

PENGEMBANGAN SIMULATOR PERMAINAN FUTSAL BERBASIS SISTEM MULTI AGEN

Devi Apriliani Siman¹, Cecilia E. Nugraheni²

Jurusan Teknik Informatika^{1, 2}

Universitas Katolik Parahyangan Jl. Ciumbuleuit 94 Bandung – 40141

7314025@student.unpar.ac.id¹, cheni@unpar.ac.id²

Abstrak

Futsal merupakan salah satu permainan atau olahraga yang populer dan sering dimainkan. Tujuan dari permainan ini ialah mencetak gol sebanyak-banyaknya ke gawang lawan, dan mencegah lawan agar tidak mencetak gol. Untuk mempermudah memahami strategi pada permainan futsal dapat digunakan simulator. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan simulator permainan futsal dengan konsep sistem multi agen. Sistem multi agen digunakan karena pada permainan futsal terdiri dari banyak pemain. Masing-masing pemain merepresentasikan sebuah agen yang mempunyai kendali terhadap aksi yang dilakukan. Simulator yang dikembangkan mampu menampilkan simulasi permainan futsal berdasarkan susunan formasi dan durasi waktu yang ditetapkan. Susunan formasi yang dapat dipilih pengguna yaitu formasi 2-2 dan formasi 1-3. Untuk setiap susunan formasi, dapat dilakukan pengaturan kecerdasan agen yang berbeda-beda. Lapangan disusun atas beberapa region. Pada tiap region memiliki nilai bobot yang akan bertambah jika terdapat pemain yang berada pada region tersebut. Koordinasi yang terjadi sesama pemain dilakukan dengan mencari bobot nilai region terkecil, yang menandakan region tersebut merupakan region yang terbaik. Pembuatan perangkat lunak menggunakan kakas *Greenfoot* yang menggunakan bahasa pemrograman Java. Dari hasil pengujian fungsional dapat disimpulkan bahwa simulator sudah berjalan dengan benar. Pada penelitian ini juga telah dilakukan sejumlah eksperimen untuk mengetahui pengaruh strategi (formasi dan radius sensor) yang diambil oleh suatu tim terhadap kinerja dari tim tersebut. Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil eksperimen adalah untuk mendapatkan peluang jumlah menang yang maksimal, tergantung dari radius sensor yang dimiliki oleh agen. Semakin besar radius sensor, maka semakin besar pula persepsi agen.

Kata kunci :

sistem multi agen, futsal, simulator, *Greenfoot*

Abstract

Futsal is one of the most popular and often played games or sports. The aim of the game is to score as many goals as possible to the opponent's goal, and prevent the opponent from scoring goals. To make it easier to understand the strategy in futsal games, simulators can be used. This study aims to develop a futsal game simulator with the concept of a multi agent system. Multi agent system is used because the futsal game consists of many players. Each player represents an agent who has control over the action taken. The simulator is able to display futsal game simulations based on the setting of the formation and the duration of time. There are two formations that can be selected by the user is a 2-2 formation and 1-3 formation. For each formation, different agent intelligence settings can be made. The simulator is developed by using Greenfoot software that uses the Java programming language. From the results of functional testing it can be concluded that the simulator is running correctly. In this study a number of experiments have also been conducted to determine the effect of the strategy (formation and sensor radius) taken by a team on the performance of the team. The conclusion that can be drawn from the experimental results is to get the maximum number of winning opportunities, depending on the sensor radius owned by the agent. The greater the sensor radius, the greater the agent's perception.

Keywords:

Multi agent system, futsal, simulator

I. PENDAHULUAN

Di Indonesia terdapat banyak permainan yang digemari, baik oleh kaum remaja maupun dewasa. Salah satunya ialah permainan mengenai olahraga. Futsal merupakan salah satu olahraga yang sangat populer dan menjadi favorit. Futsal adalah jenis permainan sepak bola yang biasa dimainkan dalam ruangan. Permainan futsal terdiri dari dua tim, masing-masing terdiri dari 5 anggota. Tujuan dari permainan ini adalah mencetak gol sebanyak-banyaknya ke gawang lawan dengan batasan waktu yang sudah ditentukan.

