

PENGEMBANGAN DESAIN KONSTRUKSI  
MESIN CNC *HOT WIRE* UNTUK *FOAM*



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Pendidikan diploma 4 (D-4) Program Studi Teknik Manufaktur  
Jurusan Teknik Mesin  
Politeknik Negeri Ujung Pandang

MUHAMMAD MIFTAHUL HAQ	443 19 032
NURFADILAH	443 19 035
RISMA MAULINA	443 19 038

PROGRAM STUDI D-4 TEKNIK MANUFAKTUR  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR  
2023



## HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Jumat tanggal 28 Juli 2023, tim penguji seminar skripsi telah menerima hasil seminar skripsi oleh mahasiswa: Muhammad Miftahul Haq NIM 443 19 032, Nurfadilah NIM 443 19 035 dan Risma Maulina NIM 443 19 038 dengan judul “Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire Untuk Foam”

Makassar, 28 Juli 2023

Tim Seminar Skripsi:

1. Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. Ketua (.....)
2. Sitti Sahriana, S.S., M. App Ling. Sekretaris (.....)
3. Dr. Eng Baso Nasrullah, S.ST., M.T. Anggota I (.....)
4. Abram Tangkemanda, S.T., M.T. Anggota II (.....)
5. Muhammad Arsyad Suyuti, S.T., M.T. Pembimbing I (.....)
6. Ir. Abdul Salam, M.T. Pembimbing II (.....)

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik dan tepat waktu. Shalawat dan salam tak lupa kami curahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad ﷺ. Terima kasih kepada Orang Tua serta seluruh keluarga yang telah memberi bantuan materi maupun non-materi sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa Program Studi D-4 Teknik Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang dalam menyelesaikan studi yang diberi judul “**Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC *Hot Wire* Untuk *Foam*”**”.

Dalam menyelesaikan skripsi ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat ridha Allah SWT, serta bantuan dan dukungan dari pembimbing, hambatan tersebut dapat kami atasi. Sehubungan dengan hal tersebut, maka dengan kesempatan dan melalui lembaran ini, kami menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua yang senantiasa mendoakan dan mendukung jalannya pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.



3. Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin dan sebagai ketua ujian sidang skripsi.
4. Ibu Sitti Sahriana, S.S., M.App. Ling. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin dan sebagai sekretaris ujian sidang skripsi.
5. Bapak Dr. Eng. Baso Nasrullah, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi D-4 Teknik Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang dan sebagai anggota penguji-1 ujian sidang skripsi.
6. Bapak Abram Tangkemanda, S.T., M.T. sebagai anggota penguji-2 ujian sidang skripsi.
7. Bapak Muhammad Arsyad Suyuti, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I
8. Bapak Ir. Abdul Salam, M.T. selaku dosen pembimbing II
9. Bapak/Ibu staf pengajar di Program Studi D-4 Teknik Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
10. Kakanda Muh. Raihan Rachman, S.Tr.T. yang telah meluangkan waktu untuk membantu dan membimbing kami dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
11. Teman kelas D-4 Teknik Manufaktur angkatan 2019 yang telah menemani hari-hari kami di kampus.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga Allah SWT. membalas kebaikan dan jasa-jasa beliau yang telah membimbing dan membantu kami dalam pembuatan skripsi ini. Aamiin Yaa Rabbal Aalamiin.

Makassar, 28 Juli 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR SIMBOL.....	xiv
SURAT PERNYATAAN.....	xv
RINGKASAN .....	xviii
<i>SUMMARY</i> .....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	4
1.4.1 Tujuan Penelitian .....	4
1.4.2 Manfaat Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pengertian Mesin CNC .....	6
2.2 Keunggulan Mesin CNC.....	9
2.3 Pengertian Prototype .....	10
2.4 Jenis-jenis Foam.....	10
2.5 Material yang akan digunakan .....	12
2.6 Produk industri yang dapat dibuat .....	13

2.7 Mesin <i>Hot Wire CNC Foam Cutter</i> .....	14
2.8 Konstruksi Mesin <i>Hot Wire CNC Foam Cutter</i> .....	15
2.8.1 Komponen Mekanik.....	17
2.8.2 Komponen Elektronik .....	22
2.9 Software Pemrograman NC .....	26
2.10 Optimasi dengan metode Taguchi.....	29
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>33</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	33
3.2 Alat dan Bahan.....	33
3.2.1 Alat.....	33
3.2.2 Bahan.....	34
3.3 Prosedur dan Langkah Kerja .....	34
3.3.1 Tahap Perancangan .....	35
3.3.2 Perhitungan Kekuatan Gaya Motor Stepper terhadap Berat Mesin.....	36
3.3.3 Tahap Pembuatan.....	43
3.3.4 Komponen Standar.....	45
3.3.5 Tahap Perakitan .....	48
3.4 Langkah-langkah Pengujian.....	51
3.5 Pengujian Radius.....	55
3.6 Teknik Analisa Data.....	56
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>60</b>
4.1 Biaya Manufaktur Pembuatan Mesin <i>CNC Hot Wire</i> untuk <i>Foam</i> .....	60
4.1.1 Biaya Bahan Langsung .....	60
4.1.2 Biaya Tenaga Kerja.....	62
4.1.3 Biaya Bahan Tidak Langsung.....	63
4.1.4 Biaya Penyusutan Mesin.....	65
4.2 Realisasi Hasil Pengembangan Desain Konstruksi Mesin <i>CNC Hot Wire</i> untuk <i>Foam</i> .....	69
4.3 Pengujian Ukuran dan Penyetelan Mesin <i>CNC Hot Wire</i> untuk <i>Foam</i> ... ..	70
4.3.1 Penyetelan Pergerakan pada Mesin .....	70

4.3.2 Pengujian Pergerakan dengan Mode <i>Cutting</i> .....	72
4.3.3 Pembuatan Produk .....	74
4.3.4 Menghitung Nilai <i>Error X</i> dan <i>Y</i> .....	76
4.4 Metode Optimasi.....	77
4.4.1 Metode Taguchi .....	78
4.4.2 Hasil Metode Taguchi.....	79
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	80
5.1 Kesimpulan .....	80
5.2 Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA.....	82
LAMPIRAN.....	85





## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Terminal Power Supply .....	24
Tabel 3. 1 Perancangan Mesin .....	35
Tabel 3. 2 Proses Pembuatan Komponen-Komponen Mesin.....	44
Tabel 3. 3 Komponen-Komponen Standar .....	45
Tabel 4. 1 Biaya bahan langsung .....	60
Tabel 4. 2 Biaya Pengerjaan.....	63
Tabel 4. 3 Biaya Bahan Tidak Langsung .....	63
Tabel 4. 4 Biaya listrik.....	65
Tabel 4. 5 Nilai sisa.....	67
Tabel 4. 6 Biaya penyusutan .....	67
Tabel 4. 7 Biaya tidak langsung.....	67
Tabel 4. 8 Estimasi biaya minimum produksi <i>CNC Hot Wire</i> untuk <i>Foam</i> .....	68
Tabel 4. 9 Tabel pengaturan kalibrasi.....	71
Tabel 4. 10 Hasil Pemotongan .....	74
Tabel 4. 11 Menghitung Nilai <i>Error</i> Pada Sumbu X .....	76
Tabel 4. 12 Menghitung Nilai <i>Error</i> Pada Sumbu Y .....	77
Tabel 4. 13 Factors and levels of Taguchi .....	79
Tabel 4. 14 Desain factor dan level metode taguchi melalui minitab 18.....	79
Tabel 4. 15 Eksperimen Metode Taguchi Menggunakan Desain orthogonal array L9(3 <sup>3</sup> ) .....	79
Tabel 4. 16 Response Table for Signal to Noise Ratios.....	81
Tabel 4. 17 Response Table for Means .....	81

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Pemotongan logam Menggunakan Mesin CNC .....	7
Gambar 2. 2 <i>Polyurethane foam</i> .....	11
Gambar 2. 3 <i>Ethafoam</i> .....	11
Gambar 2. 4 <i>Lux Foam</i> .....	12
Gambar 2. 5 <i>Polyester Foam</i> .....	12
Gambar 2. 6 <i>Foam</i> untuk <i>Packing</i> Barang.....	13
Gambar 2. 7 Hiasan Huruf .....	13
Gambar 2. 8 Hiasan dinding hexagon minimalis .....	13
Gambar 2. 9 Bantalan packing barang elektronik ethafoam .....	14
Gambar 2. 10 Pemotongan Model Huruf Berbahan <i>FoamLux</i> .....	14
Gambar 2. 11 Desain Konstruksi Mesin Sebelumnya .....	16
Gambar 2. 12 Pengembangan Desain Konstruksi <i>Hot Wire CNC Foam</i> .....	16
Gambar 2. 13 <i>V Wheel</i> .....	17
Gambar 2. 14 <i>Aluminium Profile</i> .....	17
Gambar 2. 15 <i>Idler Pulley</i> .....	17
Gambar 2. 16 <i>GT2 Timing Belt</i> .....	18
Gambar 2. 17 Baut .....	18
Gambar 2. 18 Mur .....	19
Gambar 2. 19 <i>Spacer</i> .....	19
Gambar 2. 20 <i>Gantry Axis X</i> .....	19
Gambar 2. 21 <i>Gantry Axis Y</i> .....	20

Gambar 2. 22 <i>Bracket Stepper Axis X</i> .....	20
Gambar 2. 23 <i>Bracket Stepper Axis Y</i> .....	21
Gambar 2. 24 <i>Bracket Wire Place</i> .....	21
Gambar 2. 25 <i>Bracket Foot Machine</i> .....	21
Gambar 2. 26 <i>Stand Clamp Workpiece</i> .....	22
Gambar 2. 27 <i>Motor Stepper</i> .....	22
Gambar 2. 28 <i>DC Buck Boost</i> .....	23
Gambar 2. 29 <i>Power Supply</i> .....	23
Gambar 2. 30 <i>Mikro Limit Switch</i> .....	24
Gambar 2. 31 <i>Arduino Uno</i> .....	24
Gambar 2. 32 <i>CNC Shield</i> .....	25
Gambar 2. 33 <i>Driver Motor Stepper</i> .....	25
Gambar 2. 34 <i>LED Strip</i> .....	26
Gambar 2. 35 <i>Laptop/PC</i> .....	26
Gambar 2. 36 <i>Software UGS</i> .....	27
Gambar 2. 37 <i>GRBL</i> .....	28
Gambar 2. 38 <i>Tampilan Inkscape</i> .....	29
Gambar 3. 1 <i>Diagram Alir Sistem Kontrol</i> .....	51
Gambar 3. 2 <i>Desain 2D inkscape</i> .....	51
Gambar 3. 3 <i>Trace bitmap</i> .....	52
Gambar 3. 4 <i>Shape kotak</i> .....	52
Gambar 3. 5 <i>Letak fitur union</i> .....	52
Gambar 3. 6 <i>Fitur Break Path</i> .....	53

Gambar 3. 7 letak fitur <i>generate pen (servo) gcode tools</i> .....	53
Gambar 3. 8 File Gcode yang akan dibuat.....	54
Gambar 3. 9 Alur pemotongan pahat .....	54
Gambar 3. 10 Radius Terbentuk .....	56
Gambar 3. 11 <i>Render Image Hot Wire CNC Foam</i> .....	57
Gambar 3. 12 Titik Referensi Mesin <i>Hot Wire CNC</i> untuk <i>Foam</i> .....	57
Gambar 3. 13 Diagram alir pengerjaan.....	59
Gambar 4. 13 D Modelling Mesin <i>CNC Hot Wire</i> untuk <i>Foam</i> .....	69
Gambar 4. 2 Mesin <i>CNC Hot Wire</i> untuk <i>Foam</i> .....	69
Gambar 4. 3 Desain Produk Menggunakan <i>Inkscape</i> .....	73
Gambar 4. 4 <i>Modelling</i> Produk Uji Coba.....	73
Gambar 4. 5 <i>Main Effect Plot for S/N ratio</i> .....	81
Gambar 4. 6 <i>Main Effect Plot for Means</i> .....	82
Gambar 4. 7 <i>Contour Plot of Radius</i> Terbentuk vs B,A .....	83
Gambar 4. 8 <i>Surface Plot of Radius</i> Terbentuk vs B, A .....	84





## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Proses Manufaktur.....	85
Lampiran 2 Proses Perakitan.....	86
Lampiran 3 Proses Uji Coba .....	89
Lampiran 4 Pengoperasian Mesin.....	91
Lampiran 5 Gambar Teknik.....	92



## DAFTAR SIMBOL

No	Simbol	Keterangan
1.	Kg	Kilogram
2.	Rp	Rupiah
3.	N	Newton
4.	M	Massa
5.	°	Derajat
6.	%	Persen
7.	p	Panjang
8.	Rpm	<i>Rotation per minute</i>
9.	$\pi$	Konstanta phi
10.	mm	Milimeter
11.	Inch	Inci
12.	Ø	Diamater
13.	F	Gaya
14.	s	<i>Second (detik)</i>
15.	l	Lebar
16.	W	Watt
17.	t	Tinggi
18.	V	Volume
19.	$\rho$	Rho
20.	kW	KiloWatt

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Miftahul Haq

NIM : 443 19 032

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul "Pengembangan Desain Konstruksi Mesin *CNC Hot Wire* untuk *Foam*" merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 28 Juli 2023



Muhammad Miftahul Haq  
443 19 032

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurfadilah

NIM : 443 19 035

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul "Pengembangan Desain Konstruksi Mesin *CNC Hot Wire* untuk *Foam*" merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 28 Juli 2023



Nurfadilah  
443 19 035



## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Risma Maulina

NIM : 443 19 038

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul "Pengembangan Desain Konstruksi Mesin *CNC Hot Wire* untuk *Foam*" merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 28 Juli 2023



Risma Maulina  
443 19 038

PENGEMBANGAN DESAIN KONSTRUKSI MESIN CNC *HOT WIRE*  
UNTUK *FOAM*

Oleh:

Muhammad Miftahul Haq

Nurfadilah

Risma Maulina

**RINGKASAN**

Perkembangan industri kreatif semakin meningkat dalam beberapa tahun terakhir. Salah satu pemanfaatan produk hasil industri kreatif adalah pembuatan dekorasi dari *styrofoam*. Dekorasi dari *styrofoam* dapat digunakan dalam berbagai hal, seperti wisuda, ucapan selamat pada pernikahan, promosi jabatan, tugas seni rupa, pembuatan bantalan pengaman barang, dan lain sebagainya.

Tujuan penelitian pengembangan desain konstruksi mesin CNC *hot wire* untuk *foam* ini adalah 1.) Meningkatkan kekuatan konstruksi dan sistem penggerak pada setiap *axis* mesin CNC *hot wire* untuk *foam* dapat bekerja secara optimal. 2.) Mengetahui cara menentukan resolusi pergerakan pada mesin CNC *hot wire* untuk *foam*. 3.) Mengetahui kualitas hasil pemotongan *foam* berdasarkan parameter tegangan dan kecepatan potong. 4.) Mengetahui biaya produksi mesin CNC *hot wire* untuk *foam*.

Tahapan penelitian yang dilakukan adalah perancangan, pembuatan, perakitan, pengujian, dan analisa data hasil pengujian. Metode penelitian dilakukan dengan pemilihan tempat dan waktu, alat dan bahan, prosedur dan langkah kerja, tahap perakitan, dan proses pengujian. Metode pengambilan data dilakukan dengan menggunakan metode optimasi taguchi menggunakan material *styrofoam* kemudian ditentukan parameter terbaik dari hasil pemotongan produk.

Kesimpulan dari penelitian ini telah dihasilkan produk pemotongan material *foam* yang sesuai dengan desain produk yang dibuat dan dijalankan secara otomatis menggunakan perintah program NC. Dari hasil pengujian diketahui pada *axis* X dan Y terdapat presentase perbedaan nilai antara desain pada *software* dan pengukuran secara langsung dengan akurasi untuk sumbu X dan Y adalah 98%.

Kata Kunci: CNC *Hot Wire*, Produk, *Foam*.

*DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION DESIGN OF HOT WIRE CNC*

*MACHINE FOR FOAM*

*By:*

Muhammad Miftahul Haq

Nurfadilah

Risma Maulina

**SUMMARY**

*The development of the creative industry has been increasing in recent years. One of the uses of creative industry products is the manufacture of decorations from Styrofoam. Styrofoam decorations can be used in various things, such as graduations, congratulations on weddings, promotions, fine art tasks, making safety pads, and so on.*

*The goal to be achieved in this research is to develop a CNC foam machine construction design is 1.) Increase the strength of construction and drive systems on each axis of the hot wire CNC machine for foam can work optimally. 2.) Know how to determine the movement resolution on CNC hot wire machine for foam. 3.) Knowing the quality of foam cutting results based on stress parameters and cutting speed. 4.) Know the production cost of CNC hot wire machine for foam.*

*The stages of research carried out are design, manufacture, assembly, testing, and analysis of test result data. Research methods are carried out by selection of place and time, tools and materials, work procedures and steps, assembly stages, and testing processes. The data collection method is carried out using the Taguchi optimization method using Styrofoam material and then determining the best parameters of the product cutting results.*

*The conclusion of this study has been the production of foam material cutting products that are in accordance with the product design that are created and run automatically using the NC program command. From the test results, it is known that on the X and Y axes, there is a percentage difference in value between the design in the software and direct measurement with accuracy for the X and Y axes is 98%.*

*Keywords: CNC Hot Wire, Product, Foam.*



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri kreatif semakin meningkat dalam beberapa tahun terakhir. Salah satu pemanfaatan produk hasil industri kreatif adalah pembuatan dekorasi dari *styrofoam*. Dekorasi dari *styrofoam* dapat digunakan dalam berbagai hal, seperti: wisuda, ucapan selamat pada pernikahan, promosi jabatan, tugas seni rupa, pembuatan bantalan pengaman barang, dan lain sebagainya. (Syahriza:2021).

Saat ini banyak pengrajin *styrofoam* di Indonesia yang biasanya menggunakan alat pemotong *styrofoam* secara konvensional, seperti Industri Kecil Menengah (IKM) yang bergerak di bidang dekorasi. Untuk usaha kecil dan menengah yang memproduksi ornamen dan dekorasi, biasanya *styrofoam* dipotong secara konvensional dengan pemotong dan kawat panas. Dalam proses pemotongan busa *styrofoam* dengan tangan, perlu melalui proses seperti mengukur, mendesain, membuat sketsa, dan membuat model, yang membutuhkan waktu dan tenaga. Selain itu, proses pemotongan produk dalam jumlah besar secara konvensional dapat menghasilkan produk yang tidak akurat dan berkualitas rendah karena bentuk dan ukurannya mungkin tidak seragam.

Perkembangan teknologi komputer saat ini telah mengalami kemajuan yang sangat pesat. Komputer telah diaplikasikan ke dalam alat - alat mesin perkakas sehingga perpaduan dari teknologi komputer dan mekanik yang dinamakan CNC (*Computer Numerically Controlled*).

Saat ini telah ada mesin pemotong *foam* otomatis yang menggunakan sistem komputer, kontrol, dan program. Mesin CNC yang bekerja secara otomatis dengan menginputkan file *G-code* dari komputer kemudian mesin CNC akan bergerak otomatis sesuai dengan input *G-code* (Fitriani dkk: 2019).

Dengan adanya mesin CNC *foam cutter* ini dapat meningkatkan kualitas dan efisiensi sehingga menghasilkan produk yang lebih baik. Mesin CNC *foam cutter* ini bekerja secara otomatis melalui perintah *G-code* yang mampu mengerjakan benda kerja dengan ketelitian dan akurasi yang lebih tinggi sehingga menghasilkan produk yang jauh lebih baik.

Mesin ini sudah selesai dibuat oleh Raihan dkk (2022) namun masih terdapat beberapa kekurangan pada mesin CNC *hot wire* untuk *foam* diantaranya konstruksi dari mesin tidak kokoh karena menggunakan poros langsung, *bearing* yang mudah berkarat dan pergerakannya masih terpatah patah karena hanya menggunakan 3 motor *stepper* sehingga mempengaruhi kualitas pemotongan produk yang dihasilkan. Kemudian untuk area kerja mesin sebelumnya hanya berukuran 400 mm x 400 mm x 600 mm.

Untuk mengatasi masalah tersebut, penulis melakukan pengembangan mesin CNC *hot wire* untuk *foam* dengan memodifikasi beberapa hal diantaranya konstruksi rangka mesin melalui penggantian material rangka menggunakan aluminium profil agar konstruksi lebih kokoh. Kemudian sistem penggerak dilakukan penambahan aktuator pada sumbu X dan Y berupa 2 unit motor *stepper* pada sumbu X dan Y agar gerakan sumbu *axis* simetris. Pengembangan ini dilakukan untuk menghasikan kualitas pemotongan produk yang berkualitas. Untuk

area kerja diperbesar menjadi 1000 mm x 400 mm x 500 mm. Oleh karena itu dalam tugas akhir skripsi, judul yang akan dikerjakan adalah Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC *Hot Wire* untuk *Foam*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dalam pengembangan desain konstruksi mesin CNC *hot wire* untuk *foam* terdapat beberapa rumusan masalah antara lain:

1. Bagaimana meningkatkan kekuatan konstruksi dan sistem penggerak pada setiap *axis* mesin CNC *hot wire* untuk *foam* dapat bekerja secara optimal.
2. Bagaimana cara menentukan resolusi pergerakan pada mesin CNC *hot wire* untuk *foam*.
3. Bagaimana mengetahui kualitas hasil pemotongan *foam* berdasarkan parameter tegangan dan kecepatan potong.
4. Bagaimana menentukan estimasi biaya produksi mesin CNC *hot wire* untuk *foam*.

## 1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut:

1. Pengembangan mesin CNC *hot wire* untuk *foam* menggunakan motor *Stepper Nema 17*.
2. Kapasitas area kerja mesin CNC *hot wire* untuk *foam* 1000 mm × 400 mm × 500 mm.
3. Bahan yang dipotong adalah *foam* dengan ketebalan maksimum 400 mm dan tinggi maksimal 500 mm.
4. Produk didesain menggunakan *software Inkscape*.

5. Pengujian menggunakan sistem optomasi taguchi.

## **1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

### **1.4.1 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam pengembangan desain konstruksi mesin CNC *hot wire* untuk *foam* ini adalah:

1. Meningkatkan kekuatan konstruksi dan sistem penggerak pada setiap *axis* mesin CNC *hot wire* untuk *foam* dapat bekerja secara optimal.
2. Mengetahui cara menentukan resolusi pergerakan pada mesin CNC *hot wire* untuk *foam*.
3. Untuk mengetahui kualitas hasil pemotongan *foam* berdasarkan parameter tegangan dan kecepatan potong.
4. Untuk mengetahui biaya produksi mesin CNC *hot wire* untuk *foam*.

### **1.4.2 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan bisa memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Diharapkan penelitian ini bisa menjadi acuan bagi industri-industri dalam pembuatan produk berbahan *foam* dan bisa menjadi *income generate* bagi PNUP.
2. Mendapat pengalaman dalam meningkatkan kualitas CNC *foam cutter* dan untuk menambah wawasan bagi penulis tugas akhir ini.
3. Mahasiswa bisa menerapkan ilmu yang terkait dengan proyek tugas akhir yang dilaksanakan.



4. Bagi pembaca, diharapkan tugas akhir ini menjadi sumbangan dalam memperkaya pengetahuan dan memberikan kesempatan dalam mempelajari lebih lanjut.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian Mesin CNC

CNC adalah mesin yang digunakan untuk pengontrolan otomatis dalam dunia industri. Mesin ini berfungsi untuk mengontrol kinerja mesin-mesin lain yang digunakan. Dengan kata lain kita tidak memerlukan operator yang banyak untuk mengoperasikan beberapa mesin yang ada.

NC/CNC (*Numerical Control/Computer Numerical Control*) merupakan istilah yang digunakan untuk menunjukkan bahwa suatu peralatan manufaktur; misalnya bubut, *milling*, dll; dikontrol secara numerik berbasis komputer yang mampu membaca instruksi kode N, G, F, T, dan lain-lain. Kode-kode tersebut akan menginstruksikan ke mesin CNC agar bekerja sesuai dengan program benda kerja yang akan dibuat. Muhammad Dwi (2022).

Suatu alat permesinan yang dapat disebut “induk mesin” (*machine core*) adalah sebuah mesin yang menghasilkan mesin. Dengan adanya perkembangan dari permesinan secara manual menjadi permesinan yang menggunakan sistem CNC (*Computer Numerical Control*) menjadi sebuah kelebihan dalam meningkatkan ketepatan dan pengaturan kecepatan sesuai yang diinginkan.

Peralatan mesin CNC dapat digolongkan menjadi dua, yaitu sebagai “mesin dengan proses pemotongan” dan “mesin tanpa proses pemotongan”. Sebuah mesin dengan proses pemotongan dimaksudkan sebagai sebuah mesin yang melakukan pengurangan dimensi sampai menjadi produk yang diinginkan. Sebagai contoh mesin bubut, mesin gurdi, dan mesin sekrup.

Mesin CNC sendiri dapat diartikan sebagai suatu mesin perkakas yang pengoperasiannya dikendalikan melalui program yang diakses dengan komputer (Salam, 2014).

Mesin tanpa proses pemotongan mengubah material dari bahan dasar menjadi bentuk yang diinginkan. Cara kerja dari mesin tanpa proses pemotongan yaitu dengan memberikan gaya dan tekan terhadap material tersebut. Sebagai contoh dari mesin tanpa proses pemotongan adalah mesin pengelasan, mesin pengecatan dan mesin pemotongan logam seperti gambar 2.1 berikut:



Gambar 2. 1 Proses Pemotongan logam Menggunakan Mesin CNC  
(Sumber: Ruang HSE, 2022)

Saat teknologi mesin CNC dikembangkan, tujuan utama dari mesin CNC adalah untuk melakukan proses permesinan dengan tingkat kesulitan tinggi atau bentuk produk yang lebih rumit dan kompleks namun diharapkan hasil yang didapatkan presisi. Pengembangan awal mesin CNC, telah diaplikasikan terhadap penggunaan mesin bubut dan mesin gurdi.

Dengan adanya perkembangan inovasi dan kebutuhan yang terus meningkat, sistem CNC mulai diaplikasikan pada mesin tanpa proses pemotongan

untuk meningkatkan produktivitas dan disesuaikan sesuai kebutuhan. Sistem CNC tersebut diaplikasikan khusus kepada mesin non-konvensional.

Berkembangnya pabrik otomasi, teknologi mesin NC juga digunakan untuk melakukan berbagai macam konstruksi seperti *Flexible Automation* (FA) atau *Flexible Manufacturing System* (FMS). Mesin CNC digabungkan dengan cara menghubungkan komputer, mesin produksi dan mesin penggerak. Sistem CNC tidak hanya dapat digunakan pada peralatan permesinan namun dapat diaplikasikan pada semua mesin yang menggunakan sistem servo, seperti mesin potong logam, pengerjaan gambar, mesin pengerjaan pada kayu dan lain-lain.

Mesin-mesin CNC dibangun untuk menjawab tantangan di dunia manufaktur *modern*. Dengan mesin CNC, ketelitian suatu produk dapat dijamin hingga 1/100 mm lebih, pengerjaan produk massal dengan hasil yang sama persis dan waktu permesinan yang cepat.

NC/CNC terdiri dari enam bagian utama:

- 1) Program.
- 2) Unit kendali atau *processor*.
- 3) Motor listrik *stepper* untuk menggerakkan kontrol pahat/*plotter*.
- 4) Motor listrik untuk menggerakkan/memutar pahat/*plotter*.
- 5) Pahat/*Plotter*.
- 6) Dudukan dan pemegang.

Prinsip kerja NC/CNC secara sederhana dapat diuraikan sebagai berikut:

- 1) Pemrograman membuat program CNC sesuai produk yang akan dibuat dengan cara pengetikan langsung pada mesin CNC maupun dibuat pada komputer dengan perangkat lunak pemrograman CNC.
- 2) Program CNC tersebut, lebih dikenal sebagai *G-Code*, seterusnya dikirim dan dieksekusi oleh prosesor pada mesin CNC menghasilkan pengaturan motor *stepper* pada mesin untuk menggerakkan perkakas yang bergerak melakukan proses permesinan hingga menghasilkan produk sesuai program.

## 2.2 Keunggulan Mesin CNC

Adanya pengembangan inovasi dibidang otomasi khususnya mesin *Computer Numerically Controlled* (CNC) di dunia industri memberikan dampak yang sangat baik. Ini disebabkan karena peralatan permesinan konvensional yang hanya dapat dilakukan secara manual, dapat dilakukan secara otomatis dengan menggunakan mesin CNC.

CNC mempunyai banyak keunggulan bila dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional yang setara dan sejenis. Adapun keunggulan mesin perkakas CNC adalah dapat menghasilkan benda yang memiliki kualitas sama antara benda yang satu dengan yang lainnya. Ini diakibatkan karena pengerjaan dilakukan secara komputerisasi sehingga proses pengerjaan manufaktur menjadi lebih teliti (akurat), lebih tepat (presisi), luwes (*fleksibel*) dan cocok untuk menghasilkan produk dalam kuantitas besar dalam waktu yang relatif lebih singkat. Hal ini menjadi daya tarik tersendiri bagi industri- industri manufaktur yang membutuhkan hasil pengerjaan

cepat, tepat, akurat, dan presisi agar tidak mengurangi kualitas dari produk-produk yang dihasilkan.

### **2.3 Pengertian Prototype**

*Prototype* adalah model awal atau contoh yang dibuat untuk melakukan uji coba terhadap konsep yang sudah diperkenalkan. *Prototype* biasanya dibuat untuk melakukan beberapa uji coba, seperti untuk mengetahui apakah konsep yang sudah dipaparkan bisa di implementasikan ataupun untuk menguji selera pasar.

