

Rancang Bangun Teaching Aid Motor Servo AC R88M Berbasis PLC NX1P2 Sebagai Alat Bantu Pengajaran

Ismail Rokhim, Sarosa Castrena A., Andri Wiyono, Mustika Rahmah H.

Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung

Email: ismail@ae.polman-bandung.ac.id

Informasi Artikel:	ABSTRAK
<p><i>Received:</i> 10 Agustus 2023</p> <p><i>Accepted:</i> 01 Oktober 2023</p> <p><i>Available:</i> 15 Oktober 2023</p>	<p><i>Teaching aid</i> digunakan dalam bidang pendidikan untuk mengefektifkan pelaksanaan proses belajar. Pada penelitian kali ini media pembelajaran motor servo AC dengan tipe R88M-1M10030-S2. Media pembelajaran akan difokuskan pada pengendalian posisi dan kecepatan motor servo untuk sumbu x, y dan z. Penelitian ini menggunakan metode pengerjaan eksperimen. Pengujian penelitian ini dilakukan dalam pengujian parameter Ragam Gerak, pengujian fungsi NC, pengujian fungsi HMI, dan pengujian evaluasi oleh pengguna. Didapatkan bahwa presentase nilai simpangan sebesar 4,9%. Pada pengujian posisi, didapat nilai simpangan dari sumbu X dan Z memiliki rata-rata error akhir yang kecil dengan nilai error sumbu X sebesar 0,21% dan sumbu Z sebesar 0,24%. Dapat dilihat rata-rata error Sumbu Y adalah yang terbesar dengan rata-rata nilai error sebesar 5,84%. Secara keseluruhan nilai rata-rata evaluasi HMI adalah 89% untuk kualitas HMI Teaching Aid Motor Servo AC yang telah dibuat. Angka ini tergolong sangat baik untuk melanjutkan penggunaan alat sebagai media bantu proses pengajaran.</p>
Kata Kunci:	ABSTRACT
<p>Posisi Kecepatan Teaching Aid Motor Servo AC PLC Omron NX1P2</p>	<p><i>Teaching aids are used in the field of education to streamline the implementation of the learning process. In this research, AC servo motor learning media with type R88M-1M10030-S2. The learning media will focus on controlling the position and speed of the servo motor for the x, y and z axes. This research uses the experimental work method. Testing of this research is carried out in Motion Variety parameter testing, NC function testing, HMI function testing, and user evaluation testing. It was found that the percentage of deviation value was 4.9%. In position testing, the deviation value of the X and Z axes has a small average final error with an X-axis error value of 0.21% and a Z-axis of 0.24%. It can be seen that the average Y-axis error is the largest with an average error value of 5.84%. Overall the average value of the HMI evaluation is 89% for the quality of the AC Servo Motor Teaching Aid HMI that has been made. This figure is classified as very good to continue using the tool as an auxiliary medium for the teaching process.</i></p>

1 PENDAHULUAN

Bidang pendidikan terus mencari cara efektif untuk pelaksanaan proses belajar mengajar, salah satunya dengan penggunaan media pendukung pembelajaran atau teaching aid. Teaching aid merupakan media atau wadah bahan ajar pendidik yang digunakan dalam kegiatan belajar mengajar di kelas/lab praktikum sebagai sarana berkreasi untuk dapat lebih banyak beresplorasi pada bidang yang tengah dipelajari[1]. Teaching aid yang menerapkan model pembelajaran 3M (membaca, melihat, mempraktikkan) mampu meningkatkan penyerapan informasi dibandingkan sebatas belajar secara teori[2].

Pembelajaran otomasi pada penyelenggaraan sekolah menengah kejuruan ataupun pendidikan tinggi vokasi[3], memerlukan pengamatan dan praktikum pada sensor atau aktuator yang dipelajari agar siswa ajar dapat memahami keahliannya dengan lebih baik. Aktuator yang dapat pelajari pun bermacam-macam seperti acting cylinder, motor sinkron, motor AC, brushless DC Motor, motor stepper, dan motor servo[4].

Sampai saat ini dalam konteks pembelajaran motor servo, banyak penelitian yang hanya berfokus pada motor servo DC, itu karena teknologi motor servo AC yang sebenarnya masih belum banyak dipakai. Motor servo sendiri adalah sebuah perangkat atau aktuator putar listrik yang menggunakan sistem loop tertutup, dengan begitu motor ini dapat mengatur penentuan posisi sudut poros, dan memastikannya agar tetap sesuai. Motor servo banyak digunakan karena struktur mesinnya yang umum juga karena kemampuannya yang baik dalam kontrol kecepatan bervariasi atau dalam kondisi daya motor yang rendah[5].

