

Perbaikan Unjuk Kerja *Cross Travel Gantry Crane* Untuk Sistem *Antisway* Menggunakan *Fuzzy Logic Controller*

Ahmad Ryan Faqih

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: ahmad.20030@mhs.unesa.ac.id

Endryansyah, Puput Wanarti Rusimamto, Parama Diptya Widayaka

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: endryansyah@unesa.ac.id, puputwanarti@unesa.ac.id, paramawidayaka@unesa.ac.id

Abstrak

Gantry Crane adalah suatu alat yang digunakan untuk mengangkat atau memindahkan muatan berat. Proses pemindahan muatan menggunakan *Gantry Crane* dapat menyebabkan ayunan yang besar. Ayunan beban adalah salah satu masalah yang paling sering terjadi di lokasi produksi. Maka dari itu, sistem *antisway* diperlukan untuk mengatasi masalah yang terjadi. Penelitian ini menggunakan *fuzzy logic* untuk mempercepat penyetabilan ayun. Hasil yang didapatkan yaitu kestabilan ayunan berhasil didapatkan di angka 18,77 detik dari 69,18 detik di beban 1100g, 13,78 detik dari 65,53 detik di beban 700g, dan 23,91 detik dari 77,58 detik di beban 400g. Dari hasil tersebut maka diketahui kestabilan ayun berhasil dipercepat rata-rata sebesar 73,71%.

Kata Kunci: *Gantry Crane*, Ayunan, *Antisway*, *Fuzzy Logic*.

Abstract

Gantry Crane is a tool used to lift or move heavy loads. The process of moving loads using a *Gantry Crane* can cause large swings. Load swing is one of the most common problems in production sites. Therefore, an *antisway* system is needed to overcome the problems that occur. This research uses *fuzzy logic* to accelerate swing stabilization. The results obtained are that the swing stability was successfully obtained at 18.77 seconds from 69.18 seconds at 1100g load, 13.78 seconds from 65.53 seconds at 700g load, and 23.91 seconds from 77.58 seconds at 400g load. From these results, it is known that the swing stability was successfully accelerated on average by 73.71%.

Keywords: *Gantry Crane*, Swing, *Antisway*, *Fuzzy Logic*.

PENDAHULUAN

Sistem otomasi pada dunia industri mulai menjadi hal yang sangat penting saat ini. Hal tersebut dikarenakan sistem otomasi bisa membuat pekerjaan lebih praktis, aman, dan juga efisien. Teknologi otomatisasi akan mengembangkan kualitas dan kuantitas hasil produksi dengan mempergunakan mesin-mesin industri saat ini (Alamsyah dkk., 2021). Salah satu alat yang penting di dunia industri adalah *Crane*.

Crane merupakan salah satu alat yang banyak digunakan sebagai alat angkat yang digerakkan baik secara manual maupun semi-otomatis untuk memindahkan beban berat dalam kegiatan industri-industri besar seperti pada pelabuhan laut, pabrik dan konstruksi bangunan. Ada

banyak jenis *crane* yang digunakan untuk membantu pekerjaan manusia di bidang industri, seperti *tower crane*, *overhead crane*, *ship to shore crane*, *booming crane*, *gantry crane*, dll. *Gantry crane* merupakan jenis *crane* yang paling banyak digunakan di dunia industri (Arrifai dkk., 2021). *Gantry Crane* pada dasarnya dibagi menjadi tiga gerakan yaitu *hoist*, *cross travel*, *long travel*. Proses pemindahan muatan menggunakan *Gantry Crane* dapat menyebabkan ayunan yang besar. Ayunan beban adalah salah satu masalah yang paling sering terjadi di lokasi produksi (Suvorov dkk., 2021).

Sistem *antisway* dapat menjadi salah satu solusi permasalahan ayun yang kerap kali terjadi pada *gantry crane*. Sistem *antisway* bekerja dengan mengendalikan pergerakan motor *crane*

sesuai dengan permasalahan yang terjadi (Fahmi dkk., 2019). Penelitian ini menggunakan metode *fuzzy logic* untuk mempercepat penyetabilan ayun. Untuk mendukung sistem *antisway* yang dibuat peneliti menggunakan 3 sensor yaitu Sensor VL53L0X, sensor *Loadcell*, dan juga sensor MPU6050.

Sensor VL53L0X

Sensor jarak VL53L0X adalah sebuah modul elektronik yang dibuat oleh perusahaan elektronik *ST Microelectric* dan bekerja berdasarkan prinsip *Time-of-Flight* (ToF). Perangkat ini memancarkan laser VCSEL dan aman apabila disorot langsung ke mata serta laser tidak terlihat sama sekali. Di dalam modul sensor VL53L0X terdapat suatu komponen *chip* berwarna hitam. Komponen itu adalah *transmitter* dan *receiver* laser. Laser dipancarkan oleh *transmitter* kemudian dipantulkan oleh objek dan akan diterima kembali oleh *receiver* (Luthfi dkk., 2021).

Sensor Beban (*Loadcell*)

Sensor beban adalah sensor untuk menghitung massa pada suatu benda dengan menggunakan prinsip kerja jembatan *wheatstone* di dalamnya. Sensor ini memiliki transduser yang mengukur ketegangan kawat, dimana mengubah tegangan mekanis menjadi sinyal listrik (Kurniawan dkk., 2020).

