



Omni Wheel Robot

Tugas Akhir

Oleh:

**Muhammad Renaldi Pradana (4221701024)
Rinaldo Bona Martua Silitonga (4221701026)**

**Program Studi Teknik Robotika
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2024**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : "Sebutkan Judul Tugas Akhir Anda" adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.** Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 22 Desember 2023



Muhammad Renaldi Pradana
NIM: 4221701024



Rinaldo Bona Martua Silitonga
NIM: 4221701026


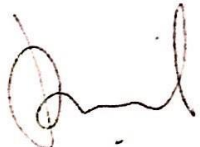

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:
Muhammad Renaldi Pradana (4221701024)

Dengan judul:
Motor Speed Control for Omniwheel Robot using PID Method

Tanggal Sidang: 22 Desember 2023

Disetujui oleh :	
<p>Dosen Penguji I</p> <p>1. Senanjung Prayoga, S.Pd., M.T</p>  <p>NIK: 115149</p>	<p>Dosen Pembimbing I</p> <p>1. Daniel Sutopo Pamungkas, S.T.,M.T., Ph.D</p>  <p>NIK: 100006</p>
<p>Dosen Penguji II</p> <p>2. Ryan Satria Wijaya, S.Tr.T., MTr.T.</p>  <p>NIK: : 121249</p>	




Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:
Rinaldo Bona Martua Silitonga (4221701026)

Dengan judul:
*Omni Wheeled Robot Movement Control with the Ability to Go to the Desired Position
(Path Planning) and Odometry*

Tanggal Sidang: 22 Desember 2023

Disetujui oleh :	
<p>Dosen Penguji I</p> <p>1. Senanjung Prayoga, S.Pd., M.T</p>  <p>NIK: 115149</p>	<p>Dosen Pembimbing I</p> <p>1. Daniel Sutopo Pamungkas, S.T.,M.T., Ph.D</p>  <p>NIK: 100006</p>
<p>Dosen Penguji II</p> <p>2. Ryan Satria Wijaya, S.Tr.T., MTr.T.</p>  <p>NIK: : 121249</p>	

Motor Speed Control for Omniwheel Robot using PID Method

Muhammad Renaldi Pradana¹, Daniel Sutopo Pamungkas, S.T.,M.T., Ph.D²

Teknik Robotika, Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

Jl. Ahmad Yani, Teluk Tering, Batam Kota, Batam 29461,
Indonesia

E-mail: corenaldi@gmail.com.

Abstrak

Dalam penelitian ini, sistem penggerak robot *omniwheel* untuk sarana edukasi memahami prinsip-prinsip dasar robotika dan kontrol gerak. Jenis roda yang digunakan adalah *omni wheel* yang memiliki jarak antara roda. Pada jarak yang sama pada sistem gerak robot ini menghasilkan arah yang tidak linear dan tidak konsisten, serta arah pandang yang tidak tetap. Metode yang digunakan untuk mengontrol kecepatan motor ialah metode PID pada tiap motor. Kecepatan masing-masing roda dikontrol dimaksudkan untuk memperhalus gerakan robot dan presisi terhadap lintasan.

Kata kunci: *wheeled robot, omnie wheel, PID, manual tuning*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan robot saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, dan diharapkan pengembangan lebih lanjut di masa depan. Pengembangan tidak hanya berdampak pada desain dan kegunaan saja, namun juga pada berbagai bagian dan komponen robot. Misalnya saja algoritma yang digunakan, jenis mikrokontroler, bahkan baterai yang digunakan. Jenis roda populer yang banyak digunakan saat ini adalah roda omni. Ini adalah jenis roda yang memiliki inti roda di tengah dan roda di sekeliling inti roda.

Robot dengan menggunakan roda omni dapat bergerak lebih dari 8 arah (maju, mundur, kiri, kanan, serong kiri atas, serong kanan atas, serong kiri bawah, serong kanan bawah) tanpa merubah arah hadapnya. Dengan menggunakan roda omni maka kontrolnya juga lebih sulit dari kontrol dua roda biasa yang dipasang satu sumbu.

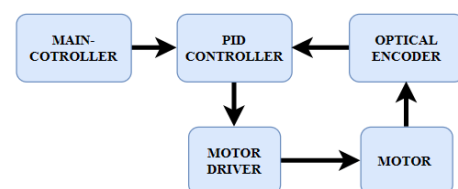
Karakteristik tiap motor yang berbeda juga dapat mempengaruhi kecepatan tiap roda sehingga dapat mempengaruhi pergerakan robot. Dengan menggunakan kontrol biasa (open loop) pada masing-masing roda, perpindahan robot menjadi tidak lurus.

Agar robot dapat bergerak lurus, robot dengan roda omni membutuhkan sebuah kontrol yang dapat mengatur kecepatan dan arah tiap roda. Pemilihan sistem yang kurang sesuai terhadap plant yang tidak diketahui serta ketidaktepatan serta pemodelan sistemnya. Untuk itu diperlukan metode kendali yang tepat untuk memenuhi kondisi guna mendapatkan performa yang baik dengan menambahkan PID[1]. PID adalah salah satu contoh metode untuk mengatur pergerakan robot. PID merupakan kontrol yang menggabungkan aksi kontrol proporsional, aksi kontrol turunan, dan aksi kontrol integral. Gabungan aksi ini mempunyai keunggulan

dibandingkan dengan masing-masing dari aksi kontrol tersebut. Dengan kontrol PID ini, robot diharapkan dapat bergerak lurus.