Menurut penelitian sebelumnya[6], [7], pengaturan parameter untuk perubahan posisi dan kecepatan dilakukan dengan motion controller dan inverter. Penggunaan motion controller dan inverter mulai digantikan dengan sistem baru, yakni menggunakan driver motor servo yang hanya memerlukan metode akses ethernet untuk fungsi motion dasar.

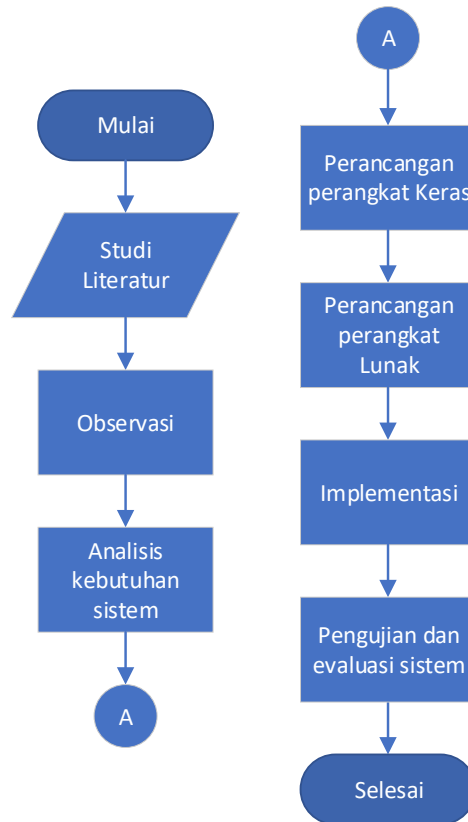
Melihat banyaknya penggunaan motor servo dan sedikitnya media pendukung pembelajaran dalam lab/kelas yang khusus mempelajari motor servo AC, maka dalam penelitian kali ini akan dibuat media pembelajaran motor servo AC dengan komunikasi menggunakan etherCAT[8].

Teaching Aid ini menggunakan motor servo AC Omron dengan tipe R88M-1M10030-S2. Pembelajaran akan terfokus pada pengendalian posisi dan kecepatan sumbu x, y, dan z untuk mesin bor. Plant yang dibuat menggunakan sistem kendali close loop dengan kendali PLC omron NX1P2 untuk mengatur posisi dan kecepatan. Penggunaan PLC untuk motor servo dimaksudkan agar pengaturan posisi dan kecepatan ini dapat diubah langsung melalui HMI. Dengan menggunakan HMI, perpindahan objek (mesin bor) ke posisi yang diinginkan dapat dilakukan dengan tepat dan cepat. Untuk komunikasi antara driver dan PLC menggunakan komunikasi EtherCAT[9]. Diharapkan pengguna media belajar ini dapat belajar mengendalikan motor servo dari sebuah kasus yang diberikan nanti saat pembelajaran.

2 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam perancangan ini dibutuhkan suatu alur atau tahapan sistematis yang akan dikerjakan pada proses pengerjaan sistemnya. Untuk pengerjaan sistem pada penelitian ini menggunakan metode penelitian ekperimental, berikut diagram alir tahapan sistematis yang akan di buat.

Rancang Bangun Teaching Aid Motor Servo AC R88M Berbasis PLC NX1P2 Sebagai Alat Bantu Pengajaran



Gambar 1. Diagram Alir perancangan sistem

2.1 Observasi

Dari observasi lapangan yang dilakukan yakni di Laboratorium Otomasi, didapat beberapa poin seperti berikut:

1. Belum ada *teaching aid* motor servo AC
2. Umumnya *Teaching Aid* skema kontrol 3 sumbu diatur dalam sebuah *Teaching Aid* berbentuk *trolley trainer*.

2.2 Kebutuhan Sistem

“Rancang Bangun Teaching Aid Motor Servo AC R88M Berbasis PLC NX1P2 sebagai Alat Bantu Pengajaran” menggunakan PLC NX1P2 dari omron sebagai pengontrolnya. Nilai posisi dan kecepatan dapat dimasukkan lewat HMI yang terdapat pada NB yang tersedia. Pengaturan posisi pada motor servo ini menggunakan masukan by distance/position. Kemudian input akan masuk ke driver motor dan menggerakkan motor sesuai karakteristik masukan.

“Pengendalian Motor Servo sebagai Alat Bantu Pengajaran” terdiri dari sistem mekanik, elektrik dan data. Pada bagian mekanik terdiri dari 3 pasang motor servo dengan drivernya untuk masing-masing sumbu x, y, dan z, lalu sebuah PLC dan tiga pasang limit sensor sebagai pengaman di setiap sisi samping sumbunya. Sistem mekanik ini akan terintegrasi dalam bentuk *trolley trainer*. Bagian elektrik lebih menitik beratkan pada konsep pengendalian posisi dan kecepatan motor servo AC R88M dengan pengontrol PLC NX1P2. Sementara data yang dimaksud adalah hubungan antarmuka yang dibuat pada NB dapat mengatur gerak motor servo AC.