Sensor MPU6050

Sensor MPU 6050 adalah modul sensor yang terdapat dua fungsi didalamnya yaitu, *accelerometer* dengan *micro-electromechanical system* (MEMS) dan *gyroscope* dengan *microelectromechanical system* (MEMS) dalam sebuah *chip*. Terdapat 16 pin *analog* yang dilakukan pengkonversian terlebih dahulu untuk menentukan sumbu, sehingga sensor ini dapat bekerja dengan maksimal. Nilai dari sumbu x, y, dan z pada sensor ini dapat diambil secara bersamaan dalam satu waktu. Sensor ini menggunakan *Inter Integrated Circuit* (interface *I2C-bus*) sebagai koneksi antara sensor dan Arduino (Suprayogi dkk., 2019).

WEMOS D1 R32

WEMOS D1 R32 adalah mikrokontroler berbasis ESP32 dengan kecepatan *clock* hingga 240Mhz yang merupakan modul mikrokontroler nirkabel (*Wifi*). Mikrokontroler ini memiliki 32 pin yang terpasang, memiliki pin *digital* dan *analog* serta menggunakan kabel USB untuk disambungkan ke sumber (Zuhri dan Okselia, 2021). Untuk dapat menanamkan perintah ke arduino dibutuhkan suatu *software*. *Software* yang digunakan bernama Arduino IDE (*Integrated Development Environment*).

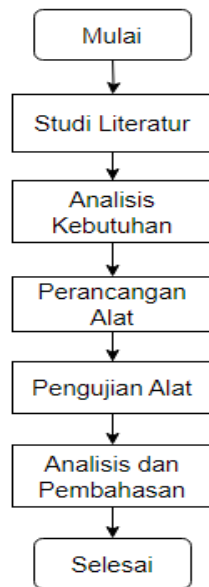
METODE

Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian dilakukan menggunakan pendekatan kuantitatif. Penelitian dilakukan dengan perancangan prototipe untuk dilakukan percobaan langsung dan menjawab rumusan masalah, serta untuk membandingkan dengan metode penelitian sebelumnya. Dengan menggunakan metode penelitian, pelaksanaan penelitian dilakukan secara sistematis dan akurat. Data penelitian dapat dibuktikan dan diuji secara ilmiah. Dengan demikian, penelitian yang dilakukan menghasilkan pengetahuan baru yang bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan kehidupan manusia (Waruwu, 2023). Penelitian ini menggunakan *software* Arduino IDE sebagai tempat memprogram *fuzzy logic controller* yang akan ditanamkan pada WEMOS D1 R32.

Tahapan Penelitian

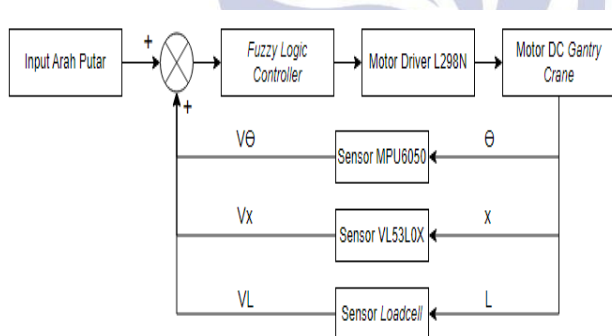
Penelitian ini dilakukan dengan beberapa prosedur yang dimulai dari membaca jurnal-jurnal terdahulu yang relevan dengan topik penelitian. Setelah informasi terkumpul dilakukan analisis kebutuhan bahan dan alat untuk mendukung pembuatan prototipe. Setelah itu akan dilakukan perancangan alat mulai dari pembuatan mekanik alat, rangkaian elektrik alat sampai dengan program sistem yang akan ditanam. Setelah alat sudah jadi, maka akan dilakukan pengujian dan pengambilan data sesuai dengan kinerja alat yang diinginkan. Setelah dilakukan pengujian dan pengambilan data maka akan dianalisis, dilakukan pembahasan dan pembuatan laporan. Detail tahapan penelitian tersebut telah dituangkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Desain Sistem

Desain sistem *fuzzy logic controller* untuk pengendalian kecepatan motor DC untuk sistem *antisway gantry crane* ditunjukkan pada Gambar 2.

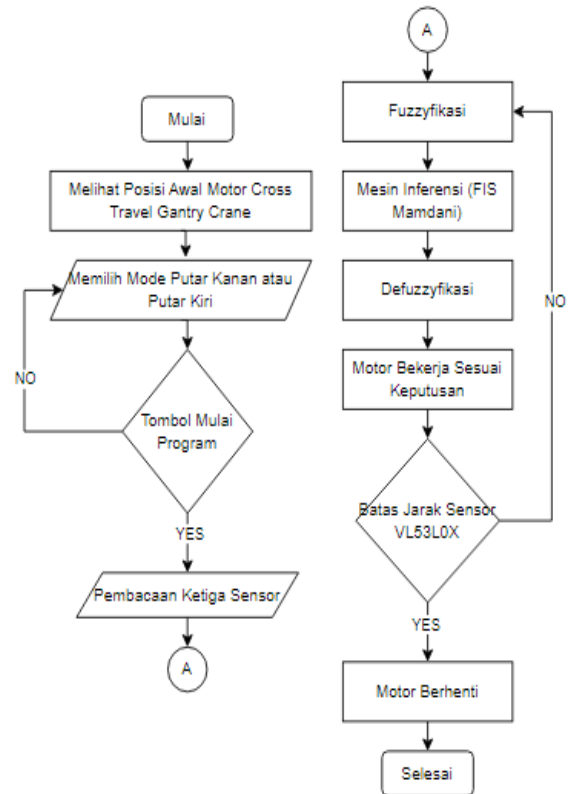


Gambar 2. Desain Sistem

Dari Gambar 2 diketahui bahwa θ adalah notasi sensor MPU6050, x adalah notasi sensor VL53L0X, L adalah notasi sensor *Loadcell*. Cara kerja sistem adalah ketika motor menyala dia akan dipilih terlebih dahulu apakah ingin putar kanan atau putar kiri. Lalu Arduino akan memproses keputusan kecepatan motor dengan membaca masukkan 3 sensor VL53L0X, MPU6050, *Loadcell* dan arah putar tadi. Kemudian hasil keputusan akan dieksekusi L298N untuk mengijinkan berapa tegangan *power supply* yang masuk, tegangan yang masuk akan memengaruhi RPM motor.

