

RANCANG BANGUN MESIN *CNC SPOT WELDING 3 AXIS*
UNTUK *BATTERY PACK*



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan diploma empat (D4) Program Studi Teknik Manufaktur
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

SAHRUL SABIR BAHARUDIN	443 19 039
NEILYN ARRUAN TASIK	443 19 033
RESKY WAHYU	443 19 037

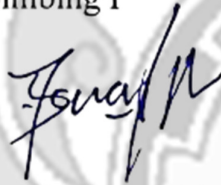
PROGRAM STUDI D4 TEKNIK MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2023

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini dengan judul **“Rancang Bangun Mesin CNC Spot Welding 3 Axis untuk Battery Pack”** oleh Sahrul Sabir Baharudin NIM 443 19 039, Neilyn Arruan Tasik NIM 443 19 033 dan Resky Wahyu NIM 443 19 037 dinyatakan layak dan siap diujikan.

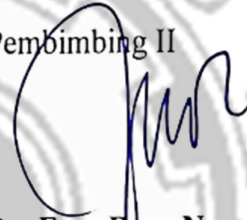
Makassar, Juli 2023

Pembimbing I



Dr. Ir. Syaharuddin Rasvid, M.T
NIP. 19680105 199403 1 001

Pembimbing II



Dr. Eng. Baso Nasrullah S.ST., M.T
NIP. 19771015 200604 1 001



Mengetahui
Koordinator Program Studi

Dr. Eng. Baso Nasrullah S.ST., M.T
NIP. 19771015 200604 1 001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, 15 Februari 2023, tim penguji seminar skripsi telah menerima hasil seminar skripsi oleh mahasiswa: Sahrul Sabir Baharudin NIM 443 19 039, Neilyn Arruan Tasik NIM 443 19 033 dan Resky Wahyu NIM 443 19 037 dengan judul “Rancang Bangun Mesin *CNC Spot Welding 3 Axis* untuk *Battery Pack*”

Makassar, Juli 2023

Tim Seminar Skripsi:

- 
1. Ir. Muas M, M.T. Ketua (.....)
 2. Arthur Halik Razak, S.ST., M.T. Sekretaris (.....)
 3. Abram Tangkemanda, S.T., M.T. Anggota I (.....)
 4. Trisbenheiser, S.T., M.T. Anggota II (.....)
 5. Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. Pembimbing I (.....)
 6. Dr. Eng. Baso Nasrullah S.ST., M.T. Pembimbing II (.....)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT. karena atas berkat dan rahmat serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa Program Studi Teknik Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang dalam menyelesaikan studinya, untuk memenuhi syarat tersebut penulis dengan bimbingan dari dosen pembimbing merencanakan sebuah **“Rancang Bangun Mesin CNC Spot Welding untuk Battery Pack”**.

Kepada kedua orang tua kami tercinta yang senantiasa selalu memberikan dukungan moril, material, dan doa.

Dalam menyelesaikan skripsi ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah SWT. yang terus-menerus hadir dan dukungan moril, material, dan doa dari orang tua kami tercinta, dan juga atas banyaknya bimbingan dari dosen pembimbing, serta kerja keras penulis dan dukungan dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Untuk itu penulis pada kesempatan ini menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Ilyas Mansur. M.T, selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.

2. Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang. Sekaligus sebagai dosen pengarah.
3. Bapak Dr. Eng. Baso Nasrullah S.ST., M.T. selaku Koordinator Program Studi D4 Teknik Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang,
4. Bapak/Ibu staf pengajar di Program Studi Teknik Manufaktur Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Teman kelas D-IV Teknik Manufaktur angkatan 2019 yang telah menemani hari-hari kami di kampus.

Akhir kata, penulis mengharapkan semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin Ya Rabbal A'laamiin.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Makassar, Februari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENERIMAAN	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR SIMBOL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
SURAT PERNYATAAN.....	xiv
SURAT PERNYATAAN.....	xv
RINGKASAN	xvii
<i>SUMMARY</i>	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	5
1.4.1 Tujuan Penelitian	5
1.4.2 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 <i>Spot Welding</i>	7
2.1.1 Prinsip Kerja <i>Battery Spot Welding</i>	7
2.1.2 Tahapan Proses <i>Battery Spot Welding</i>	8

2.2 Baterai	11
2.2.1 Perkembangan Baterai	11
2.2.2 Jenis-jenis Baterai	12
2.2.3 <i>Battery Pack</i>	14
2.3 Mesin <i>CNC Battery Spot Welding</i>	15
2.3.1 Kelebihan Penggunaan Mesin <i>CNC</i>	16
2.3.2 Konstruksi Mesin <i>CNC Battery Spot Welding</i>	16
2.4 Dasar Perhitungan Konstruksi Mesin.....	26
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	30
3.2 Alat dan Bahan	30
3.3 Tahapan Perancangan.....	31
3.3.1 Studi Litelatur	31
3.3.2 Perancangan.....	32
3.3.3 Perhitungan Konstruksi Mesin	38
3.3.4 Tahap Pembuatan.....	46
3.3.5 Tahap Perakitan	49
3.4 Prosedur Pengujian.....	54
3.5 Teknik Analisa Data.....	55
3.6 Diagram Alir Rancang Bangun	56
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	57
4.1 Hasil Pembuatan Mesin.....	57
4.2 Hasil Kalibrasi Pergerakan Mesin.....	58
4.2.1 Hasil Pergerakan Sumbu X.....	58
4.2.2 Hasil Pergerakan Sumbu Y.....	59
4.2.3 Hasil Pergerakan Sumbu Z.....	60
4.3 Hasil Kualitas Pengelasan	61
4.3.1 Hasil Pengelasan Pelat <i>Connector</i> dengan Pelat <i>Connector</i>	61
4.3.2 Hasil Pengelasan Pelat <i>Connector</i> dengan Baterai Li-ion.....	66
4.4 Hasil Perhitungan Biaya Manufaktur Pembuatan Mesin	69

4.4.1 Biaya Bahan Langsung.....	69
4.4.2 Biaya Tenaga Kerja	72
4.4.3 Biaya Bahan Tidak Langsung.....	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	75
5.1 Kesimpulan.....	75
5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA.....	77
LAMPIRAN.....	79



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Estimasi kebutuhan baterai di Indonesia.....	1
Gambar 2.1 <i>Pre-compression stage</i>	8
Gambar 2.2 <i>Welding stage</i>	9
Gambar 2.3 <i>Maintenance phase</i>	10
Gambar 2.4 <i>Resting phase</i>	10
Gambar 2.5 Jenis-jenis baterai	11
Gambar 2.6 <i>Battery pack</i>	15
Gambar 2.7 Mesin <i>CNC Spot Welding</i>	15
Gambar 2.8 Motor stepper	17
Gambar 2.9 Aluminium profil.....	17
Gambar 2.10 <i>Threaded rod</i>	18
Gambar 2.11 <i>Shaft</i>	18
Gambar 2.12 <i>Linear Motion Block</i>	19
Gambar 2. 13 <i>Bearing</i>	19
Gambar 2.14 <i>Bolt dan Nut</i>	20
Gambar 2.15 <i>Flexible coupling</i>	20
Gambar 2.16 Arduino Uno.....	21
Gambar 2.17 <i>Power Supply</i>	22
Gambar 2.18 <i>Driver Motor Stepper</i>	22
Gambar 2.19 <i>CNC Shield</i>	23
Gambar 2.20 <i>Software Candle</i>	24
Gambar 2.21 GRBL	25
Gambar 2.22 <i>Software Vetric Aspire</i>	25
Gambar 3.1 Alternatif konsep desain rancangan 1	32
Gambar 3.2 Alternatif konsep desain rancangan 2	33
Gambar 3.3 Alternatif konsep desain rancangan 3	33
Gambar 3.4 Alternatif konsep desain rancangan 4	34
Gambar 3.5 Alternatif konsep desain rancangan 5	34
Gambar 3.6 Instalasi komponen elektrik	52

Gambar 3.7 Sistem kontroler	53
Gambar 3.8 <i>Peel up test</i>	55
Gambar 3.9 Diagram alir pengerjaan	56
Gambar 4.1 Final Desain <i>CNC spot welding</i> untuk <i>battery pack</i>	57
Gambar 4.2 Mesin <i>CNC spot welding</i> untuk <i>battery pack</i>	57
Gambar 4.3 Grafik hasil Pengukuran <i>Average Ampere connector to connector</i> ..	64
Gambar 4.4 Grafik hasil Pengukuran <i>Average Resistance connector to connector</i>	65
Gambar 4.5 Grafik hasil Pengukuran <i>Average Diameter connector to connector</i>	65
Gambar 4.6 Grafik hasil Pengukuran <i>Average ampere connector to Battery</i>	67
Gambar 4.7 Grafik hasil Pengukuran <i>Average Resistance connector to Battery</i> .	68
Gambar 4.8 Grafik hasil Pengukuran <i>Average Diameter connector to Battery</i> ...	68



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Pemilihan Konsep Desain dengan <i>Concept Screening Matrix</i>	36
Tabel 3. 2 Pemilihan Konsep Desain dengan <i>Concept Scoring matrix</i>	37
Tabel 3. 3 Berat komponen pada axis X	38
Tabel 3. 4 Berat komponen pada axis Y	41
Tabel 3. 5 Berat komponen pada axis Z.....	44
Tabel 3. 6 Komponen yang dibuat	46
Tabel 3. 7 Komponen yang dibeli	48
Tabel 4. 1 Pengujian Pergerakan Sumbu X	59
Tabel 4. 2 Pengujian Pergerakan Sumbu Y	59
Tabel 4. 3 Pengujian Pergerakan Sumbu Z.....	60
Tabel 4. 4 Hasil pengujian pengelasan pelat <i>connector</i> dengan pelat <i>connector</i> ..	62
Tabel 4. 5 Hasil pengujian pengelasan pelat <i>connector</i> dengan baterai li-ion.....	66
Tabel 4. 6 Biaya Bahan Langsung	69
Tabel 4. 7 Biaya tenaga kerja.....	72
Tabel 4. 8 Biaya Bahan Tidak Langsung	73

DAFTAR SIMBOL

No	Simbol	Keterangan
1	Rp	Rupiah
2	N	Newton
3	m	Massa
4	°	Derajat
5	%	Persen
6	Np	Step putaran
7	ω	<i>Revolution per minute</i>
8	π	Konstanta phi
9	mm	Milimeter
10	fc	Faktor Koreksi
11	W	Beban
12	Wd	Beban Rencana
13	σ_y	Tegangan Luluh
14	$\bar{\sigma}$	Tegangan Izin
15	Sf	Safety Faktor
16	\emptyset	Diameter
17	Pps	Pulsa per detik
18	τ	Torsi
19	P	Daya kerja motor
20	F	Gaya
21	s	<i>Second (detik)</i>
22	l	Lebar
23	W	Watt
24	p	Panjang
25	l	Lebar
26	t	Tinggi
27	V	Volume
28	g	Percepatan gravitasi
29	ρ	Rho
30	kW	KiloWatt

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses Manufaktur.....	80
Lampiran 2. Proses Perakitan.....	81
Lampiran 3. Proses kalibrasi	82
Lampiran 4. Dokumentasi Kegiatan	82
Lampiran 4. Gambar kerja	82



SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Sahrul Sabir Baharudin

NIM : 443 19 039

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini, yang berjudul “Rancang Bangun Mesin *CNC Spot Welding 3 Axis* untuk *Battery Pack*” merupakan gagasan, hasil karya penulis sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain dan juga website sumber referensi telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka skripsi ini.

Jika pernyataan penulis tersebut diatas tidak benar, penulis siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang Makassar.

Makassar, Juli 2023



Sahrul Sabir Baharudin

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Neilyn Arruan Tasik


NIM : 443 19 033

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini, yang berjudul “Rancang Bangun Mesin *CNC Spot Welding 3 Axis* untuk *Battery Pack*” merupakan gagasan, hasil karya penulis sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain dan juga website sumber referensi telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka skripsi ini.

Jika pernyataan penulis tersebut diatas tidak benar, penulis siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang Makassar.

Makassar, Juli 2023



METERAI
TEMPEL
81312AKX703811203

Neilyn Arruan Tasik

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Resky Wahyu

NIM : 443 19 037

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini, yang berjudul “Rancang Bangun Mesin *CNC Spot Welding 3 Axis* untuk *Battery Pack*” merupakan gagasan, hasil karya penulis sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain dan juga website sumber referensi telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka skripsi ini.

