
- mendukung transfer sistem warna packed atau planar atau banyak stream monokrom
- *power output* dan RS-232 serial interface untuk kendali kamera
- tersedia *software* yang dijual terpisah, Matrox Imaging Library (MIL)/ ActiveMIL, MIL-Lite/ ActiveMIL-Lite dan Matrox Inspector
- Mendukung sistem operasi Microsoft® Windows® 98, Windows® Me, Windows NT® 4.0, Windows® 2000 and Windows® XP



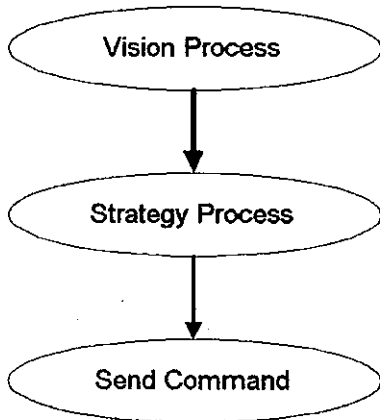
Gambar 6. Matrox Meteor-II Frame Grabber Card

*Host Computer* yang dipakai berisi *frame grabber card* dan berfungsi mengolah data digital hasil pengolahan data analog kamera oleh *frame grabber card* dan memberi perintah kepada masing-masing robot untuk bergerak sesuai strategi yang diterapkan.

## 5. Piranti Lunak Sistem Vision

Pada perancangan pengolahan citra untuk *Robot Soccer* ini diperlukan pemrograman piranti lunak, khususnya pada pembangkitan model objek ke dalam bentuk virtualnya. Dimana pada *Robot Soccer* ini digunakan pemrograman dengan bahasa *Visual C++*.

Pemrograman pada sistem vision robot soccer, diawali dengan pembuatan flowchart dari sistem robot soccer secara keseluruhan, seperti terlihat pada gambar 7.



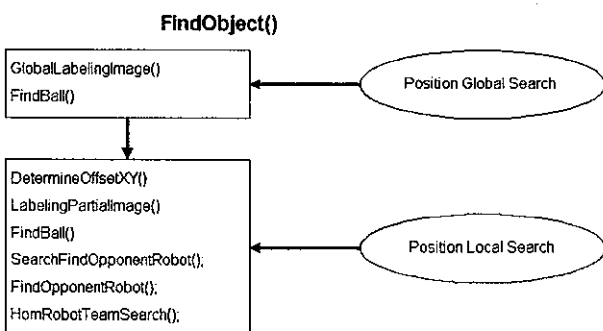
Gambar 7. Flowchart Sistem Robot Soccer

Gambar 7 memperlihatkan alur untuk menemukan posisi dari setiap robot dan mengikuti perpindahan dari robot-robot tersebut.

Setelah dari *Vision Process*, data yang dikirim dari vision akan diteruskan dengan *Strategy Process* yang selanjutnya akan ada perintah untuk setiap robot akan pergerakan berikutnya.

Sistem vision dimaksudkan untuk mendapatkan posisi dari setiap robot dengan perantara warna yang diletakan di atas setiap robot yang digunakan sebagai informasi warna. Sistem vision diwujudkan sebagai *VisionSys Class*, dimana akan dicari beberapa pendekatan lokasi dari robot di atas seluruh *playground* dan lokal area, pencarian akan dilakukan berulang-ulang sampai didapat posisi yang tepat.

Pada gambar 8 diulas tentang fungsi-fungsi pada *vision process*.



Gambar 8. Fungsi-fungsi Proses pada Vision

Untuk mendapatkan posisi secara tepat dari setiap robot adalah penting, tapi penting juga untuk mendapatkan secara cepat. Sistem ini diset sebagai proses dengan waktu untuk mengirim perintah ke robot setelah *vision processing*, dan menghitung strategi dalam waktu 16 ms. Tetapi, kita harus memastikan bahwa vision akan menghitung dalam 16 ms dalam pembuatan strategi.

Setelah *vision processing*, posisi dari setiap robot dan bola dapat diterima dari fungsi dengan nama *Get...Position()* dalam *VisionSys Class*. Posisi dari bola dapat diambil dari fungsi dengan nama *GetBallPosition()*, sedangkan robot satu tim dapat diambil dari fungsi dengan nama *GetHomeRobotPosition()*, dan tim lawan dari *GetOpponentRobotPosition()*.

