

Artificial Neural Network Untuk Pengukuran Posisi Bola Menggunakan Kamera Omnidireksional Pada Robot Sepak Bola Beroda

Yohan Prakoso, Adnan Rachmawan, Muhammad Abizhar Multazam, Alam Ar Raad Stone, Aulia Aditya Rachman
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
yohan13@mhs.ee.its.ac.id

Rudy Dikairono, Muhammad Azhar Ismail, Helga Dendy Ardianika, Kamal Arief,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
rudydikairono@ee.its.ac.id

Abstrak - Pada penelitian kali ini kamera 360 derajat /Omnidireksional digunakan sebagai sensor *imaging* pada robot sepak bola beroda. Citra kamera Omnidireksional diciptakan dengan menggunakan webcam dengan tambahan lensa *fisheye* yang dipasang dibagian atas robot. Distorsi yang dihasilkan oleh lensa kamera menyebabkan pengukuran jarak terukur dengan satuan pixel dari citra tidak linear terhadap jarak sesungguhnya yang terukur terhadap robot. Metode Artificial neural network digunakan untuk mendapatkan karakteristik dari jarak yang diperoleh dengan satuan pixel pada citra terhadap jarak sesungguhnya di lapangan. Setelah didapatkan karakteristik dari kamera, hal itu digunakan sebagai dasar pengukuran posisi bola terhadap robot. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa sistem kamera 360 derajat mampu mendeteksi bola pada jarak 40-400 cm dengan error rata-rata sebesar 2.52 %.

Kata kunci: *Omnidireksional, artificial neural network, pengukuran posisi*

I. PENDAHULUAN

Robot adalah alat yang dapat membantu banyak kebutuhan manusia secara fisik baik dengan kontrol oleh manusia ataupun secara otomatis dengan program yang telah ditanamkan terlebih dahulu pada robot. Untuk memacu pengembangan pengetahuan tentang robot, ada banyak sekali kontes yang diadakan setiap tahunnya dengan tema-tema yang beraneka ragam. Salah satu kontes yang tersebut adalah Kontes Robot Sepak Bola Indonesia kategori beroda.

Salah satu tantangan dari robot ini adalah mentukan posisi bola dan objek lain terhadap robot. Kamera adalah alat yang sering digunakan untuk mendapatkan citra dari lingkungan dan mengidentifikasi posisi dari bola. Penggunaan kamera tunggal membuat sudut pandang dari robot terhadap lingkungan sekitar terbatas sehingga diperlukan bantuan gerakan mekanik untuk membantu robot mendapatkan pandangan terhadap lingkungan yang lebih luas dan mendapatkan objek yang diinginkan baik berupa bola, gawang, kawan dan lawan untuk lebih lanjut diproses menjadi gerakan robot yang harus dilakukan.

Dengan menggunakan kamera dengan sudut pandang 360 derajat tentunya akan membuat sudut pandang robot terhadap lingkungan semakin luas sehingga tidak diperlukan lagi terlalu banyak gerakan mekanik untuk mencari bola sehingga robot dapat lebih cepat untuk menentukan keputusan selanjutnya.

Kamera akan menghasilkan citra lingkungan yang jika diproses lebih lanjut akan mendapatkan posisi bola pada citra. Posisi bola pada citra dapat di representasikan dengan x , y dan jari-jari dari bola dengan satuan pixel. Namun

posisi x , y , dan jari-jari bola pada citra tidak linear terhadap posisi bola sesungguhnya terhadap robot sehingga diperlukan proses pengolahan lebih lanjut untuk mendapatkan posisi bola terhadap robot. Beberapa metode yang dapat digunakan adalah Artificial Neural Network (ANN)[1]–[3] atau regresi polinomial[4].

ANN adalah sebuah model matematik yang berupa kumpulan unit yang terhubung secara paralel yang bentuknya menyerupai jaringan saraf pada otak manusia. Dengan menggunakan metode ini kita dapat menggunakan beberapa input data dan output yang seharusnya untuk dijadikan sebagai data pembelajaran. Dari data-data yang telah diberikan, sistem ini dapat menentukan secara mandiri output untuk input-input lain. Dengan demikian, menggunakan metode ini dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan ketidak linearan antara posisi objek pada citra dengan posisi objek pada lapangan sebenarnya terhadap robot.

