

RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL MOTOR LISTRIK BERBASIS RASPBERRY PI

Ali Abrar¹, Syaeful Akbar², Tukino³

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Balikpapan, Kota Balikpapan 76129, Indonesia

³Program Studi Sistem Informasi Fakultas Teknik dan Komputer, Universitas Putra Batam, Kota Batam 29452, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 27 Januari 2023

Revisi Akhir: 02 Februari 2023

Diterbitkan Online: 10 Maret 2023

KATA KUNCI

Motor DC dan Servo, RPi Motor Driver Board, Raspberry Pi

KORESPONDENSI

E-mail: ali.abrar@poltekba.ac.id

A B S T R A C T

This study will develop and execute control of DC motors and servo motors on a 4WD robot controlled by a keypad and equipped with grippers and a USB webcam to broadcast video so that the gripper robot vehicle can view items in front of it. Control actions were implemented using Python-based user defined programming on a Raspberry Pi 4 with motor driver controller. The challenge described in this article is how to optimize a tool design utilizing a driver loaded directly on an SBC. The goal of this study is to create technical ideas in the area of electric motor control and mechatronics in the form of applications. The design, production, and testing stages are followed utilizing the Raspberry Pi, RPi Motor Driver Board, and Python as the major components. The study's findings include a prototype wheeled robot with a camera for image capture and an actuator in the form of a servo motor with a gripper/clamp as an attachment. The study's conclusion is that the design outcomes of electric motor control utilizing Raspberry Pi-based can perform more efficiently.

1. PENDAHULUAN

Karena harga energi yang meningkat pesat dan kebutuhan dunia untuk mengurangi emisi karbon dioksida, motor listrik akhir-akhir ini muncul sebagai salah satu penggerak utama paling signifikan yang menghasilkan tenaga mekanik. Penggerak utama tradisional seperti sistem hidrolik, turbin uap, turbin gas, dan mesin pembakaran internal baru-baru ini dengan cepat diganti di banyak sistem mekanis oleh sistem penggerak motor listrik, yang lebih efisien, terkontrol, dan ramah lingkungan.

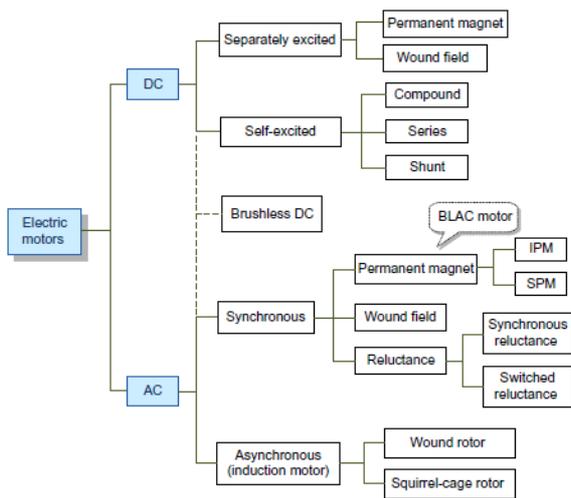
Sistem penggerak motor listrik saat ini sangat penting dalam banyak aspek kehidupan kita, termasuk peralatan rumah tangga, mesin kantor, transportasi, dan operasi industri[1]. Raspberry Pi, komputer kecil seukuran telapak tangan yang memiliki kemampuan kontrol dan pemrosesan data yang kuat, dapat digunakan untuk mengoperasikan motor listrik. Meskipun ukurannya kecil, Raspberry Pi menyertakan prosesor ARM yang cukup bertenaga untuk menjalankan sistem operasi, beberapa aplikasi paralel, dan banyak lagi. Raspberry Pi berisi slot kartu memori untuk penyimpanan data dan dapat mem-boot sistem operasi saat dipasang oleh catu daya micro USB 5V [2]. Karena Raspberry Pi belum banyak dilakukan untuk mengoperasikan motor listrik, hal ini menjadi titik awal untuk

dipelajari sebagai salah satu proses pengembangan di beberapa domain otomasi industri. Pentingnya penelitian ini berasal dari kemajuan teknologi yang telah menggantikan sistem manual dengan lebih banyak personel yang berpartisipasi dalam berbagai proses yang tidak memerlukan campur tangan manusia. Untuk mengatasi masalah tersebut di atas, sistem kontrol harus disederhanakan dengan mengembangkan program yang dapat diadaptasi, dapat diandalkan, tangguh, dan hemat biaya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Listrik

