
Implementasi Komunikasi Step and Direction pada Kontroler Motor Servo

Rifqy Taufiq Aprilianto

Teknik Mesin, Program Studi D4 Teknik Otomotif Elektronik
Politeknik Negeri Malang
Email: rifqy.9e@gmail.com

Fatkhur Rohman

Teknik Mesin, Program Studi D4 Teknik Otomotif Elektronik
Politeknik Negeri Malang
Email: fatkhur_rohman@polinema.ac.id

ABSTRAK

Motor *stepper* mempunyai kekurangan saat kecepatan putaran tinggi torsiya menurun. Sedangkan motor servo bisa mempertahankan torsi saat kecepatan putaran tinggi. Penting dalam memilih motor untuk efisiensi dan produktivitas yang tepat agar bisa diaplikasikan secara maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan komunikasi *step and direction* pada kontrol motor servo. Dengan menguji unjuk kerja motor servo menggunakan beberapa metode pengambilan data berupa akurasi posisi sudut motor servo untuk mencapai target. Lalu, arus dan torsi saat motor servo menahan berat beban. Dan terakhir, respon frekuensi pada kontroler motor servo. Data tersebut akan diuji selama 10 kali percobaan dan tercatat otomatis oleh ESP32. Hasil pengujian torsi motor servo nilai terendahnya 0.225 Nm dan nilai tertingginya 0.585 Nm. Untuk nilai arus terendah motor servo 1.75 A dan nilai tertingginya 2 A. Pada uji akurasi motor servo dengan sudut 90° nilai tertingginya 2.86 mm dan nilai terendahnya 2.82 mm. Sedangkan dengan sudut 180° nilai tertingginya 2.85 mm dan nilai terendahnya 2.83 mm. Pada pengujian frekuensi motor servo nilai terendahnya 31.84 Hz dan nilai tertingginya 479.47 Hz. Motor servo cocok diaplikasikan pada alat yang memerlukan gerakan halus dan kontrol presisi di berbagai nilai frekuensi.

Kata kunci: *Direction*, ESP32, Motor Servo, Motor Stepper, *Step*.

ABSTRACT

Stepper motors have disadvantages that at high rotational speeds the torque decreases. Meanwhile, servo motors can maintain torque at high rotation speeds. It is important to choose a motor for the right efficiency and productivity so that it can be used optimally. This research aims to implement step and direction communication in servo motor control. By testing the performance of the servo motor using several data collection methods in the form of accuracy of the angular position of the servo motor to reach the target. Then, the current and torque when the servo motor supports the weight of the load. And finally, the frequency response of the servo motor controller. This data will be tested for 10 trials and recorded automatically by ESP32. The servo motor torque test results showed the lowest value was 0.225 Nm and the highest value was 0.585 Nm. The lowest current value for the servo motor is 1.75 A and the highest value is 2 A. In the accuracy test for the servo motor at a 90° angle, the highest value is 2.86 mm and the lowest value is 2.82 mm. Meanwhile, with an angle of 180° the highest value is 2.85 mm and the lowest value is 2.83 mm. In testing the servo motor frequency, the lowest value was 31.84 Hz and the highest value was 479.47 Hz. Servo motors are suitable for use in tools that require smooth movements and precise control at various frequency values.

Keywords: *Direction*, ESP32, Servo Motor, *Step*, Stepper Motor

1. PENDAHULUAN

Ilmu dan teknologi di bidang mesin dan elektronika berkembang pesat seiring dengan perkembangan zaman yang dulunya masih menggunakan tenaga manual dan peran manusia untuk sistem kerjanya, berbeda dengan sekarang yang sudah digantikan sistem otomatis seperti menggunakan robot. Maka dari itu, masyarakat membutuhkan hal-hal yang praktis dan cepat untuk menghasilkan suatu produk, sehingga diperlukan adanya dukungan dan ketersediaan alat [4].

Bidang elektronika telah membawa suatu dampak yang sangat baik dalam kemajuan dunia industri yang telah banyak digunakan seperti motor elektrik pada perangkat elektronik. Maka, sejalan dengan perkembangan teknologi yang berkembang begitu pesat khususnya dalam dunia industri, maka motor listrik dirancang untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang bisa dinamakan sebagai perangkat elektromekanis. Di dalam persaingan industri, perusahaan yang bergerak pada bidang elektronika terutama produsen motor elektrik, berusaha memberikan kemudahan bagi konsumennya untuk merebut pasaran [3].

