

PREDIKSI ARAH DATANG BOLA MENGGUNAKAN KALMAN *FILTER* PADA ROBOT KIPER SEPAKBOLA

Daniyah^{*)}, Bustanul Arifin^{*)}, Imam Much Ibnu Subroto^{**)}

^{*)}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang

^{**)}Jurusan Teknik Informatika, Universitas Islam Sultan Agung Semarang
Jl. Raya Kaligawe KM 4, Kampus UNISSULA, Semarang 50112, Indonesia

E-mail: deluca@std.unissula.ac.id, bustanul@unissula.ac.id, imam@unissula.ac.id

Abstrak

Robot kiper merupakan robot yang bertugas menjaga gawang dari masuknya bola oleh robot tim lawan. Permasalahan yang dihadapi dalam merancang robot kiper adalah bagaimana meningkatkan respon robot kiper terhadap bola sehingga kemungkinan terjadinya *goal* oleh robot lawan lebih sedikit. Robot kiper ini dirancang dengan menerapkan Kalman *Filter*. Kalman *Filter* merupakan suatu *digital filter* yang menggunakan algoritma dalam proses sinyal. Fungsi Kalman *Filter* sendiri adalah sebagai estimator stokastik untuk memprediksi arah bola terhadap robot kiper sepak bola beroda. Proses prediksi dapat dilakukan dengan mendeteksi bola terlebih dahulu sebagai acuan. Untuk pendeteksian bola sendiri menggunakan metode HSV yaitu *Hue*, *Saturation*, *Value* kemudian akan diolah menggunakan Kalman *Filter* sehingga mendapatkan nilai-nilai yang diperlukan dalam memprediksi arah datang bola. Penelitian ini menggunakan robot yang berdimensi $52 \times 52 \times 80$ cm sesuai dengan aturan pada Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda dengan pemrograman Python dan menggunakan OpenCV untuk pengolahan citra-nya juga Filterpy untuk menerapkan fungsi Kalman *Filter*. Hasil dari penelitian ini adalah robot kiper yang menggunakan Kalman *Filter* dapat mengenali bola dari sudut pengujian yang sudah dilakukan dan dapat mengenali prediksi dari arah bola yang datang dari Kalman *Filter* yang digunakan pada robot kiper.

Kata kunci: *ball tracking*, *filterpy*, *hsv*, *kalman filter*, *opencv*, *python*, *robot sepak bola*, *rule based system*

Abstract

Goalkeeper robot is a robot that will defend the goal from the ball being kicked by the opposing robot. The problem faced in designing the goalkeeper robot is how to increase the goalkeeper's robot response to the ball so that the possibility of goals by the opposing robot is less. This goalkeeper robot was designed by applying the Kalman Filter. Kalman Filter is a digital filter that uses algorithms in signal processing. The Kalman Filter function itself is as a stochastic estimator to predict the direction of the ball on the wheeled soccer goalkeeper robot. The prediction process can be done by detecting the ball first as a reference. For the detection of the ball itself using the HSV method namely Hue, Saturation, Value and then it will be processed using the Kalman Filter to get the values needed in predicting the direction of the ball. This research uses a robot with dimensions are $52 \times 52 \times 80$ cm in accordance with the rules in the Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda with Python programming and use OpenCV for image processing as well as Filterpy to implement the Kalman Filter function. The results of this research are the goalkeeper robot that uses the Kalman Filter can recognize the ball from the angle in this research and can recognize the predictions of the ball direction by using the Kalman Filter on the goalkeeper robot.

Keywords: *ball tracking*, *filterpy*, *hsv*, *kalman filter*, *opencv*, *python*, *rule based system*, *soccer robot*

