

SISTEM KONTROL TROLI ROTARI SEBAGAI TEMPAT PENITIPAN BARANG OTOMATIS BERBASIS RFID MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC*

CONTROL SYSTEM ROTARY TROLLEY AS AUTOMATIC ITEM STORAGE BASED RFID USING FUZZY LOGIC

Risnanda Satriatama¹, Porman Pangaribuan², Denny Darlis³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

¹risnandasatriatama@student.telkomuniversity.ac.id, ²porman@telkomuniversity.ac.id,

³denny.darlis@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada waktu, tempat penitipan barang tidak memiliki cukup ruang untuk menyimpan barang. Solusi untuk mengatasi masalah ini yaitu mengadopsi konsep parkir rotasi yang akan disebut troli rotari. Troli rotari memerlukan sistem kontrol untuk mengatur rak ke posisi yang diinginkan. Penelitian ini berfokus pada sistem kendali posisi rak menggunakan metode Fuzzy Logic Controller (FLC) dengan beban berbeda dari setiap pengguna. Hasil penelitian dari 3 variasi fungsi keanggotaan keluaran dengan beban pada 1 rak, pengujian tanpa beban memiliki settling time antara 3,11-3,24 s dan error steady state antara 3-8 counter. Pengujian dengan beban 250 g memiliki settling time antara 3,92-8,80 s dan error steady state antara -5-4 counter. Sedangkan pengujian dengan beban 500 g memiliki settling time antara 4,66-7,39 s dan error steady state antara 8-12 counter. Adapun pengujian dengan beban berbeda pada 2 rak dan 3 rak memiliki settling time antara 1,2-4,27 s dan error steady state antara -18-11 counter.

Kata kunci : Tempat penitipan barang, troli rotari, FLC

Abstract

At some time, item storage place didnt have enough space to save the items that were deposited. The solution to overcome the problem is adopt the concept of rotational parking that will be called rotary trolley. The research focused on rack position control system using the Fuzzy Logic Controller (FLC) method with different loads from each user. The results from 3 variations of the meeting results, the no-load test had a completion time of between 3.11-3.24 s and steady-state conditions between 3-8 counters. Testing with a load of 250 g has a completion time of 3.92-8.80 s and steady-state conditions between -5-4 counters. While testing with a load of 500 g has a settling time of 4.66-7.39 s and steady-state conditions between 8-12 counters. Testing with the different load on 2 rack and 3 rack has a completion time of 1,2-4,27 s and steady-state conditions between -18-11 counters.

Keywords : item storage places, rotary trolley, FLC

1. Pendahuluan

Pada umumnya tempat seperti pusat perbelanjaan, masjid, toko buku, dan beberapa tempat lainnya terdapat fasilitas untuk menitipkan barang. Hal ini bertujuan untuk mencegah pencurian dan meningkatkan kenyamanan pengunjung agar tidak kerepotan membawa barang-barangnya.

Pada fasilitas ini terdapat kekurangan yaitu terbatas oleh penggunaan lahan dan sistem keamanan. Barang dari pengguna akan diletakkan pada satu rak terbuka dengan nomor tertentu. Kemudian pengguna akan menerima kartu peminjaman untuk dapat mengambil barang-barang tersebut nantinya. Ditinjau dari segi keamanan, penitipan barang dengan peletakan di rak terbuka masih dikatakan rentan [1]. Hal ini disebabkan rak terbuka tidak memiliki penutup sehingga masih rawan terhadap pencurian walau dijaga oleh petugas operasional. Ditambah lagi pada tempat yang memiliki banyak pengunjung, fasilitas penitipan barang harus memiliki ruang yang cukup untuk meletakkan barang-barang dari pengunjung. Tentu menjadi permasalahan jika ruang yang dibutuhkan cukup banyak, total lahan yang dibutuhkan pun demikian. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu parkir rotasi.