Penting dalam memilih motor untuk efisiensi dan produktivitas yang tepat dalam mengaplikasikan pada suatu proyek. Banyak hal yang harus dipertimbangkan untuk memilih motor stepper atau motor servo seperti dari segi harga, torsi, efisiensi, kecepatan, sirkuit, dan sebagainya. Motor stepper menggunakan konfigurasi open loop. Motor servo menggunakan konfigurasi closed loop. Motor stepper juga mempunyai sekitar 50 hingga 100 kutub dan motor servo hanya 4 hingga 12 kutub saja. Driver motor stepper menyalurkan tenaga pada setiap kutub yang berjumlah banyak secara berurutan sehingga rotor berputar meningkat bertahap pada tiap langkahnya yang menyebabkan motor stepper tampak terlihat bergerak secara terus-menerus [1].

Tetapi, motor stepper mempunyai kekurangan seperti pada saat kecepatan putaran tinggi terjadi penurunan torsi. Sehingga dapat mempengaruhi nilai yang akan dihasilkan pada motor stepper. Sedangkan motor servo dapat mempertahankan tingkat torsi pada kecepatan putaran tinggi [2]. Maka, kegunaan motor servo lebih unggul daripada motor stepper. Lalu, komunikasi yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu komunikasi *step and direction*. Dimana, komunikasi ini diimplementasikan pada kontroler motor servo. *Step* berfungsi mengatur sudut dan kecepatan motor. *Direction* berfungsi menentukan arah putaran motor searah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam.

Maka dari itu, peneliti akan mengimplementasikan komunikasi *step and direction* pada kontroler motor servo. Lalu, dibuatkan alat uji performa unjuk kerja motor servo. Diharapkan dengan dibuatnya alat ini, bisa mempermudah pekerjaan pada suatu proyek agar bisa menjadi acuan dalam penggunaan motor servo.

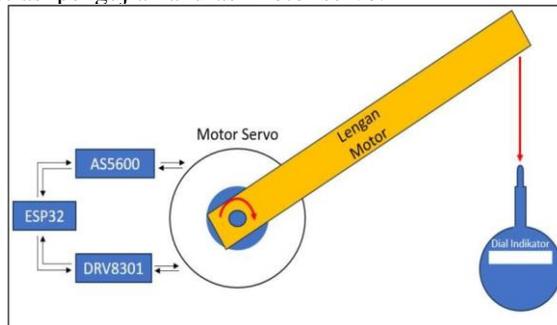
2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang akan dilakukan oleh penulis pada penelitian ini ialah dengan menggunakan metode penelitian kuantitatif atau yang biasa disebut juga dengan statistik dan menggunakan metode eksperimen. Secara umum, penelitian kuantitatif yakni suatu proses penelitian untuk menemukan suatu pengetahuan dengan cara menggunakan data berupa angka sebagai alat seperti dengan menggunakan instrumen alat ukur atau alat-alat lainnya yang kiranya dapat mendukung proses analisis tentang apa saja yang ingin diketahui. Metode penelitian jenis ini dilakukan dengan menerjemahkan suatu data yang dianalisis yang kemudian diubah menjadi angka untuk menganalisis hasil temuan dengan tujuan untuk menguji sekaligus membuktikan suatu hipotesa. Metode penelitian eksperimen adalah penelitian yang dilakukan terhadap variabel yang data-datanya belum ada sehingga perlu dilakukan proses manipulasi melalui pemberian perlakuan tertentu terhadap suatu subjek penelitian yang kemudian diamati dan diukur dampak yang akan datang. Tujuan metode eksperimen untuk mengetahui pengaruh variabel perlakuan atau independen berupa variabel bebas terhadap variabel terikat sebagai variabel hasil atau dependen dalam kondisi yang terkendalikan berupa variabel kontrol.

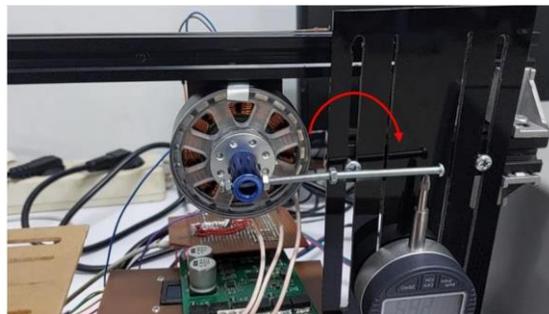
2.1 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data yang akan dilakukan pada penelitian ini, yaitu:

1. Menyiapkan alat uji motor servo, rangkaian motor servo, beserta kode program motor servo yang akan dijalankan.
2. Menghubungkan alat uji motor servo dengan laptop yang berisi kode program dari masing-masing pengujian akurasi, torsi, arus, dan frekuensi.
3. Mengunggah kode program dari laptop ke ESP32 Devkit Doit V1 versi 30 pin untuk menjalankan tiap pengujian.
4. Menjalankan pengujian akurasi dengan posisi sudut 90 derajat dan 180 derajat pada motor servo beserta lengan motor yang terpasang sepanjang 9 cm hingga menekan dial indikator digital seperti pada gambar 2. sebanyak 10 kali pengujian. Pada gambar 1. merupakan rangkaian ilustrasi pengujian akurasi motor servo.

