

**RANCANG BANGUN PENGENDALIAN SUMBU Z PADA
MESIN CNC *PLASMA CUTTING* 2.5D BERBASIS ATMEGA 8**

PROYEK AKHIR

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Diploma III

Oleh:

Rafly Ramadhan

219341020



**PROGRAM STUDI TEKNIK MEKATRONIKA
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2022

RANCANG BANGUN PENGENDALIAN SUMBU Z PADA MESIN CNC *PLASMA CUTTING* 2.5D BERBASIS ATMEGA 8

Oleh:

Rafly Ramadhan

219341020

Program Studi Teknik Mekatronika

Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika

Politeknik Manufaktur Bandung

Menyetujui

Tim Pembimbing

Tanggal Sidang 28 Juli 2022

Pembimbing I,



Abyanuddin Salam, S.ST., M.Eng.

NIP. 198910042010121007

Pembimbing II,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Bolo Dwiartomo'.

Ir. Bolo Dwiartomo, M.Sc.

NIP. 196810301995121001

ABSTRAK

CNC (*Computer Numerical Control*) adalah pembaruan mesin perkakas yang mengikuti perkembangan teknologi di dunia industri karena mesin perkakas sebelumnya dianggap kurang efektif dari segi waktu dan biaya. CNC merupakan sistem otomatisasi mesin perkakas yang dioperasikan oleh perintah dan diprogram secara abstrak dan disimpan melalui media penyimpanan, hal ini berlawanan dengan kebiasaan mesin perkakas sebelumnya, dimana mesin perkakas biasanya dikendalikan dengan putaran tangan atau otomatisasi sederhana. Pada proyek akhir ini, dirancang suatu mesin CNC sederhana yang dapat digunakan untuk memotong bahan atau pelat dengan cepat secara otomatis. Bentuk atau pola yang telah digambar melalui *personal computer* akan dikonversi dalam bentuk *G-Code*. *G-Code* tersebut menjadi arah serta titik koordinat sumbu mesin bergerak dan membentuk pola yang sudah dirancang. Salah satu sumbu yang bergerak pada mesin ini adalah sumbu Z. Pada proyek akhir ini pergerakan sumbu Z dilakukan oleh motor servo dimana posisi dan kecepatan dapat diatur dan dipantau berkat adanya sinyal umpan balik dari *encoder*. Pengendalian posisi pada sumbu Z dilakukan dengan membandingkan pulsa masukan dari Mach3 dengan pulsa umpan balik dari *encoder* untuk menghasilkan nilai *error* yang bisa kita olah sebagai parameter untuk menentukan posisi dan mengatur kecepatan motor servo. Mesin ini memiliki sistem 2.5D dimana sumbu Z tidak melakukan gerakan *circular* ataupun gerakan kritis pada saat mesin berjalan. Sumbu Z hanya digunakan untuk mengatur jarak antara obor *plasma* dengan permukaan benda potong.

Kata Kunci: CNC, *Plasma Cutting*, Mach3, *G-Code*

ABSTRACT

CNC (Computer Numerical Control) is a machine tools automation system that is operated by commands and programmed abstractly and stored via storage media, this is contrary to the habit of previous machine tools, where machine tools are usually controlled by hand rotation or simple automation. In this final project, a simple CNC machine is designed that can be used to cut materials or metal sheets quickly and automatically. Shapes or patterns that have been drawn through a personal computer will be converted into the form of G-Code. The G-Code becomes the direction and coordinate point of the axis of the machine moves and forms a pattern that has been designed. One of the moving axes on this machine is the Z axis. In this final project, the Z axis movement is carried out by a servo motor where the position and speed can be adjusted and monitored due to the feedback signal from the encoder. Position control on the Z axis is carried out by comparing the input pulse from Mach3 with the feedback pulse from the encoder to generate an error value that we can process as a parameter to determine the position and set the speed of the servo motor. This machine has a 2.5D system where the Z axis does not perform circular movements or critical movements when the engine is running. The Z axis is used only to regulate the distance between the plasma torch and the surface of the cutting object.

Keywords: CNC, Plasma Cutting, Mach3, G-Code

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepada-Nya kami memuji, serta memohon pertolongan dan ampunan. Kami berlindung kepada-Nya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalan-Nya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Aku bersaksi bahwa tiada sembah yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagi-Nya. Aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hamba-Nya dan Rasul-Nya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan proyek akhir ini dengan judul: **“RANCANG BANGUN PENGENDALIAN SUMBU Z PADA MESIN CNC PLASMA CUTTING 2.5D BERBASIS ATMEGA 8”**.

Proyek akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Diploma III pada Program Studi Teknik Mekatronika di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya proyek akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak. Pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat, penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril dan materiil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Kedua Pembimbing proyek akhir Bapak Ir. Bolo Dwiartomo, M.Sc. dan Bapak Abyanuddin Salam, S.ST., M.Eng.
2. Para Penguji sidang proyek akhir Bapak Muhammad Nursyam Rizal, S.Tr.T., M.Sc., Bapak Dr. Noval Liliansa, Dipl. Ing (FH), M.T., Bapak Dr. Eng. Setyawan Ajie Sukarno, S.ST., M.T., dan Ibu Dr. Eng. Pipit Anggraeni. S.T., M.T., M.Sc.Eng.