Parkir rotasi dapat menghemat penggunaan ruang hingga enam kali lipat bahkan lebih tergantung pada konstruksi yang dibuat [2]. Hal ini karena prinsip parkir rotasi yang mengadopsi ruang vertikal tinggi dan mengandalkan putaran rotasi untuk sistem pergerakannya. Sejauh ini parkir rotasi baru diterapkan pada tempat parkir kendaraan, khususnya mobil. Sehingga penerapan konsep ini pada tempat penitipan barang merupakan solusi yang tepat untuk menghemat penggunaan lahan pada tempat yang memiliki fasilitas ini. Karena konsep parkir rotasi akan diterapkan pada tempat penitipan barang, untuk selanjutnya akan disebut troli rotari.

Troli rotari membutuhkan sistem kendali untuk mengatur posisi troli ke sudut yang diinginkan. Selain itu diasumsikan barang yang akan dititipkan oleh setiap pengguna memiliki berat yang berbeda, dengan kata lain non

Tabel 1. Hasil Survei Ukuran Tempat Penitipan Barang di Kota Bandung

No.	P _R (cm)	L _R (cm)	T _R (cm)	P _F (m)	L _F (m)	Total Ruang
1	35	30	30	2,4	1,6	42
2	35	30	35	3	2,4	98
3	50	30	45	6	1,2	36
4	50	45	30	1,8	2,4	62
5	50	45	45	2,1	1,65	37

Keterangan:

PR: Panjang per ruang

LR: Lebar per ruang

TR: Tinggi per ruang

PF: Panjang fasilitas tempat penitipan barang

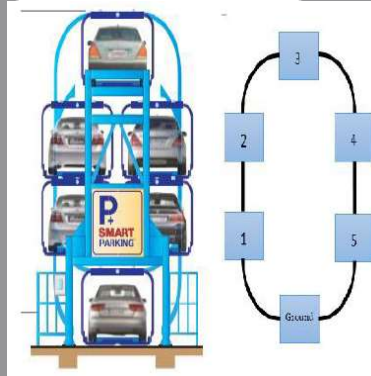
LF: Lebar fasilitas tempat penitipan barang

Dari hasil survei tersebut, rata-rata ukuran fasilitas tempat penitipan barang dari lima data yang diambil adalah 3,06 x 1,85 m dan rata-rata jumlah ruang adalah 55 ruang. Jika dilihat pada kondisi tersebut, jumlah penggunaan ruang dapat lebih dihemat dengan sistem parkir rotasi.

2.2 Rotary Parking (Parkir Rotasi) dan Trolis Rotari

Rotary parking atau parkir rotasi adalah salah satu sistem parkir pintar yang berotasi pada sumbu vertikal [3]. Sistem ini termasuk dalam kelas sistem parkir pintar atau Automatic Parking System (APS) dengan konsep pergerakan rotasi vertikal. Konsep APS pertama kali digunakan di Paris, Prancis pada tahun 1905. Terdapat dua faktor yang menjadi pendorong terciptanya konsep sistem parkir otomatis ini, yaitu kebutuhan akan ruang parkir dan kelangkaan pada lahan yang tersedia.

Sistem parkir jenis ini dapat menampung 2 buah kendaraan secara horizontal dan beberapa kendaraan secara vertikal tergantung tinggi dari konstruksi mekaniknya. Ilustrasi sistem parkir rotasi serta nomor ruang parkir rotasi ditunjukkan pada gambar 3. berikut.