1. Pendahuluan

Perkembangan robot sepakbola mencakup banyak hal, termasuk pergerakan mekanika robot [1][2], navigasi [3] dan komunikasi antar robot [4]. Robot kiper merupakan robot yang bertugas menjaga gawang dari masuknya bola yang dilakukan oleh robot tim lawan sehingga dapat mencegah tercetaknya goal atau poin nilai. Dalam pergerakannya robot kiper menggunakan sensor yang

kompleks sehingga dapat menyelesaikan misi sesuai *rule* KRSBI Beroda. Salah satu sensor yang digunakan adalah sensor kamera yang berfungsi untuk mendeteksi bola pada saat bertanding [5][6]. Permasalahan yang dihadapi dalam merancang robot kiper adalah bagaimana meningkatkan respon robot kiper terhadap bola sehingga kemungkinan terjadinya *goal* oleh robot lawan lebih sedikit. Beberapa penelitian sebelumnya membahas bagaimana robot penjaga gawang sepak bola humanoid (berkaki) memprediksi pergerakan bola. Posisi bola dideteksi

dengan menelusuri pergeseran warna [7] atau derajat keabuannya dengan metode fuzzy logic [8]. Pada robot beroda, tugas yang sama diselesaikan dengan neural network [9]. Pada penelitian [10], prediksi pergerakan bola didapatkan dengan membandingkan koordinat posisi bola terakhir dan koordinat posisi bola saat ini. Hasil pengujian menunjukkan metode ini berhasil memprediksi arah pergerakan bola berikutnya namun masih terdapat kesalahan arah yang besarnya tergantung ukuran resolusi *frame*. Namun, penelitian-penelitian sebelumnya tidak membahas bagaimana respon robot penjaga gawang setelah mengetahui prediksi posisi bola berikutnya.

Dengan mencari prediksi arah datang bola diharapkan akan terbentuknya pergerakan robot yang tangkas dan tepat dalam menghalau bola juga stabil dan akurat dalam menjaga gawang dari tercetaknya *goal* oleh robot tim lawan pada Kontes Robot Sepak Bola Beroda Indonesia. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana menentukan prediksi arah datang bola dan merancang pergerakan robot kiper berdasarkan dari prediksi tersebut. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menentukan posisi dan sudut datang bola, merumuskan prediksi arah datang bola, dan terciptanya pergerakan robot yang lebih mengenali arah bola.

2. Metode

2.1. Citra HSV

HSV adalah singkatan dari *Hue*, *Saturation*, dan *Value* dimana citra HSV ini merupakan citra warna *Red*, *Green*, dan *Blue* (RGB) yang diatur ulang kemudian diterapkan dalam geometri silinder HSV. *Hue* merupakan bentuk warna sebenarnya yang dapat diterima oleh pengelihatan manusia, *Saturation* untuk menyatakan kekuatan warna tersebut sesuai dengan gelap terang daerah warnanya, dan *Value* merupakan tingkat kecerahan dari warna tersebut dengan referensi cahaya berwarna putih.[11]

2.2. Thresholding

Thresholding merupakan metode untuk mengkonversi citra *grayscale* menjadi citra biner sehingga yang tampak adalah warna hitam dan putih saja, dimana metode *thresholding* ini berfungsi untuk mengatur derajat keabuan citra. Nilai dari *thresholding* menjadi suatu acuan untuk menentukan perubahan pada tiap-tiap *pixel*. [6]

2.3. Transformasi Morfologi

Pada penelitian ini diperlukan transformasi morfologi yang memiliki fungsi seperti menghilangkan *noise*, mengisolasi sebuah elemen, menggabungkan elemen yang terpisah, serta mendeteksi lubang pada sebuah objek dan menjadikannya bagian dari objek tersebut. Transformasi morfologi yang paling dasar adalah *dilation* dan *erosion*. *Dilation* adalah penggabungan dari beberapa citra oleh

sebuah *kernel* yang biasanya berbentuk persegi dengan ukuran tertentu. *Kernel* akan mencari nilai maksimum dari citra dan mengganti nilai pada *anchor point* yang biasanya terletak pada bagian tengah dari *kernel* dengan nilai maksimum tersebut.

Maka proses dari *dilation* ini menjadikan bagian terang pada citra akan bertambah. Kemudian erosi merupakan kebalikan dari proses *dilation* dimana saat melakukan penggabungan citra dengan *kernel* maka *kernel* akan mencari nilai minimum dari citra dan mengganti nilai pada *anchor point* dengan nilai minimum tersebut. Maka proses dari erosi ini menjadikan bagian gelap pada citra akan bertambah.[6]

2.4. Kalman Filter

Kalman *Filter* merupakan suatu metode yang biasa digunakan untuk melakukan prediksi atau estimasi suatu nilai. Kalman *Filter* juga digunakan untuk meminimalisir nilai *error* dari estimasi pada linier stokastik. Penggunaan Kalman *Filter* ditujukan untuk permasalahan yang umum saat melakukan estimasi suatu keadaan dari pemrosesan kontrol diskrit dari penurunan persamaan stokastik linier[12].

