

Sistem Navigasi *Mobile Robot* Penggerak Mekanum Menggunakan Sensor Kompas

Muhammad Satriansyah, Indrazno Siradjuddin, Sungkono

[Submission: 21-08-2021, Accepted: 09-09-2021]

Abstract—Mobile robot is a construction robot that generally has a drive in the form of wheels, legs, and fans, so that it can move positions from one point to another. A distinctive feature of Mobile robots is the automatic movement supported by electronic sensors. In this case, the robot needs an electronic sensor, the Compass Sensor (CMPS12). CMPS12 sensors are commonly used for robots to determine orientation direction and stabilize angles as the robot moves. Based on this research, CMPS12 Compass Sensor can stabilize and determine the orientation direction of mobile robot by determining set point 10°- 360°, Compass Sensor CMPS12 has an average error of 1.27%. To minimize the error from the CMPS12 Sensor, a fuzzy controller is needed. Fuzzy controller is proven to minimize errors, where the mobile robot is given noise, the direction of motion orientation of the robot will stabilize and determine back to the desired set point.

Keywords : Fuzzy Method, Mobile Robot, Compass Sensor CMPS12, MyRio, Labview

Intisari— *Mobile robot* adalah konstruksi robot yang pada umumnya memiliki penggerak berupa roda, kaki, dan kipas, sehingga dapat melakukan perpindahan posisi dari satu titik ke titik yang lain. Ciri khas yang menonjol dari *Mobile robot* salah satunya adalah pergerakan otomatis yang didukung oleh sensor-sensor elektronik. Dalam hal ini, robot membutuhkan sensor elektronik yaitu Sensor Kompas (CMPS12). Sensor CMPS12 biasa digunakan untuk robot menentukan arah orientasi dan menstabilkan sudut saat robot bergerak. Berdasarkan penelitian ini, Sensor Kompas CMPS12 dapat menstabilkan dan menentukan arah orientasi dari *Mobile Robot* dengan menentukan *set point* 10°- 360°, Sensor Kompas CMPS12 memiliki rata-rata *error* yaitu 1,27%. Untuk meminimalisir kembali *error* dari Sensor CMPS12, dibutuhkan suatu kontroler yaitu *Fuzzy Controller* terbukti dapat meminimalisir *error*, dimana *mobile robot* diberikan *noise*, arah orientasi gerak robot akan menstabilkan dan menentukan kembali ke *set point* yang diinginkan.

Kata Kunci— Metode Fuzzy, Mobile Robot, Sensor Kompas CMPS12, MyRio, Labview

I. PENDAHULUAN

Di zaman yang serba digital saat ini, teknolog terus berkembang dengan pesat. Salah satunya di bidang teknologi robot, hingga saat ini peran manusia sudah banyak di gantikan dengan teknologi robot. Teknologi banyak di manfaatkan terutama di dalam bidang industri dengan tujuan untuk meningkatkan jumlah produktivitasnya. Dalam hal ini, robot yang pada awalnya hanya digunakan untuk memproduksi dalam industri, saat ini robot dapat digunakan untuk mempermudah kegiatan manusia yaitu terutama dalam sektor pendidikan. Definisi robot itu sendiri adalah sebuah perangkat yang terbentuk dari sistem mekanik, elektrik, dan software. Dalam pengoperasiannya, pengendalian robot dapat dilakukan dengan pengawasan manusia (manual) ataupun dengan menggunakan suatu algoritma pemrograman kecerdasan artifisial (otomatis) yang tidak memerlukan campur tangan manusia [1]

Mobile Robot biasanya menggunakan penggerak yang berupa roda, kaki, maupun kipas, sehingga dapat memindahkan posisi robot dari titik awal ke titik yang dituju. Mobile robot mempunyai ciri khas yaitu pergerakannya secara otomatis yang didukung oleh sensor-sensor elektronik. Agar tidak salah dalam menentukan arah maka robot harus dilengkapi dengan sistem navigasi. Sehingga robot dapat mengambil arah yang benar, ke arah mana yang diharapkan untuk mencapai titik tertentu dan memungkinkan untuk sampai ke posisi tujuan mobile robot. [2]

Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini dikembangkan sebuah sistem kendali menggunakan Fuzzy Logic Controller untuk menghasilkan jalur bebas hambatan, dimana jalur tersebut terdapat halangan bergerak dan halangan diam. Metode kecerdasan sebagai sistem kendalinya harus mampu menentukan pergerakan untuk menghindari beberapa halangan bergerak (multiple obstacle) pada area kerja dan

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195

¹Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang , Jln. Soekarno Hatta no. 9 Malang, Jawa Timur, 65141, Indonesia; e-mail: msatriansyah01@gmail.com

^{2,3} Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang , Jln. Soekarno Hatta no. 9 Malang, Jawa Timur, 65141, Indonesia; e-mail: indrazno@polinema.ac.id, sungkono@polinema.ac.id



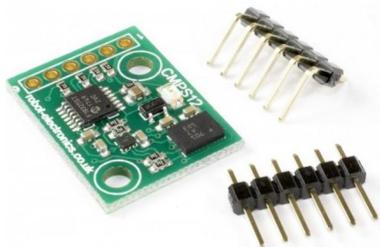
mampu mencapai target yang sudah ditentukan. Alasan pemilihan Fuzzy Logic Controller sebagai sistem kendali karena Fuzzy dapat memodelkan fungsi-fungsi nonlinier yang sangat kompleks menjadi bahasa yang mudah dimengerti. selain itu Fuzzy juga memiliki proses komputasi yang sangat cepat. [3]

Sistem kendali menggunakan Fuzzy juga digunakan untuk navigasi mobile robot berbasis ponsel [4], dalam penelitian tersebut hanya terdapat satu halangan saja. Kombinasi antara Behavior Based Control dengan pembelajaran Fuzzy Q-learning digunakan untuk menyelesaikan permasalahan navigasi pada lingkungan yang tidak terstruktur dan kompleks dengan posisi target yang tidak diketahui [5].

Tujuan dari penelitian ini adalah dapat merancang sistem navigasi *mobile robot* penggerak mekanum menggunakan sensor kompas. Agar pergerakan *mobile robot* dapat menentukan arah hadap orientasi terhadap robot dan menstabilkan atau mempertahankan arah hadap mobile robot apabila diberikan obstacle, maka penelitian ini menggunakan Metode Fuzzy.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Sensor CMPS12

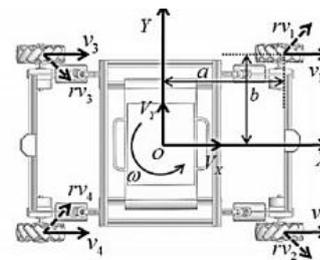


Gambar 1: Sensor CMPS12

Sensor CMPS12 merupakan modul sensor kompas + IMU yang ditenagai oleh 3 jenis sensor yang berbeda. Modul ini ditenagai chip sensor 9-axis IMU BNO055 produksi Bosch yang di dalamnya terdiri dari 3-axis magnetometer, 3-axis gyroscope, dan 3-axis accelerometer. modul ini bekerja pada rentang catu daya yang fleksibel, yaitu antara 3.3 V - 5V. Modul ini juga mendukung 2 tipe komunikasi data, yaitu I2C dan serial yang dapat dipilih sesuai kebutuhan.

B. Kinematic Robot

Pada Gambar 2 dijelaskan bahwa a) merupakan jarak antara roda depan dan titik pusat robot. b) merupakan jarak roda samping dengan titik pusat robot.



Gambar 2: Vektor Pergerakan Robot

v_i merepresentasikan kecepatan roda nomor i , rv_i merepresentasikan kecepatan dari roler, V_x , V_y dan ω merepresentasikan kecepatan robot dan kecepatan sudut dalam sumbu x . Titik tengah pada robot, jarak vertikal, horisontal, arah dan sudut dari roler dan roda biasa didefinisikan sebagai berikut:

i : 1, 2, 3, 4

a_i : {a, a, -a, -a}

b_i : {b, -b, b, -b}

α_i : { $\pi/4$, $-\pi/4$, $-\pi/4$, $\pi/4$ }

v_{xy} : (v_x , v_y) T

Penomoran roda i ($i=1,2,3,4$) merepresentasikan dalam koordinat sistem x dan y dapat dilihat dalam Persamaan 1 sampai Persamaan 3 berikut:

$$v_i + rv_i \cos(\alpha_i) = v_x - b_i \omega \dots \dots \dots (2.5)$$

$$rv_i \sin(\alpha_i) = v_y + a_i \omega \dots \dots \dots (2.6)$$

$$v_i = v_x - b\omega - \frac{v_y + a_i \omega}{\tan(\alpha_i)} \dots \dots \dots (2.7)$$

