

Penentuan Posisi Robot Menggunakan Odometry Omniwheel

Iwan Kurnianto Wibowo¹, Mochamad Mobed Bachtiar², Bima Sena Bayu D³, M. Labiyb Afakh⁴, Renardi Adryantoro P⁵, Muhammad Abdul Haq⁶, Zanuvar Tri R⁷, Satria Rachmad S⁸, Yuda Maulana⁹, Gidion Tinto P¹⁰, Yulian S.P¹¹, Agung P¹², Gani Nur F¹³, Agung Tri P¹⁴, Rizal Wahyu P¹⁵, M.Zaenal A¹⁶, M. Alan N¹⁷, M.Jauharul M¹⁸, Amre S¹⁹, Fendiq Nur W²⁰, M Irfan Mas'udi²¹, Alviansyah Arman Y²²

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Jl.Raya ITS 60111 Sukolilo Surabaya

Email : {eone¹, mobed², bima³}@pens.ac.id, {renardi98⁵, muhabdulhaq⁶}@gmail.com

Abstrak -- Robot *soccer* beroda adalah salah satu robot yang berfungsi untuk melakukan permainan sepakbola dengan aturan-aturan tertentu seperti permainan sepakbola yang dilakukan manusia dengan sistem pergerakan menggunakan roda. Direncanakan pada tahun 2050, manusia akan bermain sepakbola dengan robot. Penelitian dalam bidang robot *soccer* beroda banyak dilakukan pada kecerdasan robot seperti bagaimana robot mendeteksi dan mencari bola, menggiring bola, menendang bola ke arah gawang lawan, menghindari lawan dan komunikasi robot dalam tim. Pada penelitian ini, difokuskan pada bagaimana robot berjalan. Robot *soccer* ini dibuat mirip seperti X-Drive dan H-drive di mana mereka semua memiliki tiga derajat kebebasan, yang berarti bahwa mereka dapat bergerak ke segala arah dalam bidang x-y, serta memutar terhadap pusatnya. Robot ini hanya menggunakan tiga motor dan tiga omni-wheel. Cara beroperasinya dengan cara yang sama dengan X-drive, karena arah gerakan robot akan berada pada arah yang sama dengan vektor gaya resultan net. Keuntungan dengan model seperti ini robot diharapkan dapat bergerak ke segala arah, robot hanya membutuhkan tiga roda omni, selain itu hanya membutuhkan tiga motor, dibandingkan dengan empat motor dari X-Drive. Pergerakan robot diatur dengan odometry. Presentase error dari tiga omni-wheel ini sebesar 5cm dengan percobaan sebanyak 5x untuk target tujuan yang sama.

Kata kunci: Robot Soccer Beroda, Penentuan Posisi, Odometry, Omniwheel

I. PENDAHULUAN

Sepakbola antara robot dengan tim juara dunia sepak bola pada tahun 2050 adalah cita-cita dari para pengembang robot *soccer*. Para peneliti robot *soccer* terus melakukan berbagai pengembangan riset. Ada dua kategori dalam robot *soccer* yaitu *humanoid soccer* dan *mobile soccer* (*soccer* beroda). Kategori *humanoid* mempunyai bentuk seperti manusia sedangkan *mobile*

soccer mempunyai sistem penggerak berupa roda. Di Indonesia telah dimulai penelitian ini yang dipelopori oleh diselenggarakannya Kontes Robot Sepak Bola Indonesia (KRSBI) dimana dilombakan robot *soccer* middle size beroda (mulai tahun 2016) dan *humanoid soccer* (mulai tahun 2011). Penelitian dalam robot *soccer* berkonsentrasi pada kecerdasan robot untuk mengenali bola, penentuan posisi robot, penentuan arah gawang lawan, mengenali lawan, dan komunikasi robot. Semua fungsi tersebut berjalan secara otomatis berdasarkan kecerdasan di dalam robot [1][2]. Robot *soccer* middle size beroda juga menggunakan computer vision yang digunakan untuk mencari bola [1] dan untuk melakukan tembakan ke arah gawang digunakan kicker dengan menggunakan solenoid [2].

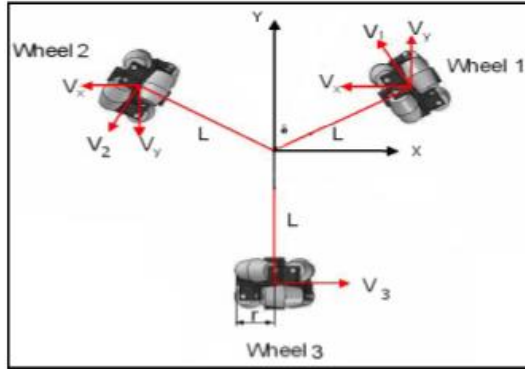
Dalam penelitian ini, difokuskan pada bagaimana robot berjalan di lapangan hanya dengan menggunakan 3 roda. Kelincahan robot sangat tergantung dari mekanik gerak robot itu sendiri. Dalam berbagai penelitian robot *soccer* ada yang mempunyai penggerak roda sebanyak 3 ada juga yang berjumlah 4. Roda-roda tersebut berupa roda omni. Robot *Soccer* dengan 4 roda omni lebih seimbang dalam bergerak ke segala arah. Sedangkan robot *soccer* yang menggunakan 3 roda lebih bebas dalam bergerak, dan lebih simple secara mekanik hanya membutuhkan 3 motor dan 3 roda. Diharapkan dengan penggunaan roda pada robot sejumlah 3, robot bisa bergerak lebih cepat dan fleksibel.