Simulator adalah sebuah sistem perangkat lunak dan/atau perangkat keras yang dapat digunakan sebagai sarana untuk mempelajari cara kerja dari suatu sistem tertentu. Manfaat dibuatnya simulator futsal ialah untuk mendapatkan gambaran bagaimana cara kerja permainan tersebut. Selain itu, simulator juga digunakan untuk mengetahui strategi terbaik yang dapat digunakan. Jika ada susunan pemain atau strategi tiap tim yang diganti-ganti, maka pengguna dapat mengetahui perbedaan yang dihasilkan dari permainan tersebut.

Sistem multi agen merupakan sistem yang terdiri dari sejumlah agen yang saling berinteraksi satu dengan yang lain. Agen-agen memerlukan kemampuan untuk bekerja sama dan komunikasi agar dapat berinteraksi dengan baik.

Agen-agen nantinya dapat membuat keputusan sendiri dalam menentukan langkah selanjutnya yang akan dilakukan.

Sistem multi agen menjadi bahan penelitian yang diminati, karena keunikan cara bekerja agen-agen tersebut. Kalau biasanya komputer hanya bisa menjalankan tugas yang diberikan saja, namun agen dapat memutuskan sendiri langkah selanjutnya yang akan dijalankan. Seiring berkembangnya teknologi, semakin banyak peneliti yang menemukan kecerdasan buatan yang dapat berpikir layaknya manusia. Oleh karena itu, sistem multi agen menjadi ilmu yang populer untuk dipelajari. Namun, kekurangan dari menerapkan sistem multi agen ialah sulit untuk membuat agen yang memiliki kecerdasan tingkat tinggi.

Saat ini terdapat perkakas yang dapat membantu pembuatan perangkat lunak, khususnya yang mendukung perangkat lunak berbasis multi agen. Salah satu perkakas tersebut adalah *Greenfoot*. *Greenfoot* merupakan sebuah perkakas yang digunakan untuk mempelajari pemrograman berorientasi objek dengan bahasa pemrograman Java. Aplikasi *Greenfoot* bersifat visual dan interaktif sehingga membuat pembelajaran menjadi lebih mudah.

Rumusan masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana memodelkan simulator permainan futsal dengan konsep sistem multi agen dan bagaimana mengimplementasikan simulator permainan futsal dengan konsep sistem multi agen. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah menjawab rumusan masalah tersebut, yaitu memodelkan simulator permainan futsal dengan konsep sistem multi agen dan mengimplementasikan simulator permainan futsal dengan konsep sistem multi agen, khususnya dengan menggunakan perkakas *Greenfoot*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

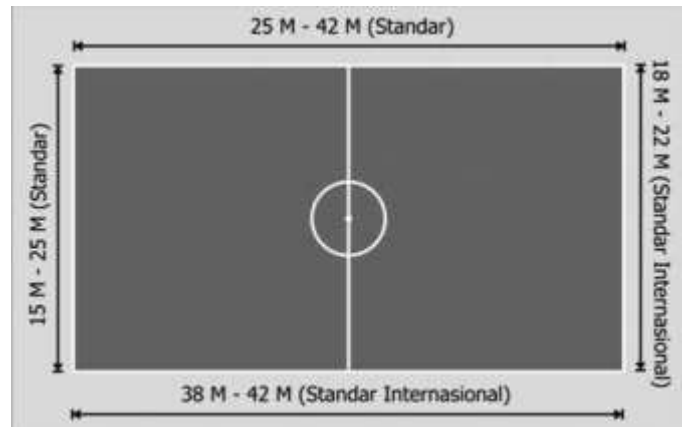
A. Futsal

Futsal pertama kali dipopulerkan pada tahun 1930 oleh Juan Carlos Ceriani, di Montevideo, Uruguay [1]. Awalnya pelatih kelahiran Argentina tersebut lelah menghadapi situasi hujan yang mengharuskan permainan untuk dibatalkan. Karena hal tersebut, ia membawa permainan ke dalam ruangan (*indoor*) untuk pertama kalinya.