Motor listrik sekarang menjadi salah satu penggerak utama yang paling signifikan, dan aplikasinya terus berkembang. Hampir 70% dari semua energi yang digunakan dalam industri saat ini digunakan untuk menghasilkan tenaga pada perangkat yang digerakkan oleh motor listrik. Motor listrik dikelompokkan menjadi dua kategori berdasarkan sumber tenaga yang digunakan, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1: motor arus searah (DC) dan motor arus bolak-balik (AC). Motor DC brushless yang baru dibuat sulit untuk didefinisikan sebagai motor karena desainnya sebanding dengan motor arus bolak-balik (AC) namun sifat kelistrikannya mirip dengan motor arus searah (DC).

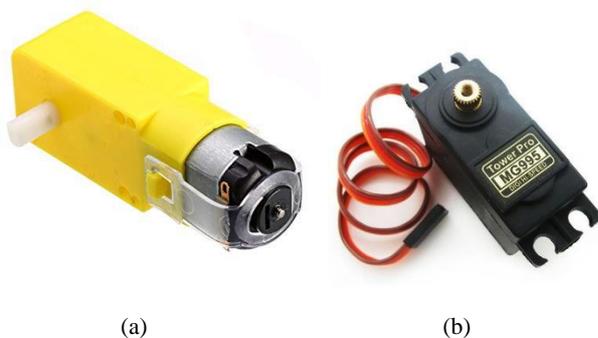


Gambar 1. Klasifikasi Motor Listrik

Penemuan induksi elektromagnetik oleh Michael Faraday mendorong pengembangan motor listrik pertama. Michael Faraday dan Joseph Henry berhasil mengaktifkan motor untuk pertama kalinya dalam uji laboratorium pada tahun 1831. Motor DC pertama yang bisa diterapkan diciptakan pada tahun 1834 oleh M. Jacobi. Dari segi pembuatan, motor DC merupakan prototipe untuk semua motor. Nikola Tesla menerima paten pada tahun 1888 untuk kreasi motor arus bolak-balik, yang terdiri dari motor sinkron, motor keengganan, dan motor induksi. Sumber daya tiga fase, belitan stator terdispersi, dan rotor sangkar tupai semuanya telah dibuat pada tahun 1895. Motor induksi tiga fase mulai tersedia secara komersial pada tahun 1896 sebagai hasil dari kemajuan ini.

2.2. Motor DC

Motor arus searah (DC) (Gambar 2) adalah sejenis motor listrik yang mampu mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanik dalam bentuk gerak melingkar [3]. Motor DC gearbox (a) memiliki kecepatan yang lumayan dengan rasio 1:48, dan tegangan operasinya relatif rendah, terutama antara 3-6 volt, dengan torsi 0,15 Nm hingga 0,60 Nm, memungkinkan untuk membawa beban yang cukup signifikan dari motor saja. Sirkuit kontrol dengan loop umpan balik tertutup dibangun ke dalam motor servo (b). [4].



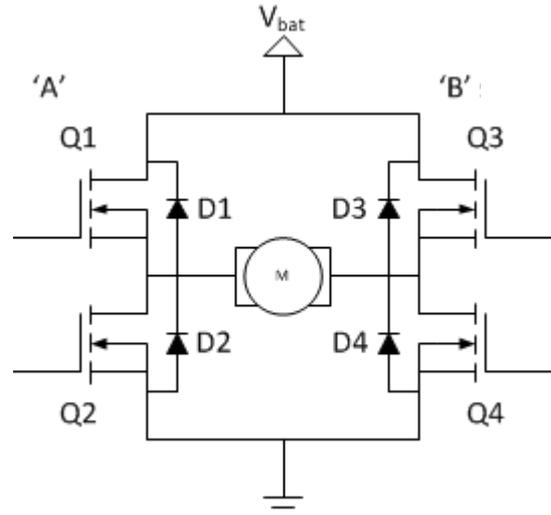
Gambar 2. Motor DC (a) Motor DC Gearbox, (b) Motor Servo

2.3 Driver Motor DC

Kontrol kecepatan putar motor DC dapat dilakukan dengan mengatur tegangan terminal motor V_{TM} . Metode yang biasa