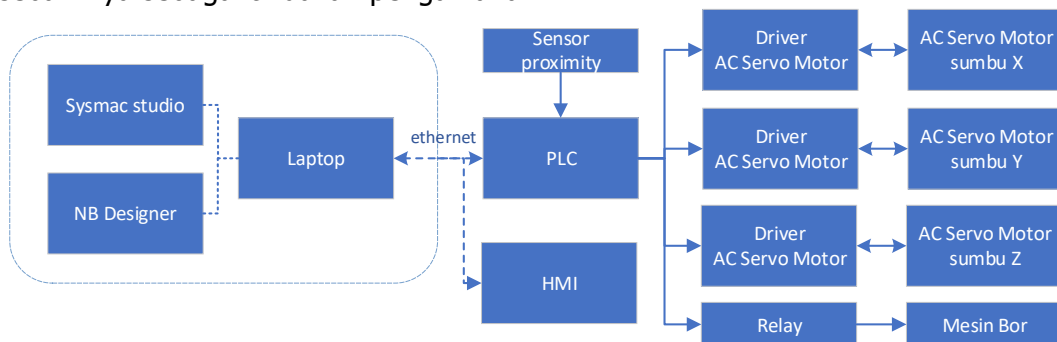
Pada tahap perancangan sistem akan diterangkan beberapa aktivitas pembuatan konsep dan solusi dari sistem yang dibangun. Aktivitas ini meliputi identifikasi masalah utama, blok diagram sistem, alternatif solusi, dan penetapan konsep sistem. Berikut spesifikasi kerja

sebagai persyaratan dan batasan pengerjaan. Pembuatan batasan ini diharapkan memudahkan untuk fokus pada tahapan yang perlu dilakukan. Berikut daftar yang telah dibuat.

Tabel 1. Daftar tuntutan dan spesifikasi

No.	Tuntutan	Spesifikasi
1	Pergerakan motor servo AC	Sumbu x
2		Sumbu y
3		Sumbu z
4	Batasan Sistem	Menggunakan HMI via NB Jarak gerak motor sebatas ukuran <i>line gear</i>
5	Fungsi	Sistem dapat menggerakkan motor servo AC dengan mengubah nilai posisi dan kecepatan lewat HMI

Secara umum sistem dapat dilihat pada Gambar III.2, sistem yang buat adalah sebuah sistem NC sederhana menggunakan masukan dari HMI pada NB ke PLC, lalu pengontrol PLC akan memproses masukan dan menjalankan program ladder, setelah itu data masuk ke driver kemudian menggerakkan motor, saat ketiga motor telah mencapai titik yang diharuskan, maka PLC akan mengaktifkan relay untuk menyalakan Bor. Namun ketika gerak motor melewati batas line maka sensor limit akan mendeteksi hal tersebut kemudian menggerakkan motor ke arah sebaliknya sebagai tindakan pengamanan.



Gambar 2. Diagram blok sistem

Permasalahan yang telah dipaparkan dapat diselesaikan dengan beberapa solusi. Adapun permasalahannya adalah penyelesaian persoalan kendali posisi dan kecepatan motor servo AC lewat HMI sebagai media pembantu.

3 HASIL PENELITIAN

3.1 Implementasi Perangkat Keras

Berikut tampilan perangkat keras yang telah dibuat. Pada realisasinya dibuat penambahan perangkat keras keluaran, yakni lampu indikator yang menyala berwarna hijau, kuning dan merah juga penambahan meja lipat untuk meletakkan laptop atau peralatan praktikum lainnya.

Rancang Bangun Teaching Aid Motor Servo AC R88M Berbasis PLC NX1P2 Sebagai Alat Bantu Pengajaran