Kecepatan keempat roda dapat didefinisikan dalam $\tan(\alpha_i)$ = (1, -1, -1, 1). Sehingga dapat diperoleh:

$$v_1 = v_x - v_y - a\omega - b\omega \dots \dots \dots (2.8)$$

$$v_2 = v_x + v_y + a\omega + b\omega \dots \dots \dots (2.9)$$

$$v_3 = v_x + v_y - a\omega - b\omega \dots \dots \dots (2.10)$$

$$v_4 = v_x - v_y + a\omega + b\omega \dots \dots \dots (2.11)$$

Karena, $v = \omega \cdot R$, dengan R adalah jari-jari roda maka persamaannya menjadi:

$$\begin{bmatrix} \omega 1 \\ \omega 2 \\ \omega 3 \\ \omega 4 \end{bmatrix} = \frac{1}{R} \begin{bmatrix} 1 & -1 & -a & -b \\ 1 & 1 & a & b \\ 1 & 1 & -a & -b \\ 1 & -1 & a & b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ \omega \end{bmatrix} \dots \dots \dots (2.12)$$

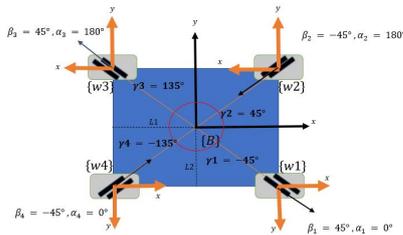


C. Inverse Kinematic Velocity

Pemodelan sistem kontrol kinematics digunakan untuk menentukan parameter pada robot sebagai acuan dalam pengembangan rumus inverse velocity kinematics yang memerlukan acuan spesifikasi dan posisi robot. Perancangan alat ini menggunakan metode kinematics dengan pemodelan rumus inverse velocity kinematics adalah sebagai berikut:

$$g_i(\theta) = \frac{1}{r} \begin{pmatrix} -\sin(\alpha_i + \theta) \tan \beta_i + \cos(\alpha_i + \theta) \\ \sin(\alpha_i + \theta) + \cos(\alpha_i + \theta) \tan \beta_i \\ L1 \cos \gamma_i (\sin(\alpha_i) + \cos(\alpha_i) \tan(\beta_i)) + \\ L2 \sin \gamma_i (\sin(\alpha_i) \tan(\beta_i) - \cos(\alpha_i)) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{pmatrix}$$

dari persamaan diatas memerlukan penyesuaian dengan spesifikasi robot yang telah dibuat sebagai berikut:



Gambar 3: Spesifikasi Robot

Dimana :

α = sudut arah putar roda CW (Clock Wise) terhadap sumbu x robot

β = sudut roller roda terhadap sumbu y roda

γ = sudut titik tengah robot terhadap titik tengah roda

Dari penjelasan diatas dapat diketahui spesifikasi robot, sehingga dapat di masuk kan ke dalam rumus sebagai berikut :

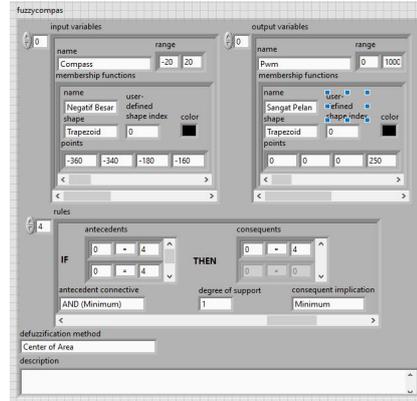
$$J_{inv} = \frac{1}{r} \begin{pmatrix} \cos(\alpha_1) - \sin(\alpha_1) & \sin(\alpha_1) + \cos(\alpha_1) & l1 + l2 \\ \cos(\alpha_2) + \sin(\alpha_2) & \sin(\alpha_2) - \cos(\alpha_2) & l1 + l2 \\ \cos(\alpha_3) - \sin(\alpha_3) & \sin(\alpha_3) + \cos(\alpha_3) & l1 + l2 \\ \cos(\alpha_4) + \sin(\alpha_4) & \sin(\alpha_4) - \cos(\alpha_4) & l1 + l2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

