

Pengembangan Robot Sepak Bola Beroda Versi 2.1 Dagozilla untuk Kompetisi *Middle Size League (MSL)*

Abdullah Faqih Al Mubarak, Abram Perdanaputra S., Ahmad Wahrudin, Aminul Solihin, Annisa Zulfa Hidayah, Asyraf Ridho Rizky, Aulia Salsyabil, Azis Adi Kuncoro, Azka Zakiyyatuddin, Bimo Adityarahman W., Calmantara Sumpono P., Dionesius Agung AP., Faza Fahleraz, Irfan Titok K., Irvan Maulana*, Josephine Ariella, Joshua Christo R., M. Abyan Raff H., Najmah Syahidah Al-Ausath., Naufal Zhafran L., Nur Alya F., Paulus Haiktwo DS., Ridho Fadhila S., Rizky Ardi M., Willy Wahyanto, Yudhistira Yoga S.

Institut Teknologi Bandung, Unit Robotika ITB
Tim Dagozilla ITB
Bandung, Indonesia
krsbiberodaitb@gmail.com

Abstrak—Kontes Robot Indonesia (KRI) merupakan kompetisi robot nasional yang diselenggarakan setiap tahun guna mawadahi pengembangan keterampilan mahasiswa dalam bidang robotika. KRSBI (Kontes Robot Sepak Bola Indonesia) Beroda merupakan salah satu divisi yang diperlombakan pada KRI. Peraturan KRSBI Beroda mengacu pada kompetisi internasionalnya yaitu *RoboCup MSL (Middle Size League)* dengan beberapa penyesuaian sesuai kondisi di Indonesia. Dagozilla merupakan tim robot sepakbola beroda yang mewakili Institut Teknologi Bandung untuk berkompetisi dalam KRI divisi KRSBI Beroda. Selama satu tahun terakhir, Dagozilla telah mengembangkan beberapa fitur robot diantaranya optimalisasi odometri dan sistem penentu lokasi, pembaharuan desain dan mekanisme penggiring (*dribbler*), deteksi bola lambung pada kiper, serta optimalisasi penendang. Dalam paper ini akan dijelaskan lebih lanjut mengenai pengembangan platform robot sepak bola beroda Dagozilla versi 2.1.

Kata kunci—odometri, penentu lokasi, *dribbler*, penendang, platform

I. PENDAHULUAN

Dagozilla merupakan tim robot sepakbola beroda dari Institut Teknologi Bandung yang beranggotakan mahasiswa S1 dengan latar belakang berbagai macam jurusan untuk berkompetisi dalam Kontes Robot Indonesia Sepak Bola Beroda (KRSBI Beroda). Peraturan-peraturan pada KRSBI Beroda mengacu pada perlombaan internasional *RoboCup* kategori *Middle Size League (MSL)*. MSL merupakan cabang perlombaan internasional yang mempertandingkan sepak bola robot beroda antara dua tim yang berbeda [1].

Dalam perlombaan KRSBI Beroda, setiap tim robot terdiri dari tiga robot, dengan dua robot penyerang dan satu robot kiper. Untuk dapat bermain bola dengan baik di lapangan, robot harus memiliki kemampuan dasar seperti deteksi bola, menggiring bola, menendang bola, serta melakukan gerakan-gerakan dasar.

Pada tahun 2018, Dagozilla telah mengembangkan robot versi 2 untuk dipertandingkan pada Kontes Robot Indonesia (KRI). Akan tetapi robot versi 2 tersebut memiliki beberapa kekurangan. Salah satunya adalah robot Dagozilla versi 2 masih mengandalkan *encoder* internal dari motor DC penggerak robot untuk membaca pergerakan robot dan

menentukan lokasi robot terhadap lapangan. Namun *encoder* internal ini memiliki resolusi yang kecil, yaitu hanya 7 ppr. Selain itu, *encoder* internal tersebut seporos dengan motor DC dan *omniwheel* sebagai roda pada robot. Akibatnya, apabila roda mengalami slip atau gerakannya tertahan, *encoder* internal akan tetap membaca putaran roda sehingga akan terjadi *error* yang besar dalam penentuan lokasi robot. Selain itu, sistem penggiring pada robot Dagozilla versi 2 masih bersifat *open-loop*, sehingga tidak ada *feedback* yang dapat diamati dan dikontrol dari sistem penggiring. Terdapat pula kekurangan pada robot kiper Dagozilla versi 2 yakni belum dapat mendeteksi bola lambung, sehingga sering kali gagal menyelamatkan gawang dari serangan bola lambung. Dilakukan pula optimalisasi penendang pada robot sehingga mampu menghasilkan sudut elevasi dan kecepatan yang lebih besar.