Perancangan Program

Secara garis besar program pada sistem ini dijelaskan pada *flowchart* yang tercantum pada Gambar 3.



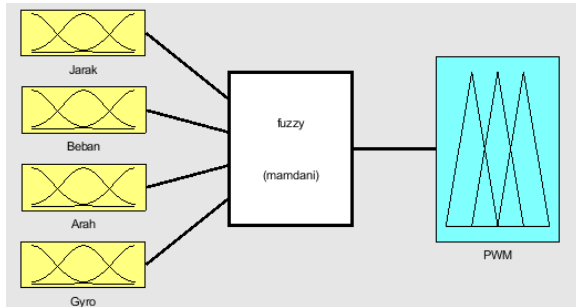
Gambar 3. Flowchart Program

Berdasarkan *Flowchart* pada Gambar 3, tahapan sistem dimulai dari melihat terlebih dahulu posisi motor DC *cross travel gantry crane*. Setelah itu, memilih mode motor putar kanan atau putar kiri. Ketika tombol mulai program ditekan maka sensor-sensor yang ada akan mulai bekerja mengirimkan datanya dan akan diolah oleh mikrokontroler. Mikrokontroler mengolah dengan menggunakan metode *fuzzy logic*. Hasil dari olahan tersebut adalah penentuan keputusan PWM yang akan dikirimkan ke motor untuk mengatur kecepatannya. Ketika motor telah mencapai batas jarak dari pembacaan sensor VL53L0X maka motor DC gerakan *cross travel gantry crane* akan berhenti dan proses dari sistem *antisway* selesai.

Perancangan Fuzzy Logic Controller

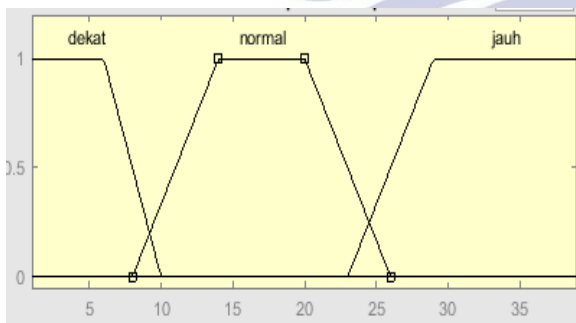
Fuzzy logic controller yang digunakan dalam penelitian ini adalah FIS Mamdani. Prinsip dalam penggunaan metode fuzzy adalah

mengatur parameter fungsi keanggotaan dan aturan dasar logika yang telah dibuat. Konfigurasi *fuzzy logic controller* sistem *antisway* tercantum pada Gambar 4.

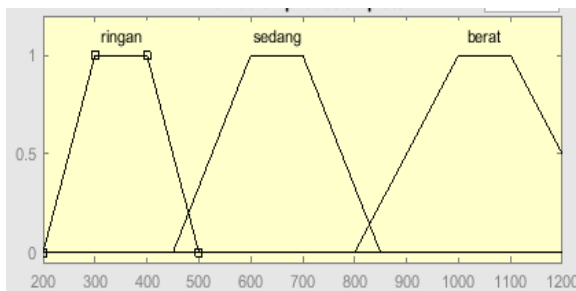


Gambar 4. Konfigurasi Fuzzy Logic

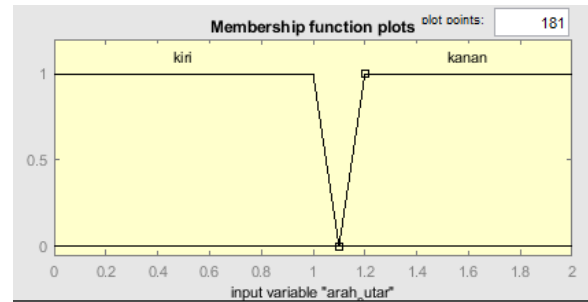
Dari Gambar 4 bisa dilihat bahwa sistem memiliki 4 masukan fuzzy dan 1 keluaran fuzzy. Blok jarak mewakili sensor VL53L0X, blok beban mewakili sensor *Loadcell*, blok arah mewakili *counter* yang sudah deprogram di mikrokontroler, dan blok *gyro* mewakili sensor MPU6050. Berikut adalah rangkaian gambar fungsi keanggotaan ke-4 masukan dan 1 keluaran dari sistem *antisway*. Untuk Label Y merupakan tingkat derajat keanggotaan, sedangkan untuk Label X merupakan himpunan keanggotaan yang telah dibuat.



