



**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM
MEKANIK MESIN CNC PLASMA CUTTING
BERBASIS FLUID NC**

TUGAS AKHIR

disusun oleh:

Bangkit Laprima Sutanto

202206019

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MEKATRONIKA
POLITEKNIK ENJINERING INDORAMA
PURWAKARTA
2026**



PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM MEKANIK MESIN CNC PLASMA CUTTING BERBASIS FLUID NC

TUGAS AKHIR

Dibuat untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik

disusun oleh:

Bangkit Laprima Sutanto

202206019

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MEKATRONIKA
POLITEKNIK ENJINERING INDORAMA
PURWAKARTA
2026**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Bangkit Laprima Sutanto

NIM : 202206019

Alamat : Kp sukatani, Desa Campakasari, Kec. Campaka, Kab. Purwakarta

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul:

Perancangan dan Pembuatan Sistem Mekanik Mesin CNC Plasma Cutting Berbasis FluidNC adalah observasi, pemikiran, dan pemaparan asli yang merupakan hasil karya saya sendiri yang belum pernah dipublikasikan baik secara keseluruhan maupun sebagian, dalam bentuk jurnal, *working paper* atau bentuk lain yang dapat dipublikasikan secara umum. Karya ilmiah ini sepenuhnya merupakan karya intelektual saya dan seluruh sumber yang menjadi rujukan dalam karya ilmiah ini telah saya sebutkan sesuai kaidah akademik yang berlaku umum, termasuk para pihak yang telah memberikan kontribusi pemikiran pada isi, kecuali yang menyangkut ekspresi kalimat dan desain penulisan.

Demikian pernyataan ini saya nyatakan secara benar dengan penuh tanggung jawab dan integritas.

Purwakarta 30-08-2026

Mengesahkan,

(Bangkit Laprima Sutanto)

HALAMAN PERSUTUJUAN

TUGAS AKHIR

Perancangan dan Pembuatan Sistem Mekanik Mesin CNC Plasma Cutting Berbasis FluidNC

Yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Bangkit Laprima Sutanto

202206019

Telah disetujui oleh Tim Dosen Pembimbing dan Penguji Tugas Akhir

Pada Tanggal..... 30 - 03 - 2026

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Afzeri, M.Eng

NIDN. 0023126504


.....
tgl.

Pembimbing Pendamping

Nanang Roni Wibowo, ST., M.T.

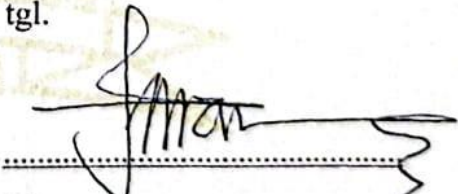
NIDN. 0930078002


.....
tgl.

Penguji 1,

Dr. Emmanuel Agung Nugroho, S.T., M.T

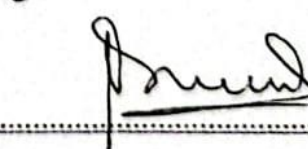
NIDN. 0407047801


.....
tgl.

Penguji 2,

Deni Kurnia, S.Pd M.T.

NIDN. 0410067608


.....
tgl.

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Perancangan dan Pembuatan Sistem Mekanik Mesin CNC Plasma Cutting Berbasis FluidNC

Yang disusun oleh

Bangkit Laprima Sutanto

202206019

Telah dipertahankan dihadapan Majelis Penguji sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik pada Program Studi Teknologi
Rekayasa Mekatronika Politeknik Enjinering Indorama

pada tanggal

06-08-2026

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Afzeri M.Eng

NIDN. 0023126504

tgl.

Pembimbing Pendamping

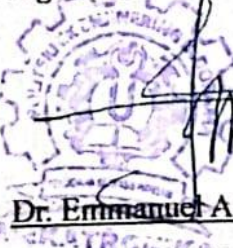
Nanang Roni Wibowo, ST., M.T.

NIDN. 0930078002

tgl.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika



Dr. Emmanuel Agung Nugroho, S.T., M.T.

NIDN. 0407047801

KATA PENGANTAR

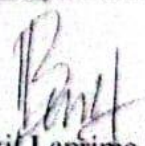
Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, yang telah selalu memberikan nikmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “ **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM MEKANIK MESIN CNC PLASMA CUTTING BERBASIS FLUIDNC** ” sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Diploma IV program studi Teknologi Rekayasa Mekatronika di Politeknik Enjinering Indorama.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan, kemudahan, dan kelancaran selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Teristimewa kedua Orang Tua dan Keluarga tercinta yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan selama ini
3. Bapak Dr. Emmanuel Agung Nugroho S.T, M.T Selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika yang selalu memberikan arahan, dan inspirasi kepada kami.
4. Bapak Dr. Ir. Afzeri, ,M.eng. Selaku Pembimbing I dan Bapak Nanang Roni Wibowo ST., M.T, selaku pembimbing II yang bersedia menyediakan waktu, masukan dan membantu penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini
5. Rekan satu tim yang telah bekerjasama dengan baik dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini

Akhir kata penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak dan semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang membutuhkan Aamiin.

Purwakarta, 30 03 2026


Bangkit Laprima Sutanto

ABSTRAK

Perkembangan teknologi manufaktur digital dan otomasi industri saat ini mendorong penggunaan mesin CNC (Computer Numerical Control) sebagai solusi utama dalam proses pemotongan material logam. Namun, mesin CNC komersial umumnya memiliki biaya investasi yang relatif mahal sehingga kurang terjangkau bagi industri kecil dan menengah. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem CNC yang ekonomis, fleksibel, dan mudah dikembangkan.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan merancang mesin CNC cutting plasma dengan mengadopsi sistem kendali berbasis FluidNC. Mesin ini dikembangkan untuk memberikan solusi pemotongan logam yang presisi, efisien, dan ekonomis bagi industri kecil hingga menengah. Proses pemotongan dilakukan menggunakan mesin plasma yang memanfaatkan udara bertekanan dari kompresor sebagai media pembentuk busur plasma. Metode yang digunakan meliputi tahapan perancangan mekanik menggunakan software CAD, pemilihan aktuator stepper motor, perakitan rangka, serta integrasi sistem kendali menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan firmware FluidNC. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi ketepatan Gerak dan akurasi pemotongan.

Mesin mampu memotong plat logam dengan ketebalan 2 mm dengan akurasi kesalahan $\pm 0,5$ mm. Dalam penggunaannya sistem berbasis FluidNC memberikan kemudahan konfigurasi dan fleksibilitas tinggi dalam pengoperasian karena dapat dioperasikan secara nirkabel melalui antarmuka web. Dibandingkan dengan mesin CNC komersial, mesin ini berhasil dibuat dengan efisiensi biaya oleh pembuat tanpa mengorbankan kualitas hasil potongan. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa rancang bangun mesin CNC plasma berbasis FluidNC layak diterapkan dalam skala industri kecil dan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk fitur otomatisasi tambahan.

Kata Kunci: CNC Plasma, FluidNC, ESP32, G-code, Otomasi Industri

ABSTRACT

The development of digital manufacturing technology and industrial automation is currently driving the use of CNC (Computer Numerical Control) machines as the primary solution for metal cutting processes. However, commercial CNC machines generally have relatively high investment costs, making them unaffordable for small and medium-sized industries. Therefore, a CNC system that is economical, flexible, and easy to develop is needed.

This research aims to create and design a CNC plasma cutting machine using a FluidNC-based control system. This machine was developed to provide a precise, efficient, and economical metal cutting solution for small to medium-sized industries. The cutting process is carried out using a plasma machine that utilizes compressed air from a compressor as the medium for forming the plasma arc. The methods used include mechanical design using CAD software, stepper motor actuator selection, frame assembly, and control system integration using an ESP32 microcontroller with FluidNC firmware. Testing was conducted to evaluate motion precision and cutting accuracy.

The machine is capable of cutting 2 mm thick metal plates with an accuracy tolerance of ± 0.5 mm. Its FluidNC-based system facilitates easy configuration and efficient operation, allowing for wireless control via a web interface. Compared to commercial CNC machines, this unit was built cost-effectively without compromising cut quality. The study concludes that the FluidNC-based plasma CNC machine design is suitable for small-scale industrial application and offers potential for further development with additional automated features.