Rumus awal Kalman *Filter* merupakan bentuk umum prediksi antara proses waktu diskrit yang terkontrol dimana diatur oleh persamaan linier stokastik[13]:

$$\chi_{\kappa} = A\chi_{\kappa-1} + Bu_{\kappa} + W_{\kappa} \quad (1)$$

Pada waktu ke- κ , dimana $\chi_{\kappa-1}$ menyatakan vektor keadaan dan u_{κ} merupakan vektor dengan model pengukuran $Z_{\kappa} \in R^P$ dimana

$$Z_{\kappa} = H\chi_{\kappa} + V_{\kappa} \quad (2)$$

Variabel acak V_{κ} merupakan *noise* pada pengukuran dimana *mean* $V_{\kappa} = 0$ dengan kovarian R_{κ} , dan W_{κ} merupakan *noise* pada sistem dengan $W_{\kappa} = 0$ dengan kovarian Q_{κ} . Untuk variabel-variabel tersebut diasumsikan memiliki probabilitas distribusi normal (*white noise*) meskipun pada praktiknya matriks kovarian *noise* sering kali berubah-ubah setiap kali pengukuran, namun dalam hal ini *noise* diasumsikan konstan. Proses inialisasi awal adalah

$$\chi_{\kappa} = \chi_0, P_{\kappa} = P_{\chi_0} \quad (3)$$

Kemudian untuk tahap prediksi terdapat dua nilai yaitu nilai estimasi yaitu $\hat{\chi}_{\kappa}$ dan nilai kovariansi *error* yaitu P_{κ}

$$\hat{\chi}_{\kappa} = A\hat{\chi}_{\kappa-1} + Bu_{\kappa} \quad (4)$$

$$\hat{P}_{\kappa} = A\hat{P}_{\kappa-1}A^T + Q_{\kappa} \quad (5)$$

Dimana variabel Q_{κ} adalah nilai kovariansi dari W_{κ} yang merupakan *noise* pada sistem. Terdapat variabel A dimana merupakan persamaan yang menghubungkan *state* waktu sebelumnya yaitu $\kappa - 1$ dengan *state* waktu sekarang yaitu κ . Untuk variabel h merupakan persamaan yang menghubungkan *state* sekarang yaitu κ dengan hasil pengukuran yaitu Z_{κ} . *State* $\chi_{\kappa-1}$ merupakan bentuk dari

estimasi posteriori keadaan dimana yang dimaksud disini adalah tahap waktu k sebelumnya.

Tahap selanjutnya adalah tahapan koreksi dimana terdapat nilai Kalman *Gain* yang digunakan untuk meminimalkan nilai Q_k juga adanya nilai estimasi koreksi dan kovariansi *error* koreksi. Untuk tahapan pembaruan waktu atau koreksi waktu dapat dilakukan perhitungan K_k yang merupakan Kalman *Gain* dimana

$$K_k = P_k h(h^T P_k h + V_k R_k V_k)^{-1} \quad (6)$$

Setelah melakukan perhitungan Kalman *Gain* kemudian melakukan perhitungan pembaruan nilai estimasi koreksi dengan pengukuran Z_k menggunakan persamaan 7

$$\chi_k = \hat{\chi}_k + K_k(Z_k - h\hat{\chi}_k) \quad (7)$$

Dan juga melakukan pembaruan nilai dari kovariansi *error* koreksi dengan persamaan 8

$$P_k = (I - K_k h)\hat{P}_k \quad (8)$$

Kemudian variabel-variabel dari keadaan yang telah diperbarui akan digunakan untuk persamaan prediksi untuk kondisi selanjutnya dan tahapan tersebut akan dilakukan secara rekursif sebanyak diskritisasi waktu yang dibutuhkan.