Untuk itu, pada tahun 2019 ini Tim Dagozilla ITB telah mengembangkan beberapa fitur melalui berbagai penelitian selama satu tahun terakhir. Pada paper ini akan dijelaskan berbagai pengembangan pada robot Dagozilla versi 2.1.

II. PLATFORM ROBOT DAGOZILLA VERSI 2.1

Mekanisme sistem penentu lokasi robot Dagozilla versi 2.1 mengalami perkembangan yaitu telah menggunakan *encoder* eksternal dan sensor kompas. Sedangkan pada rancang bangun robot, mekanisme penggiring bola diperbaharui untuk menghasilkan penggiring yang lebih optimal. Pada robot kiper juga telah diimplementasikan deteksi bola lambung menggunakan kamera *kinect*.



Gambar 1. Robot Dagozilla V.2.1

A. Sistem Penentu Lokasi

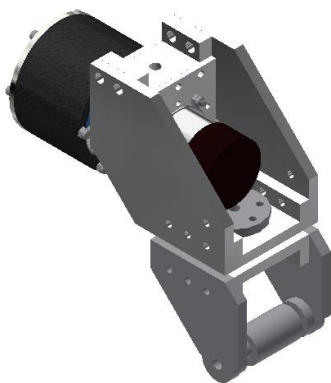
Karena menggunakan platform yang sama dengan robot Dagozilla versi 2, robot versi 2.1 memiliki sistem lokomosi berbasis 3 roda menggunakan roda *omniwheel* dan motor PG45 sebagai penggerak. Namun, pada robot versi 2.1 telah dilakukan modifikasi pada *base 1* robot, tempat peletakkan sistem lokomosi, untuk menambahkan *encoder* eksternal.

Encoder eksternal pada robot versi 2.1 terhubung ke *omniwheel* lain yang ukurannya lebih kecil. *Omniwheel* tersebut memiliki poros yang terpisah dengan roda *omniwheel* utama robot. *Encoder* eksternal berfungsi membaca sudut yang telah ditempuh *omniwheel* berukuran kecil ini, lalu mengonversinya ke dalam jarak. Dengan begitu, hasil bacaan yang diperoleh lebih akurat karena apabila *omniwheel* utama robot mengalami slip atau tertahan, *encoder* eksternal tidak akan membaca putarannya.

Selain itu, dalam menentukan orientasi robot di lapangan, Dagozilla menerapkan sensor fusion (penggabungan data dua sensor atau lebih) dari *encoder* eksternal dan sensor kompas. Hasil bacaan sudut dari *encoder* eksternal memiliki tingkat kesalahan yang lebih tinggi akibat akumulasi *error*. Namun, *sampling time* pengambilan data dari *encoder* eksternal jauh lebih cepat, yaitu 20 ms. Sedangkan *sampling time* sensor kompas 200 ms. Oleh sebab itu, ketika data bacaan sudut dari sensor kompas masuk, data sudut dari *encoder* eksternal akan di-*reset*.

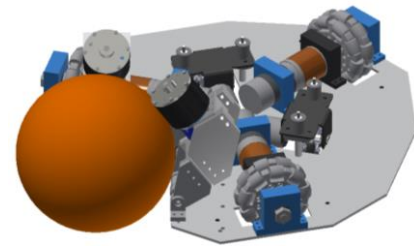
B. Sistem Penggiring

Penggiring (*dribbler*) merupakan suatu sistem pada robot KRSBI Beroda untuk menghasilkan pengendalian posisi relatif bola terhadap robot [2]. Sistem penggiring merupakan salah satu sistem yang krusial dalam permainan robot sepak bola beroda ini karena diperlukan pengendalian bola yang baik untuk keperluan strategi permainan. Oleh sebab itu, diperlukan sistem penggiring yang efisien dan efektif. Secara umum, sistem penggiring ini terdiri atas 3 bagian utama yaitu roda, motor DC, dan *frame*.