Gambar 3. Tampak depan *teaching aid*



Gambar 4. Tampak belakang *teaching aid*

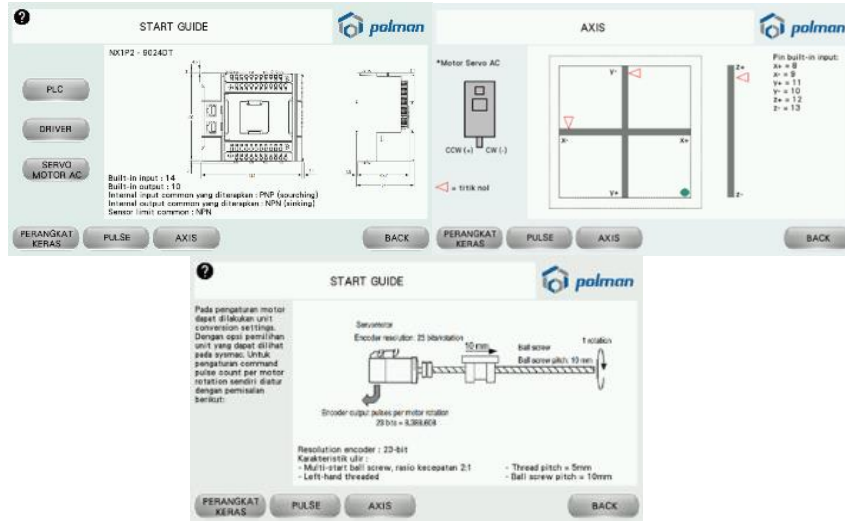
3.2 Implementasi Perangkat Lunak NB

Tampilan inialisasi pemilihan menu yang dapat diakses dengan menekan tombol yang tersedia. Adapun menu yang disediakan adalah Start Guide, Ragam gerak, dan CNC.



Gambar 5. Tampilan *Start Screen*

Pada tampilan start guide, ditampilkan informasi-informasi yang perlu diketahui sebelum melakukan praktikum. Start guide memiliki tiga sub-menu, yakni perangkat keras, pulse, dan axis.



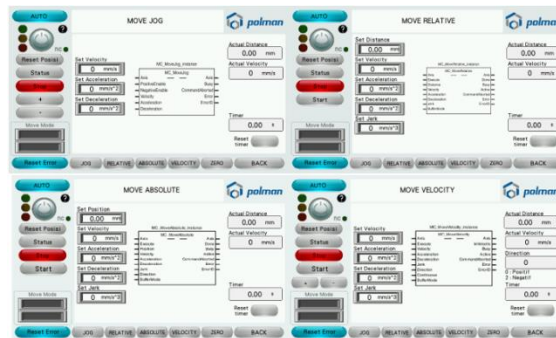
Gambar 6. Tampilan *Start Guide*

Pada di atas sub-menu perangkat keras, ditampilkan informasi umum perangkat keras utama yang dipelajari seperti PLC, Driver Servo, dan Motor Servo AC. Informasi ini dilengkapi dengan sketsa perangkat yang dimaksud.

Pada sub-menu pulse, ditampilkan informasi perhitungan pulse motor servo AC yang dipakai. Keluaran pulse dari enkoder motor per rotasi adalah 23-bit. Dengan perhitungan $2^{23} = 8388608$, maka dalam satu rotasi pulse yang dihasilkan adalah 8388608. Pada sub-menu ini juga diberikan informasi mengenai ulir yang dipakai.

Pada sub-menu axis, ditampilkan informasi mengenai axis, limit switch, titik nol homing dan arah putar motor.

Pada tampilan menu ragam gerak, memuat halaman-halaman untuk mempelajari jenis gerak umum yang berbeda.

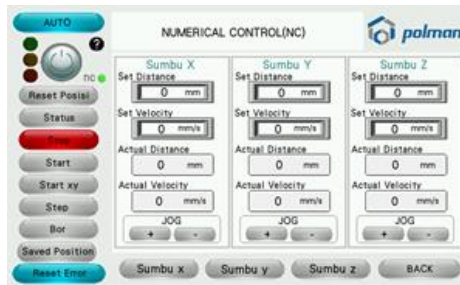


Gambar 7. Tampilan menu Ragam Gerak

Jika pengguna memerlukan keterangan dari fungsi-fungsi parameter dan tombol yang ada pada halaman tersebut, pengguna dapat menekan logo Polman. Logo Polman ini jika ditekan akan memunculkan window pop-up help seperti gambar berikut.

Pada tampilan menu NC, memuat halaman kontrol dan monitoring value motor sumbu x, y, dan z dari sebuah NC yang telah dibuat. Adapun mode gerak yang disediakan dalam menu CNC berikut adalah mode auto dimana motor akan berfungsi dengan urutan M0-M1-M2 secara otomatis, mode manual – step dimana motor akan berfungsi dengan urutan M0-M1-M2 secara manual dengan menekan tombol step tiap selesai satu gerak sumbu, dan mode manual dimana pengguna dapat menfungsikan gerak motor pada sumbu secara bebas dengan menekan tombol M0, M1 atau M2 di sisi bawah halaman.

Rancang Bangun Teaching Aid Motor Servo AC R88M Berbasis PLC NX1P2 Sebagai Alat Bantu Pengajaran



Gambar 8. Tampilan menu Numerical Control

Pada kendali sisi kiri terdapat tombol status. Ketika tombol ini ditekan maka akan muncul window pop-up sub-menu status.