II. METODE

2.1 Kinematika Omni Wheels

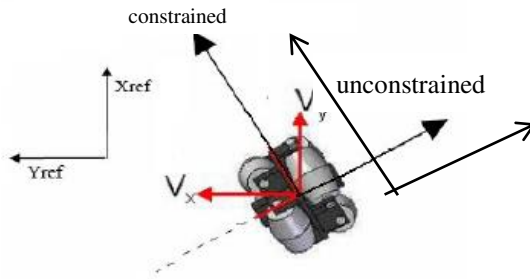
Untuk memahami dasar dari *omni-directional robot* yang dikembangkan, kita dapat meneliti sistem kinematika dari robot tersebut [3]. Jika kita menginginkan pergerakan atau perpindahan robot terhadap posisi awalnya, kita harus mengetahui variabel-variabel yang berkaitan satu dengan yang

lainnya yang dapat kita kontrol seperti posisi gerak dari robot dan kecepatan pada masing-masing roda. Perhitungan kinematik pada robot digunakan untuk menentukan perubahan posisi antar koordinat global dan posisi koordinat internal dari robot itu sendiri [4].



Gambar 1. Representasi Kinematik dari Sistem Penggerak tiga *Omnidirectional*

Untuk arah gerak masing-masing roda seperti gambar 2 berikut.



Gambar 2. Kinematik dari Sebuah Penggerak *Omnidirectional* [3]

Keterangan :

X_B, Y_B = Sistem koordinat kartesian.

$V_i (1,2,3)$ = Arah putar roda omni.

L = Jarak pusat robot dengan titik center roda.

δ = Sudut roda omni terhadap sumbu $Y = 30^\circ$.

Dari gambar 1 dan 2 persamaan kinematik dari sistem bisa didapatkan. Persamaan yang digunakan adalah.

$$V_y = V_1 \cos(\delta) - V_2 \cos(\delta) \quad (1)$$

$$V_x = V_3 - V_2 \sin(\delta) - V_1 \sin(\delta) \quad (2)$$

$$V_\theta = V_1/L + V_2/L + V_3/L \quad (3)$$

$$V_i (1,2,3) = w \cdot r \quad (4)$$

Dimana,

r = Radius roda omni (cm)

w = kecepatan angular roda (rad/sec)

Untuk mendapatkan kecepatan dari masing-masing roda omni adalah dengan cara mengalikan

kecepatan dari motor dengan jari-jari dari roda omni. Dalam hal ini roda omni dirangkai secara simetris dengan perbedaan sudut antar roda sebesar 120° dan masing-masing roda memiliki sudut δ sebesar 30° . Sehingga dari persamaan (1) sampai persamaan (3) dapat ditulis dalam matriks

$$\begin{bmatrix} V_y \\ V_x \\ V_\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\delta) & -\cos(\delta) & 0 \\ -\sin(\delta) & -\sin(\delta) & 1 \\ 1/L & 1/L & 1/L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} \quad (5)$$

2.2 Odometry

Odometry adalah penggunaan data dari pergerakan aktuator untuk memperkirakan perubahan posisi secara *real time* [4]. *Odometry* digunakan untuk memperkirakan posisi relatif terhadap posisi awal. Untuk itu digunakan perhitungan jumlah pulsa yang dihasilkan oleh sensor *rotary encoder* setiap satuan ukuran yang kemudian dikonversi menjadi satuan *milimeter*. Dengan persamaan sebagai berikut.

$$K \text{ roda} = 2\pi r \quad (6)$$

$$\text{pulsa per mm} = \frac{\text{resolusi encoder}}{K \text{ roda}} \quad (7)$$

Pada robot yang menggunakan roda *omni directional* dapat digunakan persamaan (1) sampai (3) untuk mendapatkan koordinat X dan koordinat Y . Dengan mengganti kecepatan setiap roda dengan jarak yang telah ditempuh masing-masing roda sehingga didapatkan persamaan.

$$V_y = S_1 \cos(\delta) - S_2 \cos(\delta) \quad (8)$$

$$V_x = S_3 - S_1 \sin(\delta) - S_2 \sin(\delta) \quad (9)$$

$$V_\theta = S_1/L + S_2/L + S_3/L \quad (10)$$

Dimana,

$S_i (1,2,3)$ = jarak tempuh dari masing-masing roda.

