

RANCANG BANGUN SENSOR KOMPAS SEBAGAI PENDETEKSI SUDUT ORIENTASI ROBOT BERODA

Ilham Sayekti¹⁾, Bambang Supriyo²⁾, Sulisty Warjono³⁾, Samuel Beta Kuntardjo⁴⁾,
Vinda Setya Kartika⁵⁾

¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang, Jl. Prof. Sudarto,
Tembalang, Semarang, 50275
E-mail: ilhamsayekti03@gmail.com

Abstract

The navigation system on the robot is a very important part of the wheeled robot so that the robot can maneuver precisely from one point to another according to the track with minimal errors. To reduce the occurrence of these errors, in this study, a compass sensor is used to bring the robot closer when it moves. This study aims to design an angle detection system on a wheeled robot that uses an electronic compass sensor. This electronic compass sensor needs to be tested for its performance to detect the direction angle to be set from 0° to 360°. The measurement results based on this compass sensor will be compared with the rotation angle detected using the encoder. From the results of this test, it will be known the ability of the sensor to detect the orientation of the wheeled robot while moving

Keywords: *navigation, compass, encoder, angle detection, wheeled robot*

Abstrak

Sistem navigasi pada robot merupakan bagian yang sangat penting pada robot beroda agar robot dapat bermanuver secara tepat dari satu titik ke titik lainnya sesuai track dengan kesalahan yang minimal. Untuk mengurangi terjadinya kesalahan tersebut, maka pada penelitian ini, sebuah sensor kompas digunakan untuk memantau sudut orientasi robot saat bergerak. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun sistem deteksi sudut orientasi pada robot beroda yang menggunakan sensor kompas elektronik. Sensor kompas elektronik ini perlu diuji kinerjanya untuk mendeteksi sudut orientasi yang akan diatur dari 0° hingga 360°. Hasil pengukuran berdasarkan sensor kompas ini akan dibandingkan dengan sudut putar yang dideteksi menggunakan encoder. Dari hasil pengujian ini akan diketahui kemampuan dari sensor kompas tersebut dalam mendeteksi sudut orientasi robot beroda selama bergerak.

Kata Kunci: *navigasi, kompas, encoder, deteksi sudut, robot beroda*

PENDAHULUAN

Dengan adanya pandemi covid-19 ini, penggunaan robot bergerak (mobile robot) banyak difokuskan untuk membantu tenaga kesehatan dalam melayani pasien covid-19 di ruang isolasi maupun di ruang perawatan intensif (Abrar et. al., 2020). Pelayanan yang dapat dilakukan oleh robot adalah menghantarkan makanan, minuman, obat-obatan ke pasien di ruangan isolasi dan sebagai sarana penyedia komunikasi suara maupun video antara pasien dan tenaga kesehatan, sehingga kondisi pasien dapat

terpantau dari jarak jauh dan kontak antara tenaga medis dengan pasien bisa diminimalkan.

Ketepatan pergerakan robot untuk menuju posisi berikutnya tergantung pada pengendalian pergerakan mobile robot yang mengacu pada sistem navigasinya. Sistem navigasi ini digunakan untuk mengarahkan robot saat bergerak dari satu titik lokasi awal ke titik lokasi akhir secara tepat. Sistem navigasi ini menggunakan sistem odometry yang mengandalkan sensor-sensor posisi dan sensor orientasi robot. Encoder merupakan sensor posisi yang umum dipakai pada *mobile wheeled robot*. Pada mobile robot dengan dua roda kemudi differensial (*differential drive*), penggunaan dua buah eksternal encoder yang masing-masing dipasang di bagian samping kiri dan kanan robot selain dapat digunakan untuk mendeteksi posisi robot, kedua encoder tersebut juga dapat digunakan untuk mendeteksi sudut orientasi robot, sehingga dapat diketahui saat ini robot di posisi mana dan menghadap kemana. Sudut orientasi robot juga dapat dideteksi menggunakan sensor kompas. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja hasil pendeteksian sudut orientasi robot yang menggunakan sensor kompas dengan sudut orientasi robot yang menggunakan dua buah eksternal encoder.