II. TEORI PENUNJANG

A. Kamera Omnidireksional



Gambar 1. Kamera Omnidireksional

Dalam fotografi omnidireksional kamera adalah sebuah kamera yang memiliki sudut pandang 360 derajat pada area horizontal atau sudut pandang yang melingkupi hampir seluruh bola[3]. Kamera omnidireksional digunakan pada fungsi yang memerlukan sudut pandang luas seperti pada fotografi panorama dan beberapa keperluan robotika.

Dalam robotika, kamera omnidireksional sering digunakan untuk odometri secara visual dan untuk menyelesaikan *simultaneous localization and mapping*(SLAM). Karena kemampuan kamera omnidireksional untuk mengambil gambar dengan sudut pandang 360 derajat, hasil yang lebih baik akan didapatkan untuk *optical flow* dan *feature selection and matching*.

B. OpenCV

OpenCV adalah sebuah *library open source* untuk vision komputer yang disediakan pada link <http://SourceForge.net/projects/opencvlibrary>. Library ini ditulis dalam bahasa C dan C++ dan dapat dijalankan pada sistem operasi Linux, Windows dan Mac OS X. Selain itu terdapat pengembangan pada Python, Ruby, Matlab, dan bahasa pemrograman lain [1]. OpenCV adalah singkatan dari *Open Source Computer Vision*. OpenCV merupakan sebuah *software library* bebas (*open source*) yang digunakan untuk operasi *computer vision* dan *machine learning*. OpenCV telah dibangun untuk menyediakan sebuah infrastruktur umum untuk beberapa aplikasi *computer vision* dan untuk mempercepat penggunaan dari mesin persepsi dalam produk komersial. OpenCV mempermudah bisnis-bisnis untuk memanfaatkan dan memodifikasi kode. Library OpenCV mempunyai lebih dari 2500 algoritma yang telah dioptimalkan dimana meliputi sebuah himpunan menyeluruh dari keduanya yaitu klasik dan seni beberapa algoritma *computer vision* dan *machine learning*. Algoritma-algoritma tersebut dapat digunakan untuk mendeteksi dan mengenali wajah, mengidentifikasi obyek, mengklasifikasi tindakan manusia dalam video, mengikuti jejak perpindahan obyek, mengekstrak model-model 3D obyek, menghasilkan titik awan 3D dari kamera stereo, dan lain sebagainya.

OpenCV dapat diterapkan pada pemrograman C++, C, Python, Java dan MATLAB. OpenCV mendukung untuk sistem operasi Windows, Linux, Android dan Mac OS.

C. Artificial neural network

Artificial neural network adalah sebuah bentuk proses yang menyerupai kerja dari otak manusia yang memiliki neuron dan interkoneksi. Sistem ini berperan layaknya otak manusia yaitu memiliki persepsi, memiliki kemampuan belajar dan pengenalan terhadap suatu bentuk dan pola.

Elemen dasar dari sebuah sistem artificial neural network adalah neuron layaknya elemen dasar pada saraf manusia. Neuron merupakan model dari sebuah neuron natural. Setiap neuron memiliki x_1, x_2, \dots, x_m yang masuk pada neuron. Pada neuron manusia masukan-masukan ini merupakan tingkatan stimulus. Pada sistem artificial neural network setiap masukan x_i , memiliki sebuah bobot pengali yaitu w_i . Hasil perkalian dari $x_i w_i$ ini kemudian masuk kedalam neuron [2].

D. Back propagation

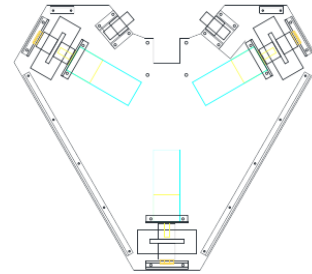
Backpropagation adalah metode pembelajaran untuk sistem artificial neural network yang dirumuskan oleh Werbos dan dipopulerkan oleh McClelland dan Rumelhart. Algoritma ini mempunyai sistem kerja untuk mengkoreksi error yang dihasilkan oleh sebuah sistem artificial neural network. Selanjutnya error yang diperoleh tersebut digunakan sebagai pertimbangan bagi algoritma tersebut untuk mengkoreksi bobot dengan tujuan memperkecil error yang dihasilkan.