2. SISTEM YANG DIGUNAKAN

Komponen terpenting dari sistem mekanis adalah roda omni. Ini terdiri dari dua cakram logam koaksial di sepanjang pinggirannya dipasang rol karet kecil. Rol ini memungkinkan roda bergerak ke arah aksial. Superimposisi gerakan tangensial dan aksial membuat memungkinkan roda bergerak ke segala arah. Jarak dari setiap roda dari pusat robot sama dan sebaliknya roda sejajar satu sama lain.



Gambar 1. Skema dasar sistem

Sistem kontrol robot ditunjukkan pada gambar 1. Pada sistem kontrol dibagi menjadi 2 bagian, yaitu Pengontrol utama dan sistem loop terbuka pengontrol PID dan Diagram blok menunjukkan loop terbuka sistem pengontrol PID untuk satu roda. Masing-masing dari juga roda memiliki pengontrol PID.

Pengontrol PID adalah bagian dari sistem loop terbuka. Ini mendorong motor DC melalui driver motor dan output quadrature encoder diambil sebagai umpan balik dalam sistem. Pengontrol PID yang digunakan dalam sistem ini adalah pengontrol gerak khusus yang dirancang untuk mengendalikan motor DC. Output dari pengontrol PID adalah sinyal Pulse Width Modulated (PWM) yang diberikan kepada driver motor. Quadrature encoder memiliki dua output A dan B yang bergeser fase 90°. Arah dan kecepatan

roda diperoleh dari kedua sinyal ini. Perbedaannya antara kecepatan aktual yang diperoleh dari quadrature encoder dan kecepatan yang dihitung oleh pengontrol utama yaitu diperlukan kecepatan adalah kesalahan dalam perhitungan PID. Kesalahan ini digunakan untuk menghitung faktor koreksi. Faktor koreksi ditambahkan ke output dari pengontrol PID. Dengan demikian PWM yang dikoreksi diberikan ke motor penggerak. Filter kompensasi loop PID memiliki tiga parameter, yaitu Konstanta proporsional, Konstanta integral dan Turunan konstanta yang direpresentasikan sebagai k_p , k_i dan k_d . Penyetelan filter PID diperlukan untuk meredam sistem kontrol motor secara kritis. Filter PID Filter PID pertama-tama disetel dengan metode visual manual dan kemudian disetel dengan baik disetel dengan metode respons langkah [2].

Perancangan yang pertama yaitu perancangan program perhitungan kecepatan roda omni. Diketahui bahwa motor DC yang digunakan dalam percobaan ini mempunyai pulse per revolution (ppr) sebanyak 12 ppr. Dengan rasio gearbox perbandingan 1:64 maka poros roda memiliki 768 ppr. Dengan begitu resolusi encoder tiap detak impuls sebesar 0.46875° .

$$ppr \text{ roda} = 64 \times 12$$

$$pr \text{ roda} = 768$$

Dalam pemrograman dilakukan cuplik external interrupt dalam setiap 0.03 detik (0.03 detik dibuat dalam internal interrupt). Dari sana akan di dapat kecepatan putaran per 0.03 detik.

Karena satuan umum yang biasa dipakai untuk kecepatan putaran adalah revolusi per menit, maka perlu dilakukan konversi satuan dari revolusi per 0.03 detik ke satuan revolusi per menit (rpm). Pertama dilakukan konversi ke revolusi ke detik dengan persamaan yaitu dikalikan 33.333, angka tersebut di dapat dari 1 di bagi dengan 0,03. Yang mana dalam satu detik terdapat sebanyak 33.333 kali 0,03 detik. Dalam rumus perhitungan kecepatan motor ceialahcount external interrupt.

$$\text{revolusi per detik} = \text{cei} \frac{\text{cei}}{133} \times 33.33$$

Kemudian untuk mendapatkan satuan revolusi per menit dikalikan 60 karena dalam satu menit sama dengan 60 detik.

$$\text{revolusi per menit} = \frac{\text{cei}}{133} \times 33.33 \times 60$$

$$\text{revolusi per menit} = \frac{\text{cei}}{133} \times 2000$$

Dari perhitungan itulah di dapat rumus perhitungan rpm seperti yang ditunjukkan pada persamaan. Perancangan yang ke dua yaitu perancangan kontrol PID. Kombinasi dari kontrol proporsional, aksi kontrol integral, dan aksi kontrol turunan disebut kontrol PID. Kombinasi ini mempunyai keuntungan dan kekurangan tiap masing-masing fungsi dan saling menutupi

kelemahan tiap fungsi. Berikut tiga kombinasi ditunjukkan pada persamaan.

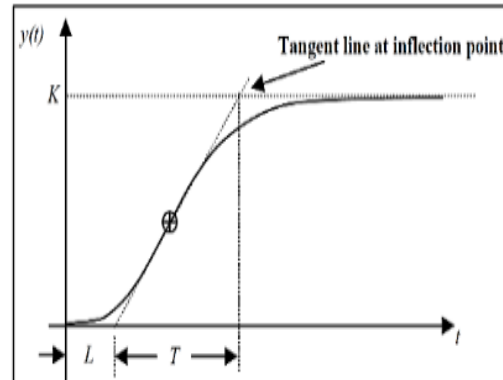
$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Dimana :

- K_p adalah konstanta proporsional
- K_i adalah konstanta integral
- K_d adalah konstanta diferensial
- Err adalah nilai kesalahan
- $Lasterr$ adalah nilai kesalahan sebelumnya
- T_s adalah sampling time (waktu cuplik)