Robot beroda yang bergerak (*mobile wheeled robot*) menggunakan sistem navigasi untuk memandu pergerakan robot saat bergerak dari satu titik posisi menuju ke titik posisi lainnya secara tepat. Sistem navigasi paling sederhana yang umum dipakai adalah sistem *line follower*. Berdasarkan sistem ini, robot hanya mengandalkan sensor-sensor garis untuk membaca kode-kode pada pola lintasan garis tersebut dan menterjemahkan ke dalam bentuk perintah sebagai pemandu robot agar bergerak dari titik awal sampai titik akhir. Sistem ini mempunyai kelemahan bahwa robot tidak boleh keluar dari lintasan garis tersebut. Bila robot keluar dari lintasan tersebut, maka robot akan kehilangan arah, tidak tahu harus kemana. Selain itu pada sistem line follower ini, posisi robot tidak dimonitor secara waktu nyata, karena sistem navigasinya hanya mengandalkan pada sensor-sensor pembaca garis saja.

Sistem navigasi robot berdasarkan *path planning* dapat digunakan sebagai pengganti sistem navigasi berdasarkan line follower, bila area kerja dari robot tidak menggunakan lintasan garis. Pada sistem path planning ini, robot mengandalkan sensor-sensor untuk membaca dan mengingat posisi robot dan sudut orientasi robot dari waktu ke waktu secara waktu nyata berdasarkan pada sistem *odometry*. Dengan sistem ini

pergerakan robot dapat terpantau dengan baik secara waktu nyata. Odometry mengestimasi perubahan posisi robot setiap saat saat bergerak berdasarkan pada data hasil pembacaan sensor-sensor posisi dan arah pergerakan robot, sehingga posisi robot dari titik awalnya dapat terpantau setiap saat. Sensor-sensor umum dipakai dalam sistem odometry adalah encoder yang terpasang pada poros roda (Maldonado-Bascón, et. al, 2019) dan sensor IMU (Inertial Measurement Unit) (Kok et. al, 2017)

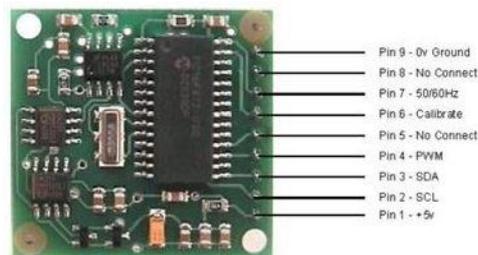
Berbagai jenis penggerak untuk mobile robot beroda telah banyak diteliti, namun jenis dua roda kemudi differensial (*differential drive*) yang dilengkapi dengan roda bebas (castor) sebagai penyeimbang merupakan jenis penggerak yang umum dipakai (Malu and Majumdar, 2014; Yang, et. al, 2016). Pergerakan robot dikendalikan oleh putaran dua motor DC yang diletakkan di posisi kiri dan kanan. Masing-masing motor bergerak secara mandiri. Mobile robot yang menggunakan sistem differential drive ini dikenal sebagai robot dengan mekanisme non-holonomis (Yang, et. al, 2016), dimana pergerakan robot dibatasi hanya berdasarkan arah perputaran roda-roda penggeraknya.

Pada penelitian ini, robot yang dirancang-bangun mempunyai dua buah roda aktif yang masing-masing dikendalikan oleh sebuah motor DC yang sudah dilengkapi dengan encoder dua channel untuk mendeteksi arah pergerakan roda dan jarak lintasan roda. Robot ini menggunakan dua buah roda biasa yang disusun di sisi kiri dan kanan robot. Dengan konstruksi mekanis seperti ini, robot mampu bergerak ke arah maju atau mundur maupun belok ke kiri dan ke kanan. . Setiap encoder memiliki spesifikasi sejumlah output pulsa untuk setiap satu kali putaran yang biasa disebut sebagai *pulse per revolution (ppr)*. Karena encoder memantau pergerakan badan robot di posisi kiri dan kanan, maka posisi robot dapat diperkirakan dengan menghitung jumlah pulsa yang telah dihasilkan dari encoder tersebut. Odometry yang berdasarkan pada 2 buah encoder pada bagian kiri dan kanan robot, akan memberikan informasi pemetaan posisi robot yang berupa titik koordinat (*path*) dan sudut orientasi atau arah hadap robot (*heading*) pada sistem sumbu Cartesian (Ardilla et. Al, 2011).