Persamaan diatas merupakan koordinat dari robot itu sendiri, sehingga jika diinginkan koordinat kartesian lapangan perlu ditransformasikan dengan menggunakan matriks transformasi dari rotasi sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} Y_{pos} \\ X_{pos} \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(V_\theta) & -\sin(V_\theta) & 0 \\ \sin(V_\theta) & \cos(V_\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_y \\ V_x \\ V_\theta \end{bmatrix} \quad (11)$$

III. HASIL DAN DISKUSI

Dari model kinematic odometry terdapat nilai sudut peletakan rotary lantai yang tetap yaitu dengan sudut roda 1 sebesar 30° , roda 2 sebesar 150° dan roda 3 sebesar 270° , ketika robot bergerak maka nilai pulsa dari rotary lantai juga akan berubah, kombinasi dari perubahan nilai pulsa rotary dan sudut masing-masing rotary lantai akan dikalkulasi dalam satu fungsi yang sama dan akan menghasilkan letak posisi robot.



Gambar 2 Ilustrasi Percobaan Odometry

Tabel 1. Hasil Percobaan Odometry

TARGET	0,300			0,-300			-150,0			150,0		
PERCOBAAN	X	Y	θ	X	Y	θ	X	Y	θ	X	Y	θ
1	2	293	0	4	-295	1	-145	1	0	147	3	-1
2	-2	293	1	-1	-294	0	-146	0	0	146	0	-1
3	-5	292	1	-9	-295	-5	-144	-3	2	146	-4	-4
4	-3	293	2	2	-293	0	-143	0	2	146	-3	0
5	0	293	0	-2	-293	4	-145	0	1	146	1	1
POSISI RATA-RATA	-1.6	293	0.8	-1.2	-294	0	-145	-0.4	1	146	-0.6	-1
RATA-RATA ERROR DISTANCE	-7.185637048			-5.964054801			-5.393061031			-3.776072683		

Keterangan :

Terdapat 5 data percobaan untuk masing-masing posisi target, didapatkan rata-rata error posisi dan rata-rata error distance dengan satuan centimeter.

Selang waktu yang semakin lama, maka nilai odometry akan terdapat error, error ini bisa terjadi dari beberapa faktor, seperti pengaruh medan magnet dari solenoid saat dilakukan tendangan yang mengakibatkan nilai pulsa dari rotary rantai tidak terupdate dalam waktu tersebut, selain itu juga dapat terjadi karena faktor roda yang selip

IV. KESIMPULAN

Penentuan pergerakan dengan menggunakan odometry rotary rantai tidak sepenuhnya akurat karena terdapat beberapa faktor dan noise yang dapat mempengaruhi nilai odometry. Namun nilai error odometry dihasilkan masih dapat ditoleransi jika nilai error tidak lebih dari 30 cm dari posisi target.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih atas kerjasama dengan laboratorium robot PENS.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Iwan Kurnianto Wibowo, Mochammad Mobed Bactiar, Rizki Taufik Ulil Albab, Muhamad Khoirul Anwar, Zanuar Tri Romadon dan Muhammad Jauharul Muqorobin., 2017, "Desain Omnidirectional Vision pada Ersow"

- [2] Iwan Kurnianto Wibowo, Mochammad Mobed Bactiar, Rizki Taufik Ulil Albab, Muhamad Khoirul Anwar, Zanuar Tri Romadon, Muhammad Jauharul, M. Sholahudin Al-Ayyubi, Agung Pambudi dan Rachmat Faizal Ajie., 2016, "Rancang Bangun Mekanik Penendang Pada Robot Soccer Beroda Menggunakan Solenoid".
- [3] Al-Amri, A. Salam and Iman Ahmed, 2010, "Control of Omni-Directional Mobile Robot Motion", Al-Khawarizmi Engineering Journal, University of Baghdad, Vol.6, No.4, pp. 1-9.
- [4] Muhammad Labiyb Afakh, Fernando Ardilla, Iwan Kurnianto Wibowo, "Kontrol Pergerakan Omnidirectional Mobile Robot pada Robosoccer", TA PENS 2018.
- [5] Rojas, Raul, and Alexander Gloye Forster, 2006, "Holonomic Control of a Robot with an Omni-Directional Drive", To appear in KI - Kunstliche Intelligent, BottcherIT Verlag.
- [6] Sanghani, Mayang and Sanket U. Vardhave, 2013, "Trajectory Following Robot", UMIC Summer Project, Indian Institute Of Technology Bombay.
- [7] Ribeiro, F., 2000, "Robot Football Team from Minho University. In Robocup-99: Robot soccer World Cup III, Berlin: Springer Verlag, pp. 731-734.
- [8] Borenstein, J. And L. Feng, 1996, "Gyrodometry: A New Method for Combining Data from Gyros and Odometry in Mobile Robots", Proceedings of the 1996 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Minneapolis, Apr. 22-28, pp. 423-428.
- [9] F. Ribeiro, I. Moutinho, P. Silva, C. Fraga, N. Pereira, "Three omni-directional wheels control on a Mobile robot". ResearchGate.