3. Panitia proyek akhir Ibu Hilda Khoirunnisa. S.Tr.T., M.Sc.Eng, dan Bapak Afaf Fadhil Rifa'i, S.T., M.T.
4. Teristimewa kepada orang tua penulis, Ayah dan Ibu saya yang selalu mendoakan, memberikan motivasi, dan pengorbanannya baik dari segi moril maupun materiil sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir ini.
5. Prisyia Melani Putri yang selalu memberikan dukungan moral dan mental.
6. Tim proyek akhir CNC *Plasma Cutting*, Kalinka Zweitarosa, Mochammad Dava Ramdani Lukito, dan Risvan Taufik Hutabarat.
7. Rekan-rekan 3AEA yang selalu berbagi suka dan duka.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian proyek akhir yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa dalam penulisan karya tulis ilmiah ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiin ya rabbal alamin.

Bandung, 1 Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I.....	1
1.1 Tujuan	1
1.2 Teknologi	1
1.2.1 Unit Umum :	1
1.2.2 Perangkat keras:	1
1.2.3 Perangkat lunak:.....	1
BAB II	2
2.1 Landasan Teori.....	2
2.1.1 CNC <i>Plasma Cutting</i> 2.5D.....	2
2.1.2 ArtSoft Mach3.....	3
2.1.3 <i>Breakout Board</i> RnR USB Motion Card Mach3	4
2.1.4 DC Servo.....	5
2.1.5 Penggerak Motor Servo <i>Brushless AXH Series</i>	6
2.1.6 <i>Rotary Encoder</i>	8
2.1.7 Bahasa C.....	8
A. Tipe Data.....	8
B. Operator.....	9
C. Pengkondisian	11

D. Perulangan.....	12
2.1.8 ATMEGA 8 – 16PU	12
2.1.9 Interupsi.....	13
A. Aktivasi Interupsi pada AVR.....	16
2.1.10 <i>Pulse Width Modulation</i>	16
2.1.11 Kendali P, PI, dan PID	17
2.2 Metodologi Penelitian	19
2.3 Gambaran Umum Sistem Alat	25
2.4 Perangkat Mekanik.....	26
2.4.1 Konstruksi Sumbu Z pada Mesin CNC <i>Plasma</i> 2.5D.....	26
2.4.2 Ukuran dan Area Kerja Mesin CNC <i>Plasma Cutting</i> 2.5D	27
2.5 Diagram Alir	29
2.5.1 Diagram Alir Sistem Mesin CNC <i>Plasma Cutting</i>	29
2.6 Gambaran Sub-Sistem.....	31
2.6.1. Pengendalian Posisi Sumbu Z.....	31
A. Pemilihan Jenis Motor Penggerak.....	32
B. Antarmuka Penggerak Motor	34
2.7 Perhitungan Parameter	35
2.7.1 Posisi	35
2.7.2 Kecepatan.....	35
2.8 Hasil Pengujian	36
2.8.1 Pembacaan Pulsa <i>Encoder</i>	36
2.8.2 Pembacaan Pulsa MACH3.....	37
2.8.3 Pengujian <i>Register</i> Pembanding Pulsa MACH3 dan <i>Encoder</i>	38
2.8.4 Hasil Pengendalian dan Integrasi	38
A. Kendala Pengendalian	38
B. Hasil Pengendalian.....	39
BAB III.....	41
3.1 Kesimpulan Hasil Implementasi	41

3.2	Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA.....		43
LAMPIRAN.....		44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mesin CNC <i>Plasma Cutting</i>	2
Gambar 2.2 Proses Pemotongan pada Mesin <i>Plasma Cutting</i>	2
Gambar 2.3 Antarmuka Airsoft mach3.....	4
Gambar 2.4 Skema BoB Mach3	5
Gambar 2.5 Motor Servo Kontinu	6
Gambar 2.6 Penggerak Servo <i>Brushless AXH Series</i>	6
Gambar 2.7 <i>Pin Out</i> (a) dan <i>Wiring</i> (b) pada Penggerak Servo <i>Brushless AXH Series</i>	7
Gambar 2.8 Prinsip Kerja (a) dan Bentuk <i>Rotary Encoder</i> (b).....	8
Gambar 2.9 <i>Pin Out</i> ATmega 8 – 16PU	13
Gambar 2.10 Alur Interupsi	14
Gambar 2.11 Bit Aktivasi Interupsi pada SREG	16
Gambar 2.12 Parameter PWM	17
Gambar 2.13 Kendali Proporsional.....	17
Gambar 2.14 Kendali Integral.....	18
Gambar 2.15 Kendali Derivatif.....	18
Gambar 2.16 Kendali PID.....	18
Gambar 2.17 Diagram Alir Perancangan (Perencanaan)	20
Gambar 2.18 Diagram Alir Perancangan (<i>Wiring</i> dan Proses Manufaktur)	21
Gambar 2.19 Diagram Alir Perancangan (Pengujian Alat)	22