Permainan ini cepat tersebar ke seluruh Amerika Selatan yang dikenal dengan '*futbol sala*' (sepak bola ruangan, atau sepak bola dalam ruangan) atau '*futebol de salao*' di Brasil. Kompetisi futsal internasional pertama dimulai pada tahun 1965. Brasil merupakan negara yang berhasil memenangkan kompetisi tersebut hingga enam kejuaraan berikutnya.

Pada tahun 1989, FIFA dengan resmi membawa permainan tersebut ke bawah naungannya dan menjadi sponsor FIFA *Futsal World Championship* pertama di Belanda. Dengan begitu, nama permainan tersebut resmi menjadi "futsal".

Ukuran lapangan futsal dapat berbeda-beda sesuai dengan standar di masing-masing negara. Berikut ialah contoh skema gambar lapangan futsal beserta ukurannya.



Gambar. 1 Ukuran Lapangan Futsal [2].

Bentuk lapangan futsal merupakan persegi panjang. Menurut FIFA.com[3], ukuran lapangan futsal nasional memiliki panjang 25m - 42m dan lebar 15m - 25m. Sedangkan ukuran lapangan futsal standar internasional memiliki ukuran panjang 38m-42m. Untuk ukuran lebar lapangan yaitu 18m-25m.

B. Sistem Multi Agen

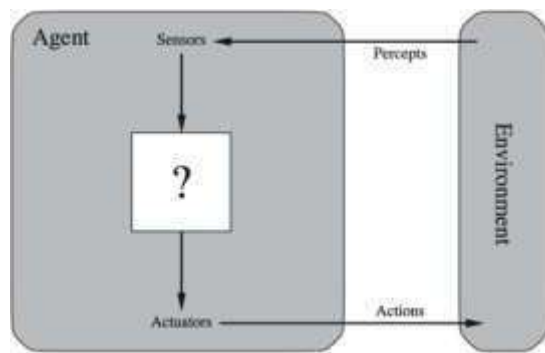
Menurut Russel dan Norvig [4], suatu agen merupakan sesuatu yang dapat memahami lingkungan melalui sensor dan melakukan tindakan terhadap lingkungan melalui aktuator.

Gambar 2 menunjukkan bagaimana cara agen bekerja. Untuk membuat suatu agen, diperlukan masukan berupa sensor, lalu agen akan melakukan sebuah aksi terhadap lingkungan dengan aktuator yang dimilikinya. Contohnya manusia mempunyai mata, telinga, dan organ lainnya sebagai sensor. Lalu tangan, kaki, dan lainnya sebagai aktuator. Aktuator merupakan peralatan yang dapat digunakan untuk menggerakkan atau mengontrol sebuah mekanisme/sistem.

Menurut Wooldridge dan Jennings [5], terdapat empat perilaku yang harus dimiliki oleh agen, yaitu:

- *Autonomy*
Autonomy artinya agen dapat memproses dan memutuskan suatu hal secara mandiri. Tindakan yang dilakukan didasarkan pada agen itu sendiri, tanpa dorongan dari lingkungan.
- *Proactiveness*
Agen yang proaktif berarti mampu menunjukkan perilaku yang mengarah pada tujuan agar tercapai.

- **Reactivity**
Menjadi agen yang reaktif berarti harus responsif terhadap perubahan lingkungan.
- **Social Ability**
Social ability merupakan kemampuan agen untuk dapat bekerja sama dan koordinasi aktivitas dengan agen lainnya untuk mencapai tujuan. Para agen diharapkan dapat berkomunikasi dengan agen lainnya tentang tujuan dan rencana mereka.



Gambar 2. Interaksi Agen dengan Lingkungan Melalui Sensor dan Aktuator [4]

C. Greenfoot

Greenfoot merupakan sebuah kaskas yang digunakan untuk membuat simulasi atau pun sebuah permainan. Proyek *Greenfoot* pertama kali dibuat oleh Michael Kolling pada 2003. Bahasa pemrograman yang didukung oleh kaskas ini ialah Java. *Greenfoot* mendukung pengembangan aplikasi grafis dua dimensi.

