

ALGORITMA STRATEGI UNTUK MENGHINDARI RINTANGAN PADA ROBOT SEPAK BOLA

Awang Hendrianto Pratomo^{1,2}, Mohd. Shanudin Zakaria¹, Anton Satria Prabuwono¹,
Khairuddin Omar¹, dan Siti Norul Huda Sheikh Abdullah¹

^[1]Center for Artificial Intelligence Technology, Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi Selangor, MALAYSIA

^[2]Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Jl. Babarsari No. 2, Tambakbayan, Yogyakarta, Indonesia
e-mail : awang.upn@gmail.com, (msz, antonsatria, ko, mimi)@ftsm.ukm.my

Abstrak

Robot sepak bola merupakan domain yang menarik untuk di kaji pada bidang robot otonom oleh para peneliti dan mahasiswa. Namun demikian untuk pengembangan (penulisan program, pengujian, dan debugging) robot dalam domain tersebut merupakan tugas yang tidak mudah. Makalah ini berkonsentrasi pada pengembangan posisi dan algoritma untuk menghindari rintangan pada robot sepak bola. Pada tahapan ini dikembangkan strategi dalam robot sepak bola seperti pergerakan dasar, tendangan ke arah gawang, dan pergerakan penjaga gawang. Formulasi yang digunakan untuk memposisikan dan menghindari rintangan pada robot sepak bola didasarkan pada pendekatan matematik. Formula ini dipergunakan untuk memastikan bahwa gerakan robot adalah tepat dan sesuai pada sasaran. Kecepatan pergerakan robot dihitung untuk mengatur ketepatan robot dalam menghindari rintangan yang ada. Teori mengenai pengaturan posisi dan koordinat robot (x,y) digunakan untuk menemukan rintangan dan menghindarinya. Penelitian ini mempergunakan simulasi dan pengujian untuk mengevaluasi penerapan algoritma yang dibuat. Fungsi untuk menendang, pergerakan obyek, dan menghindari rintangan telah berhasil dilaksanakan. Hasil yang didapatkan dapat dipergunakan sebagai bagian strategi dalam kompetisi robot sepak bola secara keseluruhan.

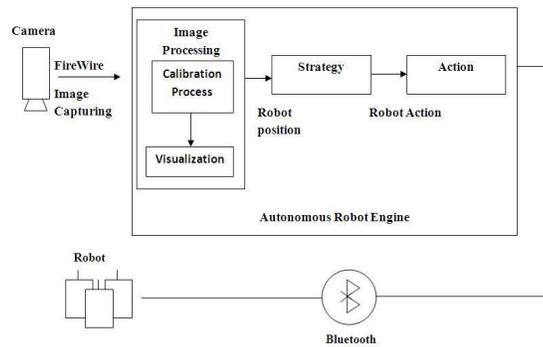
Kata kunci : Robot Sepak Bola, Obstacle Avoidance, Robot Strategy, AI

1. PENDAHULUAN

Gagasan robot sepak bola pertama kali lahir pada tahun 1995 di Korea Advanced Institute of Science and Technology (Chhabra et al., 2004). Robot sepak bola merupakan salah satu area penelitian yang menarik dalam sistem robot otonom. Robot sepak bola adalah pertandingan lima melawan lima dalam kompetisi robot sepak bola kecil yang secara keseluruhan merupakan robot otonom. Robot otonom mempunyai kemampuan untuk bergerak dan beradaptasi dengan lingkungan sekitar tanpa memerlukan campur tangan manusia. Robot harus mampu bekerja sama dengan robot-robot lain untuk mencapai satu tujuan yaitu memenangkan pertandingan sepak bola. Dalam pertandingan sepak bola robot, pergerakan dan strategi yang digunakan lawan tidak sepenuhnya dapat diprediksi dengan tepat. Karena adanya unsur persaingan dalam permainan tersebut maka diperlukan suatu tindakan yang bijaksana dan cepat. Untuk itu diperlukan pola permainan yang menarik sehingga pergerakan yang dilakukan oleh robot-robot tersebut tidaklah monoton. Kolaborasi dan kerja sama diantara robot-robot tersebut sangat penting dalam kompetisi. Oleh karena itu diperlukan riset-riset yang mendukung agar dapat memberikan suguhan permainan sepak bola robot yang menyerupai dengan pertandingan sepak bola yang sesungguhnya. Namun, untuk menjaga permainan robot sepak bola yang mendekati permainan sepak bola yang sebenarnya tidaklah mudah. Aturan-aturan permainan yang digunakan dalam sepak bola manusia juga dipergunakan dalam sepak bola robot. Untuk mencapai tujuan tim robot sepak bola yang otonom, berbagai teknologi harus dimasukkan seperti mengontrol pergerakan robot yang sesuai dengan tujuan yang akan dicapai, sistem terdistribusi, visi komputer, pembelajaran mesin, sistem komunikasi, gabungan data sensor, penentuan lokasi dan strategi tim. Guna mencapai hasil yang optimal diperlukan penelitian pada tingkat yang berbeda dan mengikuti berbagai liga yang berbeda (Groen and Vlassis, 2002).