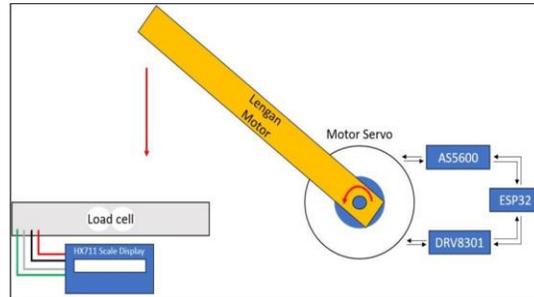


Gambar 1. Ilustrasi Pengujian Akurasi Motor Servo



Gambar 2. Uji Akurasi Motor Servo

5. Mencatat setiap pengujian akurasi motor servo yang didapatkan dari dial indikator digital yang diuji selama 10 kali pengujian.
6. Menjalankan pengujian torsi, arus, dan frekuensi seperti pada gambar 4. dengan ditentukan kecepatan sudut motor servo 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 13, dan 15 radian per detik yang dimasukkan pada program dan menggunakan panjang lengan 9 cm hingga menekan *load cell*. Pada gambar 3. merupakan rangkaian ilustrasi pengujian beban motor servo



Gambar 3. Ilustrasi Pengujian Beban Motor Servo



Gambar 4. Uji Beban Motor Servo

7. Mencatat setiap pengujian beban motor servo yang didapatkan HX711 Scale Display dari load cell yang diuji selama 10 kali pengujian.
8. Mengetahui hasil nilai yang tercatat pada setiap pengujian akurasi untuk pengolahan data ketepatan posisi sudut motor servo.
9. Menghitung hasil nilai yang tercatat pada setiap pengujian beban motor servo untuk pengolahan data torsi dan frekuensi menggunakan rumusnya.
10. Menganalisis pengujian motor servo terhadap akurasi posisi sudut, torsi, serta frekuensi motor.

2.2 Metode Pengolahan dan Analisis Data

Hasil data yang didapatkan dari alat uji motor servo akan diolah agar sesuai dengan pengujian yang diinginkan. Pengujian dilakukan dengan mengeksperimentalkan nilai sudut motor servo yang diuji coba selama 10 kali. Sehingga, akurasi posisi sudut motor servo dapat diketahui. Motor servo juga melakukan pengujian dengan mengeksperimentalkan nilai kecepatan sudut motor servo yang diuji coba selama 10 kali. Sehingga, torsi, arus dan frekuensi motor servo dapat diketahui. Penelitian ini menggunakan metode analisis data yang akan dilakukan setelah pengolahan data selesai. Setelah pengolahan data selesai, maka akan dapat diambil kesimpulan tentang implementasi komunikasi *step and direction* pada kontroler motor servo. Pengolahan dan analisis data pada penelitian ini menggunakan aplikasi Microsoft Excel.

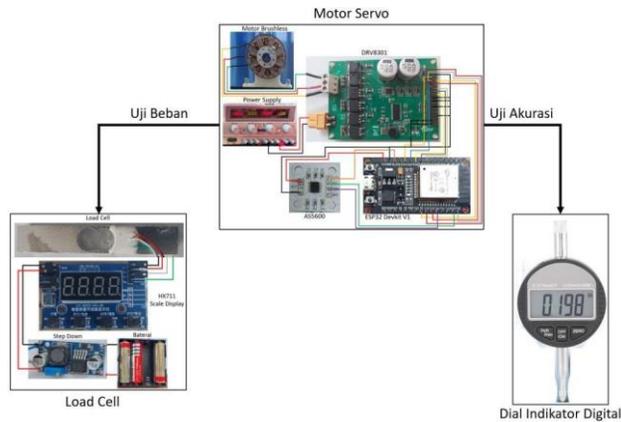
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini dibahas mengenai data hasil pengujian beban motor servo dengan disajikan

nilai torsi dan arus dengan menggunakan *load cell*, hasil pengujian akurasi motor servo dengan menggunakan dial indikator digital, dan pengujian nilai frekuensi pada motor servo yang ditentukan dari kecepatan sudut putaran motor.

