

PENENTUAN PERAN DALAM ROBOT SEPAK BOLA DENGAN METODE FUZZY SUGENO

Chabibi Aulia Rahman Al Hasmy⁽¹⁾, Fernando Ardila⁽²⁾, Setiawardhana⁽²⁾

⁽¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Komputer, ⁽²⁾ Dosen Program Studi Teknik Komputer
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya – Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya
Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya 60111

Abstrak

Makalah ini menggambarkan strategi bekerjasama dalam robot sepak bola. Satu tim terdiri atas 4 pemain, yaitu kiper dan 3 pemain tengah. Setiap pemain mempunyai kemampuan dasar seperti kemampuan untuk bergerak mandiri atau *autonomous*, kemampuan *vision* yang berfungsi untuk melihat daerah sekitarnya, kemampuan pencarian posisi dirinya atau *self-location*, kemampuan melacak objek, dan semua pemain dapat berkomunikasi untuk berbagi informasi yang didapat dari masing-masing pemain. Selanjutnya akan dilakukan penentuan peran menggunakan *Fuzzy interference sistem* dengan metode sugeno. *Fuzzy* akan menghasilkan output yang berbeda antar satu robot dengan memanfaatkan dua buah variabel *fuzzy* yang sudah dihitung sebelumnya berupa jarak dan sudut, perbandingan output *fuzzy* kemudian dikirimkan menggunakan komunikasi antar robot untuk mendapatkan hasil akhir berupa 4 peran pemain dan posisi setiap pemain di lapangan. Dari sepuluh percobaan sistem mencapai keberhasilan sebesar 90%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penentuan strategi permainan bekerja dengan baik menggunakan metode *fuzzy*. Perangkat lunak akan dijalankan menggunakan bahasa *c* dengan include tambahan dari *eyesim simulator*.

Kata kunci : Robot sepakbola, Fuzzy sugeno, Eyesim

1. Pendahuluan

Salah satu permasalahan dasar dalam robot sepak bola adalah pembentukan strategi permainan, umumnya dalam permainan robot sepak bola setiap robot akan mempunyai peran masing masing, baik itu sebagai penyerang, gelandang maupun sebagai kiper. Pemberian tugas kepada setiap robot ini akan menghasilkan kerjasama tim antar robot.

Strategi adalah salah satu faktor yang menentukan kemenangan dalam suatu pertandingan. Dalam makalah ini akan dibahas bagaimana pengaturan strategi berkerja sama antar pemain. Satu tim terdiri atas 4 pemain, yaitu kiper dan 3 pemain tengah. Setiap pemain mempunyai kemampuan dasar seperti kemampuan untuk bergerak mandiri atau *autonomous*, kemampuan *vision* yang berfungsi untuk melihat daerah sekitarnya, kemampuan pencarian posisi dirinya atau *self-location*,

kemampuan melacak objek, dan semua pemain dapat berkomunikasi untuk berbagi informasi yang didapat dari masing-masing pemain

Selanjutnya akan ditentukan strategi berkerja sama menggunakan *Fuzzy interference sistem* metode sugeno. *Fuzzy* akan menghasilkan output yang berbeda antar satu robot dengan memanfaatkan dua buah variabel *fuzzy* yang sudah dihitung sebelumnya berupa jarak dan sudut

Setelah masing masing robot mendapatkan output *fuzzy*, selanjutnya akan dilakukan komunikasi dengan mengirimkan variabel dan membandingkan dengan variabel

robot yang lain, untuk menghasilkan beberapa peran antara robot

Penelitian ini selanjutnya akan disimulasikan pada *Eyesim*

2. Latar Belakang

Permainan sepakbola yang dimainkan oleh robot pertama kali diperkenalkan oleh professor Alan K Mackworth, 1992 [5], dalam papernya yang berjudul “*On Seeing Robot*”, Profesor Mackworth memberikan suatu konsep tentang penggunaan *Artificial Intelligence* yang ditanam pada robot untuk melakukan kerjasama dalam bidang sepakbola.