Gambar 3. Ilustrasi Parkir Rotasi dan Nomor Ruang Parkir Rotasi[4]

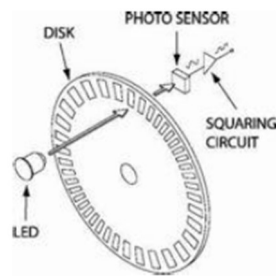
Sejauh ini, sistem parkir rotasi baru diterapkan pada tempat parkir mobil. Penerapan konsep ini pada beberapa kegiatan operasional akan sangat diuntungkan, contohnya tempat penitipan barang otomatis. Jika sebelumnya diperlukan petugas operasional pada tempat penitipan barang, penerapan konsep ini dapat menjadi otomatis tanpa petugas operasional. Untuk lebih lanjut penerapan konsep parkir jenis ini pada tempat penitipan barang akan disebut trolis rotari. Penerapan konsep trolis rotari dapat menghemat lahan karena mengadopsi ruang secara vertikal. Selain itu penggunaannya dapat dilakukan secara otomatis tanpa bantuan tenaga operasional dan lebih aman karena menggunakan 1 akses RFID untuk setiap trolis.

2.3 Rotary Encoder

Rotary encoder adalah perangkat elektromekanik yang dapat mengubah putaran dari poros menjadi pulsa yang dapat dikonversi menjadi arah dan posisi [4]. Pada umumnya, terdapat dua bagian pada rotary encoder yaitu disk dan detektor. Disk adalah piringan yang memiliki pola dengan lubang, sedangkan detektor merupakan bagian dari rotary encoder yang digunakan untuk mendeteksi posisi dengan memanfaatkan lubang dari piringan.

Pada sistem ini digunakan incremental rotary encoder. Kelebihan dari incremental rotary encoder yaitu memiliki lebih sedikit detektor yang berpengaruh pada penggunaan pin pada mikrokontroler yang digunakan. Selain itu harga yang ditawarkan juga lebih terjangkau. Incremental rotary encoder juga dapat mengukur sudut dari satu putaran rotasi dengan dimanipulasinya program yang digunakan. Rotary encoder jenis ini hanya memiliki dua kanal detektor, yaitu kanal A dan kanal B.

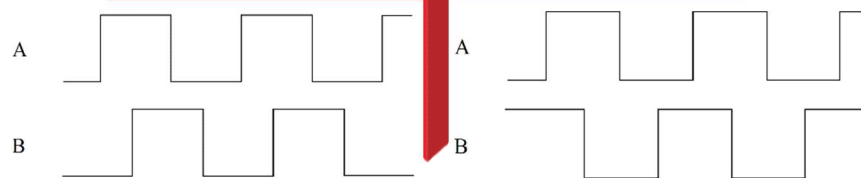
Satu kanal detektor terbuat dari LED sebagai pemancar dan phototransistor sebagai penerima. LED ditempatkan pada sisi piringan, sehingga cahaya dari LED langsung menghadap ke disk. Sedangkan phototransistor ditempatkan pada sisi lain dari disk. Ilustrasi penempatan LED, phototransistor, dan disk dapat dilihat pada Gambar 4. berikut.



Gambar 4. Ilustrasi Rotary Encoder [6]

Saat disk berputar mengakibatkan phototransistor menerima cahaya dari LED yang melalui lubang dari piringan, maka phototransistor bernilai 1. Saat pergerakan piringan selanjutnya, mengakibatkan phototransistor bernilai 0. Sehingga ketika digerakkan terus-menerus akan menghasilkan gelombang persegi. Gelombang persegi tersebut merupakan pulsa informasi yang dapat diolah lebih lanjut menjadi arah dan posisi.

Arah pada rotary encoder, yaitu CW (Clock Wise) atau searah jarum jam dan CCW (Counter Clock Wise) atau berlawanan arah jarum jam dapat ditentukan dengan kombinasi keadaan pada dua kanal detektor pada rotary encoder. Untuk lebih lanjut dapat dilihat pada gambar 4.