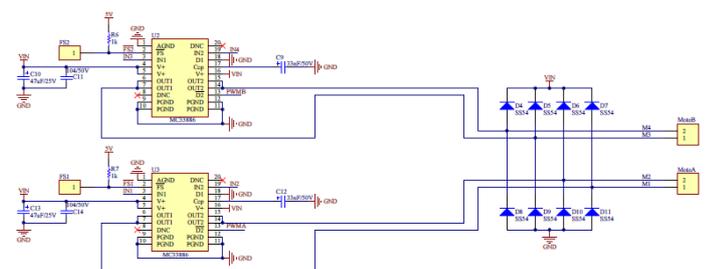
digunakan untuk mengontrol kecepatan motor DC adalah dengan teknik modulasi lebar pulsa atau *Pulse Width Modulation* (PWM).

Untuk menggerakkan motor DC digunakan sebuah perangkat keras dengan rangkaian H-Bridge[5] (gambar 3) yang terdiri dari dua buah *Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* mosfet (MOSFET) Sisi ‘A’ dan ‘B’.



Gambar 3. Konfigurasi H-Bridge MOSFET[6]

Tujuan dari rangkaian ini adalah untuk mengontrol keadaan hidup dan mati dari empat MOSFET (Q1 hingga Q4). Motor DC yang akan dikendalikan dilambangkan dengan huruf M pada gambar. Kutub positif sumber listrik akan dihubungkan ke bagian atas rangkaian, sedangkan kutub negatif sumber listrik akan dihubungkan ke bagian bawah rangkaian. Ketika MOSFET Q1 dan Q4 dihidupkan sementara MOSFET Q2 dan Q4 dimatikan, sisi kiri gambar motor dihubungkan ke kutub positif catu daya dan sisi kanan motor dihubungkan ke kutub negatif daya pasokan, menyebabkan motor berputar searah jarum jam. Ubah rangkaian di atas seperti yang diilustrasikan pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Konfigurasi RPi Motor Driver[7]

M1 dan M2 disambungkan ke motor kanan, sedangkan M3 dan M4 disambungkan ke kiri. Pin yang memungkinkan keluaran adalah PWMA dan PWMB. Saat M1, M2, M3, dan M4 digerakkan ke level tinggi, pulsa PWM dihasilkan untuk mengatur kecepatan motor.

Studi yang diusulkan berusaha untuk mencoba menerapkan gagasan motor DC dan motor servo di sirkuit kecil, dengan alat yang dibangun dimaksudkan untuk membuat konsep ini lebih mudah dipahami. Selanjutnya, alat ini dirancang untuk menjadi media pembelajaran, khususnya bagi siswa dan masyarakat

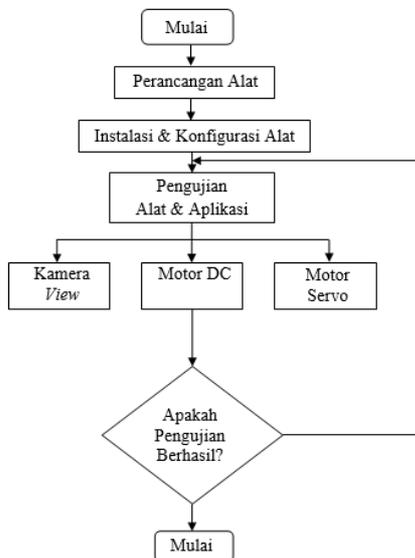
umum. Saat ini laboratorium Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Balikpapan telah melihat penambahan fisik instrumen seperti modul pembelajaran trainer Internet of Things (IoT). Modul ini terdiri dari komponen Raspberry Pi sebagai Single Board Computer dan komponen Arduino Uno sebagai Micro Controller Unit, dan didalamnya terdapat komponen input dan output untuk praktikum Mekatronika, Penggerak Elektrik, dan Sistem Kendali Elektronik[8].