Pada saat yang sama di jepang, beberapa peneliti mengadakan Workshop on Grand Challenges in Artificial Intelligence pada oktober. 1992 di tokyo., yang membahas tentang kemungkinan penggunaan robot dalam bidang sepakbola untuk perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Serangkaian pemeriksaan dilakukan, termasuk studi kelayakan teknologi, penilaian dampak sosial, dan studi kelayakan keuangan. Selain itu, beberapa aturan mulai disusun, dan dilakukan pengembangan prototipe robot sepak bola dan sistem simulator.

Pada bulan Juni 1993, sekelompok peneliti, termasuk Minoru Asada, Yasuo Kuniyoshi, dan Hiroaki Kitano, memutuskan untuk meluncurkan sebuah kompetisi robot, sementara bernama Robot *J-League*. Dalam sebulan, kompetisi ini memberikan reaksi luar biasa dari para peneliti di luar Jepang, dan meminta agar proyek ini dijadikan proyek internasional. Dengan demikian, *J-League* berganti nama menjadi “*Robot World Cup Initiative*”, atau disingkat dengan nama “*RoboCup*”.

Penulis berkeinginan untuk memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi dengan turut serta menciptakan suatu algoritma yang dipakai untuk strategi dalam permainan *robot soccer*.

3. Perancangan Sistem

Pada tahap pembuatan sistem ini akan dirancang suatu strategi permainan sepakbola yang terdiri dari 4 buah robot, setiap robot akan menentukan masing masing peran, 1 sebagai kiper, 1 sebagai pemain bertahan, 1 sebagai gelandang dan satu sebagai penyerang. Untuk menentukan output yang diharapkan peneliti membagi menjadi tiga proses:

3.1. Mencari Posisi Bola

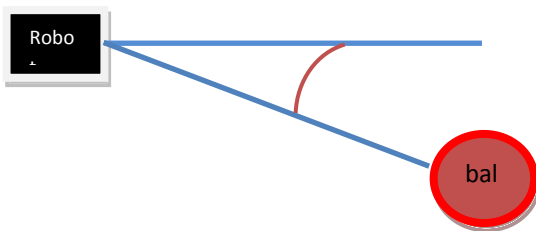
Untuk melakukan penghitungan posisi bola peneliti menggunakan dua metode yaitu menggunakan sensor kamera dan sensor PSD

3.1.1. Sensor Kamera

Metode pengujian pada bagian ini adalah dengan menggunakan kamera yang terletak pada masing-masing robot untuk mendeteksi jarak.

Pengambilan data dari sensor kamera memiliki dua output yaitu pos dan val, pos adalah derajat kemiringan robot terhadap kamera, sedangkan val adalah jumlah pixel dari objek yang dapat ditangkap oleh kamera, semakin dekat objek terhadap kamera maka pixel yang didapat juga semakin banyak

Dari informasi yang didapat maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :



Gambar 1 Ilustrasi Perhitungan dengan Kamera

Jarak robot dengan bola didapat dari informasi pos = r

Untuk mencari posisi x dan y bola dicari dengan menggunakan rumus :

$$x_{bola} = r \cdot \cos\theta$$

$$y_{bola} = r \cdot \sin\theta$$

3.1.2. Sensor PSD

Tujuan dari pengujian posisi bola ini adalah sebagai perbaikan metode sebelumnya dalam melakukan perhitungan jarak antara robot dengan objek, dalam hal ini bola, menggunakan informasi dari sensor PSD

Metode pengujian pada bagian ini adalah dengan mengaktifkan sensor yang ada pada robot sehingga dapat dipakai untuk menghitung jarak

Mengaktifkan sensor PSD dapat diinisialisasikan pada file.robi, file ini berisi tentang berbagai macam informasi dari robot yang akan ditampilkan di lapangan seperti dimensi, ukuran roda dan peletakan kamera.

