

Sistem Kendali Motor Penggerak *Trolley* pada Unit *Rubber Tyred Gantry* Berbasis PLC

Dani Agus Setiawan^{1*}, Giovanni Dimas Prenata¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945
Jl. Semolowaru No 45 Surabaya
E-mail: danisadjari13@gmail.com

Naskah Masuk: 03 Juli 2024; Diterima: 31 Juli 2024; Terbit: 31 Agustus 2024

ABSTRAK

Abstrak - *Rubber Tyred Gantry* (RTG) merupakan alat bongkar muat di pelabuhan. Pada *trolley* RTG terdapat *crane* yang berfungsi untuk menaikkan/menurunkan kontainer. Permasalahan yang timbul adalah *trolley* tergelincir akibat kemiringan antara roda *trolley* terhadap rel. Kemiringan terjadi karena keausan akibat gesekan antara *body trolley* dan rel. Hal tersebut terjadi karena jarak yang melebar antara *body trolley* terhadap rel. Pada penelitian ini peneliti merancang sistem untuk mendeteksi kemiringan mencegah terjadi gesekan yang berakibat tergelincirnya *trolley* RTG. Masukan sensor jarak (HCSR-04) diolah oleh Arduino Uno R3 yang selanjutnya dikategorikan menggunakan *fuzzy*. *Output* dari *fuzzy* dipergunakan oleh PLC untuk memberikan *input* pada VFD untuk mengatur kecepatan putaran motor penggerak roda. Peneliti membuat miniatur RTG *trolley* yang berhasil mensejajarkan roda kiri dan roda kanan ketika terdeteksi ketidaksejajaran. Hasil dari pengujian dari alat ini adalah bagian *trolley* yang terjustifikasi miring akan secara otomatis lurus kembali mengikuti bagian *trolley* yang terjustifikasi tidak miring.

Kata kunci: *Fuzzy*, Motor, PLC, RTG Crane, VFD

ABSTRACT

Abstract - *Rubber Tyred Gantry* (RTG) is a loading and unloading tool at the port. On the RTG *trolley* there is a *crane* which functions to raise/lower containers. The problem that arises is that the *trolley* slips due to the tilt of the *trolley* wheels against the rail. Tilting occurs due to wear and tear due to friction between the *trolley* body and the rail. This happens because the distance between the *trolley* body and the rail widens. In this research, researchers designed a system to detect tilt to prevent friction which results in the RTG *trolley* slipping. The distance sensor input (HCSR-04) is received by Arduino Uno R3 which is then categorized using *fuzzy*. The output from the *fuzzy* is used by the PLC to provide input to the VFD to regulate the rotation speed of the wheel drive motor. Researchers created a miniature RTG *trolley* that successfully aligned the left and right wheels when misalignment was detected. The results of testing this tool are that the part of the *trolley* which is classified as slanted will automatically straighten again following the part of the *trolley* which is classified as straight.

Keywords: *Fuzzy*, Motor, PLC, RTG Crane, VFD

Copyright © 2024 Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)

1. PENDAHULUAN

Rubber Tyred Gantry (RTG) *crane* merupakan alat bongkar muat berpengerak motor listrik. Jenis motor listrik yang dipergunakan pada RTG *crane* yaitu motor listrik AC 3 fasa. Beban maksimal yang dapat diangkat oleh RTG *crane* kurang lebih sekitar 50 ton. Namun, beban yang diijinkan tidak lebih dari 40 ton. Dengan beban tersebut, kehandalan dan umur pakai RTG *crane* perlu terus dijaga agar mampu bekerja dengan optimal. Untuk meningkatkan kehandalan RTG *crane*, penulis melakukan modifikasi pada *trolley* RTG *crane*. Modifikasi dilakukan pada miniatur RTG *crane*. Permasalahan keamanan yang terjadi pada RTG *crane* yaitu adanya kemiringan *trolley*. Hal tersebut menyebabkan gesekan antara *body trolley* dengan rel *trolley*. Kemiringan yang berkelanjutan menyebabkan slip pada roda *trolley* RTG *crane* terhadap rel sehingga menyebabkan *trolley* RTG *crane* terguling/kecelakaan. Modifikasi yang dilakukan penulis yaitu dengan menambahkan interlock ketika terdeteksi kemiringan yang menyebabkan gesekan sehingga menimbulkan keausan pada *body trolley* RTG *crane*. Sensor mendeteksi kemiringan pada roda RTG *crane*, dan jika melebihi batas yang diijinkan maka RTG *crane* tidak dapat beroperasi (*interlock*).