Rancangan IoT Robot Car (IoTRC) juga telah dibangun sebagai sarana pembelajaran yang mendukung aplikasi IoT, khususnya dalam praktek di bengkel dan tugas akhir mahasiswa Politeknik Negeri Balikpapan, untuk aplikasi di bidang teknik mesin dengan kemajuan saat ini. Gadget ini disesuaikan dengan kurikulum dan diantisipasi untuk menyesuaikan dengan tuntutan dunia komersial dan industri. [9]

Program ini berbeda dari studi sebelumnya karena menggunakan Raspberry Pi versi 4 dengan arsitektur ARM SoC, kapasitas memori hingga 4GB RAM, beberapa konektor (USB, HDMI, CSI, DSI, jack audio, koneksi ethernet), dan Linux sistem operasi. [10]. Selanjutnya driver motor yang digunakan adalah Waveshare RPi Motor Driver Board. Driver ini memiliki keunggulan sebagai berikut: 1. Header ekspansi Raspberry Pi 40PIN GPIO, kompatibel dengan seri Raspberry Pi; 2. Driver Freescale H-bridge MC33886 mengarahkan putaran motor DC di kedua arah. 3. Regulator 5V onboard, yang menggerakkan Raspberry Pi; 4. Penerima IR onboard, yang digunakan untuk mengoperasikan robot; 5. Sirkuit multi-proteksi, yang memberikan stabilitas yang baik; 7. Arus keluaran motor tunggal: hingga 5A; 6. Kisaran input daya: 7V40V; Arus catu daya Raspberry Pi: hingga 2A[11].

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kampus Politeknik Negeri Balikpapan mulai bulan April s.d Oktober 2022. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini pada akhirnya menyelidiki hubungan antara faktor independen seperti input keyboard dan kamera dan variabel dependen seperti output pada layar monitor, motor DC dan motor Servo yang mengontrol roda dan gripper. Tahapan studi dimodifikasi dari penelitian Room Tracking Robot [12], seperti yang diilustrasikan pada gambar 5



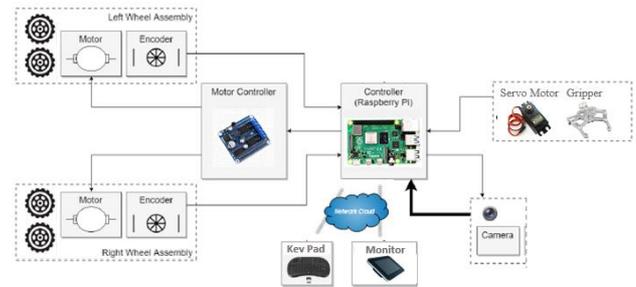
Gambar 5. Metoda Penelitian Rancang Bangun Kontrol Motor listrik

Penelitian ini juga menggunakan empat motor DC yang menggerakkan empat roda yang dilengkapi dengan kamera yang dihubungkan melalui koneksi USB sebagai media pengambilan foto, motor servo sebagai aktuator, dan attachment yang menggunakan gripper untuk menggenggam barang. Robot ini dikendalikan oleh papan tombol nirkabel dan dapat dilihat pada layar komputer dengan menggunakan media nirkabel (nirkabel) yang terhubung ke jaringan LAN atau internet.

Robot ini dapat bergerak maju dan mundur, belok kiri dan kanan, serta menjepit dan melepaskan suatu barang. Selain itu, ia dapat memantau apa yang ada di depannya menggunakan kamera yang disematkan. Ini didukung oleh bank daya 10.000 mAh dan baterai isi ulang tiga seri.

Tahap awal pembuatan alat adalah mengumpulkan referensi berupa buku, jurnal, dan bahan referensi lainnya yang berkaitan dengan pengendalian motor dan aplikasinya. Setelah kajian pustaka selesai, prosedur dilanjutkan dengan menyiapkan komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan. Perangkat keras utama yang dibutuhkan adalah motor DC dan motor servo, serta driver motor dan Raspberry Pi. Diperlukan sistem operasi berbasis Linux dan aplikasi program Python.

Gadget kemudian dipasang dengan menggabungkan komponen sasis mobil robot 4wd, tiga buah baterai 18650 UltraFire Ori Recharge Lithium 3.7v sebagai sumber tenaga, sebuah Raspberri pi v4 dengan RPi Motor Driver Board, dan menghubungkan kabel antar komponen. Selain perangkat keras, perangkat lunak sistem operasi Raspbian diinstal, serta pembaruan / peningkatan dan pengaturan sistem. Gambar 6 menggambarkan modifikasi diagram blok instalasi.