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Perancangan Mekanik

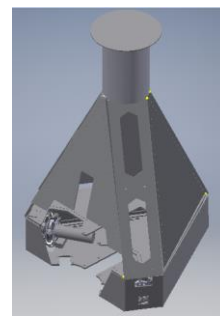
Mekanik robot didesain menggunakan bahan dasar aluminium padat untuk bodinya dan akrilik untuk beberapa bagian lain semisal penyangga sensor dan alat elektronik lainnya. Desain dari *base body* robot ditunjukkan pada

Gambar 2. Robot didesain dengan menggunakan penggerak 3WD. Desain ini ditujukan agar bobot robot menjadi relatif lebih ringan. Mengingat satu sistem penggerak yang terdiri dari Motor DC berencoder dan roda omni memiliki berat yang cukup besar, pemilihan penggunaan sistem 3WD dirasa lebih baik dari pada 4WD. Selain itu penggunaan sistem 3WD dapat memberi ruang yang lebih besar untuk penempatan komponen-komponen lain.



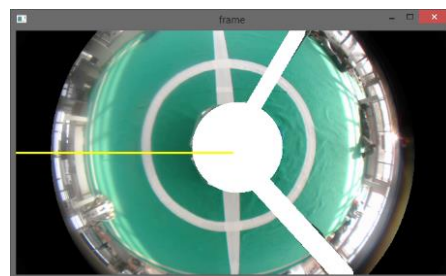
Gambar 2. Desain 2D body base robot

Robot sepak bola ini didesain mengerucut yaitu bagian bawah besar dan semakin ke atas semakin kecil dan disatukan oleh lempeng segitiga di atas robot. Dibagian atas diberikan silinder tabung akrilik sebagai pelindung kamera dan bagian paling atas adalah tempat kamera omnidireksional. Tujuan robot didesain mengerucut adalah memberikan kamera omnidireksional sudut pandang yang lebih luas serta meminimalisir titik buta terutama di daerah yang dekat dengan robot. Desain 3D dari robot dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain 3D robot

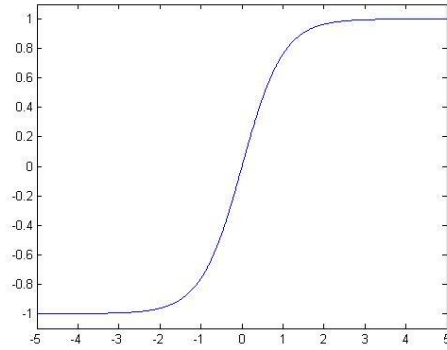
Kamera yang digunakan pada robot adalah kamera webcam dengan tambahan lensa *fisheye*[5] yang diletakkan pada depan kamera. Lensa *fisheye* digunakan untuk menciptakan citra kamera omnidireksional dengan memperluas sudut pandang dari kamera sebesar 235 derajat. Pemasangan sistem kamera omnidireksional ini dapat dilihat pada Gambar 4.



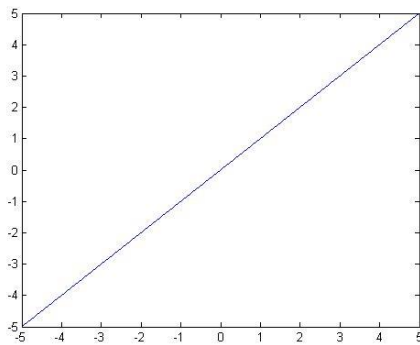
Gambar 4. Citra yang dihasilkan oleh kamera omni direksional

B. Perancangan Software Learning (Preprocess)

Tahap ini adalah tahap *preprocess* yaitu tahap pembelajaran untuk mendapatkan nilai bobot w dan b pada sistem ANN. Proses pembelajaran dilakukan dengan menggunakan metode *backpropagation*. Sistem ANN terdiri dari 2 layer memiliki 1 input dan 1 output. Hidden layer memiliki fungsi transfer log sigmoid dengan 10 output. Output layer terdiri dari 10 input dengan fungsi transfer linear dan 1 output. Grafik fungsi transfer log sigmoid dan linear ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Fungsi Transfer Log Sigmoid



Gambar 6. Fungsi Transfer Linear

Tahap pembelajaran dimulai dengan memberikan nilai inisialisasi pada pembobot w dan b . Inisialisasi dilakukan dengan memberikan nilai acak yang terdistribusi merata antara -1 sampai 1.