Menurut Raharja, Algons D.B. (2021), *prototype* dalam dunia teknologi didefinisikan sebagai mode asli, bentuk atau contoh yang berfungsi sebagai dasar untuk proses selanjutnya. Dalam teknologi perangkat lunak, istilah *prototype* adalah contoh kerja dimana model baru atau versi baru dari produk dapat diturunkan atau dikembangkan.

### **2.4 Jenis-jenis Foam**

#### **1. Polyurethane Foam**

Kebanyakan *foam* terbuat dari *polyurethane*, sejenis polimer. *Polyurethane foam* adalah busa *synthetic* yang dihasilkan melalui proses reaksi kimia antara polialkohol dengan *isocyanate* dan material *additive* membentuk sebuah benda dengan struktur berongga dengan dinding sel yang memiliki daya berat (*density*) dan daya lentur serta karakteristik tertentu sehingga menentukan kualitas *Polyurethane foam* itu sendiri. Berdasarkan beberapa karakter *polyurethane foam* penggunaannya sudah banyak diaplikasikan dalam berbagai sektor kehidupan manusia seperti produk olahraga, kesehatan, dan *fashion*.



Gambar 2. 2 *Polyurethane foam*  
(Sumber: [www.cewheelsinc.com](http://www.cewheelsinc.com), 2023)

## 2. *Ethafoam*

*Ethafoam* adalah busa bantalan *polietilen ultra* ringan yang biasa digunakan sebagai kemasan pelindung karena fakta bahwa itu tidak saling terkait (ikatan kimia yang tidak dapat diubah yang membuat *polimer* tidak mungkin meleleh dan terbentuk kembali), *Ethafoam* dapat didaur ulang, menjadikannya pilihan kemasan yang ramah lingkungan.



Gambar 2. 3 *Ethafoam*  
(Sumber: [worldwidefoam](http://worldwidefoam.com), 2022)

## 3. *Foam Lux*

*Foam lux*, juga disebut *foam evlon*, sangat keras, padat, dan berat. Ini sering digunakan untuk sofa dan *furniture* lainnya. Beratnya 2,2 *pounds per cubic ft*. *Foam Lux* memiliki respon yang cepat dan memantul kembali dengan cepat dan merupakan *foam* yang murah mengingat juga mempertimbangkan kualitasnya.



Gambar 2. 4 *Lux Foam*  
(Sumber: tpcfoodpack, 2019)

#### 4. Polyester

*Foam polyester* adalah pilihan yang baik untuk tampilan kemasan dan memiliki kualitas tahan api. Seperti *foam polyether*, ini adalah sel terbuka, relatif ringan, dan tersedia dalam beberapa kepadatan. Ini juga dapat digunakan untuk tujuan akustik (seperti memblokir suara), dan bantalan.



Gambar 2. 5 *Polyester Foam*  
(Sumber: technifoam, 2023)

### 2.5 Material yang akan digunakan

Untuk material atau jenis *foam* yang akan kami gunakan pada saat proses pengerjaan produk kami yaitu *foam lux* atau biasa disebut *foam evlon*, atau di



kalangan umum biasa disebut *Styrofoam* yang umumnya biasa dipakai di kalangan masyarakat untuk beberapa keperluan tertentu dan sudah tersedia banyak di pasaran. Dan jika memungkinkan kami juga akan menggunakan beberapa material *foam* lain seperti *ethafoam* dan *polyester foam*.

## 2.6 Produk industri yang dapat dibuat



Gambar 2. 6 *Foam* untuk *Packing* Barang  
(Sumber: aneka produk busa.indonetwork.co.id, 2019)



Gambar 2. 7 Hiasan Huruf  
(Sumber: shopee.co.id/Inisial-huruf, 2021)



Gambar 2. 8 Hiasan dinding hexagon minimalis  
(Sumber: www.tokopedia.com, 2020)



Gambar 2. 9 Bantalan packing barang elektronik ethafoam  
(Sumber: [www.bukalapak.com](http://www.bukalapak.com), 2022)



Gambar 2. 10 Pemotongan Model Huruf Berbahan *FoamLux*  
(Sumber: Showroom Styrofoam,2023)

### **2.7 Mesin *Hot Wire CNC Foam Cutter***

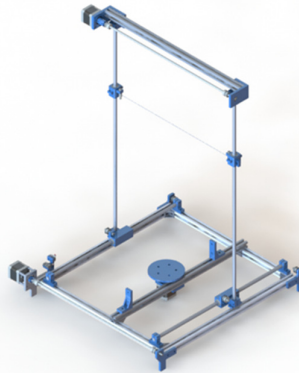
Menurut Bani (2015), *Foam Cutting Machine* adalah sebuah mesin yang digunakan untuk memotong *Styrofoam* atau bahan *foam* lainnya. Pemotongan biasanya digunakan untuk membentuk sebuah bentuk tertentu dari bahan dasar *Styrofoam*. *Foam cutting machine* biasanya digunakan oleh industri kecil hingga menengah dalam beberapa usaha yang memerlukan *Styrofoam* sebagai bahan produksi. Misalnya dalam usaha dekorasi panggung, Papan ucapan dan Industri pembuat *box* berbahan *styrofoam*. Tidak jarang juga *foam cutting machine* digunakan oleh lembaga penelitian untuk membuat *aeromodeling*.

Sehingga yang disebut dengan CNC *foam cutting* adalah mesin pemotong *styrofoam* yang digerakan menggunakan motor *stepper/servo* dan dikendalikan pada sumbu tertentu menggunakan program komputer. Program yang digunakan yaitu Universal G-Code dan menggunakan GRBL dan Inkscape. Jumlah sumbu (*axis*) yang digunakan untuk menggerakkan alat pemotong tergantung kebutuhan. Sementara yang akan dibahas pada tulisan ini adalah prototipe mesin CNC *Hot Wire* Untuk *Foam*, yaitu menggunakan sumbu X, Y, dan Z.

## **2.8 Konstruksi Mesin *Hot Wire* CNC *Foam* Cutter**

### **1. Penelitian terdahulu**

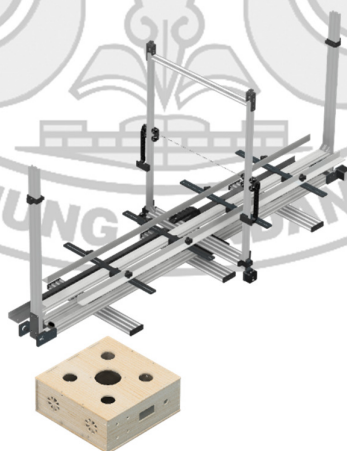
Berikut ini adalah desain konstruksi penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Raihan dkk: 2022). Dengan kapasitas area kerja mesin 400 mm x 400 mm x 600 mm dan ditujukan untuk pemotongan bahan *foam* dengan ketebalan maksimum 400 mm. Mesin ini masih terdapat beberapa kekurangan seperti konstruksi yang tidak kokoh sehingga hasil pemotongan *foam* tidak simetris, penggunaan bearing yang mudah berkarat, motor stepper yang terkadang *overhead* sehingga perlu dilakukan pengembangan agar mesin menjadi lebih baik.



Gambar 2. 11 Desain Konstruksi Mesin Sebelumnya  
(Sumber: Desain Rancang Bangun Mesin CNC untuk *Foam*, 2022)

## 2. Pengembangan yang dilakukan saat ini

Pengembangan desain yang dikembangkan saat ini adalah konstruksi mesin dengan area kerja yang lebih besar yaitu 1000 mm x 400 mm x 500 mm. kemudian penambahan motor stepper pada axis X dan axis Y, penggantian poros langsung menggunakan aluminium profil dan penggantian *bearing* menggunakan roda.



Gambar 2. 12 Pengembangan Desain Konstruksi *Hot Wire CNC Foam*  
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2023)

## 2.8.1 Komponen Mekanik

### 1. *V Wheel*



Gambar 2. 13 *V Wheel*  
(Sumber: [www.tokopedia.com](http://www.tokopedia.com), 2023)

V Wheel roda bearing merupakan roda yang melekat pada aluminium profile yang berfungsi sebagai penggerak beberapa komponen mekanik pada mesin.

### 2. *Aluminium Profile*



Gambar 2. 14 *Aluminium Profile*  
(Sumber: Aluminium Profile Tokopedia, 2023)

Aluminium profile merupakan komponen penting dari sebuah mesin CNC. Komponen ini merupakan rangka utama penyokong komponen lain dalam pembuatan CNC Router.

### 3. *Idler Pulley*



Gambar 2. 15 *Idler Pulley*  
(Sumber: Tokopedia *Idler Pulley*, 2022)

*Idler pulley* adalah suatu katrol yang berfungsi untuk menjaga ketegangan *drive belt* atau *serpentine belt* sekaligus menjaga belt agar berada di posisi yang benar.

#### 4. GT2 Timing Belt



Gambar 2. 16 GT2 Timing Belt  
(Sumber: Tokopedia Timing Belt, 2020)

*Timing Belt* adalah bahan fleksibel yang melingkar tanpa ujung, yang digunakan untuk menghubungkan secara mekanis dua poros yang berputar. Sabuk digunakan sebagai sumber penggerak, penyalur daya yang efisien atau untuk memantau pergerakan relatif. Sabuk dilingkarkan pada katrol. Dalam sistem dua katrol, sabuk dapat mengendalikan katrol secara normal pada satu arah atau menyilang.

#### 5. Baut Mur

- Baut



Gambar 2. 17 Baut  
(Sumber: Tokopedia Baut, 2020)

Baut adalah sebuah komponen yang berfungsi untuk mengunci suatu benda supaya tidak mudah lepas. Bentuk komponen yang satu ini beragam, begitu juga

dengan jenisnya. Sehingga kita membutuhkan obeng atau alat yang sesuai supaya bisa melepasnya.

- Mur



Gambar 2. 18 Mur  
(Sumber: Tokopedia Baut, 2020)

Mur adalah pelat logam yang memiliki lubang berulir, dan berfungsi untuk menguatkan baut.

#### 6. *Spacer*

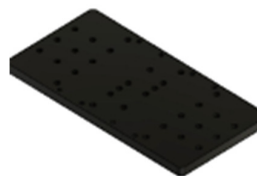


Gambar 2. 19 *Spacer*  
(Sumber: Amazon.com Aluminum Spacer, 2022)

*Spacer* berfungsi sebagai pengganjal untuk menambah ketebalan atau jarak (offset) pada part yang satu dengan part lainnya.

#### 7. *3D Print Part* dan *Cutting Akrilik*

- a. *Gantry Axis X (Inside)*



Gambar 2. 20 *Gantry Axis X*  
(Sumber: Desain Pribadi, 2023)



Berfungsi sebagai peluncur atau penggerak komponen mekanik pada sumbu (*Axis X*).

b. *Gantry Axis Y*



Gambar 2. 21 *Gantry Axis Y*  
(Sumber: Desain Pribadi, 2023)

Berfungsi sebagai peluncur atau penggerak komponen mekanik pada sumbu (*Axis Y*).

c. *Bracket Stepper Axis X*



Gambar 2. 22 *Bracket Stepper Axis X*  
(Sumber: Desain Pribadi, 2023)

Berfungsi sebagai peluncur atau penggerak komponen mekanik pada sumbu (*Axis X*).

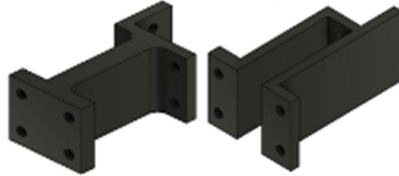
d. *Bracket Stepper Axis Y*



Gambar 2. 23 *Bracket Stepper Axis Y*  
(Sumber: Desain Pribadi, 2023)

Berfungsi sebagai peluncur atau penggerak komponen mekanik pada sumbu (*Axis Y*).

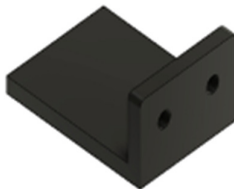
e. *Stand Aluminum Profile*



Gambar 2. 24 *Bracket Wire Place*  
(Sumber: Desain Pribadi, 2023)

Berfungsi sebagai tempat dudukan *aluminum profile*.

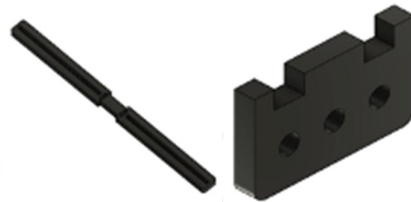
f. *Bracket Foot Machine*



Gambar 2. 25 *Bracket Foot Machine*  
(Sumber: Desain Pribadi, 2023)

Berfungsi sebagai kaki atau penyangga rangka mesin.

g. *Stand Clamp Workpiece*



Gambar 2. 26 *Stand Clamp Workpiece*  
(Sumber: Desain Pribadi, 2023)

*Stand clamp workpiece* berfungsi sebagaiudukan tempat penjepit benda kerja.

## 2.8.2 Komponen Elektronik

a. Motor Stepper



Gambar 2. 27 *Motor Stepper*  
(Sumber: shopee.co.id *Stepper Motor Nema17*,2019)

*Motor Stepper* adalah perangkat elektromekanis yang mengkonversi daya listrik menjadi energi mekanik, yakni dengan mengubah listrik input menjadi gerakan-gerakan mekanis yang diskrit. *Motor stepper* bergerak berdasarkan arus listrik yang diberikan dan diperlukan pengendali yang dapat mengatur arus listrik.

b. *DC Buck Boost*



Gambar 2. 28 *DC Buck Boost*  
(Sumber: Jakartanotebook,2023)

*DC Buck Boost* atau DC Buck Converter adalah rangkaian elektronika yang berfungsi sebagai penurun tegangan DC ke DC (konverter DC-to-DC atau Choppers) dengan metode switching.

c. *Power Supply*



Gambar 2. 29 *Power Supply*  
(Sumber: Tokopedia.com *Power Supply*, 2019)

*Power Supply* berfungsi untuk menyediakan catu daya listrik yang dibutuhkan oleh motor *stepper* maupun motor *servo* untuk bisa bergerak. Jenis dan tipe dari *power supply* ini bermacam-macam, penentuan jenis *power supply* ditentukan berdasarkan pada kebutuhan daya yang akan digunakan dalam merangkai rangkaian kontrol dari masing-masing aktuator yang digunakan. Dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 1 Terminal Power Supply

<i>Encoder Feedback Connector</i>			
<i>Pin</i>	<i>Name</i>	<i>I/O</i>	<i>Description</i>
1	<i>Line</i>	I	<i>Encoder Chanel B+ input</i>
2	N	I	<i>Encoder Chanel B- input</i>
3	GND	I	<i>Encoder Chanel A+ input</i>
4	VCC	I	<i>Encoder Chanel A- input</i>
5	VCC	O	+5v @100mA max
6	EGND	GND	<i>Signal Ground</i>

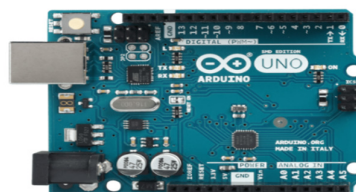
d. *Mikro Limit Switch*



Gambar 2. 30 *Mikro Limit Switch*  
(Sumber: melipandiangan/Micro Switch, 2022)

*Micro switch* adalah salah satu jenis saklar yang mempunyai tugas sebagai pengubah posisi kontak terminal dari NO ke NC atau sebaliknya.

e. *Arduino UNO*



Gambar 2. 31 *Arduino Uno*  
(Sumber: Reslab.sk.fti.unand.ac.id, 2018)

Fungsi arduino uno adalah memudahkan penggunaanya dalam mengendalikan komponen elektronik dengan program seperti LED, motor DC, *relay*, *servo*, *modul*, dan segala jenis sensor.

f. *CNC Shield*



Gambar 2. 32 *CNC Shield*  
(Sumber: [www.tokopedia.com/find/cnc-shield](http://www.tokopedia.com/find/cnc-shield), 2022)

*CNC Shield* adalah sebuah modul untuk *CNC driver* motor *stepper*. *CNC Shield* menggunakan *opensource firmware* GRBL yang berjalan pada arduino uno yang mengubah perintah *G-code* menjadi sinyal *Stepper*.

g. *Driver Motor Stepper*



Gambar 2. 33 *Driver Motor Stepper*  
(Sumber: [www.tokopedia.com/Stepper Motor Driver](http://www.tokopedia.com/Stepper Motor Driver), 2022)

*Driver* motor *Stepper* berfungsi untuk menggerakkan motor seperti motor *stepper* untuk berputar terus menerus dengan mengontrol posisi yang tepat tanpa menggunakan sistem umpan balik dikenal sebagai *driver* motor *stepper*.

#### h. LED Strip



Gambar 2. 34 LED Strip  
(Sumber: Decoration DIY, 2020)

LED strip berfungsi untuk menerangi atau membuat sistem pencahayaan pada ruangan atau objek lainnya pada saat pemotongan benda kerja.

#### i. Laptop/PC



Gambar 2. 35 Laptop/PC  
(Sumber: Wartakepri.co.id, 2021)

Laptop adalah komputer bergerak (bisa dipindahkan dengan mudah) yang berukuran relatif kecil dan ringan, beratnya berkisar dari 1-6 kg, tergantung ukuran, bahan, dari spesifikasi laptop tersebut, laptop dapat digunakan dalam lingkungan yang berbeda dari komputer.

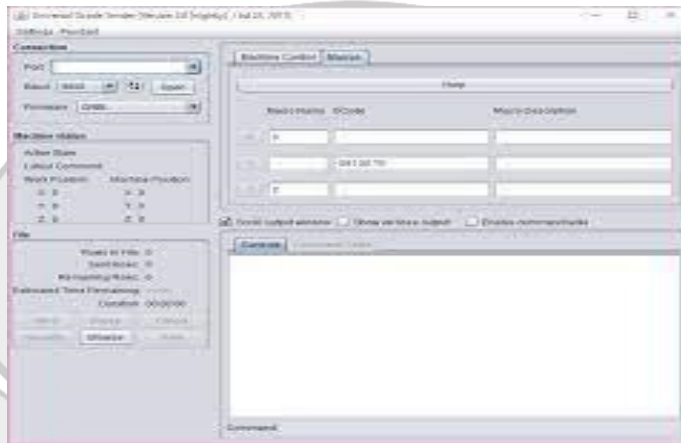
### 2.9 Software Pemrograman NC

Dalam tugas akhir ini akan digunakan beberapa *software* untuk menjalankan mesin CNC *Hot Wire CNC* untuk *Foam* agar dapat berjalan dengan baik. *Software* yang digunakan diantaranya yaitu:

- *Universal Gcode Platform* Versi 2.0. merupakan *software* sistem kontrol perangkat lunak (program komputer) yang digunakan untuk mengontrol

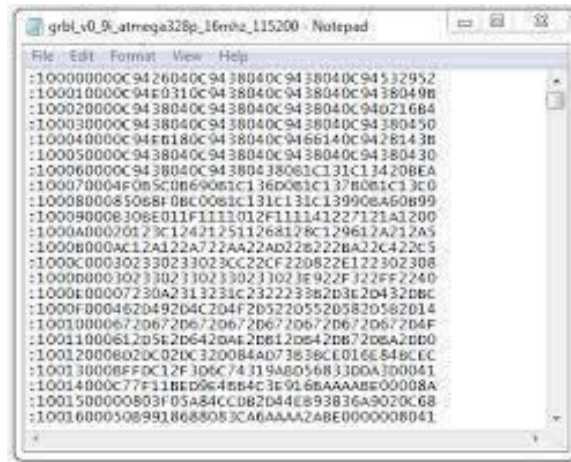


mesin CNC. *Software* tersebut selanjutnya akan diinstal pada perangkat komputer dan bertindak sebagai *interface*. *Universal G-Code Platform* merupakan sebuah *software* yang tersedia dalam bentuk *free version* dan *universal version*. Adapun tampilan program *Universal G-Code Platform* diperlihatkan pada Gambar 2. 37.



Gambar 2. 36 *Software* UGS  
(Sumber: Dokumen Pribadi,2023)

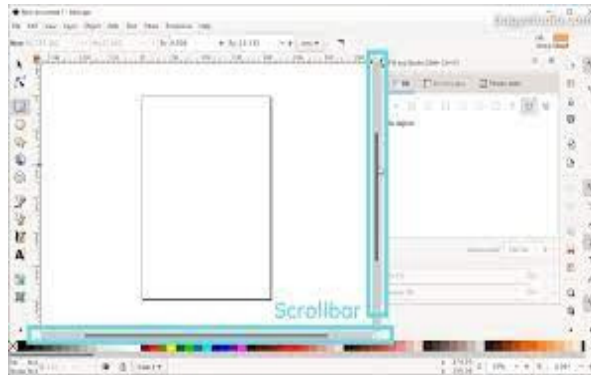
- **GRBL (Coding Gate)** GRBL adalah *coding* yang digunakan untuk penghubung atau *firmware* antara arduino dengan *software* G-Code yang akan digunakan. GRBL yang digunakan adalah jenis V0.9 *Atmega328* yang memang dibuat untuk arduino *Atmega 328*. Jangan merubah isi dari *coding* yang terdapat dalam GRBL dikarenakan dapat membuat program menjadi *error* dan tidak dapat dijalankan. GRBL diperlihatkan pada Gambar 2.38.



Gambar 2. 37 GRBL  
(Sumber: Dokumen Pribadi,2023)

- *Inkscape*.

*Inkscape* adalah sebuah *software* editor vektor grafis berbasis open *source* yang mirip dengan *Adobe Illustrator*, *Corel Draw*, *Freehand*, atau *Xara X*. *Inkscape* menggunakan *Scalable Vector Graphics (SVG)*, XML berbasis standar terbuka (*open*) W3C, sebagai format asli. Sebagai perangkat lunak terbuka (*open source software*) penggunaan dapat dikembangkan, merubah dan mendistribusikannya sekaligus memperolehnya secara bebas. Sama seperti program yang dipakai untuk menggambar lainnya, *Inkscape* dapat digunakan untuk membuat bentuk gambar dasar seperti persegi, lingkaran, segitiga, bintang dan sebagainya sekaligus, memiliki kemampuan untuk merubah dan memanipulasi bentuk-bentuk tersebut dengan rotasi, memperbesar-memperkecil, dan sebagainya. Bentuk gambar dari *Inkscape* dapat dilihat pada Gambar 2.38.



Gambar 2. 38 Tampilan Inkscape  
(Sumber: Dokumen Pribadi,2023)

## 2.10 Optimasi dengan metode Taguchi

Dr. Taguchi dari *Nippon Telephones and Telegraph Company*, Jepang telah mengembangkan metode berdasarkan eksperimen “*Orthogonal Array*” yang memberikan “variansi” yang jauh berkurang untuk eksperimen dengan "pengaturan optimal" dari parameter kontrol. Dengan demikian perkawinan Desain Eksperimen dengan optimalisasi parameter kontrol untuk mendapatkan hasil terbaik dicapai dalam Metode Taguchi. "*Orthogonal Arrays*" (OA) menyediakan serangkaian eksperimen (minimum) yang seimbang dan rasio *Signal-to-Noise* (S/N) Dr. Taguchi, yang merupakan fungsi *log* dari *output* yang diinginkan, berfungsi sebagai fungsi objektif untuk pengoptimalan, membantu dalam analisis data dan prediksi hasil optimal (Baby and Shunmugesh, 2019).

Metode desain eksperimental Taguchi memberikan pendekatan yang sederhana, efisien, dan sistematis untuk optimalisasi desain eksperimental untuk kualitas kinerja dan biaya (Shaji and Radhakrishnan, 2003). Metode Taguchi digunakan selama perancangan parameter untuk kontrol kualitas produk dan optimalisasi prosedur untuk mendapatkan hasil terbaik. Dengan demikian, metode Taguchi digunakan untuk mengetahui pengaruh parameter proses terhadap

karakteristik kualitas (K. Li et al. 2019). Metode Taguchi adalah perangkat lunak statistik (untuk tujuan optimalisasi), yang memungkinkan kinerja rasio sinyal terhadap kebisingan (S/N), dalam desibel (dB), untuk menentukan respons (Kalagi et al. 2021). Metode Taguchi menggunakan desain percobaan (sebagai alat statistik) untuk melakukan percobaan dengan jumlah minimum menggunakan *orthogonal array*. Kombinasi dan kontribusi masing-masing faktor (variabel) dilakukan untuk menentukan signifikansi parameter proses dan menunjukkan kondisi optimal (Canbolat et al. 2019). Selain rasio S/N, teknik analisis varians (ANOVA) digunakan untuk menentukan signifikansi faktor eksperimen (Absike et al. 2021). Tujuan ANOVA adalah untuk menentukan parameter yang secara statistik signifikan mempengaruhi karakteristik kualitas dalam penelitian eksperimental yang dirancang (Ozcelik and Erzurumlu, 2006).

Desain eksperimen ortogonal Taguchi digunakan dalam analisis teknik (Tang et al. 2007). Pendekatan Taguchi mempertimbangkan semua parameter dengan sejumlah kecil percobaan di bawah desain *orthogonal array* yang berbeda. Untuk mengukur parameter kualitas yang menyimpang dari nilai yang diinginkan, semua data percobaan ditransformasikan ke dalam rasio S/N. Umumnya, ada tiga macam karakteristik kualitas termasuk lebih kecil-lebih baik (*smaller-the-better*), nominal-lebih baik (*nominal-the-better*) dan lebih tinggi-lebih baik (*higher-the-better*) (Vankanti and Ganta, 2014). Rasio S/N untuk setiap jenis karakteristik kualitas dapat dihitung dengan persamaan-persamaan berikut (Hasçalik and Çaydaş 2008), (Ferdous, Manalo, and Aravinthan, 2017), (Kackar, 1985) :

1. Lebih rendah lebih baik, kapan tujuannya adalah untuk meminimalkan respons.

S/N dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

*Smaller-the-better* (jika diperlukan nilai yang lebih kecil):

$$s/N \text{ ratio} = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{ij}^2 \right)$$

Di sini, 'y<sub>i</sub>' adalah nilai respon dan 'n' adalah jumlah ulangan

2. Nominal lebih baik: pilih kapan sarannya adalah menargetkan respons dan itu diperlukan untuk mendasarkan S/N pada standar deviasi saja. S / N dihitung seperti dalam persamaan berikut:

*Nominal-the-better* (jika diperlukan nilai sedang)

$$s/N \text{ ratio} = 10 \log \left( \frac{\bar{Y}^2}{s^2} \right)$$

Rasio S/N untuk setiap jenis karakteristik kualitas dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Dimana : } \bar{Y} = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_n}{n} \text{ dan } S^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{Y})^2}{n-1}$$

3. Lebih tinggi lebih baik: kapan tujuannya adalah untuk memaksimalkan respons.

S / N dihitung seperti dalam persamaan dibawah ini:

*Higher-the-better* (jika diperlukan nilai yang lebih tinggi):

$$s/N \text{ ratio} = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_{ij}^2} \right)$$

Sedangkan DoF dihitung dengan persamaan berikut ini:

Degree of freedom (DOF) (Siva, Valarmathi, and Palanikumar, 2020),

$$df_{wf} = k-1$$

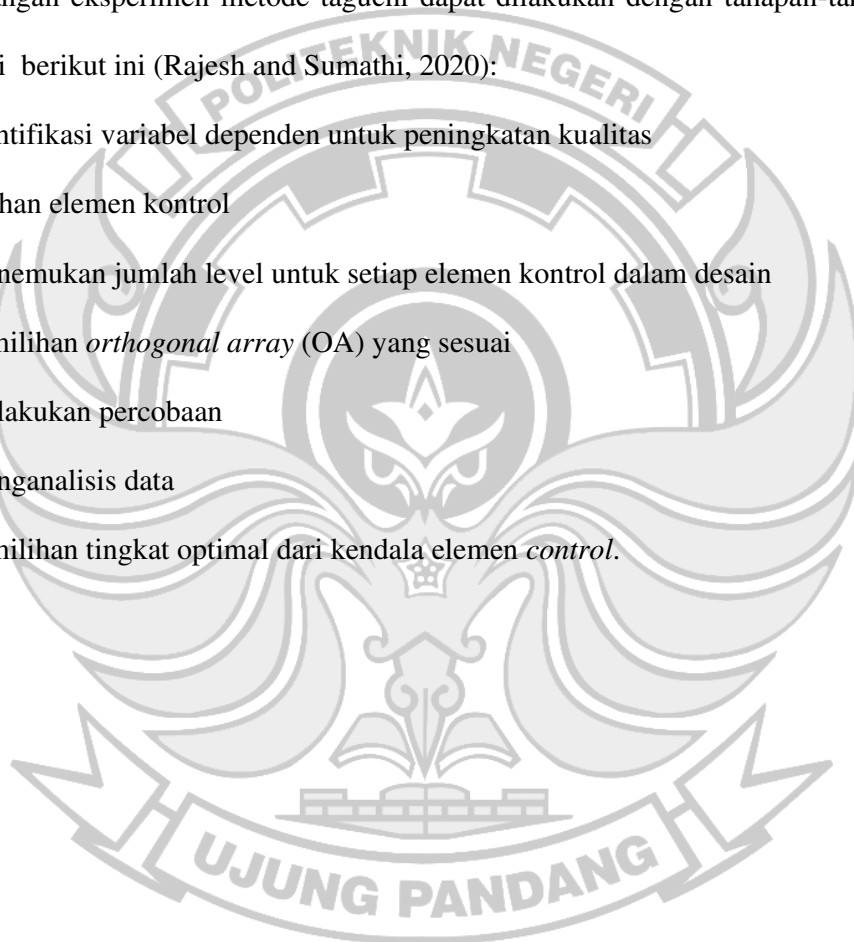
Mean of squares (MS)

$$MS_w = \frac{\text{Sum of squares (MS)}}{DOF}$$

Terdapat beberapa penelitian lainnya yang melakukan optimasi berbasis Taguchi terhadap sifat-sifat material (Raza and Anwar, 2017).