3.1 Data Hasil Penelitian

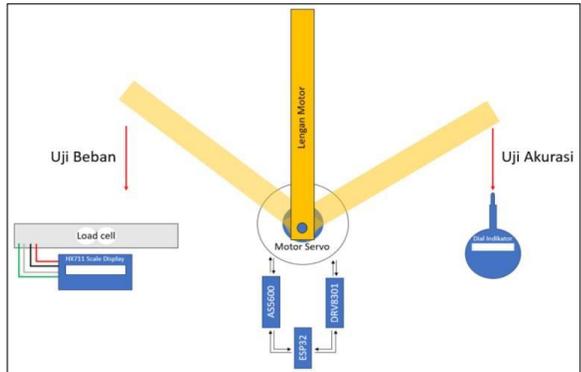
Pada gambar 5. merupakan rangkaian hasil implementasi sistem untuk mendukung pengujian uji beban torsi motor, uji akurasi motor, uji arus motor, dan uji frekuensi pada motor servo. Terdapat juga tabel 1. yang merupakan penjelasan rangkaian pin untuk pengujian beban menggunakan *load cell* beserta pendukungnya pada motor servo.



Gambar 5. Rangkaian Pengujian Motor Servo

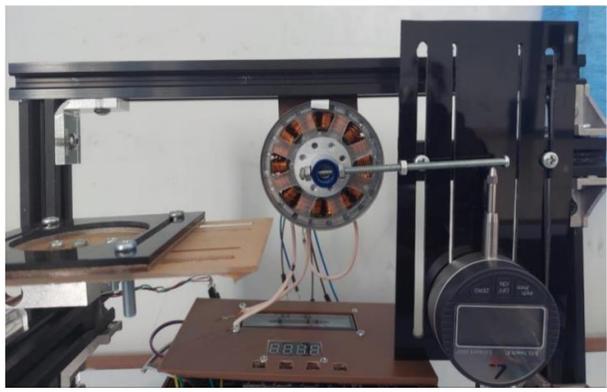
Tabel 1. Pin Rangkaian Uji Beban

No	PIN		
	<u>HX711 Scale Display</u>	<u>Load Cell</u>	<u>Step Down</u>
1	<u>E-</u>	<u>Kabel hitam</u>	
2	<u>E+</u>	<u>Kabel merah</u>	
3	<u>S-</u>	<u>Kabel putih</u>	
4	<u>S+</u>	<u>Kabel hijau</u>	
5	<u>VCC</u>		<u>OUT+</u>
6	<u>GND</u>		<u>OUT-</u>



Gambar 6. Ilustrasi Implementasi Alat Uji Motor Servo

Pada gambar 6. dapat diketahui dial indikator digital sebagai pengujian akurasi motor servo untuk mengetahui posisi sudutnya. Sedangkan, *load cell* sebagai pengujian beban motor servo untuk mengetahui torsi, arus, dan frekuensi motor servo. Motor servo menggunakan lengan motor untuk mencapai posisi dial indikator digital dan *load cell* dalam pengujian.



Gambar 7. Implementasi Alat Uji Motor Servo

Pada gambar 7. motor servo menggunakan lengan dari baut dengan panjang 9 cm dari poros motor. Untuk uji beban motor servo menggunakan kecepatan sudut putaran motor ditentukan mulai dari 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 13, dan 15 radian per detik. Hasil dari pengujian ini selanjutnya data akan diolah pada aplikasi pengolah data berupa Microsoft Excel. Hasil data Microsoft Excel akan memunculkan sebuah grafik dari pengujian tersebut.

Pada tabel 2. merupakan hasil pengujian beban motor servo yang diuji selama 10 kali percobaan. Pada uji beban tersebut dapat diketahui beban lengan yang digerakkan oleh motor saat menekan *load cell*. Arus motor dan torsi juga diketahui selama 10 kali percobaan pada pengujian beban motor servo.

Tabel 2. . Hasil Pengujian Beban Motor Servo

<i>Percobaan Ke-</i>	<i>Beban Lengan (kg)</i>	<i>Arus Motor (A)</i>	<i>Torsi (Nm)</i>
1	3.9	1.75	0.585

2	3.5	1.76	0.525
3	2.8	1.76	0.42
4	2.7	1.77	0.405
5	2.8	1.77	0.42
6	1.9	1.8	0.285
7	1.6	1.85	0.24
8	1.5	1.87	0.225
9	2.4	1.9	0.36
10	2.5	2	0.375

Pada tabel 3. menunjukkan bahwa pengujian akurasi motor servo diuji selama 10 kali percobaan. Sudut putaran motor servo selama pengujian akurasi ditentukan sudut 90 derajat dan 180 derajat. Rata-rata pengujian sudut 90 derajat dan 180 derajat didapatkan dari total pada tiap pengujian yang dibagi dengan 10 dari total percobaan.