Jika pernyataan penulis tersebut diatas tidak benar, penulis siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang Makassar.

Makassar, Juli 2023



Kesky Wahyu

RANCANG BANGUN MESIN *CNC SPOT WELDING 3 AXIS* UNTUK *BATTERY PACK*

RINGKASAN

Dewasa ini perkembangan penggunaan baterai sangat pesat di seluruh belahan dunia. Sejalan dengan upaya mengurangi emisi gas dari bahan bakar fosil, maka diperlukan adanya transisi ke energi terbarukan. Namun, dalam pengaplikasian pada kendaraan listrik tidak bisa menggunakan satu sel baterai tunggal saja karena voltase dan kerapatan arusnya tidak cukup untuk pengoperasian. Oleh karena itu, baterai harus dirakit secara seri dan paralel dalam bentuk *battery pack*. Sedangkan pada proses *assembly* semi otomatis menggunakan alat *spot welding* yang bergerak secara otomatis. Namun, untuk pergeseran benda kerja pada saat proses *spot welding* masih digerakkan secara manual.

Tujuan penelitian ini adalah 1). merancang dan membuat konstruksi mesin *CNC Spot Welding 3 Axis* untuk *battery pack* dengan metode *pugh matrix*, 2). Mengetahui cara mengkalibrasi pergerakan sumbu mesin *CNC Spot Welding 3 Axis* untuk menunjang kepresisian ukuran dalam pengelasan *battery pack*, 3). Untuk mengetahui kualitas penyambungan baterai berdasarkan parameter *measurement voltage, ampere, dan resistance*, dan 4). Untuk Mengetahui Biaya Manufaktur Pembuatan dari mesin *CNC Spot Welding 3 Axis*.

Tahapan penelitian yang dilakukan ialah pembuatan, perancangan, pengujian, dan analisa data hasil pengujian. Metode penelitian dilakukan dengan pemilihan tempat dan waktu, alat dan bahan, tahapan perancangan, dan prosedur pengujian. Metode pengambilan data dilakukan dengan menggunakan mistar insut dan balok aluminium untuk menguji keakuratan pergerakan, dan menggunakan 2 metode penyambungan pengelasan untuk melihat kualitas hasil *spot welding*.

Kesimpulan dari penelitian ini, telah dihasilkan produk *CNC Spot Welding* dengan spesifikasi *Build Volume 557,5 mm x 508,5 mm x 408,5 mm*. Berdasarkan hasil pengujian dapat diketahui pada axis X, Y, dan Z nilai input pada aplikasi telah sesuai dengan pergerakan aktual mesin. Untuk kualitas sambungan sangat berpengaruh terhadap beberapa faktor antara lain yakni kerapatan permukaan, ketebalan *connector*, dan besarnya arus dari setiap *cycle mode*.

Kata kunci: *CNC, Spot welding, battery pack*

RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK

SUMMARY

Today the development of battery use is very rapid in all parts of the world. In line with efforts to reduce gas emissions from fossil fuels, a transition to renewable energy is needed. However, in application to electric vehicles, a single battery cell cannot be used because the voltage and current density are not sufficient for operation. Therefore, the battery must be assembled in series and parallel in the form of a battery pack. Whereas in the semi-automatic assembly process using a spot welding tool that moves automatically. However, for shifting the workpiece during the spot welding process it is still manually moved.

The aims of this research are 1). designing and constructing a 3 Axis CNC Spot Welding machine for battery packs using the pugh matrix method, 2). Knowing how to calibrate the axis movement of the CNC Spot Welding 3 Axis machine to support size precision in battery pack welding, 3). To determine the quality of battery connection based on measurement parameters of voltage, amperage, and resistance, and 4). To Know the Manufacturing Costs of a 3 Axis Spot Welding CNC Machine.

The stages of the research carried out were the manufacture, design, testing, and analysis of the test results data. The research method is carried out by selecting the place and time, tools and materials, design stages, and testing procedures. The data collection method was carried out by using a slide rule and aluminum beams to test the accuracy of the movement, and using 2 welding connection methods to see the quality of the spot welding results.

The conclusion of this study has produced a Spot Welding CNC product with a Build Volume specification of 557.5 mm x 508.5 mm x 408.5 mm. Based on the test results, it can be seen that on the X, Y, and Z axes, the input values in the application match the actual movement of the machine. The quality of the connection is very influential on several factors, including surface density, thickness of the connector, and the amount of current from each cycle mode.

Keywords: CNC, Spot welding, battery pack

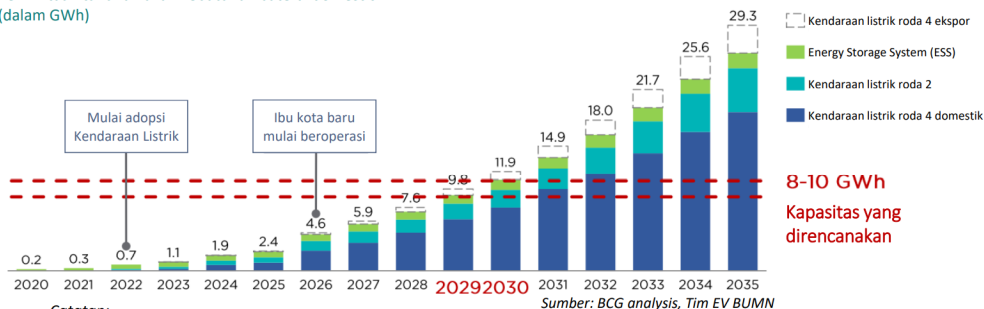
BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini perkembangan penggunaan baterai sangat pesat di seluruh belahan dunia. Sejalan dengan upaya mengurangi emisi gas dari bahan bakar fosil, maka diperlukan adanya transisi ke energi terbarukan. Penggunaan baterai sebagai salah satu bentuk aplikasi *renewable energy* dinilai tepat dan memiliki peran penting dalam menyimpan energi listrik. Menurut data tentang estimasi kebutuhan akan baterai di Indonesia diperkirakan akan mencapai 8 GWh pada tahun 2029 (BUMN, 2021). Pemanfaatan baterai banyak digunakan pada kendaraan listrik, solar panel, serta mesin industri makro dan mikro.

Permintaan baterai dalam negeri diperkirakan akan mencapai skala > 8 GWh pada tahun 2029

Permintaan tahunan akan kebutuhan baterai domestik (dalam GWh)



Catatan:

- Ibu kota baru mulai tahun 2026 mewajibkan semua kendaraan listrik
- Estimasi 1.8 – 2.7 juta sepeda motor listrik terjual di 2035, tingkat penetrasi setara dengan 29%
- Estimasi 0.3 – 0.6 juta mobil listrik terjual di 2035, tingkat penetrasi setara dengan 29%
- Asumsi kapasitas baterai R4 (roda empat) = 40 kWh, kapasitas baterai R2 (roda dua) = 2kWh

Gambar 1.1 Estimasi kebutuhan baterai di Indonesia

Sumber : <https://www.eastspring.com/docs/librariesprovider6/our-perspectives/spring-of-life/2020/spring-of-life---jun-2021.pdf>

Pada umumnya baterai digolongkan menjadi dua berdasarkan proses yang terjadi yaitu *primary battery* (sekali pakai) dan *secondary battery* (baterai isi ulang). *secondary battery* (baterai isi ulang) terbagi atas beberapa jenis seperti lithium-ion

(Li-ion atau LIB), lithium polymer (Li-Po), Baterai Lead Acid (Accu) dan Nickel-Metal Hydride (Ni-MH) (Wijaya et al., 2021). Berdasarkan penggunaannya, baterai yang paling banyak digunakan adalah baterai litium ion. Hal ini dikarenakan, baterai litium ion memiliki banyak kelebihan mulai dari kerapatan energi yang tinggi hingga perawatannya yang mudah.

Baterai saat ini banyak digunakan pada kendaraan listrik. Namun, dalam pengaplikasian pada kendaraan listrik tidak bisa menggunakan satu sel baterai tunggal saja karena voltase dan kerapatan arusnya tidak cukup untuk pengoperasian (Masomtob et al., 2017). Oleh karena itu, baterai harus dirakit secara seri dan paralel dalam bentuk *battery pack*.

Battery pack menyimpan energi listrik dalam bentuk *direct current*. Adapun komponen *battery pack* terdiri atas baterai cell, holder dan nikel terminal. Proses penyambungan pada baterai sehingga menjadi sebuah *battery pack* menggunakan teknik las titik (*spot welding*). Las titik (*spot welding*) dilakukan dengan mengelas permukaan lembaran logam (*connector*) dengan permukaan baterai, yang tersambung saat arus listrik dialirkan sehingga permukaan tersebut panas dan menjadi cair karena adanya resistansi listrik.

Di Indonesia sampai saat ini proses *assembly* untuk membuat *battery pack* masih menggunakan cara manual dan semi otomatis. *Assembly* dengan cara manual pembuatannya masih menggunakan kabel yang disolder antar setiap penampang baterai (Zhang et al., 2019). Selain itu, pada proses *assembly* yang menggunakan nikel terminal juga masih menggunakan alat *spot* manual sehingga memerlukan lebih banyak waktu dan hasil yang kurang rapih. Sedangkan pada proses *assembly*

semi otomatis menggunakan alat *spot* yang bergerak secara otomatis. Namun, untuk pergeseran benda kerja (*battery pack*) pada saat proses *spot welding* masih digerakkan secara manual.

Sejalan dengan tingkat kebutuhan baterai pack di Indonesia saat ini, maka di butuhkan suatu mesin yang dapat meningkatkan produksi *battery pack*. Namun, meskipun kebutuhan akan *battery pack* meningkat, harga mesin untuk menyambung baterai dengan *spot welding* berbasis *CNC* di pasaran masih cukup tinggi berkisar 60-200 juta rupiah di pasar internasional dan masih sangat jarang di indonesia. Oleh karena itu, perlu adanya solusi untuk mengatasi hal tersebut diantaranya dengan melakukan pembuatan mesin *Computer Numerical Control (CNC)* yang lebih ekonomis dengan fungsi dan ketelitian yang sama.

Berdasarkan latar belakang akan pemenuhan *battery pack*, maka penelitian kali ini berfokus pada merancang bangun mesin *CNC Battery Spot Welding* untuk memudahkan dalam proses *assembly battery pack* sehingga waktu untuk produksi menjadi lebih optimal serta mengurangi *production cost*. Sistem control *CNC* ini menggunakan *microcontroller* Arduino UNO, *CNC shield*, motor driver dan motor stepper sebagai aktuatornya. Pada proses pengoperasiannya dilakukan dengan mengirim file *G-Code* ke *microcontroller* kemudian diproses oleh sebuah sinyal untuk menggerakkan motor stepper sehingga menghasilkan gerakan sesuai yang diperintahkan. Dengan demikian judul penelitian yang akan diangkat adalah Rancang Bangun Mesin *CNC Spot Welding* untuk *Battery Pack*.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam perancangan pembuatan dan pengembangan desain mesin *CNC*

Spot Welding 3 Axis untuk *battery pack* muncul beberapa rumusan masalah antara lain :

1. Bagaimana menghasilkan mesin yang dapat menyambungkan *battery pack* berbasis *CNC Spot Welding 3 Axis*.
2. Bagaimana cara mengkalibrasi pergerakan sumbu mesin *CNC Spot Welding 3 Axis* untuk menunjang kepresisian ukuran dalam pengelasan *battery pack*.
3. Bagaimana mengetahui kualitas penyambungan baterai berdasarkan *parameter measurement voltage, ampere, dan resistance*.
4. Bagaimana estimasi biaya manufaktur mesin *CNC Spot Welding 3 Axis* untuk *battery pack*.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian yang akan dilakukan antara lain:

1. Produk didesain menggunakan aplikasi *Autodesk inventor professional 2021*.
2. Rancang bangun mesin *CNC battery spot welding 3 axis* menggunakan motor stepper nema 17 dan 23.
3. Kapasitas baterai yang dapat dikerjakan maksimal dengan ukuran $\text{Ø}32\text{mm}$ x 65 mm, menggunakan konfigurasi susunan 9x5.
4. Pemilihan material berdasarkan ketersediaan bahan yang tersedia di pasaran dan kepraktisan *assembly*.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian rancang bangun mesin *CNC Spot Welding 3 Axis* untuk *battery pack* ini adalah:

1. Merancang dan membuat konstruksi mesin *CNC Spot Welding 3 Axis* untuk *battery pack* dengan metode *pugh matrix*.
2. Mengetahui cara mengkalibrasi pergerakan sumbu mesin *CNC Spot Welding 3 Axis* untuk menunjang kepresisian ukuran dalam pengelasan *battery pack*.
3. Untuk mengetahui kualitas penyambungan baterai berdasarkan *parameter measurement voltage, ampere, dan resistance*.
4. Untuk Mengetahui Biaya Manufaktur Pembuatan dari mesin *CNC Spot Welding 3 Axis*.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi acuan bagi industri-industri dalam pembuatan produk *battery pack* dan dapat menjadi *income generate* bagi PNUP.
2. Mendapatkan pengalaman dan menambah wawasan bagi penulis tentang tugas akhir ini.
3. Mahasiswa dapat menerapkan berbagai ilmu yang telah dipelajari sebelumnya yang terkait dengan proyek tugas akhir yang dilaksanakan.