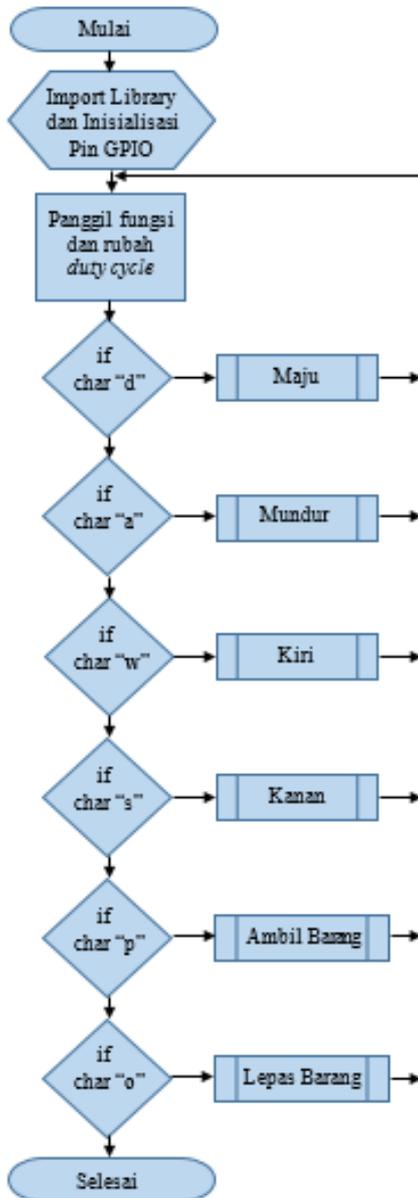


Gambar 6. Bentuk Diagram Kontrol

Secara umum sistem kontrol pada Gambar 2 terdiri dari bagian input, proses, dan output, dengan input berupa blok Key Pad dan kamera. Sementara pengontrol motor dan raspberri pi adalah blok proses yang memberikan keluaran tampilan pada blok monitor, motor DC menggerakkan roda kiri/kanan dan motor servo bergerak atau menjepit benda di depan robot.

Keypad dihubungkan sebagai input ke controller oleh media wireless yang dapat memanfaatkan local area network seperti wifi, smartphone tethering, dan wireless modem. Pengendalian juga dapat dilakukan dari mana saja jika terhubung dengan jaringan/internet publik melalui alamat internet protocol (IP) tertentu.

Tahap terakhir adalah menulis program dengan bahasa pemrograman Python. Alur program ditunjukkan pada Gambar 7 di bawah ini:



Gambar 7. Flowchart Program

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 8 menunjukkan hasil perakitan setelah dilakukan pemasangan komponen (Hardware), Sistem Operasi (Software), dan Setting.



Gambar 8. Hasil instalasi Alat

4.1 Hasil Pengujian Kamera

Selanjutnya hasil rancangan alat diuji dengan menghubungkan kabel power supply USB type C ke Raspberry Pi dan koneksi HDMI ke layar monitor. Pengujian pertama adalah mengaktifkan kamera dengan mengetikkan sudo motion ke dalam program terminal Linux, kemudian akan muncul tampilan di layar monitor dengan alamat di aplikasi browser, seperti terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. View yang diambil dari kamera robot

Menurut lembar data RPi Motor Driver Board [13], pengujian berikut menganalisis input dan output pada motor DC. Sambungan M1 dan M2 dihubungkan ke motor kanan, sedangkan antarmuka M3 dan M4 dihubungkan ke motor kiri. PWMA dan PWMB adalah pin yang memungkinkan keluaran. Saat diatur ke posisi Tinggi (1), pulsa PWM dikirim dari M1, M2, M3, dan M4 untuk mengontrol mobilitas robot. Perintah python3 Gripper car.py disediakan tergantung di mana file python ditempatkan untuk menjalankan fungsi kontrol motor DC di program terminal Linux. Tabel 1 menunjukkan hasil tes.

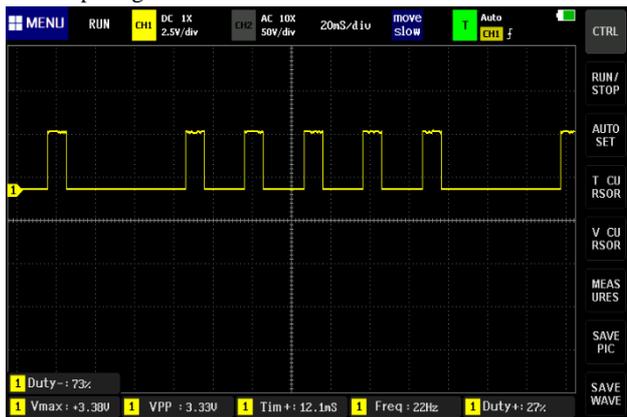
Tabel 1. Hasil Kontrol Motor DC

Keypad	M1 (Pin 38)	M2 (Pin 40)	M3 (Pin 31)	M4 (Pin 33)	Putaran Motor
"d"	1	0	1	0	Maju
"a"	0	1	0	1	Mundur