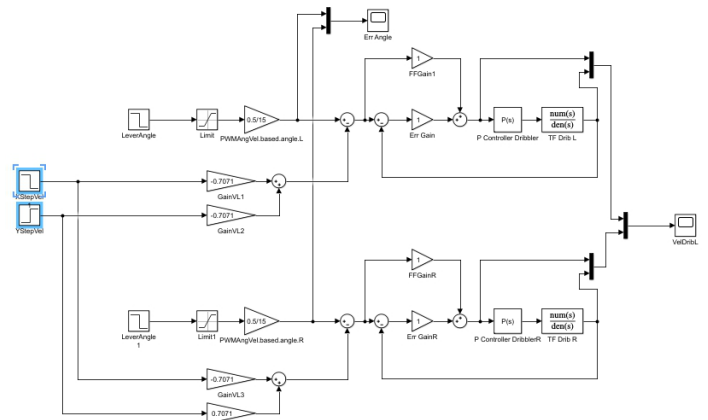


Gambar 2. Desain penggiring robot

Pada robot versi 2.1 ini, telah digunakan sistem *feedback* (*closed-loop system*) untuk mendapatkan sudut kemiringan penggiring menggunakan potensiometer.



Gambar 3. Desain base 1 robot



Gambar 4. Blok diagram sistem kontrol penggiring

C. Sistem Citra Robot

Pengembangan robot Dagozilla versi 2.1 ini masih dilengkapi dengan cermin katadioptrik yang diletakkan pada bagian atas robot dan menghadap kebawah. Kamera yang digunakan untuk menangkap citra yang akan diolah diarahkan ke cermin tersebut sehingga kamera menangkap gambar di sekitar robot dengan cakupan 360° [3]. Kamera yang digunakan adalah kamera “webcam Logitech 922 pro” sedangkan cermin katadioptrik dibuat mengikuti persamaan hiperbolik. Persamaan hiperbolik ini dipilih karena memiliki jangkauan yang cukup luas dengan kualitas kamera menengah.

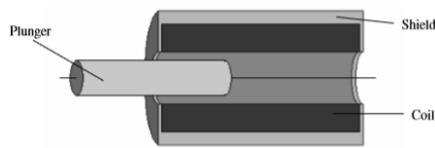
Sistem citra ini dapat mencakup daerah di sekitar robot termasuk lapangan, garis-garis lapangan, robot lawan, dan juga bola. Semua itu bisa terjangkau oleh sistem cermin katadioptrik [4]. Untuk penjaga gawang tentunya membutuhkan deteksi bola agar bola bisa dihalau ketika mengarah ke gawang. Masalah yang muncul adalah tendangan bola oleh lawan bisa dilakukan dalam bentuk tendangan datar maupun lambung sehingga apabila hanya dengan sistem cermin katadioptrik tidak bisa digunakan untuk mendeteksi bola lambung. Oleh sebab itu, kami menggunakan sistem tambahan agar dapat mendeteksi bola lambung yang mengarah ke gawang. Kami menambahkan satu buah kamera yang menghadap ke depan robot. Kamera yang digunakan adalah kamera yang dapat mendeteksi kedalaman/jarak (*depth*) citra yang ditangkapnya, disini kami memilih “Kinect sensor V2” untuk menangkap gambar bola lambung sekaligus menerima data jarak bola ke robot.

D. Sistem Penendang

Sistem penendang yang kami gunakan pada versi saat ini sama dengan versi sebelumnya, yaitu dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 1. Spesifikasi komponen penendang

Coil	
Length	10.5 cm
Inner radius	1.25 cm
Outer radius	4.6 cm
Wire size	16 AWG
Turns	1800
Layers	24
Shield	
Position	Top, bottom, left, right
Width	0.4 mm
Space	0.5 mm
Plunger	
Length	16 cm
Radius	1.2 cm



Gambar 5. Struktur penendang

Shield pada sistem ini digunakan untuk melindungi komponen elektrik disekitar penendang dari paparan Electromagnetic Interference (EMI). Arus listrik yang mengalir pada kumparan dalam solenoid akan menimbulkan medan elektromagnetik, medan ini akan menarik plunger dan menghasilkan gaya yang cukup untuk melempar bola. Efek dari timbul gaya magnet ini juga menyebabkan terbentuknya EMI [5].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