Penelitian pada RTG *crane* masih sangat sedikit diantaranya yang dilakukan oleh oleh Choirul, Nasyith, Riny dan Wildan tentang harmonisa pada RTG *crane* yang hasilnya besar THD 15,11 % untuk orde 3 dan orde 5 [1]. Phiri dan Kanzumba meneliti tentang efisiensi energi pada RTG *crane* yang hasilnya RTG *crane* mengkonsumsi energi listrik yang besar untuk menggerakkan motor [2]. Abdul melakukan analisa aliran daya pada RTG *crane* dan didapat tingkat penyaluran tegangan setaip bus mencapai 98% [3].

Pada penelitian ini mempergunakan PLC sebagai pengontrol sistem RTG *crane*. Implementasi PLC sudah sangat luas di dunia industri. Diantaranya Firdaus dan Mia mengimplementasikan PLC sebagai kendali starting motor induksi dan didapat PLC dapat mengontrol starting star-delta dengan baik pada motor induksi [4]. Latief, Silowardono dan Muchlishah mengimplementasikan PLC pada konveyor pemilah barang dan berhasil memilah barang dengan tepat menggunakan kontrol *closed loop* [5].

Penerapan kontroller Arduino Uno R3 sebagai pengolah masukan dari sensor penulis mengeksplorasi penelitian dari Ghifar, Armando, Jihad dan Rizky yang menerapkan Arduino Uno R3 untuk sistem termometer otomatis dan hand sanitizer [6]. Penelitian yang dilakukan oleh Anang, Yuri, Samsugi dan Adi yang mengimplementasikan Arduino Uno R3 pada Akuaponik. Arduino dipergunakan untuk mengatur jadwal pengaktifan pompa penyiraman koram dan aquaponik sayuran [7].

Kecerdasan buatan juga dipergunakan pada penelitian ini. Ada beberapa kegunaan dari kecerdasan buatan, diantaranya untuk klasifikasi seperti yang dilakukan oleh Prenata untuk mengklasifikasikan kehandalan pada jaringan distribusi listrik [8], atau dipergunakan untuk melakukan justifikasi seperti yang dilakukan oleh Santoso, Izzah, Puji, Aris dan Algopiki yang mempergunakan *fuzzy* untuk robot keseimbangan [9].

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Sensor Ultrasonik

Penggunaan sensor ultrasonik pada penelitian ini sebagai penghitung jarak. Prinsip kerjanya berdasarkan pantulan gelombang suara untuk menghitung jarak antara sensor terhadap benda yang memantulkan gelombang dari sensor ultrasonik.

2.2. Lampu Indikator DC 24 Volt

Lampu indikator berfungsi sebagai pemberi informasi visual pada catu tegangan DC 24 V. Kegagalan catu tegangan 24 VDC dapat diketahui ketika lampu ini menyala. Terdapat tiga lampu indikator yaitu lampu indikator *forward*, lampu indikator *reverse* dan lampu indikator *emergency*.

2.3. PLC OMRON CP1E

Penulis menggunakan PLC tipe OMRON CP1EE30SDR-A dengan spesifikasi, tegangan kerja 220 VAC, memiliki 18 *input*, memiliki 12 *output* serta berdimensi 13 mm x 85 mm x 86 mm. PLC dipergunakan sebagai kontrol sistem keseluruhan.

2.4. CX Programmer

CX-Programmer merupakan *software* untuk memprogram PLC OMRON CP1EE30SDR-A. *Ladder* diagram yang telah dibuat bisa langsung disimulasikan dengan gambar/objek kerja untuk melihat kinerja PLC OMRON CP1EE30SDR-A.

2.5. Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 merupakan mikrokontroller terintegrasi untuk membuat suatu sistem. Mikrokontroller ini bisa langsung disambungkan dengan *input* (sensor) dan bisa terhubung *realtime* dengan komputer. Penggunaannya pada penelitian ini sebagai kontroller sensor pengolahan data *input*, selanjutnya memberikan *output* sebagai masukan bagi PLC.