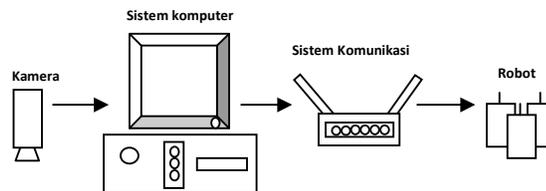
Robot sepak bola adalah pertandingan sepak bola yang dilakukan oleh robot-robot yang berukuran kecil dan dimainkan pada lapangan berukuran meja tenis-meja. Setiap tim terdiri dari lima robot. Sebuah kamera diletakkan diatas lapangan yang dipergunakan untuk menangkap citra lengkap dalam permainan robot sepak bola. Kamera tersebut mengirimkan data kepada komputer dari tim-tim (tim sendiri dan tim lawan) yang berada di lapangan. Dari model citra yang diperoleh dilakukan transformasi dari koordinat dunia ke dalam sistem koordinat komputer. Identitas robot dibuat dengan mempergunakan kode warna yang berbeda untuk bola dan warna-warna yang berbeda untuk masing-masing robot. Kajian ini mempergunakan bola golf warna oranye sebagai obyek bola. Model robot menentukan posisi dan lokasi yang sebenarnya dari model dunia yang di transformasikan kedalam sistem komputer untuk menentukan tindakan yang harus dilakukan oleh robot.

Permainan robot sepak bola biasanya sangat cepat dan kacau dikarenakan respon maupun pergerakan robot-robot tersebut.



Gambar 1: Blok diagram sistem pada sepak bola robot (Pratomo, 2010)

Terdapat lima subsistem utama dalam sistem robot sepak bola. Gambar 1 menunjukkan blok diagram sistem robot sepak bola tingkat tinggi. 1) Sistem visi mengambil data posisi robot dan rintangan-rintangan maupun obyek-obyek lain yang ada diperekitarannya. 2) Sistem strategi memutuskan robot mana yang harus bergerak dan menyelesaikan permasalahan yang terjadi serta memilih solusi yang terbaik guna memenangkan pertandingan robot sepak bola. 3) Sistem komunikasi mengirimkan perintah dari CPU kepada robot, dalam hal ini menggunakan Bluetooth sebagai media komunikasinya. 4) Sistem kontrol *on-board* memproses data yang diterima dari sistem komunikasi serta mengeksekusi perintah-perintah yang diperlukan. 5) Sistem Robot mengendalikan unsur mekanik pada robot yaitu pergerakan motor robot untuk menentukan pergerakan yang diperlukan (Novak, 2002).