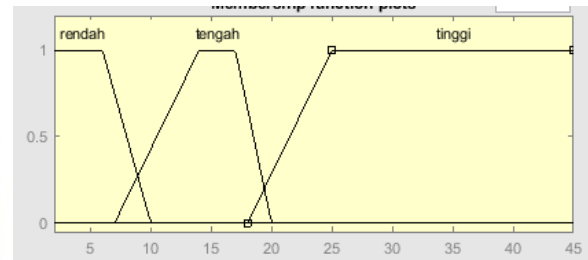
Gambar 5. Input Sensor VL53L0X



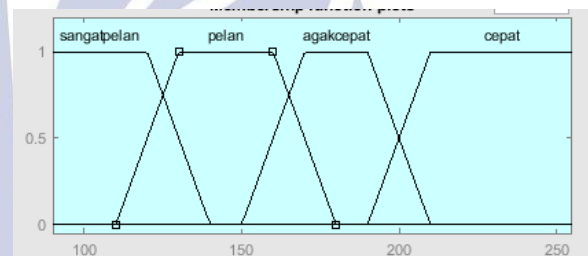
Gambar 6. Input Sensor Loadcell



Gambar 7. Input Arah Putar Motor



Gambar 8. Input Sensor MPU6050



Gambar 9. Output Kecepatan Motor

Dari Gambar 5 didapatkan bahwa masukan sensor VL53L0X memiliki *range* (0-40cm), dari Gambar 6 didapatkan bahwa sensor *Loadcell* memiliki *range* (200-1300g), dari Gambar 7 didapatkan bahwa Arah putar motor memiliki (1(kiri) dan 2(kanan)) dan dari Gambar 8 didapatkan bahwa Dan sensor MPU6050 memiliki *range* (0-45°). Sedangkan untuk keluaran kecepatan motor dari Gambar 9 memiliki *range* (90-255PWM).

Pengujian

Pada penelitian ini, dilakukan beberapa pengujian diantaranya adalah:

1. Pengujian Sensor VL53L0X dengan membandingkan pembacaan sensor dan pengukuran penggaris agar dapat diketahui *error* sensor.
2. Pengujian Sensor *Loadcell* dengan membandingkan pembacaan sensor dan

pengukuran timbangan digital agar dapat diketahui *error* sensor.

3. Pengujian Sensor MPU6050 dengan membandingkan pembacaan sensor dan pembacaan *software* PhyPhox agar dapat diketahui *error* sensor.
4. Pengujian program *fuzzy logic* antara Arduino IDE dan Matlab agar diketahui *error* keputusan sistem.
5. Pengujian sistem secara keseluruhan tanpa kontroler
6. Pengujian sistem secara keseluruhan dengan kontroler.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sensor VL53L0X

Pada penelitian ini sensor VL53L0X digunakan untuk mengukur jarak antara *cross travel crane* dan ujung lintasan sebagai masukkan Fuzzy Logic dan indikator motor berhenti. Pada *datasheet*, sensor VL53L0X memiliki akurasi $\pm 3\%$. Untuk mengetahui kebenarannya maka dilakukan pengujian dengan perbandingan menggunakan penggaris. Untuk sensor VL53L0X menggunakan satuan *centimeter* (cm), untuk sensor *Loadcell* menggunakan satuan gram (g), dan untuk sensor MPU6050 menggunakan satuan derajat ($^{\circ}$). Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor VL53L0X dengan Penggaris

NO.	Hasil Pengujian VL53L0X (cm)	Hasil Pengukuran Penggaris (cm)	Persentase Nilai Error (%)
1.	39	39	0
2.	34	34	0
3.	27	27,5	1.8
4.	22	22	0
5.	19	19	0
6.	15	15	0
7.	14	14	0
8.	10	10	0
9.	8	7	12.5
10.	6	6	0
Rata-rata persentase nilai <i>error</i>			1.43

Berdasarkan Tabel 1 hasil pembacaan sensor sangat akurat yang hanya mendapatkan nilai *error* 1.43% dan 2 titik yang tidak sesuai dari 10 pengujian. Perhitungan nilai *error* didapat dengan persamaan (1) dan (2) :

$$\% \text{ nilai } error = \frac{\text{hasil pengujian} - \text{hasil asli}}{\text{hasil asli}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{rata - rata } \% \text{ nilai } error = \frac{\text{jumlah semua data}}{\text{banyaknya data}} \dots \dots \dots (2)$$

Pengujian Sensor Beban (*Loadcell*)

Sensor beban berfungsi untuk membaca beban yang diangkat oleh *crane* dan sebagai salah satu masukkan *Fuzzy Logic*. Pada penelitian ini beban mempunyai 3 berat variasi dan akan dilakukan pertimbangan antara sensor dan timbangan. Dalam suatu jurnal yang berjudul “Analisis Hasil Ukur Sensor *Load Cell* Untuk Penimbang Berat Beras, Paket dan Buah Berbasis Arduino” dikatakan bahwa toleransi hasil ukur yang diperbolehkan adalah maksimum 5% (Unang Achlison dan Bambang Suhartono, 2020). Untuk mengetahui kebenarannya maka dilakukan pengujian dengan perbandingan menggunakan timbangan digital. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor *Loadcell* dengan Timbangan

NO.	Sensor Berat <i>Loadcell</i> (g)	Hasil Pengukuran Timbangan (g)	Persentase Nilai Error (%)
1.	397.6	400	0.6
2.	703.5	713	1.3
3.	1144.7	1117	2.4
Rata-rata persentase nilai <i>error</i>			1.43

Berdasarkan Tabel 2 pembacaan sensor dan juga timbangan tidak terlalu jauh dan persentase nilai *error* didapat sebesar 1.43%. Perhitungan persentase nilai *error* dan juga rata-rata persentase nilai *error* didapat melalui rumus Persamaan 1 dan Persamaan 2.