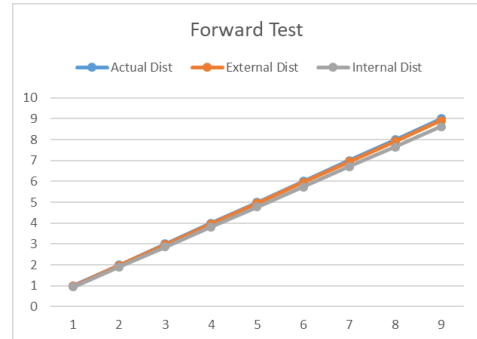
A. Sistem Penentu Lokasi

Pengujian hasil bacaan *encoder* internal dan *encoder* eksternal dilakukan dengan membandingkan jarak sebenarnya (*actual distance*) yang telah ditempuh oleh robot dengan jarak yang dibaca oleh *encoder* internal dan eksternal yang dipasang pada motor penggerak. Berikut hasil uji yang telah Dagozilla lakukan.

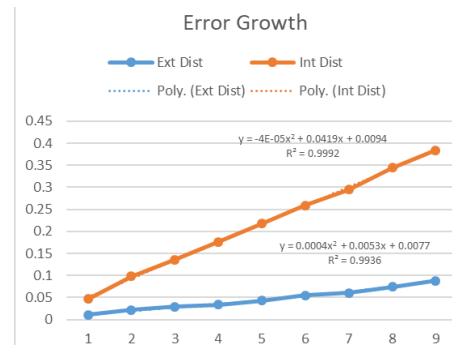
Tabel 2. Perbandingan jarak sebenarnya, jarak hasil bacaan *encoder* eksternal, dan jarak hasil bacaan *encoder* internal

Actual Dist (m)	External Dist (m)	Internal Dist (m)	Error (m)	
			Ext Dist	Int Dist
1	0.989	0.953	0.011	0.047
2	1.978	1.902	0.022	0.098
3	2.971	2.864	0.029	0.136
4	3.966	3.824	0.034	0.176
5	4.957	4.782	0.043	0.218
6	5.945	5.741	0.055	0.259
7	6.9397	6.705	0.0603	0.295
8	7.926	7.656	0.074	0.344
9	8.912	8.616	0.088	0.384

Dari data pada Tabel 1. Perbandingan jarak sebenarnya, jarak hasil bacaan *encoder* eksternal, dan jarak hasil bacaan *encoder* internal, terlihat bahwa setelah menempuh jarak 9 m yaitu sepanjang lapangan KRSBI Beroda tingkat Regional, hasil bacaan jarak dari *encoder* internal telah mengalami kesalahan sebesar 0,384 m, yaitu 336% lebih tinggi dibandingkan hasil bacaan *encoder* eksternal dengan kesalahan 0,088 m. Di bawah ini terdapat grafik perbandingan pertumbuhan *error* antara *encoder* internal dan eksternal terhadap jarak.



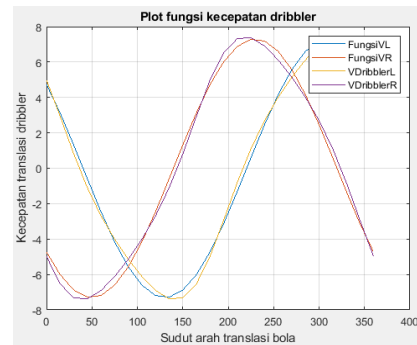
Gambar 6. Grafik Perbandingan jarak sebenarnya, jarak hasil bacaan *encoder* eksternal, dan jarak hasil bacaan *encoder* internal



Gambar 7. Grafik perbandingan pertumbuhan *error* antara *encoder* internal dan eksternal terhadap jarak

B. Sistem Penggiring

Dalam mendesain sistem penggiring, geometri penggiring dianalisis menggunakan platform MATLAB® dengan menggunakan model yang telah didesain pada tahap sebelumnya. Dari analisis tersebut, diperoleh plot fungsi kecepatan penggiring terhadap sudut arah translasi bola sebagai berikut.