4. Bagi para pembaca, diharapkan tugas akhir ini dapat menjadi salah satu sumber untuk memperkaya pengetahuan dan memberikan kesempatan untuk mempelajari lebih lanjut.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Spot Welding*

Perkembangan dari teknologi pengelasan titik (*spot welding*) mula-mula dikembangkan oleh Prof. Elihu Thompson pada awal abad ke-19. Sedangkan menurut Asosiasi Pengelasan Indonesia (API) las titik digunakan pertama kali pada tahun 1920 dengan elektroda lasnya adalah paduan (*alloy*) tembaga-wolfram. Kini proses las titik telah berkembang pesat dan menjadi salah satu sebuah teknologi pengelasan yang populer dalam perindustrian (Nasir & Khan, 2016).

Spot welding atau las titik adalah salah satu metode penyambungan logam dengan pengelasan, pada permukaan pelat yang disambung satu sama lain disaat yang sama arus listrik dialirkan sehingga permukaan tersebut menjadi panas dan mencair karena adanya resistansi listrik (Jeffus, 2011). Penyambungan dengan cara ini relatif lebih mudah, praktis dan pengaruh terhadap area terpengaruh panas (*heat affected zone*) yang ditimbulkan relatif kecil.

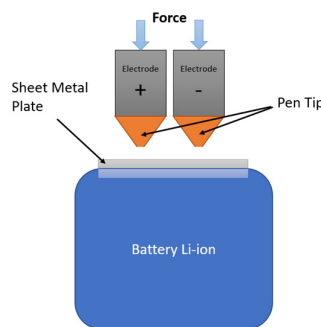
2.1.1 Prinsip Kerja *Battery Spot Welding*

Dalam pembuatan baterai, *spot welding* digunakan untuk menyambung elektroda pada tabung baterai dan memastikan koneksi yang kuat agar tidak mudah terlepas. Prinsip kerja dari *spot welding* adalah dengan menggunakan arus listrik yang tinggi untuk menghasilkan panas dan tekanan pada bagian logam yang akan disambung, sehingga logam tersebut mengalami deformasi plastik dan membentuk sambungan yang kuat.

2.1.2 Tahapan Proses *Battery Spot Welding*

Las titik merupakan cara pengelasan resistansi listrik dimana dua atau lebih lembaran logam dijepit diantara dua elektroda, kemudian dialiri arus listrik bertegangan rendah diantara elektroda, logam yang saling bersinggungan menjadi panas dan suhu naik sampai mencapai suhu pengelasan, segera setelah suhu pengelasan tercapai, tekanan antara elektroda memaksa logam menjadi satu dan terbentuklah sambungan las (Zainudin et al., 2017). Secara umum, proses pengelasan *spot welding* pada *battery pack* terdiri dari empat tahap:

1. ***Pre-compression stage***: Tahap ini melakukan penerapan gaya terhadap elektroda. Setelah elektroda bersentuhan dengan strip nikel, tekanan elektroda konstan dipertahankan untuk memastikan saluran arus tetap stabil selama *energization process*. Oleh karena itu, tahap pra-kompresi membutuhkan durasi tertentu.

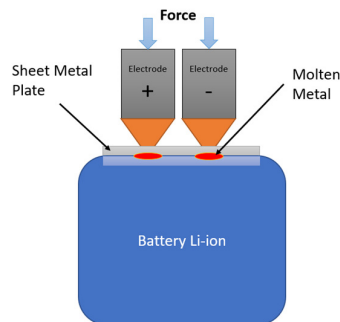


Gambar 2.1 *Pre-compression stage*

Sumber : Introduction to resistance welding of battery pack spot welding machine (batteryequipment.com)

2. ***Welding stage***: sebagai tahap utama pembentukan nugget, tahap ini membutuhkan arus sambungan efektif untuk tetap pada dasarnya tidak berubah atau berfluktuasi dalam kisaran kecil. Pada tahap ini, distribusi

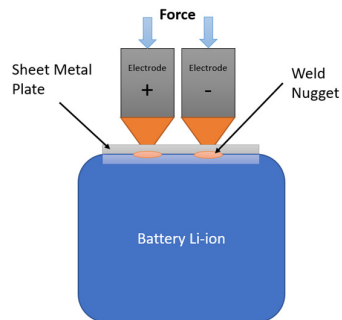
suhu zona pengelasan berangsur-angsur stabil setelah perubahan yang sangat rumit. Pada awalnya, input panas antar bagian jauh lebih besar daripada pembuangan panas, sehingga suhu zona pengelasan naik dengan cepat, dan zona sambungan suhu tinggi terbentuk. Pada proses ini, udara luar berada dalam keadaan penghalang dengan bagian cair di pusat pengelasan, sehingga bahan las tidak akan berinteraksi dengan udara. Setelah jangka waktu tertentu, area zona leleh menjadi lebih besar, dan cincin plastiknya juga menjadi lebih besar, hingga panas yang masuk dan panas yang hilang mencapai keadaan stabil.



Gambar 2.2 *Welding stage*

Sumber : Introduction to resistance welding of battery pack spot welding machine (batteryackequipment.com)

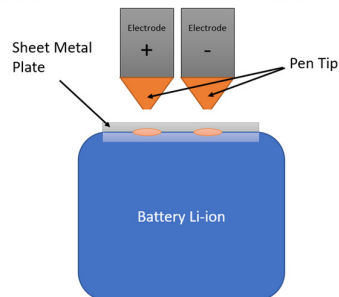
3. **Maintenance phase:** Pada fase ini, elektroda tetap dalam keadaan yang sama dengan dua fase sebelumnya, kecuali tidak ada arus yang melewatinya saat ini. Tahap ini untuk menyelesaikan pembuangan panas di nugget menjadi dingin dan membentuk titik yang andal.



Gambar 2.3 *Maintenance phase*

Sumber : Introduction to resistance welding of battery pack spot welding machine (batterypackequipment.com)

4. ***Resting phase:*** Pada fase ini, arus dan tekanan elektroda keduanya nol. Elektroda naik dan lepas dari benda kerja yang telah dilas, dan mulai mempersiapkan proses pengelasan selanjutnya.



Gambar 2.4 *Resting phase*

Sumber : Introduction to resistance welding of battery pack spot welding machine (batterypackequipment.com)

2.2 Baterai



Gambar 2.5 Jenis-jenis baterai

Sumber : <https://www.sentrakalibrasiindustri.com/tag/baterai-a2/>

Baterai adalah suatu perangkat yang menyimpan energi dalam bentuk kimia dan mengalirkannya lagi dalam bentuk energi listrik sehingga dapat digunakan sebagai sumber energi (Nasution et al., 2021). Penggunaan baterai sebagai perangkat penyimpan energi telah digunakan hampir pada semua perangkat elektronik. Dengan adanya baterai, penggunaan perangkat elektronik menjadi lebih efisien karena tidak harus menghubungkan secara langsung dengan sumber listrik sehingga dapat digunakan dimana-mana.

Saat ini, baterai litium ion merupakan jenis baterai yang paling banyak digunakan terutama untuk perangkat yang menggunakan baterai sebagai sumber energi utamanya. Hal ini dikarenakan, baterai litium ion memiliki banyak kelebihan mulai dari kerapatan energi yang tinggi hingga perawatannya yang mudah (Sterjova dkk, 2021).

2.2.1 Perkembangan Baterai

Perkembangan baterai di dunia telah berlangsung selama lebih dari satu abad. Istilah “baterai” mulai dikenal setelah Benyamin Franklin mendefinisikannya

sebagai pelat kaca yang disusun kemudian dialiri listrik. pada tahun 1859 ilmuwan Prancis bernama Gaston Plante menemukan baterai asam timbal yang kita kenal sebagai aki. Kemudian, pada tahun 1866 Georges Leclanche menemukan baterai seng karbon dan mematenkan penemuannya tersebut. Setelah itu, pada tahun 1881 baterai pertama yang memiliki elektroda negatif serta pot berpori dalam wadah seng ditemukan JA Thiebaut dan telah dipatenkan. Di tahun yang sama ilmuwan lain bernama Carl Gassener berhasil menemukan baterai kering pertama dan penemuannya ini digunakan hingga sekarang.

Baterai terus diteliti dan dikembangkan karena salah satu manfaatnya yaitu sebagai sumber energi listrik portabel. Tentunya sebagai sumber energi listrik yang portabel, baterai harus dapat diisi ulang dan memiliki kapasitas yang tinggi (Fikrie, 2018). Pada tahun 1899, Waldmar Jungner menemukan baterai dengan bahan nikel-kadmium yang merupakan baterai sekunder dan dapat diisi ulang. Usaha-usaha dilakukan dalam mengembangkan baterai yang dapat diisi ulang (*rechargeable*) berbahan senyawa *intermetallic* seperti LiNi_5 , SmCo_5 dilakukan pada 1960. Baterai *lithium rechargeable* dikembangkan sampai tahun 1980 tetapi selalu menemui kegagalan karena masalah keselamatan, karena sifat yang tidak stabil dari lithium metal. *Lithium ion* tidak berbahaya, jika dilakukan pencegahan ketika *charging* dan *discharging* dengan perhitungan yang tepat.

2.2.2 Jenis-jenis Baterai

Adapun baterai dibedakan menjadi 2 yaitu:

- a) Baterai primer

Baterai primer adalah baterai sekali pakai yang tidak bisa diisi ulang karena reaksi kimianya bersifat *irreversible* (tidak dapat dibalikkan).

1. Baterai zink-carbon

Baterai jenis ini terdiri dari bahan zink yang berfungsi sebagai terminal negatif sekaligus sebagai pembungkus baterai. Sedangkan terminal positifnya berasal dari karbon yang berbentuk batang. Contoh baterai zink carbon yaitu baterai berbentuk tabung yang digunakan pada jam dinding.

2. Baterai Alkaline

Baterai alkaline adalah salah satu jenis baterai primer yang energinya di dapat dari reaksi antara logam seng dan mangan dioksida. Baterai ini merupakan jenis baterai sekali pakai. Jenis baterai ini sering digunakan di banyak barang elektronik seperti senter, radio, mainan anak-anak dan masih banyak lagi.

- b) Baterai sekunder

Baterai sekunder adalah jenis baterai yang dapat digunakan berkali-kali (dapat diisi ulang). Hal tersebut dikarenakan karena reaksi elektrokimia pada baterai yang bersifat *reversible* (bolak-balik).

1. Baterai nikel cadmium (Ni-Cd)

Baterai nikel-kadmium adalah jenis baterai yang katodanya terbuat dari logam nikel, sementara anodanya terbuat dari cadmium yang digulung berlapis dengan lapisan pemisah diantaranya.

2. Baterai litium ion (Li-Ion)

Baterai litium ion adalah salah satu jenis baterai yang dapat diisi ulang. Baterai ini banyak dijumpai pada peralatan elektronik, karena memiliki kepadatan energi yang baik, tanpa efek memori dan hemat daya. Selain pada peralatan elektronik, baterai litium ion juga diaplikasikan pada kendaraan listrik, industri militer dan dirgantara.

3. Baterai asam timbal

Baterai asam timbal atau aki merupakan salah satu jenis baterai isi ulang. Meskipun baterai ini tidak bisa menyimpan banyak energi, baterai ini memiliki lonjakan energi yang besar ketika pertama kali digunakan (*inrush current*). Oleh karena itu, baterai ini digunakan pada kendaraan bermotor untuk menyediakan arus pada saat menyalakan mesin.