2.6. Motor Induksi 3 Fasa

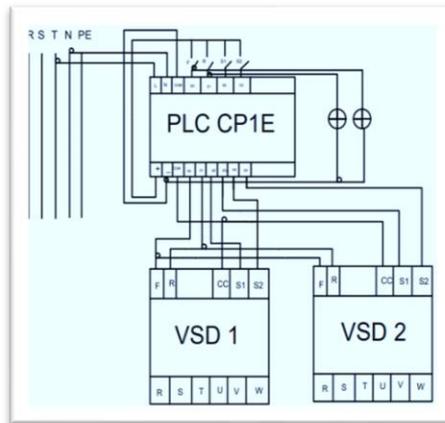
Motor induksi 3 fasa merupakan mesin listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik. Pada penelitian ini, motor listrik merupakan penggerak roda *trolley* RTG *crane* dan objek yang akan diatur kecepatannya ketika terjadi kemiringan *trolley* RTG *crane*.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan mencari literatur untuk kontroller PLC, kontroller Arduino Uno R3 dan motor induksi 3 fasa. Dilanjutkan menentukan kebutuhan untuk merancang sistem miniatur RTG *crane*. Dilanjutkan dengan membuat desain pada CX programmer dan simulasi *ladder diagram*. Tahap pembuatan meliputi kegiatan mekanik untuk membuat miniatur. Pengujian dilakukan untuk melihat kinerja alat yang sudah dibuat. Ketika hasilnya belum optimal/kurang, maka dilakukan perbaikan atau evaluasi. Ketika sistem berfungsi dengan baik, analisa dilakukan untuk membuat laporan.



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 2. Wiring diagram sistem kendali motor trolley

3.1. Diagram Alir Penelitian

Flowchart alur penelitian merupakan tahapan atau alur dari metodologi rancangan penelitian yang akan diterapkan dalam pembuatan sistem ini. Penjelasan masing-masing tahapan dapat dijelaskan sebagai berikut:

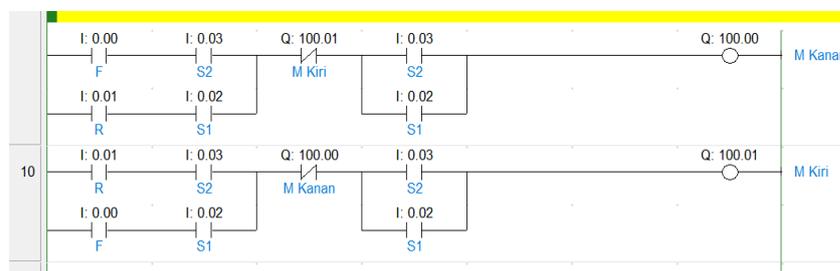
1. Studi literatur yaitu melakukan pendalaman teori dan konsep. Studi literatur ini dilakukan dengan cara membaca buku, jurnal, maupun referensi yang berkaitan dengan alat berupa data *sheet*.
2. Analisa kebutuhan yaitu mendata apa saja yang akan digunakan dalam melakukan riset, termasuk komponen-komponen yg digunakan dalam suatu riset.
3. Desain yaitu melakukan sebuah perancangan atau sketsa pembuatan suatu alat atau riset demi mempermudah pelaksanaannya.
4. Pemasangan ialah perakitan atau langkah setelah melakukan desain pada suatu produk atau alat riset. Menyusun tiap-tiap komponen sehingga menjadi sebuah alat yang memiliki nilai guna.
5. Pengujian alat untuk menganalisis adanya kemungkinan kesalahan pada PLTPH.
6. Pengambilan data dilakukan bertujuan untuk mengumpulkan informasi terkait hasil pengujian yang digunakan untuk memperoleh data.
7. Analisis dilakukan jika terjadi kesalahan atau kegagalan sistem pada saat pengujian.
8. Pembuatan laporan dilakukan setelah semua sistem kontrol berkerja dengan baik dan benar.

