

Pemodelan Kinematika *Four Wheel Swerve Drive* Menggunakan Pendekatan Geometri dan Trigonometri

Ade Fitra Rohmansyah¹, Noorman Rinanto², Ryan Yudha Adhitya³, Ii Munadhif⁴, Isa Rachman⁵, Muhammad Khoirul Hasin⁶, Agus Khumaidi⁷, Zindhu Maulana Ahmad Putra⁸

e-mail: ade.fitra@student.ppns.ac.id¹, noorman.rinanto@ppns.ac.id², ryanyudhaadhiya@ppns.ac.id³,
iimunadhif@ppns.ac.id⁴, isarachman@ppns.ac.id⁵, khoirul.hasin@ppns.ac.id⁶, aguskhumaidi@ppns.ac.id⁷,
zindhu@ppns.ac.id⁸

^{1,2,3,4,5,6,7,8} Program Studi Teknik Otomasi, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 7 Juni 2024

Direvisi 26 Juli 2024

Diterbitkan 31 Juli 2024

Kata kunci:

Swerve drive
Kinematika
Geometri
Trigonometri

Keywords:

Swerve drive
Kinematic
Geometry
Trigonometry

ABSTRAK

Robotika telah mengalami transformasi yang signifikan dan telah menjadi salah satu bidang teknologi yang paling menakutkan selama abad ke-21 seperti pada robot beroda. Salah satu mekanisme yang dapat membuat robot beroda bergerak secara cepat yaitu dengan *swerve drive*. *Swerve drive* merupakan *drive-train omnidirectional* yang semua rodanya dikemudikan dan digerakkan secara independen. Agar mendapatkan hasil yang maksimal dalam penggunaan mekanisme *swerve drive* maka diperlukan pemodelan kinematika agar semua roda dapat terintegrasi dan menciptakan pergerakan robot yang cepat dan dapat melakukan manuver dengan baik. Pemodelan kinematika pada robot berfungsi untuk menyederhanakan masukan yang diberikan kepada robot dan memaksimalkan keluaran kepada masing-masing motor. Metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan pemodelan kinematika pada mekanisme *four wheel swerve drive* yaitu dengan melakukan pendekatan geometri dan trigonometri. Pendekatan geometri dan trigonometri sangat cocok diterapkan pada pemodelan kinematika dari robot yang memiliki *basic* hubungan ruang dan segitiga dari penjabaran vektor antar gayanya. Hasil pengujian yang telah dilakukan yaitu kinematika dapat membuat robot bergerak secara efektif dengan penyederhanaan masukan yang diberikan namun tetap dengan keluaran yang maksimal. Kinematika untuk *four wheel swerve drive* memiliki respon sistem yang baik dengan pendekatan secara geometri dan trigonometri.

ABSTRACT

Robotics has undergone a significant transformation and has become one of the most amazing fields of technology in the 21st century, such as wheeled robots. One mechanism that can make wheeled robots move quickly is a swerve drive. Swerve drive is an omnidirectional drivetrain in which all wheels are steered and driven independently. In order to get maximum results when using the swerve drive mechanism, kinematic modeling is needed so that all wheels can be integrated and create fast robot movements that can maneuver well. Kinematic modeling on robots functions to simplify the input given to the robot and maximize the output from each motor. The method that can be used to obtain kinematic modeling of the four-wheel swerve drive mechanism is by taking a geometric and trigonometric approach. The geometric and trigonometric approaches are very suitable to be applied to modeling the kinematics of robots, which have basic spatial and triangular relationships based on the description of vectors



between their forces. The results of the tests that have been carried out show that kinematics can make the robot move effectively by simplifying the input given, but still with maximum output. The kinematics for the four-wheel swerve drive have a good system response with a geometric and trigonometric approach.