Pengujian Sensor MPU6050

Sensor MPU6050 digunakan sebagai masukkan *Fuzzy Logic* dan *monitoring* ayun dari beban yang diangkat oleh *crane*. Sensor ini merupakan indikator utama keberhasilan dari sistem yang dibuat. Pengujian dilakukan dengan

menyambungkan tegangan 12V pada motor dan melihat bagaimana respon dari sensor tersebut terhadap ayunan beban *crane*. Pada *datasheet*, sensor MPU6050 memiliki akurasi $\pm 3\%$. Untuk mengetahui kebenarannya maka dilakukan pengujian dengan perbandingan menggunakan *software* PhyPhox. Hasil pengujian dapat dilihat di Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor MPU6050 dengan Software PhyPhox

NO.	Sensor MPU6050 (°)	Hasil PhyPhox (°)	Persentase Nilai Error (%)
1.	1,35	1,34	0,7
2.	26,21	24,92	5
3.	-33,46	-34,43	2
4.	3,3	3,38	2
5.	-14,34	-15,29	6
6.	-8,39	-8,47	0,9
7.	48,04	50,42	4
8.	-2,12	-2,01	3
9.	-3,06	-2,98	2
10.	-0,05	-0,05	0
Rata-rata persentase nilai error			2,56

Dari Tabel 3. dapat disimpulkan bahwa pembacaan ayun oleh sensor dan *smartphone* tidak memiliki perbedaan yang jauh dengan nilai 2,56% persentase *error*-nya. Perhitungan persentase nilai *error* dan juga rata-rata persentase nilai *error* didapat melalui rumus Persamaan 1 dan Persamaan 2.

Pengujian Program Fuzzy Logic

Pengujian program fuzzy dilakukan dengan menggunakan hasil program Arduino IDE dan juga MATLAB. FIS yang digunakan yaitu FIS Mamdani. Hasil pengujian dapat dilihat di Tabel 4.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan program untuk mengeksekusi sistem kendali yang ada. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan antara pengeksekusian dari program MATLAB dan Arduino IDE lalu dihitung nilai *error*-nya

Tabel 4. Hasil Pengujian Program Fuzzy Logic antara Arduino IDE dan MATLAB

NO.	Input				Output	
	A	B	C	D	IDE PWM	Matlab PWM
1.	20	400	1	5	228.48	228
2.	20	400	1	11	180	180
3.	20	400	1	25	145	145
4.	7	400	1	12	227.5	226
5.	7	700	1	12	227.5	226
6.	7	1100	1	12	227.5	226
7.	5	400	1	12	227.5	226
8.	15	400	1	12	180	180
9.	26	400	1	12	108.81	112
10.	36	400	1	12	108.34	111

Berdasarkan Tabel 4, diketahui bahwa A adalah simbol untuk masukkan jarak, B adalah simbol untuk masukkan beban, C adalah simbol untuk masukkan arah, D adalah simbol untuk masukkan atunan. Dan dapat dihitung rata-rata persentase nilai *error* yang terjadi untuk *output PWM* ke motor adalah sebesar 0,77%. Perhitungan rata-rata persentase nilai *error* terdapat pada Persamaan 2.

Pengujian Keseluruhan Tanpa Kontroler

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui respon grafik sistem dan *settling time* ketika tanpa kontroler. Pengujian dilakukan pada 3 beban yaitu 1100g, 700g, 400g. Pengujian dilakukan dengan memasukkan langsung tegangan 12V kepada motor dan dilihat respon ayunannya.

1. Pengujian 1100g

Pengujian ini dilakukan dengan cara menonaktifkan sistem fuzzy. PWM yang masuk pada motor DC akan bernilai 255. Data diambil setiap 0,5 detik dalam kurun waktu 100 detik. Data yang ditampilkan merupakan 5 data awal dan 5 data akhir. Berikut data yang didapatkan dari uji tanpa kontroler dengan beban 1100g.

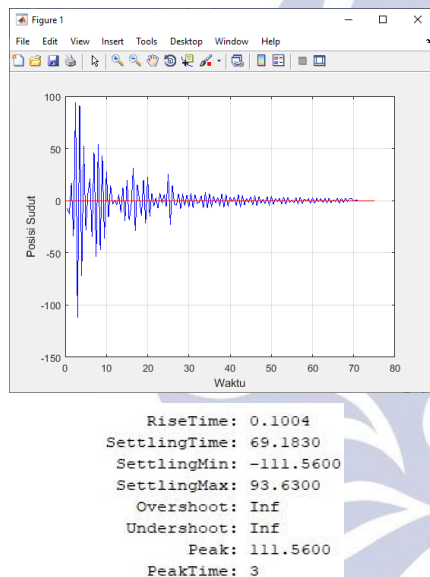
Detail data didapatkan didalam program Matlab. Data dianggap stabil ketika nilai mencapai antara 2° sampai -2° . Data yang diperoleh dibulatkan dan dimasukkan kedalam Matlab untuk mendapatkan nilai *Settling Time*. Dari gambar diatas, garis merah adalah nilai *setpoint*, sedangkan garis biru adalah nilai respon sistem. Proses penyetabilan ayun memiliki

Perbaikan Unjuk Kerja *Cross Travel Gantry Crane* Untuk Sistem *Antisway* Menggunakan *Fuzzy Logic Controller*

settling time 69,18 detik. Waktu pada grafik diatur selama 80 detik seperti tabel 5 dan gambar 10.