3.2. Wiring Diagram Sistem Kendali Motor Trolley

Penjelasan dari cara kerja sistem deteksi tersebut adalah ketika F ditekan maka *trolley* akan bergerak maju dengan *speed* 1 yaitu dengan frekuensi 10 Hz. Ketika R ditekan maka *trolley* akan bergerak mundur dengan *speed* 1 yaitu frekuensi 10 Hz. Ketika sensor S1 bekerja maka akan mengubah *setting* VFD 2 untuk mengubah *speed* dengan 15 Hz sehingga motor 2 akan bergerak lebih cepat dan kemiringan akan teratasi. Ketika sensor S2 Bekerja maka VFD 2 akan berpindah menjadi *speed* 2 dengan 15 Hz sehingga kemiringan juga akan teratasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

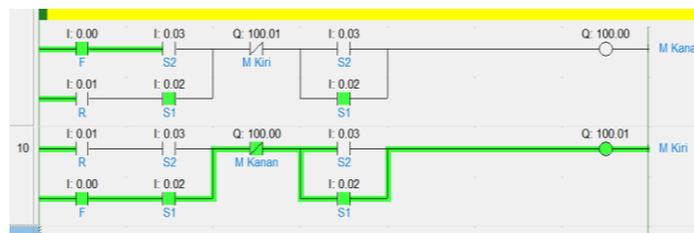
Prinsip kerja kendali motor trolley RTG crane, yaitu dengan meluruskan bagian *trolley* yang miring pada roda *trolley* yang diam. Terdapat 2 metode untuk meluruskan sisi yang miring pada *trolley*, yang pertama dengan metode maju (*push button* 00 aktif) dan kedua metode mundur (*push button* 01 aktif). PLC mendeteksi kemiringan berdasarkan 2 masukan, S1 dan S2. Motor kiri bergerak berdasarkan masukan sensor S1 sedangkan motor kanan bergerak berdasarkan masukan sensor S2. Sensor S1 dan sensor S2 terhubung dengan kontaktor *relay* 5 VDC berdasarkan *output* sensor HCSR.



Gambar 3. Ladder diagram PLC sistem kendali motor trolley

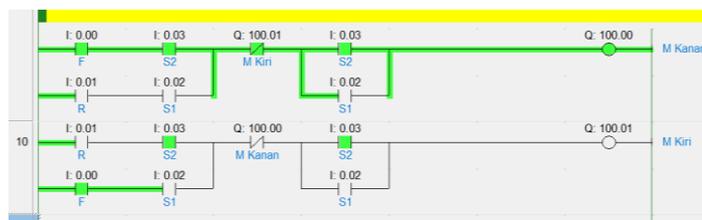
4.1 Metode Maju

Ketika S1 aktif, motor kiri aktif, motor kanan *non aktif*. Hal ini menyebabkan sisi kiri *trolley* bergerak maju mendahului sisi kanan *trolley* yang diam. Saat S1 *non aktif*, motor kiri mati. Hal ini terjadi jika terjadi kemiringan sisi kanan *trolley* mendahului sisi kiri *trolley*.



Gambar 4. S1 aktif motor kiri maju

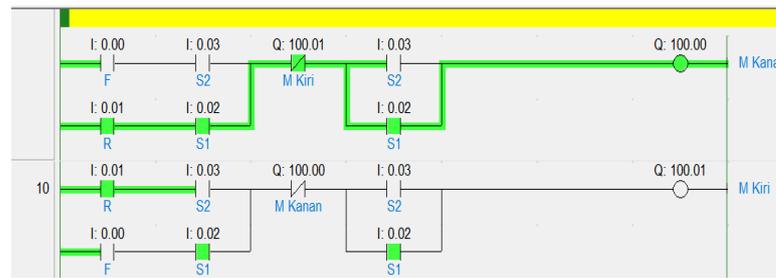
Ketika S2 aktif, motor kanan aktif, motor kiri *non aktif*. Hal ini menyebabkan sisi kanan *trolley* bergerak maju mendahului sisi kiri *trolley* yang diam. Saat S2 *non aktif*, motor kanan mati. Hal ini terjadi jika terjadi kemiringan sisi kiri *trolley* mendahului sisi kanan *trolley*.