“w”	0	0	1	0	Kiri
“s”	1	0	0	0	Kanan
“”	0	0	0	0	Stop

Tabel 1 menunjukkan bahwa ketika tombol "d" pada keypad ditekan, keluaran ditransfer ke antarmuka M1 dan M3, menyebabkan motor (roda) berputar ke depan dan robot bergerak maju. Demikian pula yang terjadi dengan keypad "a", "w", "s" dan akan menyebabkan robot bergerak mundur, kiri dan kanan. Sedangkan jika keypad tidak ditekan maka robot tidak bergerak.

Grafik sinyal PWM dari hasil pengujian pada osiloskop digital terlihat pada gambar 10. Dibawah ini:



Gambar 10. Sinyal PWM pada Motor DC

Dari gambar diatas terlihat sinyal yang semula datar berubah menjadi gelombang kotak dengan tegangan max 3.8 Frekuensi 22 Hz dan *duty cycle* menjadi 27 % hal ini menandakan bahwa motor DC bergerak

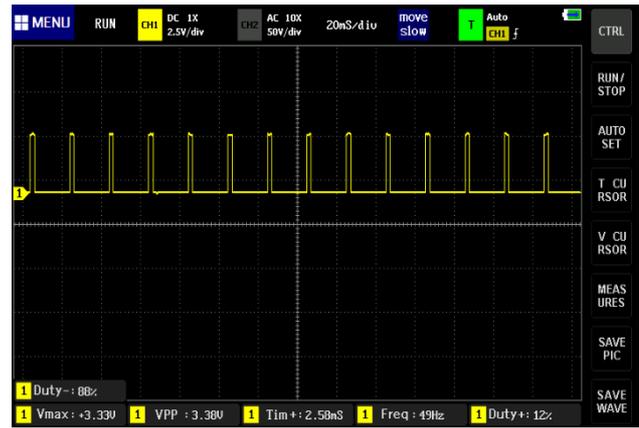
Pengujian terakhir adalah analisa *input* dan *output* pada motor servo MG996. Untuk motor servo pin data output GPIO yang digunakan hanya satu yakni pin nomor 11 dan hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2. dibawah ini:

Tabel 2. Hasil Kontrol Motor Servo

Keypad	Duty cycle	Gripper/ Penjepit	Putaran Motor
“”	7.5	-	-
“p”	12.5	Ambil	Kiri
“o”	2.5	Lepas	Kanan

Tabel 2 menunjukkan bahwa pada saat awal keypad tidak ditekan, *duty cycle* disetting pada nilai 7.5 maka motor/gripper tidak bergerak, sedangkan ketika keypad “p” dan “o” ditekan maka Gripper akan bergerak menutup dan membuka untuk mengambil atau melepaskan objek/barang yang ada pada area didepannya

Grafik sinyal PWM dari hasil pengujian pada osiloskop digital terlihat pada gambar 11. :



Gambar 11. Sinyal PWM pada Motor Servo

Dari gambar diatas terlihat sinyal pwm gelombang kotak dengan tegangan max 3.3 Frekuensi 49 Hz dan *duty cycle* sebesar 12 % hal ini menandakan bahwa pin Data motor Servo mengalami perubahan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan temuan penelitian, perancangan kontrol motor DC dengan memanfaatkan RPi Motor Driver Board dan motor servo pada robot 4WD dapat bermanfaat untuk pembuatan proyek dalam mempelajari mekatronika, robotika, atau IoT. Driver motor yang digunakan dapat bekerja lebih efisien dengan menghemat kabel, sehingga mempermudah proses instalasi dan coding pada aplikasi Python. Selain itu, melihat fitur-fitur yang ada dapat dikaji lebih lanjut untuk memperluas kapasitas perangkat yang akan dikembangkan, khususnya untuk mendukung sarana dan prasarana pembelajaran.