Model pemrograman *Greenfoot* terdiri dari kelas *World* (direpresentasikan oleh area dengan layar persegi) dan juga sejumlah objek *Actor* yang ada pada *World*. Aktor-aktor tersebut dapat diprogram untuk melakukan suatu tindakan. *Greenfoot* menawarkan berbagai metode untuk dapat dengan mudah memprogram aktor-aktor tersebut. Metode yang disediakan yaitu metode untuk gerakan, rotasi, deteksi tabrakan / *collision*, dll. [6]

III. ANALISIS DAN PERANCANGAN

Judul bab selanjutnya dapat disesuaikan dengan konten artikel, misalnya dapat berupa analisis dan perancangan, atau hasil analisis data, atau pengolahan data, dan seterusnya. Dalam beberapa kasus, dapat ditambahkan bab khusus seperti metode penelitian, metoda analisis atau sub bab lain sepanjang relevan dengan konten artikel.

A. Analisis Karakteristik Agen

Berdasarkan analisis yang dilakukan, pemain pada simulasi futsal dapat memenuhi kriteria agen, karena memiliki

kemampuan yang mencerminkan karakteristik dari agen, yaitu:

- **Autonomy**
Pemain yang dirancang dalam simulasi futsal memenuhi kriteria *autonomy*, karena pemain dapat melakukan tindakan berdasarkan keinginan sendiri. Dalam kasus permainan futsal, pemain dapat menggiring dan menendang bola. Pemain akan menggiring bola mengarah ke gawang lawan, supaya dapat mencetak skor. Lalu pemain akan mencoba menendang bola ke gawang lawan jika posisinya berada di dekat gawang lawan.
- **Proactiveness**
Pemain dapat dikatakan proaktif, karena mampu menunjukkan perilaku yang mengarah pada pencapaian tujuan, yaitu mencetak goal sebanyak-banyaknya ke gawang lawan. Pada kriteria ini, pemain bertahan dapat kembali menuju posisi awalnya jika sudah terlalu jauh dari gawang timnya. Ketika tim sedang tidak dalam keadaan menyerang, pemain bertahan akan tetap berada di posisi awalnya. Sedangkan jika sedang keadaan menyerang, pemain bertahan akan ikut membawa bola ke arah gawang lawan. Selain itu, perilaku pemain yang memenuhi kriteria proaktif ialah mencari nilai bobot region terkecil untuk mencari posisi terbaiknya. Region merupakan representasi dari lapangan permainan. Lapangan akan disusun atas banyak petak, setiap petak disebut sebagai region. Pemain yang sedang membawa bola akan mencari region yang memiliki nilai bobot terkecil, yang menandakan pemain lawan pada daerah tersebut berjumlah sedikit atau bahkan tidak ada. Agen yang proaktif berarti mampu menunjukkan perilaku yang mengarah pada tujuan agar tercapai.
- **Reactivity**
Perilaku pemain yang mencerminkan kriteria reaktif ialah saat kondisi bertahan. Pemain mampu responsif terhadap perubahan lingkungan. Ketika ada pemain lawan sedang membawa bola mendekat, maka pemain akan melakukan pertahanan dengan mencoba mengejar dan merebut bola tersebut. Seluruh pemain memiliki sensor radius jarak saat ada lawan yang mendekat, sebagai representasi dari persepsi yang dimilikinya. Ketika sensor menunjukkan ada lawan mendekat, maka pemain dapat bergerak menghindari lawan.
- **Social Ability**
Kriteria ini dapat dipenuhi oleh agen, karena agen mampu bekerja sama dan berkoordinasi dengan agen lainnya untuk mencapai tujuan. Pemain dapat melakukan passing atau mengoper bola ke teman satu timnya saat ada lawan yang mendekat. Tujuannya yaitu agar bola tidak direbut oleh pemain lawan. Pemain akan

mengoper bola ke teman satu tim yang memiliki bobot region yang paling baik. Nilai paling baik diperoleh dengan mencari bobot region yang mempunyai nilai paling rendah.