Gambar 8. plot fungsi kecepatan penggiring terhadap sudut arah translasi bola sebagai berikut

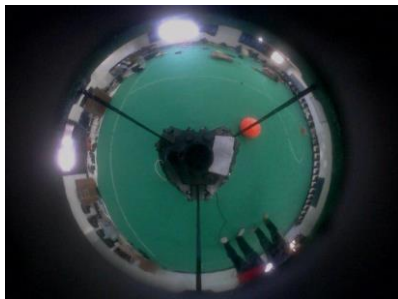
Dengan demikian didapatkan fungsi kecepatan penggiring berdasarkan geometri dan dengan mengimplementasikan sistem kontrol PID akan dihasilkan pengendalian bola untuk berbagai kondisi di lapangan permainan. PID digunakan karena metode ini mempunyai keunggulan sangat aplikatif yang paling sering digunakan dalam kendali industri maupun otomasi [6]. Implementasi ini ditujukan untuk menguji konsep kecenderungan perguliran bola ke dalam robot guna meningkatkan daerah tangkap bola dengan sistem dribbler baru. Pada serangkaian gambar berikut, tampak bahwa robot dapat menarik bola dengan kecenderungan yang cukup tinggi.



Gambar 9. Kecenderungan bola untuk bergulir ke dalam penggiring

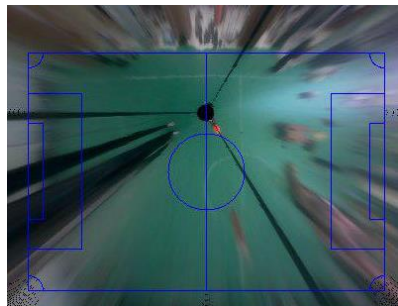
C. Sistem Citra Robot

Dari hasil deteksi sistem citra dengan cermin katadioptrik didapatkan gambar sebagai berikut.



Gambar 10. Hasil citra kamera awal

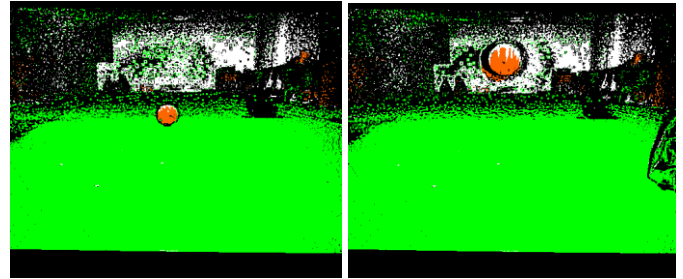
Terlihat dari gambar tersebut didapatkan lingkungan di sekitar robot dengan radius 6 meter dengan cakupan 360°. Untuk mempermudah pengolahan citra kami melakukan transformasi gambar diatas agar didapatkan gambar seperti dibawah.



Gambar 11. Hasil citra setelah dilakukan transformasi

Dari hasil tersebut pembacaan bola, garis lapangan, serta lawan dapat dilakukan dengan jauh lebih mudah. Selanjutnya, hasil proses gambar ini akan digunakan untuk *reset* bacaan odometri untuk lokalisasi robot.

Hasil tangkapan kamera depan penjaga gawang dengan Kinect sensor v.2 untuk deteksi bola adalah sebagai berikut..



(a) (b)
Gambar 12. Hasil bacaan deteksi bola (a) datar (b) lambung

Pembacaan jarak bola menurut sensor dengan pembacaan bola sebenarnya ditampilkan pada tabel berikut..

Tabel 3. Hasil bacaan jarak bola oleh kamera Kinect pada ketinggian berbeda

No.	R_actual (m)	R_read (m)	h_ball (m)
1	0.8	0.95	0.1
2		0.91	0.2
3		0.86	0.3
4		0.87	0.5
5	1	1.08	0.1
6		1.07	0.2
7		1.06	0.3
8		1.06	0.4
9		1.05	0.5
10	1.5	1.58	0.1
11		1.55	0.2
12		1.53	0.3
13		1.51	0.4
14	2	1.51	0.5
15		2.08	0.1
16		2.06	0.2
17		2.05	0.3
18		2.05	0.4
19	2.5	2.02	0.5
20		2.59	0.1
21		2.6	0.2
22		2.58	0.3
23		2.58	0.4
24	2.57	0.5	