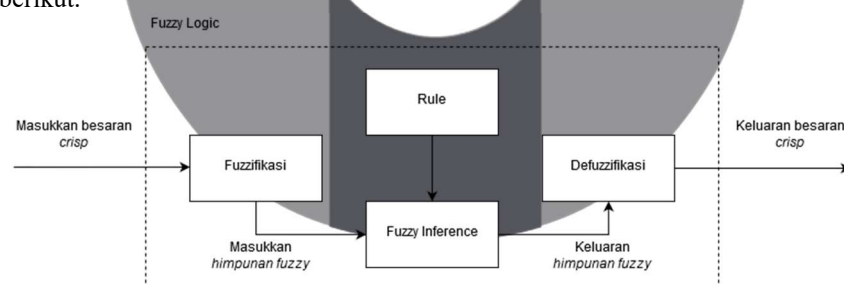


Gambar 4. Pola Pulsa Saat Arah Rotary Encoder CW dan CCW

Berdasarkan pada gambar tersebut, arah rotary encoder dapat ditentukan dari kondisi kombinasi logika *HIGH*, *LOW*, *rising*, dan *falling* dari nilai pulsa yang diterima mikrokontroler. Kondisi-kondisi tersebut dapat merepresentasikan arah dari rotary encoder, yaitu CW atau CCW. Selain itu untuk mengukur posisi putar dari poros encoder, dapat dilakukan dengan manipulasi variabel di dalam program. Variabel terkait akan terus bertambah ketika kondisi kanal A dan kanal B sesuai dengan kondisi arah CW, atau variabel terkait akan terus berkurang ketika kanal A dan kanal B sesuai dengan kondisi arah CCW. Mengacu pada Gambar 4, 1 siklus gelombang pada kanal A atau kanal B memperoleh 4 kondisi saat arah CW atau CCW.

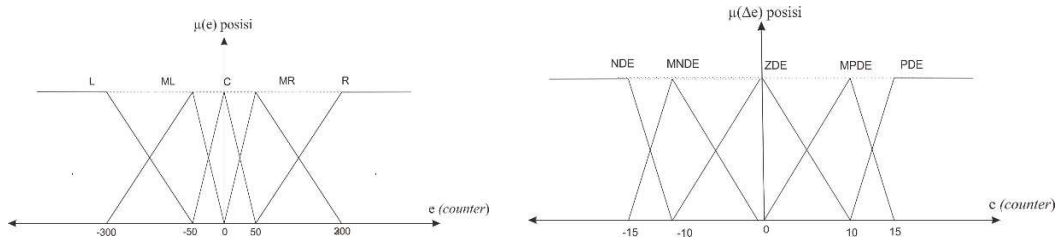
2.4 Fuzzy Logic Controller (FLC)

Fuzzy logic digunakan untuk menerjemahkan suatu besaran yang bersifat linguistik, misalkan ketinggian suatu air yang diekspresikan dengan rendah, agak rendah, tinggi, dan sangat tinggi. Fuzzy logic controller dibagi menjadi empat buah elemen dasar, yaitu fuzzyfication, rule, fuzzy inference, dan defuzzyfication yang dapat dilihat pada gambar 5. berikut.

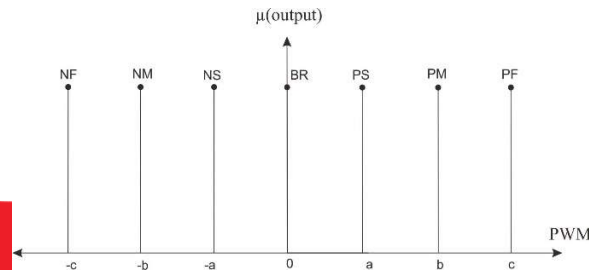


Gambar 5. Proses Fuzzy Logic Controller

Terdapat 3 proses utama pada *fuzzy logic controller*, yaitu *fuzzyfication*, *fuzzy inference*, dan *defuzzyfication*. Dalam *fuzzyfication*, masukan dengan nilai tegas (*crisp*) dikonversi menjadi bentuk variabel linguistik (*fuzzy*) yang ditentukan berdasarkan fungsi keanggotaannya. Masukan pada FLC adalah error (e) posisi dan delta error (Δe) posisi. Error (e) posisi direpresentasikan oleh nilai variabel counter pada trolis terkait terhadap set point. Sedangkan delta error (Δe) posisi direpresentasikan oleh selisih antara error (e) posisi saat ini dan error (e) posisi sebelumnya. Keluaran pada FLC berupa nilai PWM yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan putar motor DC.