Kontroler ini mempunyai nilai parameter sebesar yang sebanding dengan nilai error multiplier nilai perbaikannya sebesar .Nilai parameter integral saat koreksi kesalahan kondisi tunak mencapai nol. Nilai standar diferensial untuk meningkatkan respons transien dan meredam getar[5]. Dalam menentukan nilai dari parameter PID tersebut dapat menggunakan banyak metoda. Beberapa penelitian terdahulu telah menerapkan metode-metode dalam menentukan parameter PID. Dalam penelitian[5]. menggunakan kontroler PID pada sistem kendali level cairan dengan metode tuning ZN berbasis arduino dimana hasil penelitian menunjukkan sistem bekerja dengan sangat baik untuk menstabilkan keadaan.

Metode ZN adalah metode untuk penalaan parameter kendali PID dengan cara melakukan percobaan secara eksperimen respon plant terhadap masukan unit-step yang akan menimbulkan kurva S seperti gambar 2.



Gambar 2. Kurva Reaksi Ziegler-Nichols

Kurva berbentuk S mempunyai karakteristik dengan memiliki dua buah parameter, yaitu waktu tunda L dan konstanta waktu T . Kedua parameter tersebut didapatkan dengan menggambar garis tangensial pada titik infleksi kurva S untuk menghasilkan perpotongan garis tangensial dengan garis axis waktu dan garis $c(t) = K$. Selanjutnya untuk menentukan nilai parameter K_p , T_i , dan T_d , nilai L dan T dimasukkan ke rumus.

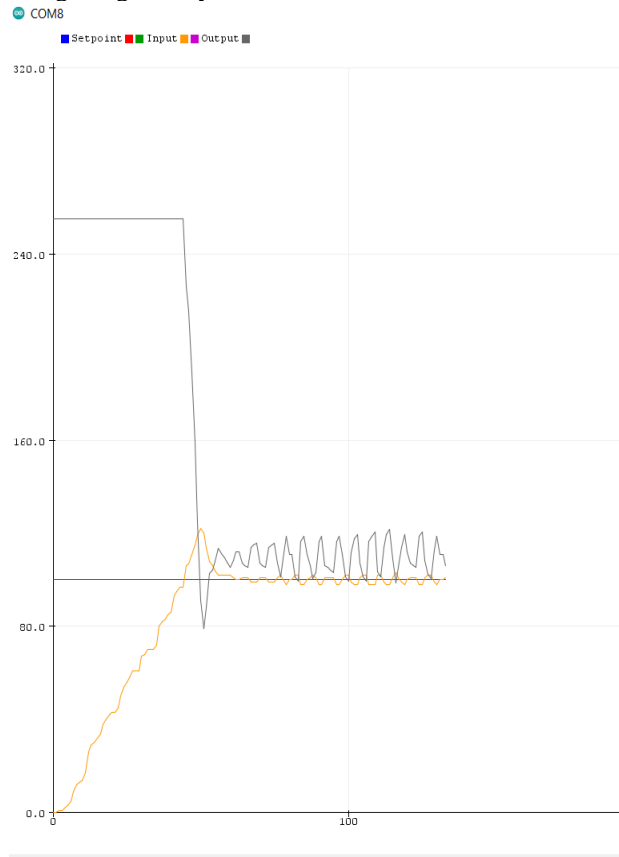
3. Hasil dan Pembahasan

pengujian dilakukan dengan membandingkan pergerakan perpindahan dengan tanpa dan dengan

sistem dengan kontrol PID. Tuning dilakukan dengan cara manual tuning. Tahap tuning pada penelitian ini antara lain:

A. Tuning P

Pada percobaan ini dilakukan tuning parameter P dan didapat nilai $P = 3.8$. Nilai ini didapat dengan mengganti nilai P dengan nilai tertentu dan kemudian ditentukan nilainya dengan pertimbangan overshoot dan steady state error tidak terlalu besar, karena pada saat penambahan parameter I akan membuat overshoot akan bertambah besar dan parameter I juga dapat mengurangi steady state error.

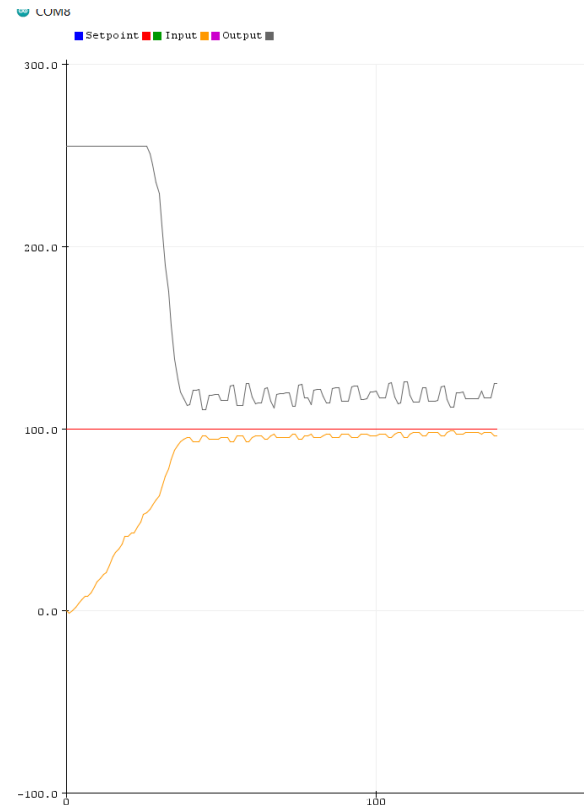


Gambar 3. Trend Respon Kontrol Proporsional

Dari trend respon kontrol proporsional yang ditunjukkan pada Gambar 2 didapat parameter. Parameter kualitatif kontrol P menunjukkan bahwa overshoot masih cukup besar yaitu pada nilai 35.65, rise time juga masih pada angka 0.36 detik dan begitu juga dengan settling time maupun steady state error masih menunjukkan angka yang cukup tinggi. Untuk itu dibutuhkan kontrol tambahan untuk mendapatkan respon kontrol yang lebih baik.