Gambar 2: Konfigurasi Sistem (Pratomo, 2010)

Konfigurasi sistem pada robot sepak bola terlihat pada gambar 2. Bagian pertama sistem ini adalah sistem visi. Sistem Visi menggunakan kamera yang terpasang 2,8 m di atas lapangan. Kamera dipergunakan untuk mengambil citra dari lapangan dan kemudian dikirimkan ke sistem komputer. Data yang diambil digunakan untuk memisahkan warna dan menentukan gumpalan warna dari citra yang diambil. Selain itu sistem visi dipergunakan untuk mengidentifikasi dan menentukan robot-robot yang berbeda serta orientasi masing-masing individu robot tersebut. Sistem visi mengambil citra secara waktu nyata dari kamera *overhead* dan kemudian memproses citra untuk menentukan posisi dan orientasi dari obyek-obyek yang berada di lapangan. Tugas ini besar dan berat sehingga diperlukan prosesor yang mampu bekerja secara intensif. Kajian ini harus dioptimalkan untuk memanfaatkan kemampuan prosesor dalam menyelesaikan tugas dengan baik tanpa adanya informasi yang hilang.

Sistem strategi mengikuti setiap pergerakan robot sehingga strategi yang dipilih atau yang dipakai sangat berpengaruh terhadap setiap posisi robot dan rintangan yang terjadi saat di lapangan. Sistem komputer menerima data dari sistem visi guna menentukan jenis strategi yang harus dipilih. Tujuannya adalah menyediakan fungsi strategis ke robot dan menciptakan pola permainan serta pergerakan yang berbeda untuk menyelesaikan setiap skenario yang terjadi selama pertandingan robot sepak bola dan memperoleh kemenangan (Novak, 2002).

Sistem komunikasi dan sistem kontrol *on-board* menerima data dari sistem strategi menggunakan media komunikasi nirkabel (Bluetooth) dari komputer ke robot. Subsistem ini memproses nilai-nilai yang diberikan dari sistem strategi untuk menentukan jarak, arah, dan orientasi sudut pergerakan robot. Sistem ini memperoleh data dari sistem visi, kemudian melalui sistem strategi, dan akhirnya melalui sistem komunikasi untuk para robot dalam melakukan pergerakan yang tepat. Data tersebut diperbaharui secara terus-menerus melalui sistem visi

waktu nyata dan sistem strategi memilih strategi yang tepat sehingga sistem komunikasi dapat memperbarui setiap gerakan secara efektif. Robot melaksanakan instruksi seperti berhenti, bergerak maju maupun mundur, dan memutar, serta posisi robot yang dideteksi menggunakan kamera. Sistem mekanisme robot akan mengontrol setiap pergerakan robot dalam menyelesaikan tugas (Novak, 2002).

Rancangan awal pembuatan strategi robot sepak bola adalah gerakan individu dari masing-masing robot untuk menghindari rintangan yang ada tanpa tabrakan. Robot menggunakan sensor visi yang ditangkap dari kamera dan robot dapat bergerak sendiri seperti yang diinginkan. Robot menghasilkan parameter kecepatan untuk memindahkan dirinya dari titik awal ke titik sasaran tanpa menabrak obyek-obyek lain yang ada disekitarnya. Pada setiap langkah diperlukan data input yang diperoleh secara waktu nyata dari sistem visi, kemudian robot menghasilkan referensi linear sudut arah pergerakan dan kecepatan untuk menuju ke titik sasaran. Untuk menghasilkan referensi sudut pergerakan dan kecepatan robot mengambil input data yang meliputi jarak serta sudut antara hambatan, tujuan pergerakan dan tempat-tempat kosong disekitar robot tersebut. Robot mengambil nilai-nilai sebagai berikut : 1) jarak menuju ke tujuan 2) jarak menuju halangan terdekat 3) sudut antara orientasi robot saat ini dan arah menuju ke sasaran 4) sudut antara orientasi robot saat ini dan arah ke rintangan terdekat (Kim et al., 2007). Penelitian ini berkonsentrasi pada pengembangan strategi dasar dalam robot sepak bola termasuk bagaimana robot menghindari rintangan yang ada di sekitarnya.