2.5. Rule Based System

Pada penelitian ini akan membandingkan respon dari *rule based system* dan Kalman *filter system* dimana peneliti sudah menerapkan *rule based system* pada pertandingan Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda pada tahun 2017 dan 2018. Sistem merupakan prosedur kerja yang saling berhubungan untuk melakukan suatu kegiatan atau untuk menyelesaikan suatu sasaran. Sistem bekerja dengan urutan operasi yang terdapat dalam sistem tersebut. Unsur dari suatu sistem adalah komponen (*component*), batasan sistem (*boundary*), lingkungan luar sistem (*environment*), penghubung (*interface*), masukan (*input*), keluaran (*output*), pengolah (*process*), dan sasaran (*objectives*) atau tujuan (*goal*).[14]

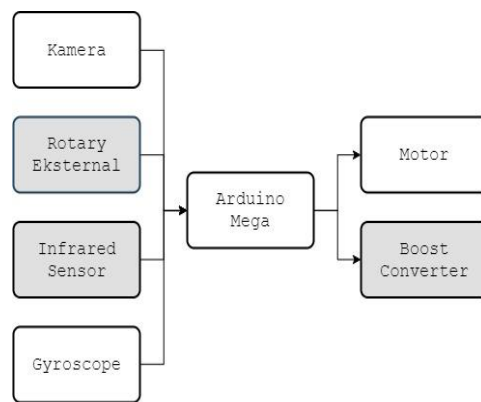
2.6. Perancangan Mekanik

Robot kiper haruslah dapat bergerak secara responsif terhadap bola yang datang sehingga sangat diperlukan robot dengan sistem kontrol yang baik dan juga yang dapat memprediksi arah bola yang datang. Robot kiper didesain menggunakan besi lempeng sebagai dasaran dan alumunium untuk kerangka *body*-nya juga *multiplex*, akrilik, dan nilon untuk beberapa bagiannya. Robot ini menggunakan motor DC *planetary-gearred* 45 (PG-45) yang bekerja pada tegangan 24 V dengan kecepatan putar 500 rpm. Kemudian untuk menentukan kecepatan dan arah putar dari motor, robot ini menggunakan *driver* motor BTS 7960.

Robot ini merupakan robot *kiwi drive* dimana yang dimaksud dengan *kiwi drive* adalah robot yang bergerak menggunakan tiga roda *omni-directional*, untuk pemasangannya adalah sebesar 120° terhadap satu sama lain sehingga memungkinkan bergerak ke segala arah.

2.7. Perancangan Elektronik

Untuk memaksimalkan kinerja robot ini, perlu adanya elektronik yang dirancang sedemikian rupa sehingga dapat memudahkan dalam penggunaan dan *trouble shooting* jika terjadi kendala pada robot. Pada penelitian ini fokus pengerjaannya hanya pada bagian robot *vision* dan elektronik pendukung seperti mikrokontroler, sensor *gyroscope*, dan sebagainya.

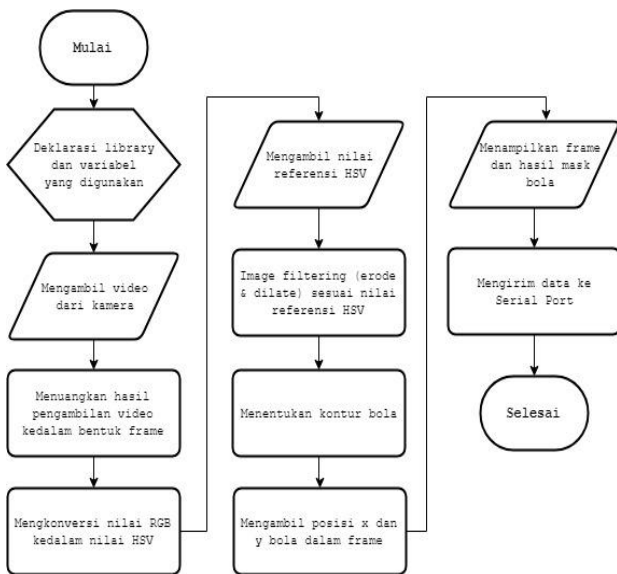


Gambar 1. Diagram Sistem Elektronik Robot

2.8. Perancangan Software

Dalam penelitian ini akan terfokus pada proses *vision*. Pada robot, proses *vision* dimulai dengan mengenali bola terlebih dahulu. Dimana sesuai dengan peraturan Kontes Robot Sepak Bola Indonesia Beroda 2019 bola yang digunakan adalah bola futsal berwarna jingga (orange) dengan diameter 20 – 21 cm dan berat kurang lebih 400 gram. Menjadikan robot haruslah mampu mendeteksi bola sebagai sasaran dengan batasan yang dianggap bola adalah lingkaran berwarna jingga diatas warna hijau, jadi ketika terdapat warna jingga diluar warna hijau maka robot tidak mengenali benda tersebut sebagai bola.