B. Tuning PI

ada tuning ini didapatkan nilai besar variabel integral (I) = 0.4, nilai tersebut didapat dengan melihat grafik percobaan yang memperbaiki nilai rise time pada sistem. Di sisi lain turunnya nilai rise time oleh karena adanya variabel integral juga menaikkan nilai overshoot sehingga membuat sistem tidak stabil.

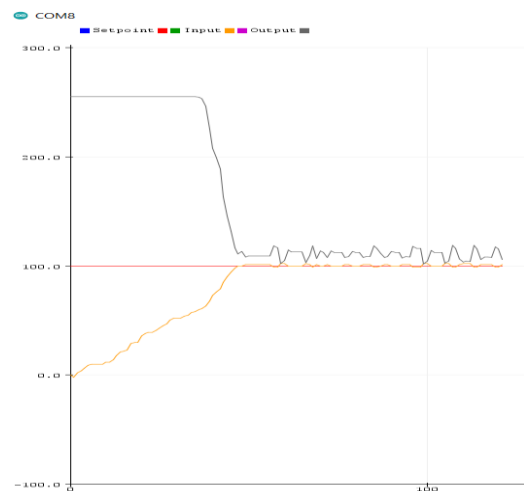


Tabel 4. Trend Respon Kontrol PI

Dari trend respon kontrol proporsional dan integral yang ditunjukkan pada Gambar 3. 6 didapat parameter. tersebut ditunjukkan nilai rise time yang menurun tetapi di sisi lain overshoot menjadi turun. Untuk meredam undershoot tersebut dibutuhkan variabel derivatif yang dapat mengoreksi sebelum terjadi kesalahan.

C. Tuning PID

Nilai derivatif yang sesuai dengan sistem yaitu $K_d = 0.2$. Nilai itu di tuning hingga didapatkan respon yang paling baik, yang dapat menghilangkan underrshoot, mengurangi rise time, settling time dan Error steady state juga berkurang.



Gambar 5. Trend Respon Kontrol PID.

Dilihat pada Gambar 4. dilihat data parameter

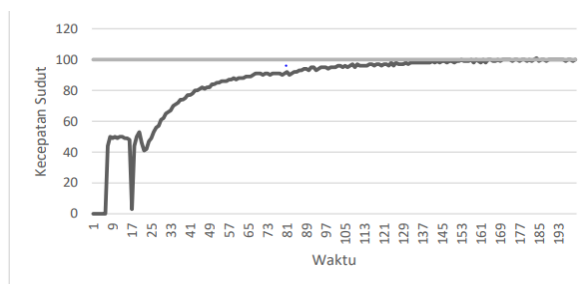
ditambahkan nilai derivatif, underrshoot pada sistem berkurang dan tidak ada lagi isolasi yang terjadi. Rise time sistem juga semakin kecil, settling time juga lebih kecil dari kontrol P atau PI. Settling time yang kecil menandakan sistem mencapai kestabilan dengan cepat. Error steady state juga kecil, sehingga rpm motor mendekati dengan nilai set point.

Tabel 2. Hasil perbandingan nilai set poin terhadap RPM tiap motor.

Set Point	RPM MOTOR		
	M1	M2	M3
100	98.75	100.15	99.21
100	109	98.43	100.14
100	100.15	103.10	97.95
100	102.77	107.37	108.58
100	97.01	101.45	100.57
100	106.10	102.43	100.78
100	103.33	101.21	98.87
100	99.25	100.67	100.31
100	100.15	100.16	103.34
100	100.21	100.15	100.12

D. Tuning Ziegler Nichols

Pada pengujian Ziegler Nichols mempunyai nilai overshoot terendah sebesar 1%, namun pada pengujian mempunyai nilai rise time dan waktu naik tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa nilai pengontrol PID untuk metode ini adalah dan menghasilkan output yang membutuhkan waktu lama untuk mencapai nilai yang diinginkan (set point).



Gambar 6. Trend Respon Kontrol ZN PID.