2. ANALISIS KEBUTUHAN, METODA, DAN ALGORITMA

Peralatan yang diperlukan dalam robot sepak bola yaitu: robot otonomi, kamera, komputer, dan titik akses Bluetooth. *Mobile robot*, memiliki kamera untuk mendapatkan citra obyek disekitar robot tersebut dan membuat sketsa pada lingkungan robot. Data citra didapatkan dari modul pengolahan citra yang harus mendeteksi obyek-obyek yang ada menggunakan algoritma yang telah ditentukan. Kemudian obyek-obyek tersebut dianalisis dan direkonstruksi. Setelah itu informasi yang telah didapatkan diekstrak dan ditafsirkan. Hal ini diperlukan untuk mentransformasikan koordinat dunia ke dalam koordinat kamera. Koordinat dunia merupakan representasi posisi yang sesungguhnya dari obyek-obyek yang nyata. Koordinat kamera merupakan representasi dari obyek nyata yang berada di dalam kamera kemudian dapat diproses dan dianalisa oleh komputer. Sistem koordinat dunia tiga-dimensi tidak tergantung pada posisi sebenarnya dari robot dalam koordinat kamera. Sebagai contoh, titik asal dari robot mulai bergerak serta arah pergerakan dari robot tersebut untuk mengeksplorasi daerah sekitarnya (Krylov, 2006).

Sistem koordinat kamera tiga-dimensi ditentukan oleh titik fokus kamera. Ketika koordinat obyek sebenarnya dikenal dalam sistem koordinat kamera, dimungkinkan untuk mendapatkan koordinat nyata. Setelah rekonstruksi obyek tiga dimensi selesai, langkah selanjutnya adalah memeriksa dan mengumpulkan data untuk menentukan peta navigasi. Hal ini dapat dikatakan sebagai peta kedudukan bangunan. Penentuan koordinat tiga dimensi dapat menggunakan teknik dua kamera. Setidaknya terdapat dua citra dari posisi yang berbeda. Dalam teknik dua kamera untuk dapat mendeteksi posisi dari obyek yang sebenarnya piksel citra yang mewakili obyek yang sebenarnya harus terdeteksi di kedua kamera. Triangulasi stereo memanfaatkan realitas geometri obyek untuk menentukan jarak dari titik obyek dan dari titik fokus (Baharin, 2009). Selain itu, data teknis kamera harus dipertimbangkan untuk mendapatkan estimasi kedalaman obyek yang diambil. Dalam penelitian ini, kami tidak menggunakan teknik dua kamera.

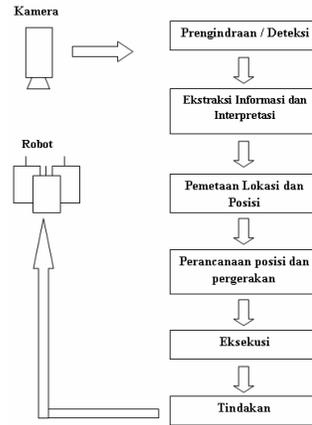
Arsitektur dan skema control robot sepak bola ditunjukkan pada gambar 3. Perangkat sistem visi mendeteksi setiap tepi mulai dari titik awal hingga titik akhir setiap citra yang diambil akan diwakili oleh titik. Koordinat setiap titik yang dihasilkan akan merepresentasikan titik pada obyek yang sebenarnya kedalam kamera. Langkah selanjutnya adalah perencanaan jalur dan pengetahuan posisi robot. Setelah robot mendeteksi semua koordinat, dengan menggunakan informasi yang telah didapatkan sebelumnya, selanjutnya robot akan menentukan arah pergerakan yang harus dilakukan oleh robot tersebut. Pada tahapan ini robot akan menggunakan algoritma yang telah ditetapkan dan kemudian memilih solusi yang terbaik dalam melaksanakan gerakan. Setelah itu, orientasi dari pergerakan robot tersebut akan dikirim ke robot melalui jalur komunikasi Bluetooth untuk menginstruksikan robot dalam gerakan yang sesungguhnya.