Tabel 5. Data Ayunan Tanpa Kontroler Beban 1100g

Waktu (s)	Sudut Ayun (°)	Jarak (cm)
0.5	-7.34	37
1	-12.66	25
1.5	16.57	14
2	-34.27	5
2.5	93.63	1
98	0.41	1
98.5	-0.9	1
99	0.13	1
99.5	-0.53	1
100	0.23	1



Gambar 10. Detail Grafik Ayunan Tanpa Kontroler Beban 1100g

2. Pengujian 700g

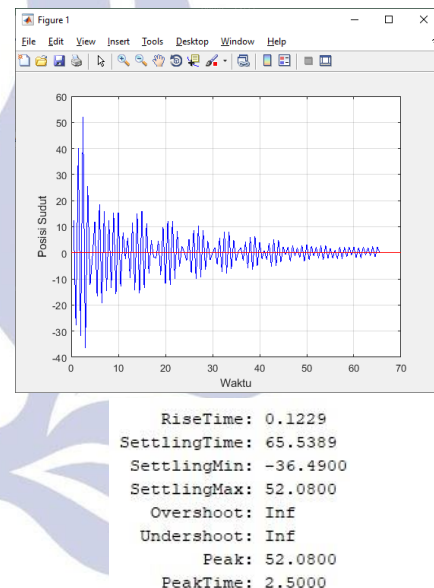
Pengujian ini dilakukan dengan cara menonaktifkan sistem fuzzy. PWM yang masuk pada motor DC akan bernilai 255. Data diambil setiap 0,5 detik dalam kurun waktu 100 detik. Data yang ditampilkan merupakan 5 data awal dan 5 data akhir. Berikut data yang didapatkan dari uji tanpa kontroler dengan beban 700g.

Detail data didapatkan didalam program Matlab. Data dianggap stabil ketika nilai mencapai antara 2° sampai -2° . Data yang diperoleh dibulatkan dan dimasukkan kedalam *Matlab* untuk mendapatkan nilai *Settling Time*. Dari gambar diatas, garis merah adalah nilai *setpoint*, sedangkan garis biru adalah nilai respon

sistem. Proses penyetabilan ayun memiliki *settling time* 65,53 detik. waktu pada grafik diatur selama 70 detik seperti tabel 6 dan gambar 11

Tabel 6. Data Ayunan Tanpa Kontroler Beban 700g

Waktu (s)	Sudut Ayun (°)	Jarak (cm)
0.5	12.31	36
1	-27.76	20
1.5	40.18	11
2	-31.65	6
2.5	52.08	1
98	0.33	1
98.5	-0.12	1
99	0.13	1
99.5	-0.15	1
100	0.41	1



Gambar 11. Detail Grafik Ayunan Tanpa Kontroler Beban 700g

3. Pengujian 400g

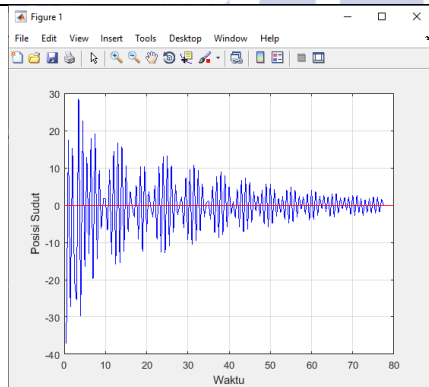
Pengujian ini dilakukan dengan cara menonaktifkan sistem fuzzy. PWM yang masuk pada motor DC akan bernilai 255. Data diambil setiap 0,5 detik dalam kurun waktu 100 detik. Data yang ditampilkan merupakan 5 data awal dan 5 data akhir. Berikut data yang didapatkan dari uji tanpa kontroler dengan beban 400g.

Detail data didapatkan didalam program Matlab. Data dianggap stabil ketika nilai mencapai antara 2° sampai -2° . Data yang diperoleh dibulatkan dan dimasukkan kedalam *Matlab* untuk mendapatkan nilai *Settling Time*. Dari gambar diatas, garis merah adalah nilai

setpoint, sedangkan garis biru adalah nilai respon sistem. Proses penyetabilan ayun memiliki *settling time* 77,58 detik. Waktu pada grafik diatur selama 80 detik seperti tabel 7 dan gambar 12.

Tabel 7. Data Ayunan Tanpa Kontroler Beban 400g

Waktu (s)	Sudut Ayun (°)	Jarak (cm)
0.5	-37.16	38
1	17.45	25
1.5	-27.3	16
2	15.19	6
2.5	-20.52	1
98	-0.29	1
98.5	0.28	1
99	-0.18	1
99.5	0.14	1
100	-0.24	1



RiseTime: 0.2722
SettlingTime: 77.5805
SettlingMin: -29.6600
SettlingMax: 28.4900
Overshoot: Inf
Undershoot: Inf
Peak: 37.1600
PeakTime: 0.5000

Gambar 12. Detail Grafik Ayunan Tanpa Kontroler Beban 400g

Pengujian Keseluruhan Dengan Kontroler

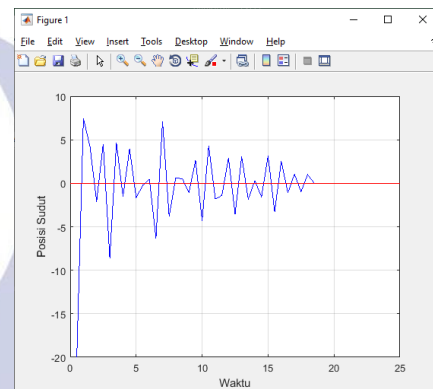
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui respon grafik sistem dan *settling time* ketika dengan kontroler. Pengujian dilakukan pada 3 beban yaitu 1100g, 700g, 400g.

1. Pengujian Beban 1100g

Pengujian dilakukan dengan menanamkan *Fuzzy Logic* pada WEMOS D1 R32 dan dilihat grafik respon sistem ayunannya. Data diambil setiap 0,5 detik dalam kurun waktu 100 detik. Data yang ditampilkan merupakan 5 data awal dan 5 data akhir. Berikut data yang didapatkan dari uji dengan kontroler pada beban 1100g.