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dirancang dan dibangun sebuah kendali kecepatan robot beroda omni dengan kemampuan dapat menuju posisi dan orientasi yang diinginkan secara simulasi dan eksperimen berbasis pengendali PID. Berdasarkan hasil PID tuner didapatkan nilai Kp sebesar 3.8, nilai Ki sebesar 0.4 dan nilai Kd sebesar 0.1 Hasil pengujian secara simulasi menunjukkan bahwa robot beroda omni dapat bergerak lurus dengan mengikuti lintasan walaupun masih terdapat error dengan nilai sangat kecil

5. referensi

- [1] Johnson MA, Moradi MH. PID control. London, UK: Springer-Verlag London Limited; 2005.
- [2] Hsu, Yuan-Pao, Ching-Chih Tsai, Zeng-Chung Wang, Yi-Jiang Feng, and Hung-Hsing Lin. "Hybrid navigation of a four-wheeled tour-guide robot." In ICCAS-SICE, 2009, pp. 4353-4358. IEEE, 2009
- [3] A. Birari, A. Kharat, P. Joshi, R. Pakhare, U. Datar, and V. Khotre, "Velocity Control of Omni Drive Robot using PID Controller and Dual Feedback," in 2016 IEEE First International Conference on Control, Measurement and Instrumentation (CMI), 2016, pp. 295-299
- [4] Pujiati, Tari, and Risfendra Risfendra. "Penerapan Kontroler PID Pada Sistem Kendali Level cairan Dengan Metode Ziegler-Nichols Berbasis Arduino." *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia* 2.1 (2021): 55-60.
- [5] Suseno, Eka Widya, and Alfian Ma'arif. "Tuning of PID controller parameters with genetic algorithm method on DC motor." *International Journal of Robotics and Control Systems* 1.1 (2021): 41-53.
- [6] Umam, Faikul, et al. "Obstacle Avoidance Based on Stereo Vision Navigation System for Omni-directional Robot." *Journal of Robotics and Control (JRC)* 4.2 (2023): 227-242.
- [7] Abdulameer, Ashwaq, et al. "Tuning methods of PID controller for DC motor speed control." *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science* 3.2 (2016): 343-349.
- [8] Sucipto, Putra Wisnu Agung, and Annisa Firasanti. "Pengendali PID untuk Pengaturan Kecepatan Gerak Robot Omnidireksional Tiga Roda." *TELKA-Jurnal Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi dan Kontrol* 6.1 (2020): 66-74.
- [9] Kurniawan, Edi. "Analysis and simulation of pi and pid control systems using xcos scilab." *Journal of Technomaterial Physics* 2.2 (2020): 108-116.
- [10] Chia, Kim Seng. "Ziegler-nichols based proportional-integral-derivative controller for a line tracking robot." *Indonesian journal of electrical engineering and computer science* 9.1 (2018): 221-226.

- [11] Bhatti, Sajid Ali, Suheel Abdullah Malik, and Amil Daraz. "Comparison of PI and IP controller by using Ziegler-Nichols tuning method for speed control of DC motor." *2016 International Conference on Intelligent Systems Engineering (ICISE)*. IEEE, 2016.
- [12] ISDARYANI, FENI, MOHAMAD FADHILAH VIERI HESYA, and FERİYONIKA FERİYONIKA. "Sintesis Kendali PID Digital dengan Diskritisasi Langsung dan Backward Difference." *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika* 9.2 (2021): 467.
- [13] Al-Andzar, Muhammad Faqihuddin, and Riky Dwi Puriyanto. "PID Control for Temperature and Motor Speed Based on PLC." *Signal and Image Processing Letters* 1.1 (2019): 7-13.
- [14] Kadry, Seifedine, and Venkatesan Rajinikanth. "Design of PID Controller for Magnetic Levitation System using Harris Hawks Optimization." *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI)* 6.2 (2020): 70-78.
- [15] Purbowaskito, Widagdo, and Chung-Hao Hsu. "Sistem Kendali PID untuk Pengendalian Kecepatan Motor Penggerak Unmanned Ground Vehicle untuk Aplikasi Industri Pertanian." *Jurnal Infotel* 9.4 (2017): 376-381.
-

Omni Wheeled Robot Movement Control with the Ability to Go to the Desired Position (Path Planning) and Odometry

Rinaldo Bona Martua Silitonga¹, Daniel Sutopo Pamungkas, S.T., M.T., Ph.D²

Teknik Robotika, Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

Jl. Ahmad Yani, Teluk Tering, Batam Kota, Batam 29461,

Indonesia

E-mail: rinaldobona174@gmail.com.

Abstrak

Robot omni beroda adalah sistem robotik yang dirancang dengan kemampuan mobilitas serba arah, memungkinkannya untuk bergerak ke segala arah tanpa perlu mengubah orientasi. Penelitian ini mengusulkan dan menganalisis pengembangan kontroler untuk robot omni beroda yang memungkinkan pergerakan tepat menuju posisi yang diinginkan. Metode yang diusulkan memadukan algoritma navigasi dan kontroler gerak untuk memungkinkan robot untuk mengidentifikasi posisi target dan menggerakkan roda-roda secara independen guna mencapai posisi tersebut dengan akurasi tinggi. Pengujian dilakukan melalui simulasi dan implementasi pada platform fisik robot omni beroda untuk mengevaluasi kinerja dari kontroler yang diusulkan. Hasil eksperimen menunjukkan efektivitas kontroler dalam mengarahkan robot secara tepat ke posisi yang ditentukan, memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan dan penerapan lebih lanjut dalam bidang robotika mobilitas serba arah.

