

SKRIPSI SARJANA TERAPAN
ANALISIS KARAKTERISTIK DAN AKURASI PERGERAKAN
POROS MOTOR SERVO PADA MESIN CNC 3-SUMBU



Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Terapan
Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur

DISUSUN OLEH:
MUHAMMAD ZANSY QIERA SYAFEI
1526422019

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR
2026

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR
BENTUK: SKRIPSI SARJANA TERAPAN

Nama Mahasiswa : Muhammad Zansy Qirera Syafei
NIM : 1526422019
Judul Penelitian : Analisis Karakteristik dan Akurasi Pergerakan Poros
Motor Servo Pada Mesin CNC 3-Sumbu

Ini telah disetujui dan dinyatakan memenuhi syarat untuk diajukan dalam ujian tugas akhir.

Jakarta, Juli 2026

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T.

NIDN. 0013108305


Dr. Farkhan, S.T., M.T.

NIDN. 0424107402

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
BENTUK : SKRIPSI SARJANA TERAPAN

Nama Mahasiswa : Muhammad Zansy Qirera Syafei
NIM : 1526422019
Program Studi/Fakultas : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa
Manufaktur/Teknik
Judul Penelitian : Analisis Karakteristik dan Akurasi Pergerakan
Poros Motor Servo Pada Mesin CNC 3-Sumbu

Ini telah dipertahankan dihadapan dewan penguji dan dinyatakan *Lulus/Tidak Lulus* *. Ujian Tugas Akhir oleh Tim Penguji pada Tanggal 22 Juli 2026

Pembimbing I Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T.
NIDN. 0013108305

Pembimbing II Dr. Farkhan, ST., M.T.
NIDN. 0424107402

Ketua Dr. Wardoyo, M.T.
NIDN. 0018087904

Sekretaris Muhammad Fatihuddin, S.Pd., M.T.
NIP. 199409272025061003

Penguji Ahli Ahmad Lubi, M.Pd., M.T.
NIDN. 0031018502

Mengetahui,
Dekan/Direktur
Fakultas Teknik

Koordinator Program
Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa
Manufaktur



Prof. Dr. Neneng Siti Silfi Ambarwati, S.Si, Apt., M.Si.
NIDN. 0029027204

Dr. Wardoyo, M.T.
NIDN. 0018087904

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Nama Mahasiswa : Muhammad Zansy Qirera Syafei
NIM : 1526422019
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur
Fakultas : Teknik
Judul TA : Pen Analisis Karakteristik dan Akurasi Pergerakan Poros
Motor Servo Pada Mesin CNC 3-Sumbu

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya tulis ilmiah ini.



(Muhammad Zansy Qirera Syafei)

NIM. 1526422019

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan proposal skripsi dengan judul laporan **“ANALISIS KARAKTERISTIK DAN AKURASI PERGERAKAN POROS MOTOR SERVO PADA MESIN CNC 3-SUMBU ”**. Adapun tujuan penulisan proposal skripsi ini, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana terapan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Universitas Negeri Jakarta.

Dalam penyusunan penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan dukungan semangat dari berbagai pihak. Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Wardoyo, M.T. selaku Koordinator Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Manufaktur Universitas Negeri Jakarta.
2. Bapak Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T. selaku dosen pembimbing I, dan Bapak Dr. Farkhan S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II, terima kasih telah membimbing, meluangkan waktu dan memberikan kritik yang membangun sehingga dapat membantu dalam penyusunan skripsi ini.
3. Orang tua dan keluarga besar penulis, yang telah memberikan doa dan dukungan.
4. Rekan-rekan penulis yang telah memberikan semangat dan bantuan dalam penyusunan proposal ini.
5. Seluruh dosen, staff dan karyawan di lingkungan Rumpun Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta yang telah membantu penulis dalam segala hal dalam penulisan skripsi.
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dalam penyusunan proposal ini.