Keywords: CNC Plasma, FluidNC, ESP32, G-code, Industrial Automation

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PERSUTUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Studi	5
2.2.1 CNC Plasma Cutting.....	6
2.2.2 Mesin Plasma	6
2.2.3 Torch Plasma Plasma Cutter P80	7
2.2.4 FluidNC.....	8
2.2.5 ESP32.....	8
2.2.6 Driver Stepper Motor DM556.....	9
2.2.7 Motor Stepper NEMA 23	10
2.2.8 Timming belt	10
2.2.9 Power Supply	11
2.2.10 Pulley dan Idler Pulley	11

2.2.11 Gantry	13
2.2.12 Kompresor	13
2.2.13 Relay	14
2.2.14 Miniature Circuit Breaker (MCB)	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Flowchart Perancangan Mekanik	16
3.3 Deskripsi Alat	19
3.4 Perancangan Mekanik	20
3.5 Perhitungan Sistem Penggerak (Motor & Timing Belt)	23
3.5.1 Hubungan Torsi Motor dan Gaya Linier pada Timing Belt	23
3.5.2 Penentuan Gaya Gesek	24
3.5.3 Perhitungan Percepatan	24
3.5.4 Percepatan Masing-Masing Sumbu	25
3.5.5 Pemeriksaan Beban Keseluruhan	26
3.5.6 Pemeriksaan Kebutuhan Torsi	26
3.5.7 Faktor Keamanan Motor	26
3.5.8 Pemilihan Motor Stepper NEMA 23	27
3.5.9 Pemeriksaan Kekuatan Timing Belt	27
3.5.10 Penggunaan Timing belt Sebagai Rel pergerakan	28
3.6 Prosedur Pengambilan atau Pengumpulan Data	29
3.7 Daftar Alat dan software	31
3.8 Simulasi, Analisis dan Evaluasi	32
3.10 Cara kerja Mesin Plasma cutting	33
BAB IV HASIL PERANCANGAN	Error! Bookmark not defined.
4.1 Hasil Perancangan alat	Error! Bookmark not defined.
4.1.1 Hasil Perancangan Mekanik	Error! Bookmark not defined.
4.2 Analisis dan pembahasan	Error! Bookmark not defined.
4.2.1 Pengujian Akurasi Pergerakan	Error! Bookmark not defined.
4.2.1 Pengujian step pergerakan sumbu	Error! Bookmark not defined.
4.2.2 Pengujian Pemotongan	Error! Bookmark not defined.

BAB V PENUTUP	Error! Bookmark not defined.
5.1 Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2 Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN 1	39
DOKUMENTASI KEGIATAN	39
LAMPIRAN 2	62
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	62
LAMPIRAN 3	63
FORM BIMBINGAN TUGAS AKHIR	63
LAMPIRAN 4	65
LEMBAR TANGGAPAN REVISI	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Cnc plasma cutting	6
Gambar 2.2 Mesin Plasma redbo	7
Gambar 2.3 Torch Plasma P80	7
Gambar 2.4 Tampilan fluidNC	8
Gambar 2.5 ESP 32	9
Gambar 2.6 Driver DM556	9
Gambar 2.7 Motor stepper Nema 23	10
Gambar 2.8 Timing belt	11
Gambar 2.9 Power supply	11
Gambar 2.10 Pulley dan idler pulley.....	12
Gambar 2.11 Gantry	13
Gambar 2.12 Kompresor	14
Gambar 2.13 Relay.....	14
Gambar 2.14 MCB	15
Gambar 3.1 Flowchart mekanik	17
Gambar 3.2 Wiring sistem elektrik	20
Gambar 3.3 Rangka mesin cnc.....	21
Gambar 3.4 Bak air	21
Gambar 3.5 Penempatan aktuator Y	22
Gambar 3.6 Penempatan aktuator X	22
Gambar 3.7 Prosedur pengambilan data	30
Gambar 3.8 Simulasi proses pemotongan.....	33
Gambar 3.9 Diagram blok sistem kerja.....	35
Gambar 4.1 Struktur rangka mesin cnc.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.2 Konstruksi sumbu x.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.3 Konstruksi sumbu y.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.4 Penyetelan sumbu.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.5 Tampilan koneksi fluidNC pada web	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.6 Input parameter sumbu	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.7 Parameter arus plasma.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.8 Input parameter feedrate sheetcam.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.9 Contoh input akselerasi pada fluidNC ..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.10 Parameter suplai tekanan udara.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.11 Desain geometri A	Error! Bookmark not defined.

Gambar 4.12 Set up pemotongan plat 1mm.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.13 Proses pemotongan plat 1mm	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.14 Hasil pengujian 1 geometri A.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.15 Hasil pengujian 2 geometri A.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.16 Hasil pengujian 3 geometri A.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.17 Desain geometri B.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.18 Set up pemotongan plat 1,5mm.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.19 Proses pemotongan plat 1,5mm	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.20 Hasil pengujian 1 geometri B.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.21 Hasil pengujian 2 geometri B.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.22 Hasil pengujian 3 geometri B.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.23 Desain pola.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.24 Hasil pemotongan pola.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan software fluidNC	5
Tabel 3.1 Tahap perancangan mekanik	22
Tabel 3.2 Posisi aktuator	22
Tabel 3.3 Parameter perhitungan.....	23
Tabel 3.4 Tabel daftar software	31
Tabel 3.5 Tabel daftar perangkat keras.....	31
Tabel 3.6 Tabel daftar komponen.....	32
Tabel 4.1 Pengujian akurasi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.2 Pergerakan sumbu x	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.3 Pergerakan sumbu y	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.4 Pengujian pemotongan huruf A	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.5 Pengujian pemotongan huruf B.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.6 Pengujian akurasi pemotongan.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.7 Pengujian pemotongan lanjutan	Error! Bookmark not defined.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri manufaktur modern menuntut efisiensi tinggi, presisi, dan otomasi dalam setiap proses produksi. Salah satu teknologi yang memenuhi kebutuhan tersebut adalah mesin CNC (Computer Numerical Control), khususnya metode pemotongan berbasis plasma cutting [1]. Teknologi ini mampu memotong material logam dengan cepat dan akurat, menjadikannya pilihan utama di berbagai sektor, mulai dari bengkel fabrikasi hingga industri berat [2].

Namun, realita di lapangan menunjukkan bahwa harga tinggi dan kompleksitas sistem kontrol mesin CNC plasma cutting masih menjadi hambatan utama bagi pelaku usaha kecil dan menengah (UKM/IKM) [3], serta lembaga pendidikan vokasi. Untuk menjawab tantangan tersebut, penelitian ini telah berhasil merancang dan membangun mesin CNC plasma cutting berstandar industri dengan menggunakan FluidNC, sebuah firmware open-source yang ringan dan fleksibel, serta kompatibel dengan mikrokontroler ESP32 [4].

Keunggulan FluidNC, seperti dukungan multi-axis, antarmuka berbasis web, serta konektivitas nirkabel melalui Wi-Fi, memungkinkan sistem kontrol yang lebih Fleksibel, dan mudah diakses. Dengan demikian, implementasi FluidNC dalam proyek ini tidak hanya memberikan solusi teknis, tetapi juga membuka peluang komersialisasi produk untuk kalangan industri kecil maupun dunia pendidikan teknik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang dijawab dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem mekanik dan elektronik mesin CNC plasma cutting berbasis FluidNC dan ESP32?
2. Bagaimana mengintegrasikan FluidNC sebagai sistem kendali untuk memungkinkan pengoperasian mesin secara fleksibel dan nirkabel?
3. Bagaimana mengevaluasi kinerja mesin CNC plasma cutting?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan sebagai berikut:

- **Tujuan Umum:**

1. Merancang dan membangun mesin CNC plasma cutting yang dikendalikan menggunakan FluidNC dan ESP32.

- **Tujuan Khusus:**

1. Mendesain dan merealisasikan sistem mekanik dan struktur rangka mesin CNC.
2. Mengintegrasikan FluidNC pada ESP32 sebagai sistem kendali untuk mendukung pengoperasian mesin secara fleksibel dan nirkabel.
3. Melakukan pengujian performa mesin dalam aspek akurasi gerakan dan hasil pemotongan dalam berbagai ketebalan dan parameter pemotongan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan manfaat baik secara praktis maupun akademik:

- **Manfaat Praktis:**

1. Memberikan solusi teknologi pemotongan logam dengan plasma cutting yang lebih terjangkau.
2. Menyediakan alternatif mesin CNC plasma cutting yang mudah digunakan, fleksibel, dan efisien.

- **Manfaat Akademik:**

1. Sebagai sarana pembelajaran di bidang mekatronika dan otomasi industri, terutama terkait teknologi cnc
2. Menjadi referensi pengembangan sistem CNC open-source di bidang teknik mekatronika.
3. Mendorong integrasi teknologi mikrokontroler dan IoT dalam sistem manufaktur berbasis otomasi.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terfokus dan dapat diselesaikan dalam waktu yang ditentukan, maka batasan masalah adalah sebagai berikut:

1. Sistem CNC dibuat terdiri dari tiga sumbu (X, Y, dan Z).
2. Sistem kontrol menggunakan mikrokontroler ESP32, firmware FluidNC, motor stepper, dan SDcard untuk penyimpanan program cnc.
3. Mesin dirancang untuk memotong plat logam dengan ukuran 2,4m x 1,2m
4. Torch dipilih untuk bisa memotong hingga ketebalan 5 mm

1.6 Sistematika Penulisan

Struktur penulisan laporan tugas akhir ini disusun sebagai berikut:

- **BAB I PENDAHULUAN**

Menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

- **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Mengulas teori dan referensi terdahulu yang relevan dengan sistem CNC, FluidNC, ESP32, dan komponen terkait.

- **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Menjelaskan tahapan perancangan mekanik dan elektrik, spesifikasi sistem, serta metode pengujian.

- **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Menyajikan hasil rancang bangun, data pengujian, analisis performa sistem, dan evaluasi.