Output dari sensor ini berupa nilai jarak antara robot dengan objek yang berada tepat di depannya. Perhitungan menggunakan sensor PSD memiliki prinsip yang sama saat menggunakan sensor kamera, tetapi sensor ini memiliki kelemahan yaitu untuk menghitung jarak objek harus benar-benar tepat berada di depan sensor.

3.2. Penentuan Peran Menggunakan Logika Fuzzy

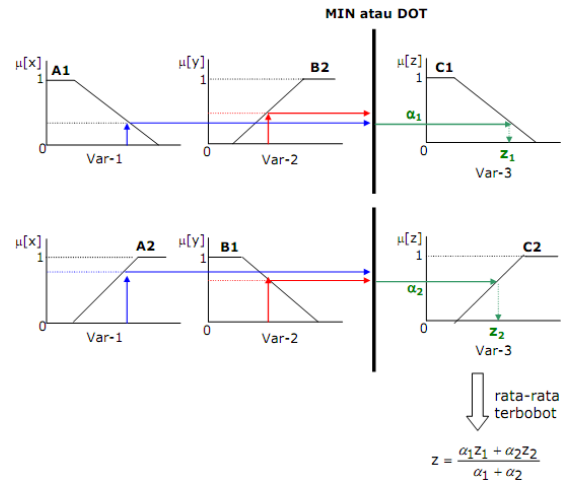
Logika Fuzzy adalah peningkatan dari logika Boolean yang mengenalkan konsep *kebenaran sebagian* [6]. Di mana logika klasik menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah binary (0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak), logika Fuzzy menggantikan kebenaran boolean dengan tingkat kebenaran.

Logika Fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan", dan "sangat". Dia berhubungan dengan set Fuzzy dan teori kemungkinan. Dia diperkenalkan oleh Dr. Lotfi Zadeh dari Universitas California, Berkeley pada 1965

Fuzzy Inference Sistem

a. Metode Tsukamoto

Pada Metode Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF-Then harus direpresentasikan dengan suatu himpunan Fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton (Gambar 7.32). Sebagai hasilnya, output hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (crisp) berdasarkan α -predikat (fire strength). Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot



Gambar 3 Inference Metode Tsukamoto

b. Metode Mamdani

Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output, diperlukan 4 tahapan:

1. Pembentukan himpunan Fuzzy

Pada Metode Mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan Fuzzy.

2. Aplikasi fungsi implikasi (aturan)

Pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

3. Komposisi aturan

Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri-dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *Fuzzy*, yaitu: max, additive dan probabilistik OR (probor).

4. Penegasan (defuzzy)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *Fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *Fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *Fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *Fuzzy* dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai output

c. Metode Sugeno

Penalaran dengan metode SUGENO hampir sama dengan penalaran MAMDANI, hanya saja output (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *Fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi Sugeno Kang pada tahun 1985.

a. Model *Fuzzy* Sugeno Orde-Nol

Secara umum bentuk model *Fuzzy* SUGENO Orde-Nol adalah:

IF (x1 is A1) • (x2 is A2) • (x3 is A3) • • (xN is AN)
THEN z=k

dengan Ai adalah himpunan *Fuzzy* ke-i sebagai anteseden, dan k adalah suatu konstanta (tegas) sebagai konsekuen.

b. Model *Fuzzy* Sugeno Orde-Satu

Secara umum bentuk model *Fuzzy* SUGENO Orde-Satu adalah:

IF (x1 is A1) • • (xN is AN) THEN z = p1*x1 + ... + pN*xN + q

dengan Ai adalah himpunan *Fuzzy* ke-i sebagai anteseden, dan pi adalah suatu konstanta (tegas) ke-i dan q juga merupakan konstanta dalam konsekuen.

Apabila komposisi aturan menggunakan metode SUGENO, maka defuzzifikasi dilakukan dengan cara mencari nilai rata-ratanya.