Tabel 3. Hasil Pengujian Akurasi Motor Servo
Percobaan Ke- Akurasi Motor Servo (mm)

	<i>Akurasi Motor Servo (mm)</i>	
	<i>90°</i>	<i>180°</i>
<i>1</i>	2.85	2.84
<i>2</i>	2.82	2.83
<i>3</i>	2.82	2.85
<i>4</i>	2.86	2.83
<i>5</i>	2.86	2.84
<i>6</i>	2.86	2.84
<i>7</i>	2.85	2.85
<i>8</i>	2.85	2.83
<i>9</i>	2.83	2.84
<i>10</i>	2.85	2.84
<i>Total</i>	28.45	28.39
<i>Rata-rata</i>	2.845	2.839

Untuk hasil uji frekuensi motor servo bersamaan dengan pengujian beban motor pada tabel 4. dilakukan sebanyak 10 kali percobaan. Pada tabel 4. dapat diketahui kecepatan sudut motor dengan satuan radian per detik dan frekuensi motor servo dengan satuan Hz. Uji tersebut ditentukan kecepatan sudut motor servo secara berbeda yang nantinya hasil dari pengujian ini datanya akan diolah pada aplikasi pengolah data Microsoft Excel. Hasil data Microsoft Excel akan memunculkan sebuah grafik dari pengujian tersebut.

Tabel 4. Hasil Pengujian Frekuensi Motor Servo

<i>Pengujian Ke-</i>	<i>Kecepatan Sudut Motor (rad/sec)</i>	<i>Frekuensi Motor (Hz)</i>
<i>1</i>	<i>1</i>	31.84
<i>2</i>	<i>2</i>	63.65

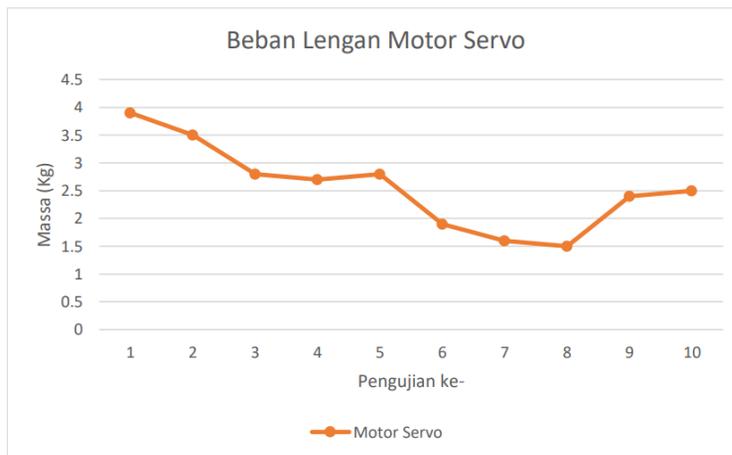
3	3	95.51
4	4	127.38
5	5	159.24
6	7	223.2
7	9	286.53
8	10	318.47
9	13	413.22
10	15	479.47

3.2 Pembahasan

Pada bagian ini ditunjukkan hasil pengujian akurasi, torsi, dan frekuensi motor berdasarkan tabel hasil uji pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4 yang disajikan dalam bentuk grafik.

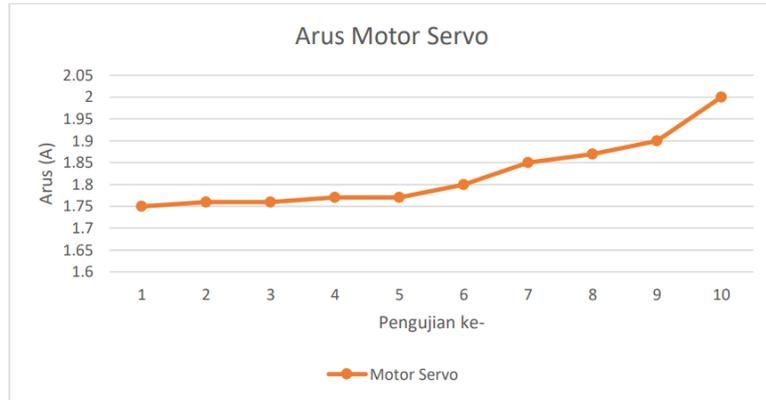
3.2.1. Analisa Hasil Uji Torsi Beban Motor

Untuk mendukung pengujian ini, digunakan komponen diantaranya seperti ESP32 Devkit Doit V1 versi 30 pin sebagai mikrokontroler. Terdapat *load cell* dengan beban maksimum 5 kg dan HX711 *scale display* untuk mengetahui torsi beban motor servo. Terdapat lengan motor servo yang terbuat dari baut dan mur sebagai sambungan antar baut. Menggunakan baterai lithium 3.7 Volt sebanyak 4 buah dan *stepdown* module untuk memberikan sumber tegangan ke *load cell*. Menggunakan *power supply* untuk memberikan sumber tegangan sebesar 12 Volt ke motor servo. Serta, menggunakan motor *driver* DRV8302 untuk pengontrol motor servo. Nilai massa beban ditampilkan pada HX711 *scale display* yang nantinya akan diolah datanya. Diketahui panjang lengan untuk motor servo 9 cm dari poros motor.