2.2.3 Battery Pack

Battery Pack merupakan gabungan dari beberapa baterai yang dirangkai secara seri atau paralel (Wiguna, 2021). *Battery Pack* dibuat dengan struktur yang kokoh dan kekar agar komponen terpenting ini tidak mudah rusak. Selain itu, *Battery Pack* juga didesain agar bisa diisi ulang berkali-kali. *Battery pack* saat ini banyak digunakan untuk menyimpan energi pada pembangkit listrik serta sebagai komponen utama pada kendaraan listrik.



Gambar 2.6 *Battery pack*

Sumber : <https://id.aliexpress.com/item/33050350541.html>

2.3 Mesin *CNC Battery Spot Welding*



Gambar 2.7 Mesin *CNC Spot Welding*

Sumber : https://www.alibaba.com/product-detail/TMAX-brand-Automatic-Single-Side-Lithium_62103286069.html

Mesin *CNC battery spot welding* adalah mesin pengelasan yang biasa digunakan untuk menyatukan beberapa baterai *lithium* menjadi satu kesatuan. Proses penyambungan digunakan untuk membentuk sebuah rangkaian *battery*

pack. Saat ini, teknologi *spot welding* banyak digunakan pada berbagai aplikasi yang sangat luas (Wibowo et al., 2020). Sambungan las titik dapat ditemukan dibanyak peralatan salah satu aplikasinya pada perakitan sambungan *battery pack*. Produk *battery pack* ini dapat di aplikasikan pada bebarapa mesin industri makro dan mikro, *electical vehicle*, dan *renewable energy*.

2.3.1 Kelebihan Penggunaan Mesin CNC

Seiring dengan berkembangnya penggunaan teknologi permesinan secara otomatisasi khususnya mesin *CNC* memberikan dampak positif pada perkembangan dunia industri. Adapun dampak positif dari penggunaan mesin *CNC* yaitu:

1. Lebih teliti dan lebih cepat dalam proses permesinan baik dari segi kuantitas maupun kualitas
2. Tenaga kerja yang dibutuhkan menjadi lebih sedikit
3. Biaya produksi menjadi lebih rendah
4. Keakuratan lebih besar dan repeatabilitas
5. Mengurangi pemborosan komponen
6. Mengurangi kebutuhan pemeriksaan

2.3.2 Konstruksi Mesin *CNC Battery Spot Welding*

Konstruksi mesin *CNC battery spot welding* merupakan hasil proses rancangan dan pembuatan yang meliputi sistem mekanis, sistem elektrik, dan sistem kontrol. Konstruksi mesin ini bertujuan untuk menciptakan suatu mesin yang mampu melakukan tugas tertentu dengan hasil yang optimal.

- a) Komponen Mekanik

Komponen mekanik adalah bagian-bagian fisik yang membentuk suatu sistem dan bekerja sesuai dengan fungsinya.

1. Motor Stepper



Gambar 2.8 Motor stepper

Motor Stepper adalah salah satu perangkat elektromekanis yang mengkonversi daya listrik menjadi energi mekanik. Prinsip kerja dari *motor stepper* hampir sama dengan DC motor, karena dicatu dengan tegangan DC untuk menghasilkan medan magnet. *Motor Stepper* bergerak berdasarkan pada arus listrik yang diberikan pengendali, yang mana besar dari putarannya dapat diatur. Untuk setiap langkah putaran, dapat menghasilkan sudut sebesar 1.80 derajat.

2. Aluminium Profil



Gambar 2.9 Aluminium profil

Aluminium profil merupakan material aluminium yang memiliki berbagai macam bentuk penampang serta panjang dengan bentuk batangan. Bentuk dari penampang yang dihasilkan berasal dari proses aluminium ekstrusi. Dalam pembuatan mesin *CNC*, material ini menjadi komponen utama yang digunakan pada konstruksi.

3. *Threaded Rod*



Gambar 2.10 *Threaded rod*

Threaded rod adalah batangan yang berbentuk poros atau silinder, memiliki ulir yang melilit sepanjang bentuk benda. Ulir ini berfungsi sebagai pengikat satu bagian dengan bagian yang lain.

4. *Shaft*



Gambar 2.11 *Shaft*

Shaft atau Poros adalah salah satu bagian dari konstruksi mesin yang memiliki fungsi sebagai lintasan yang dilalui oleh *slider*.

5. *Linear Motion Block*



Gambar 2. 12 *Linear Motion Block*

Linear Motion Block adalah *Block* unit yang memiliki fungsi sebagai *part* sistem *linear motion* yang bersinggungan langsung dengan *slider* atau poros. Salah satu fungsi lain dari *linear motion block* yakni sebagai tempat dudukan dari benda kerja. Komponen ini memiliki beberapa lubang baut, dimana fungsinya untuk mengencangkan unit dengan benda kerja yang bergerak sesuai proses kerja dari mesin.

6. *Bearing*



Gambar 2. 13 *Bearing*

Bearing adalah komponen yang memiliki fungsi untuk mengurangi gesekan angular yang terjadi pada dua benda dengan gerakan relatif satu dengan yang lain. Selain itu, komponen ini berfungsi sebagai tumpuan dari benda yang berputar.

7. Bolt dan Nut



Gambar 2.14 Bolt dan Nut

Baut merupakan komponen penting dalam sambungan perakitan mesin. Fungsi dari baut yakni menggabungkan beberapa komponen sehingga terhubung menjadi satu bagian. Sementara itu, mur adalah bagian yang terikat dengan baut. Mur memiliki lubang berulir dan bagian bersinggungan yang saling mengikat dengan baut.

8. Flexible coupling



Gambar 2.15 Flexible coupling

Flexible coupling adalah salah satu komponen yang digunakan untuk menghubungkan dua poros guna mentransmisikan suatu putaran. Secara sederhana *coupling* berfungsi sebagai sambungan antara dua poros.

b) Komponen Elektrik

Komponen elektrik adalah bagian-bagian dasar dari sistem elektrik yang bekerja untuk memproduksi, mengirim, dan mengontrol arus listrik.

1. Arduino Uno



Gambar 2.16 *Arduino Uno*

Arduino Uno adalah salah satu komponen elektrik yang berbentuk board berbasis mikrokontroler. *Board* ini memiliki 14 digital *input / output* pin (dimana 6 pin ini digunakan sebagai *output pulse width modulation*), 6 *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB. Terdapat beberapa pin-pin yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, dan dapat dikoneksikan ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk mengoperasikannya. Salah satu sumber tegangan yang dapat digunakan adalah *power supply* yang memiliki berbagai tipe tegangan.

2. Power Supply



Gambar 2.17 Power Supply

Power supply adalah perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengubah tegangan listrik dari sumber tegangan menjadi tegangan yang stabil dan sesuai dengan kebutuhan perangkat elektronik. *Power supply* juga bertanggung jawab untuk memfilter dan menstabilkan arus listrik agar tidak ada gangguan pada perangkat yang terhubung ke perangkat tersebut.

3. Driver Motor Stepper

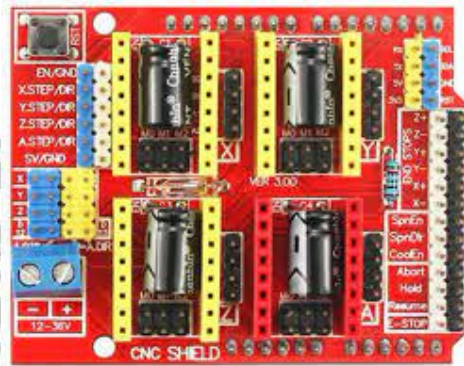


Gambar 2.18 Driver Motor Stepper

Driver Motor Stepper adalah *driver* yang mampu mengendalikan *motor stepper* dari 1/1, 1/2, 1/4, 1/8, dan 1/16, dan juga dapat lebih kecil dari

itu. Dalam rangkaian terdapat pengendali, yang dapat mengendalikan kecepatan dan arah putaran *motor stepper*.

4. CNC Shield



Gambar 2.19 *CNC Shield*

CNC Shield merupakan *board* ekspansi dari Arduino, dengan fungsi sebagai papan ekspansi driver motor. Salah satu fungsi dari *CNC shield* menggunakan *open source firmware* GRBL yang berjalan pada Arduino uno yang mengubah perintah *G-code* menjadi sinyal untuk dibaca oleh *motor stepper*.

c) Sistem Kontrol

Sistem kontrol (*Control system*) atau sistem kendali adalah suatu alat (kumpulan alat) untuk mengendalikan, memerintah dan mengatur keadaan dari suatu sistem. Sistem kontrol bertujuan untuk menjaga stabilitas, mengurangi variasi, dan memastikan bahwa proses berlangsung dengan efisien dan efektif.

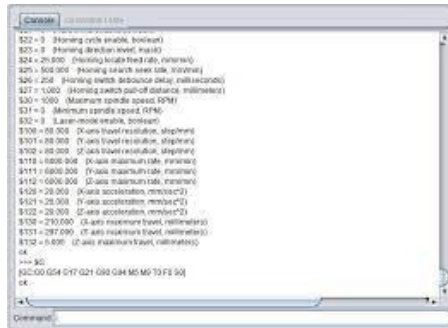
Dalam perancangan tugas akhir ini, akan digunakan beberapa *software* untuk mengoperasikan mesin *CNC battery spot welding*, agar dapat berjalan dengan baik. Adapun beberapa *software* yang digunakan antara lain :

1. Candle adalah salah satu *software* sistem *control* perangkat lunak pada komputer. Fungsi dari *software* ini yakni sebagai pengontrol gerakan mesin *CNC* berbasis GRBL melalui sebuah perintah. Selain itu, *software* ini dilengkapi kemampuan untuk memuat, mengedit, menyimpan, dan mengirim file *G-code* ke mesin *CNC*, serta dapat memvisualisasikan file *G-code* yang terbaca sebagai gerakan.



Gambar 2.20 *Software* Candle

2. GRBL adalah sebuah *software open source* yang digunakan untuk mengatur gerakan dari mesin *CNC* dan berjalan di *platform* arduino. GRBL didesain untuk mengoptimalkan pembacaan perintah secara terus menerus *G-Code* dengan menggunakan arduino dengan ketepatan operasi. *G-code* adalah kode perintah eksekusi pergerakan dari mesin *CNC*. Untuk saat ini GRBL hanya bisa digunakan untuk mesin 3 axis yaitu X, Y, dan Z.



Gambar 2.21 GRBL

3. Vetric Aspire adalah salah satu *software* desain model dua dimensi dan tiga dimensi untuk mesin *CNC*. Sebagai *open source software*, pengguna dapat mengembangkan, merancang, dan mengubah sekaligus mengedit secara bebas. Perangkat lunak ini juga dapat digunakan menggambar *sketch*, foto, lukisan, dan karna seni bentuk digital, yang dapat diolah menjadi model yang dapat dibaca untuk dieksekusi mesin *CNC*. Adapun beberapa fitur utama dari perangkat lunak ini, yakni desain komponen 3D dari vektor 2D, 3D tekstur dari file gambar, impor file, *toolpaths*, dan beberapa fitur lainnya.



Gambar 2.22 Software Vetric Aspire

2.4 Dasar Perhitungan Konstruksi Mesin

1. Perencanaan ulir penggerak sumbu

Dalam merancang Mesin *CNC Spot welding* untuk *battery pack* perlu dilakukan perhitungan pada perencanaan ulir penggerak sumbu.

Tegangan (σ) adalah besarnya gaya yang bekerja pada tiap satuan luas penampang yang dirumuskan:

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

(Shigley dkk, 2004).