3.3. Komunikasi Antar Robot

Tujuan dari pengujian komunikasi antar robot adalah melakukan hubungan antar robot yang kedepannya digunakan untuk share informasi dari robot ke semua anggota tim

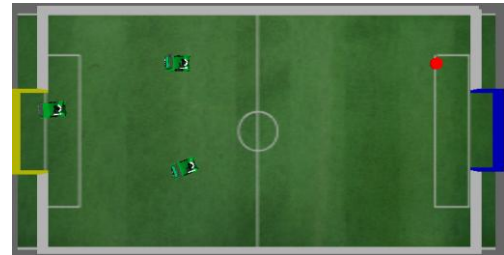
Metode pengujian pada bagian ini adalah dengan memanfaatkan fasilitas radio yang berada pada Eyesim,

penggunaan fungsi radio ini untuk melakukan share informasi yang diperoleh satu robot, misalkan koordinat posisi letak bola dan strategi, ke semua anggota tim

4. Pengujian

Bab ini menjelaskan mengenai pengujian sistem yang merupakan tahap penting dalam pengerjaan Proyek Akhir. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang telah dibuat sesuai dengan apa yang direncanakan.

4.1. Pengujian Sensor Kamera



Gambar 4 Posisi Bola dan Robot

Data yang didapatkan :

Posisi bola sebenarnya **x=2700 y=1200**

Robot 1 x=3355 y=1298

Robot 2 x=2762 y=800

Robot 3 x=2715 y=1210



Gambar 5 Hasil pada LCD

Dapat dilihat bahwa penghitungan jarak menggunakan sensor kamera memiliki error, error dikarenakan kamera sesungguhnya tidak dilakukan sebagai sensor penghitung jarak.

Robot1 error x = 1.65 error y = 0.02
 Robot2 error x = 0.92 error y = 0.9
 Robot3 error x = 0.58 error y = 0.84

Tabel 1 Pengujian Jarak dengan Sensor Kamera

Robot	Posisi Bola		Persen Error	
	x	y	x	y
1	2700	1200	24.26	8.17
2	2700	1200	2.30	33.33
3	2700	1200	0.56	0.83
1	2700	900	26.44	11.11
2	2700	900	21.04	33.11
3	2700	900	1.56	5.78
1	2700	600	24.00	26.33
2	2700	600	4.04	77.50
3	2700	600	2.30	0.00
1	1700	600	15.71	38.50
2	1700	600	6.18	11.50
3	1700	600	5.59	0.17
1	600	900	16.83	11.00
2	600	900	4.67	2.67
3	600	900	22.50	15.33

Pengambilan data dari sensor kamera memiliki error yang besar dikarenakan pixel yang diperoleh kamera tidak digunakan untuk perhitungan jarak, nilai pixel pada kamera berubah secara tidak teratur, saat kamera berada jauh dari objek perubahan berjalan lambat, saat kamera berada dekat dengan objek perubahan dapat terjadi secara drastis.

Persen error untuk data x = 11.8%, sedangkan untuk data y = 18.35 %

Data yang tidak stabil menjadikan metode penghitungan menggunakan kamera sebagai sensor tidak digunakan untuk menghitung jarak,

4.2. Pengujian Sensor PSD

Tujuan dari pengujian posisi bola ini adalah sebagai perbaikan metode sebelumnya dalam melakukan perhitungan jarak antara robot dengan objek, dalam hal ini bola, menggunakan informasi dari sensor PSD

Metode pengujian pada bagian ini adalah dengan mengaktifkan sensor yang ada pada robot sehingga dapat dipakai untuk menghitung jarak. Mengaktifkan sensor PSD dapat diinisialisasikan pada file.robi, file ini berisi tentang berbagai macam informasi dari robot yang akan ditampilkan di lapangan seperti dimensi, ukuran roda dan peletakan kamera. Untuk memasang sensor dapat menggunakan format

```
Psd PSD_TEST -215 42 0 30 0
Psd           = type
PSD_TEST     = nama dari sensor PSD
-215         = id dari sensor
42 0 30      =posisi sensor terhadap titik tengah robot
0            = sudut terhadap bidang datar
```