Penulis Korespondensi:

Ade Fitra Rohmansyah,
Program Studi Teknik Otomasi,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,
Jalan Teknik Kimia, Keputih, Sukolilo, Surabaya No. 9, Jawa Timur, Indonesia, 60111
Email: ade.fitra@student.ppnns.ac.id
Nomor HP/WA aktif: +62856-5589-7632

1. PENDAHULUAN

Robotika telah mengalami transformasi yang signifikan dan telah menjadi salah satu bidang teknologi yang paling menakjubkan selama abad ke-21. Saat ini banyak sekali jenis robot yang sudah berkembang, salah satunya adalah robot beroda. Robot beroda cukup mendapat banyak perhatian dikarenakan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan robot berkaki atau lainnya. Beberapa keunggulannya yaitu seperti stabilitas yang lebih baik, kecepatan pergerakan tinggi, dan efisiensi energi yang lebih optimal. Hal ini membuat robot beroda digunakan sebagai mekanisme utama dalam aplikasi pada industri, transportasi, layanan publik, bahkan di beberapa perlombaan. Pada robot beroda pun ada beberapa mekanisme yang bisa digunakan, seperti *fixed-wheel mechanism*, *swerve drive mechanism*, *omni wheel mechanism*, *meccanum wheel mechanism*, dan lainnya.

Mekanisme *swerve drive* merupakan salah satu jenis mekanisme yang banyak di gunakan pada robot dikarenakan memiliki tingkat manuverabilitas yang tinggi[1]. *Swerve drive atau steering wheel mechanism* merupakan *drive-train omnidirectional* yang semua rodanya dikemudikan dan digerakkan secara independen[2]. Hal ini memungkinkan robot dapat melakukan pergerakan segala arah. Meskipun mekanisme *swerve drive* dapat membuat robot melakukan manuverabilitas yang sangat tinggi, mekanisme ini memiliki sistem yang cukup kompleks. Setiap mekanisme *swerve drive* memiliki sistem penggerak dan kemudi yang keduanya tidak dapat dipisahkan. Mekanisme *swerve drive* secara umum terdiri dari dua motor yang masing-masing berfungsi sebagai penggerak dan kemudi, roda serta sensor rotary encoder.

Agar mendapatkan hasil yang maksimal dalam penggunaan mekanisme *swerve drive* maka diperlukan pemodelan kinematika agar semua roda dapat terintegrasi dan menciptakan pergerakan robot yang cepat dan dapat melakukan manuver dengan baik. Pemodelan kinematika pada robot berfungsi untuk menyederhanakan masukan yang diberikan kepada robot dan memaksimalkan keluaran kepada masing-masing motor[3]. Salah satu metode yang digunakan untuk mendapatkan pemodelan kinematika dari mekanisme *swerve drive* yaitu dengan pendekatan secara geometri dan trigonometri.

Metode geometri dan trigonometri telah menjadi pengetahuan penting untuk menyelesaikan masalah dalam berbagai bidang, termasuk robotika. Geometri merupakan salah satu cabang matematika yang mempelajari karakteristik hubungan antara garis, sudut, bidang, serta ruang[4]. Sedangkan untuk Trigonometri merupakan salah satu cabang ilmu matematika yang mempelajari tentang hubungan sisi dan sudut dari segitiga[5]. Hal ini membuat



pendekatan geometri dan trigonometri sangat cocok diterapkan pada pemodelan kinematika dari robot yang memiliki *basic* hubungan ruang dan segitiga dari penjabaran vektor antar gayanya.

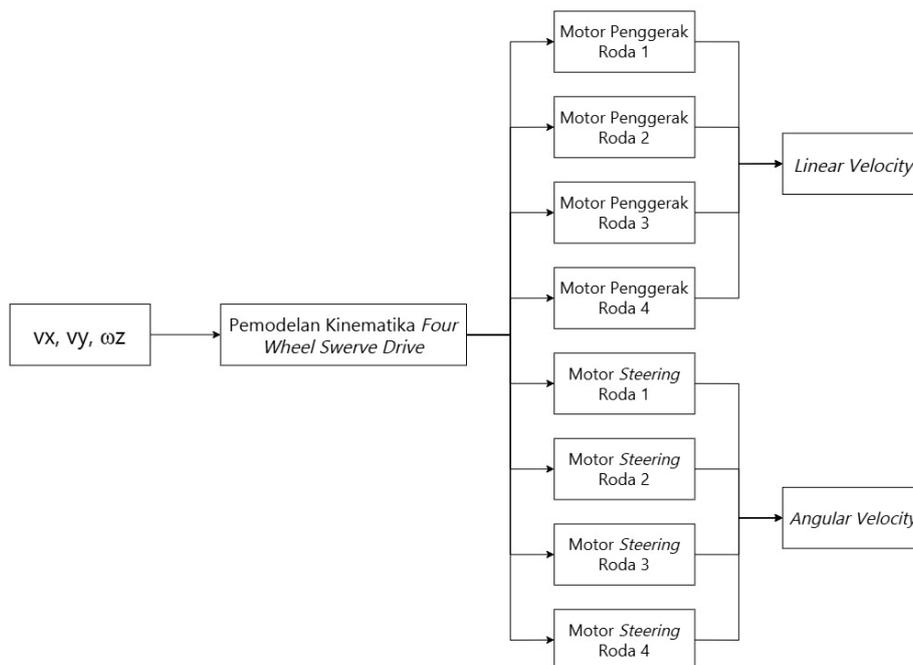
Tujuan dari penulisan ini yaitu penggunaan metode pendekatan geometri dan trigonometri untuk diimplementasikan pada pemodelan kinematika robot yang menggunakan mekanisme *swerve drive*. Pendekatan geometri dan trigonometri berfungsi untuk mendapatkan pemodelan kinematika sebagai gerak dasar untuk mekanisme *swerve drive* sehingga pergerakan yang dihasilkan bisa efektif dan maksimal