Untuk melakukan proses pembelajaran digunakan beberapa sampel dari data percobaan hubungan antara jarak terukur dalam pixel dan jarak sesungguhnya bola pada lapangan. Data ini disebut dengan *training set*. Data ini digunakan sebagai contoh bagi sistem ANN untuk dipelajari karakteristiknya.

Sebelum dilakukan proses pembelajaran terlebih dahulu dilakukan normalisasi pada data training set agar fungsi transfer dapat bekerja secara optimal. Setelah proses tersebut dilakukan proses selanjutnya adalah dengan melakukan propagasi maju untuk mendapatkan nilai output sistem ANN dengan nilai bobot yang telah ditentukan. Setelah didapatkan output dari sistem, dicari nilai kesalahan dari nilai tersebut terhadap nilai pada *training set*. Nilai kesalahan tersebut digunakan untuk sebagai bahan pertimbangan untuk melakukan pembaruan nilai bobot w dan b pada sistem pada proses propagasi balik. Proses tersebut diulangi sampai didapatkan nilai kesalahan relatif kurang dari 0.01%.

C. Perancangan Software Pengukuran (Inprocess)

Pada saat permainan (*inprocess*) terdapat beberapa proses yang dilakukan untuk mendapatkan posisi bola terhadap robot. Proses pertama adalah pengambilan citra warna dari kamera dalam citra RGB. Langkah selanjutnya adalah dengan mengkonversi citra RGB menjadi citra HSV. Hal ini dilakukan karena citra HSV memisahkan antara informasi warna dan informasi kecerahan. Dengan demikian diharapkan proses seleksi warna pada bola dapat dilakukan dengan meminimalisir efek dari pencahayaan di lapangan. Proses berikutnya adalah memfilter warna dari bola dan lapangan berdasarkan rentang ketiga kanal HSV. proses ini menghasilkan citra biner yang terdiri dari citra berwarna putih sebagai objek dan citra berwarna hitam sebagai background. Proses pendeteksian bola dilakukan dengan mencari objek lapangan yang berada diatas objek lapangan. Jika objek bola tidak berada diatas objek lapangan sistem menganggap objek tersebut bukanlah bola. Setelah objek bola ditemukan proses selanjutnya adalah mendapatkan informasi dari posisi bola tersebut.

Posisi bola terhadap robot pada citra dapat dinyatakan dalam koordinat polar yang terdiri dari jarak dan sudut. Titik origin koordinat tersebut terletak pada titik tengah citra yang pada citra merupakan titik tengah robot. Dengan menggunakan sistem kamera omnidireksional koordinat sudut pada citra diasumsikan sama dengan koordinat sudut pada kondisi sebenarnya. Koordinat objek bola pada citra dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$r_p = \sqrt{(x_o - x_c)^2 + (y_o - y_c)^2} \quad (1)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(y_o - y_c)}{-(x_o - x_c)} \quad (2)$$

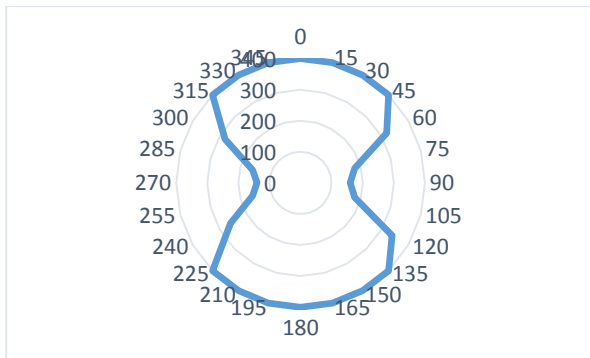
x_c, y_c merupakan titik tengah dari citra yang juga merupakan titik tengah dari robot pada citra. Sedangkan x_o, y_o adalah posisi bola pada citra terhadap titik origin citra. Setelah diperoleh posisi bola pada citra, informasi tersebut diproses menggunakan ANN dengan menggunakan struktur dan bobot yang di dapat pada saat pembelajaran pada proses sebelumnya untuk mendapatkan jarak sesungguhnya di lapangan.