D. Logika Fuzzy

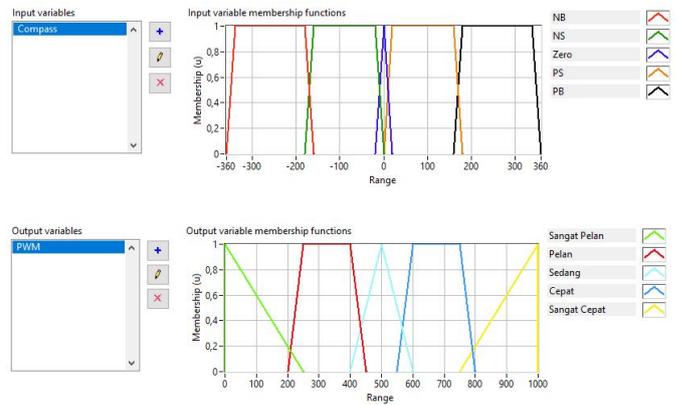
Pada Perancangan mobile robot ini, fungsi dari Logika Fuzzy diterapkan untuk masalah-masalah yang mengandung unsur ketidakpastian (uncertainty), ketidaktepatan (imprecise),

Muhammad Satriansyah: Sistem Navigasi Mobile Robot ...

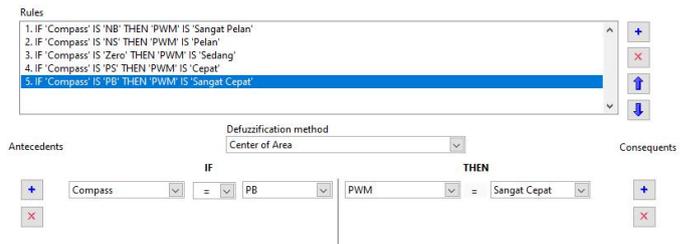
noisy, dan sebagainya. Logika Fuzzy menjembatani bahasa mesin yang presisi dengan bahasa manusia yang menekankan pada makna atau arti (significance). Logika Fuzzy dikembangkan berdasarkan bahasa manusia (bahasa alami). Berikut ini adalah gambar grafik sistem Fuzzy dari mobile robot yang digunakan:



Gambar 4: Sistem Fuzzy Keseluruhan



Gambar 5: Membership Function Input Output dari Fuzzy



Gambar 6: Rules

E. MyRio

MyRio merupakan salah satu perangkat keras yang dapat memanipulasi fungsi – fungsinya untuk membuat berbagai sistem. MyRio menggunakan ARM prosesor yang merupakan



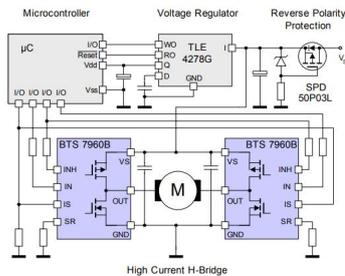
sebuah FPGA prosesor dengan menggunakan fitur – fitur yang ada dapat dibuat sistem yang lebih kompleks.



Gambar 7: MyRio

F. Driver Motor H-Bridge BTS7960

Kontrol Motor DC High Current pada driver motor DC ini dapat mengeluarkan arus hingga 43A, dengan memiliki fungsi PWM. Tegangan sumber DC yang dapat diberikan antara 5.5V – 27V DC, sedangkan tegangan input level antara 3.3V – 5Vdc, driver motor ini menggunakan rangkaian full H-bridge dengan IC BTS7960 dengan perlindungan saat terjadi arus yang Panas atau berlebihan.



Gambar 8: Driver Motor H-Bridge BTN7960

G. Motor DC PG28

Motor DC PG28 adalah motor dc geared yaitu motor dc dengan tambahan gearbox. Fungsi dari tambahan gearbox ini adalah untuk menambah besar torsi pada motor dc tersebut. Motor DC PG-45 ini memiliki torsi kurang lebih 7kgcm dengan kecepatan maksimum sebesar 800RPM.