Gambar 2.20 CNC <i>Plasma Cutting</i> 2.5D.....	25
Gambar 2.21 Gambaran Umum Sistem Mesin	26
Gambar 2.22 Ukuran Mesin dan Area Kerja CNC <i>Plasma Cutting</i> 2.5D	27
Gambar 2.23 Ukuran Mesin CNC <i>Plasma Cutting</i> 2.5D Tampak Samping	28
Gambar 2.24 Mesin CNC <i>Plasma Cutting</i> 2.5D Tampak Isometrik	28
Gambar 2.25 Diagram Alir Mode pada Mesin CNC <i>Plasma Cutting</i>	29
Gambar 2.26 Diagram Alir Mode <i>Auto</i>	30
Gambar 2.27 Diagram Alir Sistem Mesin CNC <i>Plasma Cutting</i> Mode Manual...31	
Gambar 2.28 Diagram Blok Pengendalian Sumbu Z.....	31
Gambar 2.29 Diagram Alir Pemilihan Motor	32
Gambar 2.30 Motor Servo VEXTA AXH450KC.....	33
Gambar 2.31 Dimensi Motor Servo VEXTA AXH450KC-GFH.....	34
Gambar 2.32 Desain (a) dan <i>Wiring</i> Antarmuka (b) Penggerak Motor Sumbu Z .34	
Gambar 2.33 Pembacaan PPR <i>Encoder</i>	36
Gambar 2.34 Pengujian Pulsa Keluaran Mode JOG Mach3.....	37
Gambar 2.35 Kurva Respon $K_p = 1$, Kecepatan = <i>Error</i> , <i>Set point</i> 2140 (3 cm)..39	
Gambar 2.36 Kurva Respon <i>Set Point</i> 5 cm (3552 pulsa), $K_p = 1$, Kecepatan = 128.....	39
Gambar 2.37 Kurva Respon pada <i>Set Point</i> 3 cm (2140 pulsa), $K_p=2$, Kecepatan = 128.....	40
Gambar 2.38 Kurva Respon dengan Perubahan Kecepatan pada Mode Manual ..40	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tipe Data Dasar Bahasa C	9
Tabel 2.2 Operator Perbandingan dalam Bahasa C	10
Tabel 2.3 Operator <i>Unary</i> dalam Bahasa C	10
Tabel 2.4 Prioritas Interupsi	14
Tabel 2.5 Karakteristik PID pada <i>Loop</i> Tertutup.....	19
Tabel 2.6 Pembacaan Pulsa per Putaran	36
Tabel 2.7 Pulsa Keluaran Mode JOG Mach3 dengan <i>Steps per Unit</i> 1200	37
Tabel 2.8 Pembacaan Pulsa Mach 3.....	38
Tabel 2.9 Hasil Pengujian Program Logika Pembanding	38
Tabel 2.10 Data Hasil Pengujian Kendali	40

DAFTAR LAMPIRAN

1.	<i>LISTING CODE</i>	45
2.	GAMBAR PERANGKAT KERAS	47
3.	DOKUMENTASI PENGUKURAN	48
4.	DESAIN <i>WIRING</i> SISTEM	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Tujuan

Tujuan dari penulisan karya tulis ilmiah proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mampu membuat rancangan sistem pengendalian sumbu Z pada mesin CNC *Plasma Cutting* 2.5D.
2. Mampu membuat perencanaan alat dan bahan untuk sistem pengendalian sumbu Z pada mesin CNC *Plasma Cutting* 2.5D.
3. Mampu membuat *wiring diagram* untuk sistem pengendalian sumbu Z pada mesin CNC *Plasma Cutting* 2.5D.
4. Mampu mengendalikan posisi motor sumbu Z dengan membandingkan pulsa Mach3 dan *rotary encoder* motor servo.

1.2 Teknologi

Teknologi yang digunakan pada proyek akhir ini adalah:

1.2.1 Unit Umum :

1. Antarmuka : PC – Mach3 & Arduino *Serial Plotter*
2. Unit kendali : *Breakout Board* – RnR USB *Motion Card* Mach3
Microcontroller AVR ATmega 8A
3. Unit mekanik : *Plant* CNC *Plasma Cutting* 2.5D

1.2.2 Perangkat keras:

1. Motor Servo : DC Servo Oriental Motor
2. Penggerak Servo : Penggerak Motor Servo *Brushless AXH Series*
3. Antarmuka Penggerak Motor Servo
4. *Limit Switch*
5. *Relay*

1.2.3 Perangkat lunak:

1. Antarmuka : ArtSoft Mach3
2. Diagram Alir : Microsoft 365 Visio & Coreldraw X8
3. *Wiring Diagram* : See Electrical V8R2
4. Desain 3D : Solidworks 2021
5. Proses : CV – AVR & Arduino
6. Perangkat lunak *G-Code* : (Mengonversi data dxf ke *G-Code*)