Memahami konsep dasar pergerakan robot merupakan hal yang paling penting dalam merancang pergerakan robot secara keseluruhan. Sebagian besar aplikasi pada robot berotonomi diperlukan rumus matematika untuk memastikan bahwa pergerakan robot adalah tepat. Kecepatan robot dihitung untuk mengatur pergerakan dan arah robot. Hal ini terkait dengan sudut kesalahan dari arah pergerakan robot itu sendiri (Kim et al., 2007). Ini tergantung pada proporsional gain (K_p), dimana proporsional gain mengacu pada terciptanya sinyal koreksi yang akan sebanding dengan kesalahan yang ditimbulkan. Dengan cara ini, kita dapat mengetahui derajat balik yang juga meliputi ukuran jarak terhadap semua arah pergerakan robot. Rumus yang dipergunakan untuk menghitung kecepatan adalah sebagai berikut:

$$V_L = K_p \cdot d_c - K_a \cdot \theta_c \quad [1]$$

$$V_R = K_p \cdot d_c - K_a \cdot \theta_c \quad [2]$$

Dimana K_p merupakan *gain* proporsional.



Gambar 3. Arsitektur dan skema kontrol robot sepak bola (Pratomo, 2010)

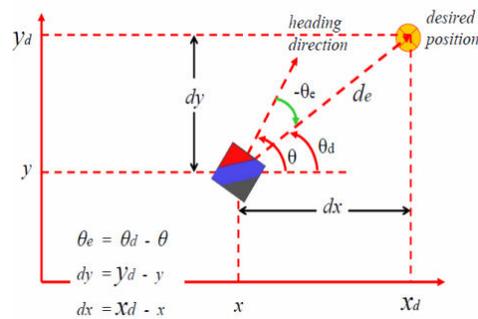
K_p ditentukan dalam berbagai sudut kesalahan yang berbeda. Hal ini disebabkan adanya hubungan antara kesalahan dan sudut kecepatan. Jika K_p kecil dipergunakan untuk sudut kesalahan besar begitu juga untuk sudut kesalahan yang kecil, nilai-nilai kecepatan yang dikirimkan kepada robot lebih kecil daripada nilai-nilai yang diperlukan.

3. ALGORITMA

Dasar untuk membuat banyak fungsi dalam robot sepak bola adalah keterampilan robot untuk bergerak kedalam berbagai posisi atau memposisikan robot kedalam berbagai arah (Jolly et al., 2009; Siegwart and Nourbakhsh, 2004). Pada saat robot tidak mempertimbangkan rintangan maupun obyek-obyek lain. Dalam kasus ini, kita menerapkan teori posisi seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Ini sangat terkait dengan sudut kesalahan. Hal ini mencakup koordinat robot (x, y). Teori yang dipergunakan dalam aplikasi ini sama dengan teori untuk menghitung jarak suatu obyek dalam bentuk segitiga (Baharin, 2009).

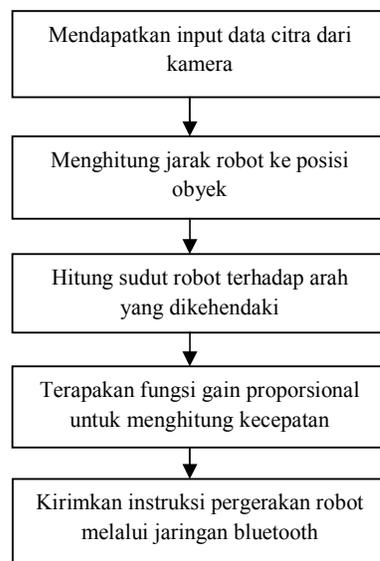
Gambar 4 menunjukkan hubungan antara jarak sudut kesalahan dan kecepatan dalam pergerakan robot. Dalam hal ini, hubungan tersebut diatas tergantung pada *gain* proporsional. Jika *gain* proporsional lebih kecil dipergunakan untuk kesalahan jarak kecil dan lebih besar, maka nilai kelajuan data yang dikirimkan kepada robot lebih kecil daripada nilai-nilai yang diperlukan. Dengan demikian, untuk berbagai kondisi yang berbeda kita akan menetapkan *gain* berbeda juga (Egly et al., 2005). Gambar 5 menunjukkan algoritma posisi yang dipergunakan dalam penelitian ini. Sedangkan algoritma untuk menghindari rintangan terdapat dalam Gambar 6.