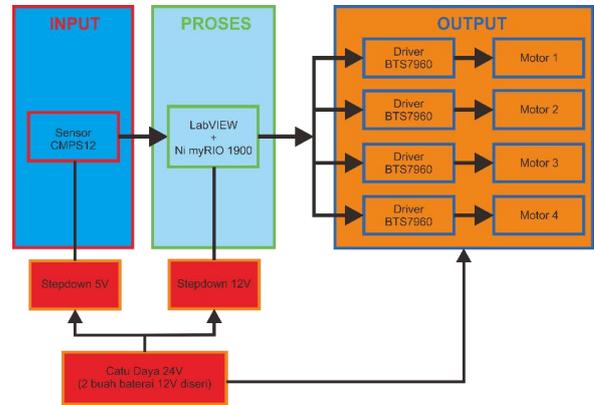


Gambar 6: Motor DC PG28

III. METODE PENELITIAN

H. DIAGRAM BLOK SISTEM

Gambar 7 merupakan diagram blok sistem dari penelitian ini. Diagram blok sistem ini mempunyai 3 blok, yaitu input, proses dan output.

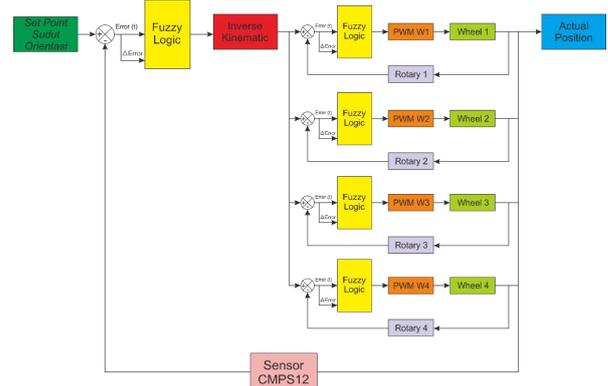


Gambar 9: Blok Diagram Sistem

Dari blok diagram tersebut dapat diamati bahwa kita menggunakan input dari Sensor CMPS12. Sensor CMPS12 digunakan untuk mengetahui arah hadap dari robot itu sendiri.

Setelah itu, data arah hadap dari robot tersebut diolah dengan algoritma kinematic oleh kontroler MyRio menggunakan Metode Fuzzy di Software Labview. Kemudian setelah diproses melalui kontroler MyRio menggunakan Software Labview, output dari system ini adalah PWM yang digunakan untuk menggerakkan aktuator berupa motor.

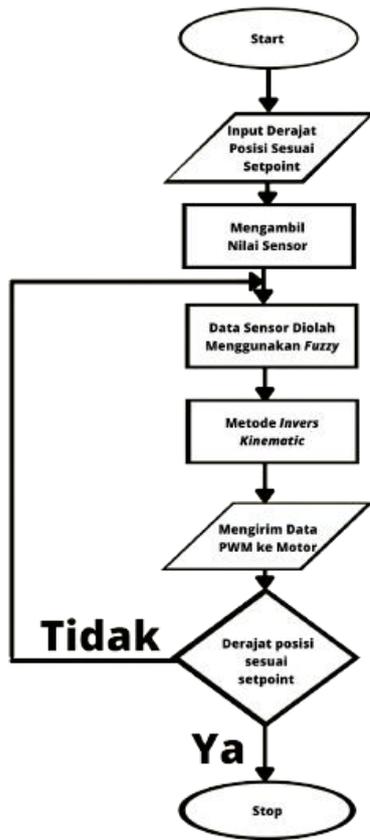
I. DIAGRAM BLOK SISTEM



Gambar 10 : Blok Diagram Sistem Kontrol Sensor CMPS12



J. ALGORITMA ROBOT



Gambar 11 : Diagram Alir Robot

Saat robot dinyalakan, Sensor CMPS12 akan mendeteksi berapa sudut arah hadap pada robot diposisi awal. Kemudian diberikan nilai setpoint terhadap sudut arah hadap sesuai yang diinginkan. Robot akan membandingkan nilai setpoint dengan pembacaan sensor. Hasil perbandingan nilai tersebut menjadi nilai input ke fuzzy untuk diolah, jika tidak sesuai dengan nilai setpoint, hasil yang telah diolah di fuzzy akan diteruskan ke inverse kinematic yang nantinya output dari inverse kinematic berupa pwm akan dikirimkan ke motor. Apabila nilai setpoint tidak sesuai dengan nilai pembacaan sensor, robot akan memerintahkan robot untuk menyesuaikan setpoint. Apabila sesuai dengan nilai setpoint, robot akan berhenti.