IV. HASIL PENGUJIAN

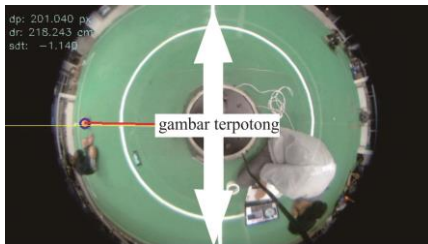
A. Uji Pendeteksian Bola

Pengujian dilakukan dengan meletakkan bola dibebberapa posisi dan mengambil nilai pengukuran jarak dengan satuan pixel yang terukur. Posisi bola dinyatakan dalam sudut terhadap arah depan robot dan seberapa jauh bola tersebut dari robot. Hasil pengujian tersebut di interpretasikan pada Gambar 7.

Dari percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa sistem mampu mendeteksi bola hingga jarak 400 cm. Namun pada sudut tertentu sistem hanya mampu mendeteksi bola hingga jarak 160 cm. Hal ini dikarenakan resolusi dari kamera yang digunakan bertipe lebar dengan perbandingan panjang : lebar adalah 16:9. Hal ini menyebabkan keterbatasan sudut pandang pada bagian atas dan bawah citra. Dapat dilihat pada Gambar 8. Citra terpotong pada bagian atas dan bawah bahwa citra terpotong pada bagian atas dan bawah sehingga menyebabkan keterbatasan pendeteksian bola untuk jarak yang relatif jauh.



Gambar 7 Uji pendeteksian bola



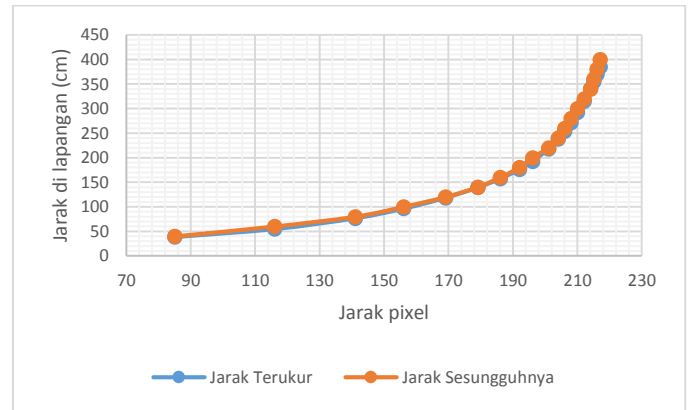
Gambar 8. Citra terpotong pada bagian atas dan bawah

B. Pengujian Hasil Dari Sistem ANN Terhadap Karakteristik Jarak Terukur Dalam Pixel Dan Jarak Sesungguhnya

Pada bagian ini dilakukan pengujian untuk mendapatkan relasi dan karakteristik dari data jarak bola terdeteksi terhadap titik tengah robot dengan satuan pixel dibandingkan dengan jarak sesungguhnya. Relasi tersebut dibandingkan dengan hasil pengukuran oleh sistem ANN. Berikut hasil dari pengujian tersebut disajikan pada Tabel dibawah ini:

Tabel I Pengujian Hasil pengukuran terhadap karakteristik dari kamera omnidireksional

No	dp (cm)	dm (cm)	dr (cm)	error(%)
1	85.024	38.593	40	3.51
2	116.039	54.943	60	8.43
3	141.032	76.832	80	3.96
4	156.051	96.418	100	3.58
5	169.074	118.517	120	1.24
6	179.07	139.487	140	0.37
7	186.043	157.301	160	1.69
8	192.042	176.401	180	2.00
9	196.064	192.496	200	3.75
10	201.04	218.243	220	0.79
11	204.022	238.053	240	0.81
12	206.039	253.847	260	2.37
13	208.038	271.734	280	2.95
14	210.038	292.09	300	2.64
15	212.038	315.119	320	1.53
16	214.021	340.724	340	0.21
17	215.021	354.683	360	1.48
18	216.037	369.577	380	2.74
19	217.021	384.651	400	3.83
		Error rata-rata		2.52