Gambar 9. Tampilan menu status

Sub menu ini berisi status dari motor dan driver, juga dilengkapi dengan fungsi homing ketiga motor. Pada halaman ini juga dilengkapi dengan tombol mode skala motor. Jika pada pengaturan motor skala yang diterapkan adalah skala mikro maka tombol berikut tidak perlu ditekan, dan tiap parameter yang ada pada program ladder sysmac akan diberikan pengali seribu agar inputan dari HMI tetap dalam skala mili namun dengan ketelitian mikro. Jika pada pengaturan motor skala yang diterapkan adalah skala mili maka tombol berikut perlu ditekan, sehingga tiap parameter yang ada pada program ladder sysmac akan diberikan pengali 1 agar inputan dari HMI sesuai dalam skala mili dengan ketelitian mili. Berikut tampilan halaman dari sub-menu status.

3.3 Pengujian parameter gerak motor servo

Pengujian fungsi motor dilakukan dengan metode pengukuran menggunakan jangka sorong sebagai alat pengukur yang telah tervalidasi dengan ketelitian adalah 0,02mm. Hasil pengujian diolah dengan membandingkan antara *actual position* dan *command position* sehingga mendapatkan simpangan dalam mm dan %. Pengukuran dilakukan saat pergerakan motor pada perintah pertama dan perintah kedua sebagai variasi pengujian ketika motor bergerak dalam dua perintah dengan dua perintah jarak yang berbeda. Pengujian dilakukan pada masing – masing sumbu sebanyak 9 percobaan.

Pengujian fungsi NC, yakni sumbu x, y, dan z difungsikan secara otomatis, kemudian dilakukan pengukuran menggunakan mistar sebagai alat ukur tervalidasi dengan ketelitian 0,1mm. Hasil pengukuran diolah dengan membandingkan nilai perintah dengan nilai yang terukur, kemudian diambil nilai rata-rata simpangan masing-masing sumbu.

Pada pengujian *homing*, yakni pengukuran posisi ketiga motor saat kembali ke *home* dilakukan dengan cara reset posisi ke titik 0 *default*, kemudian dilakukan pengamatan pada *Number Display* yang muncul di HMI. Hasil pengukuran diolah dengan membandingkan nilai *display* dengan nilai yang terukur, kemudian diambil nilai rata-rata simpangan masing-masing *home position* sumbu.

Tabel 2. Hasil pengujian posisi sumbu x

No	Command position 1 (mm)	Actual Position 1 (mm)	Error		Command position 2 (mm)	Actual Position 2 (mm)	Error	
			(mm)	%			(mm)	%
1	60	59,96	0,04	0,07	150	150,22	0,22	0,15
2	60	59,94	0,06	0,10	150	149,96	0,04	0,03
3	60	59,98	0,02	0,03	150	150,12	0,12	0,08
4	60	60,18	0,18	0,30	150	150,34	0,34	0,23
5	60	59,18	0,82	1,37	150	149,46	0,54	0,36
6	60	60,16	0,16	0,27	150	150,34	0,34	0,23
7	60	60,34	0,34	0,57	150	150,6	0,6	0,40
8	60	60,2	0,2	0,33	150	150,12	0,12	0,08
9	60	60,34	0,34	0,57	150	150,52	0,52	0,35
Rata-rata error awal			0,24	0,4	Rata-rata error akhir		0,32	0,21

Tabel 3. Hasil pengujian posisi sumbu y

No	Command position 1 (mm)	Actual Position 1 (mm)	Error		Command position 2 (mm)	Actual Position 2 (mm)	Error	
			(mm)	%			(mm)	%
1	60	57,5	2,5	4,17	150	139,18	10,82	7,21
2	60	56,1	3,9	6,50	150	140,06	9,94	6,63
3	60	54,08	5,92	9,87	150	140,2	9,8	6,53
4	60	56,98	3,02	5,03	150	142,24	7,76	5,17
5	60	55,28	4,72	7,87	150	141,24	8,76	5,84
6	60	58,16	1,84	3,07	150	143,16	6,84	4,56
7	60	56,58	3,42	5,70	150	141,58	8,42	5,61
8	60	56,5	3,5	5,83	150	142,68	7,32	4,88
9	60	55,72	4,28	7,13	150	140,86	9,14	6,09
Total error awal			3,68	6,13	Rata-rata error akhir		8,76	5,84