Untuk menguji keberhasilan dalam pembuatan strategi menghindari rintangan pada robot sepak bola menggunakan *robot soccer simulator*. *Robot Soccer Simulator* yang dipergunakan dalam penelitian ini mempergunakan versi 1.5. *Robot soccer simulator* diciptakan oleh seorang dosen dari Australia, Dr. Juni Jo (Kim et al., 2007). Simulator tersebut merupakan simulator resmi yang dipergunakan oleh FIRA. Simulator ini dipergunakan untuk menguji strategi sebelum diimplementasikan kedalam robot yang sebenarnya. Untuk melakukan pengembangan strategi robot sepak bola, kami menggunakan perangkat lunak Microsoft Visual Studio (Visual C++) 2008. Dalam pembuatan strategi ini, kami menghasilkan sebuah file DLL, yang disalin kedalam folder simulator strategi. Properti strategi yang terkait dengan masing-masing robot dapat dipergunakan untuk menunjuk sebuah DLL yang merupakan implementasi strategi yang dipergunakan. Misalkan terdapat fungsi untuk mengontrol pergerakan penjaga gawang yang menentukan perilaku penjaga gawang tersebut. Fungsi lain yang khusus untuk mengontrol *striker* dan fungsi dari semua fungsi yang ada untuk mengatur pergerakan semua robot sehingga dapat memberikan permainan sepak bola yang menarik. Semua fungsi matematik dapat dipergunakan dalam pengembangan strategi robot sepak bola (Kirylov, 2006).

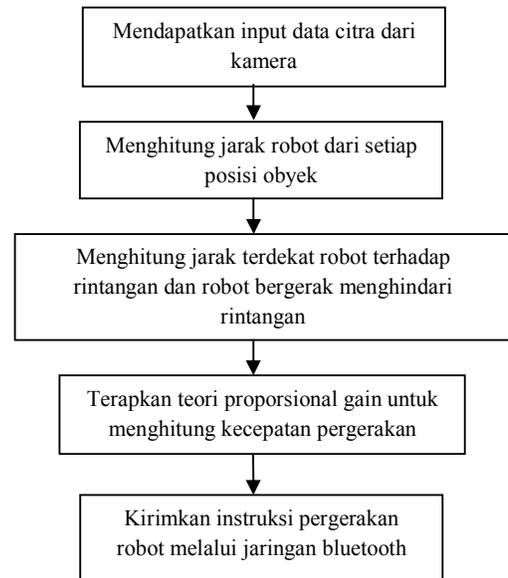


Gambar 4. Teori posisi (Baharin,2009)

Pengujian yang dilakukan pada aplikasi robot sepak bola, akan diatur dalam posisi yang telah ditetapkan untuk bergerak dari satu sisi ke bidang sisi lainnya. Apabila terdapat rintangan dalam jalur pergerakan robot tersebut maka robot akan mengambil atau memilih suatu pergerakan berbentuk kurva sedemikian rupa sehingga robot tersebut tidak akan menabrak rintangan yang ada didepannya seperti terlihat dalam Gambar 7 dan 9. Pergerakan robot dalam menghindari rintangan berhasil diuji dengan menerapkan kalkulasi sudut antara robot dengan arah serta posisi yang diinginkan terhadap rintangan yang ada.

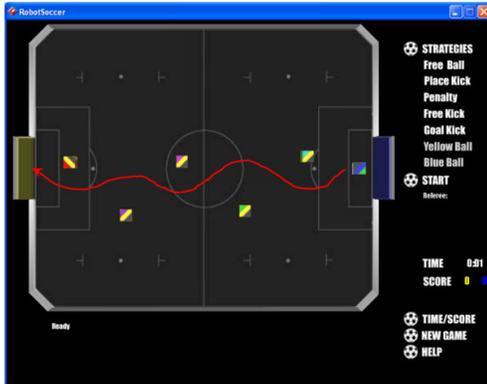


Gambar 5. Algoritma Posisi (Pratomo 2010)