Tahap awal dari pengolahan citra ini adalah pengambilan *frame* gambar yang akan diolah kemudian (*image acquisition*). Citra gambar yang diolah diatur resolusinya sebesar 800×448 karena apabila resolusi semakin tinggi maka pemrosesan akan memerlukan waktu yang lebih lama sehingga respon akan menjadi lambat. Dalam penyusunan program menggunakan *library* yang telah disediakan oleh OpenCV. Setelah melakukan pengambilan citra dari tahapan sebelumnya, proses berikutnya adalah mengkonversi citra tersebut yang berbentuk RGB menjadi citra HSV yaitu *hue*, *saturation*, dan *value*.

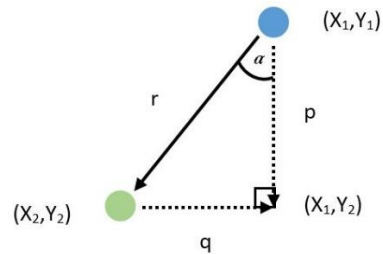


Gambar 2. Flowchart Pengolahan Citra

Setelah mendapatkan hasil dari konversi HSV, kemudian adalah mendeteksi bola berwarna jingga dimana warna jingga yang dianggap bola adalah hanya warna jingga yang berada diatas warna hijau sehingga warna jingga tersebut akan dianggap sebagai bola hal ini bertujuan untuk mengurangi *noise* yaitu resiko mendeteksi objek lain yang berwarna jingga. Untuk dapat mengidentifikasi objek sebagai bola maka lebih dahulu melalui proses *thresholding* terlebih dahulu agar dapat memisahkan antara background dengan objek yang akan mempermudah proses selanjutnya. Setelah melakukan proses *thresholding* maka selanjutnya adalah melakukan transformasi morfologi. Transformasi morfologi yang digunakan adalah proses *opening*, dimana proses morfologi yang digunakan adalah erosi yang kemudian dilanjutkan dengan *dilation*. Selanjutnya adalah mengidentifikasi bentuk kontur bola dan dikarenakan bola hanya dapat teridentifikasi apabila berada diatas lapangan hijau maka selain pencarian kontur pada bola diperlukan pencarian kontur pada lapangan.

Proses selanjutnya ketika sudah dapat mengidentifikasi bola adalah menentukan posisi bola pada *frame* citra dan juga radiusnya. Kemudian proses memprediksi arah gerak bola dapat dilakukan setelah mengetahui posisi bola yang dijelaskan pada proses sebelumnya. Dalam memprediksi bola ini menggunakan Kalman *filter* untuk membantu mengestimasi proses ini. Pada proses Kalman ini terdapat dua tahapan yaitu tahap prediksi dan tahap *update*. Untuk mempermudah mengolah penggunaan Kalman *filter* OpenCV menyediakan packages *filterpy* dimana nantinya perhitungan matematis akan diselesaikan menggunakan fungsi-fungsi yang terdapat pada *filterpy* ini.

Setelah mendapatkan prediksi pengukuran posisi dari bola kemudian dengan menggunakan rumus *pythagoras* untuk mendapatkan nilai prediksi arah dari bola[15]



Gambar 3. Ilustrasi Prediksi Arah Bola

Dari gambar 3, untuk warna biru adalah posisi awal dari bola dan warna hijau adalah posisi prediksi dari bola. Untuk mencari prediksi arah maka perlu mengetahui nilai *r* dimana dapat diketahui dengan menghitung nilai *p* dan *q* terlebih dahulu. Untuk mendapatkan nilai *p* adalah dengan persamaan 9[15]

$$p = (Y_2 - Y_1) \tag{9}$$

Dan untuk mendapatkan nilai *q* adalah dengan persamaan 10[15]

$$q = (X_2 - X_1) \tag{10}$$

Setelah nilai *p* dan *q* sudah diketahui maka kemudian mencari nilai *r* dengan menggunakan rumus *pythagoras* yaitu[15]

$$r = \sqrt{p^2 + q^2} \tag{11}$$

Jadi jika nilai *r* sudah diketahui maka dapat mengetahui juga nilai sudut α dengan menggunakan persamaan 12 [15]