- **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Menyimpulkan hasil akhir penelitian dan memberikan saran pengembangan di masa depan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Studi

Untuk mendukung penelitian ini, dilakukan perbandingan terhadap beberapa penelitian sebelumnya yang terkait dengan CNC Plasma *Cutting*. Penelitian mesin CNC yang menggunakan mach3. Mach3 adalah sistem kontrol yang lebih komprehensif dan mampu memberikan tingkat presisi tinggi dalam pengoprasian CNC.

Penelitian mesin CNC yang menggunakan GRBL memiliki keunggulan dalam kemampuan untuk menyelesaikan pekerjaan dengan lebih cepat daripada sistem kontrol lainnya. Tabel 2.1 merupakan perbandingan antara sistem yang menggunakan GRBL, Mach3 dan FluidNC [4], [5], [6].

Tabel 2.1 Perbandingan software fluidNC

No	Sistem Kontrol	Platform	Kelebihan	Kekurangan
1	GRBL	Arduino	Mudah digunakan, komunikasi luas	Kecepatan pemrosesan lebih lambat dibandingkan ESP32
2	Mach3	PC-based	Fitur lengkap, Presisi tinggi	Memerlukan lisensi berbayar, membutuhkan PC khusus
3	FluidNc	ESP32	Open-soource biaya rendah konektifitas Wi-Fi	Masih dalam tahap pengembangan dan pengujian

2.2.1 CNC Plasma Cutting

CNC (*Computer Numerical Control*) Plasma Cutting adalah metode pemotongan material menggunakan gas plasma yang dikendalikan oleh komputer. Mesin ini bekerja dengan mengarahkan jet plasma berkecepatan tinggi melalui nozzle untuk memotong material seperti baja, dan logam lainnya. Keunggulan utama teknologi ini adalah kecepatan pemotongan yang tinggi, akurasi, serta kemampuannya dalam menangani berbagai jenis material [8], [9]. *Gambar 2.1 menunjukkan CNC Plasma cutting*



Gambar 2.1 Cnc plasma cutting

2.2.2 Mesin Plasma

Mesin plasma pada CNC plasma cutting digunakan untuk memotong logam konduktif dengan memanfaatkan busur plasma bersuhu tinggi. Plasma dihasilkan dari gas yang terionisasi oleh arus listrik, kemudian diarahkan ke permukaan material sehingga material meleleh dan terpotong. Pergerakan torch dikendalikan secara otomatis oleh sistem CNC, sehingga proses pemotongan dapat dilakukan dengan cepat, presisi, dan menghasilkan tepi potongan yang rapi. Mesin ini umumnya digunakan untuk memotong berbagai jenis logam seperti plat baja, stainless steel, dan aluminium [1], [7] *Gambar 2.2 menunjukkan mesin plasma*



Gambar 2.2 Mesin Plasma redbo

2.2.3 Torch Plasma Plasma Cutter P80

Plasma torch adalah komponen utama untuk pemotongan material logam [11]. Plasma torch yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

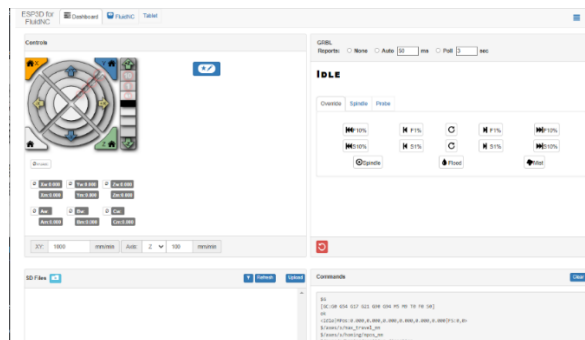
- Daya: 80 Watt
- Tekanan : 65–72,5 PSI.
- Material yang bisa dipotong : Baja karbon, aluminium, dan stainless steel dengan ketebalan 1 mm – 5 mm.
- Metode pemicu : Pilot Arc, yang memungkinkan pemotongan tanpa menyentuh material. *Gambar 2.3 menunjukan gambar torch plasma p80*



Gambar 2.3 Torch Plasma P80

2.2.4 FluidNC

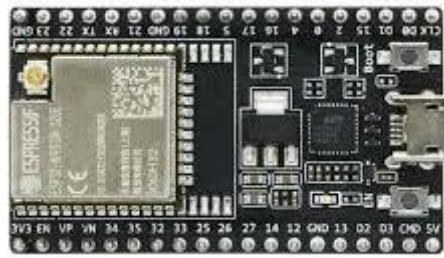
FluidNC Adalah *firmware open-source* yang dirancang untuk mengontrol mesin CNC menggunakan mikrokontroler seperti ESP32 [5]. Teknologi ini memungkinkan pengendalian gerakan yang presisi pada mesin CNC dengan mendukung berbagai jenis motor stepper dan perangkat tambahan seperti laser atau pena. FluidNC menggantikan kebutuhan akan komputer PC dengan perangkat lunak seperti Mach3, sehingga memberikan solusi yang lebih hemat biaya dan fleksibel. Firmware ini juga mendukung konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, memungkinkan konfigurasi dan pengoperasian jarak jauh. *Gambar 2.4 menunjukkan tampilan FluidNC*



Gambar 2.4 Tampilan fluidNC

2.2.5 ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler dengan kemampuan komunikasi Wi-Fi dan Bluetooth yang sering digunakan dalam aplikasi IoT dan sistem tertanam. Pada mesin CNC, ESP32 berperan sebagai unit kendali utama yang menginterpretasikan perintah G-code dari FluidNC dan menerjemahkannya menjadi sinyal untuk menggerakkan motor stepper. Keunggulan ESP32 meliputi konsumsi daya rendah, performa tinggi, serta dukungan untuk berbagai protokol komunikasi [4]. *Gambar 2.5 menunjukkan ESP 32*



Gambar 2.5 ESP 32

2.2.6 Driver Stepper Motor DM556

Driver stepper motor DM556 merupakan driver digital yang digunakan untuk mengendalikan motor stepper bipolar seperti NEMA 23 dengan arus maksimum hingga 5.6 A dan tegangan kerja antara 20–50 V DC. Driver ini mendukung kontrol sinyal step dan direction dari mikrokontroler seperti ESP32 untuk mengatur pergerakan motor secara presisi. Selain itu, driver DM556 juga menyediakan pengaturan microstepping hingga 1/256 sehingga mampu menghasilkan gerakan motor yang lebih halus dan stabil. Pengaturan arus serta resolusi langkah dilakukan melalui DIP switch, sedangkan sistem proteksi seperti over-voltage, over-current, dan overheating disediakan untuk menjaga keamanan serta keandalan sistem. Oleh karena itu, driver ini banyak digunakan pada sistem mesin CNC yang membutuhkan kestabilan gerakan dan tingkat akurasi yang tinggi [9], [12].*Gambar 2.6 menunjukan driver dm 556*



Gambar 2.6 Driver DM556

2.2.7 Motor Stepper NEMA 23

Motor stepper NEMA 23 seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3 digunakan untuk menggerakkan sumbu X dan Y dengan akurasi tinggi [9]. Spesifikasi motor stepper yang digunakan:

- Tegangan operasi: 24V – 48V.
- Torsi: 1.26 Nm hingga 2.5 Nm, memastikan kekuatan cukup untuk menggerakkan sumbu dan torch plasma.
- Langkah per rotasi: 200 langkah (1.8° per langkah)

Gambar 2.7 menunjukan motor nema 23



Gambar 2.7 Motor stepper Nema 23

2.2.8 Timing belt

Mekanisme gerak timing belt pada mesin CNC plasma cutting bekerja dengan menggunakan motor stepper atau servo yang menggerakkan pulley timing belt untuk mentransmisikan gerakan linear pada sumbu X dan Y. Timing belt yang terpasang pada dua pulley utama akan bergerak maju atau mundur sehingga menggerakkan gantry atau kepala pemotong sesuai dengan perintah dari sistem kontrol seperti FluidNC. Linear guide digunakan sebagai jalur pergerakan agar kepala pemotong tetap presisi, sementara tensioner berfungsi menjaga ketegangan belt agar tidak kendur maupun terlalu kencang selama proses operasi. Sistem transmisi ini memiliki keunggulan berupa kecepatan gerak yang tinggi, tingkat presisi yang baik, serta biaya implementasi yang lebih ekonomis dibandingkan

mekanisme lain seperti ball screw atau rack and pinion, sehingga banyak digunakan pada mesin CNC plasma cutting [2], [10]. *Gambar 2.8 menunjukkan timing belt*



Gambar 2.8 Timing belt

2.2.9 Power Supply

Power supply dalam CNC (Computer Numerical Control) adalah komponen yang menyediakan dan mengatur aliran listrik ke driver, motor stepper dan ESP32 pada CNC [12]. Sistem ini membutuhkan dua jenis power supply:

- 24V DC 10A untuk motor stepper dan driver.
- 5V DC untuk ESP32.

Gambar 2.9 menunjukkan power supply



Gambar 2.9 Power supply

2.2.10 Pulley dan Idler Pulley

Pulley 20T merupakan pulley dengan 20 gigi (teeth) yang digunakan pada sistem transmisi timing belt. Komponen ini berfungsi untuk meneruskan putaran motor ke poros atau sumbu mesin secara presisi tanpa terjadinya slip. Pulley 20T

banyak digunakan pada mesin CNC untuk mengatur kecepatan serta torsi pergerakan sumbu, sehingga menghasilkan gerakan yang stabil dan akurat [10].