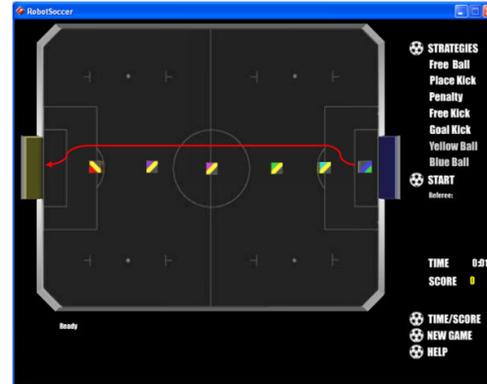


Gambar 6. Algoritma Menghindari Rintangan (Pratomo, 2010)

Pergerakan robot ditetapkan untuk bergerak ke arah gawang lawan. Dalam Gambar 8 dan 10 rintangan diletakkan dalam satu jalan maupun secara sejajar dengan robot yang akan bergerak. Robot akan bergerak dalam garis lurus untuk menghindari rintangan tanpa melanggar robot lain. Dengan mempergunakan kalkulasi tertentu serta perhitungan derajat pergerakan dan ditambahkan beberapa instruksi tertentu dapat memberikan pergerakan robot yang berbentuk kurva dalam menghindari rintangan.



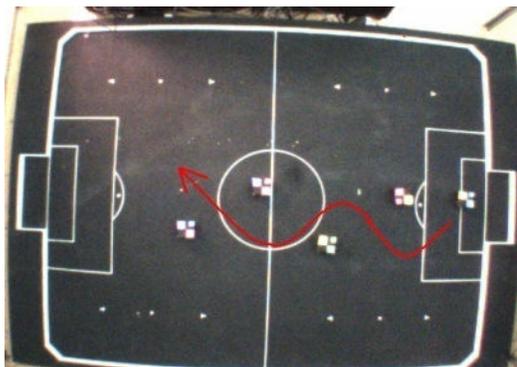
Gambar 7. Robot membentuk kurva untuk menghindari rintangan



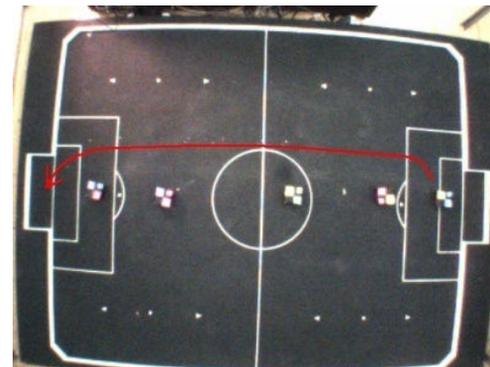
Gambar 8. Robot bergerak lurus setelah menghindari rintangan

4. PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini algoritma untuk menghindari rintangan serta kontrol posisi robot sepak bola telah berhasil dikembangkan dan diuji menggunakan simulator maupun mesin robot sepak bola. Formula matematika dan teori posisi diterapkan untuk mendapatkan hasil pengujian yang tepat. Kelajuan robot dipergunakan untuk menghitung kecepatan pergerakan dan arah robot. Hal ini sangat berkaitan erat terhadap sudut kesalahan terkecil. Hubungan ini bergantung pada *gain* proporsional, K_p dimana proporsional mengarah kepada penciptaan sinyal koreksi yang sebanding dengan kesalahan. Kita dapat mengatur derajat arah pergerakan juga termasuk didalamnya ukuran jarak untuk semua arah pergerakan robot.



Gambar 9. Robot membentuk kurva untuk menghindari rintangan dalam pengujian menggunakan robot sesungguhnya



Gambar 10. Robot bergerak lurus setelah menghindari rintangan dalam pengujian menggunakan robot sebenarnya