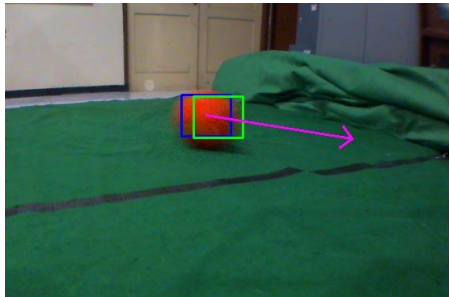
$$\alpha = \arcsin \frac{q}{r} \tag{12}$$

3. Hasil dan Analisa

Gambar 4 merupakan hasil dari program yang sudah dapat mengenali arah gerak dari bola yang sedang bergerak

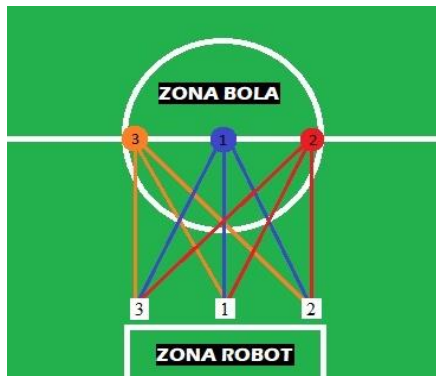
Pada pengujian respon robot ini tetap pada sudut luas pandang kamera yaitu +/-45°. Namun untuk jarak posisi bola kurang dari setengah lapangan yaitu 400 cm dikarenakan menyesuaikan dengan logika robot yaitu akan merespon bola yang hanya berada maksimal pada jarak setengah lapangan dari gawang karena diasumsikan sebagai bola yang sedang dikuasai oleh lawan. Pada pengujian respon ini akan membandingkan respon robot ketika menggunakan *rule based system* dan Kalman *filter*. Kemudian akan melihat respon dari robot dengan

menggulirkan bola menggunakan bantuan tanjakan dengan sudut 45° sehingga menghasilkan kecepatan bola yang konstan namun nilai kecepatan dari bola akan diabaikan.



Gambar 4. Hasil Prediksi Arah Bola

Posisi menggulirkan bola ada tiga posisi dimana seperti pada Gambar 5 terdapat posisi 1, 2, dan 3. Kemudian bola akan digulirkan lurus sesuai posisinya kemudian berpindah posisi seperti contoh bola pada posisi 1 akan digulirkan ke arah posisi 2 dan 3 kemudian posisi 2 akan digulirkan ke arah posisi 1 dan 3, begitu seterusnya sampai semua posisi teruji. Dimana posisi awalan robot saat pengujian berada pada titik 1. Ilustrasi posisi pengujian bola adalah pada Gambar 5



Gambar 5. Ilustrasi Posisi Dan Arah Uji Bola

Tabel 1. Data Respon Rule Based System Pada Titik 1

Jarak	Titik Bola Terhadap Robot	Gerak Robot (PWM)
100	Titik 1.1	0
	Titik 1.2	+100
	Titik 1.3	-100
200	Titik 1.1	0
	Titik 1.2	+100
	Titik 1.3	-100
300	Titik 1.1	0
	Titik 1.2	+100
	Titik 1.3	-100
400	Titik 1.1	0
	Titik 1.2	+100
	Titik 1.3	-100

Tabel 2. Data Respon Rule-Based System Pada Titik 2

Jarak	Titik Bola Terhadap Robot	Gerak Robot (PWM)
100	Titik 2.1	+100
	Titik 2.2	+100
	Titik 2.3	+100
200	Titik 2.1	+100
	Titik 2.2	+100
	Titik 2.3	+100
300	Titik 2.1	+100
	Titik 2.2	+100
	Titik 2.3	+100
400	Titik 2.1	+100
	Titik 2.2	+100
	Titik 2.3	+100