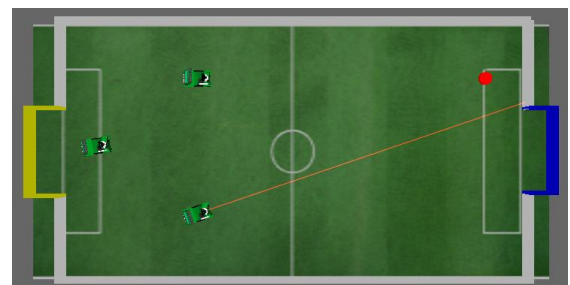
Nama sensor dan id untuk sensor sebelumnya harus diinisialisasikan pada file hdt_sem.h

```
#define PSD_TEST -215
```

Dari hasil pengujian didapatkan robot akan memberikan *feedback* data dari sensor berupa jarak robot dengan objek yang berada tepat didepannya, sensor berjumlah satu dan akan dipasang di titik 0 derajat robot, untuk mendapatkan pembacaan sensor yang tepat maka digunakan bantuan dari sensor kamera



Gambar 6 Hasil Sensor



Gambar 7 Posisi Robot dan Bola

Data yang didapatkan

Posisi Bola **x = 2700, y= 900**
 Robot 1 x=2660 y=917
 Robot 2 x=2661 y=878
 Robot 3 x=2657 y=909

Hasil percobaan menunjukkan error, yang diperoleh saat pembacaan jarak oleh sensor, kecil. Tampak bahwa error hanya berada pada angka dibelakang koma.

Robot1	error x = 1.48	error y = 1.89
Robot2	error x = 1.44	error y = 2.44
Robot3	error x = 1.59	error y = 1

Tabel 2 Pengujian Jarak dengan Sensor PSD

Robot	Posisi Bola		Persen Error	
	x	y	x	y
1	2700	1200	3.51	3.17
2	2700	1200	3.67	5.53
3	2700	1200	3.56	6.33
1	2700	900	1.48	1.89
2	2700	900	1.44	2.44
3	2700	900	1.59	1
1	2700	600	0.81	12.17
2	2700	600	1.56	3
3	2700	600	1.51	3.67
1	1700	600	1.35	6.67
2	1700	600	2.35	3
3	1700	600	2.35	3
1	600	900	6.33	2.22
2	600	900	5.5	3.11
3	600	900	6.5	2

Pengambilan data dari sensor memiliki output berupa jarak antara sensor dengan objek yang berada tepat didepannya.

Dilakukan perhitungan yang sama dengan yang dilakukan pada sensor kamera untuk menghitung x dan y bola

Sensor jarak memiliki error yang kecil saat sensor terpasang pada sudut 0 derajat robot, sehingga penempatan sensor hanya satu pada sudut 0 derajat robot. Untuk penghitungan menggunakan sensor jarak adalah saat bola berada pada sudut 0 robot, untuk itu diperlukan bantuan dari sensor kamera. Sensor kamera akan membawa robot menempatkan posisinya sehingga berhadapan dengan bola

Pengambilan data dari sensor jarak memiliki ketepatan yang lebih baik dibandingkan dengan sensor kamera, hal ini karena sensor ini memang diperuntukkan untuk menghitung jarak antara sensor dengan objek.

Persen error untuk data x = 2.9 % sedangkan untuk data y = 3.95%

Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya sensor yang digunakan untuk menghitung jarak adalah sensor inframerah, sedangkan sensor kamera digunakan untuk mengetahui dimana bola berada

4.3. Pengujian Logika Fuzzy

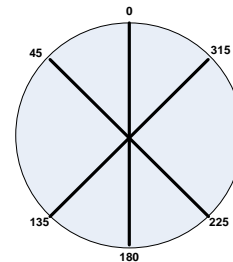
Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menghitung nilai dari fuzzy yang diambil dari satu robot

Metode pengujian menggunakan salah satu model *fuzzy inference sistem*, yaitu model sugeno.