Tabel 8. Data Ayunan Dengan Kontroler Beban 1100g

Waktu (s)	Sudut Ayun (°)	Jarak (cm)
0.5	-19.97	37
1	7.46	31
1.5	4.2	27
2	-2.09	20
2.5	4.49	15
98	98	-0.24
98.5	98.5	0.11
99	99	-0.12
99.5	99.5	0.22
100	100	-0.1



RiseTime: 0.2912
SettlingTime: 18.7705
SettlingMin: -8.5900
SettlingMax: 7.4600
Overshoot: Inf
Undershoot: Inf
Peak: 19.9700
PeakTime: 0.5000

Gambar 13. Detail Grafik Ayunan Dengan Kontroler Beban 1100g

Detail data didapatkan didalam program Matlab. Data dianggap stabil ketika nilai mencapai antara 2° sampai -2° . Data yang diperoleh dibulatkan dan dimasukkan kedalam Matlab untuk mendapatkan nilai *Settling Time*. Dari gambar diatas, garis merah adalah nilai *setpoint*, sedangkan garis biru adalah nilai respon sistem. Proses penyetabilan ayun memiliki *settling time* 18,77 detik. waktu pada grafik diatur selama 25 detik seperti tabel 8 dan gambar 13

2. Pengujian Beban 700g

Pengujian dilakukan dengan menanamkan *Fuzzy Logic* pada WEMOS D1 R32 dan dilihat grafik respon sistem ayunannya. Data diambil setiap 0,5 detik dalam kurun waktu 100 detik. Data yang ditampilkan merupakan 5 data awal dan 5 data akhir. Berikut data yang didapatkan dari uji dengan kontroler pada beban 700g.

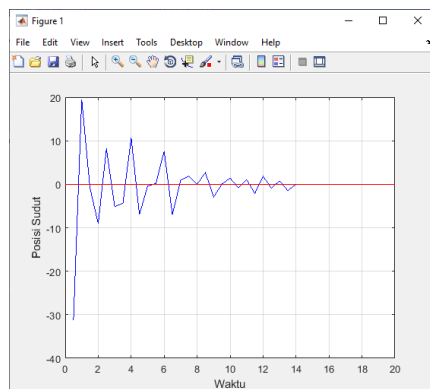
Perbaikan Unjuk Kerja *Cross Travel Gantry Crane* Untuk Sistem *Antisway* Menggunakan *Fuzzy Logic Controller*

Tabel 9. Data Ayunan Dengan Kontroler Beban 700g

Waktu (s)	Sudut Ayun (°)	Jarak (cm)
0.5	-31.17	38
1	19.5	33
1.5	-0.79	28
2	-9.05	21
2.5	8.16	17
98	-0.92	1
98.5	0.35	1
99	-0.21	1
99.5	0.14	1
100	-0.21	1

Tabel 10. Data Ayunan Dengan Kontroler Beban 400g

Waktu (s)	Sudut Ayun (°)	Jarak (cm)
0.5	-16.29	37
1	5.71	34
1.5	2.21	25
2	-8.42	18
2.5	11.17	15
98	-0.25	1
98.5	0.17	1
99	-0.25	1
99.5	0.13	1
100	-0.12	1



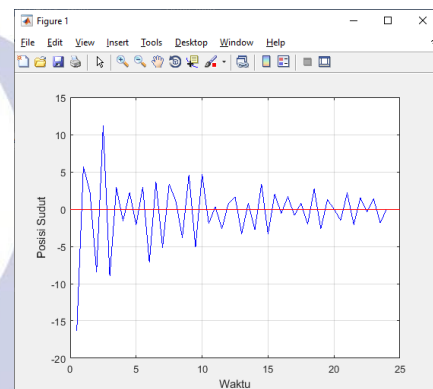
RiseTime: 0.2461
SettlingTime: 13.7865
SettlingMin: -9.0500
SettlingMax: 19.5000
Overshoot: Inf
Undershoot: Inf
Peak: 31.1700
PeakTime: 0.5000

Gambar 14. Detail Grafik Ayunan Dengan Kontroler Beban 700g

Detail data didapatkan didalam program Matlab. Data dianggap stabil ketika nilai mencapai antara 2° sampai -2° . Data yang diperoleh dibulatkan dan dimasukkan kedalam Matlab untuk mendapatkan nilai *Settling Time*. Dari gambar diatas, garis merah adalah nilai *setpoint*, sedangkan garis biru adalah nilai respon sistem. Proses penyetabilan ayun memiliki *settling time* 13,78 detik. waktu pada grafik diatur selama 20 detik seperti tabel 9 dan gambar 14.

3. Pengujian Beban 400g

Pengujian dilakukan dengan menanamkan *Fuzzy Logic* pada WEMOS D1 R32 dan dilihat grafik respon sistem ayunannya. Data diambil setiap 0,5 detik dalam kurun waktu 100 detik. Data yang ditampilkan merupakan 5 data awal dan 5 data akhir. Berikut data yang didapatkan dari uji dengan kontroler pada beban 400g.