Gambar 5. S2 aktif motor kanan maju

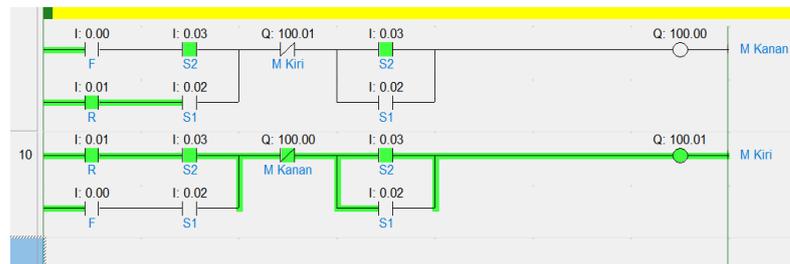
4.2 Metode Mundur

Ketika S1 aktif, motor kiri aktif, motor kanan *non aktif*. Hal ini menyebabkan sisi kiri *trolley* bergerak mundur meluruskan posisi dengan sisi kanan *trolley* yang diam. Saat S1 *non aktif*, motor kiri mati. Hal ini terjadi jika terjadi kemiringan sisi kanan *trolley* mendahului sisi kiri *trolley*.



Gambar 6. S1 aktif motor kiri mundur

Ketika S2 aktif, motor kanan aktif, motor kiri non aktif. Hal ini menyebabkan sisi kanan *trolley* bergerak mundur meluruskan posisi dengan sisi kiri *trolley* yang diam. Saat S2 *non aktif*, motor kanan mati. Hal ini terjadi jika terjadi kemiringan sisi kiri *trolley* mendahului sisi kanan *trolley*.



Gambar 7. S2 aktif motor kanan mundur

Pada saat sensor S1 *non aktif* dan sensor S2 non aktif, artinya tidak terdeteksi kemiringan atau posisi *trolley* dalam keadaan sejajar. Pada keadaan ini *interlock* tidak aktif sehingga operator bisa mengoperasikan RTG *crane* dengan normal.

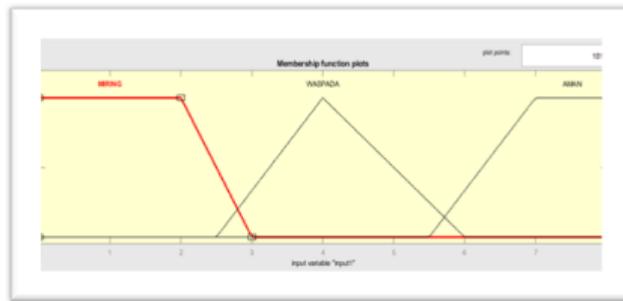
Tabel 1. Komponen miniatur RTG *crane*

No	Komponen	Fungsi
1	Motor 3 fasa	Penggerak roda <i>trolley</i>
2	VFD	Pengatur kecepatan putaran motor
3	PLC	Pembaca jarak antara rel dengan roda <i>trolley</i>
4	Sensor ultrasonic	Kontrol kendali motor
5	Push button	Pengganti joystick untuk maju mundur
6	Lampu indikator	Indikator maju mundur
7	MCB	Pengaman beban motor
8	Arduino uno R3	Kontrol sensor ultrasonic
9	Relay 5 VDC	Sebagai <i>output</i> dari sensor

Pada penelitian ini peneliti menerapkan kecerdasan buatan (*fuzzy*) untuk menentukan tingkat kemiringan *trolley*. *Fuzzy* berperan untuk memberikan penilaian akhir tingkat kemiringan *trolley* RTG *crane*. Jarak antara roda *trolley* dan rel terdefinisi oleh sensor ultrasonik. *Output* dari sensor ultrasonik ini diolah oleh *fuzzy* untuk memberikan penilaian akhir tingkat kemiringan *trolley*.

Tabel 2. Fuzzyfikasi

Fungsi	Variable	Parameter	Keanggotaan Fuzzy
Input	Jarak	0-3 cm	Aman
		4-5 cm	Waspada
		≥ 5 cm	Miring
Output	Kecepatan motor	300 rpm	Normal
		300 rpm	Normal
		450 rpm	Cepat



Gambar 8. Keanggotaan fuzzy

Dari tabel fuzzyfikasi didapat ketentuan untuk menentukan keanggotaan fuzzy. Variabel jarak (*input*) merupakan hasil pembacaan sensor ultrasonik antara rel dan roda *trolley*. Variabel kecepatan motor (*output*) merupakan nilai kecepatan motor penggerak roda *trolley* yang akan dicapai. Jika keanggotaan miring (≥ 5 cm) maka kecepatan motor akan menjadi cepat (450 rpm).