Gambar 9. Grafik pengujian hasil pengukuran terhadap karakteristik dari kamera omnidireksional

Dari tabel dan grafik yang telah disajikan di atas nampak bahwa bahwa karakteristik hubungan antara jarak sesungguhnya dan jarak yang terukur dengan satuan pixel kamera menunjukkan sifat eksponensial. Pada nilai pixel rendah perubahan jarak dalam satuan pixel yang sedikit mengindikasikan perubahan jarak yang sedikit pula pada jarak sesungguhnya. Namun pada nilai jarak satuan pixel yang besar, perubahan kecil mengindikasikan perubahan jarak yang signifikan pada jarak yang sesungguhnya. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki ketelitian pengukuran yang semakin kecil seiring bertambahnya jarak bola terhadap robot.

Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan bahwa sistem ANN yang dibuat telah mampu mengikuti karakteristik hubungan antara jarak bola terukur dalam pixel dan jarak bola sesungguhnya. Dari pengujian tersebut terlihat bahwa pengukuran tidak benar-benar sempurna. Pengukuran menunjukkan nilai error relatif rata-rata sebesar 2.52 %

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem kamera 360 derajat mampu mendeteksi bola pada jarak 40 – 400 cm dari robot. Namun di sudut tertentu terhadap depan robot, sistem hanya mampu mendeteksi bola pada jarak maksimal 160 cm dikarenakan citra gambar yang terpotong. Hal ini disebabkan spesifikasi kamera yang digunakan adalah wide resolution sehingga bagian atas dan bawah citra sudut pandangnya terbatas.

Karakteristik hubungan antara jarak sesungguhnya dan jarak yang terukur dengan satuan pixel kamera menunjukkan sifat eksponensial. Pada nilai pixel rendah perubahan jarak dalam satuan pixel yang sedikit mengindikasikan perubahan jarak yang sedikit pula pada jarak sesungguhnya. Namun pada nilai jarak satuan pixel yang besar, perubahan kecil mengindikasikan perubahan jarak yang signifikan pada jarak yang sesungguhnya. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki ketelitian pengukuran yang semakin kecil seiring bertambahnya jarak bola terhadap robot.

Sistem ANN mampu mengikuti karakteristik hubungan antara jarak bola yang terukur dengan satuan pixel dan jarak sesungguhnya dengan kesalahan relatif pengukuran rata-rata sebesar 2.52 %.

Beberapa saran yang dapat diberikan penulis untuk pengembangan penelitian ini adalah sebagai berikut:

Penggunaan lensa fish eye penelitian ini dapat digantikan dengan penggunaan cermin atau lensa fish eye lain yang

lebih luas sehingga sistem mampu mendeteksi bola dalam lingkup yang lebih luas. Selain itu penggunaan metode learning back propagation cenderung membutuhkan waktu relatif lama. Oleh karena itu dapat digunakan metode lain selain back propagation yang dapat mempelajari karakteristik hubungan jarak terukur dengan satuan pixel kamera terhadap jarak sesungguhnya dengan lebih cepat dan efektif.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Wang, Z. Song, H. Ding, and H. Shi, "An Improved Reinforcement Q-Learning Method with BP Neural Networks in Robot Soccer," 2011, pp. 177–180.
- [2] B. M. Faria, L. P. Reis, N. Lau, and G. Castillo, "Machine Learning algorithms applied to the classification of robotic soccer formations and opponent teams," 2010, pp. 344–349.
- [3] Y.-R. Hou, "Moving target detection in the robot system based on Omni-Vision and Laser Rangefinder," 2015, pp. 1162–1166.
- [4] F. R. Gideon Manalu, "Double target potential field: Planning the movement on passing and kicking the ball in soccer robot," 2014, pp. 1–5.
- [5] B. Tian, Chuen-Leong Ng, and C.-M. Chew, "Self-localization of humanoid robots with fish-eye lens in a soccer field," 2010, pp. 522–527.