IV. HASIL DAN ANALISA

K. PENGUJIAN DAN ANALISA INVERSE KINEMATIC

Pada Pengujian *Inverse Kinematic* berguna untuk menentukan apakah kecepatan sudut pada masing-masing roda *mobile robot* sudah sesuai dengan setiap pergerakan dari Muhammad Satriansyah: Sistem Navigasi Mobile Robot ...

posisi yang ingin dicapai. Dengan memberikan input berupa (V_x , V_y , dan ω) kemudian dimasukkan dalam persamaan *inverse kinematic* robot yang nantinya akan menghasilkan ω_1 , ω_2 , ω_3 , dan ω_4 . Berikut ini adalah hasil pengujian dan pemrograman:

Tabel 1: Pengujian Inverse Kinematic

θ	V_x	V_y	ω	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4
0°	70	0	0	28,1	28,1	28,1	28,1
45°	70	70	0	0	28,1	28,1	0
90°	0	70	0	-28,1	28,1	28,1	-28,1
135°	-70	70	0	28,1	0	0	28,1
180°	-70	0	0	-28,1	-28,1	-28,1	-28,1
225°	-70	-70	0	0	-28,1	-28,1	0
270°	0	-70	0	28,1	-28,1	-28,1	28,1
315°	70	-70	0	-28,1	0	0	-28,1

Pada Tabel 1 dapat diambil kesimpulan bahwasannya nilai yang ditentukan pada input V_x , V_y , dan ω dengan sudut 0° - 315° menghasilkan masing-masing ω_1 , ω_2 , ω_3 , ω_4 (Kecepatan Sudut) sesuai dengan setiap pergerakan dari posisi yang ingin dicapai.

L. PENGUJIAN DAN ANALISA SENSOR CMPS12 MENGGUNAKAN METODE FUZZY

Pada percobaan nilai data sensor kompas yang semula berada pada range 0 - 360 . Sehingga dengan begitu tidak ada masalah bila lapangan menghadap kemanapun. Arah hadap orientasi robot dapat diubah-ubah tergantung track yang ingin dituju. Dengan ini hasil pengujian *Sensor CMPS12* memberikan data yang akurat dan perancangan data tersebut mampu menentukan arah orientasi CMPS12 yang akan digunakan oleh robot terhadap track yang dituju. Dari beberapa percobaan *Sensor CMPS12* di bawah ini dapat diambil kesimpulan bahwa *Sensor CMPS12* akurat dengan nilai presentase eror yang kecil. Berikut adalah data hasil pengujian *Sensor CMPS12* :



Tabel 2: Pengujian Sensor CMPS12 dengan Kontrol Fuzzy

Sensor CMPS12 (°)	Arah Hadap Robot (°)	Error (%)
25,4118	25	0,002059
40,9412	40	0,004706
80,4706	80	0,002353
100,235	100	0,001175
180,706	180	0,00353
241,412	240	0,00706
276,706	275	0,00853
341,647	340	0,008235

M. PENGUJIAN DAN ANALISA ERROR ORIENTASI MOBILE ROBOT MENGGUNAKAN KONTROL FUZZY

Tabel 3 : Tabel Intuisi dari Pengujian Error Orientasi mobile Robot

θ	NB	NS	Z	PS	PB
NB	NB	Z	Z	Z	PB
NS	NB	Z	Z	Z	PB
Z	NB	Z	Z	Z	PB
PS	NB	Z	Z	Z	PB
PB	NB	Z	Z	Z	PB

Keterangan:

Dengan Asumsi Setpoint ke Arah Orientasi Z (-20° sampai dengan 20°)