Gambar 6. Himpunan Fuzzy Masukan Error (e) Posisi dan Delta Error (e) Posisi



Gambar 7. Himpunan Fuzzy Keluaran PWM

Fuzzy inference system atau sistem inferensi fuzzy adalah kerangka komputasi yang didasarkan pada rule himpunan fuzzy dan aturan fuzzy yang berbentuk IF – THEN. Pada dasarnya, sistem inferensi fuzzy menerima input nilai tegas (crisp). Masukan ini akan diolah berdasarkan n aturan fuzzy dalam bentuk IF – THEN. Keluaran dari sistem inferensi fuzzy adalah bentuk nilai linguistik. Rules pada sistem ini adalah sebagai berikut.

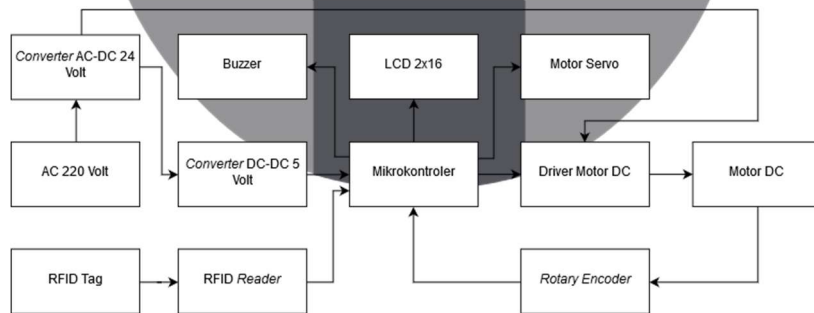
Tabel 2. Rules FLC Posisi

$\Delta e \backslash e$	L	ML	C	MR	R
NDE	PM	PS	NS	NS	NM
MNDE	NM	NS	BR	PS	PM
ZDE	NF	NM	BR	PM	PF
MPDE	NM	NS	BR	PS	PM
PDE	PM	PS	PS	NS	NM

Tahap akhir proses fuzzy logic controller adalah defuzzyfication. Setelah menerima masukan dari proses inferensi fuzzy, pada tahap defuzzyfication nilai variabel linguistik akan di konversi menjadi nilai tegas (crisp). Defuzzyfication diperlukan karena dalam aplikasi nyata yang dibutuhkan adalah nilai tegas (crisp) [4]. Keluaran dari defuzzyfication berupa nilai PWM yang digunakan untuk menggerakkan motor DC.

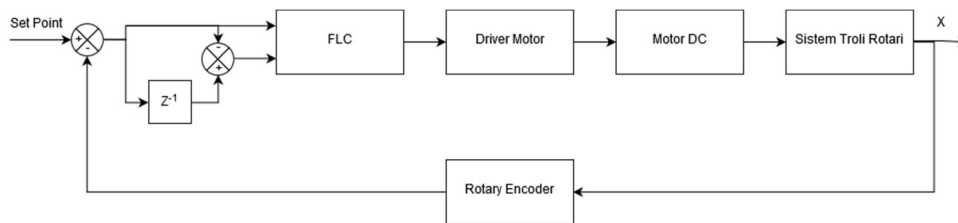
3. Hasil & Pembahasan

3.1 Desain Sistem



Gambar 8. Diagram Blok Sistem

Keluaran PWM untuk mengendalikan putaran motor DC bergantung pada error (e) posisi dan delta error (Δe) posisi. Error (e) posisi merupakan seberapa jauh simpangan posisi trolley yang ingin digerakkan terhadap posisi set point. Sedangkan delta error (Δe) merupakan selisih terhadap error (e) posisi sekarang terhadap error (e) posisi sebelumnya. Nilai error (e) dan delta error (Δe) posisi akan diproses menggunakan metode fuzzy logic controller. Output dari fuzzy logic controller direpresentasikan dengan nilai PWM. Nilai PWM terkait akan menjadi input pada driver motor untuk mengontrol motor DC. Adapun diagram blok kontrol posisi menggunakan fuzzy logic controller yang telah dirancang dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Diagram Blok Kontrol Posisi

Set point pada gambar tersebut merupakan nilai posisi gate berdasarkan sensor rotary encoder. Kemudian pada blok FLC dilakukan proses fuzzyfication, fuzzy inference, dan defuzzyfication untuk memperoleh nilai PWM yang akan menjadi input pada driver motor.