Keterangan:

σ = Tegangan (N/m²)

F = Gaya (N)

A = Luas Penampang (m²)

Untuk mengetahui beban rencana (Wd):

$$Wd = W \cdot fc \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

Wd = Beban rencana (Kg)

W = Beban (kg)

fc = faktor koreksi

Perbandingan antara tegangan luluh σ_y dengan tegangan kerja atau tegangan ijin.

$$SF = \frac{\sigma_y}{\sigma} \dots\dots\dots (2.3)$$

Untuk perancangan poros ulir menggunakan persamaan yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\frac{F}{A} \leq \frac{\sigma_y}{Sf}$$

$$\frac{F}{\frac{1}{4}\pi d^2} \leq \frac{\sigma_y}{Sf}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4.F.Sf}{\pi.\sigma_y}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Perencanaan Torsi dan daya motor stepper

Torsi yang dapat dihasilkan oleh *motor stepper* dapat dihitung berdasarkan perbandingan daya kerja motor terhadap kecepatan putarannya atau dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\tau = \frac{P}{\omega} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

τ = Torsi dalam satuan (Newton meter)

P = Daya kerja motor dalam satuan (Watt)

ω = Kecepatan perputaran motor dalam satuan (rpm)

Untuk merancang mesin *CNC Spot welding* untuk *Battery Pack* ini perlu adanya perencanaan daya motor yang diperlukan agar sesuai dengan kebutuhan, yaitu sebagai berikut :

$$\omega = \frac{60}{Np} \text{ pps} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

ω = Rotasi / menit atau rpm

Np = *Step* putaran (pulsa/rotasi)

Pps = Pulsa per detik

Untuk mengetahui ketelitian motor yang direncanakan :

$$\sigma = \text{°/pulse}$$

$$\sigma = \frac{1}{Np} \times 360^\circ$$

$$\sigma = \frac{1}{200} \times 360^\circ$$

$$\sigma = 1,8^\circ/\text{Pulse}$$

Untuk mengetahui beban yang terbeban oleh *motor stepper*, perlu diketahui volume beban tersebut sebagai berikut :

$$V = p \times l \times t \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

V = Volume benda

p = Panjang benda

l = Lebar benda

t = Tebal benda

Kemudian kita dapat mencari massa beban yaitu sebagai berikut :

$$m = V \times \rho \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

ρ = berat jenis benda

V = Volume

m = Massa

Dan untuk mengetahui total beban adalah sebagai berikut :

$$m_{\text{total}} = m_1 + m_2 + m_3 \dots\dots$$

Gaya berat yang bekerja terhadap motor dapat dituliskan dengan :

$$F = m \cdot g \text{ (Newton)..... (2.9)}$$

Keterangan :

m = Massa dalam satuan (kg)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi perancangan dan perakitan mesin *CNC battery spot welding* dilaksanakan di Bengkel Mekanik Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Waktu pembuatan dan pengujian dilaksanakan selama kurang lebih 5 bulan yaitu dari bulan Februari 2023 - Juli 2023.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam merancang bangun dan membuat mesin *CNC battery spot welding* merupakan peralatan standar yang digunakan dalam permesinan. Peralatan tersebut antara lain:

- | | |
|--------------------------------|-----------------------|
| 1. Mesin bor duduk | 10. Tang potong |
| 2. Mesin bor tangan | 11. Kunci L |
| 3. Mesin <i>CNC 3D printer</i> | 12. Jangka sorong |
| 4. Mesin gerinda tangan | 13. Meteran |
| 5. Solder | 14. penggores |
| 6. Kikir | 15. Mikroskop Digital |
| 7. Obeng | 16. Palu karet |
| 8. Kunci pas dan ring | 17. Avo meter |
| 9. Tang kombinasi | 18. Laptop |

Bahan yang digunakan dalam proses pembuatan mesin *CNC battery spot welding* ini lebih banyak menggunakan aluminium profil dan akrilik untuk rangkanya. Berikut ini adalah bahan yang diperlukan :

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Aluminium profil 20x40 mm | 10. Mur |
| 2. Aluminium profil 20x20 mm | 11. <i>Linear motion block</i> |
| 3. Aluminium siku 50x50 mm | 12. <i>Coupler</i> |
| 4. Akrilik tebal 10 mm | 13. <i>Bearing</i> |
| 5. Filamen PLA | 14. Arduino UNO |
| 6. As <i>stainless steel</i> Ø10 mm | 15. <i>Motor stepper nema 23</i> |
| 7. As ulir Ø10 mm | 16. <i>Driver motor stepper</i> |
| 8. Kabel ties | 17. <i>CNC shield</i> |
| 9. Baut | 18. Baterai <i>lithium-ion</i> |

3.3 Tahapan Perancangan

Dalam pembuatan mesin *CNC battery spot welding* ada beberapa tahapan dan prosedur yang perlu dilakukan yaitu sebagai berikut:

3.3.1 Studi Litelatur

Pada tahapan ini langkah pertama yang dilakukan adalah mengumpulkan informasi, kebutuhan penelitian data terkait dengan yang menjadi permasalahan, dan kepustakaan yang berkaitan dengan kegiatan yang dilakukan. Selain itu, mencari beberapa riset dari berbagai sumber internet untuk memperoleh sejumlah data dan informasi yang diperlukan dalam pembuatan *project* tugas akhir ini. Maka dari itu, hal tersebut dilakukan untuk mengefisienkan waktu dan tenaga yang

dibutuhkan, serta dapat memprediksi biaya yang dibutuhkan dalam pengerjaan *project*.

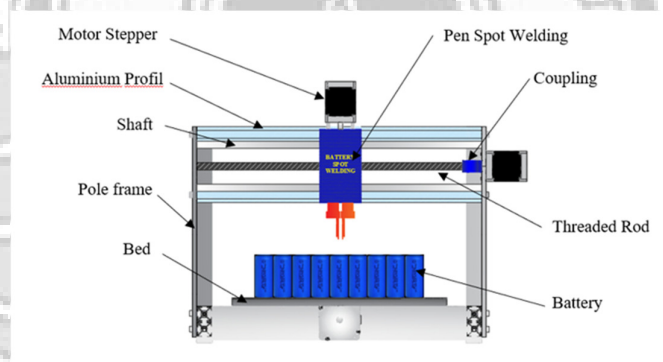
3.3.2 Perancangan

Adapun, kegiatan yang telah dilakukan pada tahapan ini adalah sebagai berikut:

a. Desain *CNC battery spot welding*

Membuat konsep desain mesin *CNC battery spot welding* menggunakan *Software Autodesk Autocad*. Adapun, hasil konsep design yakni sebagai berikut :

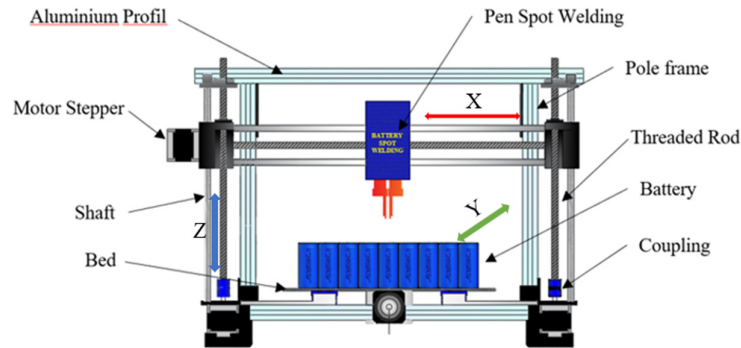
1. Konsep desain rancangan 1



Gambar 3.1 Alternatif konsep desain rancangan 1

Alternatif konsep desain 1 memiliki bentuk dengan model *gentry* tetap dengan mekanisme berpengerak ulir. Pergerakan vertikal dan horizontal digerakkan masing-masing oleh 1 *motor stepper*. konsep ini dirancang dengan menggunakan 3 *motor stepper* sebagai aktuatornya dalam menggerakkan poros setiap sumbu.

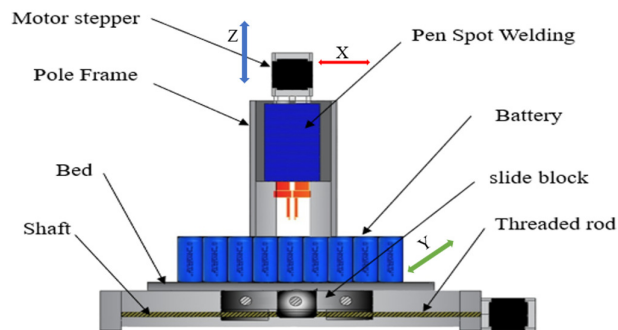
2. Konsep desain rancangan 2



Gambar 3. 2 Alternatif konsep desain rancangan 2

Alternatif konsep desain 2 memiliki bentuk dengan model *gentry* tetap dengan mekanisme penggerak ulir. konsep ini dirancang dengan menggunakan 4 *motor stepper* sebagai aktuatornya dalam menggerakkan poros setiap sumbu. Dimana pada sumbu Z menggunakan 2 *motor stepper*, dan masing-masing 1 *motor stepper* pada sumbu X dan Y.

3. Konsep desain rancangan 3

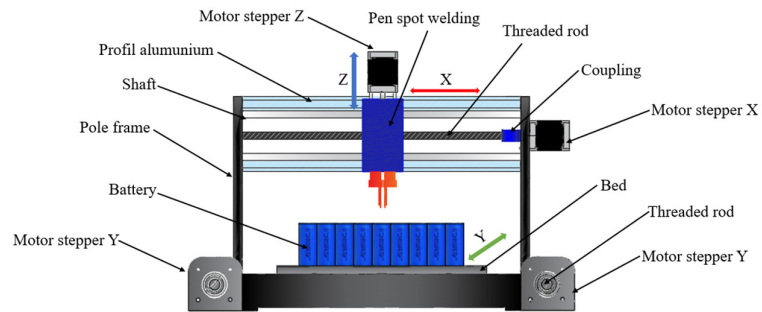


Gambar 3. 3 Alternatif konsep desain rancangan 3

Alternatif konsep desain 3 memiliki model kepala tunggal dengan pergerakan vertikal. Mekanisme penggerak untuk setiap sumbu

menggunakan ulir, konsep ini dirancang dengan menggunakan 3 *motor stepper* sebagai aktuatornya dalam menggerakkan poros setiap sumbu.

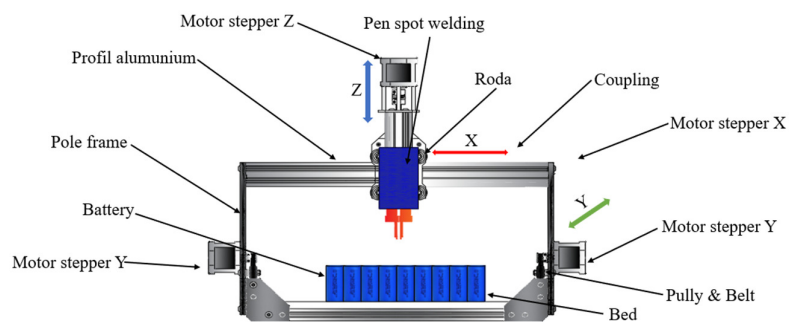
4. Konsep desain rancangan 4



Gambar 3. 4 Alternatif konsep desain rancangan 4

Alternatif konsep desain 4 memiliki bentuk dengan model *gentry* bergerak sistem penggerak ulir. konsep ini dirancang dengan menggunakan 4 *motor stepper* sebagai aktuatornya dalam menggerakkan poros setiap sumbu. Dimana pada pergerakan sumbu Y menggunakan 2 *motor stepper*, dan masing-masing 1 *motor stepper* pada sumbu X dan Z.

5. Konsep desain rancangan 5



Gambar 3. 5 Alternatif konsep desain rancangan 5

Alternatif konsep desain 5 memiliki bentuk dengan model *gentry* bergerak dengan mekanisme penggerak ulir dan *timing belt*. konsep ini

dirancang dengan menggunakan 4 *motor stepper* sebagai aktuatornya dalam menggerakkan poros setiap sumbu. Dimana pada pergerakan sumbu Y menggunakan 2 *motor stepper*, dan masing-masing 1 *motor stepper* pada sumbu X dan Z.

b. Pemilihan konsep desain.

Secara rinci metode pemilihan konsep design dijelaskan sebagai berikut:

1. Perancangan konsep, sasarannya adalah mendesain beberapa macam model (konsep) produk yang dirasa layak untuk dibuat. Konsep ini mengacu pada syarat yang harus dipenuhi baik dari segi fungsi, material ataupun dimensi produk.
2. Pemilihan konsep, sasarannya adalah menyeleksi model (konsep) yang ada. Melalui metode *concept screening*, beberapa model yang ada diseleksi dan disaring dengan membandingkan kelebihan dan kekurangan masing-masing model dengan model yang lainnya. Dari tahap ini akan diperoleh beberapa desain produk yang memenuhi kriteria yang dibutuhkan. Selain itu, pada tahap ini juga dimungkinkan adanya penggabungan dari dua atau lebih desain model yang ada.
3. Penilaian konsep, sasarannya adalah menetapkan satu konsep terpilih berdasarkan pembobotan yang telah dilakukan sebelumnya terhadap model (konsep) yang selanjutnya akan menjadi final desain.