2. METODE PENELITIAN

Konsep penelitian digunakan sebagai landasan untuk menyelesaikan penelitian untuk tugas akhir ini. Fokus pada penelitian ini yaitu implementasi pemodelan kinematika untuk mekanisme *swerve drive* empat roda.

2.1 Diagram Blok Sistem

Mekanisme *swerve drive* merupakan mekanisme pergerakan robot yang kontrol kemudi dan kecepatan rodanya dilakukan secara independen. Kinematika mekanisme *swerve drive* secara keseluruhan tentunya akan menggabungkan kinematika dari penggerak untuk kecepatan linear dan kinematika dari kemudi untuk kecepatan sudut.



Gambar 1: Diagram blok sistem

Gambar 1 menunjukkan masukan yang akan diberikan yaitu berupa v_x , v_y , dan ω_z . Masukan tersebut akan diproses oleh kinematika hingga menghasilkan masing-masing nilai untuk motor agar robot dapat bergerak ke arah yang sesuai dengan masukan yang diberikan.

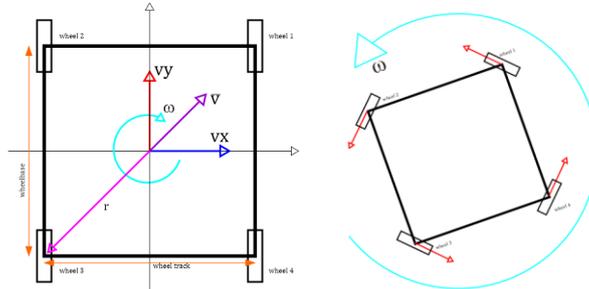
2.1 Kinematika Robot Beroda

Kinematika adalah salah satu cabang ilmu yang mempelajari gerak tanpa meninjau penyebab dari gerak itu terjadi [6]. Ketika diimplementasikan pada dunia robotika, kinematika robot merupakan keilmuan yang mempelajari pergerakan dari bagian-bagian robot tanpa memperhatikan gaya yang menyebabkan bagian dari robot tersebut bisa bergerak [7]. Ada beberapa jenis kinematika pada robot beroda, seperti *internal kinematic*, *external kinematic*,



direct/forward kinematic, invers kinematic, dan motion constrains. Pemodelan kinematika menggambarkan hubungan geometri yang ada dalam sistem. Pada robot beroda, pemodelan kinematika sudah cukup untuk merancang sistem penggerak dari robot menggunakan kecepatan sistem melalui persamaan diferensial.