3.2 Pengujian Sensor Incremental Rotary Encoder

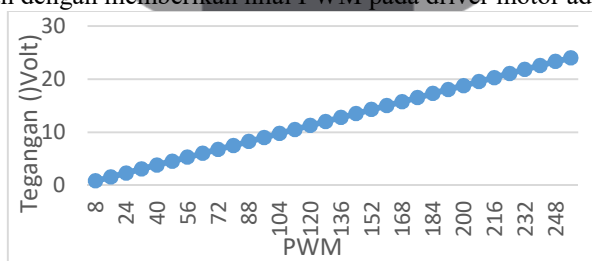
Hasil pengujian sensor incremental rotary encoder dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Incremental Rotary Encoder

No.	Nilai Pada Penggaris (cm)	Jumlah counter	Nilai Terbaca Dari Sensor (cm)	Error	Error
1	1	48	1,13	-0,13	0,13
2	2	95	2,24	-0,24	0,24
3	3	143	3,37	-0,37	0,37
4	4	160	3,77	0,23	0,23
5	5	227	5,35	-0,35	0,35
6	6	263	6,20	-0,20	0,20
7	7	315	7,42	-0,42	0,42
8	8	349	8,22	-0,22	0,22
9	9	392	9,24	-0,24	0,24
10	10	434	10,23	-0,23	0,23
11	11	479	11,29	-0,29	0,29
12	12	517	12,18	-0,18	0,18
13	13	574	13,52	-0,52	0,52
14	14	592	13,95	0,05	0,05
15	15	629	14,82	0,18	0,18
Rata-rata Error					0,33959
Akurasi					96.72%

3.3 Pengujian Driver Motor dan Nilai PWM Motor DC

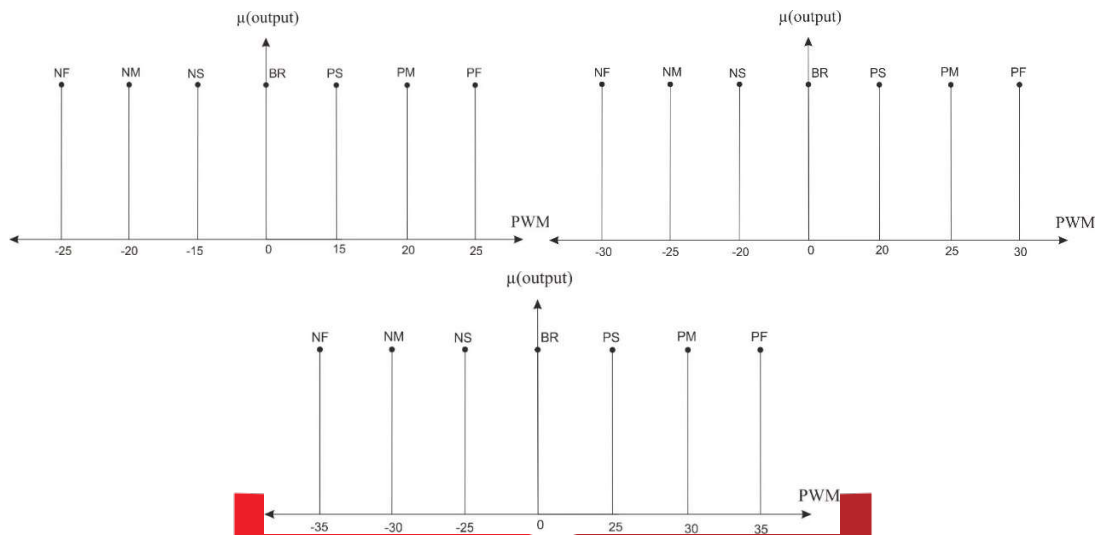
Pengujian dilakukan dengan memberikan nilai PWM pada driver motor adalah sebagai berikut.