Data hasil pengujian akan berupa nilai defuzzifikasi dari variabel yang telah ditentukan, nilai ini kedepannya akan dipakai untuk menentukan pembagian peran dari masing-masing pemain

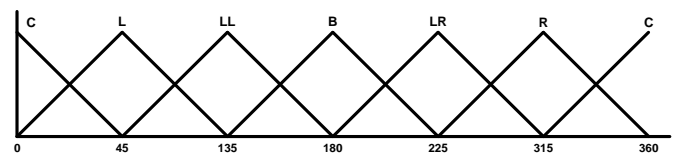
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui output fuzzy yang dihitung berdasarkan dua variabel fuzzy yaitu jarak dan sudut.

Pembagian variabel sudut pada robot berdasarkan posisi robot terhadap bola, robot akan mendapat input posisi bola berdasarkan apa yang dia lihat atau berdasarkan informasi dari rekan satu timnya, pembagian sudut adalah sudut robot dengan region 360⁰



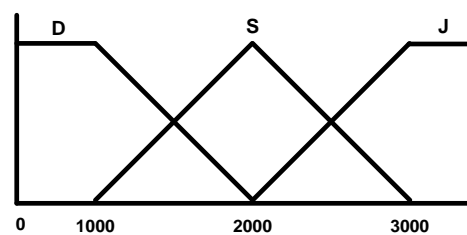
Gambar 8 Sudut Robot

Dari beberapa sudut ini maka dibentuk suatu himpunan fuzzy yang akan digunakan sebagai input fuzzy



Gambar 9 Fungsi Keanggotaan Sudut

Pada variabel jarak akan dibagi menjadi tiga himpunan fuzzy, yaitu jauh sedang dan dekat. Pembagian ini berdasarkan panjang lapangan pada simulasi eyesim.

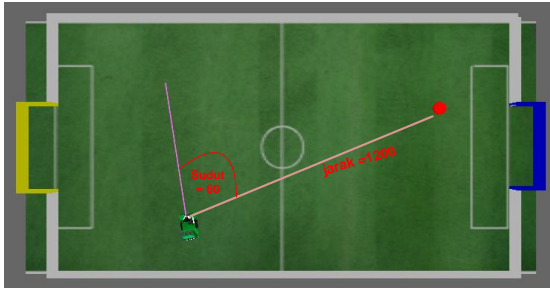


Gambar 10 Fungsi Keanggotaan Jarak

Dari dua variabel diatas maka akan dibentuk suatu fuzzy rule set

Tabel 3 Fuzzy Rule Set 1

Sudut \ Jarak	C	L	LL	B	RR	R	C
D	30	30	20	10	20	30	30
S	30	20	10	5	10	20	30
J	20	10	5	5	5	10	20



Gambar 11 Percobaan 1 Fuzzy

Jika diberikan input fuzzy berupa sudut = 60° dan jarak = 1200, maka akan dicari dua himpunan fuzzy yang akan dimodelkan