Tabel 1. Data Respon Rule Based System Pada Titik 3

Jarak	Titik Bola Terhadap Robot	Gerak Robot (PWM)
100	Titik 3.1	-100
	Titik 3.2	-100
	Titik 3.3	-100
200	Titik 3.1	-100
	Titik 3.2	-100
	Titik 3.3	-100
300	Titik 3.1	-100
	Titik 3.2	-100
	Titik 3.3	-100
400	Titik 3.1	-100
	Titik 3.2	-100
	Titik 3.3	-100

Tabel 2. Data Respon Kalman Filter Pada Titik 1

Jarak	Titik Bola Terhadap Robot	Gerak Robot (PWM)
100	Titik 1.1	0
	Titik 1.2	+180
	Titik 1.3	-180
200	Titik 1.1	0
	Titik 1.2	+100
	Titik 1.3	-100
300	Titik 1.1	0
	Titik 1.2	+100
	Titik 1.3	-100
400	Titik 1.1	0
	Titik 1.2	+100
	Titik 1.3	-100

Tabel 5. Data Respon Kalman Filter Pada Titik 2

Jarak	Titik Bola Terhadap Robot	Gerak Robot (PWM)
100	Titik 2.1	+100
	Titik 2.2	+180
	Titik 2.3	-180
200	Titik 2.1	0
	Titik 2.2	+180
	Titik 2.3	-180
300	Titik 2.1	0
	Titik 2.2	+180
	Titik 2.3	-100
400	Titik 2.1	0
	Titik 2.2	+180
	Titik 2.3	-100

Tabel 6. Data Respon Kalman Filter Pada Titik 3

Jarak	Titik Bola Terhadap Robot	Gerak Robot (PWM)
100	Titik 3.1	-100
	Titik 3.2	+180
	Titik 3.3	-180
200	Titik 3.1	0
	Titik 3.2	+180
	Titik 3.3	-180
300	Titik 3.1	0
	Titik 3.2	+100
	Titik 3.3	-180
400	Titik 3.1	0
	Titik 3.2	+180
	Titik 3.3	-180

Pada pengujian respon robot dapat dilihat bahwa robot bergerak terhadap bola yang datang menuju gawang lebih akurat apabila menggunakan Kalman filter dibandingkan dengan menggunakan rule based system. Hal ini dikarenakan Kalman filter dapat mengetahui terlebih dahulu arah datang bola sehingga dapat bergerak mengikuti bola yang datang sesuai dengan prediksi yang telah dilakukan. Namun rule based system dapat dilihat dari hasil uji, menjadi kurang akurat bila dibandingkan dengan robot yang menggunakan Kalman filter dikarenakan robot hanya akan bereaksi pada posisi awal bola sehingga apabila dari sudut kanan garis gawang terdapat bola yang bergulir menuju sudut kiri gawang maka robot akan tetap berjaga pada sudut kanan gawang sesuai dengan posisi awal bola yang bergulir, hal ini menyebabkan robot jadi kurang akurat dalam menghalau bola jika dibandingkan dengan robot yang menggunakan Kalman filter. Cepat dan lambat pergerakan robot ditentukan oleh sudut gerak bola dimana semakin besar sudutnya robot akan bergerak lebih cepat dibanding sudut gerak bola yang kecil.

Pada pengujian ini dapat dilihat bahwa semakin dekat posisi bola dengan robot sudut gerak bola akan lebih besar dibandingkan dengan posisi bola yang jauh dari robot, jarak 100 – 200 cm dari robot merupakan jarak yang dianggap oleh robot sebagai jarak dekat dan jarak 300 – 400 cm dari robot merupakan jarak yang dianggap oleh robot sebagai jarak jauh.

4. Kesimpulan

Untuk menentukan prediksi arah datang bola digunakan suatu algoritma yaitu Kalman filter yang mana algoritma ini akan memprediksi pergerakan bola berdasarkan posisi awal bola yang ditangkap oleh sistem robot. Kemudian hasil dari perhitungan prediksi posisi bola dapat dibentuk prediksi arah datang bola terhadap robot kiper dengan menggunakan rumus pythagoras. Dengan menggunakan data hasil prediksi yang sudah diolah pada Mini PC dan dikirimkan ke Mikrokontroler, robot dapat lebih mengenali perubahan pergerakan bola dikarenakan robot dapat mengetahui arah gerak dari bola terlebih dahulu

dibandingkan dengan robot saat menggunakan rule based system.