Gambar 10. Grafik Tegangan Keluaran Driver Motor Terhadap Nilai PWM Yang Diberikan

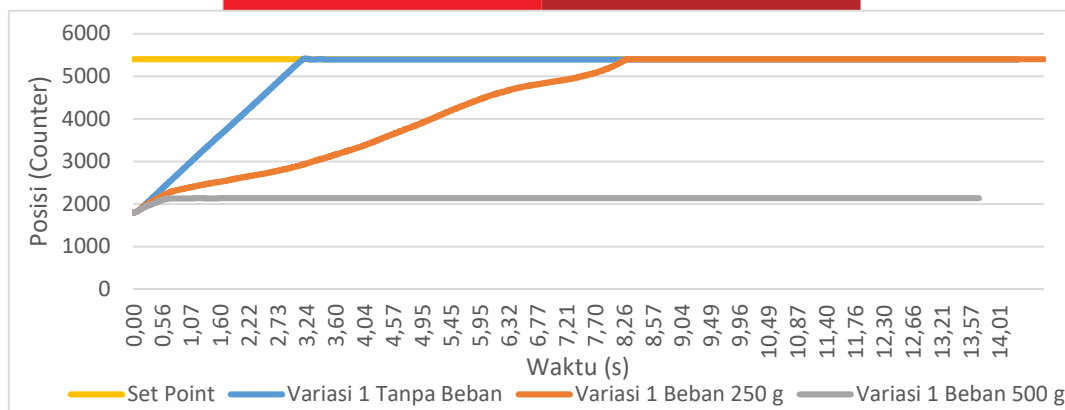
3.4 Pengujian Algoritma FLC

Pengujian algoritma FLC terdiri dari pengujian FLC posisi untuk sensor rotary encoder. Pengujian ini dilakukan untuk menguji ketepatan hasil dari algoritma FLC yang dibuat. Pada pengujian ini, fungsi keanggotaan keluaran dibuat 3 variasi sebagai berikut.



Gambar 11. Fungsi Keanggotaan Keluaran PWM 3 Variasi

Adapun perbandingan grafik respon posisi dan respon PWM terhadap 3 variasi perubahan himpunan fuzzy keluaran ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 12. Grafik Respon Posisi Dari 3 Variasi Fungsi Keanggotaan Keluaran

Tabel 4. Hasil Pengujian Respon Posisi

No.	Beban (g)	Waktu Mencapai Posisi Tujuan (s)	Waktu Mencapai Steady State (s)	Error Steady State (counter)	Maks. Overshoot (counter)
1	0	3,12	3,24	4	19
2	250g	8,80	8,80	-5	6
3	500g	-	-	3291,00	-

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada alat ini, dapat disimpulkan dalam beberapa point sebagai berikut.

1. Penggunaan kontrol FLC memberikan respon posisi yang baik dalam 3 variasi himpunan fuzzy keluaran PWM. Respon yang baik tergantung pada beban dan definisi himpunan fuzzy masukan yang dibuat.
2. FLC yang dirancang menggunakan 2 masukan yaitu error (e) posisi dan delta error (Δe) posisi. Masukan tersebut cukup untuk merepresentasikan posisi rak dan perpindahan rak terhadap 1 loop program. Dengan kata lain, perpindahan rak terhadap 1 loop program yaitu representasi dari beban yang sedang diputar oleh aktuator. Adapun keluaran FLC berupa singleton karena perhitungan yang sederhana pada mikrokontroler.
3. Respon sistem terhadap waktu yang diperoleh bervariasi antara 2,16s – 3,76s. Sedangkan Error steady state bervariasi antara -7,8 counter hingga 55 counter. Pada variasi 3, terdapat overshoot sebesar 41 counter.
4. Sensor incremental rotary encoder dapat digunakan sebagai sensor posisi pada trolis rotari dengan akurasi sebesar 89,33% dan rata-rata error sebesar 3,4876%.