Rancangan eksperimen metode taguchi dapat dilakukan dengan tahapan-tahapan seperti berikut ini (Rajesh and Sumathi, 2020):

1. Identifikasi variabel dependen untuk peningkatan kualitas
2. Pilihan elemen kontrol
3. Menemukan jumlah level untuk setiap elemen kontrol dalam desain
4. Pemilihan *orthogonal array* (OA) yang sesuai
5. Melakukan percobaan
6. Menganalisis data
7. Pemilihan tingkat optimal dari kendala elemen *control*.



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Kegiatan Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC *Hot Wire* Untuk *Foam* dilaksanakan di Bengkel Mekanik dan Laboratorium Desain Politeknik Negeri Ujung Pandang selama lima bulan dari Februari hingga Juli 2023.

### 3.2 Alat dan Bahan

#### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam pengembangan mesin CNC *hot wire* untuk *foam* merupakan peralatan standar dalam permesinan, adapun peralatan yang digunakan sebagai berikut:

- |                              |                                       |
|------------------------------|---------------------------------------|
| 1. APD (Alat pelindung diri) | 11. Kunci inggris                     |
| 2. Mesin bor                 | 12. Penggores (Pulpen)                |
| 3. Multimeter                | 13. Meteran                           |
| 4. Gerinda tangan            | 14. Mesin <i>laser cutting</i> CO2    |
| 5. Mesin <i>3D print</i>     | 15. Palu besi                         |
| 6. Jangka sorong             | 16. Kunci L                           |
| 7. Kunci pas                 | 17. Tang                              |
| 8. Obeng                     | 18. <i>Wire strippers</i> multifungsi |
| 9. Gergaji                   | 19. <i>Solder</i>                     |
| 10. <i>Hot gun</i>           | 20. Mesin bor duduk                   |

### 3.2.2 Bahan

Bahan yang akan digunakan dalam proses pengembangan mesin CNC *hot wire* untuk *foam* sebagian besar menggunakan *aluminium profile* V-Slot yang sebelumnya dirancang dengan matang dan sesuai dengan kebutuhan. Adapun bahan yang digunakan sebagai berikut:

1. Aluminium profile 2020
2. Aluminium profile 2060
3. *Nikelin wire*
4. Nema 17 motor *stepper*
5. CNC *shield*
6. Driver motor *stepper*
7. Arduino Uno
8. GT2 *timing belt*
9. Baut L
10. *Push button*
11. V-Wheel
12. Mur
13. *Nozzle*
14. Spacer aluminium
15. *Extruder 3D print*
16. Akrilik
17. Kabel *stepper*
18. Kabel jumper
19. Saklar ON/OFF
20. *Idler pulley*
21. *Limit switch*
22. Filament PLA+
23. *Power supply*
24. Selongsong bakar

### 3.3 Prosedur dan Langkah Kerja

Dalam proses Pengembangan Mesin CNC *Hot Wire* Untuk *Foam* ini ada beberapa tahapan atau proses yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

#### 3.3.1 . Studi Literatur

Pada tahap ini akan dilakukan pengumpulan informasi dan data kepustakaan yang berkaitan dengan kegiatan yang akan dilakukan.



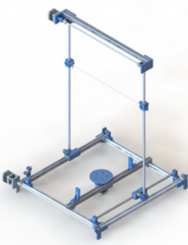
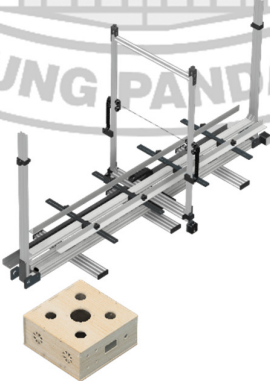
### 3.3.1 Tahap Perancangan



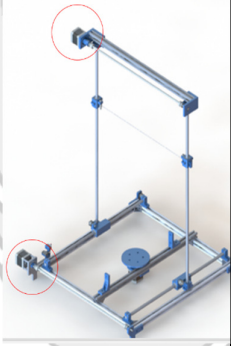
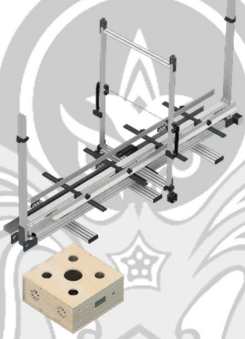
Pada tahap ini kegiatan - kegiatan yang dilakukan yaitu:

1. Membuat rancangan desain pengembangan mesin *CNC Hot Wire* untuk *Foam*.
2. Memilih bahan atau material untuk setiap komponen yang akan digunakan.
3. Merancang dimensi konstruksi dan kekuatan utama rangka mesin.
4. Membuat gambar rancangan atau desain mesin (*Software Autodesk Fusion 360*).
5. Persiapan alat dan bahan yang digunakan.

Untuk perbandingan perancangan desain sebelumnya dan desain yang dibuat sekarang dapat dilihat lebih jelas pada tabel berikut:

Tabel 3. 1 Perancangan Mesin

No.	Desain Sebelumnya	Pengembangan Desain	Keterangan
1.			modifikasi desain konstruksi mesin dengan area kerja yang lebih besar dimana desain yang dibuat sebelumnya berukuran 400 mm x 400 mm x 600 mm di modifikasi menjadi 1000 mm x 400 mm x 500 mm.

No.	Desain Sebelumnya	Pengembangan Desain	Keterangan
2.			Untuk rangka bagian atas dan penggeraknya dimodifikasi yang awalnya menggunakan <i>shaft as</i> diubah menjadi aluminium profil.
3.			Dilakukan modifikasi dengan Penambahan motor stepper dari 3 motor menjadi 4 motor. Dan letak posisi motornya di ubah.

### 3.3.2 Perhitungan Kekuatan Gaya Motor Stepper terhadap Berat Mesin

#### A. Perencanaan Daya Motor

Untuk membuat mesin CNC *Hot Wire* untuk *Foam* perlu dibuat perencanaan Daya Motor yang sesuai dengan kebutuhan mesin. Motor stepper yang digunakan ada 2 jenis, yaitu

- Untuk sumbu X menggunakan motor Stepper Nema 17 yang memiliki torsi maksimum sebesar 0,52 N.m

- Untuk sumbu Y menggunakan motor Stepper Nema 17 yang memiliki torsi maksimum sebesar 0,4 N.m

Maka, untuk mengetahui beban maksimum yang dapat digerakan oleh motor Stepper Nema 17 adalah:

$$T_{max X} = 0,52 \text{ N.m}$$

$$T_{max Y} = 0,4 \text{ N.m}$$

Motor stepper Nema 17 diatur 200 pulse/rotasi dan kecepatan pulse masuk 800 pulsa/ detik, maka dapat direncanakan kecepatan putar motor.

$$n = 60 \frac{pps}{np}$$

$$n = 60 \frac{800}{200}$$

$$n = 240 \text{ rpm}$$

Keterangan:

n= Kecepatan putar motor (Rpm)

Pps= Kecepatan pulsa motor (Pulsa/ detik)

Np= Banyaknya pulsa satu kali putar (Pulsa/ rotasi)

### 1. Perencanaan daya motor sumbu X

$$T_{max} = 0,52 \text{ N.m}$$

Diperlukan 2 motor stepper menggerakkan sumbu X

Maka

$$T_{max} = 0,52 \text{ N.m} \times 2$$

$$T_{max} = 1,04 \text{ N.m}$$

$$T_{max} = m_{max} \times g \times r$$

$$m_{max} = \frac{T_{max}}{g \times r}$$

$$m_{max} = \frac{1,04 \text{ N.m}}{9,8 \times 0,005}$$

$$m_{max} = 21 \text{ Kg}$$

Berat yang dibebankan pada motor stepper sumbu X

a. Massa sumbu X

- Motor Stepper

$$m = 300 \text{ gram}$$

Terdapat 2 motor stepper

Maka

$$m = 300 \text{ gram} \times 2$$

$$m = 600 \text{ gram} > 0,6 \text{ Kg}$$

- V Wheel

$$m = 20 \text{ gram}$$

Terdapat 16 V Wheel

Maka

$$m = 20 \text{ gram} \times 16$$

$$m = 320 \text{ gram} > 0,32 \text{ Kg}$$

- Bracket Stepper X

$$m = 100 \text{ gram}$$

Terdapat 2 Bracket Stepper

Maka

$$m = 100 \text{ gram} \times 2$$

$$m = 200 \text{ gram} > 0,2 \text{ Kg}$$

- Gantry X

$$m = 300 \text{ gram}$$

$$m = 0,3 \text{ Kg}$$

- Drag Chain 7x7

$$m = 100 \text{ gram}$$

Terdapat 2 dragchain

Maka

$$m = 100 \text{ gram} \times 2$$

$$m = 200 \text{ gram} > 0,2 \text{ Kg}$$

- Drag Chain 18x25

$$m = 500 \text{ gram}$$

$$m = 500 \text{ gram} > 0,5 \text{ Kg}$$

- V Slot 2060 460mm

$$m = 500 \text{ gram}$$

$$m = 500 \text{ gram} > 0,5 \text{ Kg}$$

- Gantry Y

$$m = 100 \text{ gram}$$

Terdapat 2 Bracket Stepper

Maka

$$m = 100 \text{ gram} \times 2$$

$$m = 200 \text{ gram} > 0,2 \text{ Kg}$$

$$m_{tot} = \text{massa motor stepper} + \text{massa v wheel} + \text{massa Drag Chain} +$$

*massa bracket stepper x + massa gantry X + massa V Slot 2060 + massa gantry Y*

$$m_{tot} = (0,6 + 0,32 + 0,7 + 0,2 + 0,3 + 0,5 + 0,2) \text{ Kg}$$

$$m_{tot} = 2,82 \text{ Kg}$$

- b. Gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan sumbu X

$$F = m \times g$$

$$F = 2,82 \text{ Kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$F = 28 \text{ N}$$

- c. Torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan sumbu X

$$T = F \times r$$

$$T = 28 \text{ N} \times 0,005 \text{ m}$$

$$T = 0,14 \text{ N.m}$$

- d. Daya motor stepper yang dibutuhkan

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

$$\omega = \frac{2\pi 240}{60}$$

$$\omega = 25,12 \text{ rad/sec}$$

Sehingga dapat ditentukan daya yang di butuhkan untuk menggerakkan sumbu X adalah:

$$P = T \times \omega$$

$$P = 0,14 \times 25,12$$

$$P = 3,51 \text{ watt}$$

Beban maksimum yang mampu digerakkan oleh motor stepper Nema 17 pada sumbu X adalah 21 Kg. Sedangkan, beban total yang diterima oleh motor stepper pada sumbu X adalah 2,82 Kg. dapat disimpulkan bahwa beban motor stepper pada sumbu X dapat digunakan.

## 2. Perencanaan Daya motor Sumbu Y

$$T_{max} = 0,4 Nm$$

Diperlukan 2 motor stepper untuk menggerakkan sumbu Y

Maka

$$T_{max} = 0,4 Nm \times 2$$

$$T_{max} = 0,8 Nm$$

$$T_{max} = m_{max} \times g \times r$$

$$m_{max} = \frac{T_{max}}{g \times r}$$

$$m_{max} = \frac{0,8 Nm}{9,8 \times 0,005}$$

$$m_{max} = 16 Kg$$

### a. Massa sumbu Y

- Gantry Y

$$m = 100 gram$$

Terdapat 2 Bracket Stepper

Maka

$$m = 100 gram \times 2$$

$$m = 200 gram > 0,2 Kg$$

- Drag Chain 7x7

$$m = 100 \text{ gram}$$

Terdapat 2 dragchain

Maka

$$m = 100 \text{ gram} \times 2$$

$$m = 200 \text{ gram} > 0,2 \text{ Kg}$$

- V Wheel

$$m = 20 \text{ gram}$$

Terdapat 8 V Wheel

Maka

$$m = 20 \text{ gram} \times 8$$

$$m = 160 \text{ gram} > 0,16 \text{ Kg}$$

$$m_{tot} = \text{massa gantry Y} + \text{massa Drag Chain} + \text{massa v wheel}$$

$$m_{tot} = 0,2 + 0,2 + 0,16 \text{ Kg}$$

$$m_{tot} = 0,56 \text{ Kg}$$

- b. Gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan sumbu Y

$$F = m \times g$$

$$F = 0,56 \text{ Kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$F = 5,5 \text{ N}$$

- c. Torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan sumbu X

$$T = F \times r$$

$$T = 5,5 \text{ N} \times 0,005 \text{ m}$$

$$T = 0,028 \text{ N.m}$$



d. Daya motor stepper yang dibutuhkan

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

$$\omega = \frac{2\pi 240}{60}$$

$$\omega = 25,12 \text{ rad/sec}$$

Sehingga dapat ditentukan daya yang di butuhkan untuk menggerakkan sumbu

X adalah:

$$P = T \times \omega$$

$$P = 0,028 \times 25,12$$

$$P = 0,70 \text{ watt}$$



Beban maksimum yang mampu digerakkan oleh motor stepper Nema 17 pada sumbu Y adalah 16 Kg. Sedangkan, beban total yang diterima oleh motor stepper pada sumbu Y adalah 0,56 Kg. dapat disimpulkan bahwa beban motor stepper pada sumbu Y dapat digunakan.

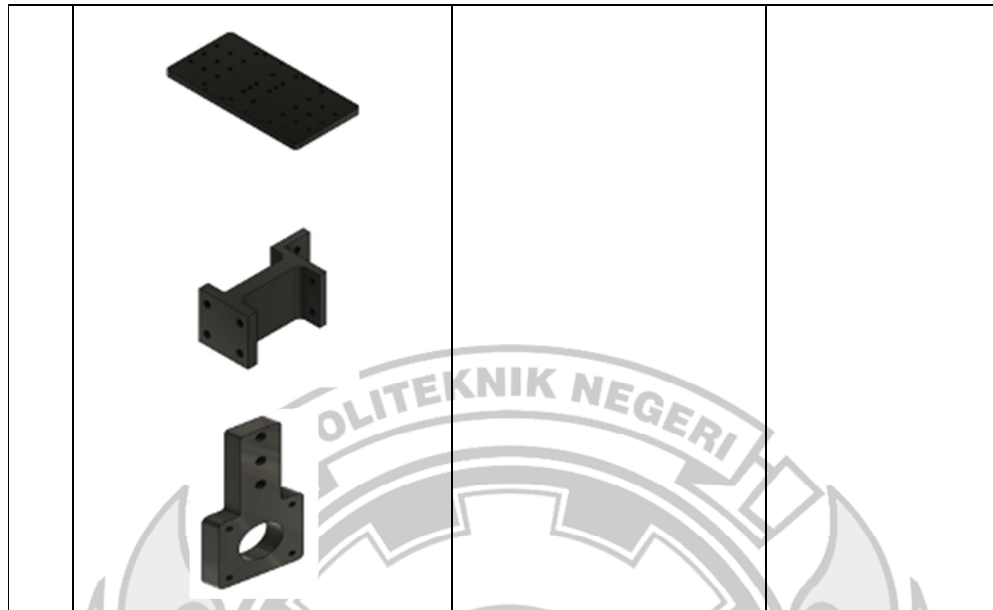
### 3.3.3 Tahap Pembuatan

Setelah dilakukan tahap perancangan, maka tahap berikutnya adalah tahap pembuatan. Tahap pembuatan mesin CNC untuk *foam* ini dilakukan berdasarkan pengelompokan komponen-komponen. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan dalam proses pengerjaan dan perakitan CNC *hot wire* untuk *foam*.

Adapun penjelasan dari tahap pembuatan komponen-komponen tersebut, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. 2 Proses Pembuatan Komponen-Komponen Mesin

No	Nama Komponen	Tahap Pengerjaan	Bahan dan Alat
1.	<p>Rangka Mesin</p> 	<p>a) Aluminium profile dipotong beberapa bagian sesuai ukuran pada desain gambar.</p> <p>b) Bahan yang telah dipotong tersebut kemudian dirakit membentuk konstruksi, kemudian disambung satu sama lain dengan baut dan mur.</p>	<p>a) Bahan: Aluminium, baut, dan mur.</p> <p>b) Alat: mesin Gerinda tangan, kunci pas, bor duduk dan kunci L.</p>
2.	<p><i>3D Print part dan Cutting Part</i></p> 	<p>a) Mendesain gambar di software <i>Autodesk Fusion 360</i>.</p> <p>b) Desain yang telah dibuat dicetak pada mesin <i>3D Printer</i> dan di <i>cutting</i> di laser CO<sub>2</sub>.</p>	<p>a) Bahan: Filamen PLA+ dan Akrilik</p> <p>b) Alat: PC/Laptop dan mesin <i>3D printer</i> <i>Laser Cutting CO<sub>2</sub></i></p>




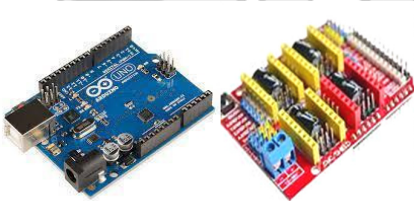



### 3.3.4 Komponen Standar

Komponen standar adalah semua komponen yang terdapat dalam pembuatan mesin CNC *hot wire* untuk *foam*, komponen standar ini merupakan komponen yang tidak dibuat secara langsung.

Tabel 3. 3 Komponen-Komponen Standar

No	Nama Komponen	Tahap Pengerjaan
1	V Wheel 	Jenis bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.
2	<i>Nikelin Wire</i>	Jenis bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.

No	Nama Komponen	Tahap Pengerjaan
		
3	<p><i>Motor Stepper Nema 17</i></p> 	<p>Jenis bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.</p>
4	<p><i>Power Supply</i></p> 	<p>Jenis bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.</p>
5	<p><i>Arduino Uno dan CNC Shield</i></p> 	<p>Jenis bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.</p>
6	<p><i>Driver Motor Stepper</i></p> 	<p>Jenis bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.</p>

No	Nama Komponen	Tahap Pengerjaan
7	Baut dan Mur 	Jenis bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.
8	<i>Spacer</i> 	Jenis bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.
9	<i>LED Strip</i> 	Jenis bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.
10	<i>GT2 Timing Belt</i> 	Jenis bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.
11	<i>DC Buck Boost</i> 	Jenis bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.

No	Nama Komponen	Tahap Pengerjaan
12	GT2 Idler Pulley 	Jenis bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.
13	Belt Tensioner 	Jenis bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.
14	Kabel 	Jenis bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.
15	Timah Solder 	Jenis bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.

### 3.3.5 Tahap Perakitan

Proses perakitan merupakan proses merangkai atau menggabungkan tiap komponen menjadi bentuk yang saling mendukung sehingga terbentuk suatu mekanisme kerja yang sesuai dengan yang direncanakan sebelumnya. Tahapan

perakitan mesin terdiri dari tahapan perakitan mekanik dan perakitan elektrik.

a) Perakitan Mekanik

1. Merakit *aluminium profile* antara satu sama lain dengan menggunakan baut M5x60. Sehingga membentuk sebuah bingkai dasar mesin.
2. Merakit *gantry* untuk sumbu X dengan menggabungkan *part-part* yang telah dibuat ataupun dibeli.
3. Memasukkan *gantry* sumbu X ke jalur aluminium profile yang telah dibuat tadi lalu dikencangkan menggunakan baut L.
4. Selanjutnya pemasangan aluminium *profile* untuk jalur sumbu Y dengan cara disatukan dengan *gantry* sumbu X yang telah dibuat tadi lalu dikencangkan menggunakan baut L.
5. Setelah itu, Merakit Gantry untuk sumbu Y dengan menggabungkan *part-part* yang telah dibuat ataupun dibeli.
6. Setelah semua rangka dirakit, memasukkan gantry sumbu Y ke jalur aluminium *profile* yang telah dibuat tadi lalu dikencangkan menggunakan baut L.
7. Setelah itu, memasang *belt tensioner* ujung jalur sumbu Y yang telah diberi gantry Y.
8. Memasang motor *stepper* pada gantry sumbu X yang telah dibuat.
9. Menghubungkan kaki mesin ke rangka mesin yang telah dibuat.
10. Memasang aluminium *profile* yang berfungsi sebagai tempat benda kerja pada rangka mesin menggunakan baut L.
11. Memasang *clamp* benda kerja ke rangka mesin yang dibuat.

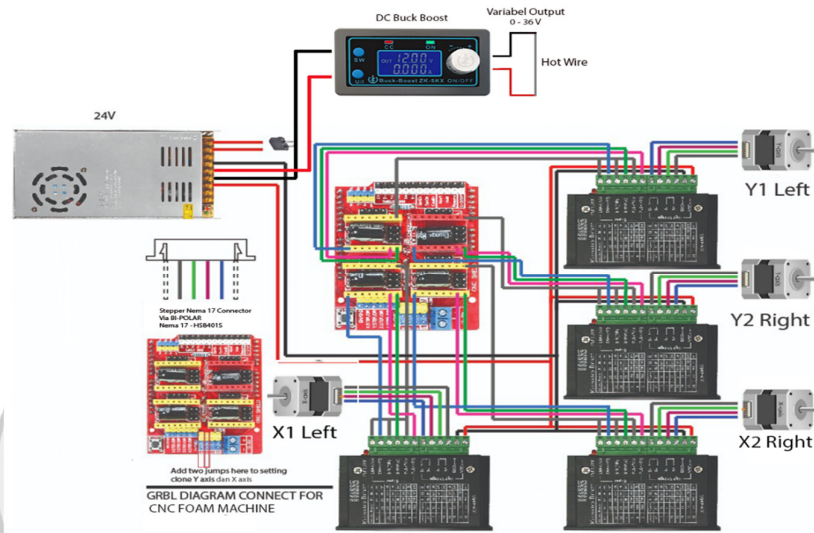
12. Selanjutnya, memasang *box control* pada rangka mesin.
13. Terakhir, pemasangan *Hot Wire* (Kawat Panas) di bagian ujung *gantry* sumbu Y dengan cara dikaitkan satu sama lain antara sumbu Y yang satu dengan sumbu Y lainnya.

b) Perakitan Elektronik

1. Menentukan jumlah pulsa dan arus yang akan digunakan untuk setelan putaran pada setiap *motor stepper*. Setelah itu, melakukan settingan pada setiap *driver motor* terkait dengan jumlah pulsa dan arus.
2. Memasang *CNC Shield* pada Arduino uno.
3. Memasang instalasi perkabelan pada setiap *driver motor* yang dihubungkan ke *CNC shield* sesuai dengan modul setiap pin.
4. Memasang instalasi perkabelan pada setiap *driver motor* yang dihubungkan ke *power supply*.
5. Memasang sakelar *emergency* pada kabel *driver motor* ke *power supply*, untuk memutus aliran listrik jika terjadi kegagalan program.
6. Memasang kabel *ac noise filter* pada *power supply*, yang dihubungkan dengan kabel *power*
7. Memasang sakelar ON/OFF pada kabel *ac noise filter*, lampu, DC Buck Boost, dan driver sebagai tombol *power machine*.
8. Memasang instalasi kabel *fan cooler* pada *power supply*.
9. Kemudian, gunakan kabel USB ke Arduino uno untuk mengkoneksikan PC/Laptop.



Adapaun diagram alir perakitan elektronik dapa dilihat pada gambar dibawah ini:

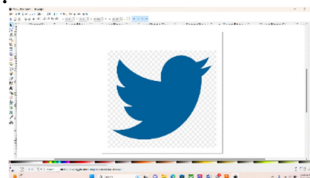


Gambar 3. 1 Diagram Alir Sistem Kontrol  
(Sumber: Dokumen Pribadi,2023)

### 3.4 Langkah-langkah Pengujian

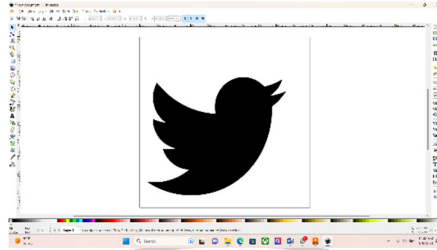
Dalam tahap pengujian ini dipastikan komponen-komponen alat sudah terpasang dengan benar agar dalam pengujian tidak ada komponen yang tidak berfungsi dengan baik. Adapun tahapan pengujian yang akan dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Memasukkan desain 2D berbentuk file gambar aplikasi inkscape untuk merubah file ke G code.



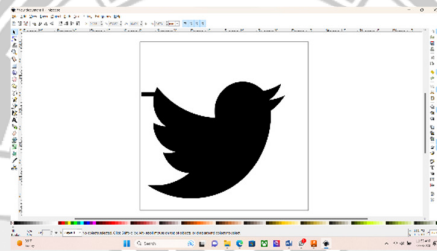
Gambar 3. 2 Desain 2D inkscape

2. Mengonversi gambar ke format vektor menggunakan fitur *trace bitmap*.



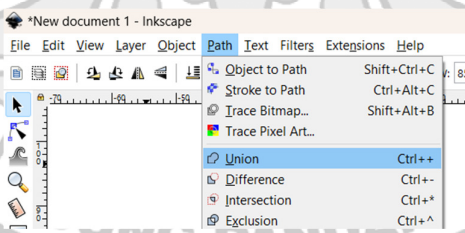
Gambar 3. 3 Trace bitmap

3. Menghubungkan semua bagian yang terpisah menjadi satu menggunakan shape kotak.



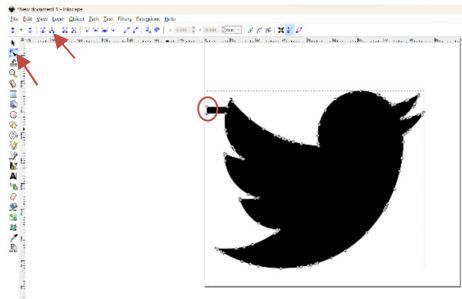
Gambar 3. 4 Shape kotak.

4. Menggunakan fitur *Union* untuk menggabungkan shape kotak dengan gambar 2D.



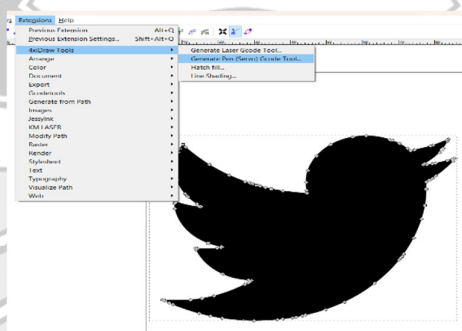
Gambar 3. 5 Letak fitur *union*

5. Menentukan titik awal pemotongan dengan menggunakan menu edit paths by nodes kemudian dilanjutkan dengan menggunakan menu break path at selected notes.



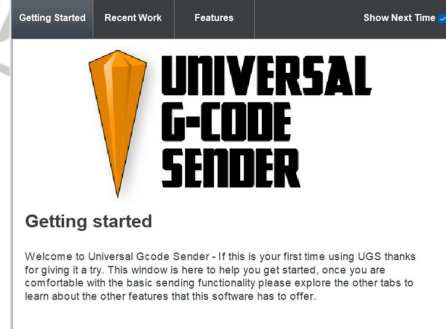
Gambar 3. 6 Fitur *Break Path*

6. Melakukan proses penerjemahan gambar untuk menghasilkan bahasa pemrograman atau G-code menggunakan fitur *generate pen (servo) gcode tools*.

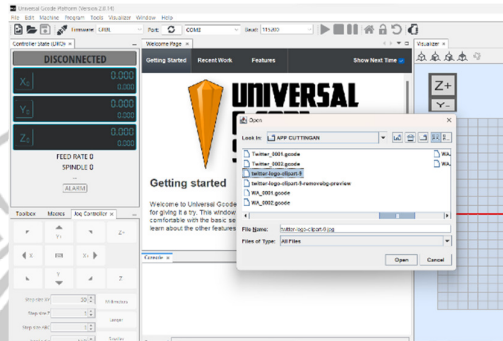


Gambar 3. 7 letak fitur *generate pen (servo) gcode tools*.

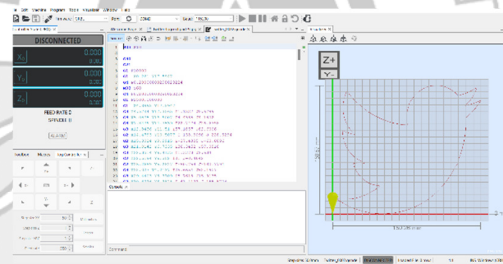
7. Masuk ke aplikasi UGS ( Universal G-code Sanders) lalu menghubungkan Arduino ke aplikasi.



8. Mengembalikan pergerakan stepper ke titik awal referensi atau homing dari mesin itu sendiri.
9. Masuk ke file pilih G-code yang ingin dibuat dan muncul alur pahat pada gambar.



Gambar 3. 8 File Gcode yang akan dibuat



Gambar 3. 9 Alur pemotongan pahat

10. Memasang dan mencekam benda kerja.
11. Memanaskan kawat menggunakan DC Buck Boost.
12. Memulai pengerjaan dengan menekan tombol *play*.
13. Tunggu proses pemotongan berakhir.
14. Matikan kawat dan buka pencekam lalu lakukan pengukuran hasil produk dari mesin dengan mengukur penyimpangan ukuran produk.
15. Mengulangi proses diatas hingga beberapa kali untuk membandingkan penyimpangan ukuran yang terjadi pada produk tersebut.