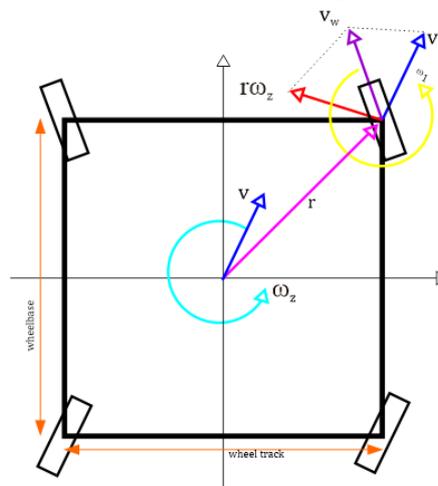
Pemodelan kontrol kinematika robot beroda dilakukan agar robot bisa bergerak dan melakukan perpindahan secara translasi atau rotasi atau bahkan gabungan dari keduanya. Pada robot beroda, gerak translasi akan membuat robot dapat melakukan perpindahan pada sumbu x ataupun sumbu y. Sedangkan untuk gerak rotasi akan membuat robot bergerak berputar ditempat sesuai dengan arah sudut yang diberikan.



Gambar 2. Gerak translasi (kiri) dan gerak rotasi (kanan)

2.1 Kinematika *Four Wheel Swerve Drive*

Pemodelan kinematika untuk *four wheel swerve drive* dilakukan pendekatan menggunakan geometri untuk mendapatkan gerak translasi dan trigonometri untuk mendapatkan gerak rotasi pada sumbu z atau pada sumbu yaw.



Gambar 3: vektor dari roda dan robot

Berikut merupakan keterangan dari gambar 2 dan 3 :

- v = (v_x, v_y) mewakili vektor kecepatan translasi
- v_w = (v_w, v_y) mewakili vektor kecepatan translasi roda
- ω = (ω_z) mewakili vektor kecepatan rotasi
- r = jarak titik pusat robot ke titik tengah roda
- w_b = *wheelbase* / panjang *base* robot
- w_t = *wheeltrack* / lebar *base* robot

Berdasarkan gambar 3 diatas, dengan pendekatan secara geometri maka resultan kecepatan linear pada roda dihasilkan oleh penjumlahan vektor kecepatan linear robot dan tangensial dari kecepatan sudut, seperti pada persamaan berikut :



$$\vec{v}_w = \vec{v} + \vec{\omega}_z \vec{r} \quad (1)$$

Persamaan tersebut dapat kita uraikan resultan kecepatan linear pada sumbu x dan y, dimana $r_x = wb/2$ dan $r_y = wt/2$ sehingga didapatkan persamaan berikut :

$$v_{wx} = v_x + \omega_z wb/2 \quad (2)$$

$$v_{wy} = v_y + \omega_z wt/2 \quad (3)$$

Persamaan (2) dan (3) merupakan perhitungan pada satu roda mekanisme *swerve drive* untuk gerak secara translasi pada sumbu x dan y. Berdasarkan penjabaran dari vektor dan rumus pada salah satu roda mekanisme *swerve drive* tersebut, maka pemodelan kinematika *four wheel swerve drive* secara keseluruhan didapatkan persamaan berikut :

$$v_{wheel1x} = v_x + \omega_z wb/2 \quad (4)$$

$$v_{wheel1y} = v_y - \omega_z wb/2 \quad (5)$$

$$v_{wheel2x} = v_x + \omega_z wb/2 \quad (6)$$

$$v_{wheel2y} = v_y + \omega_z wt/2 \quad (7)$$

$$v_{wheel3x} = v_x - \omega_z wb/2 \quad (8)$$

$$v_{wheel3y} = v_y + \omega_z wt/2 \quad (9)$$

$$v_{wheel4x} = v_x - \omega_z wb/2 \quad (10)$$

$$v_{wheel4y} = v_y - \omega_z wt/2$$

Dengan mendapatkan perhitungan matematika berdasarkan penjabaran vektor pada masing-masing roda yang ditunjukkan pada persamaan (4) hingga (10), untuk mendapatkan kecepatan pada masing-masing roda diperlukan perhitungan resultan vektor yang dihasilkan antara v_{wheelx} dan v_{wheely} . Sehingga untuk mendapatkan kinematika gerak robot secara translasi didapatkan dari perhitungan berikut.

$$Speed\ wheel1 = \sqrt{(v_{wheel1x})^2 + (v_{wheel1y})^2} \quad (11)$$

$$Speed\ wheel2 = \sqrt{(v_{wheel2x})^2 + (v_{wheel2y})^2} \quad (12)$$

$$Speed\ wheel3 = \sqrt{(v_{wheel3x})^2 + (v_{wheel3y})^2} \quad (13)$$

$$Speed\ wheel4 = \sqrt{(v_{wheel4x})^2 + (v_{wheel4y})^2} \quad (14)$$

Setelah melakukan perhitungan dengan menggunakan pendekatan geometri untuk mendapatkan gerak translasi robot pada sumbu x dan y, maka untuk mendapatkan kinematika gerak robot secara rotasi didapatkan dari perhitungan menggunakan pendekatan trigonometri. Kinematika gerak robot secara rotasi didapatkan dari perhitungan berikut.