Jakarta, 2026

Muhammad Zansy Q S
NIM. 1526422019



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telepon/Faksimili: 021-4894221

Laman: lib.unj.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Muhammad Lansy Qirora Syafri
NIM : 1526922019
Fakultas/Prodi : Teknik / Teknologi Perakasan Manufaktur
Alamat email : 2Qirora@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Analisis Karakteristik dan Akurasi Pergerakan Poros Motor Servo Pada
Mesin CNC 3 - Sumbu

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 6 Agustus 2020

Penulis

(Muhammad Lansy Q. S)
nama dan tanda tangan

ANALISIS KARAKTERISTIK DAN AKURASI PERGERAKAN POROS MOTOR SERVO PADA MESIN CNC 3-SUMBU

Muhammad Zansy Qirera Syafei

Dosen Pembimbing : Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T. dan

Dr. Farkhan S.T., M.T.

ABSTRAK

Komponen penggerak utama pada mesin *Computer Numerical Control* (CNC) yang mengatur akurasi dan stabilitas gerakan pemakanan pada setiap sumbu selama proses pemesinan adalah motor servo. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik daya, torsi, dan kecepatan putar motor servo Delta ASDA-A2, serta akurasi pemosisian dan stabilitas kinerjanya dalam mengoperasikan sumbu X, Y, dan Z pada mesin CNC tiga sumbu. Dalam pengujian ini digunakan uji *Ballbar* untuk mendeteksi cacat geometris pada interpolasi melingkar sumbu X–Y, pengukuran sifat-sifat listrik dan gerakan *spindle* pada ketiga sumbu, serta simulasi penentuan ukuran motor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa motor servo yang digunakan memenuhi semua spesifikasi validasi torsi dengan *safety margin* yang memadai.

Karena gerakannya yang vertikal, sumbu Z menunjukkan kesalahan posisi terendah (35,7 PUU), sedangkan sumbu X (196 PUU) dan sumbu Y (202 PUU) memiliki nilai tertinggi; namun, semua nilai ini (0,018–0,101 mm) tetap memenuhi toleransi pemesinan CNC standar. Pengujian *Ballbar* menunjukkan bahwa *backlash* mekanis pada sistem *ballscrew* merupakan penyebab kedua paling umum dari kesalahan interpolasi (13–19%), setelah ketidaksejajaran servo antara sumbu X dan Y. Kami menemukan bahwa sistem servo Delta ASDA-A2 memiliki stabilitas kinerja yang baik, akurasi yang sesuai dengan persyaratan industri, serta karakteristik daya-torsi yang memadai.

Kata Kunci: Akurasi Pemosisian, *Ballbar Testing*, Delta ASDA-A2, Mesin CNC Motor Servo.

***ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS AND ACCURACY OF SERVO
MOTOR AXIS MOTION IN A 3-AXIS CNC MACHINE***

Muhammad Zansy Qirera Syafei

Advisors: Dr. Eko Arif Syaefudin, M.T. and

Dr. Farkhan, S.T., M.T.

ABSTRACT

The primary drive component in a Computer Numerical Control (CNC) machine that regulates the accuracy and stability of feed axis motion during the machining process is the servo motor. This study aims to analyze the power, torque, and rotational speed characteristics of the Delta ASDA-A2 servo motor, as well as its positioning accuracy and performance stability in operating the X, Y, and Z axes on a 3-axis CNC machine. Ballbar testing to detect geometric defects in X–Y axis circular interpolation, measurements of electrical properties and spindle motion on all three axes, and motor sizing simulations were used in this study. The results show that the servo motor used meets all torque validation specifications with an adequate safety margin.

Due to its vertical motion, the Z-axis exhibited the lowest position error (35.7 PUU), while the X-axis (196 PUU) and Y-axis (202 PUU) had the highest values; however, all these values (0.018–0.101 mm) still met standard CNC machining tolerances. Ballbar testing showed that mechanical backlash in the ballscrew system is the second most common cause of interpolation errors (13–19%), after servo misalignment between the X and Y axes. We found that the Delta ASDA-A2 servo system offers good performance stability, accuracy that meets industry requirements, and adequate power-torque characteristics.