Sedangkan idler pulley adalah komponen mekanik yang berfungsi sebagai penyangga sekaligus penuntun timing belt agar tetap tegang dan sejajar selama sistem transmisi bekerja. Pada mesin CNC, idler pulley membantu menjaga kestabilan pergerakan sumbu dengan mengurangi getaran, mencegah terjadinya selip pada belt, serta memastikan gaya yang dihasilkan oleh motor stepper dapat tersalurkan secara efisien ke beban mekanik [2]. *Gambar 2.10 menunjukkan pulley tipe 20t dan Idler pulley.*



Gambar 2.10 Pulley dan idler pulley

2.2.11 Gantry

Gantry pada mesin CNC merupakan struktur utama yang berfungsi sebagai penyangga sekaligus penggerak sistem sumbu, khususnya sumbu X dan Z, sehingga memungkinkan torch atau spindle bergerak secara presisi di atas area kerja. Gantry dirancang dengan konstruksi yang kokoh dan kaku agar mampu menahan beban komponen serta gaya dinamis saat proses pemotongan berlangsung, sekaligus meminimalkan getaran yang dapat memengaruhi akurasi pergerakan mesin [16]. Pada mesin CNC plasma cutting, gantry biasanya dibuat dari profil baja atau aluminium dan digerakkan oleh motor stepper melalui mekanisme transmisi seperti timing belt, rack and pinion, atau ball screw. Desain gantry yang baik akan memastikan pergerakan yang stabil, lurus, dan sinkron antara sisi kiri dan kanan, sehingga kualitas hasil potong tetap rapi dan mengikuti jalur yang telah diprogram [10]. *Gambar 2.11 menunjukkan gantry*



Gambar 2.11 Gantry

2.2.12 Kompresor

Kompresor pada mesin CNC plasma cutting berfungsi sebagai sumber udara bertekanan yang digunakan untuk membentuk plasma sekaligus meniup logam cair hasil pemotongan. Udara bertekanan dari kompresor dialirkan ke plasma torch sehingga busur plasma dapat terbentuk secara stabil dan menghasilkan potongan yang rapi. Kompresor yang digunakan umumnya berupa air compressor dengan tekanan kerja sekitar 4–6 bar tergantung pada spesifikasi plasma cutter yang digunakan, karena kualitas dan kestabilan udara sangat mempengaruhi kualitas hasil pemotongan [7]. Kompresor dihubungkan ke mesin plasma melalui selang

udara bertekanan yang dilengkapi dengan regulator dan filter udara untuk mengatur tekanan serta menjaga kestabilan proses pemotongan selama mesin beroperasi [11].

Gambar 2.12 menunjukan kompresor



Gambar 2.12 Kompresor

2.2.13 Relay

Modul relay merupakan perangkat elektromekanik yang berfungsi sebagai sakelar untuk menghubungkan dan memutus aliran listrik dengan memanfaatkan sinyal kendali bertegangan rendah (DC). Pada sistem kelistrikan mesin CNC plasma cutting, relay digunakan untuk mengontrol beban bertegangan tinggi tanpa memerlukan koneksi langsung dengan unit pengendali utama. Dalam penerapannya, modul relay AC memiliki peran penting dalam mengatur proses ON–OFF sumber plasma secara terprogram sesuai instruksi dari sistem kontrol, sehingga proses pemotongan dapat berlangsung secara otomatis dan selaras dengan pergerakan mesin [6], [12]. *Gambar 2.13 menunjukan relay*



Gambar 2.13 Relay

2.2.14 Miniature Circuit Breaker (MCB)

Miniature Circuit Breaker (MCB) merupakan perangkat proteksi listrik yang berfungsi untuk memutus aliran daya secara otomatis ketika terjadi arus lebih (overcurrent) atau hubung singkat (short circuit) pada suatu rangkaian. Pada sistem kelistrikan mesin CNC plasma cutting, MCB berperan sebagai pengaman utama pada jalur suplai listrik, khususnya pada sisi tegangan AC sebelum energi dialirkan ke power supply dan komponen elektrik lainnya. Keberadaan MCB membantu melindungi sistem dari potensi kerusakan akibat gangguan listrik yang dapat membahayakan peralatan maupun operator [6].

Pada mesin CNC plasma cutting ini digunakan MCB satu fasa dengan arus nominal 16 A yang dipasang pada jalur sumber listrik utama. MCB tersebut berfungsi sebagai pengaman untuk melindungi sistem dari kondisi arus lebih maupun hubung singkat sehingga dapat mencegah kerusakan pada komponen seperti power supply, driver motor, dan sistem kendali. Pemilihan MCB 16 A didasarkan pada kebutuhan daya sistem dan dinilai mampu memberikan tingkat keamanan yang memadai selama proses pengoperasian maupun perawatan mesin [12]. *Gambar 2.14 menunjukan mcb*



Gambar 2.14 MCB

BAB III

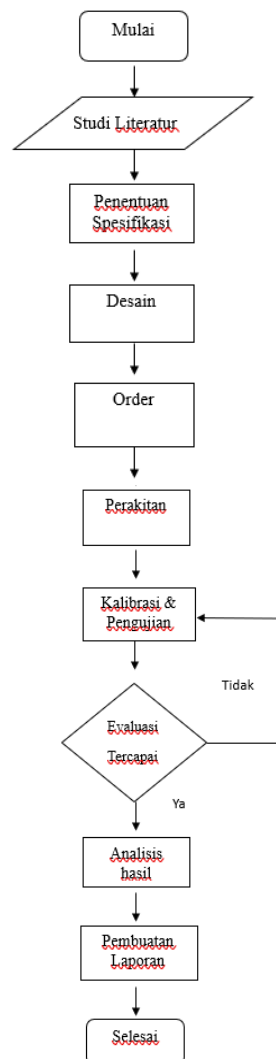
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret sampai dengan Januari tahun 2026 di workshop mekatronika. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada ketersediaan alat dan bahan yang mendukung perancangan serta pengujian mesin CNC Plasma *Cutting* berbasis FluidNC dan ESP32.

3.2 Flowchart Perancangan Mekanik

Flowchart perancangan mekanik adalah diagram alir yang digunakan untuk menggambarkan urutan tahapan kerja dalam proses merancang suatu sistem atau komponen mekanik secara sistematis, mulai dari tahap sampai pada tahap akhir, sehingga alur perancangan menjadi jelas, terstruktur, dan mudah dipahami sebagai pedoman dalam pelaksanaan penelitian atau pembuatan alat. Flowchart mekanik selengkapnya bisa dilihat pada Gambar 3.1. menunjukkan flowchart perancangan mekanik.



Gambar 3.1 Flowchart mekanik

Proses penyelesaian tugas akhir ini melalui beberapa tahap, yaitu:

1. Mulai

Proses perancangan dimulai dengan menentukan tujuan dan ruang lingkup proyek.

2. Studi Literatur

Melakukan riset terhadap referensi yang berkaitan dengan perancangan sistem, baik dari segi mekanik maupun elektrik. Sumber informasi bisa berasal dari jurnal, buku, atau studi kasus proyek serupa.

3. Penentuan spesifikasi

Menentukan spesifikasi teknis dari mesin, seperti dimensi, kapasitas beban, dan tingkat akurasi yang dibutuhkan. Spesifikasi ini digunakan sebagai dasar dalam desain dan pemilihan komponen.

4. Desain

Membuat model desain menggunakan software CAD atau perangkat lunak lainnya. Desain ini mencakup rangka, sistem pergerakan, dan tata letak komponen.

5. Order (Pengadaan Komponen Mekanik)

Setelah desain selesai, dilakukan pemesanan komponen mekanik sesuai spesifikasi.

6. Perakitan

Tahap awal dalam Pemotongan, pengelasan, perakitan rangka utama dan Pemasangan atau Instalasi komponen penggerak seperti motor stepper, pulley/belt pada rangka masing masing sumbu.

7. Kalibrasi dan pengujian

Memastikan gerakan sumbu X, dan Y sesuai dengan jarak yang diperintahkan oleh sistem kontrol. Proses ini meliputi pengaturan nilai *step per mm*, pengecekan kesikuan dan kesejajaran sumbu, serta pengujian gerak dengan jarak tertentu.

Pengujian untuk memastikan gerakan sumbu akurat Jika masih ada penyimpangan, dilakukan penyetelan ulang.

8. Evaluasi Hasil

Setelah melewati proses hingga ke pengujian maka akan didapatkan hasil sebagai berikut:

- Jika Tidak Tercapai: Sistem diuji ulang atau diperbaiki.
- Jika Tercapai: Lanjut ke tahap analisis.

9. Analisis hasil

Menganalisis hasil pengujian pemotongan benda kerja.

10. Pembuatan Laporan

Mendokumentasikan seluruh proses, hasil, analisis, dan kesimpulan proyek.

11. Selesai

Proyek dianggap selesai.

3.3 Deskripsi Alat

Mesin CNC Plasma Cutting yang dirancang merupakan mesin pemotong plat logam berbasis kontrol numerik dengan sumbu X, Y dan Z). Mesin ini dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 yang menjalankan firmware FluidNC, memungkinkan pengoperasian secara nirkabel melalui koneksi Wi-Fi dan web antarmuka.