RiseTime: 0.2962
SettlingTime: 23.9105
SettlingMin: -9
SettlingMax: 11.1700
Overshoot: Inf
Undershoot: Inf
Peak: 16.2900
PeakTime: 0.5000

Gambar 15. Detail Grafik Ayunan Dengan Kontroler Beban 400g

Detail data didapatkan didalam program Matlab. Data dianggap stabil ketika nilai mencapai antara 2° sampai -2° . Data yang diperoleh dibulatkan dan dimasukkan kedalam Matlab untuk mendapatkan nilai *Settling Time*. Dari gambar diatas, garis merah adalah nilai *setpoint*, sedangkan garis biru adalah nilai respon sistem. Proses penyetabilan ayun memiliki *settling time* 23,91 detik. waktu pada grafik diatur selama 25 detik seperti tabel 10 dan gambar 15.

PENUTUP

Simpulan

Sistem *antisway* dibuat menggunakan mikrokontroler WEMOS D1 R32. Sensor yang digunakan adalah sensor VL53L0X, sensor Beban (*Loadcell*), dan sensor MPU6050 serta menggunakan motor DC sebagai aktuatornya. Metode kontrol yang digunakan adalah *Fuzzy Logic Mamdani*.

Pengujian sensor yang dilakukan telah mendapat angka %error yang kecil, jarak berhasil dibaca oleh sensor VL53L0X dengan nilai error sebesar 1,43%. Untuk berat berhasil dibaca oleh Loadcell dengan nilai error sebesar 1,43%. Untuk sudut ayun berhasil dibaca oleh sensor MPU6050 dengan nilai error sebesar 2,56%. Sehingga bisa disimpulkan bahwa sistem *antisway* bekerja dengan baik dan optimal.

Fuzzy logic juga berhasil untuk mempercepat penyetabilan ayun pada gerakan *cross travel gantry crane*. Berdasarkan Gambar 13. Fuzzy logic mendapatkan *settling time* 18,77 detik untuk beban 1100g, Gambar 14. Fuzzy logic mendapatkan *settling time* 13,78 detik untuk beban 700g, dan juga Gambar 15. Fuzzy logic mendapatkan *settling time* 23,91 detik untuk beban 400g. Sedangkan tanpa kontroler Gambar 10. Fuzzy logic mendapatkan *settling time* dengan angka 69,18 detik untuk beban 1100g, Gambar 11. Fuzzy logic mendapatkan *settling time* 65,93 detik untuk beban 700g, dan Gambar 12. Fuzzy logic mendapatkan *settling time* 77,58 detik untuk beban 400g. Berdasarkan data yang ada, fuzzy logic telah berhasil mempercepat penyetabilan ayun di angka rata rata 73,71.

Saran

Peneliti menyadari bahwa penelitian ini masih perlu dikembangkan lagi, Saran dari peneliti adalah untuk memperpanjang lagi lintasa *cross travel gantry crane* agar bisa lebih optimal lagi untuk mengatasi ayunan beban. Selain itu penggunaan kontrol lain yang bisa dicoba seperti LQR, *Neural Network*, dan lain sebagainya. Dan juga mencoba sensor lain yang lebih baik dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, Aldi., Purnata, Hendi., dan Yusuf, Muhammad. (2021). *Prototype Mini Crane Pemindah Barang Berbasis Sistem Otomasi*. Jurnal Jartel Jurnal Jaringan Telekomunikasi, 11(3), 155–160.
- Arrifai, Muhammad. Yusuf., Endryansyah, Rusimanto, Puput. Wanarti., dan Zuhrie, Muhammad. Syarifuddin. (2021). *Desain Sistem Anti-Swing Pada Miniature Gantry Crane Menggunakan Pengendali PID Dan PD Berbasis Matlab*. Jurnal Studi Inovasi, 1(1), 41–50.
- Fahmi, F., Susanto, E., dan Wibowo, A. S. (2019). *Sistem Kendali Anti Sway Gantry Crane Menggunakan Metode PID*. e-Proceeding of Engineering 6(2), 3053–3060.
- Kurniawan, Agusta., Mulia, Indah., Adelia Rifai, Sabella. Nisa., dan Purwandika, Sigit. (2020). *Pembuatan Penakar Hujan Berbiaya Rendah Menggunakan Sensor Beban Berbasis Arduino Uno*. Techné : Jurnal Ilmiah Elektroteknika, 19(02), 83–100.
- Luthfi, Krisna. Muhammad., Suratman, dan Ramdhani, Muhammad. (2021). *Sistem Deteksi Rel Patah Menggunakan Laser Broken Rail Detection System Using Laser*. e-Proceeding of Engineering, 8(2), 1021–1028.
- Suprayogi, Aries., Fitriyah, Hurriyatul., dan Tibyani. (2019). *Sistem Pendeteksi Kecelakaan Pada Sepeda Motor Berdasarkan Kemiringan Menggunakan Sensor Gyroscope Berbasis Arduino*. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer, 3(3), 3079–3085.
- Suvorov, Vladimir. A., Bahrami, Mohammad. Reza., Akchurin, Evgeniy. E., Chukalkin, Ivan. A., Ermakov, Stanislav. A., dan Kan, Sergey. A. (2021). *Anti sway tuned control of gantry cranes*. SN Applied Sciences, 3(8). h
- Unang Achlison, dan Bambang Suhartono. (2020). *Analisis Hasil Ukur Sensor Load Cell untuk Penimbang Berat Beras, Paket dan Buah berbasis Arduino*. E-Bisnis : Jurnal Ilmiah Ekonomi Dan Bisnis, 13(1), 96–101.
- Waruwu, Marinu. (2023). *Pendekatan Penelitian Pendidikan: Metode Penelitian Kualitatif, Metode Penelitian Kuantitatif dan Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Method)*. Jurnal Pendidikan Tambusai, 7(1), 2896–2910.
- Zuhri, Muhammad., dan Okselia, Hesti. (2021). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT*. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.