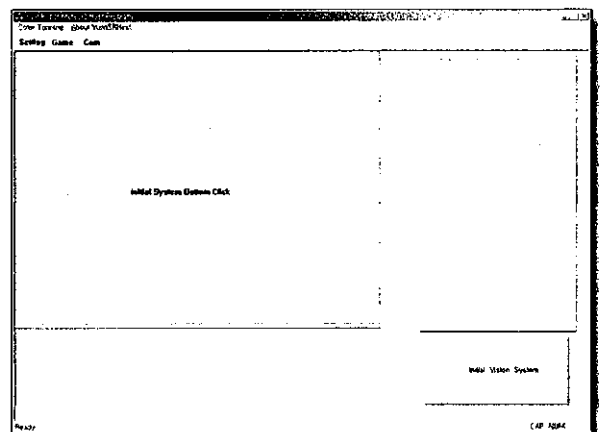
Posisi robot yang diterima adalah berbentuk koordinat logikal (nilai-nilai sumbu piksel pada layar), maka untuk menerima informasi dari posisi-posisi dalam lapangan nyata, kita dapat memanggil fungsi dengan nama *ConvertVisionPoint()* dalam *View class*.

Dalam fungsi-fungsi strategi sebenarnya, informasi posisi yang digunakan di simpan pada variabel selanjutnya dalam *Game Class*.

## 6. Eksekusi Program Robot Soccer

Sebelum mengeksekusi program *robot soccer*, dilakukan terlebih dahulu instalasi driver *Matrox Meteor-II*.

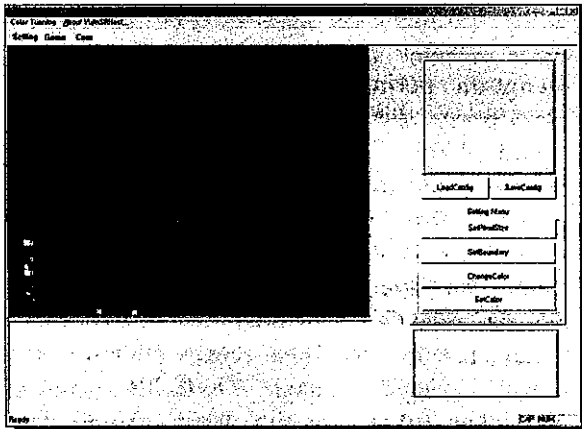
Kemudian eksekusi dijalankan dan akan terlihat seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Awal Eksekusi Program

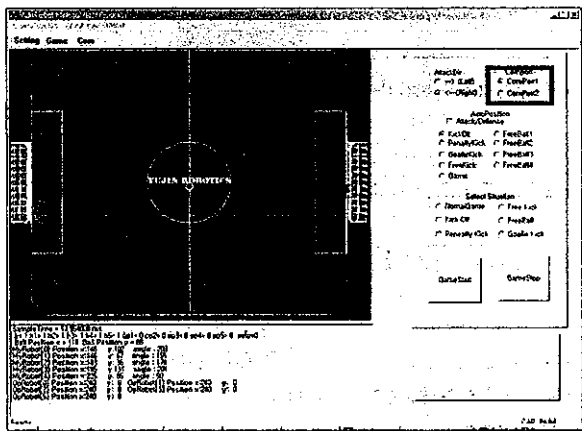
Setelah itu akan dilakukan inialisasi kamera yang dilaksanakan secara otomatis dan

akan terlihat *playground* yang diterima oleh kamera.



Gambar 10. Tampilan setelah Inisialisasi

Setelah dilakukan beberapa pengesetan tekan tombol GameStart dan pertandingan pun dimulai.



Gambar 11. Tampilan pada saat Pertandingan

## 7. Kesimpulan

Makalah ini telah mengulas robot soccer dengan penekanan pada sistem visionnnya. Dimana dibahas tentang pengolahan citra dengan menggunakan piranti keras; kamera

yang digunakan sebagai sensor, *frame grabber* yang digunakan untuk merubah sinyal analog dari kamera menjadi sinyal digital yang dapat diolah oleh komputer. Pada *host computer* sinyal digital ini diolah oleh piranti lunak dengan pemrograman bahasa Visual C++ dan dengan bantuan class yang sudah tersedia pada *frame grabber*.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Bapak Dr. Totok M.S. Soegandi, M.Sc. dari LIPI sebagai anggota COST (*Committee of Science & Technology*) ASEAN atas referensi yang telah diberikan.

Ucapan terima kasih pun penulis sampaikan kepada ASEAN dan MRDEC-KAIST (Korea) atas kesempatan yang diberikan untuk berpartisipasi pada program *Technology Network for Multi-Robot Cooperation System Development*.

## Referensi/Daftar Pustaka

- [1] Kim, Jong-Hwan, "Lecture Notes on Soccer Robotics", (2003) KAIST, Republic of Korea.
- [2] Soccer Robot Dept. of Kasan-Dong office, "Robot Soccer : YSR-A 5vs5 System Manual (Meteor 2/4 type)", Yujin Robotics Co., Ltd.
- [3] Indra Sakti dan Estiko Rijanto, "Mekanisme Penggerak pada Robot Soccer", *Jurnal Teknologi Informatika*, 5, (2004), pp. 27-32.
- [4] Tharom, Tabratas, "Pengolahan Citra pada Mobil Robot", (2003). Diakses tahun 2005, dari <http://ikc.cbn.net.id/berseri/tharom-robot/>