Alat ini terdiri dari 2 sistem utama, yaitu:

1. Sistem Mekanik

Sistem mekanik terdiri dari:

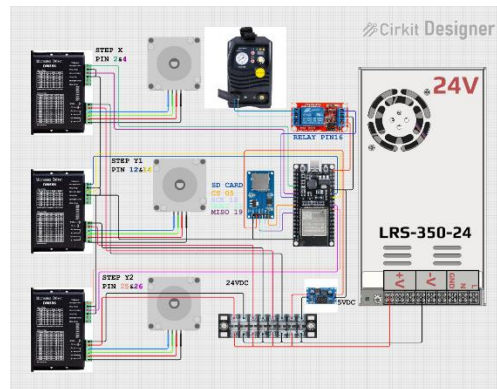
- Rangka utama yang terbuat dari hollow baja untuk menopang seluruh struktur mesin.
- Timing belt dan pulley digunakan sebagai mekanisme transmisi gerak karena biayanya yang ekonomis dan presisi untuk sumbu X dan Y.
- Motor stepper NEMA 23 untuk menggerakkan tiap sumbu, dipilih karena akurasi langkah dan torsi yang memadai.

2. Sistem Elektrik dan Kontrol

Sistem ini meliputi:

- ESP32, mikrokontroler utama yang menerima perintah G-code dan mengontrol gerakan mesin melalui firmware FluidNC.
- Driver motor DM556, digunakan untuk mengatur arus dan arah motor stepper.
- Power supply DC 24V untuk motor dan driver, serta 5V untuk ESP32.

- Kabel penghubung dan konektor yang dirancang dengan rapi untuk memudahkan perawatan dan troubleshooting

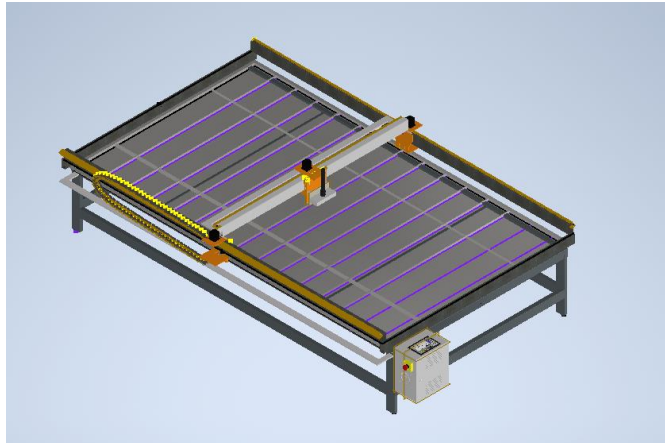


Gambar 3.2 Wiring sistem elektrik

3.4 Perancangan Mekanik

Perancangan dan pembuatan mesin CNC Plasma Cutting dimulai dengan penentuan spesifikasi komponen lalu dilanjutkan pada tahap desain mekanik menggunakan software Autodesk Inventor untuk membuat model rangka, sistem gerak, dan kedudukan torch plasma.

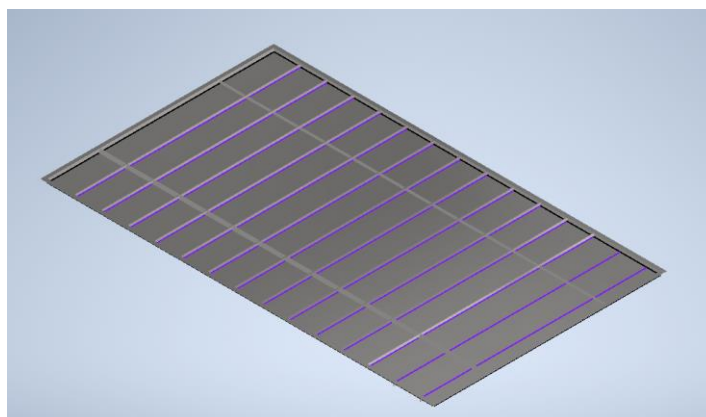
Struktur rangka dibuat dari hollow baja berukuran 4x8 dengan tebal 1,2 mm sementara mekanisme gerak menggunakan motor stepper NEMA 23, timing belt, dan pulley untuk mendukung pergerakan sumbu X dan Y secara presisi. Setelah desain selesai, dilakukan pemotongan material, pengelasan rangka, dan perakitan komponen mekanik sesuai desain.



Gambar 3.3 Rangka mesin cnc

Bak CNC plasma dirancang dan dibuat dari plat baja yang dibentuk dan dilas sesuai ukuran meja mesin, kemudian dilengkapi dengan rangka penyangga agar mampu menahan beban material serta percikan hasil pemotongan. Setelah seluruh desain selesai, dilakukan proses pemotongan material, pembuatan dan pengelasan rangka serta bak, lalu perakitan seluruh komponen mekanik sesuai dengan gambar desain.

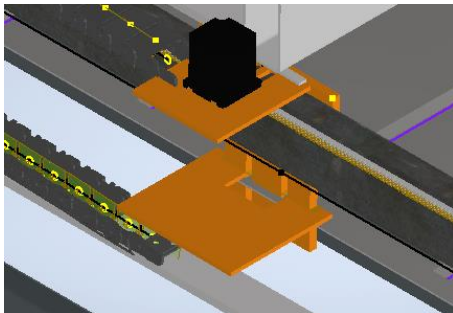
Bak ini selanjutnya diisi air yang berfungsi sebagai media pendingin dan peredam percikan selama proses pemotongan berlangsung. Keberadaan air membantu menyerap panas dari logam cair, mengurangi deformasi pada plat, serta menekan jumlah asap dan partikel hasil pembakaran, sehingga kualitas potongan lebih baik dan lingkungan kerja menjadi lebih aman dan bersih.



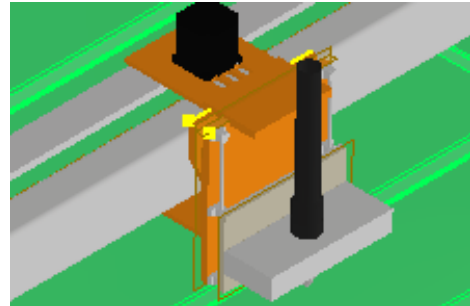
Gambar 3.4 Bak air

Tabel 3.1 Tahap perancangan mekanik

Tahap Perancangan	Pengerjaan Perancangan
Pemodelan	Tahapan Permodelan yaitu tahap mendesain menggunakan Software Autodesk Inventor
Perakitan	Tahap perakitan yaitu tahap yang melibatkan identifikasi semua komponen utama yang di perlukan untuk merakit Mesin CNC. Ini termasuk motor, rangka, dan bagian bagian lain yang mungkin di perlukan sesuai dengan desain yang telah direncanakan.
Pengujian	Tahap pengujian ini adalah tahap pengujian Mesin CNC kemudian diuji dalam kondisi operasional untuk mengevaluasi kinerjanya. Ujicoba ini dapat mencakup pengujian berbagai fungsi, respons terhadap input eksternal, dan penilaian terhadap kinerja keseluruhan



Gambar 3.5 Penempatan aktuator Y



Gambar 3.6 Penempatan aktuator X

Tabel 3.2 Posisi aktuator

Jenis Aktuator	Posisi
Motor Stepper Nema 23	Sumbu Y
Motor Stepper Nema 23	Sumbu Y
Motor Stepper Nema 23	Sumbu X

3.5 Perhitungan Sistem Penggerak (Motor & Timing Belt)

Tabel 3.3 Parameter perhitungan

Parameter	Simbol	Nilai
Massa total sistem (gantry + torch + carriage)	m	21,5 kg
Torsi motor stepper NEMA 23	T_{motor}	2,50 Nm
Diameter pulley	d	38,02 mm
Jari-jari pulley	r	0,01901 m
Massa uji tarikan gantry (timbangan)	m_f	2,365 kg
Percepatan gravitasi	g	9,81 m/s ²
Jenis belt	—	Timing belt pitch 5 mm (HTD/GT 5M)

3.5.1 Hubungan Torsi Motor dan Gaya Linier pada Timing Belt

Hubungan antara torsi motor dan gaya linier digunakan untuk mengetahui besar gaya yang dihasilkan motor stepper melalui system pulley dan timing belt. Hubungan antara torsi motor dan gaya linier pada pulley dinyatakan dengan:

$$T = F \cdot r \Rightarrow F = \frac{T}{r}$$

Dengan:

- $T = 2,50$ Nm (torsi maksimum motor)
- $r = 0,01901$ m (jari-jari pulley)

Maka gaya linier maksimum motor:

$$F_{motor} = \frac{2,50}{0,01901}$$

$$F_{motor} = 131,5 \text{ N}$$

Artinya motor mampu memberikan gaya tarik maksimum sebesar **131,5 N** pada timing belt.