$$Angle\ wheel1 = atan2((v_{wheel1x}), (v_{wheel1y})) \times 180/\pi \quad (15)$$

$$Angle\ wheel2 = atan2((v_{wheel2x}), (v_{wheel2y})) \times 180/\pi \quad (16)$$

$$Angle\ wheel3 = atan2((v_{wheel3x}), (v_{wheel3y})) \times 180/\pi \quad (17)$$

$$Angle\ wheel4 = atan2((v_{wheel4x}), (v_{wheel4y})) \times 180/\pi \quad (18)$$

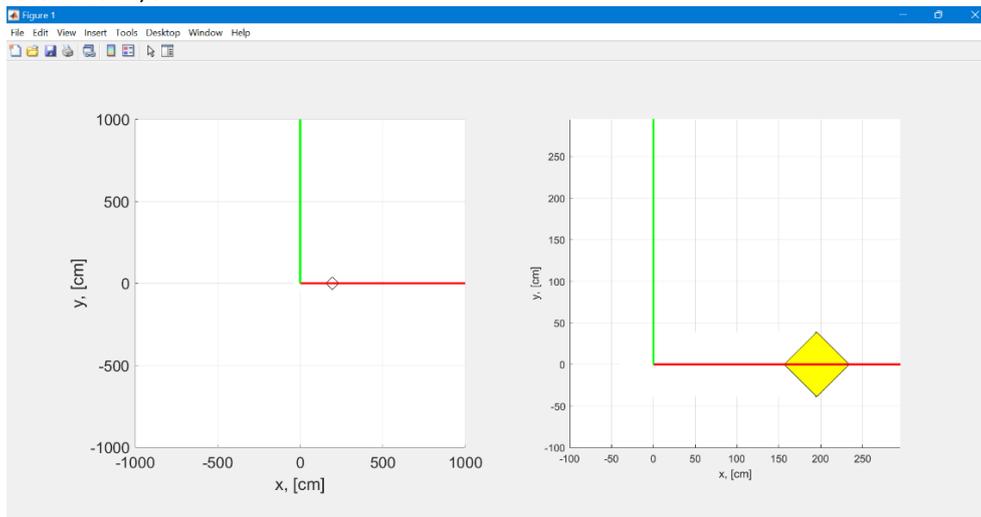
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan kinematika *four wheel swerve drive* dilakukan pengujian dengan melakukan simulasi pada MATLAB. Simulasi dilakukan dengan memasukkan perhitungan matematika yang telah dibuat sebagai program pada MATLAB. Pengujian dilakukan dengan memberikan masukan berupa v_x, v_y , dan ω_z . Hasil dari pengujian tersebut akan ditampilkan menggunakan fungsi *plot* pada MATLAB berupa pergerakan robot sesuai dengan nilai masukan yang



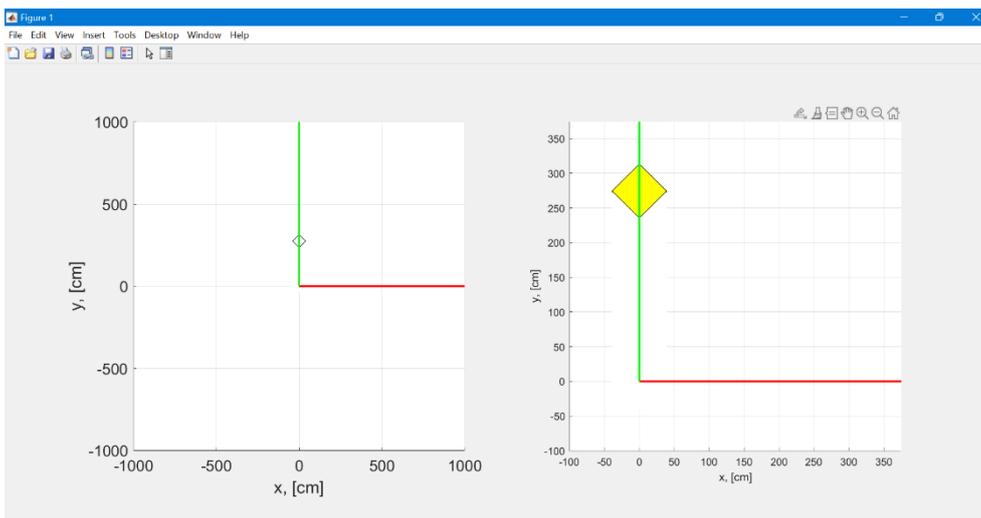
diberikan sehingga bisa mengetahui gerak yang dilakukan robot apakah sudah sesuai dengan masukan yang diberikan atau tidak.