B. Peran Dan Formasi Agen

Peran pemain dalam setiap tim dibagi menjadi tiga jenis, yaitu pemain penyerang, pemain bertahan, dan penjaga gawang. Pemain penyerang berada pada formasi bagian depan, tugasnya ialah melakukan menyerang tim lawan dengan mencetak goal. Lalu ada pemain bertahan yang tugasnya ialah membuat pertahanan di daerah dekat gawang. Posisi pemain bertahan berada pada formasi bagian dalam di dekat penjaga gawang. Tugas dari penjaga gawang ialah menghalangi tendangan bola ke gawang dari tim lawan.

Formasi pada simulator futsal yang akan digunakan ialah formasi 2-2 dan formasi 1-3. Perbedaan dari kedua formasi tersebut ialah letak posisi pemain dan juga perannya. Untuk formasi 2-2, susunan pemain terdiri dari dua orang pemain penyerang, dua orang pemain bertahan, dan seorang penjaga gawang. Posisi pemain penyerang berada di depan, dan pemain bertahan di belakang. Sedangkan untuk formasi 1-3, susunan pemain terdiri dari seorang pemain penyerang, tiga orang pemain bertahan, dan seorang penjaga gawang.

Perilaku pemain penyerang akan cenderung membawa bola mengarah ke arah gawang lawan. Pemain penyerang juga harus dapat merebut bola dari lawan didekatnya. Untuk pemain bertahan akan cenderung berada disekitar gawang yang dijaga. Pemain bertahan mencegah tim lawan mencetak goal ke gawang timnya. Lalu untuk penjaga gawang atau kiper tugasnya hanya menjaga gawang agar tidak kebobolan oleh tim lawan. Posisi kiper berada pada area gawang saja.

C. Analisis Penggunaan Greenfoot

Layar pada *Greenfoot* akan seolah-olah dibagi menjadi kotak-kotak kecil yang tersusun seperti matriks. Setiap kotak menyatakan ukuran 1 piksel. Berbeda dengan sistem koordinat kartesius pada umumnya, titik koordinat (0,0) pada *Greenfoot* dimulai dari kiri pojok atas. Nilai x pada sistem koordinat membesar dari kiri ke kanan, sedangkan nilai y membesar dari atas ke bawah.

Nilai maksimum dari x dan y dapat berubah-ubah, tergantung dari resolusi layar. Resolusi layar dapat ditentukan pada kelas *World*. Ukuran default yang dibuat oleh *Greenfoot* yaitu 600x400. Hal tersebut menandakan bahwa ukuran layar dari kiri ke kanan sebesar 600 piksel, dan dari atas ke bawah sebesar 400 piksel.

Untuk sudut pandang penglihatan terhadap layar hanya dapat dari satu arah. Kamera pada simulator futsal dapat dilihat dari bagian atas. Sehingga pertandingan hanya dapat diamati dari atas lapangan saja.

Greenfoot juga menyediakan beberapa tombol pada bagian bawah layar yang berguna bagi pengguna, yaitu tombol *act*, *run*, dan *reset*. Penjelasan dari masing-masing tombol adalah sbb.:

- Tombol *act* menjalankan metode *act* dari semua aktor yang ada sebanyak satu kali. Fungsi dari tombol *act* yaitu untuk melihat perubahan yang terjadi pada lingkungan *world* dari setiap aksi yang dilakukan oleh aktor. Dengan begitu dapat diamati aksi-aksi yang terjadi secara detil.
- Tombol *run* menjalankan metode *act* secara berulang kali untuk semua aktor. Dengan pemanggilan *act* berulang-ulang, maka skenario akan terlihat seperti menjalankan sebuah simulasi. Setelah tombol *run* dijalankan, tombol tersebut akan berubah menjadi tombol *pause*. Tombol *pause* berfungsi untuk menghentikan sementara skenario yang berlangsung. Setelah *pause*, dapat dilanjutkan *run* skenario selanjutnya.
- Tombol *reset* mengembalikan seluruh skenario ke susunan awal. Semua aktor akan kembali ke posisi awal saat disusun.