Keywords : Accuracy, Ballbar Testing, CNC Machine, Delta ASDA-A2, Positioning Accuracy.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR BENTUK: SKRIPSI SARJANA TERAPAN	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR BENTUK: SKRIPSI SARJANA TERAPAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Mesin <i>Computer Numerical Control (CNC)</i>	4
2.1.1 Desain Perancangan.....	5
2.1.2 <i>Pulse Servo</i>	5
2.1.3 <i>Revolution Per Minute (RPM)</i>	5
2.1.4 Daya Motor.....	6

2.1.5 Torsi.....	6
2.2 Sistem Penggerak Servo (<i>Servo Driving System</i>)	6
2.2.1 Asda <i>Software</i>	7
2.2.2 Analisa Variabel Elektrikal : Tegangan,Torsi dan <i>RPM</i>	10
2.2.3 Mekanisme Transmisi dan Perancangan Sumbu	10
2.2.4 Jenis Motor Servo.....	11
2.2.5 <i>Transmission Device of Ballscrew</i>	12
2.3 <i>Error Positioning</i> Pada Mesin	13
2.3.1 Faktor mekanis yang paling umum	14
2.3.2 Sistem Kontrol & Faktor Listrik	15
2.3.3 Faktor Operasional dan Eksternal	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Diagram Alir Penelitian	17
3.2 Metode Pengembangan Produk	18
3.3 Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....	18
3.4 Alat dan Bahan.....	18
3.5 Rancangan Metode Pengembang.....	19
3.5.1 Analisis Kebutuhan.....	19
3.5.2 Sasaran Penelitian.....	20
3.5.3 Metode Perancangan	20
3.6 Perancangan Sistem Analisis Pergerakan Poros Motor Servo Delta	21
3.6.1 Konsep Perancangan Sistem	21
3.7 Prosedur Penelitian	22
3.8 Variabel Penelitian	23
3.9 Diagram <i>Wiring</i> Sistem Delta	24
3.10 Diagram Blok Sistem Servo Delta.....	25

3.11 Teknik Pengumpulan Data	26
3.11.1 Teknik Analisis Data.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Simulasi dan Pemilihan Kapasitas Motor Servo Menggunakan Delta ASDA_MSizing	27
4.1.1 Analisis Kinematika dan Kecepatan Poros Motor.....	29
4.1.2 Analisis Inersia Beban dan Stabilitas Kontrol (<i>Inertia Ratio</i>).....	29
4.1.3 Evaluasi Karakteristik Torsi Poros	30
4.1.4 Kesimpulan Hasil Sizing	31
4.2 Data Parameter Sistem Servo Delta ASDA-A2.....	32
4.3 Hasil Pengujian Pergerakan Poros Sumbu Z	33
4.3.1 Analisis <i>Feedback Position, Command Position, Position Error, dan Motor Speed</i>	33
4.3.2 <i>Feedback Position, Command Position, Position Error, dan Torque Command</i>	35
4.3.3 Analisis <i>Motor Speed, Feedback Position, Position Error, dan Motor Current</i>	36
4.4 Hasil Pengujian Pergerakan Poros Sumbu X.....	37
4.4.1 Analisis <i>Feedback Position, Command Position, Position Error, dan Motor Speed</i>	38
4.4.2 Analisis <i>Feedback Position, Command Position, Position Error, dan Motor Current</i>	39
4.5 Hasil Pengujian Pergerakan Poros Sumbu Y	41
4.5.1 Analisis <i>Command Position, Feedback Position, Pulse Command Frequency, dan Position Error</i>	42
4.6 Rekapitulasi Antara Perbandingan Sumbu X,Y dan Z.....	44
4.7 Analisis Akurasi dan Resolusi Sistem.....	45
4.8 Pengujian Lanjutan dengan Metode <i>Ballbar Testing CNC</i>	46

4.8.1 <i>Servo Mismatch</i>	48
4.8.2 <i>Backlash</i>	52
4.9 Contoh Benda Kerja Sebelum dan Sesudah <i>Setting</i> Parameter	59
BAB V	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	68