3.5.2 Penentuan Gaya Gesek

Penentuan gaya gesek dilakukan melalui pengujian menggunakan timbangan gantung. Pengujian dilakukan dengan menarik gantry secara perlahan hingga system mulai bergerak pada saat system mulai bergerak menunjukkan pembacaan sebesar:

$$m = 2,365 \text{ kg}$$

Sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut:

$$F = m \cdot g$$

$$F_{gesek} = 2,365 \times 9,81$$

$$F_{gesek} = 23,2 \text{ N}$$

3.5.3 Perhitungan Percepatan

Gaya inersia maksimum:

$$F_i = F_{motor} - F_{gesek}$$

$$F_i = 131,5 - 23,2$$

$$F_i = 108,3 \text{ N}$$

Menurut Hukum II Newton:

$$F_i = m \cdot a$$

$$a = \frac{F_i}{m}$$

Dengan massa total sistem:

$$m = 21,5 \text{ kg}$$

$$a = \frac{108,3}{21,5}$$

$$a = 5,04 \text{ m/s}^2$$

Nilai ini merupakan percepatan maksimum teoritis sistem.

3.5.4 Percepatan Masing-Masing Sumbu

a. Sumbu X (1 Motor)

$$m_X = 11,124 \text{ kg}$$

$$a_X = \frac{108,3}{11,124}$$

$$a_X = 9,73 \text{ m/s}^2$$

b. Sumbu Y (Dual Motor)

$$m_Y = 6 \text{ kg}$$

Gaya total dua motor:

$$F_{totalY} = 2 \times 131,5 = 263 \text{ N}$$

$$F_{iY} = 263 - 23,2$$

$$F_{iY} = 239,8 \text{ N}$$

$$a_Y = \frac{239,8}{6}$$

$$a_Y = 39,97 \text{ m/s}^2$$

3.5.5 Pemeriksaan Beban Keseluruhan

Pemeriksaan beban keseluruhan dilakukan untuk menentukan gaya total yang harus dihasilkan motor stepper agar mampu menggerakkan system gantry. Berdasarkan hukum II Newton, gaya total yang bekerja pada system merupakan penjumlahan antara gaya Tarik hasil pengujian dan gaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan percepatan pada massa sistem

Gaya total sistem:

$$F_{total} = F_{gesek} + (m \cdot a)$$

$$F_{total} = 23,2 + (21,5 \times 5,04)$$

$$F_{total} = 23,2 + 108,36$$

$$F_{total} = 131,56 \text{ N}$$

Nilai ini $\approx 131,5 \text{ N}$, sesuai dengan gaya maksimum motor.

3.5.6 Pemeriksaan Kebutuhan Torsi

Pemeriksaan kebutuhan torsi dilakukan untuk mengetahui besarnya torsi yang diperlukan motor stepper dalam menggerakkan system melalui pulley dan timing belt. Perhitungan dilakukan berdasarkan gaya total yang bekerja pada system serta jari-jari pulley yang digunakan. Besarnya kebutuhan torsi dihitung menggunakan rumus

$$T_{beban} = F_{total} \cdot r$$

$$T_{beban} = 131,56 \times 0,01901$$

$$T_{beban} = 2,50 \text{ Nm}$$

3.5.7 Faktor Keamanan Motor

Safety factor (faktor keamanan/keselamatan) adalah rasio atau margin kekuatan tambahan yang dirancang ke dalam suatu sistem, struktur, atau komponen, melebihi beban maksimum yang diperkirakan. Tujuannya untuk menjamin

keamanan dari risiko kegagalan, kelebihan beban, ketidakpastian material, atau kondisi darurat.

$$SF_{motor} = \frac{T_{max}}{T_{beban}}$$

$$SF_{motor} = \frac{5,00}{2,50}$$

$$SF_{motor} = 2$$

Nilai safety factor sebesar 2 menunjukkan motor kuat untuk menangani beban

3.5.8 Pemilihan Motor Stepper NEMA 23

Pemilihan motor stepper pada mesin CNC plasma cutting ini didasarkan pada kebutuhan torsi untuk menggerakkan gantry melalui sistem transmisi timing belt. Motor yang digunakan adalah motor stepper tipe NEMA 23 dengan spesifikasi *holding torque* sebesar 2,50 Nm

Motor stepper NEMA 23 dinyatakan sesuai untuk sumbu X dan Y karena:

1. Torsi kerjanya mampu menghasilkan gaya linier yang cukup untuk menggerakkan gantry.
2. Pada sumbu X, satu motor masih mampu memberikan percepatan yang memadai.
3. Pada sumbu Y, penggunaan dua motor membuat sistem lebih stabil dan aman.
4. Pemilihan ini mengacu kepada torsi yang sudah dihitung pada bagian perhitungan torsi motor yaitu sebesar 2,50 NM untuk 1 motor untuk 2 motor torsi yang dihasilkan yaitu 5 NM

3.5.9 Pemeriksaan Kekuatan Timing Belt

Syarat kekuatan belt:

$$F_{belt} \leq \frac{F_{izin}}{SF}$$

Dengan:

- $F_{izin} = 450 \text{ N}$
- $SF = 5$

$$F_{max,izin} = \frac{450}{5}$$

$$F_{max,izin} = 90 \text{ N}$$

Gaya kerja belt:

$$F_{belt,kerja} = 66,3 \text{ N}$$

Karena:

$$66,3 < 90$$

Maka timing belt dinyatakan **aman**.

3.5.10 Penggunaan Timing belt Sebagai Rel pergerakan

$$X_{step} = \frac{\text{Motor Stepper} \times \text{Microsteps}}{\text{Timing belt Pitch} \times \text{Number Of Teeth}}$$

Diketahui:

- $X_{step} = \text{Steps per pulsa}$
- $\text{Motor Steps} = \text{Langkah dasar motor}$
- $\text{Microsteps} = \text{Resolusi driver}$
- $\text{Timing belt Pitch} = \text{Jarak pergerakan per putaran Timing belt}$
- $\text{Number Of Teeth} = \text{Jumlah gigi pada pulley}$

Diketahui Timing Belt yang digunakan yaitu memiliki jarak gigi yaitu 5 mm per gigi, dan motor yang di gunakan yaitu NEMA 23 memiliki step yaitu 200 langkah atau 1.8°, dan pulse step yang di keluarkan oleh Driver DM556 yaitu 8 microstepping.

1) Sumbu X

Pada system mekanik Sumbu X ini menggunakan Pulley T20 Timing Belt GT5 untuk menghitung step pulse per millimeter pada sumbu X setiap putaran penuh pulley akan menghasilkan 5 mm dapat menghitung jumlah pulse per menit dengan rumus.

$$X = \frac{200 \times 16}{5 \times 20} = 32 \text{ pulse/min}$$

Dengan menggabungkan semua faktor ini kita mendapatkan hasil perhitungan bahwa dibutuhkan 32 pulse per menit untuk Sumbu X dengan konfigurasi 16 microstepping dan 20 jumlah gigi pulley. Perhitungan ini diinputkan pada parameter Fluidnc.

2) Sumbu Y

Pada system mekanik Sumbu Y ini menggunakan Pulley T20 dan Timing Belt GT5, untuk menghitung step pulse per millimeter pada sumbu Y setiap putaran penuh pulley akan menghasilkan 5 mm dapat menghitung jumlah pulse per menit dengan rumus yang sama pada sumbu X

Dengan menggabungkan semua faktor ini kita mendapatkan hasil perhitungan bahwa dibutuhkan 32 pulse per menit untuk Sumbu Y dengan konfigurasi 16 microstepping dan 20 jumlah gigi pulley.

3.6 Prosedur Pengambilan atau Pengumpulan Data

Flowchart pengambilan dan pengumpulan data adalah gambar alur langkah-langkah untuk mengumpulkan data secara teratur dan mudah dipahami. Selengkapnya bisa dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Prosedur pengambilan data

Pengumpulan data dilakukan dengan beberapa metode untuk memastikan keakuratan hasil penelitian:

- Eksperimen Langsung : Menguji sistem CNC Plasma *Cutting* melalui proses pemotongan
- Observasi : Memonitor kinerja mesin saat dijalankan. Mencakup adanya error atau tidak Ketika dijalankan
- Dokumentasi : Mendokumentasikan hasil pemotongan dan mencatat parameter yang digunakan.
- Analisis Perbandingan : Membandingkan hasil pemotongan dengan program yang digunakan dan parameter yang digunakan.

3.7 Daftar Alat dan software

Untuk merealisasi Peralatan ini maka digunakan berbagai software dan komponen berikut :

Perangkat lunak yang digunakan Adalah :

Perangkat Lunak	Fungsi
Autodesk Inventor	Perancangan desain mekanik
SheetCam	Mengkonversi file desain ke gcode
CorelDraw	Membuat desain benda kerja
FluidNC	Simulasi perintah Gcode
Circuit designer	Perancangan desain elektrik

Tabel 3.4 Tabel Daftar software

Perangkat keras yang digunakan Adalah :

Perangkat Keras	Fungsi
Bor	Melubangi panel dan prototype sistem
Gerinda`	Memotong dan menghaluskan besi
Las listrik	Menyambungkan besi hollow
Besi hollow	Membuat rangka
Tang dan obeng set	Membuka dan mengunci baut
Solder, tinol, isolasi listrik	Menghubungkan wiring antar komponen
Kabel jumper, kabel tunggal	Wiring antar komponen
USB	Komunikasi serial Laptop dengan kontroler ESP 32

Tabel 3.5 Tabel daftar perangkat keras

Komponen yang digunakan Adalah :

Komponen	Volume
ESP 32	1 Unit
Motor Stepper NEMA 23	3 Unit
Driver DM556	3 Unit
Modul SD CARD	1 Unit

Power Supply 24V 80A	1 Unit
Gantry	3 Unit
MCB 1 Phase	1 Unit
Plasma REDBO Expert CUT-40	1 Unit
Torch plasma P80	1 Unit
Besi Holow 4x6	9 Unit
Plat galvanis	2 Unit
Besi siku	4 Unit
Besi plat	7 Unit
Bearing	18 Unit
Idller Pulley T20	6 Unit
Pulley T20	3 Unit
Timing belt	1 Unit
Relay	1 Unit
Stepdown	1 Unit

Tabel 3.6 Tabel daftar komponen

3.8 Simulasi, Analisis dan Evaluasi

Analisis kinerja mesin dan akurasi hasil potong sangat penting untuk menilai performa keseluruhan mesin CNC Plasma Cutting. Analisis kinerja mesin dilakukan dengan menguji kecepatan pergerakan sumbu X dan Y pada berbagai variasi kecepatan dan mengukur waktu proses pemotongan dari awal hingga selesai, Pengujian ini bertujuan untuk memastikan sistem mekanik, motor penggerak, dan kontrol bekerja secara optimal selama proses pemotongan.