Sensor Kompas

Sensor kompas merupakan sensor penunjuk arah elektronik yang mampu mendeteksi medan magnet bumi, yaitu kutub utara dan selatan bumi. Sensor kompas sering dipakai dalam aplikasi robot sebagai penunjuk arah atau sudut orientasi robot

(Georgiou and Dai, 2010; Lee and Jung, 2008). Salah satu sensor kompas yang sering dipakai adalah modul CMPS03, seperti terlihat pada Gambar 1. Di dalam aplikasi robot, modul kompas ini digunakan sebagai referensi sudut hadap robot saat berada di posisi tertentu. Informasi arah yang diberikan oleh CMPS03 tersebut digunakan sebagai acuan oleh robot untuk bergerak ke arah berikutnya sesuai dengan target yang sudah ditentukan. Modul kompas ini menggunakan sensor KMZ51 Philips untuk mendeteksi medan magnet bumi. Tegangan kerja modul ini adalah 5 volt dengan konsumsi arus 15 mA. Data kompas dapat diakses menggunakan koneksi PWM atau I2C.



Gambar 1. Sensor kompas

Arduino UNO

Board mikrokontroler Arduino Uno berbasis ATmega328, seperti terlihat pada Gambar 2, dilengkapi dengan 6 pin input analog dan 14 pin input/output digital, dengan 6 pin output digitalnya dapat dikonfigurasi sebagai output analog yang mempunyai keluaran modulasi lebar pulsa (PWM). Dalam penelitian ini, Arduino Uno difungsikan sebagai sistem pengendali utama untuk membaca sensor-sensor encoder yang mendeteksi posisi robot dan sensor kompas untuk mendeteksi sudut orientasi robot, mengendalikan dua buah motor DC untuk pergerakan robot dan mengirimkan data hasil pembacaan ke komputer. Beberapa aplikasi penggunaan Arduino Uno adalah untuk pengajaran *mobile robot* (Araújo, et al, 2013) dan sistem pelacak posisi di dalam ruangan (Png, et al, 2014).

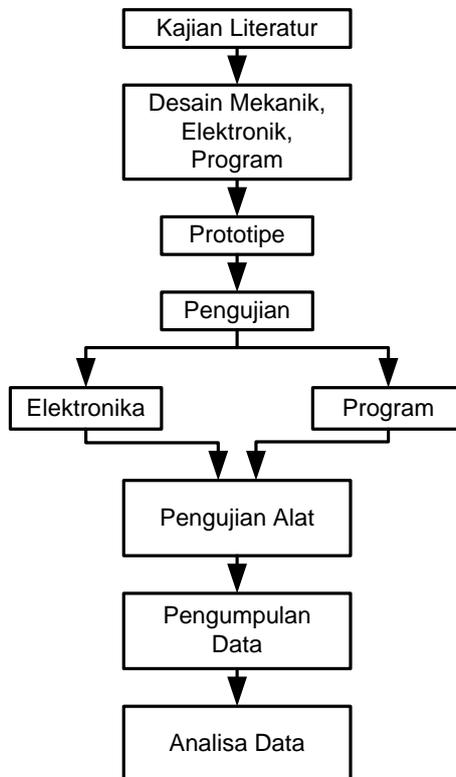


Gambar 2. Arduino Uno

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini, seperti yang ditampilkan pada gambar 3, dapat diterangkan sebagai berikut:

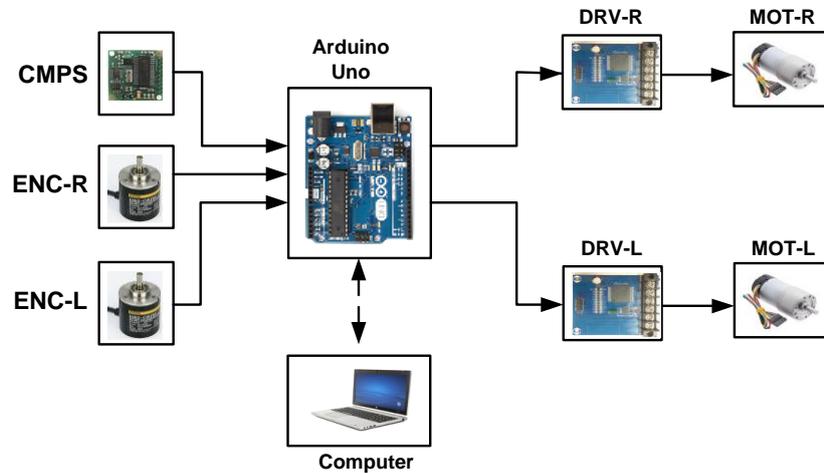
- (i) Tahap awal mengadakan kajian literatur yang berhubungan dengan aplikasi sensor kompas dan perhitungan sudut orientasi.
- (ii) Desain mekanik, elektronik dan program pembacaan data menggunakan Editor Arduino (IDE)
- (iii) Pembuatan prototipe alat peraga percobaan untuk menguji kinerja kompas sebagai sensor sudut orientasi pada pergerakan robot.
- (iv) Pengujian rangkaian elektronika yang terdiri dari sensor kompas, encoder dan driver motor DC.
- (v) Pengujian perangkat lunak melibatkan perangkat keras mikrokontroler Arduino, serta perangkat lunak Arduino Editor (IDE) di komputer untuk proses pembacaan data dan penyimpanan data.
- (vi) Pengumpulan data hasil pegujian
- (vii) Analisa data hasil pengujian.