Pengujian pertama, masukan yang berikan kepada kinematika *four wheeled swerve drive* yaitu kecepatan pada sumbu x sebesar 10 m/s.



Gambar 4. Hasil pengujian dengan masukan $v_x = 10\text{m/s}$

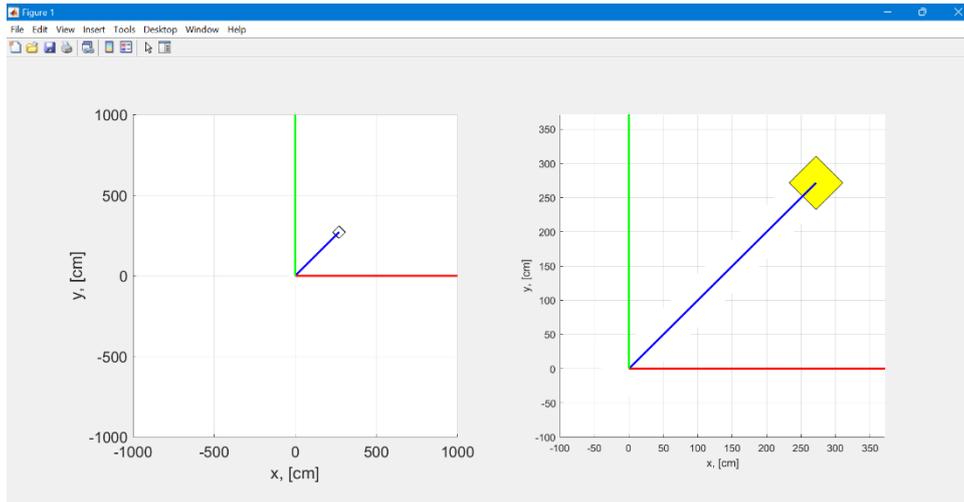
Pada gambar diatas dengan masukan kecepatan pada sumbu x atau v_x sebesar 10 m/s hasil yang didapat yaitu robot bergerak lurus secara konstan pada sumbu x. Lalu untuk pengujian selanjutnya, kinematika robot diberikan masukan kecepatan pada sumbu y atau v_y sebesar 10 m/s.



Gambar 5. Hasil pengujian dengan masukan $v_y = 10\text{m/s}$

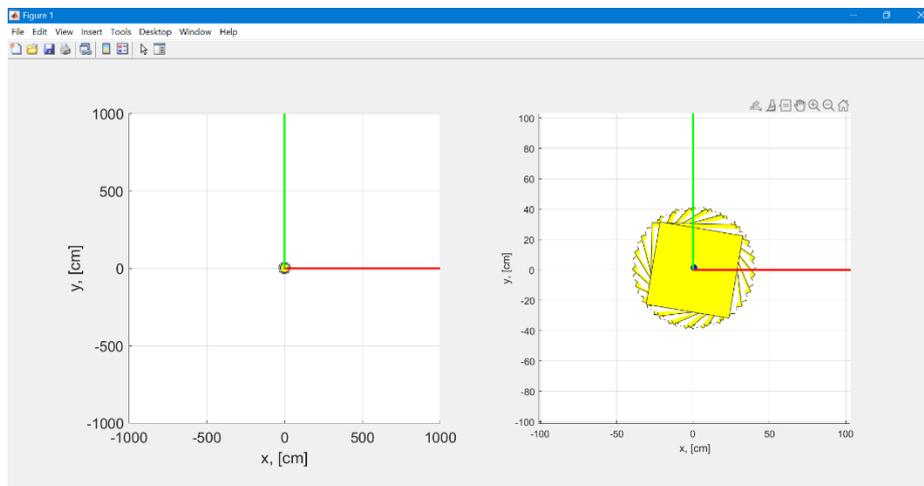
Pada gambar diatas dengan masukan kecepatan pada sumbu y atau v_y sebesar 10 m/s hasil yang didapat yaitu robot bergerak lurus secara konstan pada sumbu y. Pada pengujian lain, kinematika robot diberikan masukan kecepatan pada sumbu x atau v_x sebesar 10 m/s dan sumbu y atau v_y sebesar 10 m/s.