Kata kunci: Robot Omni Beroda, Kontroler Gerak Robot, Posisi Tepat, Simulasi Robotika, Odometri

1. PENDAHULUAN

Robotika telah menjadi bidang yang terus berkembang pesat, memperluas batas-batas inovasi dalam berbagai aplikasi. Salah satu pencapaian signifikan dalam bidang ini adalah pengembangan robot omni beroda, sebuah platform mobilitas yang menjanjikan kemampuan manuver yang luar biasa dalam berbagai lingkungan. Robot omni beroda merujuk pada entitas mekanik yang dirancang dengan sistem roda khusus yang memungkinkannya untuk bergerak dalam berbagai arah tanpa harus mengubah orientasi. Dengan kemampuan ini, robot tersebut mampu manuver dengan lebih cepat dan efisien dibandingkan dengan robot konvensional. Pada tulisan ini, kami mengeksplorasi peran serta potensi robot omni beroda dalam berbagai konteks aplikasi, mulai dari industri, layanan publik, hingga lingkungan medis. Kami akan memaparkan prinsip dasar yang mengatur gerakannya, desain konseptual yang mendasarinya, serta penerapan praktis yang telah dilakukan dalam mengoptimalkan kinerja dan manfaatnya. Melalui pemahaman mendalam terhadap teknologi ini, diharapkan tulisan ini dapat memberikan wawasan yang komprehensif tentang potensi besar dan tantangan yang terkait dengan penggunaan robot omni beroda dalam menghadapi beragam situasi dunia nyata.

2. METODE PENELITIAN

A. Path Planning

Dalam konteks robotika, path planning atau perencanaan jalur adalah proses di mana sebuah robot menentukan langkah-langkah atau jalur yang harus diambil untuk mencapai tujuannya dari posisi awalnya. Tujuan dari perencanaan jalur ini adalah untuk menghindari rintangan, meminimalkan waktu atau energi yang diperlukan, dan memastikan keamanan robot serta lingkungan sekitarnya.

Path planning merupakan salah satu masalah mendasar dalam robotika, dan menjadi permasalahan yang banyak dipelajari. Definisi dari path planning sendiri yaitu menemukan gerakan bebas tumbukan antara awal (mulai) dan konfigurasi akhir (tujuan) dalam lingkungan tertentu. Situasi paling sederhana adalah ketika jalur direncanakan dalam lingkungan yang statis, tetapi secara lebih umum path planning juga dapat dirumuskan untuk sistem robot pada kendala kinematik, dalam lingkungan yang dinamis dan tidak diketahui (random).

Berikut adalah beberapa konsep dasar yang terlibat dalam path planning :

1. Representasi Peta Lingkungan, Informasi dalam peta mencakup lokasi rintangan, batas-batas ruangan, dan semua elemen penting lainnya.
2. Fungsi Biaya dan Kriteria Pemilihan Jalur, Tergantung pada tujuan robot, beberapa fungsi

biaya mungkin lebih diutamakan daripada yang lain.

3. Hindaran Rintangan, Algoritma hindaran rintangan diintegrasikan ke dalam perencana jalur untuk memastikan bahwa robot menghindari bertabrakan dengan obyek di sekitarnya.
4. Replanning, Dalam situasi di mana lingkungan berubah, atau ada perubahan dalam tujuan atau rintangan, robot perlu melakukan replanning.
5. Validasi Jalur dan Simulasi, Sebelum diterapkan di dunia nyata, jalur yang dihasilkan perlu divalidasi melalui simulasi. Simulasi memungkinkan untuk mengidentifikasi potensi masalah atau kegagalan yang dapat terjadi selama pergerakan robot.

Perencanaan jalur dalam robotika merupakan bidang penelitian yang luas, dan berbagai teknik dan pendekatan dapat diterapkan tergantung pada kebutuhan dan kondisi spesifik tugas robot.

B. Kinematika

Kinematika dalam robotika adalah cabang ilmu yang mempelajari gerakan dan posisi robot tanpa mempertimbangkan sebab-sebabnya, seperti gaya atau torsi yang dihasilkan oleh motor. Terdapat dua aspek utama dalam kinematika robotika: kinematika maju (forward kinematics) dan kinematika balik (inverse kinematics).

1. Kinematika Maju (*Forward Kinematics*):

1. Kinematika maju berkaitan dengan menghitung posisi dan orientasi ujung efektor (misalnya, tangan robot atau alat kerja) berdasarkan gerakan sendi-sendi robot.
2. Dalam konteks kinematika maju, kita tahu sudut atau panjang masing-masing sendi dan ingin menghitung bagaimana itu memengaruhi posisi dan orientasi akhir dari robot.
3. Solusi kinematika maju membantu menggambarkan bagaimana konfigurasi sendi-sendi menghasilkan gerakan pada level efektor.

2. Kinematika Balik (*Inverse Kinematics*):

1. Kinematika balik berfokus pada menentukan gerakan sendi-sendi yang diperlukan agar robot mencapai posisi dan orientasi tertentu pada efektor.
2. Dalam kinematika balik, kita mengetahui posisi dan orientasi yang diinginkan dari efektor dan ingin mencari tahu sudut atau panjang sendi-sendi yang diperlukan.
3. Ini sering lebih kompleks karena satu posisi dan orientasi akhir dapat memiliki beberapa solusi, dan kadang-kadang solusi tersebut tidak unik.

Kinematika bekerja sama dengan perencanaan jalur (path planning) untuk mencapai pergerakan robot yang

efisien dan akurat, Integrasi ini memungkinkan robot mengikuti jalur yang dihasilkan oleh perencana jalur dengan mengubah pergerakan sendi-sendi secara tepat. Dengan memahami konsep dan aplikasi kinematika, insinyur dan pengembang robot dapat merancang dan mengendalikan robot dengan lebih efektif, memungkinkan robot bergerak secara presisi sesuai dengan kebutuhan dan tugas spesifiknya.