5. Driver motor BTS7960 dapat digunakan pada troli rotari karena memiliki keluaran tegangan yang linier dengan nilai PWM.

4.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Untuk ke depannya, mungkin dapat dibuat alat dengan ukuran yang asli sesuai dengan penggunaan tempat penitipan barang.
2. Dalam penggunaan sensor rotary encoder, agar lebih akurat menggunakan sensor absolute rotary encoder agar lebih dinamis penempatan dari setiap ruang tanpa mengatur posisi terlebih dahulu ketika dinyalakan.

Daftar Pustaka :

- [1] A. R. Al Masyhur, Rancang Bangun Loker Penitipan Barang Menggunakan Barcode KTM dan PIC Berbasis Arduino, Malang: Universitas Muhammadiyah Malang, 2015.
- [2] C. Patel, M. Swami, P. Saxena dan S. Shah, "Rotary Automated Car Parking System," *IJESIT (International Journal of Engineering Science and Innovative Technology)*, vol. 4, no. 2, p. 405, 2015.
- [3] I. Nursalim, Sistem Kendali Miniatur Rotary Car Parking System Berbasis Kontrol Fuzzy Logic, Bandung: UIN Sunan Gunung Djati Bandung, 2017.
- [4] "Cara Menggunakan Loker Stasiun Di Jepang Yang Memudahkan Para Wisatawan," 21 Februari 2018. [Online]. Available: <http://www.his-travel.co.id>. [Diakses 6 November 2019].
- [5] P. Nurega, R. Subekti dan N. W. Nugraha, "Rancang Bangun Sistem Kendali Parkir Rotasi Vertikal Berbasis RFID Untuk Sistem Parkir Pintar," *STEMAN (Sistem Kendali dan Mekanika Industri Manufaktur)*, pp. A-42, 2016.
- [6] M. Sodik dan H. Hasbullah, "Prototype od Arduino Based Parking Rotation System," dalam *ISMEE (International Symposium on Materials and Electrical Engineering)*, 2017.
- [7] E. S. Wahyuningtyas, Aplikasi Smart Parking Berbasis Android Menggunakan Sensor RFID Di Universitas Telkom, Bandung: Universitas Telkom, 2019.
- [8] L. S. Tanutama dan Rojali, Perancangan Program Simulasi Pengamanan Data Transmisi Pada Contactless Smart Card Dengan Metode Serpent AES, Jakarta: Binus University, 2011.
- [9] V. Putri, Rancang Bangun Perangkat Keras Implementasi RFID Sebagai Sistem Identifikasi Serta Pengaman Peralatan Bengkel dan Laboratorium, Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya, 2015.
- [10] P. Setiyopamuji, P. Pangaribuan dan A. S. Wibowo, Perancangan dan Implementasi Anti Sway Gantry Crane Berbasis Fuzzy Logic Controller, Bandung: Universitas Telkom, 2019.
- [11] M. A. Octafidho, A. Rusdinar dan R. Nugraha, Visualisasi Data Sensor RPLIDAR 360 Degree 2D Laser Scanner A1M1 dan Perhitungan Posisi Menggunakan Sensor Rotary Encoder Dengan Metode Kalman Filter, Bandung: Universitas Telkom, 2016.
- [12] S. Kusumadewi dan S. Hartati, Neuro-Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [13] N. H. Dwiharnis, P. Pangaribuan dan A. S. Wibowo, Sistem Pintu Air Ootomatis Berdasarkan Debit Air Pada Intake Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro, Bandung: Universitas Telkom, 2019.