D. Deskripsi Umum Perangkat Lunak

Perangkat lunak akan menerima dua buah masukan dari pengguna. Masukan pertama berupa lama durasi pertandingan yang dapat diketik dalam sebuah *text field*. Masukan lama durasi pertandingan tersebut dalam satuan menit. Lama durasi yang dapat dimasukkan pengguna berupa angka, berkisar antara 1 sampai dengan 60 menit. Setelah memasukkan durasi, pengguna dapat memilih masukan kedua.

Masukan berikutnya yaitu berupa susunan atau formasi awal pemain untuk setiap tim. Pengguna dapat memilih susunan formasi pemain untuk tiap tim dalam bentuk *drop-down list*. Pilihan formasi terdiri dari dua jenis pilihan, yaitu formasi 2-2 atau formasi 1-3. Setelah pengguna memilih formasi untuk kedua tim, pengguna akan menekan tombol start yang menandakan bahwa simulasi akan segera dimulai.

Ketika simulasi sedang berlangsung, pengguna tidak dapat mengubah-ubah jalannya pertandingan. Pengguna hanya bisa mengamati pertandingan yang berlangsung. Tetapi pengguna juga dapat menekan tombol yang disediakan oleh *Greenfoot*, yaitu *pause* agar permainan berhenti sementara atau *reset* agar permainan kembali ke paling awal saat pertandingan pertama kali dimulai. Selain itu, *Greenfoot* juga menyediakan penggaris kecepatan yang dapat digeser-geser oleh pengguna. Fungsinya yaitu untuk mempercepat atau memperlambat skenario yang sedang berjalan.

Selain itu, terdapat papan skor di bagian atas yang menampilkan skor tiap tim, dan sisa waktu pertandingan. Lalu terdapat teks yang akan muncul di bagian tengah lapangan, jika terjadi goal. Yang akan menentukan terjadinya sebuah *goal* atau tidak ialah kiper. Visual gambar simulasi dapat

dilihat hanya dari atas lapangan, jadi bisa saja bola berhasil melewati atas kepala atau bawah kaki kiper. Hal tersebut tentunya dianggap menambah skor. Jadi pada kiper, dibuat sebuah persentase peluang yang menentukan goal atau tidak ketika ada bola yang menyentuh gawang. Jika bola berhasil memasuki gawang berarti menandakan terjadinya goal, namun jika bola berhasil ditangkap oleh kiper berarti tidak terjadi goal.

Setelah waktu pertandingan habis, simulasi akan berhenti. Dengan begitu menandakan bahwa permainan telah selesai. Setelah simulasi berakhir, perangkat lunak akan mengembalikan tampilan utama untuk memulai kembali simulasi.

E. Diagram Use Case

Diagram *Use Case* dari perangkat lunak yang dibangun diberikan pada Gambar. 3.

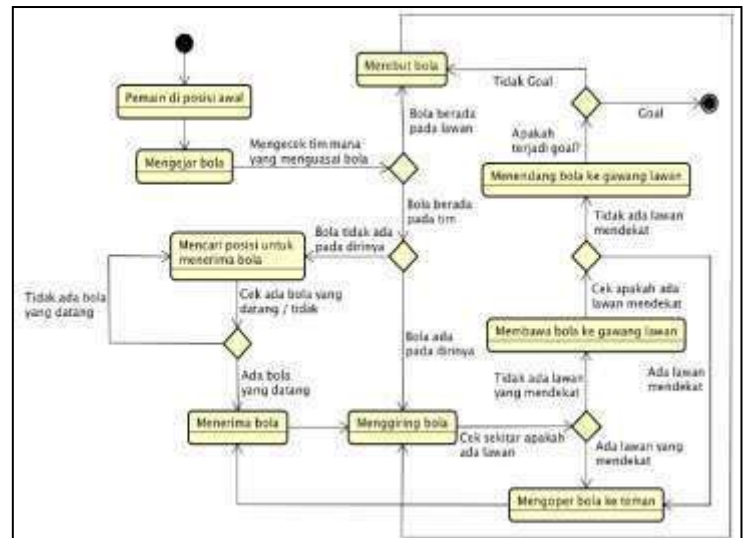


Gambar 3. Diagram Use Case.