16. Mematikan mesin dengan cara memutuskan koneksi antara Arduino dengan aplikasi dan mencabut kabel USB.

17. Mematikan daya Arduino yang terhubung ke *power supply*.

### 3.5 Pengujian Radius

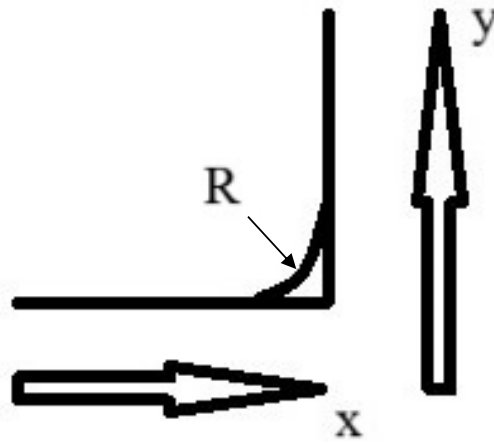
Penyimpangan radius terjadi karena adanya faktor tingginya suatu tegangan dan kecepatan.

Menurut Taguchi (1986) pada penelitian ini bertujuan untuk memaksimalkan suatu produk yang dihasilkan yang mendekati nol. Sehingga metode rasio SB (*smaller-the-better*) diadopsi menemukan hasil tertinggi dari kombinasi parameter terbaik memprediksi Df tertinggi.

Berdasarkan penjelasan diatas maka hal yang dapat mempengaruhi terjadinya radius yaitu faktor yang mempengaruhi pemotongan foam (gabus) terhadap radius terbentuk yang diperoleh dari hasil analisis varians (ANOVA) yaitu parameter tegangan dan kecepatan potong yang berkontribusi tinggi memberikan pengaruh paling signifikan terhadap pembentukan radius yang kecil mendekati nol.

Dengan begitu maka terjadinya suatu penyimpangan radius dapat disebabkan oleh pengaruh dari parameter tegangan yang tinggi dan parameter kecepatan potong yang semakin meningkat.

Berikut contoh gambar hasil radius :



Gambar 3. 10 Radius Terbentuk

Keterangan:

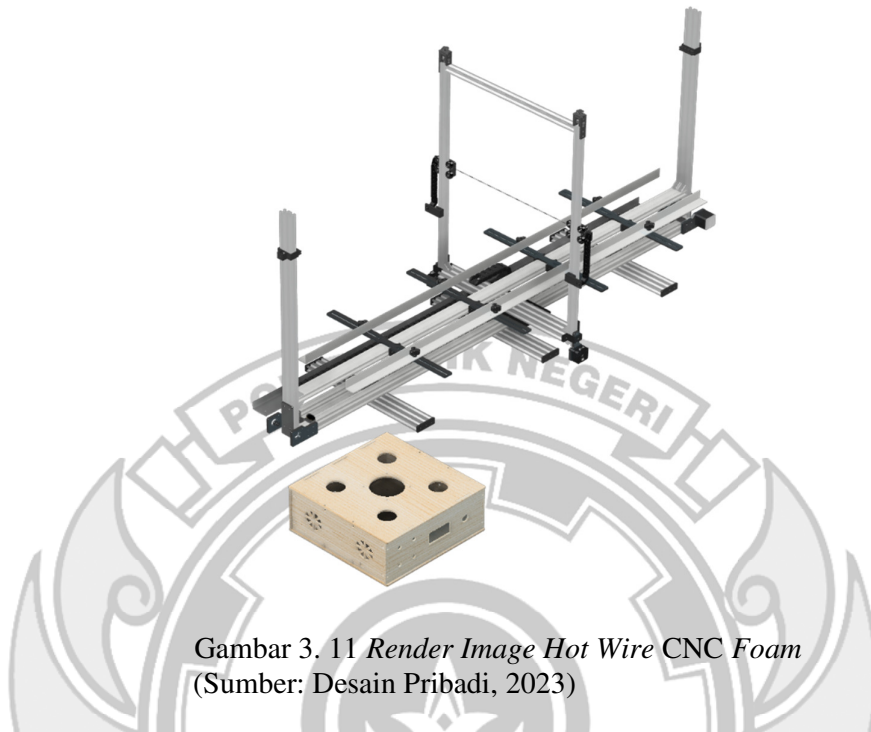
X = Sumbu x

Y = Sumbu y

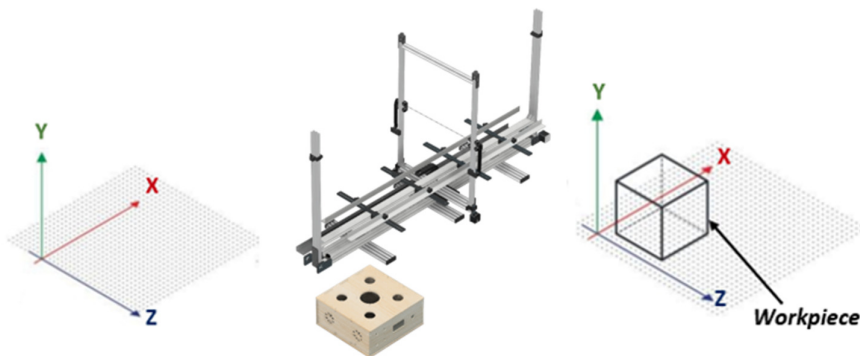
R = Radius terbentuk

### 3.6 Teknik Analisa Data

Setelah melakukan proses perancangan, pembuatan dan perakitan, maka diperoleh data yang akan dianalisa secara deskriptif, yaitu data yang telah terkumpul dianalisa dengan melihat apakah mesin CNC *hot wire* ini berfungsi dengan baik dan menghasilkan produk yang memiliki akurasi ukuran sesuai toleransi umum dan variabel yang diukur yaitu penyimpangan ukuran produk.



Gambar 3. 11 *Render Image Hot Wire CNC Foam*  
(Sumber: Desain Pribadi, 2023)



Gambar 3. 12 Titik Referensi Mesin *Hot Wire CNC* untuk *Foam*  
(Sumber: Desain Pribadi, 2023)

Keterangan:

- Titik referensi terletak dibagian tampak kiri mesin atau di dalam area kerja.
- Sumber panas yang jelas untuk memanaskan kawat sebesar  $\pm 24$  VDC dengan mengaitkan kabel dari ujung kawat ke ujung kawat lainnya dan dapat diatur dengan menggunakan *DC Buck Boost* untuk mengontrol panas

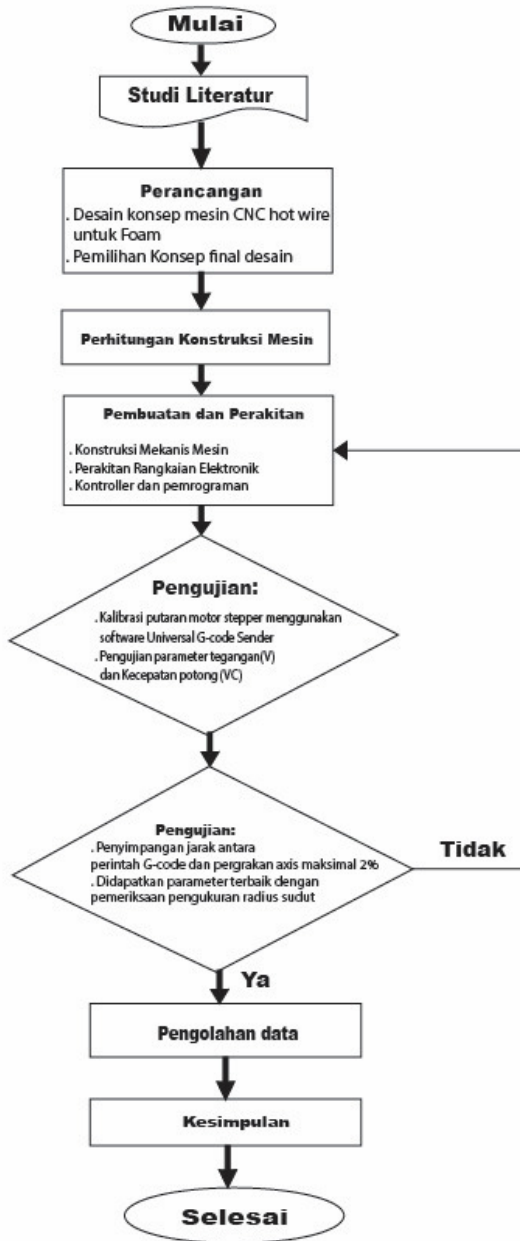
kawat tergantung jenis foam yang digunakan pada saat pengerjaan atau pembuatan produk.

### 3.6 Diagram Alir Rancang Bangun

Dalam proses perancangan mesin CNC *hot wire* ini, diharapkan dapat dilakukan dengan mengikuti alur atau tahapan yang telah direncanakan, adapun alur perancangan rancang bangun mesin CNC *hot wire* dapat dilihat melalui Gambar 3.8. dibawah ini:







Gambar 3. 13 Diagram alir pengerjaan  
(Sumber: Desain Pribadi, 2023)

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas tentang pengujian berdasarkan pengembangan dari sistem yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan dari alat, apakah alat sudah berjalan dengan perencanaan atau tidak juga untuk mengetahui kekurangan dan kelebihan sistem yang dirancang.

### 4.1 Biaya Manufaktur Pembuatan Mesin CNC *Hot Wire* untuk *Foam*

#### 4.1.1 Biaya Bahan Langsung

Biaya langsung adalah biaya yang terpakai selama produksi satu unit produk. Jumlah keseluruhan biaya untuk bahan pembuatan mesin CNC *hot wire* untuk *foam* ini dapat dilihat pada rincian biaya bahan langsung berikut:

Tabel 4. 1 Biaya bahan langsung

No	Nama	Quantity	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	V Slot Aluminium Profile 2060	123 cm	81.600	45.500
2	V Slot Aluminium Profile 2020	237 cm	690	163.300
3	V Slot Aluminium Profile 2040	300 cm	1.050	315.200
4	V Slot Aluminium Profile 4080	150 cm	4.762	714.300
5	V Slot Aluminium Profile 2060	61 cm	2.016	123.000
6	Siku Aluminium 25 mm x 25 mm	2	34.500	69.000
7	Siku Aluminium 50 mm x 25 mm	150 cm	1.266	189.900
8	Motor Stepper Nema 17 1.8 A	1	269.600	269.600
9	Motor Stepper Nema 17 1.7 A	2	102.000	204.000
10	Power Supply 24 V	1	119.000	119.000
11	Arduino UNO ATmega328P	1	164.300	164.300
12	TB6600	5	74.820	374.100
13	Cable AC Computer	1,5 m	11.000	11.000
14	DC Buck Boost	1	209.000	209.000
15	Kabel Stepper	4	15.900	63.600
16	CNC Shield	1	50.400	50.400

No	Nama	Quantity	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
17	Jack Connector	5	8.000	40.000
18	Push Button Emergency	1	26.500	26.500
19	Kabel AWG	35 m	6.300	222.200
20	Kabel Jumper Arduino 30 cm	1	26.000	26.000
21	Kabel Jumper Arduino 20 cm	1	4.500	4.500
22	Kabel Jumper Arduino 10 cm	1	3.500	3.500
23	Kabel Jumper Arduino 10 cm Female	1	12.500	12.500
24	Plastik Shell Pin Header Jumper	1	250	250
25	Wire Duppon Jumper	3	3.500	10.500
26	Connector CNC 3pin	2	15.000	30.000
27	Kawat Nikelin 0,3 mm	15 m	5.000	75.000
28	Drag Chain 18 x 25 mm	1	110.300	110.300
29	Drag Chain 7 x 7	2	41.500	83.000
30	Toogle Switch	4	18.025	73.000
31	Belt Tensioner	2	95.000	190.000
32	Bracket Siku 2020	6	2.500	15.000
33	Sliding Nut	120	1.972	236.700
34	Baut Knop Star M5	8	6.625	53.000
35	V Wheel	2	18.000	36.000
36	Timming Pulley	4	11.000	44.000
37	Timing Belt 2mm	5 m	19.300	96.500
38	Timing Belt 6 mm	7 m	19.900	139.300
39	Pin Header Jumper	10	350	3.500
40	LED Strip White	5 m	16.000	80.000
41	LED Strip Red	5 m	19.000	95.000
42	Cutting Akrilik	315 cm	1.450	329.300
43	Akrilik Hitam	150 cm	1.250	187.500
44	Ring Plat M5	10	200	2.000
45	Mur Flange M6	5	725	3.625
46	Baut L M4 X 12	10	375	3.750
47	Baut IL M6 X 20	10	900	9.000
48	Baut L M5 X 30	18	1.550	27.900
49	Baut L M5 X 35	10	1.100	11.000
50	Baut L M5 X 10	36	570	47.400
51	Ring Plat M3	20	250	5.000

No	Nama	Quantity	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
52	Baut L M5 X 30	20	1.050	21.000
53	Baut L Button M5 X 15	20	1.000	20.000
54	Mur M5 Stainless	10	295	2.950
55	Bracket Siku 20 x 28	8	9.000	72.000
56	Baut L M3 X 10	8	2.500	20.000
57	Baut L M6 X 100	4	1.750	7.000
58	Baut M5 X 16	4	2.000	8.000
59	Mur M5	14	3.500	4.000
60	Ring M5	10	350	3.500
61	Flange Nut M5	7	500	3.500
62	Bearing	4	20.000	80.000
63	Kabel Limit	24 m	750	18.000
64	Kabel LED	6 m	3.000	18.000
65	Kabel Ties	1	5.000	5.000
66	Skun	10	2.200	22.000
67	Skun Connector	40	575	23.000
<b>Jumlah</b>				<b>5.945.875</b>

#### 4.1.2 Biaya Tenaga Kerja

Estimasi biaya tenaga kerja dihitung berdasarkan Upah Minimum Provinsi (UMP) Sulawesi Selatan tahun 2022 yaitu sebesar Rp 3.385.145/bulan dengan estimasi jam kerja perminggu selama 40 jam atau 160 jam/bulan sehingga upah tenaga kerja diketahui sebesar :

$$\frac{\text{Gaji UMP per bulan}}{\text{Jumlah Jam Kerja Per Bulan}} = \frac{\text{Rp.3.385.145}}{160} = \text{Rp. 21.157.156/jam}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui estimasi upah tenaga kerja minimal sebesar Rp21.000 per jam. Sedangkan waktu pengerjaan pemotongan dan pembentukan permesinan ditentukan berdasarkan estimasi pengerjaan. Waktu tersebut meliputi waktu persiapan, waktu *setting*, waktu proses dan waktu

penyelesaian. Adapun estimasi rincian biaya tenaga kerja minimum untuk setiap pengerjaan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 2 Biaya Pengerjaan

No	Jenis Pengerjaan	Waktu Pengerjan	Upah/jam (Rp)	Upah Minimum Pengerjaan (Rp)
1	Desain Alat	42 Jam	21.000,00	882.000,00
2	Pemotongan	2 jam	21.000,00	42.000,00
3	Pengeboran	2 jam	21.000,00	42.000,00
4	Perakitan	90 jam	21.000,00	1.890.000,00
5	Uji Coba mesin	40 jam	21.000,00	840.000,00
<b>Total</b>				<b>3.696.000,00</b>

#### 4.1.3 Biaya Bahan Tidak Langsung

Biaya bahan tidak langsung merupakan elemen biaya yang tidak dihubungkan secara langsung kepada unit yang diproduksi, tetapi mempunyai kontribusi terhadap penyelesaian produksi, yang termasuk dalam kategori biaya tidak langsung antara lain adalah: biaya bahan tidak langsung, biaya listrik, dan biaya penyusutan mesin. Berikut biaya bahan tidak langsung dalam proses produksi.

Tabel 4. 3 Biaya Bahan Tidak Langsung

No	Pekerjaan	Bahan	Jumlah Satuan	Harga per satuan (Rp)	Harga (Rp)
1	Gerinda	Mata gerinda potong	1 buah	5.000,00	5.000,00
2	Bor	Mata Bor	1 buah	25.000,00	25.000,00
<b>Total</b>					<b>30.000,00</b>

## 1 Biaya Listrik

Perhitungan biaya pemakaian listrik merupakan salah satu kategori dalam data biaya tidak langsung untuk proses produksi. Adapun perhitungan estimasi pemakaian biaya listrik pada proses permesinan yaitu biaya listrik = daya x TDL x lama waktu pengerjaan. Dimana TDL (Tarif Dasar Listrik) pada tahun 2023 resmi dari kementerian ESDM dan PLN digolongkan konsumen layanan khusus adalah sebesar Rp.1.444,7/kW Adapun estimasi perhitungan dari biaya pemakaian listrik d pada mesin CNC *Hot Wire* untuk *Foam* ini adalah sebagai berikut:

### a) Tarif Listrik Mesin Gerinda

Diketahui:

Daya mesin = 540 W = 0,54 kW

TDL/jam = Rp. 1.444,7

Lama pengerjaan = 2 jam

Biaya listrik = (daya x TDL) x lama pengerjaan  
= (0,54 x 1.444,7) x 2  
= Rp. 1.560,27

### b) Tarif Listrik Uji Coba Mesin

Diketahui:

Daya mesin = 360 W = 0,36 kW

TDL/jam = Rp. 1.444,7

Lama pengerjaan = 40 jam

Biaya listrik = (daya x TDL) x lama pengerjaan

$$= (0,36 \times 1.444,7) \times 40$$

$$= \text{Rp. } 20.803,68$$

Tabel 4. 4 Biaya listrik

No	Mesin	Daya (kW)	TDL (Rp)	Lama Pengerjaan (jam)	Tarif Listrik (Rp)
1	Pemotongan	0,54	1.444,7	2	1.560,27
2	Uji coba mesin	0,36	1.444,7	40	20.803,68
<b>Total</b>					<b>22.363,95</b>

#### 4.1.4 Biaya Penyusutan Mesin

##### 1. Biaya Penyusutan Mesin Gerinda

Diketahui:

Harga mesin gerinda = Rp575.000,00

Umur mesin = 3 Tahun

Persentase penyusutan = 10 %

Nilai sisa = (harga pokok mesin x persentase penyusutan)

Nilai sisa = Rp575.000,00 x 10 %

Nilai sisa = Rp57.500,00

Biaya penyusutan pertahun = (harga pokok mesin - nilai sisa) x (1/umur mesin)

Biaya penyusutan pertahun = (Rp575.000,00 - Rp57.500,00) x (1/3)

Biaya penyusutan pertahun = Rp517.500,00 x 1/3

Biaya penyusutan pertahun = Rp172.500,00/tahun

Jadi = Rp172.500/12

Biaya penyusutan perbulan = Rp14.375/bulan

Biaya penyusutan mesin Gerinda selama proses pengerjaan adalah:

= Rp14.375/30

= Rp491 x 2/ 24

= Rp.40,91

## 2. Biaya Penyusutan Mesin Bor

Diketahui:

Harga mesin Bor = Rp. 391.000,00

Umur mesin = 2 Tahun

Persentase penyusutan = 10 %

Nilai sisa = (harga pokok mesin x persentase penyusutan)

Nilai sisa = Rp. 391.000,00 x 10 %

Nilai sisa = Rp. 39.100,00

Biaya penyusutan pertahu mesin) = (harga pokok mesin – nilai sisa) x (1/umur mesin)

Biaya penyusutan pertahun = (Rp. 391.000,00 – Rp.39.100,00) x (1/2)

Biaya penyusutan pertahun = Rp.351.900,00 x 1/2

Biaya penyusutan pertahun = Rp175.900,00/tahun

Jadi = Rp175.900/12

Biaya penyusutan perbulan = Rp14.658/bulan



Biaya penyusutan mesin bor selama proses pengerjaan adalah:

$$= \text{Rp}14.658/30$$

$$= \text{Rp. } 488 \times 2/ 24$$

$$= \text{Rp.}40,66$$

Berikut adalah rincian biaya penyusutan mesin pada proses produksi.

Tabel 4. 5 Nilai sisa

No.	Mesin	Harga mesin (Rp)	Umur Mesin (thn)	Waktu Pengerjaan (jam)	Nilai sisa (Rp)
1	Gerinda	575.000	3	1	57.500,00
2	Mesin Bor	391.000	2	2	39.100,00

Tabel 4. 6 Biaya penyusutan

Mesin	Biaya Penyusutan			
	Pertahun (Rp)	Perbulan (Rp)	Perhari (Rp)	Proses Pengerjaan(Rp)
Gerinda	172.500,00	14.375,00	479,16	40, 91
Mesin Bor	175.900	92.856,25	488	40.66
<b>Total</b>				<b>81,57</b>

Adapun biaya tidak langsung yang diperoleh berdasarkan data sebelumnya adalah:

Tabel 4. 7 Biaya tidak langsung

No	Biaya Tidak Langsung	Harga (Rp)
1	Biaya bahan tidak langsung	30.000,00
2	Biaya listrik	22.363,95
3	Biaya penyusutan mesin	81,57
<b>Total</b>		<b>52.445,52</b>

Berdasarkan data diatas biaya yang diperoleh dari pembuatan mesin CNC *Hot Wire* untuk *Foam* dapat diketahui dengan menjumlahkan biaya tidak langsung, biaya tarif listrik, dan biaya penyusutan mesin yaitu Rp. 46.003,49

Adapun biaya untuk Pembuatan mesin CNC *hot wire* untuk *foam* dapat diketahui dari jumlah biaya bahan langsung, biaya tenaga kerja, dan biaya tidak langsung.

Tabel 4. 8 Estimasi biaya minimum produksi *CNC hot wire* untuk *foam*

No	Biaya	Harga (Rp)
1	Biaya bahan langsung	5.945.875,00
2	Biaya tenaga kerja	3.696.000,00
3	Biaya tidak langsung	52.445,52
<b>Total</b>		<b>9.694.320,52</b>

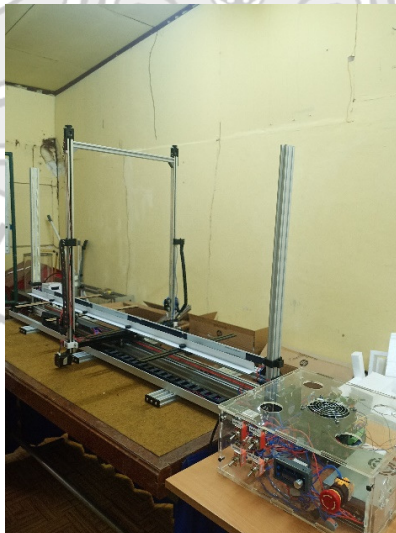
Dilihat dari hasil perhitungan diatas telah diketahui biaya untuk pembuatan mesin CNC *hot wire* untuk *foam* yaitu **Rp. 9.694.320,52**

#### 4.2 Realisasi Hasil Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC *Hot Wire* untuk *Foam*

Konsep final desain yang telah dibuat pada Software Fusion 360 dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 3D Modelling Mesin CNC *Hot Wire* untuk Foam



Gambar 4. 2 Mesin CNC *Hot Wire* untuk Foam

Adapun spesifikasi Prototipe Pengembangan Desain Konstruksi Mesin

CNC *Hot Wire* untuk *Foam* yaitu:

- ***Build Volume*** : 1500 mm x 500 mm x 850 mm
- ***Cutting Volume*** : 1000 mm x 400 mm x 500 mm
- ***Frame*** : V - Slot Aluminium
- ***Connectivity*** : USB *Stick*
- ***Wire Size*** : 0,3 mm
- ***Temperatur*** : 80°C - 100°C
- ***Max Voltage Cutting*** : 25 V
- ***Max Ampere Cutting*** : 5.1 A

#### **4.3 Pengujian Ukuran dan Penyetelan Mesin CNC *Hot Wire* untuk *Foam***

##### 4.3.1 Penyetelan Pergerakan pada Mesin

Penyetelan ini digunakan untuk memastikan perintah jarak yang dimasukkan telah sesuai dengan jarak aktual pada mesin. Penyetelan dilakukan dengan cara menyesuaikan jumlah step / mm dari setiap motor stepper di setiap *axis*. Berikut adalah data Penyetelan pada *software Universal Gcode Sender* di peroleh data berikut:

Tabel 4. 9 Tabel Penyetelan Resolusi Mesin

No	Resolusi (Step/ mm)	Target (mm)	Axis	Hasil (mm)
1	15	10	X	4
			Y	5
		30	X	20
			Y	20
		100	X	60
			Y	60
		150	X	90
			Y	90
		200	X	120
			Y	120
2	20	10	X	7
			Y	7
		30	X	24
			Y	24
		100	X	80
			Y	80
		150	X	120
			Y	120
		200	X	160
			Y	160
3	25	10	X	10
			Y	10
		30	X	30
			Y	30
		100	X	100
			Y	100
		150	X	150
			Y	150
		200	X	200
			Y	200
	30	10	X	11
			Y	11
		30	X	37
			Y	36
		100	X	120
			Y	120
		150	X	180
			Y	180

		200	X	240
			Y	240
5	35	10	X	13
			Y	13
		30	X	40
			Y	43
		100	X	140
			Y	140
		150	X	210
			Y	210
200	X	280		
	Y	280		

Keterangan:

Resolusi = Jumlah step dari motor stepper tiap millimeter (step/mm)

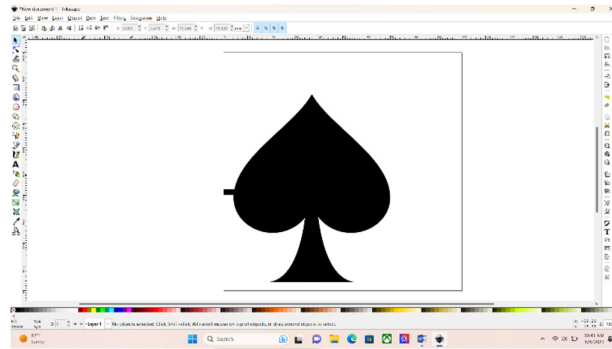
Target = Ukuran panjang gerakan yang di inputkan (mm)

Hasil = Lintasan nyata yang ditempuh (mm)

Penyetelan ini dilakukan dengan menggerakkan *axis* X dan Y sejauh 10 mm, 30 mm, 100 mm, 150 mm dan 200 mm dengan resolusi yang bervariasi. Pengukuran Penyetelan menggunakan meteran. Dari kelima nilai resolusi yang diberikan yaitu 15, 20, 25, 30 dan 35 step/mm, didapatkan hasil nilai resolusi yang sama dengan target yaitu 25 step/mm. Maka diputuskan bahwa nilai resolusi untuk motor *stepper* pada *axis* X dan Y adalah 25 step/mm.

#### 4.3.2 Pengujian Pergerakan dengan Mode *Cutting*

Sebelum melakukan pengujian pergerakan dengan metode *cutting*, terlebih dahulu dilakukan desain produk yang akan dibuat seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 4. 3 Desain Produk Menggunakan Inkscape

Setelah dilakukan Penyetelan dan pengujian pergerakan serta ukuran maka selanjutnya dilakukan pengujian pergerakan pada mode *cutting* dengan memotong 2D *styrofoam* yang telah dibuat pada program inkscape. Hasil 2D dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 4 *Modelling* Produk Uji Coba











Material benda kerja yang digunakan adalah *styrofoam* dan kawat yang digunakan yaitu kawat *nikelin* 0,3 mm. Alat ukur yang digunakan dalam pengujian ini adalah jangka sorong, mistar baja, dan meteran.

Adapun hasil pemotongan pada mesin CNC *hot wire* untuk *foam* terdapat dua proses yaitu pemotongan sebelum penyetelan mesin dan sesudah penyetelan.

### 4.3.3 Pembuatan Produk

Berdasarkan Tabel 4.10 dimensi pengukuran *styrofoam* dihitung berdasarkan ukuran yang terdapat pada *software* dan ukuran yang didapatkan pada hasil pemotongan.

Tabel 4. 10 Hasil Pemotongan

No	Dimensi <i>Software</i> (mm)	Hasil Pengukuran (mm)
1.	Persegi (30 x 30) 	(25 x 27) 
2.	Persegi (100 x100) 	(91 x 99) 
3.	Persegi (150 x150) 	(149 x 149) 
4.	Persegi Panjang (150 x 50) 	(149 x 49) 
5.	Persegi Panjang (200 x 50) 	(198 x 49) 



No	Dimensi Software (mm)	Hasil Pengukuran (mm)
6.	Pemotongan Nama Miftah (250 x 40) 	(249 x 39) 
7.	Pemotongan Nama Pak Arsyad (495 x 154) 	(493 x 153) 
8.	Pemotongan Nama Pak Salam (445 x 45) 	(443 x 44) 
9.	Pemotongan Nama Risma (330 x 110) 	(331 x 111) 

Setelah selesai proses pemotongan *foam*, dilakukan pengukuran menggunakan meteran pada hasil produk sumbu X dan Y untuk mengetahui apakah terdapat penyimpangan pada hasil produk.

#### 4.3.4 Menghitung Nilai *Error* X dan Y

Data nilai *error* pada sumbu X dan Y yang diambil berdasarkan dimensi dan hasil pengukuran *styrofoam*. Adanya nilai *error* dipengaruhi oleh adanya lelehan pada proses pemotongan *styrofoam* yang mengakibatkan adanya perbedaan dimensi baik pada sumbu X maupun pada sumbu Y, dimana perbedaan dimensi tersebut menghasilkan persentase nilai *error* yang dapat dilihat pada tabel 4.11 dan 4.12 dibawah ini:

Tabel 4. 11 Menghitung Nilai *Error* Pada Sumbu X

No.	Dimensi <i>Software</i> (mm)	Hasil Pengukuran (mm)	<i>Error</i> (Dimensi <i>Software</i> – Hasil Pengukuran)	<i>Error</i> (%) ( <i>Error</i> /Dimensi <i>Software</i> x 100%)
1.	30	25	5	16
2.	100	91	9	9
3.	150	149	1	0.6
4.	150	149	1	0.6
5.	200	198	2	1
6.	250	249	1	0.4
7.	495	493	2	0.4
8.	445	443	2	0.4
9.	330	331	1	0.3

Nilai *error* pada sumbu X menunjukkan bahwa terdapat persentase perbedaan nilai antara desain pada *software* dan pengukuran secara langsung. Toleransi yang digunakan yaitu 2% dari nilai dimensi *software*, jadi berdasarkan tabel diatas terdapat produk yang hasil penyimpangannya lebih dari 2% yaitu nomor 1 & 2. Hal ini dapat diatasi dengan cara menaikkan nilai resolusi pada saat proses penyetelan resolusi mesin.