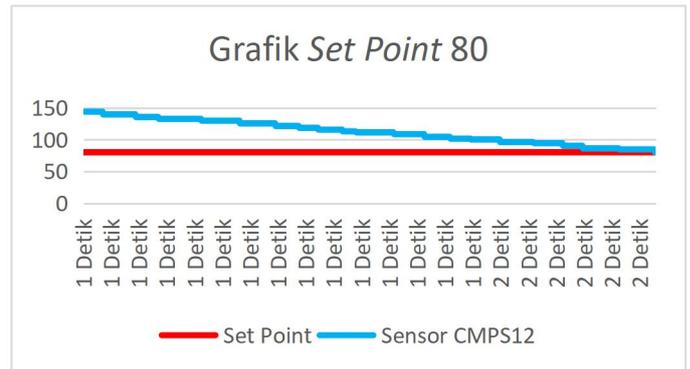
- NB (-360° sampai dengan -180°)
- NS (-180° sampai dengan 0°)
- Z (-20° sampai dengan 20°)
- PS (0 derajat sampai dengan 180 derajat)
- PB (180 derajat sampai dengan 360 derajat)

Dari Hasil Pengujian Tabel 2 dapat diambil kesimpulan bahwa, untuk set point ke Arah Orientasi Z, kontrol Fuzzy

dapat merespon kembali kearah orientasi tersebut dengan catatan Error Orientasi pada Sensor CMPS12 berada pada error -180° (kemiringan kearah kiri) sampai dengan 180° (kemiringan kearah kanan). Jika error orientasi diatas -180° (kemiringan kearah kiri) atau 180° (kemiringan kearah kanan), mobile robot wajib melakukan gerak memutar terlebih dahulu kearah orientasi Z (-20° sampai dengan 20°).

N. PENGUJIAN REAL TIME SENSOR CMPS12 MENGGUNAKAN KONTROL FUZZY

Berikut ini adalah grafik dari Pengujian Error pada setpoint 80°:

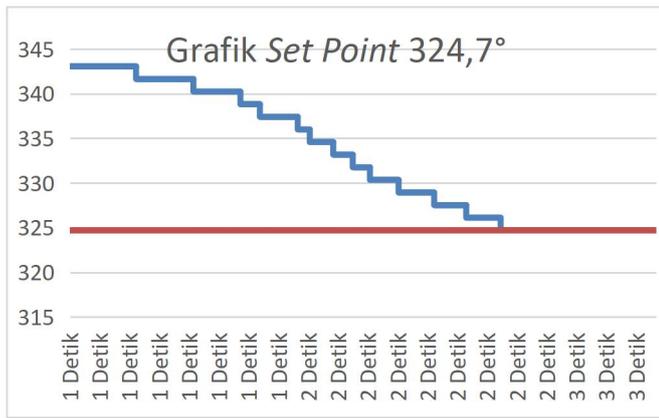


Gambar 12: Grafik Pengujian Setpoint Orientasi 80°

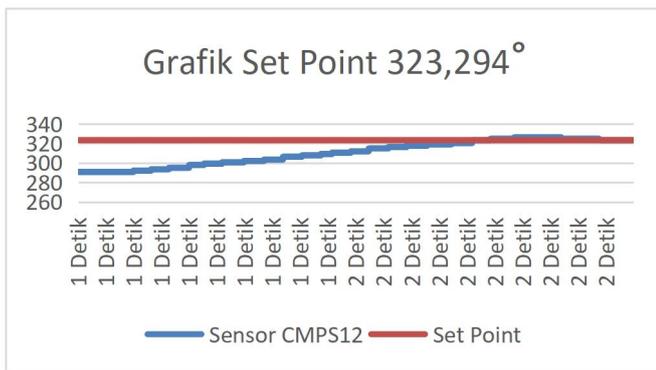
Gambar 12 merupakan pengujian mobile robot kearah orientasi yang ditentukan. Set point yang digunakan yaitu 80°, pembacaan Sensor CMPS12 80,4706° dengan membutuhkan waktu selama 3 detik untuk sesuai dengan set point yang ditentukan. Hal ini dapat diambil kesimpulan bahwa pada pembacaan error rata-rata sensor CMPS12 yang tidak menggunakan controller sebesar 1,27%, ketika menggunakan controller Fuzzy, pembacaan error pada Sensor CMPS12 dapat diminimalisir menjadi 0,004706%.