Referensi

- [1]. Ohoirat, F.G., Lumenta, A.S., Litouw, J. and Robot, R.F.. "Rancang Bangun Sistem Mekanik Penggiring Dan Penendang Pada Robot Sepak Bola". *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol 8 no. 3, pp.171-180. 2019
- [2]. Saputra, A.A., Khalilullah, A.S. and Sulistijono, I.A., "Acceleration and deceleration optimization using inverted pendulum model on humanoid robot EROS-2". In *Indonesian Symposium on Robot Soccer Competition 2014*, pp. 17-22.
- [3]. Yulianto, A. and Handoyo, H.P., 2012. Penerapan Behavior-Based Control dan Fuzzy Logic Controller pada Sistem Navigasi Robot Soccer. *CENTRE, Civil and Electrical Engineering Journal*, 7(1), pp.16-23.
- [4]. T Tony. Analisis Dan Perancangan Teknologi Pada Robot Sepak Bola. *Jurnal Ilmu Komputer dan Informasi*, vol.3 no 1. 2010, hal. 46-54
- [5]. Moha, M.I., Poekoel, V.C., Najoan, M.E. and Robot, R.F.. Implementasi Kamera 360 Derajat Untuk Mendeteksi Objek Pada Robot Sepak Bola Beroda. *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 14 no 3, pp.321-328, 2019.
- [6]. Prakoso, Y., 2017. Desain Dan Implementasi Pengukuran Posisi Bola Menggunakan Kamera 360 Derajat Pada Robot Sepak Bola, Disertasi Doktorat, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [7]. Rahman, A. and Widodo, N.S., Colored ball position tracking method for goalkeeper Humanoid Robot Soccer. *Telkomnika*, 11(1), p.11. 2013
- [8]. Wong, C.C., Lin, B.C. and Cheng, C.T., Fuzzy tracking method with a switching grey prediction for mobile robot. In *10th IEEE International Conference on Fuzzy Systems*. Vol. 1, pp. 103-106, 2001
- [9]. Stone, A.A.R., Suciati, N. and Navastara, D.A.. "Segmentasi Citra pada Robot Sepak Bola Beroda Menggunakan Multilayer Neural Network dan Fitur Warna HSV". *Jurnal Teknik ITS*, vol. 7 no. 2, pp.A276-A281.2018.
- [10]. A. Fuady, I. A. Sulistijono, and O. Setiaji, "Flow Direction Prediction of The Ball Movement for Humanoid Robot Soccer Goalkeeper." *EEPI Final Project*. Politeknik ITS, 2011
- [11]. S. D. S. Saragih, "Implementasi dan Deteksi Pola Wajah Pada Citra Digital Menggunakan Skin Color dan K-Means Clustering," *Skripsi S1 Ilmu Komputer*, Universitas Sumatera Utara, 2016.
- [12]. Efrizal, "Peramalan Berdasarkan Algoritma Kalman Filter Model Multivariat Structural Time Series Dalam Representasi State Space," Universitas Lampung, 2017.
- [13]. A. N. A. Syarifuddin, D. A. Merdekawati, and E. Apriliani, "Perbandingan Metode Kalman Filter, Extended Kalman Filter, dan Ensambel Kalman Filter pada Model penyebaran virus HIV/AIDS, *Limits: Journal of Mathematics and Its Applications*, vol. 15, no. 1, p. 17, 2018.
- [14]. E. Suryani, U. Salamah, Wiharto, and A. A. Wijaya, "Identifikasi Penyakit Acute Myeloid Leukemia (AML) Menggunakan ' Rule Based System ' Berdasarkan Morfologi Sel Darah Putih Studi Kasus : AML2 dan AML4," *Semin. Nas. Teknol. Inf. Komun. Terap. 2014(SEMANTIK 2014) Semarang, 15 Novemb. 2014*, vol. 2014, no. November, pp. 193-199, 2014.
- [15]. Daniyah, A. B. Yogatama, S. Fadmasetya, and C. Annam, "Prediction of Ball Direction on USEROS Goalkeeper Robot Using Kalman Filter," in *Indonesia Symposium On Robotic System and Control 2019*, 2019.