Tabel 4. 12 Menghitung Nilai *Error* Pada Sumbu Y

No.	Dimensi <i>Software</i> (mm)	Hasil Pengukuran (mm)	<i>Error</i> (Dimensi <i>Software</i> – Hasil Pengukuran)	<i>Error</i> (%) ( <i>Error</i> /Dimensi <i>Software</i> x 100%)
1.	30	27	3	10
2.	100	99	1	1
3.	150	149	1	0.6
4.	50	49	1	2
5.	50	49	1	2
6.	40	39	1	2.5
7.	154	153	1	0.6
8.	45	44	1	2
9.	110	111	1	0.9

Nilai *error* pada sumbu Y menunjukkan bahwa terdapat persentase perbedaan nilai antara desain pada *software* dan pengukuran secara langsung. Toleransi yang digunakan yaitu 2% dari nilai dimensi *software*, jadi berdasarkan tabel diatas terdapat produk yang hasil penyimpangannya lebih dari 2% yaitu nomor 1 dan 6. Hal ini dapat diatasi dengan cara menaikkan nilai resolusi pada saat proses penyetelan resolusi mesin.

#### 4.4 Metode Optimasi

Dalam penelitian ini, menggunakan metode Taguchi untuk melakukan desain eksperimen dengan ketebalan foam yang dipotong adalah 25 mm, analisis model respon dan optimasi dengan diagram alir. Langkah pertama, menentukan dua faktor yang berhubungan dengan pemotongan *foam* pada CNC *foam* yang dibuat untuk mendapatkan sudut benda kerja yang dipotong dengan radius sebesar nol mm maka dipertimbangkan: daya listrik dan kecepatan potong. Kedua, hasil ditentukan

menggunakan *orthogonal array* dan taguchi. Ketiga, terdapat 9 *runs eksperimen* untuk analisis metode Taguchi. Langkah keempat menggunakan analisis statistik ANOVA untuk menemukan faktor-faktor yang signifikan dan optimasi.

#### 4.4.1 Metode Taguchi

Taguchi (1986) mengusulkan metode Taguchi untuk mengoptimalkan proses desain untuk eksperimen dan simulasi (William C, 2016). Tujuan utama metode ini adalah untuk menangkap parameter penting dalam mendesain proses agar diperoleh hasil terbaik (Chen WH, 2021). Untuk menerapkan metode Taguchi, langkah pertama melibatkan perancangan tabel *array ortogonal*. Rasio *signal-to-noise* digunakan untuk menganalisis data eksperimen, mengurangi biaya eksperimen dan waktu. Ada tiga jenis *signal-to-noise* ratio: *larger-the-better* (LB), *nominal-the-better* (NB), dan *the smaller-the-better* (SB) (Chen WH, 2013). Dalam rasio *signal-to-noise*, sinyal mengacu pada nilai aktual yang diharapkan sedangkan *noise* mengacu pada faktor yang tidak diinginkan dalam nilai terukur (Chen WH, 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk memaksimalkan sudut produk yang dihasilkan yang mendekati nilai nol. Sehingga metode rasio SB diadopsi menemukan hasil tertinggi dari kombinasi parameter terbaik memprediksi DF tertinggi.

*Rasio signal-to-noise* LB dinyatakan dalam kekuatan tarik dengan persamaan berikut (Chen WH, 2020):

$$SB = S/N \text{ ratio} = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{ij}^2 \right) \dots \dots \dots (1)$$

Dimana  $y$  mewakili nilai radius sudut hasil pemotongan.

#### 4.4.2 Hasil Metode Taguchi

Radius sudut terbaik yang mendekati nol setelah *foam* (gabus) dipotong dengan menggunakan CNC *foam* sesuai hasil analisis menggunakan aplikasi Minitab 18 untuk mengetahui pengaruh variabel masukan ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 4. 13 *Factors and levels of Taguchi*

Faktor	Parameter	Satuan	Level		
			1	2	3
A	Tegangan (V)	Volt	10	12.5	15
B	Kecepatan Potong (Vc)	m/min	450	525	600

Tabel 4. 14 Desain *factor* dan level metode taguchi melalui minitab 18

Exp. Run	Faktor dan Level			Respon
	A	B		
1	1	1		
2	1	2		
3	1	3		
4	2	1		
5	2	2		
6	2	3		
7	3	1		
8	3	2		
9	3	3		

Tabel 4. 15 Eksperimen Metode Taguchi Menggunakan Desain orthogonal array L9(3<sup>3</sup>)

Exp. Run	Faktor dan Level		
	A	B	Radius
1	10	450	9.5
2	10	525	9
3	10	600	7.5
4	12.5	450	1.5
5	12.5	525	1
6	12.5	600	0.9

Exp. Run	Faktor dan Level		
	A	B	Radius
7	15	450	1.8
8	15	525	1.9
9	15	600	1.2

Keterangan:

A = Tegangan (V)

B = Kecepatan Potong (Vc)

Pengaruh faktor individu pemotongan *foam* (gabus) terhadap radius terbentuk yang diperoleh dari hasil analisis varians (ANOVA) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Analysis of variance (ANOVA) for radius sudut terbentuk

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
<b>Regression</b>	2	75.908	69.56%	75.908	37.954	6.85	0.028
<b>A</b>	1	74.202	67.99%	74.202	74.202	13.40	0.011
<b>B</b>	1	1.707	1.56%	1.707	1.707	0.31	0.599
<b>Error</b>	6	33.221	30.44%	33.221	5.537		
<b>Total</b>	8	109.129	100.00%				

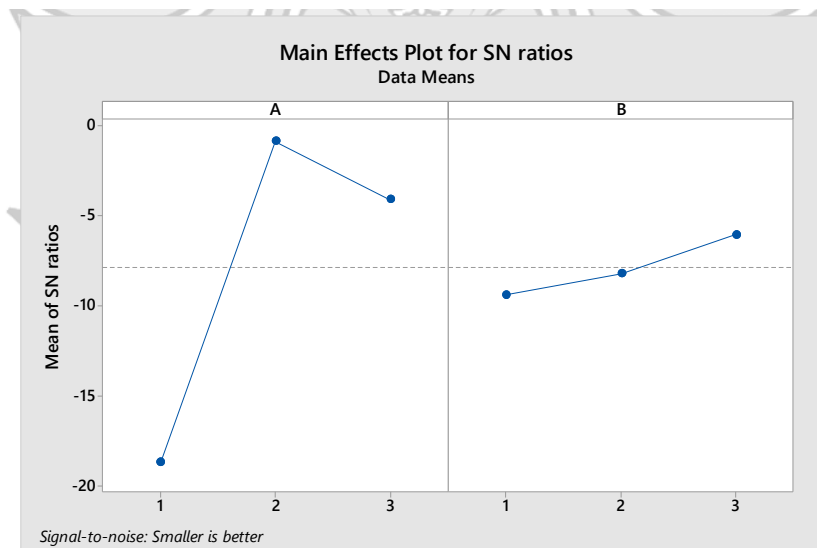
Tinjauan kolom persentase *contribution* pada tabel ANOVA menunjukkan bahwa faktor tegangan memberikan pengaruh paling signifikan. Parameter tegangan berkontribusi 67.99% dan parameter kecepatan potong berkontribusi 1.56% terhadap pembentukan radius yang kecil mendekati nol.

Tabel 4. 16 *Response Table for Signal to Noise Ratios*

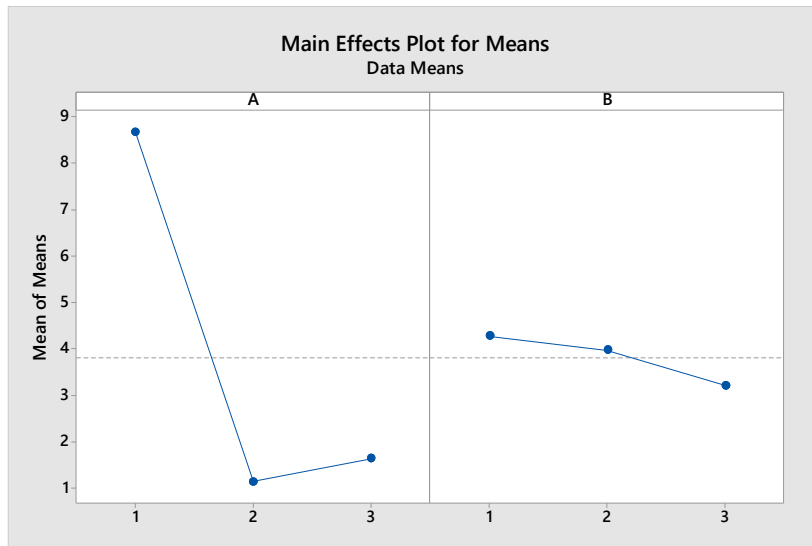
Level	A	B
1	-18.7135	-9.3939
2	-0.8689	-8.2200
3	-4.0880	-6.0566
Delta	17.8446	3.3373
Rank	1	2

Tabel 4. 17 *Response Table for Means*

Level	A	B
1	8.667	4.267
2	1.133	3.967
3	1.633	3.200
Delta	7.533	1.067
Rank	1	2



Gambar 4. 5 *Main Effect Plot for S/N ratio*



Gambar 4. 6 *Main Effect Plot for Means*

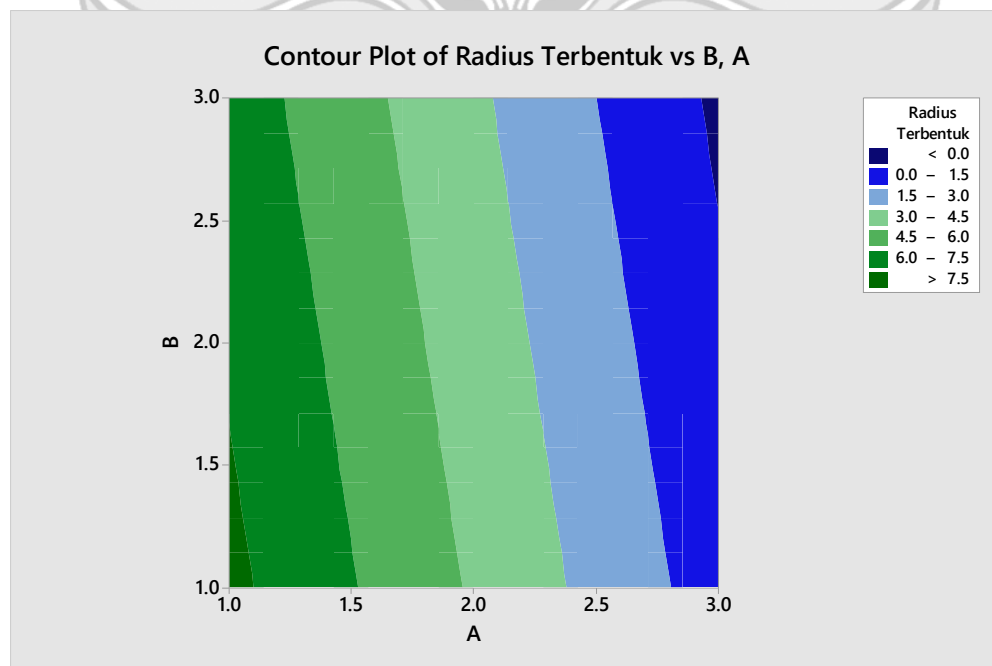
Pada Table 4.16 menunjukkan bahwa pengaruh terkuat dari faktor eksperimen mengacu pada nilai delta, dimana nilai delta faktor eksperimen yang lebih tinggi adalah faktor yang lebih signifikan. Nilai delta ini dihitung dengan mengurangkan antara nilai rasio S/N maksimum dan nilai rasio S/N minimum pada setiap faktor.

Pada Tabel 4.16 faktor eksperimen yang pengaruhnya terkuat yaitu tegangan (faktor A) dan yang pengaruhnya paling rendah diberikan oleh kecepatan potong (faktor B). Gambar 4.5 adalah grafik rata-rata dari *rasio signal-to-noise* (S/N), sebagai fungsi dari tingkat faktor yang memberikan pengaruh terhadap nilai radius yang terbentuk. Dari grafik ini ditentukan tingkat optimal setiap faktor secara mudah sebagai fungsi dari karakteristik kinerja Taguchi dengan *signal-to-noise: smaller is better* untuk setiap faktor. Pada tabel 4.17 dan gambar 4.6 untuk pengoptimalan radius terbentuk dari *main effects plot S/N ratio* diperoleh solusi dengan kombinasi variasi parameter A2B3 (A2 = 12.5 volt, B3 = 600 m/menit).

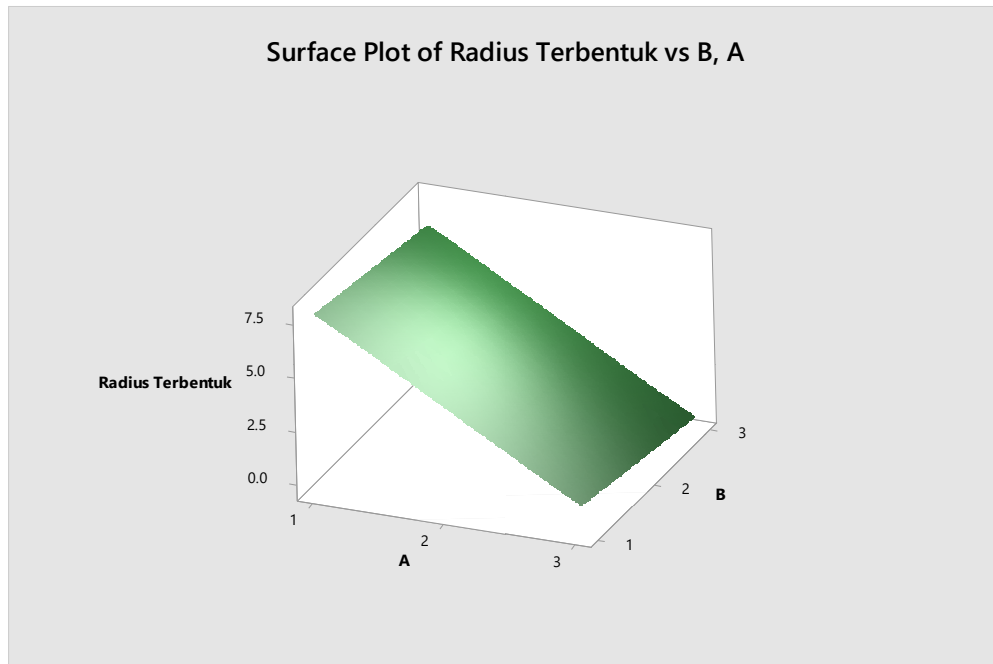


Gambar 4.6 menunjukkan pengaruh faktor parameter terhadap nilai rata-rata radius terbentuk. Dari faktor A menunjukkan bahwa radius terbentuk pada tegangan 12.5 Volt menjadi lebih kecil dibandingkan dengan tegangan 10 dan 15 Volt. Pada faktor B kecepatan potong 600 m/min berefek pada pembentukan radius terkecil dibandingkan dengan kecepatan potong 450 dan 525 m/menit. Sedangkan faktor A (tegangan) mempunyai efek tertinggi terhadap pembentukan radius terkecil dibandingkan faktor B (kecepatan potong). Dimana pada faktor A tegangan 12.5 Volt memberi pengaruh tertinggi terhadap pembentukan radius kecil dibanding dengan tegangan 10 dan 15 Volt.

Pada gambar 4.5 dan 4.6 menunjukkan bahwa untuk menghasilkan radius sudut terkecil yang optimal maka digunakan kombinasi faktor eksperimen berikut: A2B3 (A2 = 12.5 volt dan B3 = 600 m/min).



Gambar 4. 7 *Contour Plot of Radius Terbentuk vs B,A*



Gambar 4. 8 *Surface Plot of Radius Terbentuk vs B, A*





## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

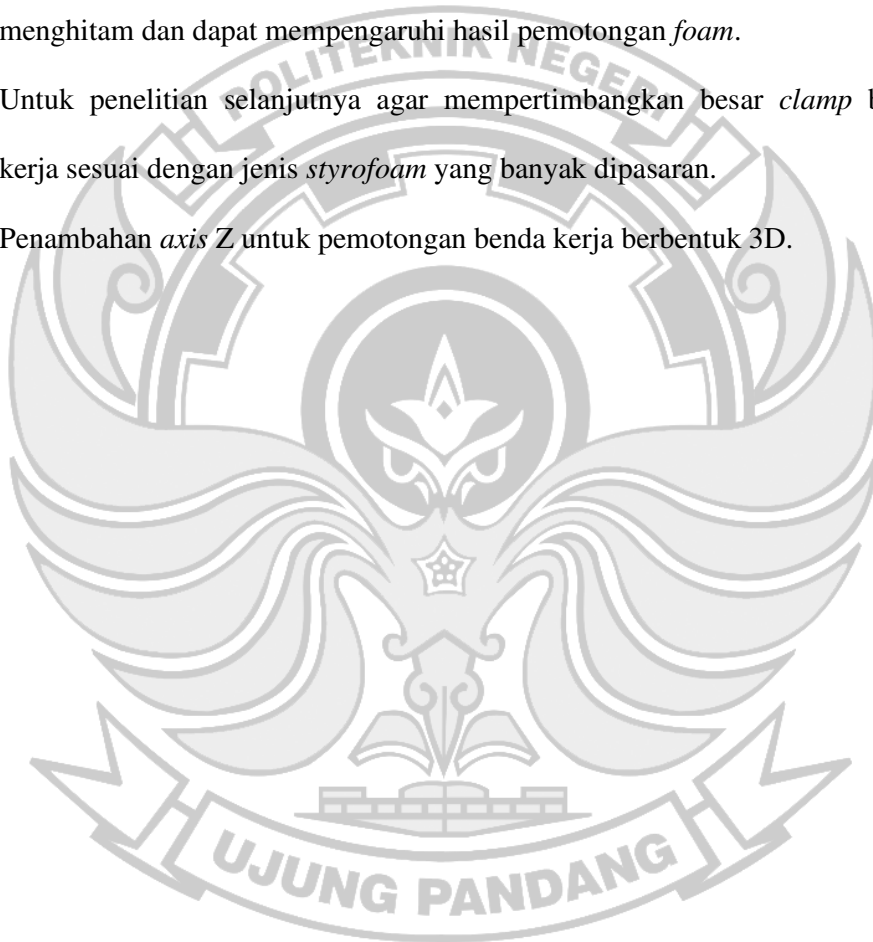
### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari pengembangan desain konstruksi mesin CNC *hot wire* untuk *foam* adalah:

1. Desain dan sistem mekanik mesin CNC *foam* telah dirancang sesuai dengan sistem *control* Arduino sehingga mesin dapat dioperasikan secara otomatis menggunakan program NC. Dalam hal ini mesin CNC *foam* dapat memotong *foam* dengan berbagai pola sesuai dengan desain yang dibuat.
2. Pada proses penyetelan resolusi mesin dengan menggerakkan sumbu X dan Y dengan variasi sejauh 10 mm, 30 mm, 100 mm, 150 mm dan 200 mm dengan resolusi (step/mm) yaitu 15,20,25,30 dan 35 maka diperoleh resolusi 25 step/mm untuk motor stepper pada axis X dan Y.
3. Dari hasil pengujian diketahui pada sumbu X dan Y terdapat presentase perbedaan nilai antara desain pada *software* dan pengukuran secara langsung dengan akurasi untuk sumbu X dan Y adalah 98%
4. Faktor eksperimen yang pengaruh terhadap nilai radius terbentuk terkuat yaitu tegangan (faktor A) dan yang pengaruhnya paling rendah diberikan oleh kecepatan potong (faktor B).
5. Dengan menentukan biaya bahan langsung, biaya tenaga kerja, biaya bahan tidak langsung, dan biaya penyusutan mesin selama pengerjaan alat maka diperoleh estimasi biaya produksi sebesar Rp.9.694.320,52 dibulatkan menjadi Rp. 9.694.320,00

## 5.2 Saran

- 1 Untuk penelitian selanjutnya agar *limit switch* di setiap *axis* dapat difungsikan.
- 2 Untuk pembersihan kawat belum ditemukan secara efektif namun *foam* yang menempel pada kawat dapat meleleh ketika kawat dipanaskan. Untuk itu metode perawatan kawat yang digunakan yaitu mengganti kawat jika sudah menghitam dan dapat mempengaruhi hasil pemotongan *foam*.
- 3 Untuk penelitian selanjutnya agar mempertimbangkan besar *clamp* benda kerja sesuai dengan jenis *styrofoam* yang banyak dipasaran.
- 4 Penambahan *axis Z* untuk pemotongan benda kerja berbentuk 3D.



## DAFTAR PUSTAKA

- Absike H, Essalhi Z, Labrim H, Hartiti B, Baaalla N, Tahiri M, et al. Synthesis of CuO thin films based on Taguchi design for solar absorber. *Opt Mater (Amst)* [Internet]. 2021;118(February):111224. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.optmat.2021.111224>.
- Asrofuddin, Bani. 2015. *Computer Numerical Control (CNC) Foam Cutting*. Yogyakarta: UNY. (Diakses 20 November 2022).
- Baby J, Shunmugesh K. Optimization of Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) using Multi Objective Taguchi function and TOPSIS. *Mater Today Proc* [Internet]. 2019;11:952–60. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.12.024>.
- Canbolat AS, Bademlioglu AH, Arslanoglu N, Kaynakli O. Performance optimization of absorption refrigeration systems using Taguchi, ANOVA and Grey Relational Analysis methods. *J Clean Prod*. 2019;229:874–85.
- Chen WH, Chang CM, Mutuku JK, Lam SS, Lee WJ. Analysis of microparticle deposition in the human lung by taguchi method and response surface methodology. *Environ Res* [Internet]. 2021;197(March):110975. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110975>.
- Chen WH, Chen CJ, Hung CI. Taguchi approach for co-gasification optimization of torrefied biomass and coal. *Bioresour Technol* [Internet]. 2013;144:615–22. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.07.016>.
- Chen WH, Huang SR, Lin YL. Performance analysis and optimum operation of a thermoelectric generator by Taguchi method. *Appl Energy* [Internet]. 2015;158:44–54. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.08.025>.
- Chen WH, Lin YY, Liu HC, Baroutian S. Optimization of food waste hydrothermal liquefaction by a two-step process in association with a double analysis. *Energy* [Internet]. 2020;199:117438. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117438>.
- Deshpande, V., Taifa, I. W., & Deresse, N. C. (2021). Deployment of the Taguchi technique for surface roughness optimisation. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 39(1), 1-30.
- Dwi Muhamad, Y. (2022). *ANALISIS DAYA DAN KECEPATAN MESIN CNC LASER*.

- Fitriani, Y., dkk. 2019. Perancangan Prototype Mesin CNC (Computer Numerically Controlled) *Plotter 3 Axis 2D* menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno. *Journal Of Information System, Informatics and Computing*, 3(2):23-30, (<http://journal.stmikjayakarta.ac.id>), diakses 16 November 2022).
- Hasçalik A, Çaydaş U. Optimization of turning parameters for surface roughness and tool life based on the Taguchi method. *Int J Adv Manuf Technol*. 2008;38(9–10):896–903.
- Kalagi G, Buradi A, Kaladgi AR, Madhusudhana HK, Udaya Prasanna H, Yateesh Yadav R, et al. Erosion wear behavior of glass fiber hybridized flax and sisal fabric hybrid composites with taguchi experimental design. *Mater Today Proc* [Internet]. 2021;47:5901–6. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.430>.
- Kurniawan, E., dkk. 2020. Rancang Bangun Mesin CNC Lathe Mini 2 Axis. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material, (Online)*, 4(2): 83-90, (<https://ejournal.up45.ac.id>), diakses 26 Februari 2022).
- Li K, Yan S, Zhong Y, Pan W, Zhao G. Multi-objective optimization of the fiber-reinforced composite injection molding process using Taguchi method, RSM, and NSGA-II. *Simul Model Pract Theory*. 2019;91(July 2017):69–82.
- Ozcelik B, Erzurumlu T. Comparison of the warpage optimization in the plastic injection molding using ANOVA, neural network model and genetic algorithm. *J Mater Process Technol*. 2006;171(3):437–45.
- Raihan, M., dkk. 2021. Rancang Bangun Prototipe Mesin CNC *Hot Wire* Untuk *Foam*. Makassar: PNUP. (Diakses 20 November 2022).
- Rajesh R, Sumathi S. Certain performance investigation on hybrid TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/MoS<sub>2</sub> nanofiller coated 3Ø induction motor: A Taguchi and RSM based approach. *Energy Reports*. 2020;6:1638–47.
- Raza ZA, Anwar F. Fabrication of chitosan nanoparticles and multi-response optimization in their application on cotton fabric by using a Taguchi approach. *Nano-Structures and Nano-Objects* [Internet]. 2017;10:80–90. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nanoso.2017.03.007>.
- Raharja, Algons D.B. 2021. Apa itu prototype? Kenali pengertian, tujuan, manfaat, dan 3 contohnya, (*Online*), (<https://www.rekrut.com>), diakses 17 Februari 2023.
- Salam, Abdul. 2014. *Pemrograman Dasar NC*. Makassar: Deepublish.

- Shaji S, Radhakrishnan V. Analysis of process parameters in surface grinding with graphite as lubricant based on the Taguchi method. *J Mater Process Technol.* 2003;141(1):51–9.
- Siva R, Valarmathi TN, Palanikumar K. Effects of magnesium carbonate concentration and lignin presence on properties of natural cellulosic *Cissus quadrangularis* fiber composites. *Int J Biol Macromol* [Internet]. 2020;164:3611–20. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.08.195>.
- Syafiq, N., & Hayati, E. N. 2020. Perancangan dan Pengembangan Alat Pemotong Styrofoam Semi Otomatis menggunakan Metode Rula di Desa Kalisari. *Jurnal Ilmiah Dinamika Teknik*, (Online), 2(1) (<https://unisbank.ac.id>), diakses 26 Februari 2022).
- Syahriza, S., & Firsya, T. (2021). Rancang Bangun CNC Foam Cutter Dengan Gerakan 3 Axis Untuk Pemotongan Dekorasi Styrofoam. *Jurnal Teknik Mesin Unsyiah*, 9(1), 13-19, (<https://garuda.kemdikbud.go.id/documents/detail/2318080>), diakses 15 November 2022).
- Tang SH, Tan YJ, Sapuan SM, Sulaiman S, Ismail N, Samin R. The use of Taguchi method in the design of plastic injection mould for reducing warpage. *J Mater Process Technol.* 2007;182(1–3):418–26.
- Vankanti VK, Ganta V. Optimization of process parameters in drilling of GFRP composite using Taguchi method. *J Mater Res Technol* [Internet]. 2014;3(1):35–41. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmrt.2013.10.007>.
- William C. Parr. Introduction to Quality Engineering: Designing Quality into Products and Processes. Taylor Fr Ltd behalf Am Stat Assoc Am Soc Qual [Internet]. 2016;31(2):255–6. Available from: <http://www.jstor.org/stable/1268824%0D>.



## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Proses Manufaktur



(Proses Menitik Aluminium)



(Proses Pengeboran Aluminium)



(Proses Pengeboran Aluminium)

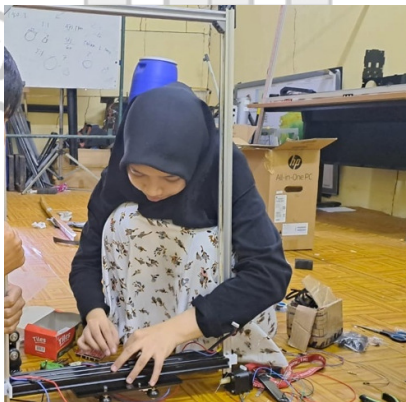


(Proses Pematangan Aluminium)



(Proses Pemotongan Knob Star)

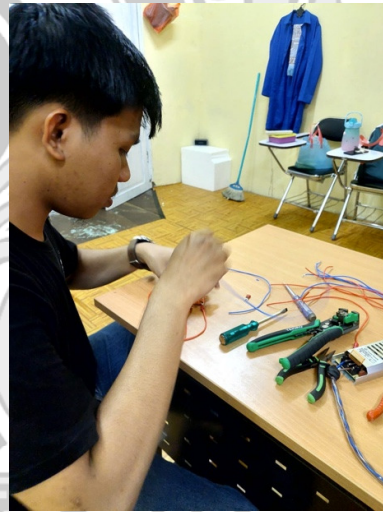
## Lampiran 2 Proses Perakitan



(Proses Perakitan Rangka Atas Mesin)



(Proses Penyambungan *Connector* CNC)



(Proses Penyambungan Kawat)

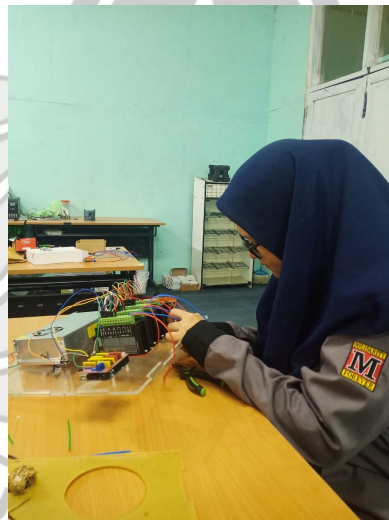




(Proses Pemasangan Lampu LED)

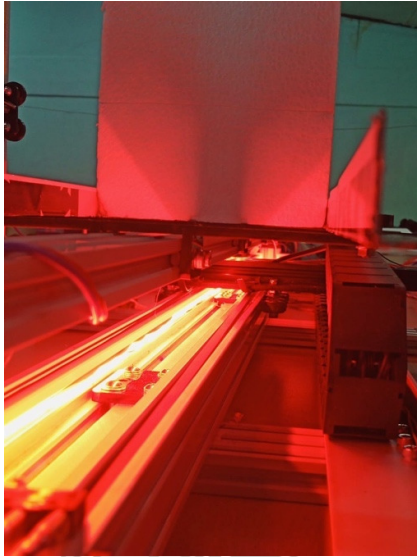


(Proses Pemasangan Benda Kerja)



(Proses Perakitan *Box* Elektronik)

### Lampiran 3 Proses Uji Coba



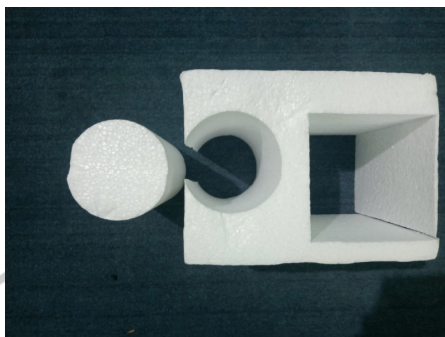
(Proses Pengoperasian Mesin)



(Proses Kalibrasi Mesin)



(Uji Coba Pembuatan Benda Kerja)



(Uji Coba Pembuatan Benda Kerja)

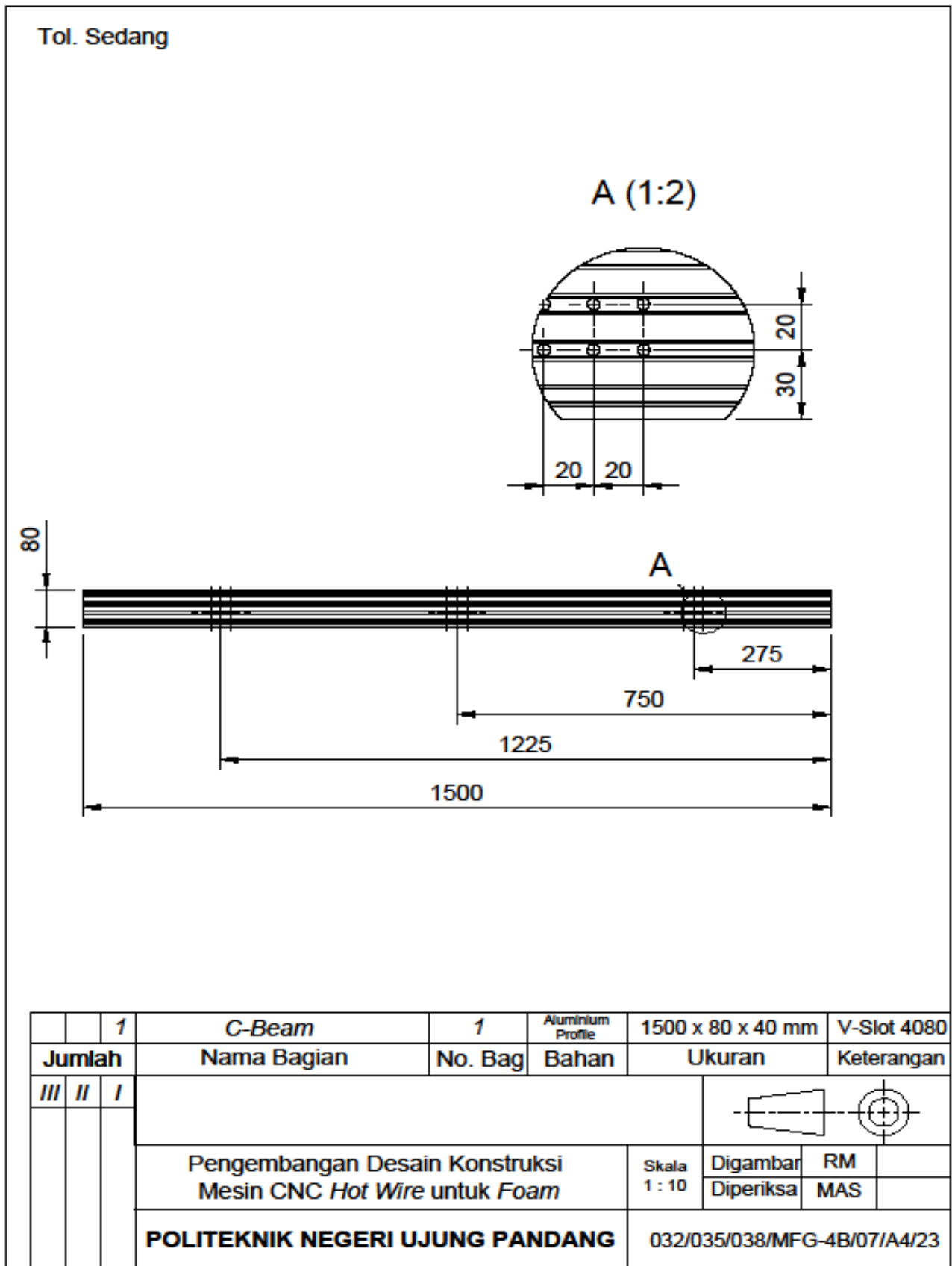
**Lampiran 4 Pengoperasian Mesin**



(QR Vidio Pengoperasian Mesin)



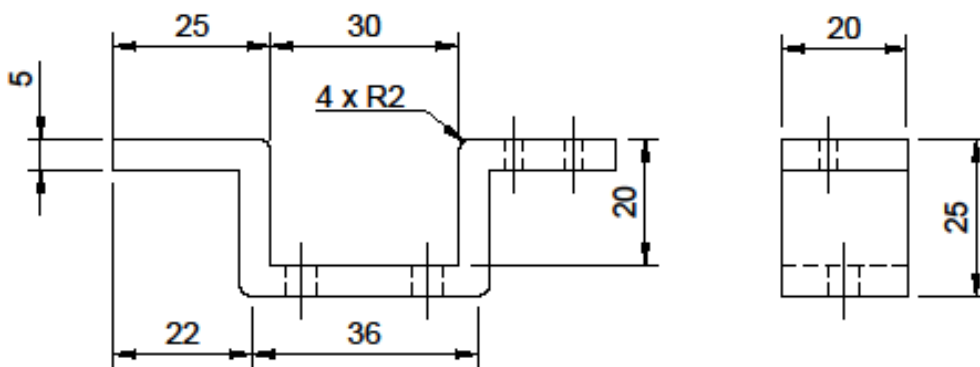
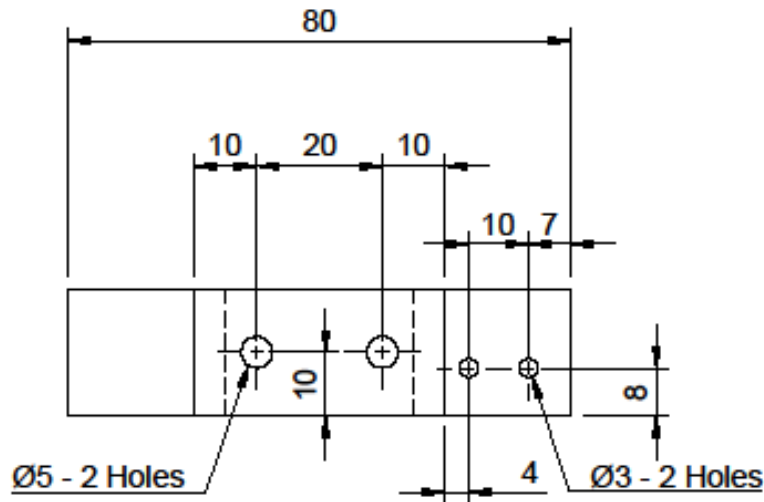
Lampiran 5 Gambar Teknik





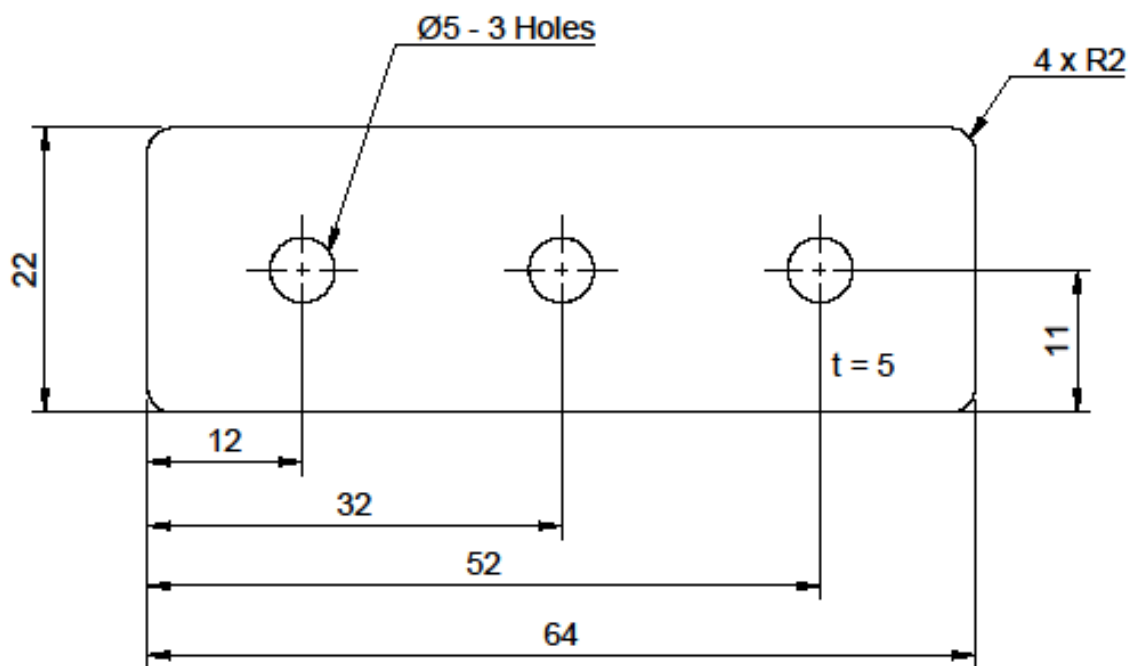


Tol. Sedang



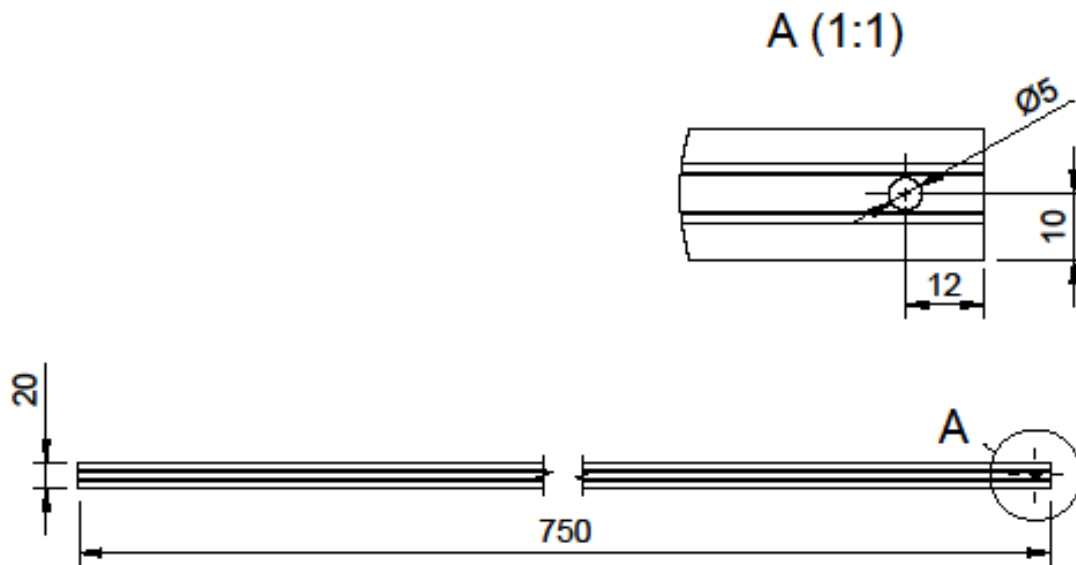
	4	Clamp Limit Switch X	2	PLA+	80 x 20 x 25 mm	3D Print
<b>Jumlah</b>		<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag</b>	<b>Bahan</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Keterangan</b>
///						
		Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire untuk Foam			Skala 1:1	Digambar RM Diperiksa MAS
		<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>			032/035/038/MFG-4B/07/A4/23	

Tol. Sedang



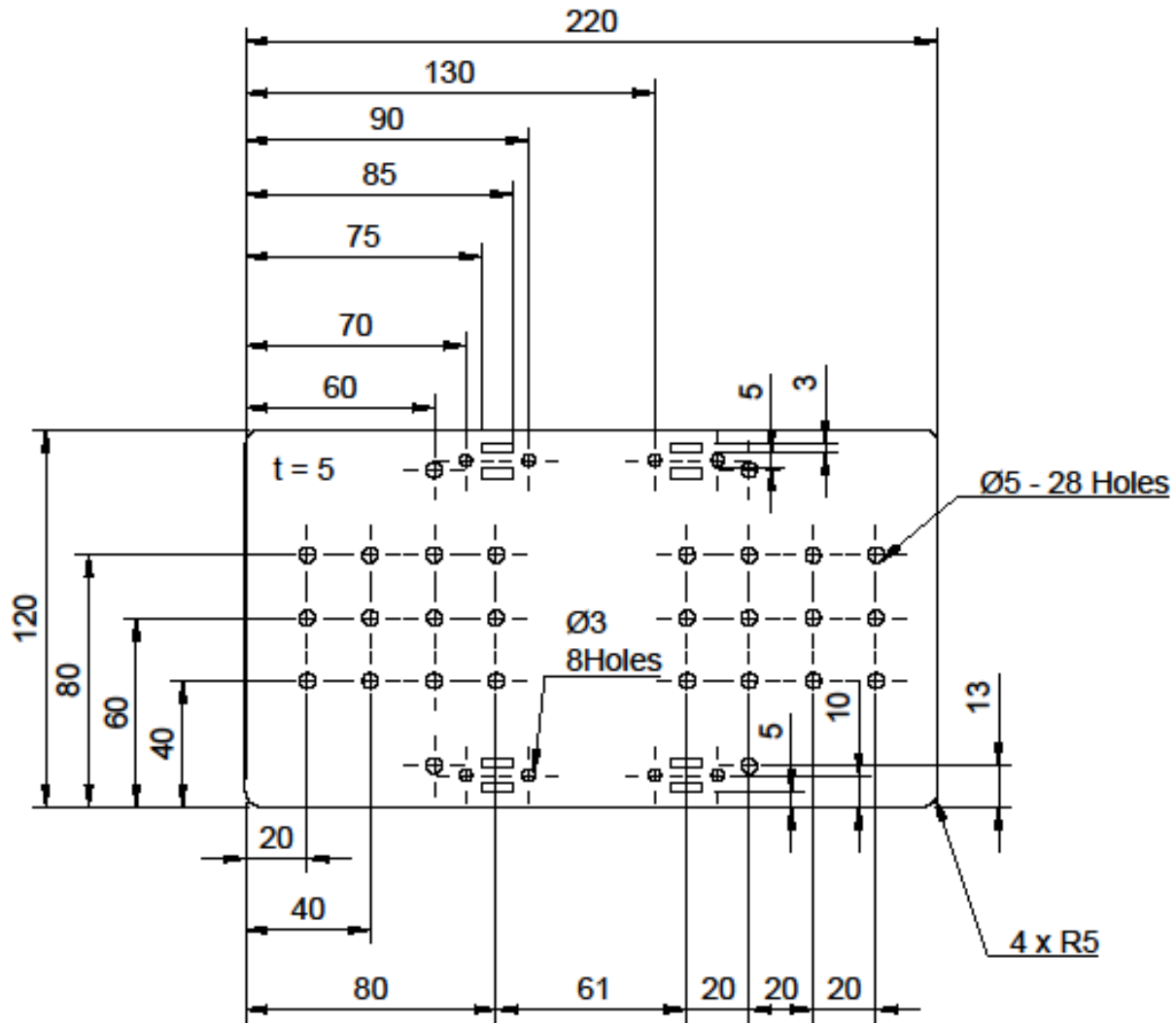
	6	Braket Kaki Mesin	3	Akrilik	64 x 22 x 5 mm	Acrylic black doff 5mm
Jumlah		Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///						
		Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire untuk Foam		Skala 2 : 1	Digambar Diperiksa	RM MAS
		<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>			MFG-4B/032,035,038/A4/23	

Tol. Sedang



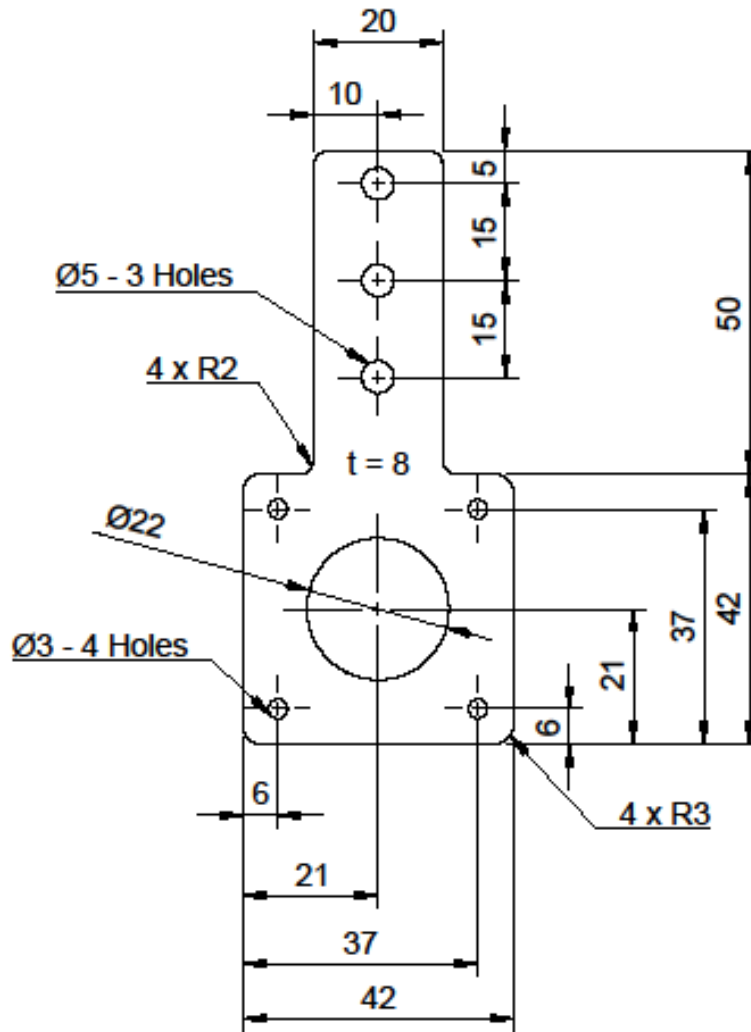
	2	Rangka Tengah Gantry Y	4	Aluminium Profile	750 x 20 x 20 mm	V-Slot 2020
<b>Jumlah</b>		<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag</b>	<b>Bahan</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Keterangan</b>
///	///					
		Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire untuk Foam			Skala 1:5	Digambar RM Diperiksa MAS
		<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>			032/035/038/MFG-4B/07/A4/23	

Tol. Sedang



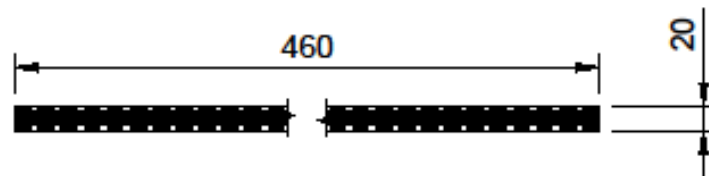
Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
1	Gantry Plate Bawah	5	Akrilik	220 x 120 x 5 mm	Acrylic black dorr 5mm
III					
Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire untuk Foam				Skala 1:2	Digambar RM Diperiksa MAS
<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>				032/035/038/MFG-4B/07/A4/23	

Tol. Sedang



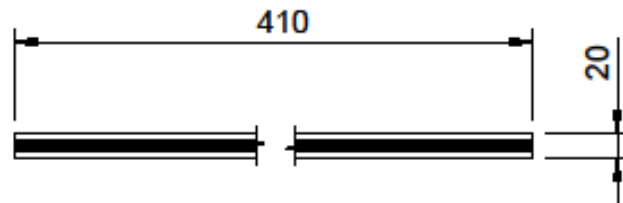
	2	Bracket Stepper Axis Y	6	Akrilik	92 x 42 x 8 mm	Acrylic black doff 8mm
Jumlah		Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I				
		Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire untuk Foam			Skala 1:1	Digambar RM Diperiksa MAS
		<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>			032/035/038/MFG-4B/07/A4/23	

Tol. Sedang



		1	Rangka Bawah Gantry	7	Aluminium Profile	460 x 60 x 20 mm	V-Slot 2060	
<b>Jumlah</b>			<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag</b>	<b>Bahan</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Keterangan</b>	
///								
			Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC <i>Hot Wire</i> untuk <i>Foam</i>			Skala 1 : 5	Digambar RM	
							Diperiksa MAS	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						032/035/038/MFG-4B/07/A4/23		

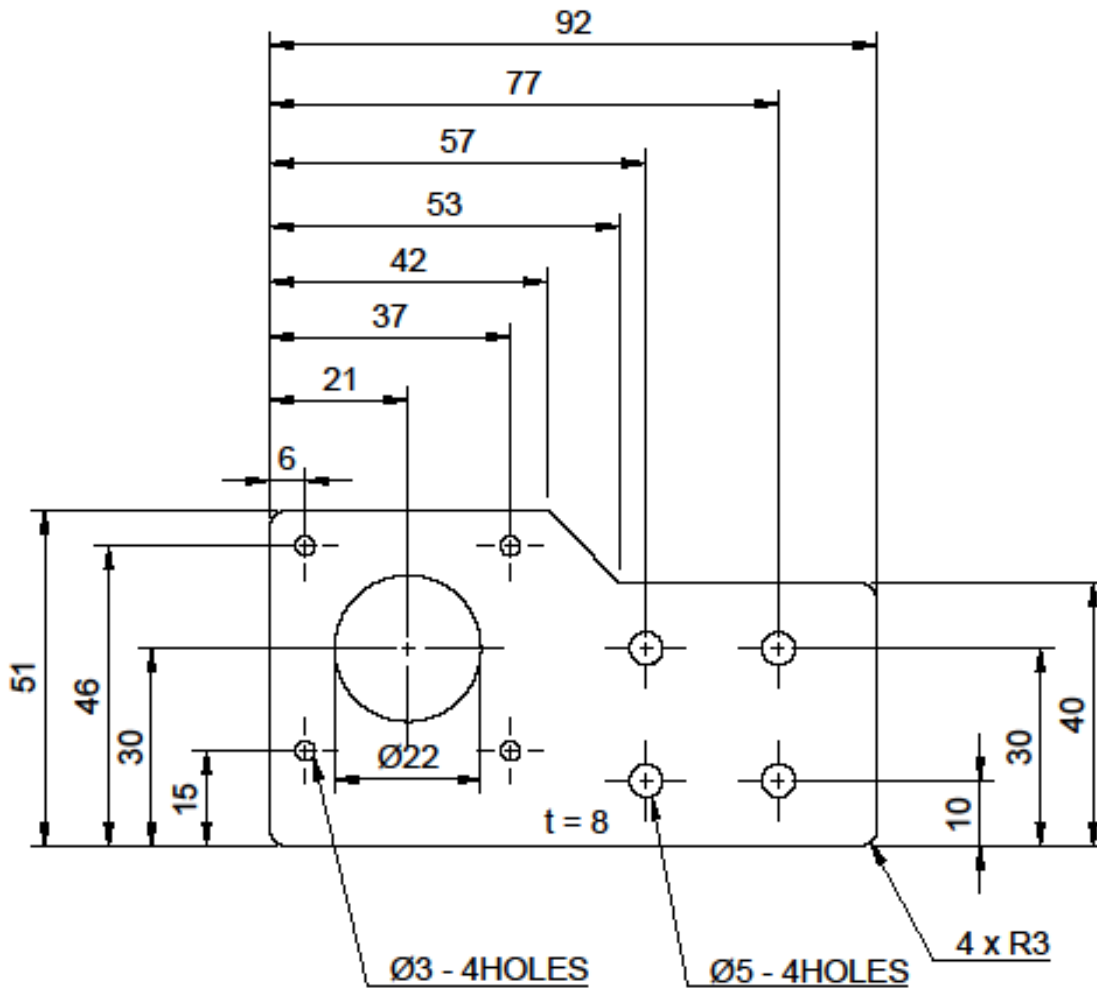
Tol. Sedang



		3	Rangka Kaki Mesin	8	Aluminium Profile	410 x 60 x 20 mm	V-Slot 2060
<b>Jumlah</b>			<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag</b>	<b>Bahan</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Keterangan</b>
///							
			Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC <i>Hot Wire</i> untuk <i>Foam</i>			Skala 1:5	Digambar RM Diperiksa MAS
			<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>			032/035/038/MFG-4B/07/A4/23	

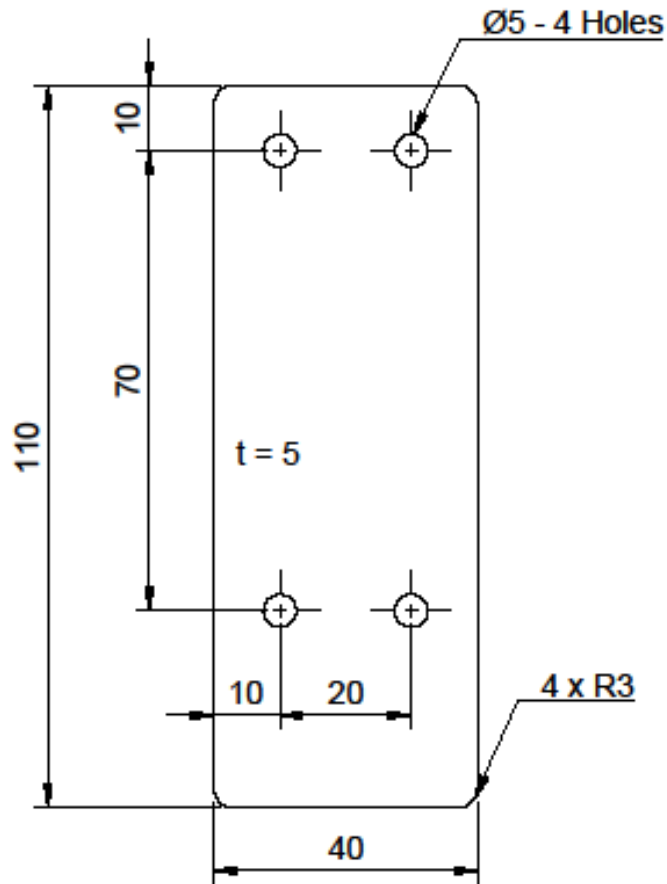


Tol. Sedang



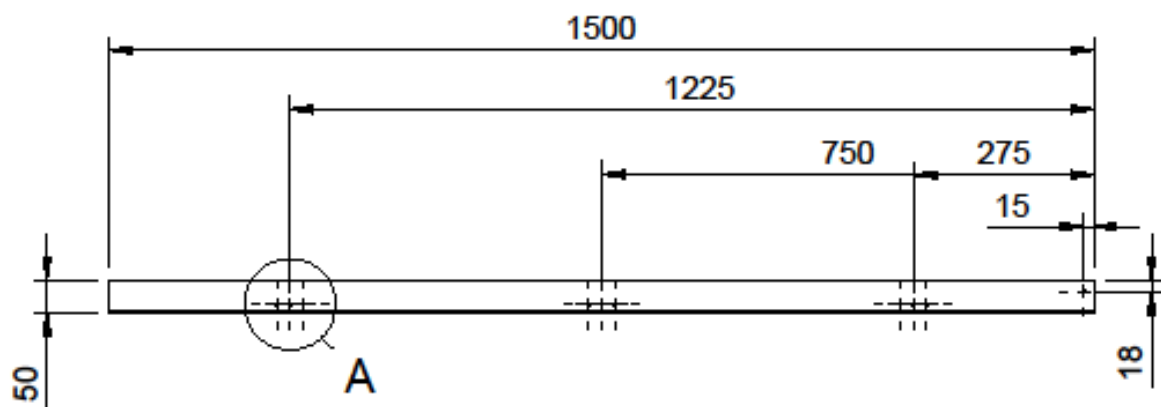
	4	Bracket Stepper Axis X	9	Akrilik	92 x 51 x 8 mm	Acrylic black doff 8mm
<b>Jumlah</b>		<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag</b>	<b>Bahan</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Keterangan</b>
///						
		Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire untuk Foam		Skala 1:1	Digambar Diperiksa	RM MAS
		<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>		032/035/038/MFG-4B/07/A4/23		