Tabel 4. Hasil pengujian posisi sumbu z

No	Command position 1 (mm)	Actual Position 1 (mm)	Error		Command position 2 (mm)	Actual Position 2 (mm)	Error	
			(mm)	%			(mm)	%
1	60	30,28	0,28	0,47	150	74,98	0,02	0,01
2	60	30,4	0,4	0,67	150	75,42	0,42	0,28
3	60	30,44	0,44	0,73	150	75,4	0,4	0,27
4	60	30,44	0,44	0,73	150	75,7	0,7	0,47
5	60	30,36	0,36	0,60	150	75,2	0,2	0,13
6	60	30,3	0,3	0,50	150	75,22	0,22	0,15
7	60	30,4	0,4	0,67	150	75,42	0,42	0,28
8	60	30,22	0,22	0,37	150	75,4	0,4	0,27

No	Command position 1 (mm)	Actual Position 1 (mm)	Error		Command position 2 (mm)	Actual Position 2 (mm)	Error	
			(mm)	%			(mm)	%
9	60	30,22	0,22	0,37	150	75,48	0,48	0,32
Total error awal			0,34	0,57	Rata-rata error akhir		0,32	0,24

Dari ketiga data tersebut dapat disimpulkan bahwa sumbu X dan sumbu Z memiliki rata-rata error akhir yang kecil dengan nilai error sumbu X sebesar 0,21% dan sumbu Z adalah 0,24%. Dapat dilihat rata-rata error Sumbu Y adalah yang terbesar dengan rata-rata nilai error adalah 5,84%.

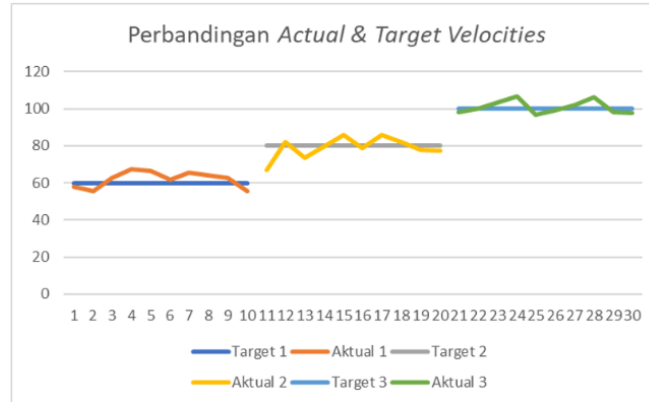
Tabel 5. Hasil pengujian posisi NC

No	Command position (mm)			Actual Position (mm)			Error (mm)		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z
1	150	100	55	150	90	26,7	0	10	0,8
2	150	100	55	150	94	26,7	0	6	0,8
3	150	100	55	150	94,5	26,6	0	5,5	0,9
4	150	100	55	150	95	26,7	0	5	0,8
5	150	100	55	150	94	26,6	0	6	0,9
6	15	100	55	15	94	26,7	0	6	0,8
7	15	100	55	15	89	26,6	0	11	0,9
8	15	100	55	15	88	26,7	0	12	0,8
9	15	100	55	15	95	26,5	0	5	1
10	15	100	55	15	94,5	26,5	0	5,5	1
11	15	15	55	15	13,5	26,7	0	1,5	0,8
12	15	15	55	14	15	26,6	1	0	0,9
13	15	15	55	15	14	26,5	0	1	1
14	15	15	55	15	15	26,6	0	0	0,9
15	15	15	55	15	15	26,5	0	0	1
Rata – rata Error							0,05	0,6	0,02
							0,44%	5,91%	1,61%

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata error tiap sumbu mempengaruhi letak titik bor dengan nilai error sebagai berikut: x = 0,44%, y = 5,91%, dan z = 1,61%.

3.4 Pengujian kecepatan pada gerak motor jog.

Pengujian kecepatan dengan metode pengamatan dengan hasil akhir dilakukan perbandingan untuk mendapatkan simpangan antara actual velocities dan set velocities. Percobaan dilakukan dengan memasukkan parameter kecepatan sebesar 60mm/s, 80mm/s, dan 100mm/s. Berikut grafik hasil pengujian kecepatan pada gerak motor.



Gambar 36: Grafik hasil pengujian kecepatan
 Dari pengujian tersebut didapat nilai rata-rata simpangan 4,99%.

3.5 Pengujian fungsi HMI

Pengujian fungsi HMI dilakukan dengan cara ujicoba pada hasil akhir HMI pada touchscreen NB yang telah terintegrasi pada PLC NX1P2.