Kinematika dan odometri adalah dua konsep yang saling terkait dalam robotika, terutama dalam konteks pergerakan dan navigasi robot. Hubungan Antara Odometri dan Kinematika ialah,

Kinematika dapat digunakan untuk mengoreksi atau kalibrasi hasil odometri dengan membandingkan posisi dan orientasi yang diestimasi berdasarkan pergerakan roda dengan perhitungan kinematika yang benar.

Penggabungan informasi odometri dengan data kinematika dapat meningkatkan akurasi dan ketepatan pergerakan robot, terutama ketika bekerja dalam lingkungan yang kompleks atau dinamis.

Dengan memadukan informasi odometri dan perhitungan kinematika, sistem dapat memiliki perkiraan yang lebih akurat tentang keadaan aktual robot.

Penting untuk mencatat bahwa penggunaan odometri dan kinematika dalam navigasi dan kontrol robot adalah komplementer satu sama lain. Odometri memberikan informasi langsung tentang pergerakan aktual robot, sementara kinematika membantu memahami relasi geometris dan matematis yang mendasari pergerakan robot tersebut. Integrasi keduanya dapat meningkatkan akurasi navigasi dan pengendalian robot dalam berbagai situasi.

C. Odometri

Odometry adalah penggunaan data dari pergerakan aktuator untuk memperkirakan perubahan posisi secara real time. 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.

$$K \text{ roda} = 2\pi r$$
$$\text{pulsa per mm} = \frac{\text{resolusi encoder}}{K \text{ roda}}$$

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

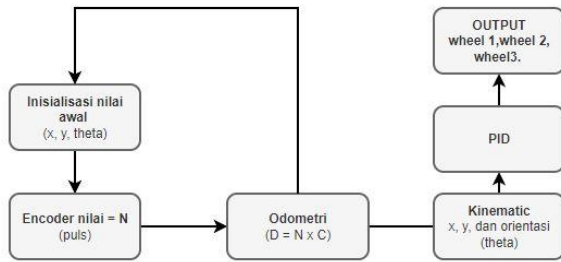
$$Vy = S1 \cos(\delta) - S2 \cos(\delta)$$
$$Vx = S3 - S1 \sin(\delta) - S2 \sin(\delta)$$
$$V\emptyset = S1/L + S2/L + S3/L$$

Dimana, Si (1,2,3) = jarak tempuh dari masing-

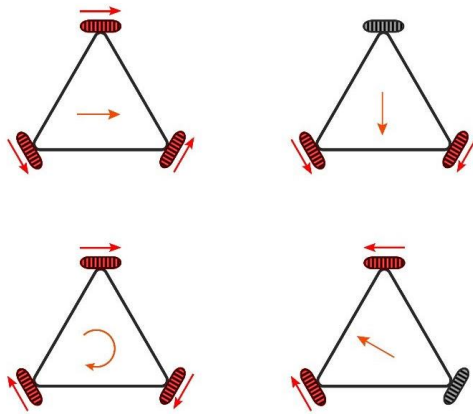
masing roda.

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

$$\begin{bmatrix} Y_{pos} \\ X_{pos} \\ \Theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos(V\theta) & -\sin(V\theta) & 0 \\ \sin(V\theta) & \cos(V\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Vy \\ Vx \\ V\theta \end{bmatrix}$$

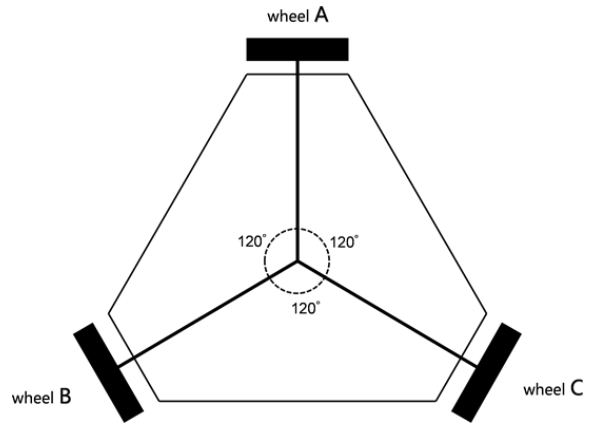


Gambar 2. Flowchart Odometri



Gambar 2. Logika Mekanisme Pergerakan Robot

Pada gambar 2 diatas dapat kita lihat arah pergerakan robot berdasarkan kemana arah masing masing roda bergerak. Ini memungkinkan robot omni wheel 3 roda untuk bergerak secara fleksibel dalam semua arah tanpa harus mengubah arah roda secara tajam, hal ini sangat berguna dalam navigasi di lingkungan yang padat atau ketika perubahan arah yang cepat diperlukan. Sistem ini memungkinkan robot untuk mencapai manuverabilitas tinggi dan kebebasan gerak yang lebih besar dibandingkan dengan robot dengan roda konvensional.



Gambar 3. Sistem Kontrol Gerak Roda Omni

Robot omni wheel 3 roda dilengkapi dengan tiga roda omni-directional yang dipasang pada sudut 120 derajat satu sama lain.

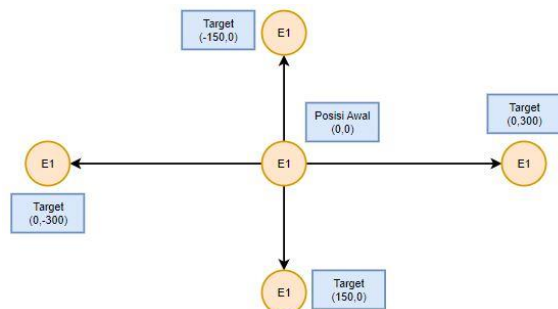
Setiap roda omni-directional memiliki roller atau roda kecil yang dipasang pada sudut 45 derajat terhadap arah putar roda utama. Ini memungkinkan pergerakan bebas ke depan, ke belakang, dan putaran pada saat yang bersamaan.