Sementara itu, analisis akurasi hasil potong dilakukan dengan membandingkan dimensi hasil potongan dengan desain CAD. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui deviasi atau toleransi hasil potong, untuk menilai konsistensi hasil pemotongan. Selain itu, kualitas tepi potongan juga dievaluasi secara visual untuk mengamati adanya slag berlebih, permukaan kasar, atau ketidakrataan akibat pengaturan arus, kecepatan potong, dan jarak torch yang tidak sesuai. Kedua analisis ini bertujuan untuk memastikan mesin CNC plasma cutting

mampu beroperasi secara optimal dan menghasilkan potongan yang presisi sesuai kebutuhan.

Pengujian pada mesin CNC Plasma Cutting difokuskan pada evaluasi kinerja mesin dan akurasi hasil potong. Analisis kinerja mencakup pengujian kecepatan pergerakan sumbu dengan mengukur waktu tempuh pada jarak tertentu, penghitungan waktu proses pemotongan menggunakan stopwatch. Analisis akurasi hasil potong dilakukan dengan memotong material logam sesuai dimensi yang telah dirancang, kemudian mengukur hasil potongan menggunakan vernier caliper untuk mengetahui selisih antara dimensi desain dan hasil potong. Serta dilakukan pengamatan visual pada tepi potongan untuk mendeteksi slag berlebih atau permukaan potong yang kasar. Seluruh pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa mesin secara menyeluruh dan memastikan kerapihan pemotongan yang dihasilkan.



Gambar 3.8 Simulasi proses pemotongan

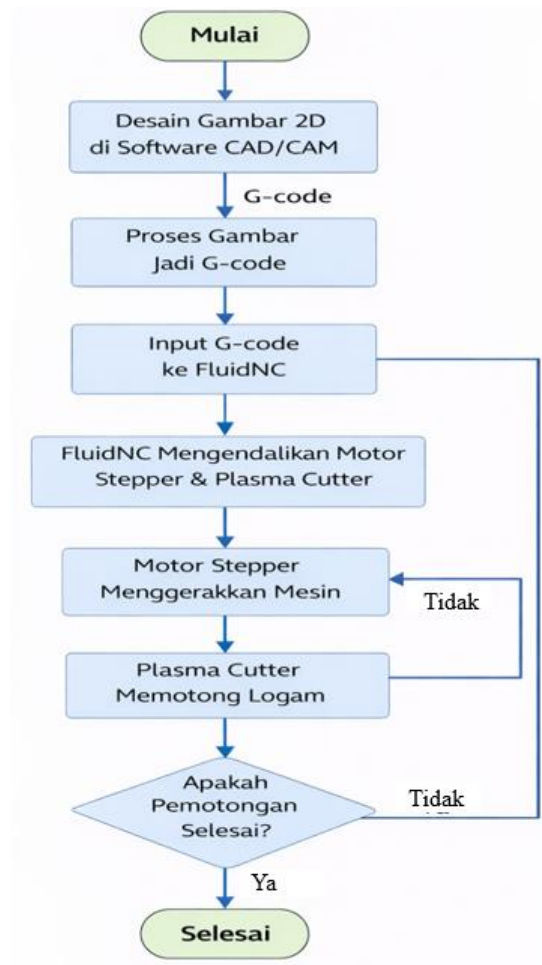
3.10 Cara kerja Mesin Plasma cutting

Proses kerja mesin CNC plasma cutting dimulai dari pembuatan pola pemotongan dalam bentuk gambar dua dimensi (2D) menggunakan perangkat lunak CAD/CAM. Desain tersebut kemudian diproses oleh perangkat lunak CAM dan diekspor ke dalam format G-code yang berisi perintah lintasan gerak, arah pemotongan, serta parameter kecepatan. File G-code ini selanjutnya dikirim ke sistem kendali yang menggunakan FluidNC sebagai pengontrol utama. Sebelum

proses pemotongan dimulai, dilakukan *homing cycle* untuk menentukan titik referensi nol (0,0) sebagai acuan koordinat mesin.

Setelah itu, mengatur parameter pemotongan seperti arus plasma, kecepatan potong, tekanan udara dari kompresor, serta jarak torch terhadap permukaan material agar proses berjalan optimal. FluidNC kemudian membaca G-code dan menerjemahkannya menjadi sinyal pulsa untuk menggerakkan motor stepper.

Sinyal ini diteruskan ke driver motor yang mengendalikan pergerakan motor stepper melalui mekanisme belt-pulley sehingga mesin dapat bergerak presisi di bidang kerja. Secara bersamaan, FluidNC juga mengatur sistem penyalaan plasma cutter. Plasma cutter menghasilkan semburan plasma yang digunakan untuk memotong material logam mengikuti lintasan yang telah diprogram. Sebelum pemotongan utama, biasanya dilakukan pemotongan uji coba untuk memastikan kualitas dan akurasi hasil potong. Setelah seluruh perintah dalam G-code selesai dijalankan, mesin akan berhenti secara otomatis dan proses pemotongan dinyatakan selesai.



Gambar 3.9 Diagram blok sistem kerja

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suparno, Suwanto, Z. Arifin, and Susanna, “Rancang bangun mesin CNC plasma cutting 3 axis,” *Jurnal Sains Terapan Teknologi Informasi*, vol. 14, no. 2, pp. 36–41, 2022.
- [2] M. R. Anggara *et al.*, “Perancangan dan analisis struktur statis pada meja CNC plasma cutting menggunakan SolidWorks,” *Machinery: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 4, no. 1, pp. 28–35, 2023.
- [3] B. W. Prabowo, “CNC plasma cutting dengan kontrol Arduino Uno dan komunikasi HC-05 di Politeknik Negeri Cilacap,” Politeknik Negeri Cilacap, pp. 1–10.
- [4] B. Millier, “Controlling a CNC machine using an ESP32 and FluidNC,” *Circuit Cellar*, 2021. [Online]. Available: <https://circuitcellar.com/research-design-hub/projects/controlling-a-cnc-machine-using-an-esp32-and-fluidnc/>
- [5] Luger, “FluidNC Documentation,” 2023. [Online]. Available: <http://wiki.fluidnc.com/en/home>
- [6] A. Wanggara, P. G. Simatupang, and F. Azmi, “Perancangan sistem kendali berbasis PLC pada sistem otomasi industri,” *Journal of Electrical and System Control Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 11–17, 2020.
- [7] F. B. Susetyo, Ilhamullah, C. A. M. Frima, A. Kusuma, and A. Lubi, “Rancang bangun perangkat pendukung untuk proses pemotongan dengan plasma cutting,” *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 7, no. 2, pp. 105–115, 2022, doi: 10.21009/jkem.7.2.5.
- [8] M. N. Falah, Budianto, and Mukhlis, “Rancang bangun alat bantu potong plat bentuk lingkaran menggunakan plasma cutting,” *Conference on Design Manufacture and Its Applications*, vol. 1, pp. 245–251, 2017.
- [9] M. Khairudin, R. Asnawi, and A. Shah, “The characteristics of TB6600 motor driver in producing optimal movement for the NEMA23 stepper motor on CNC

machine,” *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, vol. 18, no. 1, pp. 343–350, 2020, doi: 10.12928/telkomnika.v18i1.12781.

[10] S. Irfan and R. Rusiyanto, “Perancangan CNC plasma cutting menggunakan software Autodesk Inventor 2015,” *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 12, no. 1, pp. 1–8, 2021, doi: 10.21776/ub.jrm.2021.012.01.1.

[11] S. Wanandi, M. K. Usman, F. Fatkurrozak, and P. Harapan, “Analisis pemotongan baja SS400 dengan ketebalan 20 mm menggunakan plasma cutting,” pp. 34–38.

[12] M. D. Julian, G. E. Pranomo, and D. Yuliaji, “Retrofit kontrol penggerak sumbu X, Y, dan Z pada mesin CNC milling DMTG XT-40A,” *Jurnal Almikanika*, vol. 5, no. 3, pp. 114–124, 2023.

[13] “Limit switch pada sistem proteksi mesin,” vol. 14, no. 3, pp. 66–69, 2010.