Tabel 4: Tabel pengujian fungsi

No.	Halaman	Pengujian	Harapan	Hasil	Kesimpulan
1	Halaman <i>Start Screen</i>	Memilih antara menu <i>Start Guide</i> , Ragam Gerak atau NC.	Sistem akan berpindah ke halaman HMI sesuai dengan menu yang dipilih pengguna.	Sistem akan berpindah ke halaman HMI sesuai dengan menu yang dipilih pengguna.	Berhasil
2	Halaman Ragam Gerak	Memasukkan parameter <i>Move Function</i>	Sistem dapat memasukkan parameter ke dalam program. Sistem dapat memunculkan parameter hasil ladder program.	Sistem dapat memasukkan parameter ke dalam ladder program. Sistem dapat memunculkan parameter hasil ladder program.	Berhasil
3	Halaman NC	Memasukkan parameter posisi dan kecepatan tiap motor. Kemudian melakukan uji fungsi tombol kendali.	Sistem dapat memproses masukan yang masuk dan bergerak sesuai rangkaian kendali yang dilakukan.	Sistem dapat memproses masukan yang masuk dan NC bergerak sesuai rangkaian kendali yang dilakukan.	Berhasil
4	Halaman Status	Ujicoba pemicu error. Melakukan	Sistem dapat melakukan rangkaian proses <i>homing</i> .	Sistem dapat melakukan rangkaian proses <i>homing</i> .	Berhasil

No.	Halaman	Pengujian	Harapan	Hasil	Kesimpulan
		rangkaian proses <i>homing</i> .	Sistem dapat memunculkan indikator error.	Sistem dapat memunculkan indikator error.	
5	Halaman <i>Help</i> Ragam Gerak,	Pengguna melihat informasi penjas.	Sistem dapat menampilkan halaman keterangan penjas sesuai dengan Halaman Ragam Gerak yang tengah dibuka.	Sistem dapat menampilkan halaman keterangan penjas sesuai dengan Halaman Ragam Gerak yang tengah dibuka.	Berhasil
6	Halaman <i>Help</i> NC	Pengguna melihat informasi penjas.	Sistem dapat menampilkan halaman keterangan penjas sesuai parameter NC.	Sistem dapat menampilkan halaman keterangan penjas sesuai parameter NC.	Berhasil
7	Halaman <i>Help</i> Status	Pengguna melihat informasi penjas.	Sistem dapat menampilkan halaman keterangan penjas sesuai parameter status.	Sistem dapat menampilkan halaman keterangan penjas sesuai parameter status.	Berhasil

3.6 Evaluasi HMI oleh pengguna

Pengujian pada HMI dibagi kedalam dua jenis pengujian, yakni pengujian fungsi dan evaluasi pengguna. Pada pengujian fungsi dilakukan pengecekan keberhasilan fungsi-fungsi pada setiap halamannya. Pengujian fungsi ini dimaksudkan untuk mencari kesalahan fungsi HMI sebagai bahan perbaikan. Pada pengujian evaluasi pengguna, penulis menggunakan metode EMPI. Pengujian evaluasi oleh pengguna dilakukan untuk mengetahui keberhasilan penggunaan HMI untuk menunjang proses pengajaran. Pada metode EMPI ini penilai menggunakan media pembelajaran kemudian mengisi kuisisioner yang berkenaan dengan media tersebut. Dalam metode ini ada nilai minimum 10% dari keseluruhan populasi lingkungan sasaran responden yang perlu ikut serta agar penilaian valid. Adapun responden yang sasarnya adalah mahasiswa tingkat 2 Jurusan Teknologi Manufaktur dan Mekatronika di Polman Bandung dengan jumlah keseluruhan adalah 96 orang. Maka minimal jumlah responden yang perlu mengisi kuisisioner ada sebanyak 10 orang. Metode evaluasi ini mencakup enam kriteria penilaian yaitu, General feeling, Computer Science Quality, Usability, Multimedia Documents, Scenario, dan Didactical[14]. Adapun maksud dari kriteria tersebut adalah:

- General feeling, penilaian aplikasi secara keseluruhan
- Computer Science Quality, penilaian aplikasi dari sisi teknis pembuatannya
- Usability, penilaian sisi ergonomi HMI
- Multimedia Document, penilaian komponen teks, gambar, dan suara pada HMI
- Scenario, penilaian struktur navigasi menu
- Didactical, penilaian rancangan pendidikan dan cara pengajaran pada HMI.

Kuisisioner ini menggunakan penilaian dengan skala Likert, dimana bobot dibagi menjadi 5 kategori, yaitu:

- Bobot 5 – Sangat Baik (SB)
- Bobot 4 – Baik (B)

- Bobot 3 – Cukup Baik (CB)
- Bobot 2 – Kurang Baik (KB)
- Bobot 1 – Sangat Kurang Baik (SKB)

Dari hasil tersebut kemudian dimasukkan ke dalam persamaan berikut untuk mendapatkan nilai akhir keseluruhan.

$$\text{nilai} = \frac{\sum_i^{\text{jumlah responden}} \text{bobot dari responden } i}{\text{jumlah responden} \times 5} \times 100\%$$