Pemilihan konsep desain pada penelitian ini menggunakan metode *pugh matrix*. Pada metode ini berfokus pada penilaian untuk menentukan opsi terbaik dalam hal desain dan model. Dalam pemilihan konsep, terdapat dua

tahap metodologi pemilihan desain dimana tahap pertama disebut *concept screening* dan tahap kedua disebut *concept scoring*. Masing-masing didukung oleh matriks keputusan, yang digunakan untuk menilai, memeringkat, dan memilih konsep. Pemilihan konsep seringkali dilakukan dalam dua tahap sebagai cara untuk mengelola kompleksitas evaluasi puluhan konsep desain (Zainudin, 2017).

Kriteria seleksi dalam pemilihan konsep desain didasarkan pada: a). Biaya produksi, b). Ketersediaan bahan di pasaran, c). Kemudahan pembuatan dan perakitan, d). Bobot dan kekuatan konstruksi, dan e). Kemudahan dalam perawatan.

1. *Concept Screening Matrix*

Tahapan ini bertujuan untuk mempersempit jumlah konsep desain dengan cepat dan menyempurnakan konsep [zainudin].

Tabel 3. 1 Pemilihan Konsep Desain dengan *Concept Screening Matrix*

No	Kriteria Seleksi	Konsep Design				
		Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
1	Biaya produksi	+	+	0	+	+
2	Ketersediaan bahan di pasaran	+	+	-	+	+
3	Kemudahan pembuatan dan perakitan	+	-	-	0	0
4	Konstruksi ringan dan kuat	0	-	+	+	0
5	Kemudahan perawatan	+	-	-	0	0
	Jumlah +	4	2	1	3	2
	Jumlah 0	1	0	1	2	3
	Jumlah -	0	3	3	0	0

Skor Bersih	4	-1	-2	3	2
Peringkat	1	4	5	2	3
Continue ?	Yes	No	No	Yes	Yes

Keterangan rating penilaian:

Simbol (+) = Sesuai dengan referensi

Simbol (0) = Netral

Simbol (-) = Kurang sesuai dengan referensi

2. *Concept Scoring Matrix*

Pada tahap ini, bobot kepentingan relatif dari kriteria seleksi dan berfokus pada perbandingan yang lebih halus sehubungan dengan setiap kriteria (Zainudin, 2017). Skor konsep desain ditentukan dengan penilaian dari setiap parameter dan dipilih yang mempunyai peringkat tertinggi. Pada bagian ini, terdapat 3 alternatif yang akan dinilai untuk direalisasikan sebagai final desain.

Tabel 3. 2 Pemilihan Konsep Desain dengan *Concept Scoring matrix*

No	Kriteria Seleksi		Alternatif 1		Alternatif 4		Alternatif 5	
	Parameter	Bobot	Rating	Nilai Bobot	Rating	Nilai Bobot	Rating	Nilai Bobot
1	Biaya produksi	20%	5	1	4	0.8	4	0.8
2	Ketersediaan bahan di pasaran	25%	4	1	4	1	4	1
3	Kemudahan pembuatan dan perakitan	25%	5	1.25	5	1.25	3	0.75
4	Konstruksi ringan dan kuat	20%	4	0.8	4	0.8	3	0.6
5	Kemudahan perawatan	10%	4	0.4	3	0.3	3	0.3
Total Nilai			4.45		4.15		3.45	
Peringkat			1		2		3	

Lanjutkan?	Ya	Tidak	Tidak
------------	----	-------	-------

Keterangan rating penilaian:

Rating 1 = Kurang sesuai dengan referensi

Rating 2 = Cukup sesuai dengan referensi

Rating 3 = Netral

Rating 4 = Sesuai dengan referensi

Rating 5 = Sangat sesuai dari referensi

3.3.3 Perhitungan Konstruksi Mesin

Ulir penggerak *Axis X* mesin *CNC battery spot* yang direncanakan dapat diperhitungkan dari beban sumbu *Z*. Pada sumbu *X* dapat diketahui dengan cara ditimbang, berat massa sebagai berikut;

Tabel 3. 3 Berat komponen pada axis X

No	Kuantitas	Nama	Massa (g)	Jumlah (g)
1	1	<i>motor stepper nema 17</i>	400	400
2	2	<i>AS Aluminium</i>	73.18	146.36
3	1	<i>T-slot aluminium profil 20x60x178</i>	182.21	182.21
4	1	<i>Top Braket Axis Z</i>	12.79	12.79
5	1	<i>Bottom Braket Axis Z</i>	14.19	14.19
6	1	<i>Bracket Spot kit</i>	238	238
7	1	<i>Flexibel Coupling Axis Z</i>	16.4	16.4
8	1	<i>Lead Screw Axis Z</i>	67.55	67.55
9	1	<i>Bearing</i>	3	3
10	6	<i>Baut M5x20</i>	3.58	21.48
11	4	<i>Baut M3x10</i>	1	4
12	4	<i>Baut M3x20</i>	1.21	4.84
13	1	<i>Flexible Coupling Azis X</i>	14.27	14.27
14	1	<i>Lead Screw Axis X</i>	267.28	267.28
15	1	<i>Bracket Screw</i>	8.5	8.5
16	1	<i>Block Bearing</i>	69.29	69.29

17	1	<i>Spot Kit</i>	250	250
18	1	<i>Welding Spot</i>	687	687
19	1	<i>Base Welding Spot</i>	120.11	120.11
20	1	<i>Top Bracket WS</i>	9.13	9.13
21	1	<i>Bottom Bracket WS</i>	18.75	18.75
23	4	<i>Plastic Wheel Bearing</i>	10	40
24	2	<i>Linear Block X</i>	80	160
25	23	<i>Bolt and Nut for bracket</i>	10	230
Total				2985.15

Untuk perancangan poros ini diambil daya rata-rata sebagai daya rencana dengan faktor koreksi sebesar $f_c = 1,2$. Harga ini diambil dengan pertimbangan bahwa daya yang direncanakan sesuai dengan pergerakan *motor stepper*, yang kecepatannya dapat diatur.

$$\begin{aligned}
 W_d &= W \cdot F_c \\
 &= 2,98 \text{ Kg} \times 1,2 \\
 &= 3,576 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Untuk konversi nilai berat ke gaya, maka dikalikan dengan nilai percepatan gravitasi yaitu 10 m/s^2 .

$$\begin{aligned}
 F &= m \cdot g \\
 &= 35,76 \text{ Kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \\
 &= 35,76 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Lead Screw Axis X dibuat dari bahan *Stainles Steel* dengan *Yield Strength* = 215 N/mm^2 . Untuk nilai dari $S_f = 2.5$ digunakan dengan pertimbangan bahan yang beroperasi secara rata rata dengan batasan beban yang diketahui dan menggunakan jenis beban dinamis.

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F \cdot S_f}{\pi \cdot \sigma_y}}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 35,76 \text{ N} \cdot 2,5}{\pi \cdot 215 \text{ N/mm}^2}}$$

$$d \geq 0,72 \text{ mm}$$

Dengan perhitungan diatas didapatkan diameter inti poros ulir minimal yakni 0,72 mm. Dalam perancangan, poros ulir yang digunakan adalah 10 mm. ini dikarenakan untuk mencari titik aman agar mesin dapat berkerja secara optimal.

- Perhitungan daya *motor stepper* axis X

Dalam kalkulasi perhitungan beban yang harus di gerakkan *motor stepper* adalah 35,76 N.

Diketahui:

$$r = 0,008 \text{ m}$$

$$f = 1600 \text{ kHz (step pulsa controller)}$$

$$Np = 200 \text{ pulsa/rotasi}$$

Menentukan kebutuhan torsi *motor stepper*

$$T = F \cdot r$$

$$= 35,75 \text{ N} \cdot 0,004 \text{ m}$$

$$= 0,143 \text{ N}$$

Menentukan kecepatan putar *motor stepper*

$$\omega = \frac{60}{Np} f$$

$$\omega = \frac{60}{200} 1600$$

$$= 480 \text{ rpm.}$$

Menentukan kebutuhan daya *motor stepper*

$$\begin{aligned}
 P &= T \cdot \omega \\
 &= 0.143 \text{ N} \cdot 480 \text{ rpm} \\
 &= 68,64 \text{ watt} = 0,068 \text{ Kwh}
 \end{aligned}$$

Motor stepper yang digunakan dalam perancangan ini adalah *motor stepper* dengan torsi 1,26 Nm dengan sudut langkah 1,8°. *Controller* dengan daya 0,068 Kwh, sehingga perencanaan aman.

Ulir penggerak *Axis Y* mesin *CNC battery spot* yang direncanakan dapat diperhitungkan dari beban *base* dan *battery*. Pada sumbu *z* dapat diketahui dengan cara ditimbang, berat massa sebagai berikut;

Tabel 3. 4 Berat komponen pada axis Y

No	Kuantitas	Nama	Massa (g)	Jumlah (g)
1	1	<i>Flexibel Coupling</i>	14.27	14.27
2	1	<i>Lead Screw Axis Y</i>	248.18	248.18
3	4	<i>Linear Block</i>	9.17	36.68
4	1	<i>Jig Battery</i>	620	620
5	42	<i>Battery</i>	180	7560
6	1	<i>Bed</i>	916.67	916.67
<i>Total</i>				9395.8

Untuk perancangan poros ini diambil daya rata-rata sebagai daya rencana dengan faktor koreksi sebesar $f_c = 1,2$. Harga ini diambil dengan pertimbangan bahwa daya yang direncanakan sesuai dengan pergerakan *motor stepper*, yang kecepatannya dapat diatur.

$$\begin{aligned}
 W_d &= W \cdot F_c \\
 &= 9,39 \text{ Kg} \times 1.2
 \end{aligned}$$

$$= 11,26 \text{ Kg}$$

Untuk konversi nilai berat ke gaya, maka dikalikan dengan nilai percepatan gravitasi yaitu 10 m/s^2 .

$$F = m \cdot g$$

$$= 11,26 \text{ Kg} \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$= 112,6 \text{ N}$$

Lead Screw Axis X dibuat dari bahan *Stainles Steel* dengan *Yield Strength* = 215 N/mm^2 . Untuk nilai dari $S_f = 2.5$ digunakan dengan pertimbangan bahan yang beroperasi secara rata rata dengan batasan beban yang diketahui dan menggunakan jenis beban dinamis.

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F \cdot S_f}{\pi \cdot \sigma_y}}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 112,6 \text{ N} \cdot 2,5}{\pi \cdot 215 \text{ N/mm}^2}}$$

$$d \geq 1,28 \text{ mm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan poros diperoleh ukuran 1,28 mm. Dalam perancangan, poros ulir yang digunakan adalah 10 mm, ini dikarenakan untuk mencari titik aman agar mesin dapat berkerja secara optimal.

- Perhitungan daya *motor stepper* axis X

Dalam kalkulasi perhitungan beban yang harus di gerakkan *motor stepper* adalah 112,6 N.

Diketahui:

$$r = 0,008 \text{ m}$$

$$f = 1600 \text{ kHz (step pulsa controller)}$$

$$Np = 200 \text{ pulsa/rotasi}$$

Menentukan kebutuhan torsi *motor stepper*

$$T = F \cdot r$$

$$= 112,6 \text{ N} \cdot 0,004 \text{ m}$$

$$= 0,45 \text{ N}$$

Menentukan kecepatan putar *motor stepper*

$$\omega = \frac{60}{Np} f$$

$$\omega = \frac{60}{200} 1600$$

$$= 480 \text{ rpm.}$$

Menentukan kebutuhan daya *motor stepper*

$$P = T \cdot \omega$$

$$= 0,45 \text{ N} \cdot 480 \text{ rpm}$$

$$= 216 \text{ watt} = 0,216 \text{ Kwh}$$

Motor stepper yang digunakan dalam perancangan ini adalah *motor stepper* dengan torsi 1,26 Nm dengan sudut langkah 1,8°. *Controller* dengan daya 0,216 Kwh, sehingga perencanaan aman.