O. PENGUJIAN MEMPERTAHANKAN ARAH ORIENTASI TERHADAP NOISE





Gambar 13: Grafik Menyesuaikan Sudut Kearah Orientasi 324,7°



Gambar 14: Grafik Menyesuaikan Sudut Kearah Orientasi 323,294°

Gambar 13 dan Gambar 14 adalah grafik pengujian mobile robot ketika diberikan noise sebesar $18,359^\circ$ dan $32,47^\circ$. Sehingga dapat diambil kesimpulan, ketika robot memiliki error 0° sampai $32,47^\circ$ (Error Orientasi kearah kanan) atau 0° sampai $-32,47^\circ$ (Error Orientasi kearah Kiri) dapat menyesuaikan setpoint dan ketika diatas $32,47^\circ$ (Error Orientasi kearah kanan) atau diatas $-32,47^\circ$ (Error Orientasi kearah kiri) robot tidak dapat menyesuaikan setpoint, sehingga robot diwajibkan melakukan gerak memutar kearah orientasi yang diinginkan terlebih dahulu.

V. PENUTUP

1. Pergerakan robot mengalami perubahan sudut dan arah posisi dapat teridentifikasi, sehingga Fuzzy Logic Controller sebagai sistem kendalinya mengolah informasi tersebut untuk menghasilkan keputusan dalam mengembalikan mobile robot keset point yang diinginkan.
2. Kecepatan dalam mengambil keputusan menggunakan Fuzzy dalam hal mengolah informasi

sangat baik, ini terbukti mobile robot selalu mengembalikan arah orientasi dan sudut ke set point.

3. Saat mempertahankan arah orientasi dan sudut, sistem kendali lain dalam hal ini wall following yang juga menggunakan Fuzzy Logic Controller juga bekerja dengan baik.
4. Ketika diberikan gangguan (noise) berupa guncangan pada robot, sistem kendali ini selalu dapat menyesuaikan arah hadap robot terhadap set point, sehingga robot dapat menyesuaikan dengan set point dan sesuai dengan arah orientasi yang ditentukan.

REFERENSI

- [1] Hendrayawan, V. 2014. Implementasi Invers Kinematics Pada Sistem Pergerakan Mobile robot Roda Mekanum. Jurnal Skripsi Teknik Elektronika Universitas Brawijaya.S. Zhang, C. Zhu, J. K. O. Sin, and P. K. T. Mok, "A novel ultrathin elevated channel low-temperature poly-Si TFT," *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 20, pp. 569–571, Nov. 1999.
- [2] Ma'arif, Harianto, Ira Puspasari. 2017. SISTEM NAVIGASI PADA MOBILE ROBOT MENGGUNAKAN SENSOR KOMPAS. *JCONES* Vol. 6, No. 1 (2017) 187-194.
- [3] Umam, Faikul. 2013. PENGEMBANGAN SISTEM KENDALI PERGERAKAN AUTONOMOUS MOBILE ROBOT UNTUK MENDAPATKAN JALUR BEBAS HAMBATAN MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC CONTROLLER. *Jurnal Ilmiah Mikrotek* Vol. 1, No.1
- [4] Siradjuddin, Indrazno dkk. 2020. A General Inverse Kinematic Formulation and Control Schemes for Omnidirectional Robot using Omni or Mecanum Wheel. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*. 10(10) : 1 – 14.R. E. Sorace, V. S. Reinhardt, and S. A. Vaughn, "High-speed digital-to-RF converter," U.S. Patent 5 668 842, Sept. 16, 1997.
- [5] Saputra, Roby Setiawan. Penerapan Sistem Navigasi Sensor Kompas pada Robot Sepak Bola Beroda. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi, Teknologi Informasi dan Sistem Komputer* P-ISSN: 1907-6738 | E-ISSN: 2528-0082.*FLEXChip Signal Processor (MC68175/D)*, Motorola, 1996.
- [6] Erlangga, Endang, dkk. 2019. SISTEM NAVIGASI MOBILE ROBOT DALAM RUANGAN BERBASIS AUTONOMOUS NAVIGATION. *Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics* ISSN: 2527-6212, Vol. 4 No. 2, pp. 78 – 86.J. Padhye, V. Firoiu, and D. Towsley, "A stochastic model of TCP Renocongestion avoidance and control," Univ. of Massachusetts, Amherst,MA, CMPSCI Tech. Rep. 99-02, 1999.