Tol. Sedang

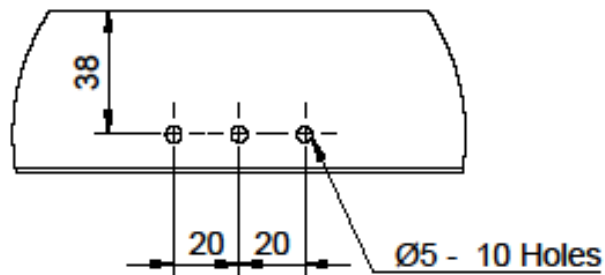


	2	Bracket Baut Jig	10	Akrilik	110 x 40 x 5 mm	Iridium Shop
<b>Jumlah</b>		<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag</b>	<b>Bahan</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Keterangan</b>
///						
		Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire untuk Foam			Skala 1 : 1	Digambar RM Diperiksa MAS
<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>					032/035/038/MFG-4B/07/A4/23	

Tol. Sedang

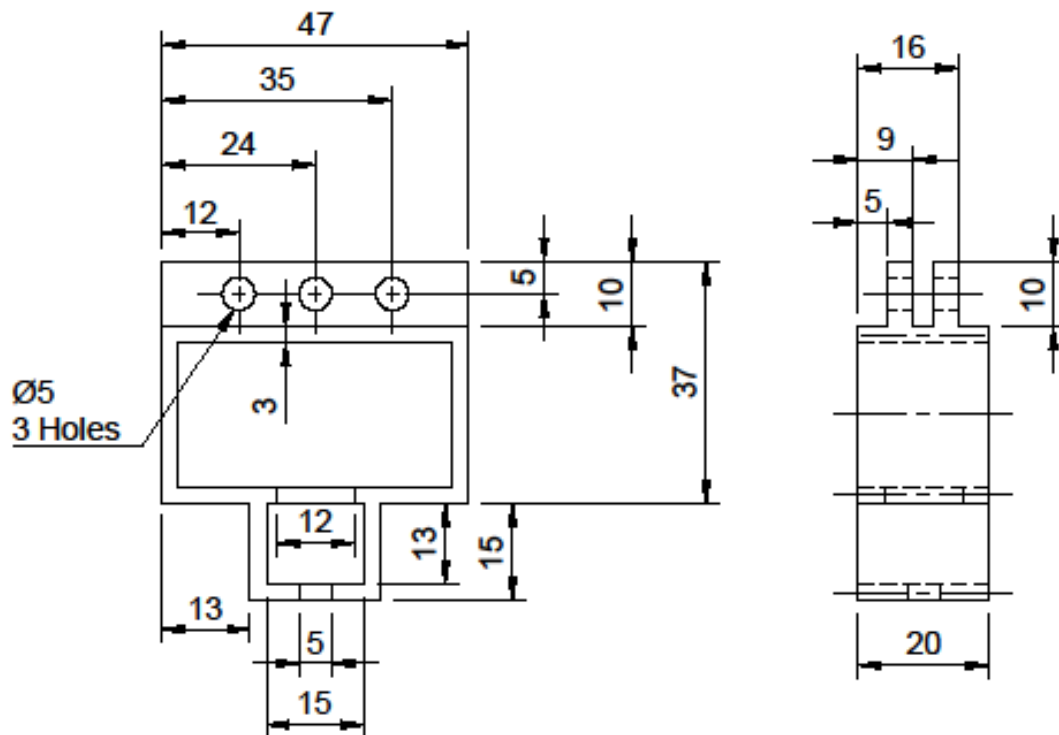


A (1:2)



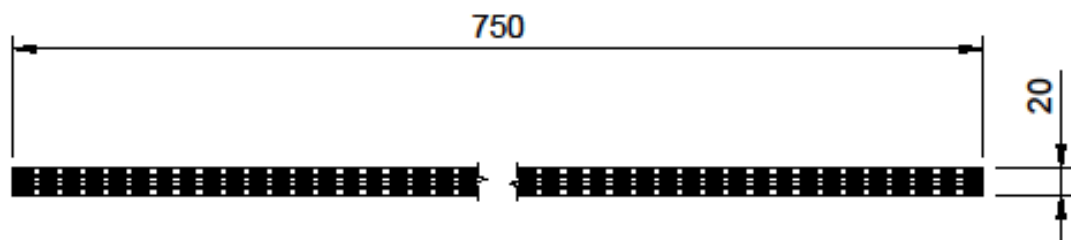
Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
1	Work Drag Chain	11	Aluminium alloy 6063-T5	1500 x 50 x 25mm	Siku Aluminium 50 x 25 mm, L3mm
III	II	I			
Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire untuk Foam					
<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>				032/035/038/MFG-4B/07/A4/23	

Tol. Sedang



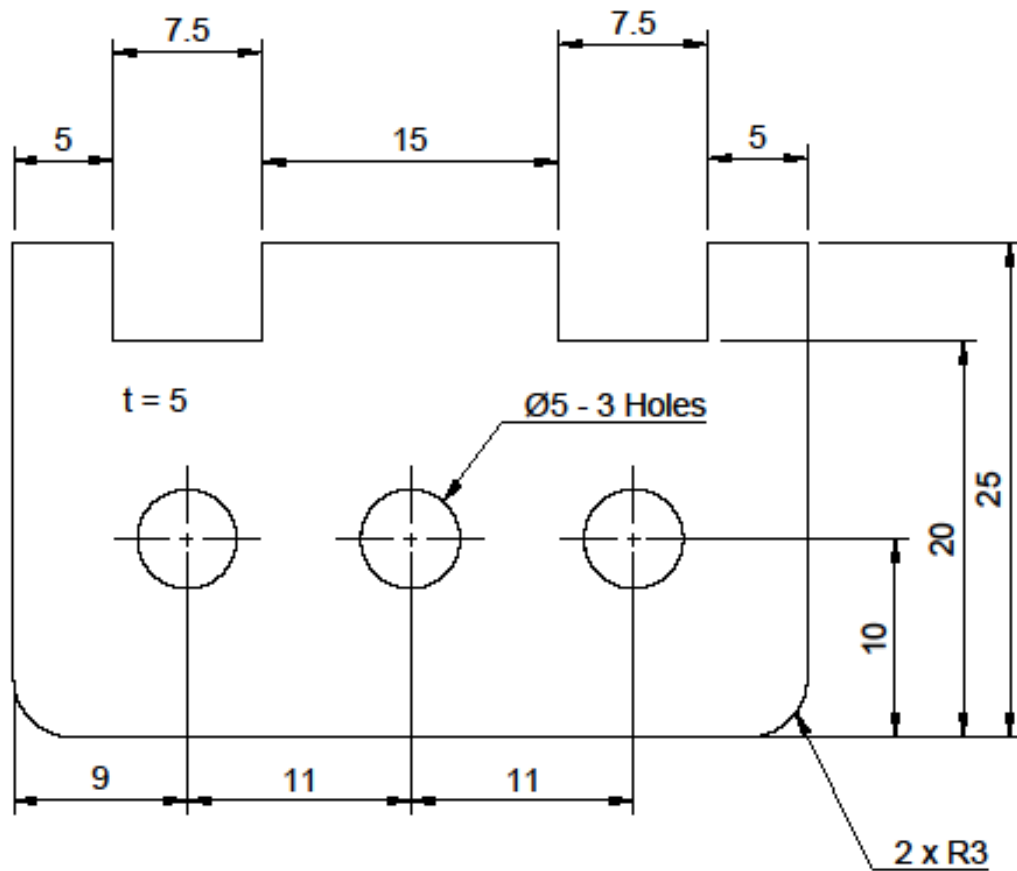
		2	Clamp Jig	12	PLA +	52 x 47 X 20 mm	3D Print
<b>Jumlah</b>			<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag</b>	<b>Bahan</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Keterangan</b>
///							
			Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire untuk Foam			Skala 1:1	Digambar RM Diperiksa MAS
<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>						032/035/038/MFG-4B/07/A4/23	

Tol. Sedang



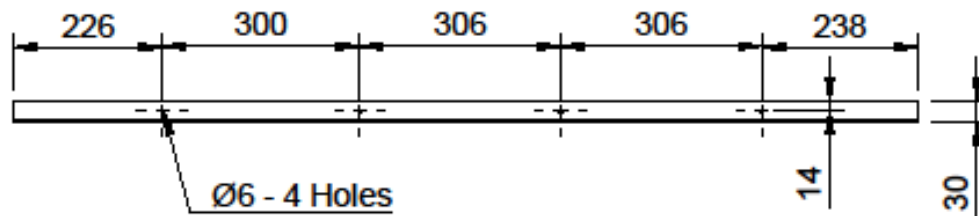
		2	Rangka Jig	13	Aluminium Profile	750 x 40 x 20 mm	V-Slot 2040	
			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
///								
			Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC <i>Hot Wire</i> untuk <i>Foam</i>			Skala 1 : 5	Digambar RM	
							Diperiksa MAS	
			<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>			032/035/038/MFG-4B/07/A4/23		

Tol. Sedang



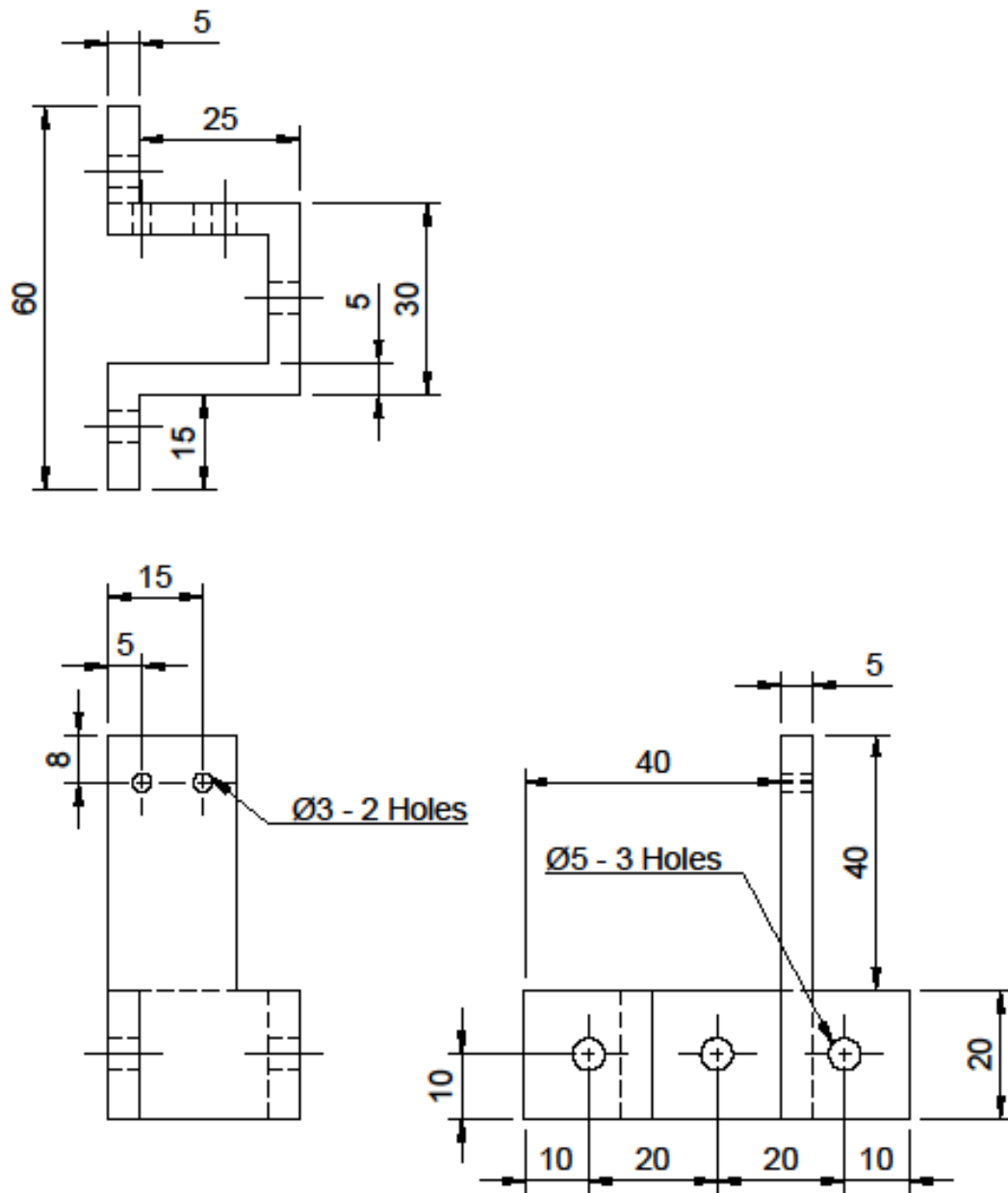
	8	Bracket Clamp Workpiece	14	Akrilik	40 x 25 x 5 mm	Acrylic black doff 5mm
<b>Jumlah</b>		<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag</b>	<b>Bahan</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Keterangan</b>
///	///					
		Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire untuk Foam			Skala 2:1	Digambar RM Diperiksa MAS
		<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>			032/035/038/MFG-4B/07/A4/23	

Tol. Sedang



		1	Clamp Workpiece	15	Aluminium	1375 x 31 x 30 mm	Lis Siku L 250 x 250 mm	
	Jumlah		Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
///	///	I						
			Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire untuk Foam			Skala 1 : 10	Digambar Diperiksa	RM MAS
			<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>			MFG-4B/032,035,038/A4/23		

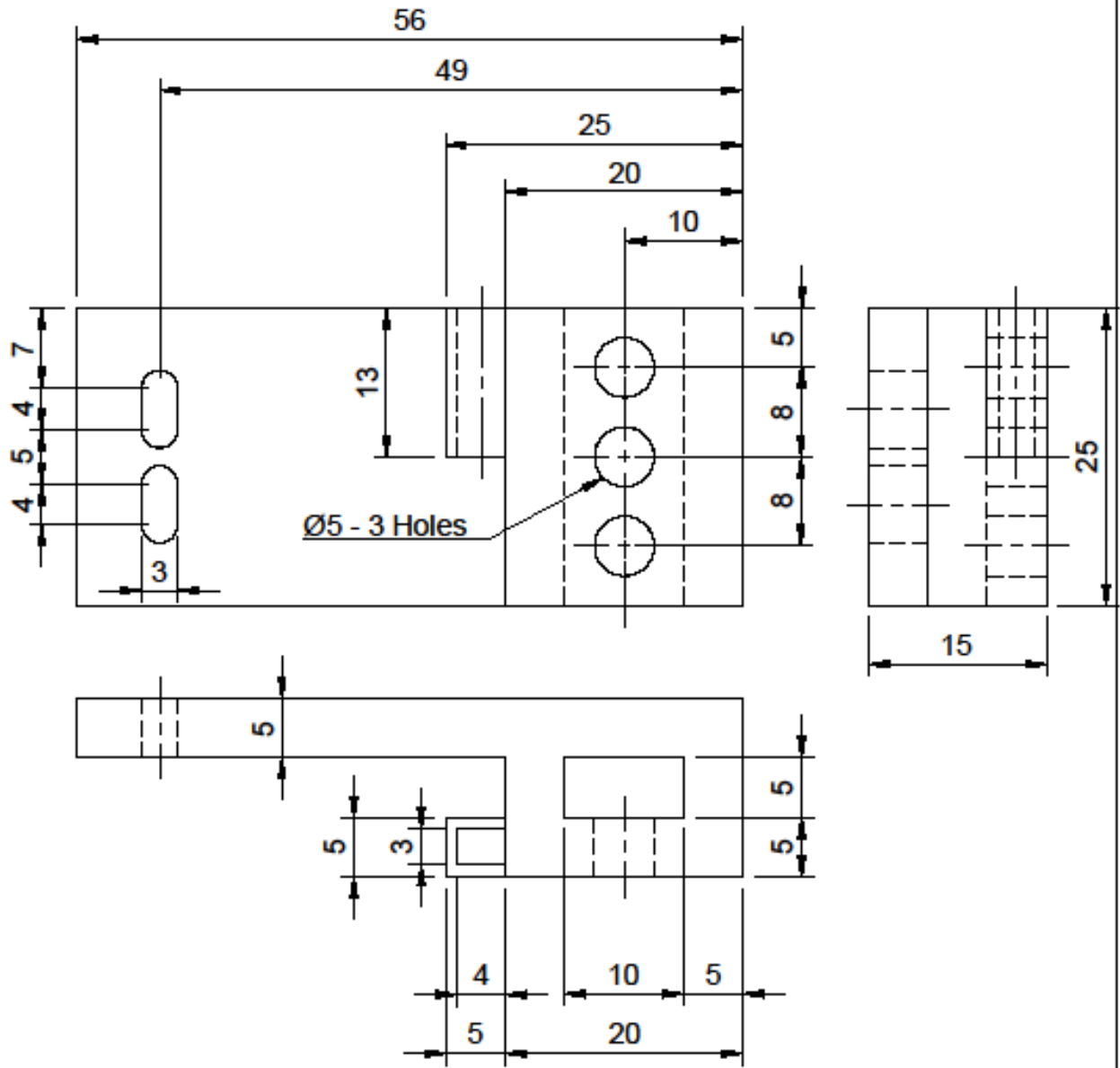
Tol. Sedang




	2	Clamp Gantry Y	16	PLA+	60 x 30 X 60 mm	3D Print				
<b>Jumlah</b>		<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag</b>	<b>Bahan</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Keterangan</b>				
III	II	I								
							Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC <i>Hot Wire</i> untuk <i>Foam</i>	Skala 1:1	Digambar Diperiksa	RM MAS
							<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>	032/035/038/MFG-4B/07/A4/23		

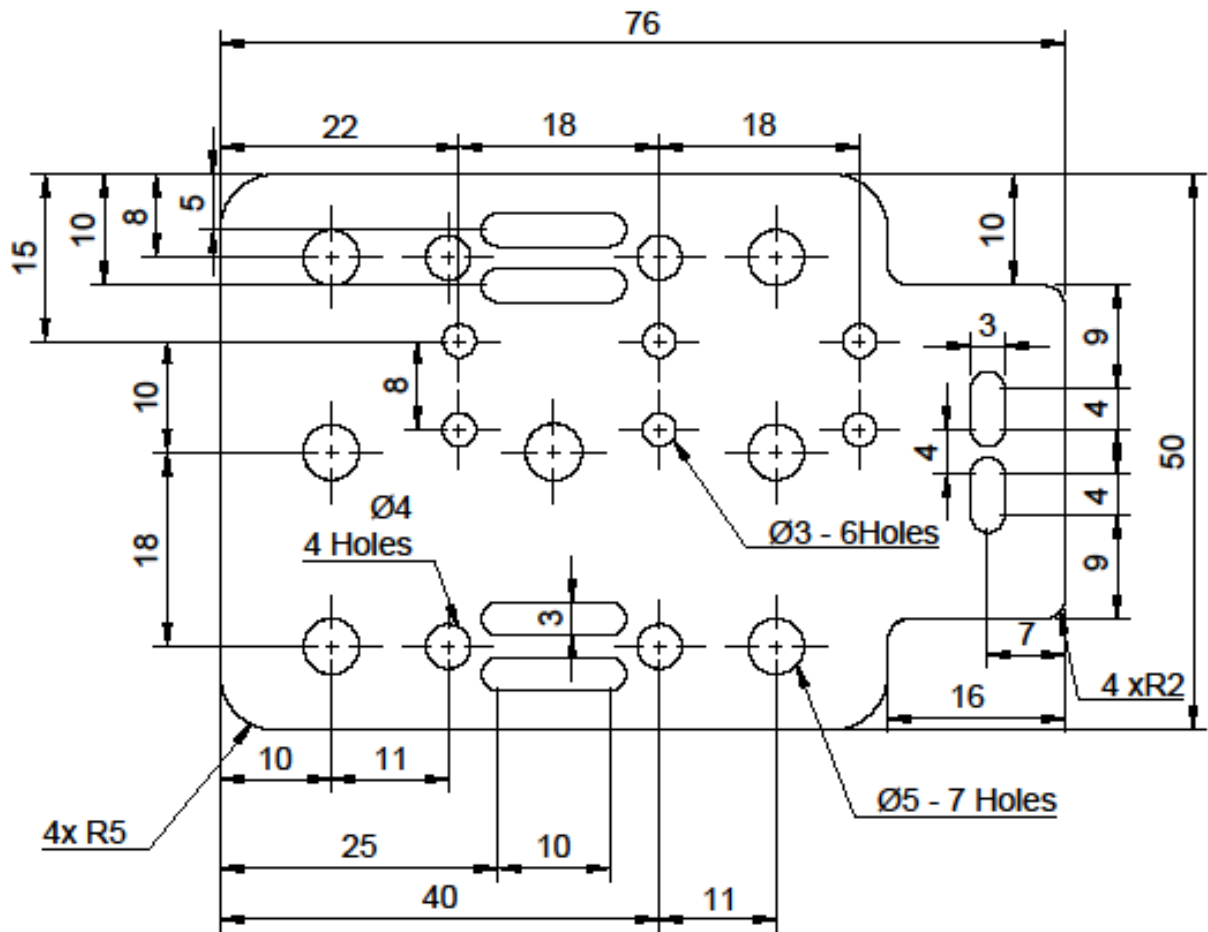


Tol. Sedang



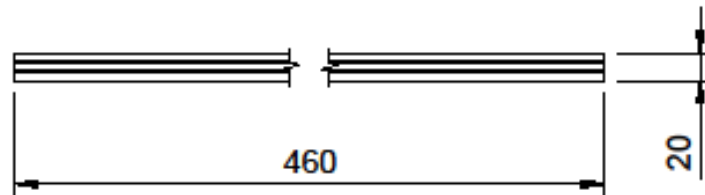
	2	Bracket Drag Chain	17	PLA +	56 X 25 X 15 mm	3D Print
<b>Jumlah</b>		<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag</b>	<b>Bahan</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Keterangan</b>
III	II	I				
		Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC <i>Hot Wire</i> untuk <i>Foam</i>			Skala 2:1	Digambar RM Diperiksa MAS
		POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			032/035/038/MFG-4B/07/A4/23	

Tol. Sedang



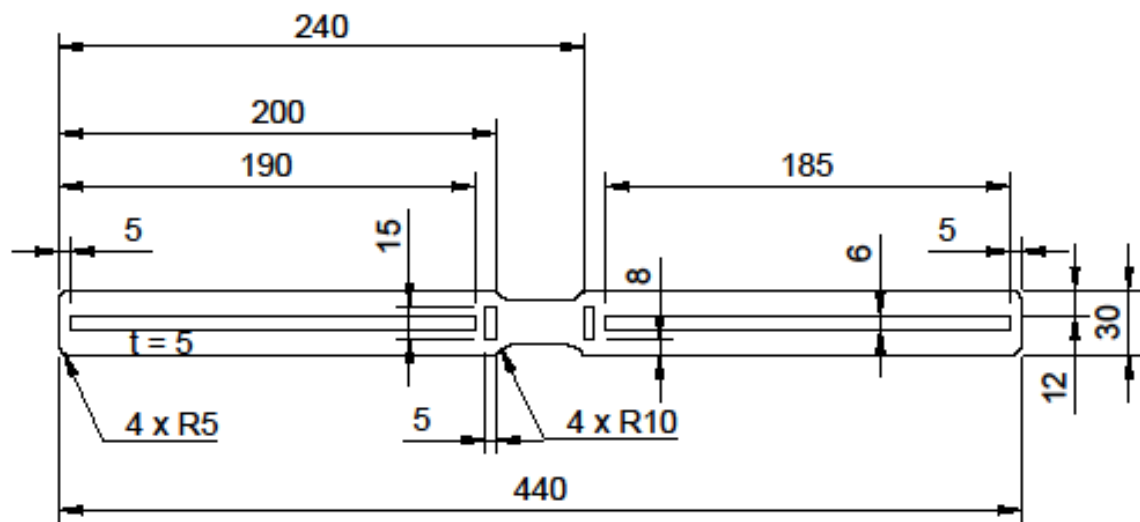
	2	Gantry Plate Tengah	18	Akrilik	76 x 50 x 5 mm	Acrylic black doff 5mm
Jumlah		Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
///						
		Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire untuk Foam			Skala 2:1	Digambar RM Diperiksa MAS
		<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>			032/035/038/MFG-4B/07/A4/23	

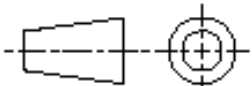
Tol. Sedang



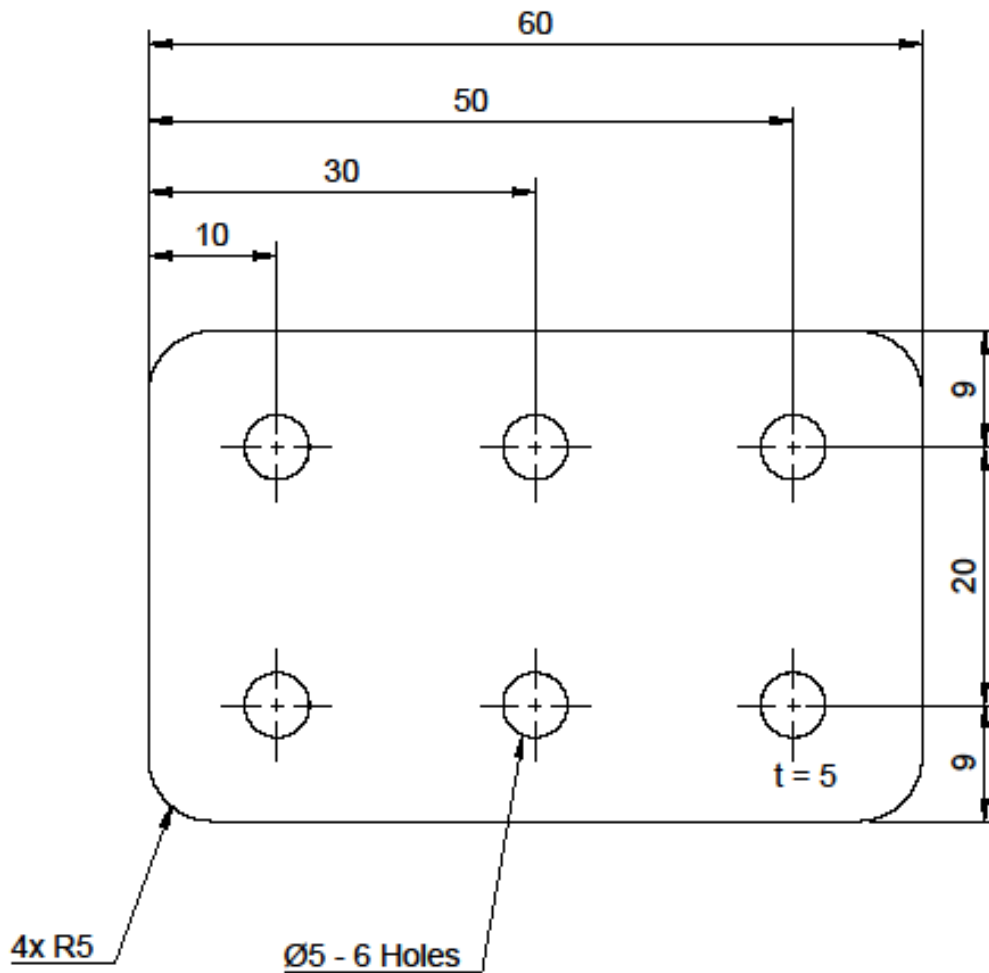
		1	Rangka Atas Gantry Y	19	Aluminium Profile	460 x 20 x 20 mm	V-Slot 2020	
<b>Jumlah</b>			<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag</b>	<b>Bahan</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Keterangan</b>	
///	///	/						
Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire untuk Foam						Skala 1:5	Digambar RM	
						Diperiksa	MAS	
<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>						032/035/038/MFG-4B/07/A4/23		

Tol. Sedang



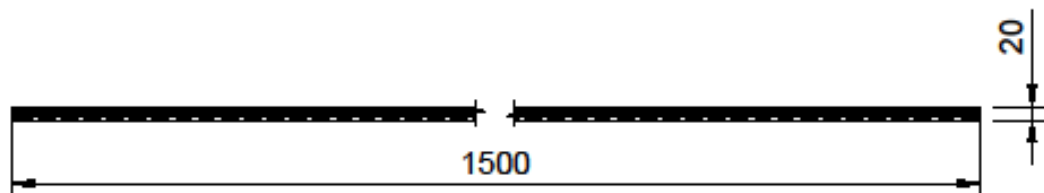
	4	Dudukan <i>Clamp Workpiece</i>	20	Akrilik	440 x 50 x 5 mm	<i>Acrylic black doff 5mm</i>
<b>Jumlah</b>		<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag</b>	<b>Bahan</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Keterangan</b>
III	II	I				
		Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC <i>Hot Wire</i> untuk <i>Foam</i>		Skala 1 : 5	Digambar Diperiksa	RM MAS
		POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG		032/035/038/MFG-4B/07/A4/23		

Tol. Sedang



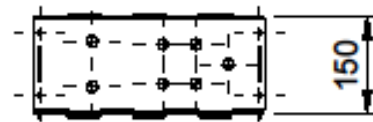
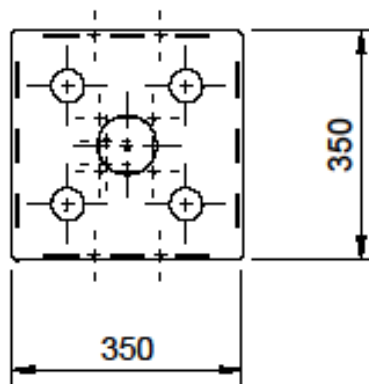
		3	Bracket Dudukan Baut	21	Akrilik	60 x 38 x 5 mm	Acrylic black doff 5mm	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
///								
			Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire untuk Foam			Skala 2:1	Digambar RM	
							Diperiksa MAS	
			<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>			MFG-4B/032,035,038/A4/23		