R adalah jarak mendatar dari robot ke bola. Terlihat bahwa untuk ketinggian bola berbeda, jarak yang terbaca oleh sensor berbeda karena letak Kinect yang sedikit diatas sehingga bacaannya akan sedikit berbeda. Kinect diletakkan pada ketinggian sekitar 0,5 meter dari bagian terbawah robot, sehingga bacaan yang terbaca adalah jarak dari Kinect, dimana jarak mendatar aktual dari bola ke robot dengan meninjau ketinggian sensor adalah

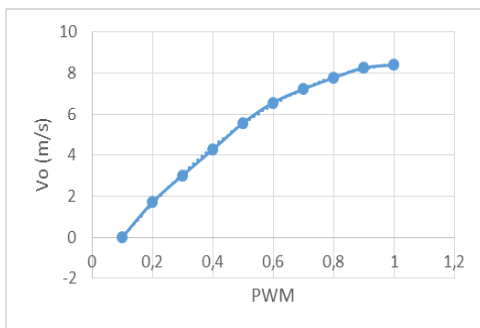
$$R_{mendatar} = \sqrt{(R_{read}^2 - h_{kinect}^2)} \quad (1)$$

D. Sistem Penendang

Sudut elevasi maksimal yang dapat dihasilkan dari platform saat ini sebesar $42,793^\circ$, sedangkan untuk robot versi 2.0 hanya $26,391^\circ$. sudut yang lebih besar ini memberikan keleluasaan dalam menentukan ketinggian bola. Pengujian yang dilakukan pada sistem penendang digunakan pendekatan persamaan gerak parabolik dan persamaan kinematika, dengan asumsi massa bola, gaya gesek, dan segala sesuatu yang berhubungan dengan dinamika robot-bola diabaikan. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4. Hubungan PWM dengan kecepatan awal bola

PWM	Vo (m/s)
1	8,403897
0,9	8,266447
0,8	7,777438
0,7	7,232853
0,6	6,569346
0,5	5,573186
0,4	4,278711
0,3	3,0248
0,2	1,715438
0,1	0



Gambar 13. Grafik hubungan PWM dengan kecepatan awal bola

Dari hasil regresi disimpulkan bahwa hubungan PWM dengan kecepatan awal adalah linear, sehingga kita dapat memperkirakan nilai kecepatan awal yang diinginkan dengan persamaan :

$$V_o = -8.9091(PWM)^2 + 19.201(PWM) - 1.8462 \quad (2)$$

IV. KESIMPULAN

Paper ini berisikan tentang pengembangan robot Dagozilla untuk MSL versi 2.1. Robot ini dikembangkan pada periode 2018-2019. Pokok utama pengembangan robot ini adalah penambahan *encoder* eksternal dan sensor kompas untuk penentuan lokasi dan orientasi robot di lapangan, *re-design* penggiring robot dengan sistem kontrol kalang tertutup (*closed loop control system*), implementasi deteksi bola lambung pada kiper menggunakan kamera Kinect, serta optimalisasi penendang untuk menghasilkan sudut elevasi dan kecepatan awal yang lebih tinggi.

REFERENSI

- [1] Robocup. *Middle Size Robot League Rules and Regulation*. Robocup, 2016
- [2] Gerrits, K.P. "Ball handling system for Tech United soccer robots," Technische Universiteit Eindhoven. 2012.
- [3] Kasaei, S. Hamidreza Mohades. "Design and Implementation an Autonomous Mobile Soccer Robot Based on Omnidirectional Mobility and Modularity," *International Journal of Computer and Electrical Engineering* Vol. 3, No. 5, 2011.
- [4] Lopez, G., Ribeiro, F. "Catadioptric system optimisation for omnidirectional Robocup MSL robots". In *RoboCup 2011: Robot Soccer World Cup XV*, 2012.
- [5] Goch, B. P. T. van. Optimizing a solenoid for a Robocup kicker. 2006. *Technolofy*, 7-32
- [6] Ang, K. H., Chong, G., & Li, Y. (2005). PID control system analysis, design, and technology. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 13(4), 559-576.