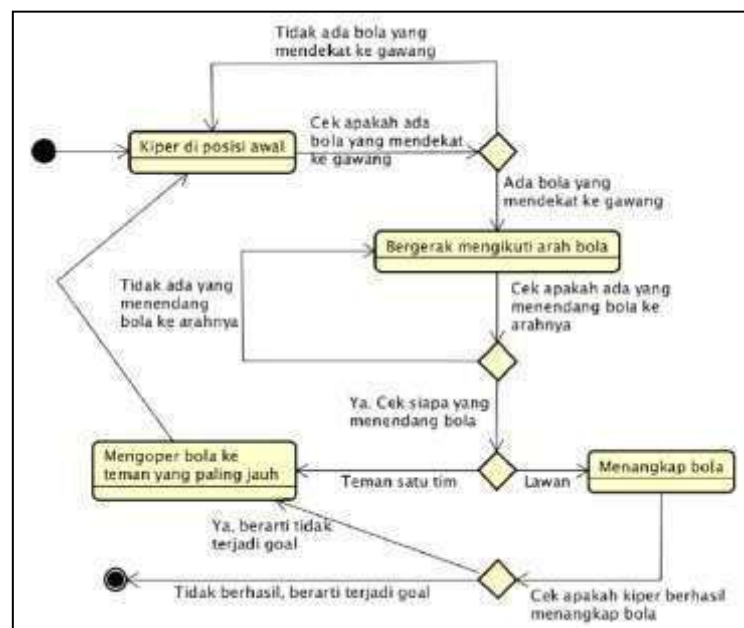
Tampak pada Gbr 3 ada empat aksi yang dapat dilakukan oleh pengguna yaitu memasukkan lama durasi, memilih susunan formasi tim kiri dan kanan, dan menjalankan simulasi.

F. State Diagram

Untuk mendeskripsikan perilaku dari pemain pemain lapangan dan penjaga gawang digunakan *state diagram*. Masing-masing diagram diberikan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. State Diagram untuk Pemain Lapangan.



Gambar 5. State Diagram untuk Penjaga Gawang.

G. Rancangan Antar Muka

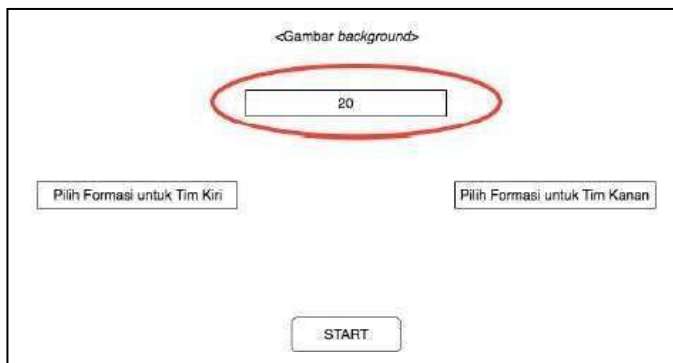
Beberapa rancangan antarmukan dari simulator diberikan pada Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8.



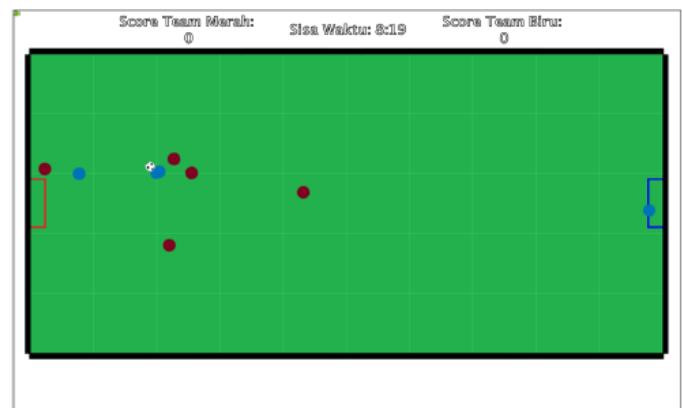
Gambar 6. Rancangan Tampilan Awal.