Berikut adalah tabel hasil dari evaluasi

Tabel 9: Tabel hasil evaluasi HMI secara keseluruhan

No.	Evaluasi HMI Keseluruhan	Nilai
	Butir - butir yang Dinilai	
1	Kualitas teknis antarmuka	87%
2	Ergonomi antarmuka	90%
3	Dokumen dan multimedia antarmuka	89%
4	Struktur dan pengajaran antarmuka	91%
Rata-rata		89%

Berdasarkan hasil pengujian evaluasi oleh pengguna diatas, secara keseluruhan nilai rata-rata evaluasi HMI adalah 89% untuk kualitas HMI *Teaching Aid* Motor Servo AC yang telah dibuat. Angka ini digolongkan pada status sangat baik untuk melanjutkan penggunaan HMI *Teaching Aid* Motor Servo AC sebagai media pembantu proses pengajaran. Nilai tertinggi terdapat pada pernyataan "Tiap-tiap halaman pada antarmuka berisi informasi penting mengenai teori dan implementasi bahan ajar" dan "Antarmuka dapat dikembangkan dan direkayasa oleh pengguna" dengan nilai rata-rata dalam persen adalah 98% dan nilai terendah terdapat pada pernyataan "Gambar, label, simbol dan lambang terepresentasikan dengan baik dan dapat dipahami dengan mudah." dan "Komposisi dari komponen - komponen penyusun tampilan antar muka mudah untuk dilihat" dengan nilai rata-rata dalam persen adalah 80%. Didapatnya nilai terendah ini dapat diusulkan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai simpangan dari pengujian posisi sumbu X dan sumbu Z memiliki rata-rata error akhir yang kecil dengan nilai error sumbu X adalah 0,21% dan sumbu Z adalah 0,24%. Dapat dilihat rata-rata error Sumbu Y adalah yang terbesar dengan rata-rata nilai error adalah 5,84%. Pada pengujian kecepatan dengan *value* bervariasi. Didapat presentase nilai simpangan 4,9%. Sehingga dikatakan berhasil membuat program pengaturan posisi dan kecepatan pada motor servo.
2. Secara keseluruhan nilai rata-rata evaluasi HMI adalah 89% untuk kualitas HMI *Teaching Aid* Motor Servo AC yang telah dibuat. Angka ini tergolong sangat baik untuk melanjutkan penggunaan HMI *Teaching Aid* Motor Servo AC sebagai media pembantu proses pengajaran. Sehingga dikatakan berhasil melakukan integrasi HMI dengan sistem yang dibuat.
3. Berhasil membuat rancangan mekanisme motor servo AC dengan HMI sebagai *interface*.

5 REFERENSI

Jurnal:

- [1] "Arsyad, Azhar, Media Pembelajaran, Jakarta PT."
- [2] F. P. Suseno, W. S. Kuswana, and T. Permana, "Model Pembelajaran Pengelompokan Kecil Dengan Membaca, Melihat, Dan Mempraktekkan Terhadap Hasil Belajar Pada Siswa Smk," *J. Mech. Eng. Educ.*, vol. 1, no. 2, p. 255, 2016, doi: 10.17509/jmee.v1i2.3811.
- [3] I. M. Suarta, "Pengembangan konstruk sistem pembelajaran pada pendidikan tinggi vokasi," *J. Pendidik. Vokasi*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2013, doi: 10.21831/jpv.v2i1.1012.
- [4] P. Syahril Ardi, "Sensor dan Aktuator : Sensor dan Aktuator : Dasar & Aplikasi di Industri Manufaktur," p. 190, 2012.
- [5] A. W. Abdul Ali, F. A. Abdul Razak, and N. Hayima, "A Review on The AC Servo Motor Control Systems," *Elektr. J. Electr. Eng.*, vol. 19, no. 2, pp. 22–39, 2020, doi: 10.11113/elektrika.v19n2.214.
- [6] A. Fadhlillah, *Pengaplikasian sinyal interpolasi linear dan interpolasi circular pada robot cartesian 2-Axis sebagai terapan mesin gravir berbasis PLC dan motion control*. 2014.
- [7] S. Syamsuddin, R. Nazir, and S. Saputra, "PENGONTROLAN (POSISI) MOTOR SERVO AC DENGAN METODA PENGATURAN ` VOLT / HERTZ ´ Laboratorium Kontrol Digital , Jurusan Teknik Elektro Unand," vol. 2, no. 27, pp. 52–61, 2007.
- [8] A. Surjanto, C. Bambang Dwi Kuncoro, J. Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, P. Negeri Bandung Jl Gegerkalong Hilir, and D. Ciwaruga Bandung, "Modul Pembelajaran Penggerak Multi Aktuator Berbasis Arduino Mendukung Ni-ELVIS," 2018.
- [9] R. A. C. Servomotors, "EtherCAT ® Communications User ' s Manual".