5.2 Saran

Fitur tambahan, seperti pemasangan Sistem Operasi Robot, harus ditetapkan agar desain sistem kontrol motor listrik dapat dimanfaatkan secara lebih menguntungkan (ROS). Menambahkan kemampuan perintah suara, catu daya yang efisien, dan kemampuan kecerdasan buatan (AI) agar lebih otonom dalam menjalankan tugas yang dapat membantu pekerjaan manusia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang turut membantu terlaksananya penelitian ini mulai dari tahap perencanaan, pelaksanaannya sampai menjadi artikel ilmiah yang terbit di jurnal.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S.-H. Kim, *Electric Motor Control*. Joe Hayton, 2017.
 [2] P. S. Nimat, “Comparative Analysis of Different Operating Systems for a Raspberry Pi,” *Natl. Conf. Innov. Trends Sci. Eng.*, vol. 4, no. 7, pp. 341–344, 2016.
 [3] J. Jamaaluddin, “Penggunaan Motor Dc Gearbox dengan



Driver L298 Pada Robot Avoider,” *Eprints.Umsida*, 2020.

[4] V. V. Simajuntak, “Analisis DC Motor Pada Aplikasi Parkir Vertikal Menggunakan RFID,” in *Eprints.Polsri*, Politeknik Negeri Sriwijaya, 2018, pp. 5–25.

[5] E. N. Sihite, D. J. Yang, and T. R. Bewley, “Derivation of a new drive / coast motor driver model for real-time brushed DC motor control , and validation on a MIP robot,” *2019 IEEE 15th Int. Conf. Autom. Sci. Eng.*, vol. 6, pp. 1099–1105.

- [6] L. Jindong, “Research on DC Motor Driver in Automobile Electric Power Steering System,” pp. 449–453, 2020.
- [7] Waveshare, “RPi-Motor-Driver-Board-Schematic,” 2022.
- [8] A. Abrar, “Rancang Bangun Modul dan Alat Belajar Internet of Things (IoT) Sebagai Prototype Implementasi Revolusi Industri 4.0.,” *SNITT- Politek. Negeri Balikpapan*, pp. 148–151, 2018.
- [9] A. Abrar, “Rancang Bangun IoT Robotic Car Menggunakan Raspberry Pi dan Python,” *JST*, vol. 6, no. 1, 2020.
- [10] DigiWare, “Arduino Vs. Raspberry Pi, Let’s Know the difference,” 2019. [Online]. Available: https://digiwarestore.com/id/digiware-news/52_perbedaan-arduino-dan-raspberry-pi. [Accessed: 29-Feb-2020].
- [11] Waveshare, “RPi Motor Driver Board,” 2022. [Online]. Available: <https://www.waveshare.com/rpi-motor-driver-board.htm>. [Accessed: 15-Dec-2022].
- [12] F. Z. Rachman, N. Yanti, T. Elektronika, and P. N. Balikpapan, “ROBOT PENJEJAK RUANGAN DENGAN SENSOR ULTRASONIK,” *JTT*, vol. 4, no. 2, pp. 114–119, 2016.
- [13] Waveshare, “Data Sheet RPi Motor Driver Board,” 2022. [Online]. Available: https://www.waveshare.com/wiki/RPi_Motor_Driver_Board#Resources.



Tukino, S.Kom., M.SI

Dosen di Universitas Putera Batam, Mengampu Mata Kuliah Pemrograman Berbasis Web, Pemrograman Mobile, Full Stack Programming dan Perancangan dan Manajemen Jaringan, Asesor BNSP,

Instruktur Cisco Networking Academy dan Instruktur Professional Academy Digital Talent Scholarship (KOMINFO). Saat Ini Sedang Menempuh Program Doktor Teknologi Informasi di Universitas Putra Indonesia "YPTK" Padang..

BIODATA PENULIS



Ali Abrar, S.Si. M.T

Dosen di Politeknik Negeri Balikpapan, Asesor BNSP dan Instruktur Cisco Academy. Penulis tertarik mendalami bidang Mekatronika, Robotika dan IoT. Selain mengajar mata kuliah Fisika Terapan, penulis juga mengajar mata kuliah Mekatronika, *Electronics Control System*, dan Jaringan Nirkabel.



Drs. Syaeful Akbar, M.T

Dosen di Politeknik Negeri Balikpapan dan Anggota Pertaabi. Penulis tertarik mendalami bidang *Auto Electric*, *Power Train*, *Chasis and Under Cariage*. Selain mengajar mata kuliah Sistem Kelistrikan Alat Berat, penulis juga mengajar mata kuliah Rangkaian Pemindah Tenaga, Sistem Penyejuk Udara dan *Chasis and Under Cariage*.