4.3 Hasil Pengujian

Pengukuran kecepatan Putaran Motor penting dilakukan untuk menentukan besaran kecepatan yang kita inginkan, oleh karena itu, pengujian dengan mengukur besaran putaran motor perlu dilakukan. Selain itu, pengukuran arus penting dilakukan untuk menyatakan bahwa arus yang mengalir pada motor aman atau tidak.

Tabel 3. Hasil pengujian

FASA	10 Hz		15 Hz	
	Arus	RPM	Arus	RPM
U	1,19 A	300,3 rpm	1,76 A	445,8 rpm
V	0,96 A		1,57 A	
W	0,90 A		1,51 A	



Gambar 9. Miniatur *trolley* RTG crane

5. KESIMPULAN

Dari penelitian ini didapat beberapa hal yang dapat menyelesaikan permasalahan kemiringan antara roda *trolley* RTG crane terhadap rel RTG crane, yaitu:

- Kemiringan diidentifikasi pada jarak diatas 5 cm antara roda *trolley* RTG crane terhadap rel RTG crane.
- Ketika kemiringan teridentifikasi (*interlock* aktif) maka mekanisme meluruskan *trolley* bisa dilakukan dengan 2 metode, metode maju atau metode mundur.
- Ketika kemiringan tidak teridentifikasi kondisi *trolley* sejajar antara sisi kiri dan kanan sehingga *interlock non aktif*. *Trolley* bisa berfungsi dengan normal.

Saran untuk pengembangan penelitian yaitu:

- a. Penggunaan sensor HCSR-04 memiliki keterbatasan dalam akurasi pembacaan jaraknya sehingga pada penelitian berikutnya disarankan untuk menggunakan sensor jenis lain agar lebih akurat dalam pembacaannya.
- b. Rel yang digunakan pada miniatur *trolley* RTG terlalu pendek sehingga untuk pengujian dengan kecepatan motor dengan *setting* diatas 15Hz belum dapat dilakukan

REFERENSI

- [1] C. Anam, N. Hananur Rohiem, and R. Sulistyowati, "Analisa Harmonisa Pada Unit *Crane* RTG (Rubber Tyred Gantry) Di PT. Nilam Port Terminal Indonesia," *J. FORTECH*, vol. 4, no. 1, pp. 7–19, 2023.
- [2] SibongileFlorinaPhiri and KanzumbaKusakana, "A Review of Rubber Tyred Gantry *Cranes* Energy Efficiency Improvements Based on Energy Monitoring, Energy Storage Systems and Optimal Operation Control Strategies," *NeuroQuantology*, vol. 20, no. 10, pp. 10224–10239, 2022.
- [3] N. Raphson, "Analisa Aliran Daya Pada Rubber Tyred Gantry *Crane* Di Terminal Peti Kemas Semarang," 2023.
- [4] F. Y. Hartawan and M. Galina, "Implementasi Programmable Logic Control (Plc) Omron Cp1E Pada Sistem Kendali Motor Induksi Star-Delta Untuk Kebutuhan Industri," *JIT (Jurnal Teknol. Ter.*, vol. 8, no. 2, p. 98, 2022.
- [5] A. N. Latief, "Implementasi Pemrograman Plc Pada Konveyor Pemilah Barang," *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro*, vol. 9, pp. 30–37, 2024.
- [6] E. A. Ghifar Javad H Aziz, Arnando Fajar Sidhiq, "Penerapan Arduino Uno Untuk Hand Sanitizer Dan Sistem Termometer Otomatis," *Portaldata.org*, vol. 4, no. 2, pp. 1–10, 2021.
- [7] Y. Rahmanto, A. Burlian, and S. Samsugi, "Sistem Kendali Otomatis Pada Akuaponik Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3," *J. Teknol. dan Sist. Tertanam*, vol. 2, no. 1, p. 1, 2021.
- [8] G. D. Prenata, "Klasifikasi Keandalan Sistim Distrbusi Tenaga Listrik Di Pt. Pln (Persero) Up3 Surabaya Selatan Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor (Knn)," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 11, no. 3s1, 2023.
- [9] Santoso, I. Aula Wardah, P. Slamet, A. Heri Andriawan, and A. Rahman Algopiki, "Design and Build Two Wheel Balancing Robot Simulation with *Fuzzy* PID," no. August 1945, pp. 124–128, 2023.