Dari perpotongan himpunan fuzzy sudut maka akan dicari nilai keanggotaan

$$\mu_L = (135 - 60) / (135 - 45) = 0.833$$

$$\mu_{LL} = (60 - 45) / (135 - 45) = 0.166$$

Dari perpotongan himpunan fuzzy diatas maka akan dicari nilai keanggotaan

$$\mu_D = (2000 - 1200) / (2000 - 1000) = 0.8$$

$$\mu_S = (1200 - 1000) / (2000 - 1000) = 0.2$$

Sekarang cari nilai untuk setiap aturan, dengan menggunakan metode min – max

$$\begin{aligned} [1] \text{ IF sudut} = L \text{ dan jarak} = D \quad \text{THEN } z_1 &= 30 \\ &= \min(\mu_L, \mu_D) \\ &= \min(0.833, 0.8) \\ &= 0.8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [2] \text{ IF sudut} = LL \text{ dan jarak} = D \quad \text{THEN } z_2 &= 20 \\ &= \min(\mu_{LL}, \mu_D) \\ &= \min(0.166, 0.8) \\ &= 0.166 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [3] \text{ IF sudut} = L \text{ dan jarak} = S \quad \text{THEN } z_3 &= 20 \\ &= \min(\mu_L, \mu_S) \\ &= \min(0.833, 0.2) \\ &= 0.2 \end{aligned}$$

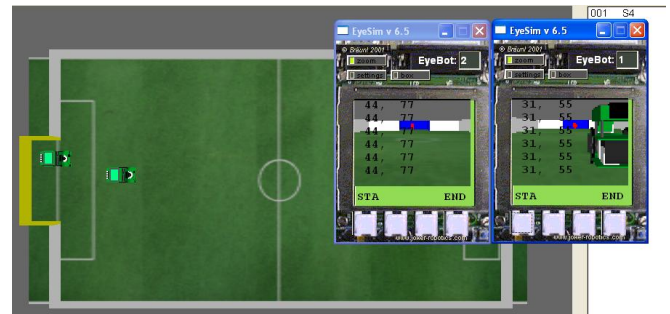
$$\begin{aligned} [4] \text{ IF sudut} = LL \text{ dan jarak} = S \quad \text{THEN } z_4 &= 10 \\ &= \min(\mu_{LL}, \mu_S) \\ &= \min(0.166, 0.2) \\ &= 0.166 \end{aligned}$$

Selanjutnya dilakukan proses defuzzyfikasi untuk mencari output fuzzy

$$z = \frac{[1] * z_1 + [2] * z_2 + [3] * z_3 + [4] * z_4}{[1] + [2] + [3] + [4]}$$

$$z = \frac{0.8 * 30 + 0.166 * 20 + 0.2 * 20 + 0.166 * 10}{0.8 + 0.166 + 0.2 + 0.166} = \frac{32.98}{1.332} = 24.759$$

4.4. Pengujian Komunikasi



Gambar 12 Hasil Pengujian Komunikasi

Prinsip dasar dari pengiriman data menggunakan pada eyesim adalah masing-masing robot mempunyai id yang berbeda, inialisasi id pada Eyesim adalah `myId = OSMachineID()`; sehingga id yang diperoleh merupakan pemberian dari program secara otomatis. Untuk membedakan id antara satu robot dengan yang lain digunakan fungsi switch

```
switch(myId)
{
    case 1 : nextId = 2; break;
    case 2 : nextId = 1; break;
    default: LCDPutString("Set ID 1 or 2\n"); return 1;
}
```

Fungsi dari wireless menggunakan data yang dengan tipe BYTE dengan array, untuk memulai pengiriman digunakan fungsi

```
RADIOSEND(nextId, 2, mes);
```

fungsi ini akan mengirimkan data mes dengan panjang dari pesan adalah 2 ke id yang dituju. Sedangkan untuk menerima digunakan fungsi

```
RADIORECV(&fromId, &len, mes);
```

Untuk penulisan array message dapat menggunakan perintah berikut

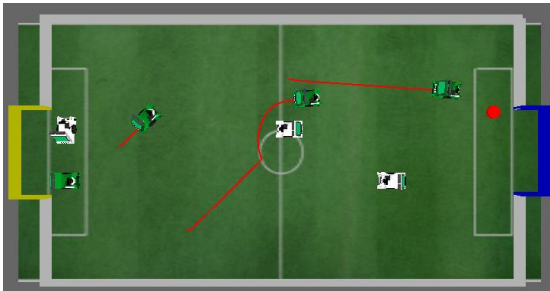
```
mes[0]=isi;
mes[1]=tes;
```

5. Kesimpulan

4.5. Pengujian Penentuan Peran dengan Logika Fuzzy

Penentuan strategi dilakukan dengan mengirim informasi yang didapat masing-masing robot kepada rekan satu tim, strategi terjadi jika minimal satu robot mengetahui posisi bola, selanjutnya informasi akan dikirim melalui fasilitas radio.