5. KESIMPULAN

Perumusan dasar pergerakan robot diperkenalkan melalui beberapa contoh. Formulasi dasar dalam pergerakan robot berbasis pada pendekatan matematis. Pergerakan dasar didalam robot sepak bola yaitu pergerakan robot menghindari rintangan telah berhasil dikembangkan dan dipresentasikan. Dengan menggunakan fungsi-fungsi dasar dalam pergerakan robot dapat dikembangkan berbagai strategi lain seperti menendang bola, pergerakan tanpa bola, penjagaan terhadap pemain lawan, dan penjaga gawang. Dalam pengembangan algoritma menghindari rintangan digunakan microsoft Visual C++ 2008[®]. Algoritma fungsi dasar untuk pergerakan robot dalam menghindari rintangan telah berhasil dikembangkan dan diuji menggunakan *Robot Soccer Simulator V1.5A* selain itu strategi ini juga telah diuji menggunakan robot yang sebenarnya. Hasil kajian ini memperlihatkan strategi tersebut dapat dipergunakan sebagai bagian algoritma strategi yang lengkap untuk kompetisi robot sepak bola yang sesungguhnya sehingga dapat membawa kemenangan bagi yang mengembangkan strategi dengan baik.

PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Fakultas Teknologi dan Sains Maklumat Universiti Kebangsaan Malaysia dalam menyediakan fasilitas dan dukungan finansial melalui Dana Penelitian Universitas dari

Kelompok Riset Pengenalan Pola No. UKM-GUP-TMK-07-02-034 dan Arus Perdana "Smart and Secure House System" UKM-AP-ICT-17-2009. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta. Selain itu tidak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada Anton Heryanto, Beh Kheng Aik, Noor Izzati Mohd Nasir, Lai Yi Qing, dan Ruzaini atas kontribusinya dalam penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Baharin, K.N., 2009. Robotic soccer programming. Astana Digital paper sheet. <http://www.astanadigital.com/>
- Chhabra, M., A. Nahar, A. Mukherjee, A. Mathad and S. Chaudhuri, 2004. Novel approaches to vision and motion control for robot soccer. Proceedings of the National Conference on Advanced Manufacturing & Robotics, India, pp. 68-74. DOI: 10.1.1.132.9022
- Egly, U., G. Novak and D. Weber, 2005. Decision making for MiroSOT soccer playing robots, pp. 69-72. http://www.tinyphoon.com/rainbow/tinyphoon/Documents/CLAWAR_EURON_DecisionMaking.pdf
- Groen, F., M. Spaan and N. Vlassis, 2002. Robot soccer: game or science. Proceedings of CNR Scientific Conference, pp. 92-98. DOI: 10.1.1.20.1867
- Jolly, K.G., S. Kumar and R. Vijayakumar, 2009. A bezier curve based path planning in a multi-agent robot soccer system without violating the acceleration limits. Robot. Auton. Syst., 57: 23-33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.robot.2008.03.009>
- Kim, C.J., M.S. Park, A.V. Topalov, D. Chwa and S.K. Hong., 2007. Unifying strategies of obstacle avoidance and shooting for soccer robot systems. Proceedings of International Conference on Control, Automation and Systems, Oct. 17-20, Seoul, Korea, pp. 207-211. DOI: 10.1109/ICCAS.2007.4406909
- Kim, J-H., K-C. Kim, D-H. Kim, Y-J. Kim and P. Vadakkepat, 1998. Path planning and role selection mechanism for soccer robots. Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation, May 16-20, Leuven, Belgium, pp. 3216-3221. DOI: 10.1109/ROBOT.1998.680920
- Kyrylov, V., 2006. Balancing gains, risks, costs, and real-time constraints in the ball passing algorithm for the robotic soccer. Simon Fraser University, Canada, pp. 304 – 313. DOI: 10.1007/978-3-540-74024-7_27
- Novak, G., 2002. Multi agent systems - robot soccer. Ph.D. Thesis, Vienna University of Technology, Vienna, Austria. <http://www.tuwien.ac.at>
- Pratomo, A.H., Prabuwo, A.S., Zakaria, M.S., Omar, K., Nordin, M.J., Sharan, S., Abdullah, S.N.H.S., and Heryanto, A., 2010. Position and Obstacle Avoidance Algorithm in Robot Soccer, Int Journal of Computer science 6 [2], ISSN. 1549-3636, pp: 173-179.
- Sieglwart, R. and I.R. Nourbakhsh, 2004. Introduction to autonomous mobile robot. The MIT Press Cambridge, Massachusetts, London, England, ISBN: 026219502X, pp: 10-12.