Ulir penggerak *Axis Y* mesin *CNC battery spot* yang direncanakan dapat diperhitungkan dari beban *base* dan *battery*. Pada sumbu *z* dapat diketahui dengan cara ditimbang, berat massa sebagai berikut;

Tabel 3. 5 Berat komponen pada axis Z

No	Kuantitas	Nama	Massa (g)	Jumlah (g)
1	1	<i>Spot Kit</i>	250	250
2	1	<i>Bracket Spot kit</i>	238	238
3	4	<i>Bolts M3x10</i>	2	8
4	1	<i>Flexibel Coupling Axis Z</i>	16.4	16.4
5	1	<i>Lead Screw Nut</i>	1.96	1.96
6	1	<i>Bearing M</i>	3	3
Total				517.36

Untuk perancangan poros ini diambil daya rata-rata sebagai daya rencana dengan faktor koreksi sebesar $f_c = 1,2$. Harga ini diambil dengan pertimbangan bahwa daya yang direncanakan sesuai dengan pergerakan *motor stepper*, yang kecepatannya dapat diatur.

$$\begin{aligned}
 W_d &= W \cdot F_c \\
 &= 0,51 \text{ Kg} \times 1,2 \\
 &= 0,62 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Untuk konversi nilai berat ke gaya, maka dikalikan dengan nilai percepatan gravitasi yaitu 10 m/s^2 .

$$\begin{aligned}
 F &= m \cdot g \\
 &= 0,51 \text{ Kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \\
 &= 5,1 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Lead Screw Axis X dibuat dari bahan *Stainles Steel* dengan *Yield Strength* = 215 N/mm^2 . Untuk nilai dari $S_f = 2.5$ digunakan dengan pertimbangan bahan yang beroperasi secara rata rata dengan batasan beban yang diketahui dan menggunakan jenis beban dinamis.

$$d \geq \sqrt{\frac{4.F.Sf}{\pi.\sigma_{ys}}}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 5,1 \text{ N} \cdot 2,5}{\pi \cdot 215 \text{ N/mm}^2}}$$

$$d \geq 0,13 \text{ mm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan poros diperoleh ukuran 0,13 mm. Dalam perancangan, poros ulir yang digunakan adalah 8 mm, ini dikarenakan untuk mencari titik aman agar mesin dapat berkerja secara optimal.

- Perhitungan daya *motor stepper* axis X

Dalam kalkulasi perhitungan beban yang harus di gerakkan *motor stepper* adalah 112,6 N.

Diketahui:

$$r = 0,008 \text{ m}$$

$$f = 1600 \text{ kHz (step pulsa controller)}$$

$$N_p = 200 \text{ pulsa/rotasi}$$

Menentukan kebutuhan torsi *motor stepper*

$$T = F.r$$

$$= 5,1 \text{ N} \cdot 0,0025 \text{ m}$$

$$= 0,012 \text{ Nm}$$

Menentukan kecepatan putar *motor stepper*

$$\omega = \frac{60}{N_p} f$$

$$\omega = \frac{60}{200} 1600$$

= 480 rpm.

Menentukan kebutuhan daya *motor stepper*

$$P = T \cdot \omega$$

$$= 0,012 \text{ Nm} \cdot 480 \text{ rpm}$$

$$= 5,76 \text{ watt} = 0,0057 \text{ Kwh}$$

Motor stepper yang digunakan dalam perancangan ini adalah *motor stepper* dengan torsi 1,26 Nm dengan sudut langkah 1,8°. *Controller* dengan daya 0,0057 Kwh, sehingga perencanaan aman.

3.3.4 Tahap Pembuatan


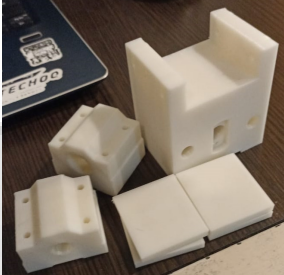


1. Pembuatan

Dalam perencanaan pembuatan komponen mesin *CNC Battery Spot* ini perlu diperhatikan urutan atau prosedur dari perancangan yang akan dibuat.






Adapun prosedurnya sebagai berikut:

Tabel 3. 6 Komponen yang dibuat

No	Nama Komponen	Tahap Pengerjaan	Bahan dan Alat
1	Rangka Mesin 	a) <i>Aluminium profile Vslot</i> , <i>Shaft stainless</i> dan <i>lead screaw</i> dipotong beberapa bagian sesuai ukuran pada gambar kerja. b) Bahan yang telah dipotong tersebut kemudian di rakit membentuk konstruksi, setelah itu disambung satu sama lain dengan baut dan mur.	a) Bahan : <i>Aluminium v slot</i> , <i>shaft stainless</i> , baut, dan mur, <i>thread road</i> . b) Alat : mesin Gerinda duduk dan tangan, kunci pas, dan kunci L.

3	<p style="text-align: center;"><i>Bed</i></p> 	<p>Akrilik dipotong sesuai gambar kerja, proses pemotongan Menggunakan mesin <i>laser cutting</i></p>	<p>a) Bahan : Akrilik b) Alat : <i>laser cutting</i></p>
4	<p style="text-align: center;"><i>3D Print part</i></p> 	<p>a) Mendesain gambar di <i>software Autodesk Inventor professional 2021</i> b) Desain yang telah dibuat dicetak pada mesin <i>3D Printer</i></p>	<p>a) Bahan : Filamen b) Alat : PC/Laptop dan mesin <i>3D printer</i></p>
5	<p style="text-align: center;"><i>Box Rangkaian Elektronik</i></p> 	<p>a) Memotong tripleks menjadi beberapa bagian sesuai ukuran yang dibutuhkan. b) Tripleks tersebut di rakit membentuk box, kemudian disambung satu sama lain dengan menggunakan sekrup.</p>	<p>a) Bahan : Tripleks b) Alat : Gerinda Tangan, Sekrup</p>
6	<p style="text-align: center;"><i>Bracket Machine spot</i></p> 	<p>a) Memotong Akrilik sesuai dengan bentuk dan ukuran pada desain gambar. b) Akrilik tersebut dibor sesuai dengan diameter yang diinginkan.</p>	<p>a) Bahan : Akrilik b) Alat : Gerinda tangan dan mesin Bor</p>

Tabel 3. 7 Komponen yang dibeli

No	Nama Komponen	Tahap Pengerjaan
1	<p><i>Flexsible coupling</i></p> 	Bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.
2	<p><i>Machine Spot Welding</i></p> 	Bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.
3	<p><i>Motor Stepper Nema 23</i></p> 	Bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.
4	<p><i>Power Supply</i></p> 	Bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.
5	<p><i>Arduino Uno</i></p> 	Bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.

6	<p><i>Driver Motor Stepper</i></p> 	Bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.
7	<p>Baut dan Mur</p> 	Bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.
8	<p><i>Limit switch</i></p> 	Bahan ini dapat diperoleh pada toko yang menyediakan alat permesinan.

3.3.5 Tahap Perakitan

Perakitan adalah proses menggabungkan atau merangkai tiap komponen menjadi bentuk yang saling mendukung. Tahapan perakitan mesin terdiri dari tahapan perakitan mekanik dan perakitan elektrik.

a) Perakitan Mekanik

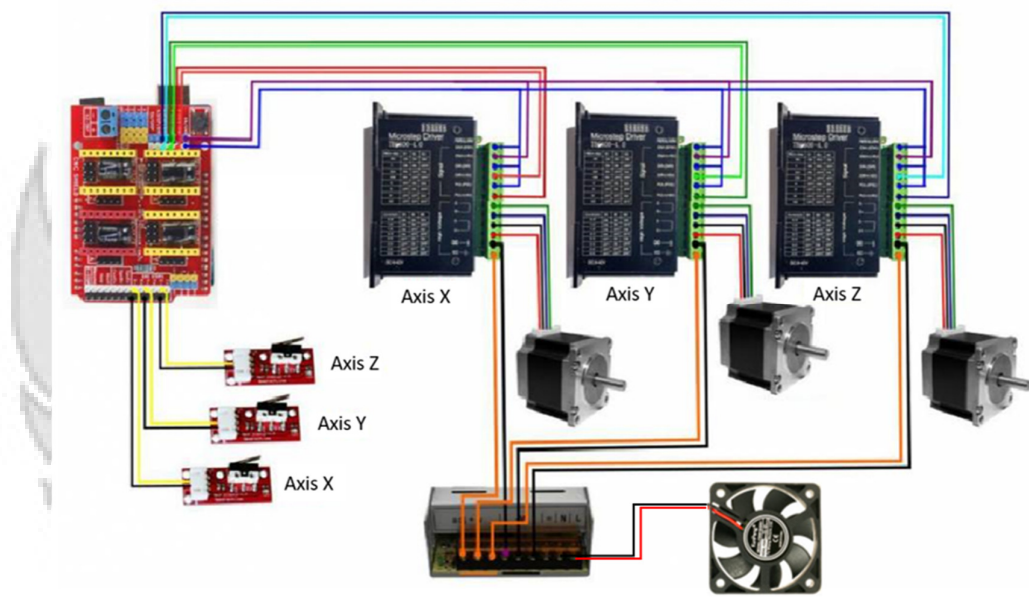
1. Memasang aluminium profil dengan akrilik yang diikat menggunakan baut dan mur. Komponen ini berfungsi sebagai base dari rangka mesin.
2. Memasang rangka axis Y meliputi *shaft stainless steel*, *thread road*, dudukan *shaft*, dan *bearing* pada *base* rangka mesin.

3. Setelah itu, memasang *motor stepper* sumbu Y dimana porosnya berpasangan dengan *thread road* yang disatukan menggunakan *flexible coupling*. Lalu, mengikat *motor stepper* pada *base bottom* menggunakan baut dan mur.
4. Memasang *block bearing* pada *shaft stainless*, dan *block lead screw* pada *thread road*. Kemudian memasang *bed* akrilik menggunakan baut dan mur.
5. Mengikat aluminium siku dengan *base aluminium profil* menggunakan baut dan mur yang berfungsi sebagai tiang *gentry*.
6. Memasang rangka axis X meliputi *shaft stainless steel*, *thread road*, dudukan *shaft*, dan *bearing* pada rangka *gentry*.
7. Setelah itu, memasang *motor stepper* sumbu X dimana porosnya berpasangan dengan *thread road* yang disatukan menggunakan *flexible coupling*. Lalu, mengikat *motor stepper* pada tiang *gentry* menggunakan baut dan mur.
8. Merakit *Slider Axis Z* meliputi aluminium *V slot*, *shaft stainless steel*, *thread road*, dan *bracket Axis*, serta *bracket Spot kit*.
9. Setelah itu, memasang *motor stepper* sumbu Z dimana porosnya berpasangan dengan *thread road* yang disatukan menggunakan *flexible coupling*. Lalu, mengikat *motor stepper* pada *Top bracket axis Z* menggunakan baut dan mur.

10. Merakit base roller *machine spot welding* meliputi, plat akrilik, roller *bearing*, dan *bracket machine spot*. Kemudian, di ikat menggunakan baut dan mur.
 11. Memasang *base roller machine spot*, di belakang *slider axis Z* yang disatukan menggunakan baut dan mur.
 12. Memasang box elektronik di samping mesin, yang diikat menggunakan baut dan mur.
- 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*, sebagai tombol *power machine*.
 8. Memasang instalasi kabel *fan Cooler* pada.

9. Memasang instalasi kabel *limit switch* yang dihubungkan langsung ke modul pin *cnc shield*.
10. Kemudian, gunakan kabel USB ke Arduino uno untuk mengkoneksikan PC/Laptop. Untuk *spot kitnya* sendiri dapat dihubungkan langsung ke *machine spotnya* menggunakan kabel las.

Adapun gambar perakitan komponen dapat dilihat pada gambar 3.6.



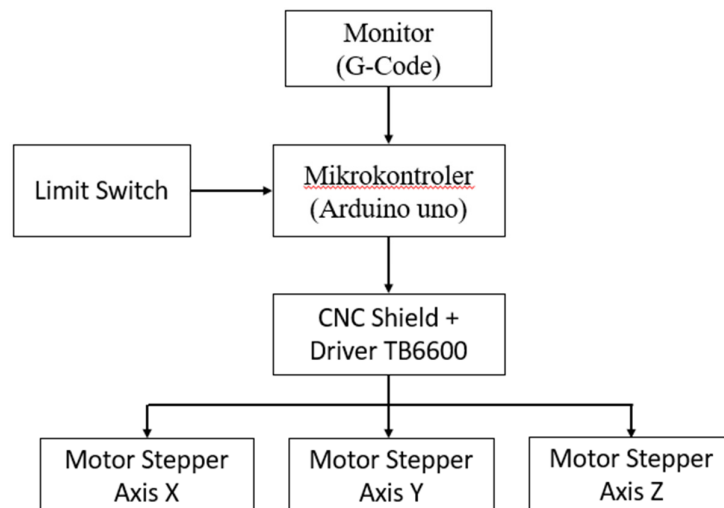
Gambar 3. 6 Instalasi komponen elektrik

c). Perakitan Sistem Control

1. Menginstal *software controller* yang akan digunakan sebagai monitor utama di pc/leptop.
2. Menginstal perangkat lunak CAD & CAM yang kompetibel dengan kebutuhan mesin.
3. Memasukkan atau mengupload program ke dalam Arduino uno untuk dapat mengaktifkan fungsi sistem aktuator.