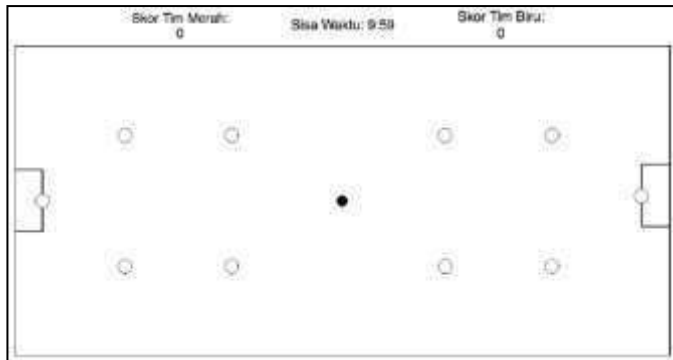
Gambar 9. Contoh Tampilan Memasukkan Durasi.



Gambar 7. Rancangan Memasukkan Durasi.



Gambar 10. Contoh Tampilan Pada Saat Simulasi Berjalan.



Gambar 8. Rancangan Awal Simulasi.

IV. IMPLEMENTASI

Berdasarkan hasil analisis dan perancangan yang telah dilakukan, dikembangkan perangkat lunak simulator futsal berbasis system multi agen. Beberapa tampilan simulator diberikan pada Gambar 9 dan Gambar 10.

Pengujian fungsional telah dilakukan dan dapat disimpulkan bahwa perangkat lunak sudah berjalan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Selain itu telah dilakukan pula eksperimen untuk mengetahui pengaruh susunan formasi dan jarak pandang.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang dilakukan yaitu:

- Simulator permainan futsal dapat diimplementasikan menggunakan *Greenfoot*. Tampilan yang dihasilkan dalam bentuk 2 dimensi, dan hanya dapat dilihat dari sudut pandang atas lapangan saja.
- Simulator permainan futsal berhasil dimodelkan dan diimplementasikan dengan konsep sistem multi agen. Pemain sebagai agen mampu memenuhi karakteristik perilaku yang harus dimiliki oleh agen.
- Berdasarkan pengujian eksperimen, susunan formasi 1-3 dan jarak pandang yang semakin besar dapat meningkatkan peluang jumlah menang suatu tim. Susunan formasi yang sama atau berbeda untuk kedua tim pada setiap pertandingan tidak mempengaruhi peluang hasil menang. Lalu jika kedua tim menggunakan formasi 2-2, memunculkan peluang

untuk hasil yang imbang atau seri lebih besar dibandingkan formasi lainnya.

Untuk penelitian lebih lanjut, simulator ini akan dikembangkan dengan menambahkan aspek-aspek lain dari sistem multi agen yang belum ditangani pada penelitian ini, khususnya adalah masalah komunikasi antar agen.

REFERENSI

- [1] FIFA.com (2004) For a rainy day: A brief history of futsal. <http://www.fifa.com/futsalworldcup/news/y=2004/m=9/news=for-rainy-day-brief-history-futsal-94243.html>. 14 September 2017.
- [2] <http://rahmanhadi19.blogspot.co.id/2013/04/berapa-sih-ukuran-lapangan-futsal.html>
- [3] FIFA.com (2008) Futsal Laws of The Game. https://web.archive.org/web/20080109072832/http://www.fifa.com/flaws_h/lotg/futsal/en/pitch_en.htm . 2 Februari 2018.
- [4] Russell, S. dan Norvig, P. (2009) Artificial Intelligence: A Modern Approach, 3rd edition. Prentice Hall Press, Upper Saddle River, NJ, USA.
- [5] Wooldridge, M. dan Jennings, N. R. (1995) Intelligent Agents: Theory and Practice. The Knowledge Engineering Review.
- [6] Kolling, M. (2010) Introduction to Programming with Greenfoot. Prentice Hall, New Delhi.