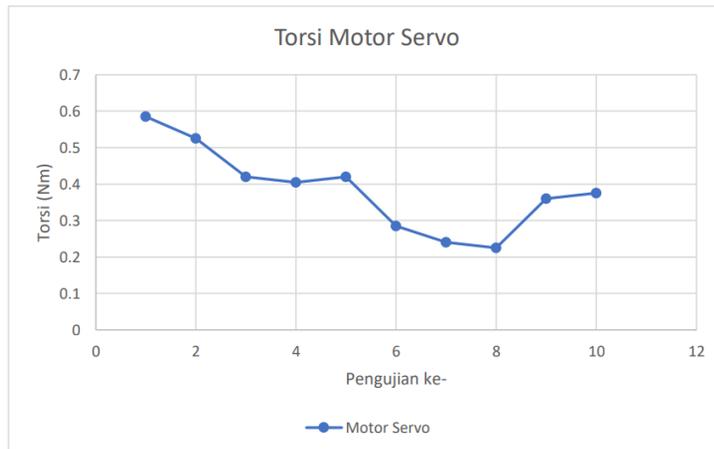
Gambar 8. Grafik Uji Beban Lengan Motor Servo

Pada gambar 8. beban lengan servo pada grafik mengalami penurunan nilai massanya. Nilai terendah massa motor servo yaitu 1.5 kilogram. Untuk nilai tertinggi massa motor servo sebesar 3.9 kg. Pada pemrograman motor servo menggunakan satuan radian per detik. Yang mana 1 radian per detik sama dengan 57.3 derajat per detik. Beban lengan motor servo pada kecepatan sudut motor yang semakin besar, maka massa beban lengan mengalami penurunan.



Gambar 9. Grafik Uji Arus Motor Servo

Pada gambar 9. dapat diketahui grafik nilai arus motor servo mengalami kenaikan karena kecepatan putaran motor servo selama pengujian juga mengalami kenaikan.



Gambar 10. Grafik Uji Torsi Motor Servo

Pada Gambar 10. dapat diketahui nilai terendah torsi motor servo yaitu 0.225 Nm. Untuk nilai tertinggi torsi motor servo sebesar 0.585 Nm. Panjang lengan motor servo 9 cm dari poros motor. Massa beban diketahui dari HX711 *scale display* yang ditampilkan. Nilai kecepatan sudut motor yang sudah ditentukan menekan *load cell*. Maka, beban pada alat uji dapat diketahui dengan satuan gram yang dikonversi ke kilogram. Sehingga untuk mendapatkan nilai torsi dengan satuan Newtonmeter (Nm) pada motor servo ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$r = \text{panjang lengan (m)} \times \text{massa beban (kg)}$$

$$r = l (m) \times F (N)$$

Keterangan:

r = torsi (Newton meter)

l = panjang

lengan (meter)

M = massa

beban

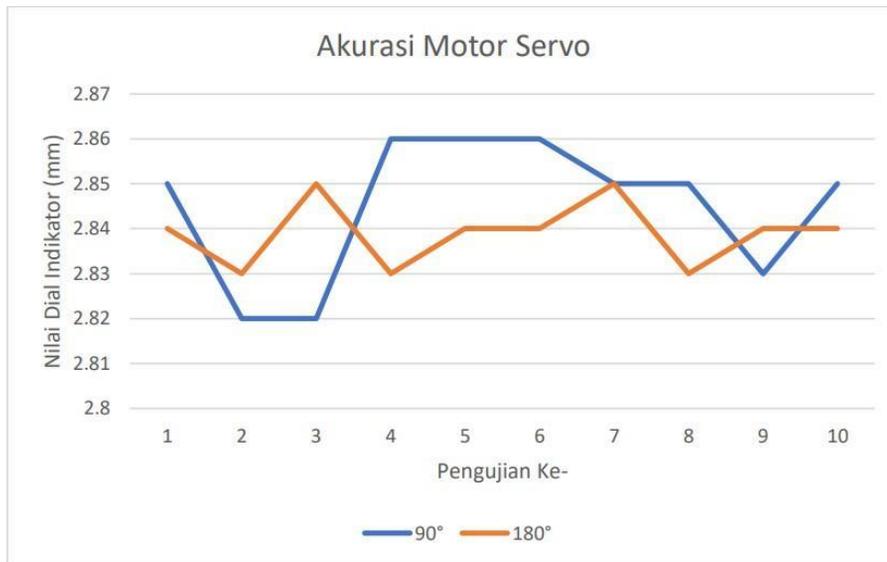
(kilogram) F =

gaya (Newton)