Jika semua roda berputar maju atau mundur dengan kecepatan yang sama, robot akan bergerak secara translasi ke depan atau ke belakang.

Setiap roda omni-directional memberikan kontribusi pada pergerakan translasi tanpa menyebabkan hambatan satu sama lain.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

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 4. Percobaan Odometri

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	3	-1	-145	1	0
2	-2	293	1	-1	-294	0	146	0	-1	-146	0	0
3	-5	293	1	-9	-295	-5	146	-4	-4	-144	-3	2
4	-3	293	2	2	-293	0	146	-3	0	-143	0	2
5	0	293	0	-2	-293	4	146	1	1	-145	0	1
Posisi Rata Rata	-2	293	1	-1	-294	0	146	-0.4	1	146	-0.6	-1
Rata Rata Error	7.18563704			-5.964054801			-5.393061031			-3.776072683		

Tabel 1. Hasil Percobaan Odometri

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 lantai tidak terupdate dalam waktu tersebut, selain itu juga dapat terjadi karena faktor roda yang selip.

4. KESIMPULAN

Penentuan pergerakan dengan menggunakan odometry rotary lantai 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. Kontrol pergerakan robot beroda omni dengan kemampuan menuju posisi yang diinginkan (path planning) dan odometri adalah pendekatan yang kuat untuk mengoptimalkan navigasi dan manuverabilitas robot di lingkungan yang kompleks. Integrasi antara path planning dan odometri memungkinkan robot omni wheel untuk mengatasi rintangan, mencapai tujuan dengan efisien, dan menjaga akurasi posisi selama pergerakan. Berikut adalah beberapa kesimpulan utama:

5. DAFTAR PUSAKA

[1] AZIZI, Mahmood Reza; RASTEGARPANAH, Alireza; STOLKIN, Rustam. Motion planning and control of an omnidirectional mobile robot in dynamic environments. *Robotics*, 2021, 10.1: 48.

[2] AWALUDIN, M. Fahmi Khusnu; WINARNO, Totok; SIRADJUDDIN, Indrazno. Motion Planning Robot dengan Kontrol Kinematik. *Jurnal Elektronika Otomasi Industri*, 2021, 8.2: 30-38.

[3] HU, Shimin, et al. Triangular omnidirectional wheel motion control system. *Open Access Library Journal*, 2020, 7.08: 1.

[4] WIBOWO, Iwan Kurnianto, et al. Penentuan Posisi Robot Menggunakan Odometry Omniwheel. In: *The Indonesian Symposium on Robot Soccer Competition 2018*. 2018.

[5] KOMORI, Masaharu, et al. Active omni wheel capable of active motion in arbitrary direction and omnidirectional vehicle. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, 2016, 10.6: JAMDSM0086-JAMDSM0086.

[6] SIRADJUDDIN, I. Kinematics and control a three wheeled omnidirectional mobile robot. *International Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 2019, 6.12: 1-6.

[7] WIJAYANTO, Wijayanto; SUSILAWATI, Susilawati. Rancangan Kinematika Gerak Menggunakan Alat Eksperimen Air Track Untuk Media Pembelajaran Fisika Berbasis Video. *Jurnal Informatika UPGRIS*, 2015, 1.2 Desember.

[8] RUSPITASARI, Heni; SUPENO, Supeno; YUSHARDI, Yushardi. Kajian Kinematika Gerak pada Gerak Kendaraan Bermotor di Jalan Kabupaten Ngawi sebagai Sumber Belajar Fisika. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 2022, 8.2: 282-292.

[9] RIJALUSALAM, Dhiya Uddin; ISWANTO, Iswanto. Implementation kinematics modeling and odometry of four omni wheel mobile robot on the trajectory planning and motion control based microcontroller. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2021, 2.5: 448-455.

[10] RIJALUSALAM, Dhiya Uddin; ISWANTO, Iswanto. Implementation kinematics modeling and odometry of four omni wheel mobile robot on the trajectory planning and motion control based microcontroller. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2021, 2.5: 448-455.

[11] CHAUDHARI, Tejas, et al. Path Planning and Controlling of Omni-Directional Robot Using Cartesian Odometry and PID Algorithm. In: *2019 International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON)*. IEEE, 2019. p. 63-68.

- [12] HARO, Felipe; TORRES, Miguel. A comparison of path planning algorithms for omni-directional robots in dynamic environments. In: 2006 IEEE 3rd Latin American robotics symposium. IEEE, 2006. p. 18-25.
- [13] LENG, Chuntao; CAO, Qixin; HUANG, Yanwen. A motion planning method for omnidirectional mobile robot based on the anisotropic characteristics. International Journal of Advanced Robotic Systems, 2008, 5.4: 45.
- [14] SOFWAN, Aghus, et al. Development of omni-wheeled mobile robot based-on inverse kinematics and odometry. In: 2019 6th International Conference on Information Technology, Computer and Electrical Engineering (ICITACEE). IEEE, 2019. p. 1-6.
- [15] LEE, Kooktae; CHUNG, Woojin; YOO, Kwanghyun. Kinematic parameter calibration of a car-like mobile robot to improve odometry accuracy. Mechatronics, 2010, 20.5: 582-595.
-