Gambar 6. Hasil pengujian dengan masukan $v_x = 10\text{m/s}$ dan $v_y = 10\text{m/s}$

Hasil yang didapat dengan memberikan masukan $v_x = 10\text{m/s}$ dan $v_y = 10\text{m/s}$ ditampilkan pada gambar 6 diatas. Dimana robot bergerak lurus secara konstan pada resultan sumbu x dan y. Untuk pengujian gerak robot secara rotasi, masukan yang diberikan yaitu $\omega_z = 10\text{m/s}$.



Gambar 7. Hasil pengujian dengan masukan $\omega_z = 10\text{m/s}$.

Hasil yang didapat dengan memberikan masukan $\omega_z = 10\text{m/s}$ ditampilkan pada gambar 7 diatas. Dimana robot bergerak berputar searah jarum jam pada tempatnya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa kinematika dapat membuat gerak robot menjadi lebih efektif dan maksimal. Penyederhanaan masukan yang diberikan kepada robot membuat keluaran yang dihasilkan kepada motor menjadi lebih maksimal. Pemodelan kinematika *four wheel swerve drive* yang didapatkan dari pendekatan secara geometri dan trigonometri menghasilkan respon sistem yang baik. Hasil pengujian yang dilakukan secara simulasi pada MATLAB menunjukkan robot dapat bergerak secara translasi dan/atau rotasi sesuai dengan masukan yang diberikan.



5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada orang tua saya atas do'a dan dukungannya, dosen pembimbing tugas akhir, dosen pembimbing robot, dosen pembina UKM robotika, tim robot Dewaruci, serta keluarga besar teknik otomasi yang telah mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Nurul Achmadiyah, A. anwar Rosyidin, A. Pracoyo, I. Siradjuddin, D. A. Permatasari, and G. Al Azhar, "Desain permodelan dan simulasi Field Oriented Control (FOC) menggunakan motor BLDC," *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, vol. 10, no. 3, pp. 361–368, Sep. 2023, doi: 10.33795/elkolind.v10i3.4416.
- [2] Hu Jiawen, "The Chassis Design of the Swerveomni Directional Wheel," *Academic Journal of Engineering and Technology Science*, vol. 4, no. 5, 2021, doi: 10.25236/ajets.2021.040505.
- [3] V. Hendrawan, "IMPLEMENTASI INVERS KINEMATICS PADA SISTEM PERGERAKAN MOBILE ROBOT RODA MEKANUM," Malang, 2014.
- [4] N. Nada Mufti, O. Haki Pranata, and M. M. Rijal Wahid, "STUDI LITERATUR: TANGRAM SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN GEOMETRI," 2020.
- [5] Y. Gusmania and N. Agustyaningrum, "Analisis Pemahaman Konsep Matematis Mahasiswa pada Mata Kuliah Trigonometri," *Jurnal Gantang*, vol. 5, no. 2, pp. 123–132, Sep. 2020, doi: 10.31629/jg.v5i2.2493.
- [6] S. Syuhendri, L. Sania, and H. Akhsan, "PENGEMBANGAN BAHAN AJAR TEKS PERUBAHAN KONSEPTUAL MATERI FISIKA DASAR TOPIK KINEMATIKA," *Jurnal Kumparan Fisika*, vol. 4, no. 1, pp. 43–50, May 2021, doi: 10.33369/jkf.4.1.43-50.
- [7] A. P. Abseno, "PENERAPAN KINEMATIKA UNTUK LOKALISASI PADA ROBOT SEPAK BOLA BERODA," 2019.