Tol. Sedang



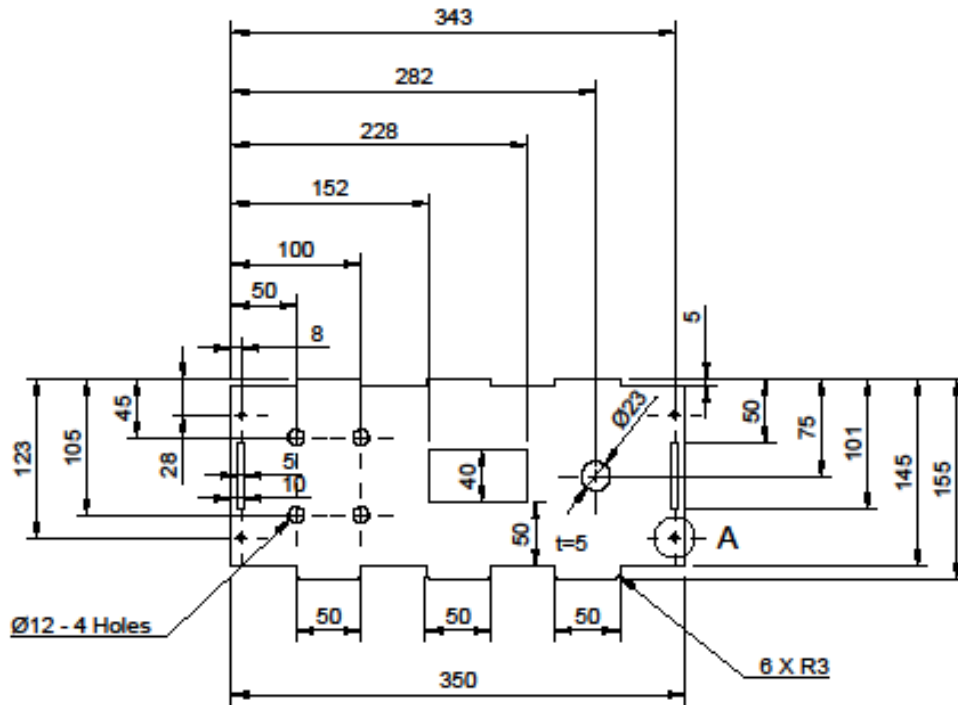
		1	Rangka Tengah JIG	22	Aluminium Profile	1500 x 40 x 20 mm	V-Slot 2040	
<b>Jumlah</b>			<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag</b>	<b>Bahan</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Keterangan</b>	
///	///	/						
Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC <i>Hot Wire</i> untuk <i>Foam</i>						Skala 1 : 10	Digambar RM	
							Diperiksa MAS	
<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>						032/035/038/MFG-4B/07/A4/23		

Tol. Sedang

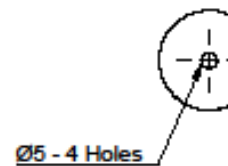


		1	Box Controler	23	Akrilik	350 x 350 x150 mm	Acrylic black dof 5mm		
<b>Jumlah</b>			<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag</b>	<b>Bahan</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Keterangan</b>		
III	II	I							
Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire untuk Foam						Skala 1 : 10	Digambar	RM	
							Diperiksa	MAS	
<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>						MFG-4B/032,035,038/A4/23			

Tol. Sedang



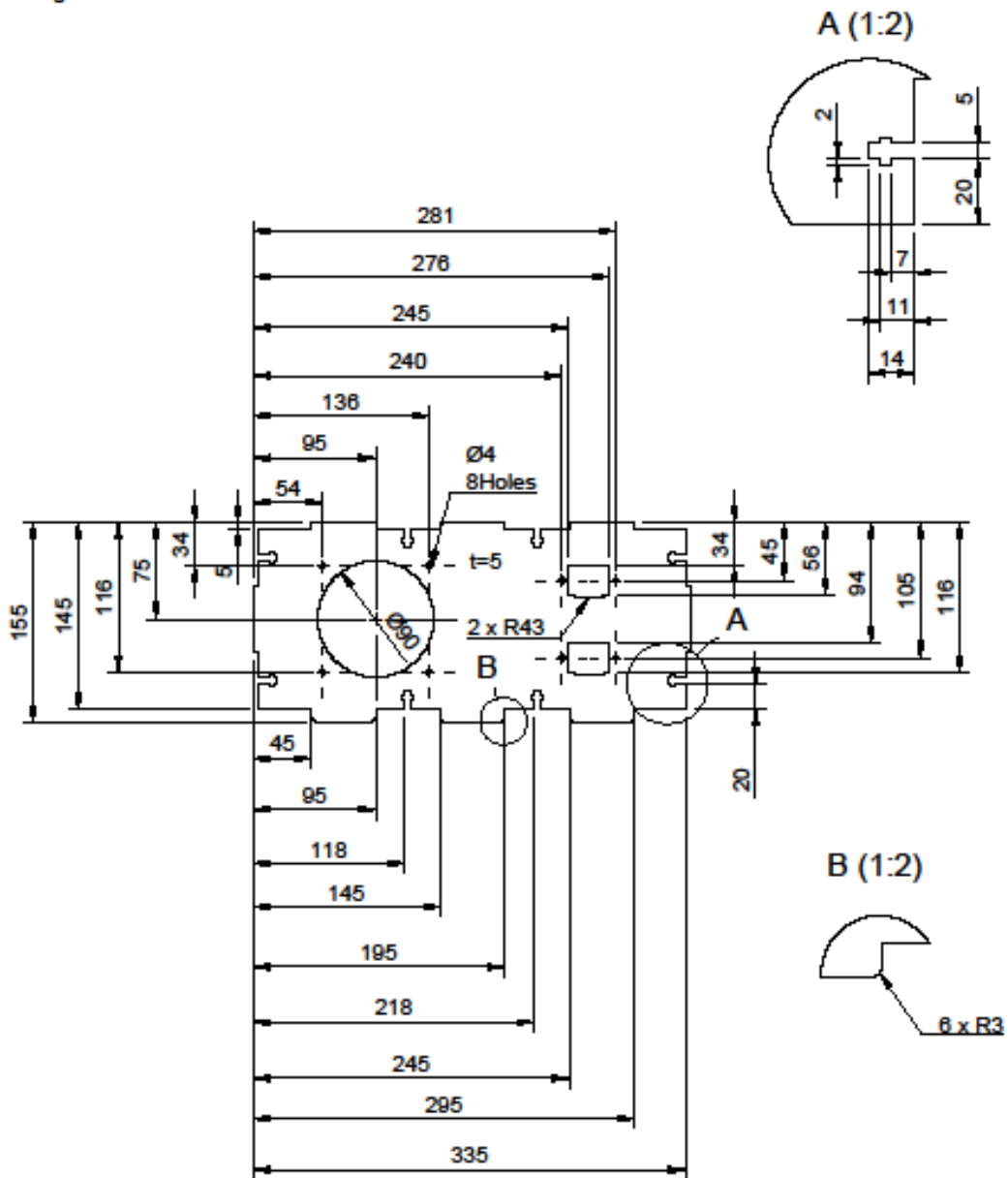
A (1:2)



	1	Box Control Depan	23.(1)	Akrilik	350 x 5 x 155 mm	Acrylic black dot 5mm	
<b>Jumlah</b>		<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag</b>	<b>Bahan</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Keterangan</b>	
III	II	I					
		Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire untuk Foam			Skala 1 : 5	Digambar RM	
						Diperiksa MAS	
		<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>			MFG-4B/032,035,038/A4/23		

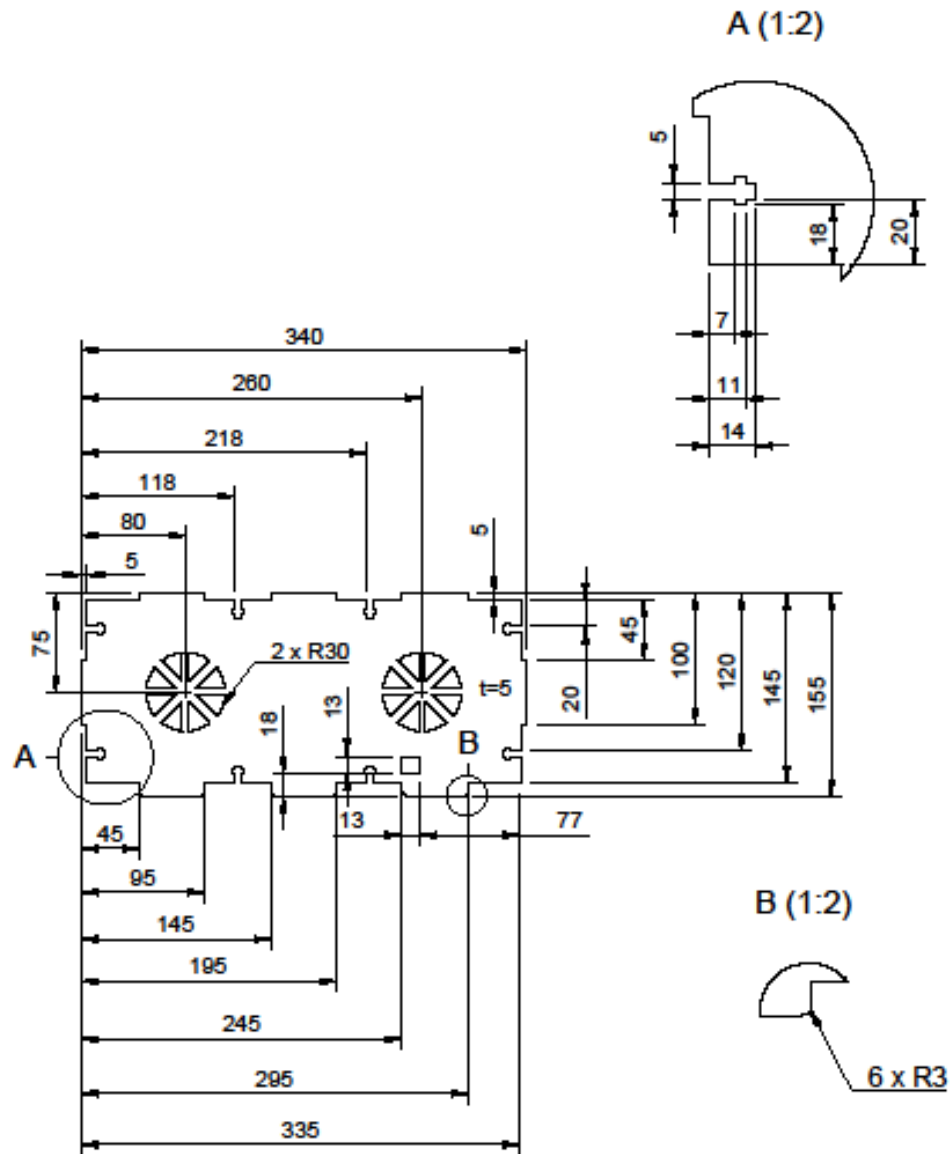


Tol. Sedang



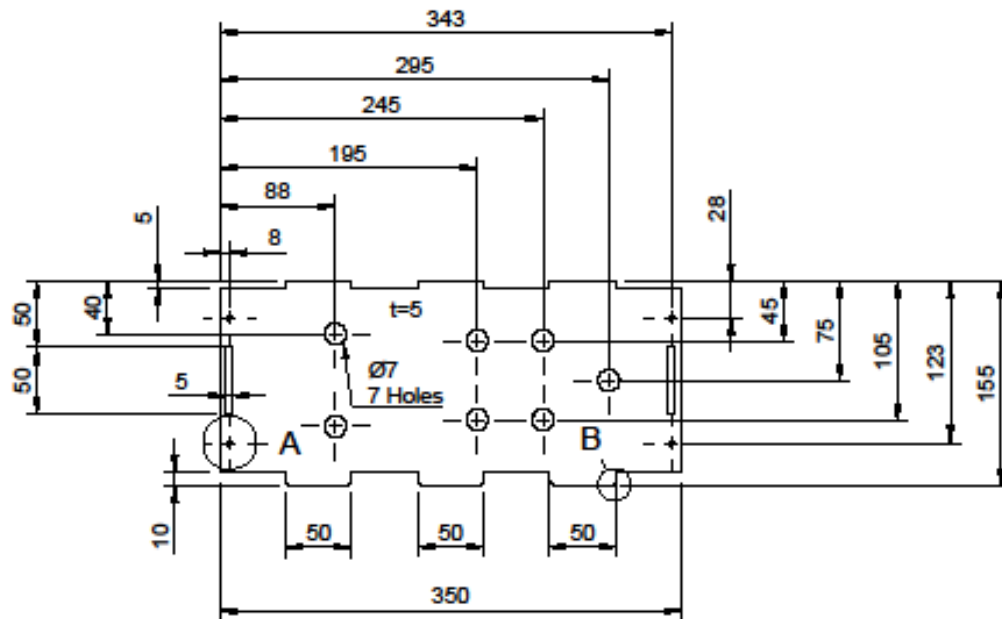
		1	Box Control Kiri	23.(2)	Akrilik	340 x 5 x 155 mm	Acrylic black doff 5mm	
<b>Jumlah</b>			<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag</b>	<b>Bahan</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Keterangan</b>	
///								
Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire untuk Foam						Skala 1 : 5	Digambar RM Diperiksa MAS	
<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>						MFG-4B/032,035,038/A4/23		

Tol. Sedang

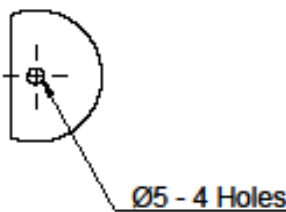


Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
1	Box Control Kanan	23.(3)	Akrilik	340 x 5 x 155 mm	Acrylic black doff 5mm
III					
II					
I					
Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire untuk Foam				Skala 1 : 5	Digambar RM Diperiksa MAS
<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>				MFG-4B/032,035,038/A4/23	

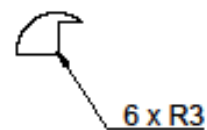
Tol. Sedang



A (1:2)

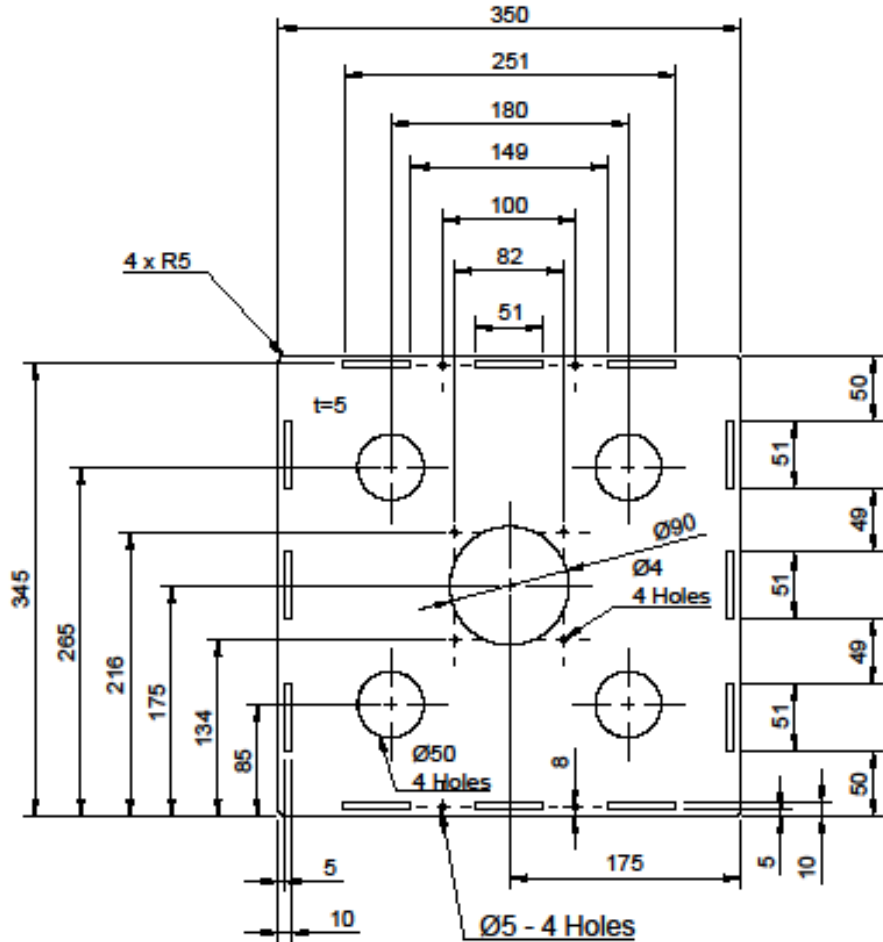


B (1:2)



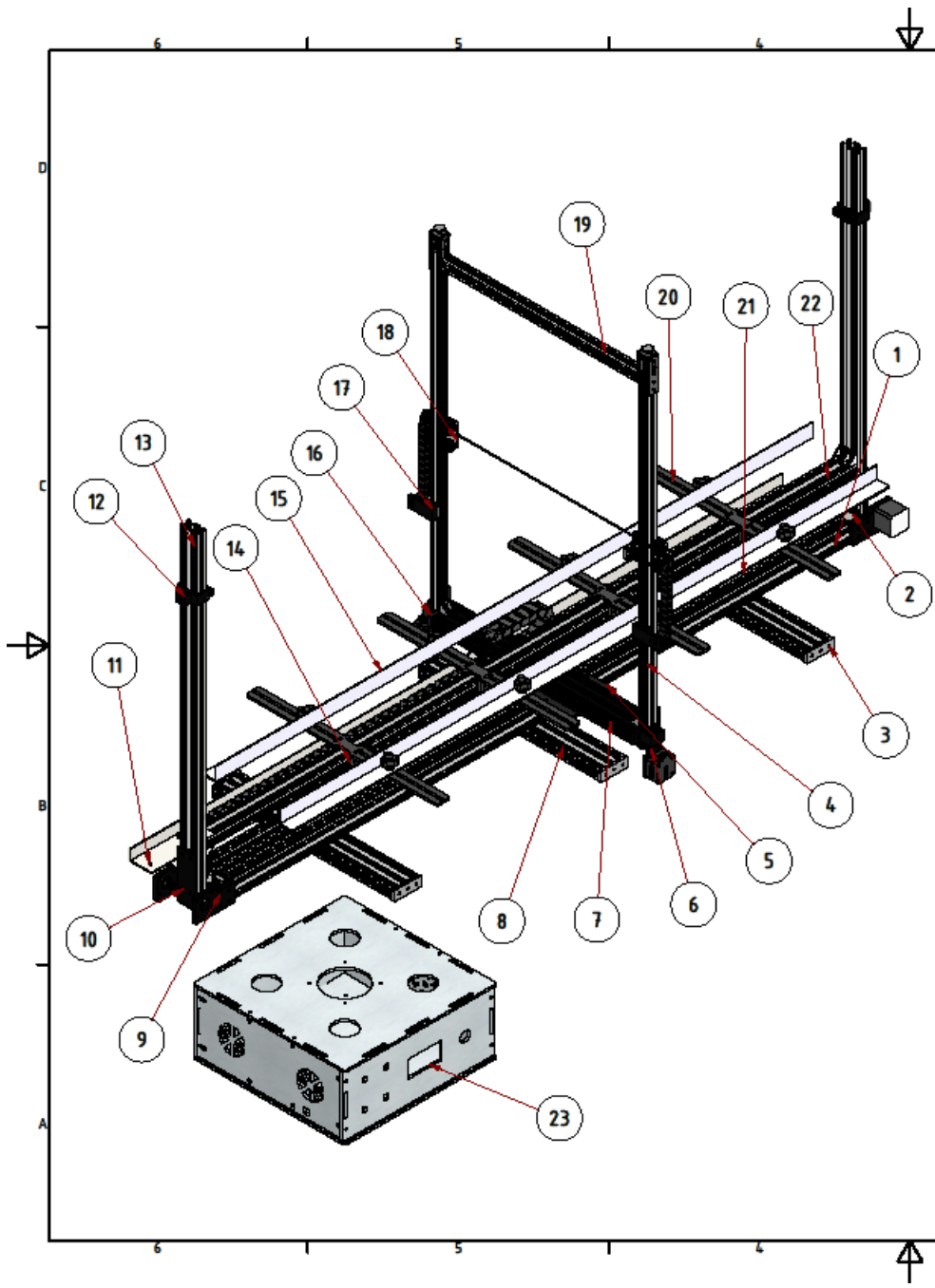
		1	Box Control Belakang	23.(4)	Akrilik	350 x 5 x 155 mm	Acrylic black doff 5mm	
<b>Jumlah</b>			<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag</b>	<b>Bahan</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Keterangan</b>	
///								
Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire untuk Foam						Skala 1:5	Digambar RM Diperiksa MAS	
<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>						MFG-4B/032,035,038/A4/23		

Tol. Sedang



		1	Box Control Atas	23.(5)	Akrilik	350 x 5 x 350 mm	Acrylic black doff 5mm	
<b>Jumlah</b>			<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag</b>	<b>Bahan</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Keterangan</b>	
///	///	I						
Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire untuk Foam						Skala 1 : 5	Digambar RM	
						Diperiksa	MAS	
<b>POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG</b>						MFG-4B/032,035,038/A4/23		





1	Box Control	23	Akrilik	350 x 350 x 150	Iridium shop/Acrylic black doff 5mm
1	Rangka Tengah Jig	22	Aluminium Profile 2040	1500 x 40 x 20	Rajawali 3D/V - slot 2040 clear
3	Bracket Dudukan baut	21	Akrilik	60 x 38 x 5	Iridium shop/Acrylic black doff 5mm
4	Dudukan Clamp Workpiece	20	Akrilik	440 X 50 X 5	Iridium shop/Acrylic black doff 5mm
1	Rangka Atas Gantry Y	19	Aluminium Profile 2020	460 x 20 x 20	Rajawali 3D/V - slot 2020 clear
2	Gantry Plate Tengah	18	Akrilik	76 x 50 x 5	Iridium shop/Acrylic black doff 5mm
2	Bracket Drag Chain	17	PLA+	56 x 25 x 15	3D Print
2	Clamp Gantry Y	16	PLA+	60 x 30 x 60	3D Print
2	Clamp Workpiece	15	Aluminium	1375 x 31 x 30	Mitra252/Lis Siku Aluminium
8	Bracket Clamp Workpiece	14	Akrilik	40 x 25 x 5	Iridium shop/Acrylic black doff 5mm
2	Rangka Jig	13	Aluminium Profile 2040	750 x 40 x 20	Rajawali 3D/V - slot 2040 clear
2	Clamp Penjepit Atas	12	PLA+	52 x 47 x 20	3D Print
1	Work Drag Chain	11	Aluminium	1500 x 50 x 25	Vlinder/Aluminium alloy 6063-T5
2	Bracket Baut Jig	10	Akrilik	110 X 40 X 5	Iridium shop/Acrylic black doff 5mm
4	Bracket Stepper Axis X	9	Akrilik	92 x 51 x 8	Iridium shop/Acrylic black doff 8mm
3	V-Slot Aluminium Profile	8	Aluminium Profile 2060	410 x 60 x 20	Rajawali 3D/V - slot 2060 clear
1	Rangka Bawah Gantry Y	7	Aluminium Profile 2060	460 x 60 x 20	Rajawali 3D/V - slot 2060 clear
2	Bracket Stepper Axis Y	6	Akrilik	94 x 42 x 8	Iridium shop/Acrylic black doff 8mm
1	Gantry Plate Bawah	5	Akrilik	220 x 120 x 5	Iridium shop/Acrylic black doff 5mm
2	Rangka Kanan Gantry Y	4	Aluminium Profile 2020	750 x 20 x 20	Rajawali 3D/V - slot 2020 clear
6	Bracket Kaki Mesin	3	Akrilik	64 x 22 x 5	Iridium shop/Acrylic black doff 5mm
4	Clamp Limit Switch	2	PLA+	80 x 20 x 25	3D Print
1	C- Beam	1	Aluminium Profile	1500 x 80 x 40	Rajawali 3D/C Beam 4080 clear
<b>Jumlah</b>	<b>Nama Bagian</b>	<b>No. Bag</b>	<b>Bahan</b>	<b>Ukuran</b>	<b>Keterangan</b>

III	II	I							
<b>Pengembangan Desain Konstruksi Mesin CNC Hot Wire untuk Foam</b>				Skala NTS	<table border="1"> <tr> <td>Digambar</td> <td>RM</td> </tr> <tr> <td>Diperiksa</td> <td>MAS</td> </tr> </table>	Digambar	RM	Diperiksa	MAS
Digambar	RM								
Diperiksa	MAS								
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG				MFG/032,035,038/A3/19					







KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET,  
DAN TEKNOLOGI

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

Jalan Perintis Kemerdekaan Km.10 Tamalanrea, Makassar 90245

Telpon: (0411)-585365, 585367, 585368; Faksimili: (0411)-586043

E-mail : [pnup@poliupg.ac.id](mailto:pnup@poliupg.ac.id)

Home page : <http://www.poliupg.ac.id>

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Muhammad Miftahul Haq (443 19 032)  
Nurfadilah (443 19 035)  
Risma Maulina (443 19 038)

Program Studi : D4 Teknik Manufaktur  
Jurusan : Teknik Mesin

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1	05-06-2023	- Perbaiki latar belakang (tujuan & manfaat)	<i>[Signature]</i>
2	14/06/2023	- Tambahkan tinjauan pustaka (metode optimasi)	<i>[Signature]</i>
3	22/06/2023	- Ungkapi gambar konsep dan hasil pembuatan	<i>[Signature]</i>
4	07/07/2023	- Ambil data uji Optimasi taguchi	<i>[Signature]</i>
4	07/07/2023	- Ambil data haltoosi	<i>[Signature]</i>
5	12/07/2023	- Analisa data optimasi dan bahas	<i>[Signature]</i>
6	17/07/2023	- Cantor keja pada lampiran	<i>[Signature]</i>
6	17/07/2023	- Sempurnakan & ungkapi data pada penulisan	<i>[Signature]</i>
7	23/07/2023	- Ungkapi daftar isi dan lampiran foto kegiatan	<i>[Signature]</i>
8	25/07/23	- OK	<i>[Signature]</i>

*AOE untuk ujian Skripsi*

Makassar, 25 Juli 2023

Dosen Pembimbing I

*[Signature]*

Muhammad Arsyad Suyuti, S.T., M.T.

Nip. 19721206 2002121 1 004





**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET,  
DAN TEKNOLOGI**

**POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG**  
 Jalan Perintis Kemerdekaan Km.10 Tamalanrea, Makassar 90245  
 Telpn: (0411)-585365, 585367, 585368; Faksimill: (0411)-586043  
 E-mail : [poup@poliupg.ac.id](mailto:poup@poliupg.ac.id)  
 Home page : <http://www.poliupg.ac.id>

**LEMBAR ASISTENSI**

Nama : Muhammad Miftahul Haq (443 19 032)  
 Nurfadilah (443 19 035)  
 Risma Maulina (443 19 038)

Program Studi : D4 Teknik Manufaktur  
 Jurusan : Teknik Mesin

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	10-4-2023	- Desain Konstruksi harus lebih kecil - Rapor, & lebih halus	Se
2.	21-4-2023	- Des. Gambar terlihat lapuk x 2 y yg fcm - Rumus Mandel $\leftrightarrow$ Tuju & tebal	Pg
3.	5-5-2023	- Perbaiki Bab I & Bab II, yg dibenarkan - Rumus & perhitungan $\rightarrow$ sumber referensinya	g
4.	19-5-2023	- komposisi kontrol elektronik y bagus - Gambar/foto lapuk = lebih & personal	Se
5.	29-5-2023	- Perbaiki semua yg dibenarkan (edit & perbaiki) - Perbaiki halaman $\rightarrow$ format fontnya NTR-12	Se
6.	9-6-2023	- Uji coba alat: jumlah asam yg berlapis & fcm - Program yg diperlukan, prototipe $\rightarrow$ cek alatnya - Gambar X & Y termasuk keproteksi / toleransi	Se
7.	19-6-2023	- Tabel data pengujian & secepatnya - Daftar pustaka & perbaiki	Se
8.	26-6-2023	- Gambar & perbaiki alat pergunakan sketsa	Se
9.	07-7-2023	- tambahkan video pengujian alat? Ujra & dpt	Se

*Se y uji coba*

Makassar, 20 Juli 2023

Dosen Pembimbing II

Ir. Abdul Salam, M.T.

Nip. 19601224 199103 1 001

# LEMBAR REVISI JUDUL PROYEK / TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : Muhammad Nizlahul Haq / Mufadilah / Alma Maulina  
 STAMBUK : 44319032 / 44319035 / 44319038  
 Catatan Penguji :

No	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1.	Syahrudin	- Perbaiki rumusan masalah dan tujuan - Koreksi masalah ketelitian menggunakan alat ukur	18/9/23 Ace [Signature]
2.	Abim. T.	- Uraian → Selanjutnya - Uraian → lebih dibek → singkat - simbol kelan	20/9/23 [Signature]
3.	Baro Nasrullah.	- Gambar parameter Radius - Gambar detail diperbaiki	[Signature]

Makassar,  
 Ketua / Sekretaris Penguji.

[Signature]

Catatan: Jika ada perubahan Judul Tugas Akhir konfirmasi secepatnya ke bagian Akademik.