Gambar 3. Metode Penelitian

Diagram Blok

Pada penelitian ini bersifat rancang bangun, maka gambaran sistemnya dapat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Perangkat keras sistem deteksi posisi menggunakan encoder

Fungsi masing-masing bagian adalah sebagai berikut :

1. Sensor kompas

Sensor kompas digunakan untuk mendeteksi sudut orientasi dari robot beroda.

2. Encoder

Encoder merupakan sensor posisi putaran tiap roda pada robot. Terdapat dua buah encoder, yaitu Encoder Kiri (ENC-L) dan Encoder kanan (ENC-R).

3. Arduino

Mikrokontroler Arduino dipakai untuk membaca sensor posisi dari keempat encoder, menggerakkan Motor DC untuk mengendalikan pergerakan robot dan mengirimkan informasi data posisi dan jarak robot ke komputer secara nirkabel.

4. Driver Motor DC

Driver motor DC merupakan driver motor H-Bridge yang dapat diekndalikan secara dua arah (maju maupun mundur) dan diatur kecepatan putarnya menggunakan sinyal PWM. Pada robot ini terdapat dua buah driver motor DC, yaitu DRV-L (Kiri) dan DRV-R (Kanan).

5. Motor DC.

Penggerak robot ini menggunakan empat buah motor DC yang disusun sebagai berikut. Dua buah motor disusun di bagian kiri (MOT-L) dan kanan (MOT-R) untuk pergerakan maju atau mundur mundur, belok kiri atau kanan.

6. Komputer

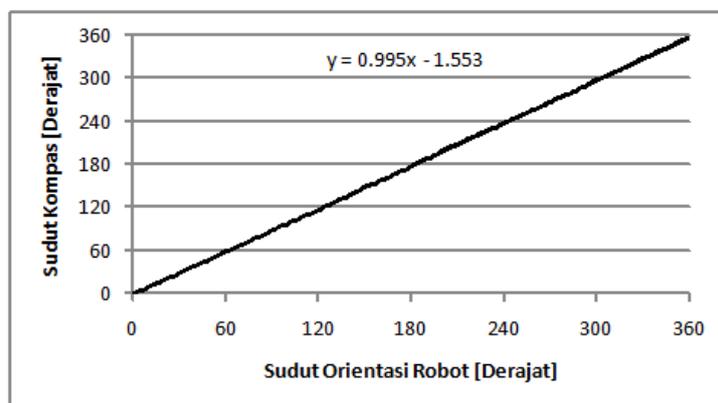
Komputer berfungsi untuk membuat program Arduino menggunakan IDE Arduino Editor dan memuat naik program pemrosesan data pemrograman ke Arduino board melalui Port USB. Selain itu, komputer bisa digunakan untuk menerima, menyimpan dan menampilkan data yang dikirim dari Arduino secara nirkabel.

Pada penelitian ini, setelah melalui tahapan rancangan secara blok diagram dari sistem yang akan dibuat, langkah berikutnya adalah membuat prototipe alat dan program Arduino. Prototipe alat ini selanjutnya diuji di laboratorium.