[14] T. P. Mulyah, D. Aminatun, S. S. Nasution, T. Hastomo, and S. S. W. Sitepu, “Analisis sistem otomasi industri berbasis sensor,” vol. 7, no. 2, 2020.

[15] A. Salam, B. Nasrullah, K. Elizhabet, A. Hakim, and M. Multazam, “Pengembangan mesin CNC plasma cutting sebagai media pembelajaran,” *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, vol. 22, no. 1, pp. 1–8, 2024.

[16] A. Irawan, I. Malik, and Mardiana, “Analisis vibrasi frame mesin CNC plasma cutting secara eksperimen,” *Machinery: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 3, no. 2, pp. 85–92, 2021.

[17] R. S. Agnitas and Rusiyanto, “Pengaruh variasi kuat arus terhadap lebar pemotongan dan kekerasan pada baja karbon sedang dengan CNC plasma arc cutting,” *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 124–131, 2019.

[18] A. R. Rahmawati, S. Anis, and Rusiyanto, “Pengaruh kecepatan pemotongan dan ketebalan bahan terhadap kekerasan dan kekasaran permukaan baja AISI 1045

menggunakan CNC plasma arc cutting,” *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 132–138, 2019.

[19] A. Yanto, A. Pratama, A. Anrinal, and P. Pratiwi, “Design and structural performance evaluation of a CNC plasma cutting machine frame,” *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 15, no. 1, pp. 8–14, 2025.

Lampiran 1

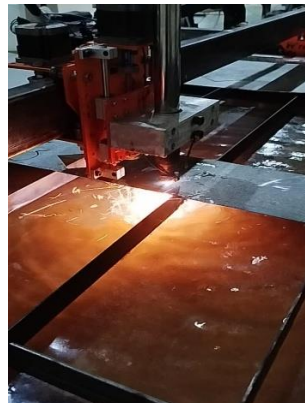
DOKUMENTASI KEGIATAN

No	Kegiatan	Dokumentasi
1.	Perakitan rangka	
2.	Pengelasan rangka	
3.	Pembuatan bak	

4. Pemasangan konstruksi sumbu x dan sumbu y



5. Pengujian proses pemotongan



LAMPIRAN 2

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Bangkit Laprima Sutanto dilahirkan di Subang pada tanggal 28 Mei 2003. Anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Agus Sutanto dan Nia Kurniasih . Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 1 Campakasari lalu melanjutkan Pendidikan sekolah menengah pertama di SMPN

1 Campaka kemudian penulis melanjutkan Pendidikan di SMKN 1 Purwakarta mengambil jurusan Teknik Otomasi Industri dan lulus pada tahun 2022. Setelah selesai menempuh Pendidikan SMK pada tahun 2022, penulis melanjutkan ke jenjang Pendidikan sarjana terapan D-4 di Politeknik Enjinering Indorama program studi Teknologi Rekayasa Mekatronika. Kemudian penulis telah menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “ *PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM MEKANIK MESIN CNC PLASMA CUTTING BERBASIS FLUIDNC* “

LAMPIRAN 3

FORMULIR BIMBINGAN TUGAS AKHIR



POLITEKNIK ENJINERING INDORAMA F6

SK.Mendikbud RI nomor.273/E/0/2013
Kembangkunging, Jatiluhur
Purwakarta 41152 - Jawa Barat
telp: +62 264 8101001-03 faks: +62 264 202318
Website: www.pei.ac.id e-mail: info@pei.ac.id

LEMBAR KONTROL AKTIVITAS DAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Pragita Lapriana Setiawan
NIM : 2017060191
Program Studi : Teknologi Pendidikan Elektronika
Judul Tugas Akhir : Perancangan dan pembuatan sistem mekanik mesin CNC plasma cutting berbasis fluida
Dosen pembimbing 1 :
Dosen Pembimbing 2 :

NO	Hari / tanggal	Materi Konsultasi	Paraf Pembimbing
	18-03-2025 28-03-2025 25-04-2025	Penyusunan Simpro + PPT + Penentuan Judul	<i>[Signature]</i>
	25-04-2025	Revisi hasil simpro	<i>[Signature]</i>
	27-04-2025	Perancangan desain awal + penentuan alat bahan	<i>[Signature]</i>
	14-05-2025	Pembuatan rangka + busur koordinat sistem risan rangka	<i>[Signature]</i>
		Pembuatan sumbu x dan y	<i>[Signature]</i>
	15-06-2025	Pembuatan bak air	<i>[Signature]</i>
		Pemasangan + Pengaturan Gantry, Pulley, timing belt	<i>[Signature]</i>
		Konfigurasi fluida input nilai ship parameter	<i>[Signature]</i>
		Pengukuran pergerakan sistem	<i>[Signature]</i>
		Penggunaan PPT sembar	<i>[Signature]</i>

**POLITEKNIK ENJINERING INDORAMA F6**

SK. Mendikbud RI nomor. 273/E/O/2013

Kembangking, Jatiluhur

Purwakarta 41152 - Jawa Barat

• Tel: +62-264-8301041-43

• Fax: +62-264-202318

Website: www.pei.ac.id

e-mail: info@pei.ac.id

LEMBAR KONTROL AKTIVITAS DAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

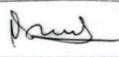
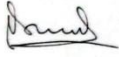
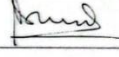
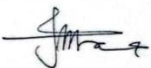
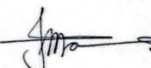
Nama Mahasiswa : Bunglat Latriana Sutanto
NIM : 202206019
Program Studi : Teknologi rekayasa mekatronika
Judul Tugas Akhir : Perancangan dan pembuatan sistem mekanik mesin CNC plasma cutting berbasis PLC dan
Dosen pembimbing 1 : Dr. Ir. Azhari M. Eng.
Dosen Pembimbing 2 : Nanang Beni Wibowo ST, MT

NO	Hari / tanggal	Materi Konsultasi	Paraf Pembimbing
		Revisi: PPT Simulas	/
		Pemasangan torch Plasma, mesin, kompresor	/
		Penentuan parameter pemotongan	/
		Pengujian pemotongan plat	/
		Pengusunan & pembuatan laporan bab 1, 2, 3	/
		Revisi laporan, judul, abstrak, Daftar Ristek, metodologi	/
		Pengusunan & pembuatan laporan bab 4, 5	/
		Revisi laporan Bab 4, 5, Rumus yg digunakan, kesimpulan	/

LAMPIRAN 4

LEMBAR TANGGAPAN REVISI

LEMBAR TANGGAPAN
REVISI NASKAH LAPORAN TUGAS AKHIR
JUDUL: PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM MEKANIK MESIN CNC PLASMA CUTTING BERBASIS FLUIDNC

BAGIAN	KOMENTAR PENGUJI	TANGGAPAN / REVISI	PENGUJI	TANGGAPAN PENGUJI
Bagian awal	Perbaikan font tidak sesuai	Telah dilakukan perbaikan font pada bagian daftar isi, daftar gambar, dan daftar tabel	Deni Kurnia, MT	
Pendahuluan	Perbaikan font, jarak paragraf, dan poin penomoran tidak sesuai	Telah dilakukan perbaikan font, jarak paragraf, dan poin penomoran pada bagian rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan batasan masalah	Deni Kurnia, MT	
Tinjauan Pustaka	Perbaikan kata typo (salah ketik)	Telah diperbaiki pada kalimat yang salah ketik pada bagian penjelasan torch plasma, kompresor, dan timing belt	Deni Kurnia, MT	
Metodologi Penelitian	Penambahan penjelasan pada bagian rumus	Telah ditambahkan penjelasan pada bagian rumus 3.5.1 Hubungan Torsi Motor dan Gaya Linier pada Timing Belt, 3.5.2 Penentuan gaya gesek	Dr. Emanuel Agung Nugroho S.T, M.T	
	Penambahan penjelasan pada bagian rumus	Telah ditambahkan penjelasan pada bagian rumus 3.5.3 Hubungan Torsi Motor dan Gaya Linier pada Timing Belt, 3.5.4 Percepatan Masing-Masing Sumbu	Dr. Emanuel Agung Nugroho S.T, M.T	

	Penambahan penjelasan pada bagian rumus	Telah ditambahkan penjelasan pada bagian rumus 3.5.5 Pemeriksaan beban keseluruhan, 3.5.6 Pemeriksaan kebutuhan torsi	Dr. Emanuel Agung Nugroho S.T, M.T	
Hasil dan Pembahasan	Penambahan keterangan satuan pengukuran	Telah ditambahkan keterangan satuan pengukuran pada tabel 4.4 Pengujian pemotongan huruf A dan 4.5 Pengujian pemotongan huruf B lalu 4.7 Pengujian pemotongan lanjutan	Dr. Emanuel Agung Nugroho S.T, M.T	
	Perbaikan jarak space antara table dan kalimat	Telah dilakukan penyesuaian jarak space	Deni Kurnia, MT	
Kesimpulan	Kesimpulan menjadi jawaban tujuan	Telah diperbaiki untuk menjawab menyesuaikan tujuan	Deni Kurnia, MT	
Lampiran	Penjelasan lampiran	Telah menambahkan penjelasan pada lampiran-lampiran	Deni Kurnia, MT	