1 kg = 9.81 N

Berdasarkan uji beban motor pada tabel 2. sesuai gambar grafik hasil beban motor, hasil arus, dan hasil torsi motor pada gambar 8., gambar 9., dan gambar 10. dapat dianalisa bahwa nilai yang terbaca dari *load cell* dapat dipengaruhi oleh nilai berat dari dorongan atau tarikan lengan yang terpasang pada motor servo dengan kecepatan sudut motor servo yang sudah ditentukan. Rata-rata arus motor pada motor servo menghasilkan nilai yang naik secara perlahan dengan stabil. Pada motor servo nilai arus terendahnya yaitu 1.75 A. Untuk nilai arus tertinggi motor servo didapatkan sebesar 2 A. Nilai beban yang terbaca dari *load cell* yang ditampilkan pada *HX711 scale display* kurang stabil dikarenakan dari tingkat ketelitian atau nilai toleransi yang berubah-ubah dari bawaan pengaturan *HX711 scale display* tersebut.

3.2.2. Analisa Hasil Uji Akurasi Motor



Gambar 11. Grafik Pengujian Akurasi Motor Servo

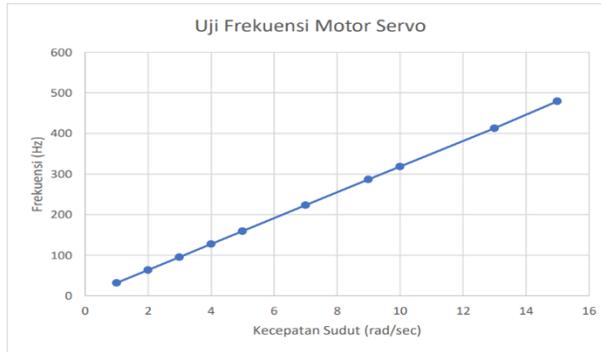
Berdasarkan gambar grafik pengujian akurasi motor servo pada Gambar 11. dan Tabel 3., dapat diketahui dari total 10 kali percobaan dengan posisi sudut yang digunakan yaitu 90 derajat dan 180 derajat. Pengujian motor servo menggunakan panjang lengan 9 cm. Lengan motor servo menggunakan sambungan antara 2 baut dan mur sebagai penghubung yang terpasang pada poros motor servo. Pada sudut 90 derajat dicapai nilai tertinggi akurasi motor servo sebesar 2.86 mm. Untuk nilai terendah akurasi motor servo yaitu 2.82 mm. Sedangkan, motor servo dengan sudut 180 derajat dicapai 2.85 untuk nilai tertingginya. Untuk nilai terendah dari akurasi motor servo yaitu sebesar 2.83 mm. Pada saat sudut putaran 90 derajat didapatkan nilai rata-rata pembacaan pada dial indikator digital yakni sebesar 2.845 mm. Untuk percobaan pada saat sudut putaran 180 derajat didapatkan nilai rata-rata pembacaan pada dial indikator digital yakni sebesar 2.839 mm. Penurunan atau kenaikan nilai dapat terjadi karena kurang presisi pemasangan sensor sudut saat posisi 0 derajat pada motor sehingga dapat mempengaruhi daya dorongan lengan motor servo yang diterima dari dial indicator digital. Rata-rata sudut putaran 90 derajat yang terbaca pada dial indicator digital tidak berbeda jauh dengan sudut putaran 180 derajat.

Berdasarkan dari keseluruhan hasil percobaan maka, motor servo dinyatakan telah cukup layak selama 10 kali percobaan berturut-turut saat pengujian akurasi motor servo. Dalam hal ini, maka posisi sudut yang berlebih oleh lengan pada motor servo dapat mempengaruhi keakurasian nilai yang dicapai.

3.2.3. Analisa Hasil Uji Frekuensi Motor

Pada gambar 12. berikut ini merupakan grafik data hasil uji kecepatan sudut dalam radian per second dan frekuensi motor servo. Gambar grafik tersebut sesuai dengan tabel 4. dari hasil pengujian

frekuensi.



Gambar 12. Uji Frekuensi Motor Servo

Pada gambar 12. dapat diketahui selama 10 kali pengujian uji frekuensi motor servo untuk nilai terendah yakni sebesar 31.84 Hz saat kecepatan sudut putaran motor servo menempuh 1 radian per detik. Sedangkan, untuk nilai tertinggi frekuensi motor servo yakni sebesar 479.47 Hz saat kecepatan putaran motor servo menempuh 15 radian per detik. Berdasarkan gambar 10. yang telah ditunjukkan sebelumnya, rumus untuk mendapatkan hasil nilai radian *per second* dan nilai frekuensi yakni sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{1}{T} \\
 &= \frac{1}{\frac{1000ms}{1000}} \\
 &= \frac{1000}{x} \\
 rad/sec &= \left(\frac{1000}{x}\right) \times rad/step
 \end{aligned}$$