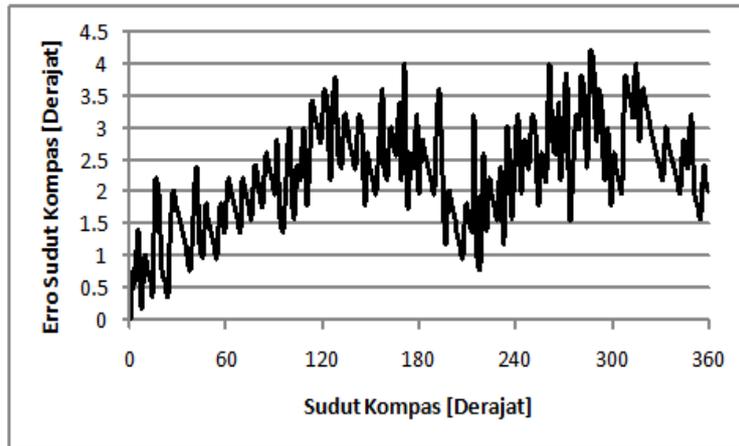
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan Antara Sudut Orientasi Robot Dengan Sudut Kompas

Pengujian sudut orientasi dilakukan dengan membandingkan antara sudut hadap / orientasi robot yang diakibatkan oleh pergerakan kedua motor kiri dan kanannya yang dipantau oleh dua buah encoder dengan sudut orientasi yang diukur menggunakan sensor kompas. Hasil pengukuran ini dapat dilihat pada Gambar 5 dan hasil error pengukurannya dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Sudut Orientasi Robot vs. Sudut Kompas



Gambar 6. Error Sudut Kompas

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa hubungan antara sudut orientasi robot (x) dengan sudut kompas (y) berupa persamaan linier:

$$y = 0.995 x - 1.553$$

Hal ini menunjukkan bahwa pengukuran menggunakan kompas ternyata ada offset sekitar $- 1.553$ derajat. Selain itu, error pada sensor kompas ini bervariasi antara 0.2 sampai 4.2 derajat, dengan error rata-rata sebesar 2.3 derajat

SIMPULAN

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa antara sudut kompas dengan sudut orientasi bodi robot ada perbedaan dengan kesalahan rata-rata sebesar 2.3 derajat. Nilai kesalahan ini sangat signifikan bila robot menempuh jarak yang jauh, sehingga didapatkan kesalahan posisi yang semakin besar dari target idealnya. Penelitian lanjutan diperlukan dengan menggunakan sensor kompas yang lebih presisi lagi, untuk mengurangi efek kesalahan pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Araújo, D. Portugal, M. S. Couceiro and R. P. Rocha. Integrating Arduino-based educational mobile robots in ROS. (2013). *13th International Conference on Autonomous Robot Systems*, Lisbon. 2013. 1-6
- Georgiou and J. Dai. (2010). "Using a dual compass configuration with shaft encoders for self-localization of an autonomous maneuverable nonholonomic mobile robot," *IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics*, Singapore, 2010, pp. 142-149, doi: 10.1109/RAMECH.2010.5513199

- Ardilla, B.S. Marta dan A.R.A. Besari. (2011). Path Tracking pada Mobile dengan Umpan Balik Odometry. The 13th Industrial Electronics Seminar (IES 2011). 1-8
- Yang, Fan, X., Shi, P., and Hua, C. (2016). Nonlinear Control for Tracking and Obstacle Avoidance of a Wheeled Mobile Robot With Nonholonomic Constraint. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 24(2), 741-746.
- Lee and S. Jung. (2008). "Global position tracking control of an omni-directional mobile robot using fusion of a magnetic compass and encoders," *2008 IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems*, Seoul, Korea (South), 2008, pp. 246-251, doi: 10.1109/MFI.2008.4648072.
- C. Png, L. Chen, S. Liu and W. K. Peh. (2014). "An Arduino-based indoor positioning system (IPS) using visible light communication and ultrasound.
- Kok, Jeroen D. Hol and Thomas B. Schön (2017). "Using Inertial Sensors for Position and Orientation Estimation", *Foundations and Trends in Signal Processing: Vol. 11: No. 1-2*, pp 1-153.
- M. Abrar, R. Islam and M. A. H. Shanto. (2020). "An Autonomous Delivery Robot to Prevent the Spread of Coronavirus in Product Delivery System," *2020 11th IEEE Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)*, New York, NY, USA, pp. 0461-0466, doi: 10.1109/UEMCON51285.2020.9298108.
- Malu and J. Majumdar. (2014). Kinematics, Localization and Control of Differential Drive Mobile Robot. *Global Journal of Researches in Engineering (H): Robotics & Nano-Tech Volume 14 Issue 1 Version 1.0 Year 2014*
- Maldonado-Bascón, R. J. López-Sastre, F. J. Acevedo-Rodríguez and P. Gil-Jiménez. (2019). On-Board Correction of Systematic Odometry Errors in Differential Robots. *Journal of Sensors*, 2019, Volume 2019, Page 1