Informasi yang dikirim adalah posisi x dan y bola dan juga output dari fuzzy yang telah dihitung pada masing-masing robot. Output fuzzy selanjutnya akan dibandingkan, robot yang memiliki nilai tertinggi akan menjadi penyerang, nilai terendah menjadi pemain bertahan, dan nilai tengah akan menjadi pemain tengah.



Gambar 13 Posisi Akhir

Data yang didapat :

Bola	x: 2800 y:1000
Halangan 1	x: 1600 y: 900
Halangan 2	x: 300 y: 900
Halangan 3	x: 2200 y: 600
Fuzzy robot1	89.06 posisi : striker
Fuzzy robot2	68.89 posisi : defend
Fuzzy robot3	69.71 posisi : mfilter

Dari percobaan dapat diketahui bahwa hasil perhitungan menggunakan fuzzy menghasilkan bobot yang berbeda antara setiap robot, karena memiliki nilai terbesar maka robot 1 akan menjadi penyerang, robot 2 dengan jarak terjauh menjadi pemain belakang, sedangkan robot 3 akan menjadi pemain pendukung. Kiper tetap robot 4

Dari 10 kali percobaan yang dilakukan, terdapat 9 kali percobaan yang menghasilkan data posisi yang benar, dan 1 kali error. Hal ini dapat terjadi karena robot memiliki jarak yang berdekatan sehingga output fuzzy masing-masing robot mempunyai perbedaan yang kecil, saat dilakukan *sharing* informasi untuk melakukan penentuan strategi data menjadi rancu antara 1 robot dengan robot yang lain

1. Penelitian memberikan kontribusi untuk perkembangan robot soccer dalam penentuan strategi tim menggunakan logika *fuzzy*
2. Perhitungan jarak menggunakan sensor kamera memiliki error sebesar 15.072%, sedangkan menggunakan sensor PSD error didapatkan sebesar 3.42%, sehingga dalam penelitian akan dioptimalkan penggunaan PSD sensor
3. Penggunaan metode *fuzzy* sebagai penentuan strategi bekerjasama memiliki kelemahan saat jarak antara dua robot terlalu dekat menimbulkan kerancuan posisi, karena pengeksekusian gerak robot menunggu pengiriman informasi melalui radio dari robot lain.
4. Dari 10 kali percobaan ketepatan penentuan strategi adalah 90%

Referensi

- [1] Thomas Bräunl. 2000. *The EyeSim Mobile Robot Simulator*. Computer Science Department of The University of Auckland CITR at Tamaki Campus.
- [2] Paul A. Vallejos, Javier Ruiz-del-Solar, Alan Duvost. *Cooperative Strategy using Dynamic Role Assignment and Potential Fields Path Planning*.
- [3] Jong-Hwan Kim, Prahlad Vadakkepat. *Multi-Agent Systems: A Survey From The Robot-Soccer Perspectiv*. Department of Electrical Engineering Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) 373-1 Kusong-dong, Yusong-gu, Taejon 305-701, Republic of Korea
- [4] Andreas Koestler, Thomas Bräunl. *Mobile Robot Simulation with Realistic Error Models*. The University of Western Australia, Perth
- [5] Alan K. Mackworth, *On Seeing Robots*. Department of Computer Science University of British Columbia Vancouver, B.C. Canada V6T 1W5
- [6] Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, *Aplikasi logika Fuzzy untuk pendukung keputusan*, Yogyakarta. Graha Ilmu, 2004