Keterangan:

f = frekuensi (Hz) T = periode (s)
 x = *pulse delay*
 ms = *milisecond*
 rad/step = 0.031 rad/step

Untuk nilai 0.031 radian per *step* dapat diketahui dari 1.8 degree per *step* dan 0.0174533 radian per *degree*. Dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut:

$$rad/step = deg/step \times rad/deg$$

Keterangan:

deg/step = 1.8 °/step
 rad/deg = 0.0174533 rad/deg

Dapat diketahui nilai 1 radian sama dengan 57.324 derajat atau jika dibulatkan menjadi 57.3 derajat. Jadi, nilai 0.0174533 radian per *degree* dapat diketahui dari nilai 57.3 dibagi 1.

$$1 \text{ rad} \frac{180}{\pi} = 57.324^\circ$$

Berdasarkan hasil pengujian kecepatan sudut dalam radian *per second* dan frekuensi dalam bentuk grafik pada gambar 12. dan data hasil uji pada tabel 4., pengaruh respon pada motor servo

terhadap frekuensi nilainya mengalami kenaikan sebab kecepatan sudut motor servo juga mengalami kenaikan.

Hubungan respon frekuensi pada motor servo memiliki respon yang linear terhadap frekuensi. Semakin tinggi nilai frekuensi sinyal kontrol yang diberikan, maka semakin cepat motor servo akan merespon perubahan posisi dengan presisi yang tinggi. Nilai frekuensi yang lebih tinggi dapat membuat motor servo bergerak lebih cepat dan dapat merespons lebih akurat terhadap perubahan pada keadaan sistem. Motor servo bersifat sistem kontrol loop tertutup atau *closed loop control system*. Sehingga, panas yang berlebih pada motor dapat dikontrol dengan adanya sistem umpan balik dari sensor posisi sudut modul AS5600. Penggunaan motor servo menjadi awet dengan adanya sistem kontrol loop tertutup karena dapat mengatur efisiensi dari motor servo.

Kecepatan maksimal yang dapat ditempuh pada motor servo sebesar 15 radian per detik dengan menggunakan modul sensor posisi sudut AS5600. Berbeda dengan sistem kontrol loop terbuka atau *open loop control system* bisa melebihi dari 15 radian per detik. Hal tersebut bisa disebabkan dari karakteristik operasi pada sensor posisi sudut AS5600 terhadap motor servo. Sehingga, motor servo tidak kehilangan posisi langkah putaran yang terlalu tinggi. Kelebihannya, motor servo bisa efisiensi dalam penggunaannya dan mengurangi panas yang berlebih baik pada motor maupun motor driver tersebut. Tetapi, dibatasi kecepatan sudut putaran motor servo menjadikannya sebagai kekurangan karena tidak bisa berputar lebih cepat daripada sensor posisi sudut yang lebih mahal dari modul AS5600.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan dan telah dijabarkan pada sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Akurasi motor servo dengan panjang lengan 9 cm dan sudut 90° dari terendah 2.82 mm hingga tertinggi 2.86 mm. Untuk sudut 180° terendah dari 2.83 mm hingga tertinggi sebesar 2.85 mm. Posisi sudut berlebih pada lengan motor mempengaruhi keakurasian nilai yang dicapai.
2. Torsi motor servo yakni sebesar 0.225 Nm hingga 0.585 Nm. Arus motor servo 1.75 A hingga 2 A. Terdapat ketidakstabilan pembacaan pada HX711 *scale display* sebab pemasangan kabel pada *load cell* sensitif berubah-ubah dan kualitas keakurasian alat kurang baik.
3. Frekuensi motor servo terendah sebesar 31.84 Hz hingga tertinggi sebesar 479.47 Hz. Motor servo cocok diaplikasikan pada alat yang memerlukan gerakan halus dan kontrol presisi di berbagai nilai frekuensi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lackey, B. (2018). *What's the Difference Between Servo and Stepper Motors?* Machine Design.
- [2] Lindner, L., Sergiyenko, O., Tyrsa, V., & Mercorelli, P. (2014). An approach for dynamic triangulation using servomotors. IEEE International Symposium on Industrial Electronics. <https://doi.org/10.1109/ISIE.2014.6864910>
- [3] Prasetyawan, P., Ferdianto, Y., Ahdan, S., & Trisnawati, F. (2018). Pengendali Lengan Robot Dengan Mikrokontroler Arduino Berbasis Smartphone. Jurnal Teknik Elektro ITP, 7(2). <https://doi.org/10.21063/jte.2018.3133715>
- [4] Tunggal, B. K. (2021). DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM KONTROL PUTARAN MOTOR PADA MESIN CNC LASER DENGAN KONTROL PID. JURNAL CRANKSHAFT, 4(1). <https://doi.org/10.24176/crankshaft.v4i1.5920>.