4. Setelah menginstal perangkat lunak kontrol, perlu dilakukan penyetelan terhadap pengaturan kecepatan maksimum, ukuran langkah, dan parameter lain yang diperlukan oleh mesin.
5. Melakukan pengujian untuk memastikan semuanya berfungsi dengan baik. memverifikasi pergerakan langkah motor pada setiap sumbu terhadap kesesuaian perintah *G-code*.
6. Memastikan *Limit switch* berfungsi dengan baik dan dapat menghentikan motor langkah saat mencapai batas pergerakan.
7. Melakukan kalibrasi mesin untuk memastikan akurasi pergerakan. Ini melibatkan pengaturan langkah motor, pengaturan kecepatan, dan pengaturan lainnya yang dapat mempengaruhi keakurasian mesin.

Adapun gambar perakitan *system control* dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 3. 7 Sistem kontroler

3.4 Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kinerja mesin *CNC battery spot welding* dapat bekerja dengan optimal, maka dilakukan proses pengujian pada mesin sebagai berikut :

1. Pengujian Kalibrasi Pergerakan motor

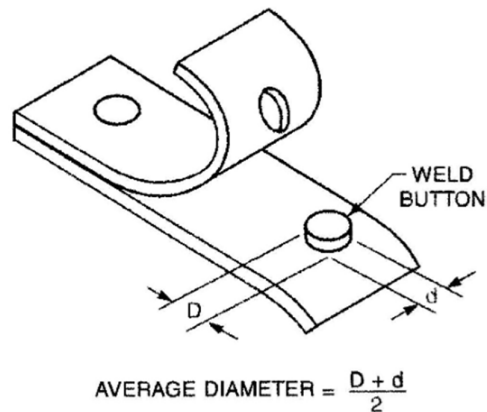
Dalam pengujian kalibrasi yang dilakukan adalah memeriksa fungsi komponen aktuator penggerak mesin berjalan dengan baik. Adapun, prosedur pengujian yakni mengkalibrasi pergerakan motor dan *setting* mata *spot*, terhadap *G-code* yang diinput ke dalam *System controller* dengan penyimpangan jarak antara perintah *G-code* dan pergerakan axis maksimal 2%.

Untuk menjaga keakurasian dalam pengukuran, maka digunakan mistar insut digital dalam pembacaan ukuran dan *blok aluminium* sebagai alat bantu pengukuran. Pada tahapan ini dilakukan beberapa kali pengujian pergerakan axis pada jarak yang sama, hal ini dimaksudkan untuk menjaga hasil pembacaan pengukuran dengan baik.

2. Pengujian hasil pengelasan

Pengujian hasil pengelasan *spot welding* dilakukan untuk menentukan hasil pengelasan tersambung secara baik dengan pemeriksaan visual. *Nugget* menjalani "Uji Kupas" yang dilakukan dengan mendekonstruksi bagian yang di uji setelah pengelasan. Proses kupas dilakukan dengan menggunakan perkakas jenis tang. Setelah itu, *nugget* las yang dihasilkan kemudian diukur dengan menggunakan *mikroskop digital*.

Hasil pengukuran *diameter nugget* yang diperoleh tersebut, kemudian dihitung diameter rata-ratanya dengan menggunakan rumus berikut:



Gambar 3. 8 *Peel up test*

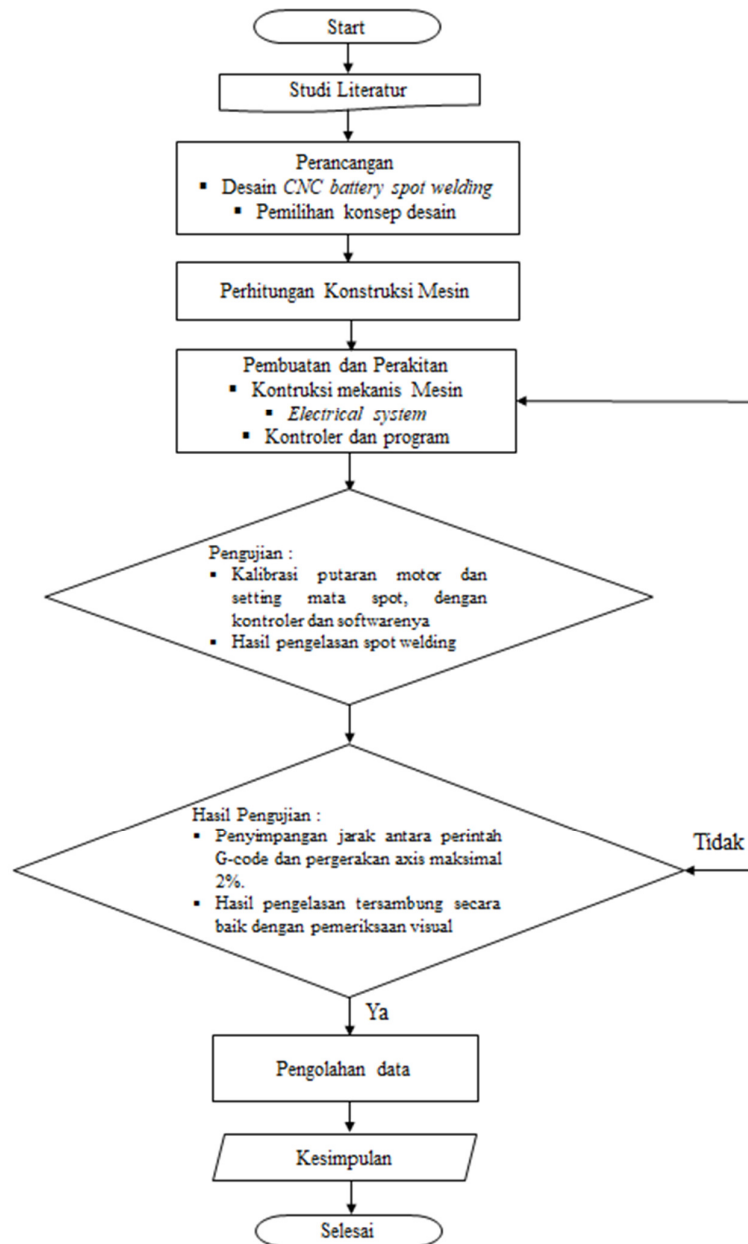
Sumber : <https://www.tuffaloy.com/resources/blog/welding-tips/how-to-measure-weld-nuggets>

3.5 Teknik Analisa Data

Setelah melakukan proses perancangan, pembuatan dan perakitan, maka diperoleh data yang akan dianalisa dengan metode analisis data kuantitatif deskriptif. Analisa data dilakukan dengan melihat kinerja dari mesin *CNC battery spot welding* terkait pergerakan sumbu untuk menunjang keakurasian ukuran dalam melakukan proses *spot welding* pada *battery pack*. Kemudian, mengamati kualitas dari hasil *spot welding* pada setiap sampel uji. Maka dari hasil analisa tersebut dapat diketahui tingkat keberhasilan dari mesin yang telah dibuat. Data hasil analisis yang diperoleh dari pengujian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik angka.

3.6 Diagram Alir Rancang Bangun

Uraian Langkah-langkah diatas dapat dijabarkan dalam bentuk diagram alir sebagai berikut

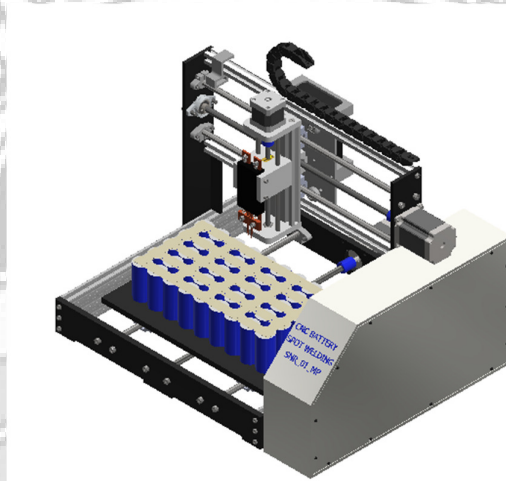


Gambar 3. 9 Diagram alir pengerjaan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Mesin

Berdasarkan hasil pemilihan desain, perancangan, pembuatan komponen, dan perakitan, maka telah diperoleh produk mesin yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4. 1 Final Desain *CNC spot welding* untuk *battery pack*



Gambar 4. 2 Mesin *CNC spot welding* untuk *battery pack*

Adapun spesifikasi mesin *CNC Spot Welding* untuk *Battery Pack*:

- 1 ***Build Volume*** : 557,5 mm x 508,5 mm x 448,5 mm
- 2 ***Working Area*** : 350 mm x 220 mm
- 3 ***Max Voltage Spot*** : 4,2 V
- 4 ***Max Ampere Spot*** : 65 A

Mesin *CNC spot welding* untuk *battery pack* yang dapat dilihat pada gambar 4.2 di atas bekerja dengan mengintegrasikan teknologi *CNC (Computer Numerical Control)* dengan proses pengelasan titik (*spot welding*) untuk menghubungkan sel-sel baterai dan membentuk *battery pack*.

Mesin *CNC spot welding* memiliki kelebihan yang sangat bermanfaat dalam pembuatan *battery pack* diantaranya

- 1) Akurasi dan konsistensi yang tinggi.
- 2) Mesin dapat digunakan mengelas baterai pack dengan desain yang berbeda tanpa memerlukan perubahan alat dan *set up* yang rumit.
- 3) Pengurangan tenaga kerja manusia.
- 4) Penghematan biaya dan waktu.

4.2 Hasil Kalibrasi Pergerakan Mesin

4.2.1 Hasil Pergerakan Sumbu X

Pada pengujian ini pergerakan mesin dilakukan searah sumbu X dengan nilai input 30mm, 50mm, dan 120mm kemudian di dapat nilai hasil yang dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini :

Tabel 4. 1 Pengujian Pergerakan Sumbu X

No	Eksperimen	Jarak pergerakan awal (mm)		Jarak kembali ke posisi awal (mm)		Penyimpangan (mm)	Percentage (%)
		Nilai Input	Nilai Hasil	Nilai Input	Nilai Hasil		
1	Jarak Pergerakan X	30	30,02	-30	0	0,02	0,06%
			30,02		0	0,02	0,06%
			30,02		0	0,02	0,06%
2	Jarak Pergerakan X	50	50,01	-50	0	0,01	0,02%
			50,02		0	0,02	0,04%
			50,01		0	0,01	0,02%
3	Jarak Pergerakan X	120	120,06	-120	0	0,06	0,05%
			120,03		0	0,03	0,03%
			120,06		0	0,06	0,05%

Setelah pergerakan mesin kembali ke posisi awal, dilakukan pengukuran menggunakan jangka sorong digital ketelitian 0,01 pada setiap arah pengujian sumbu X untuk mengetahui apakah terdapat backlash pada hasil pergerakan mesin. Berdasarkan hasil pengujian yang dapat dilihat pada tabel 4.1 tidak terdapat *backlash*.

4.2.2 Hasil Pergerakan Sumbu Y

Pada pengujian ini pergerakan mesin dilakukan searah sumbu Y dengan nilai input 40mm, 80mm, dan 100 kemudian di dapat nilai hasil yang dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini :

Tabel 4. 2 Pengujian Pergerakan Sumbu Y

No	Eksperimen	Jarak pergerakan awal (mm)		Jarak kembali ke posisi awal (mm)		Penyimpangan (mm)	Percentage (%)
		Nilai Input	Nilai Hasil	Nilai Input	Nilai Hasil		
1	Jarak Pergerakan Y	40	40,02	-40	0	0,02	0,05%
			40,03		0	0,03	0,08%
			40,02		0	0,02	0,05%

2	Jarak Pergerakan Y	80	80,07	-80	0	0,07	0,09%
			80,07		0	0,07	0,09%
			80,06		0	0,06	0,08%
3	Jarak Pergerakan Y	100	100,09	-100	0	0,09	0,09%
			100,09		0	0,09	0,09%
			100,08		0	0,08	0,08%

Setelah pergerakan mesin kembali ke posisi awal, dilakukan pengukuran menggunakan jangka sorong digital ketelitian 0,01 pada setiap arah pengujian sumbu Y untuk mengetahui apakah terdapat backlash pada hasil pergerakan mesin. Berdasarkan hasil pengujian yang dapat dilihat pada tabel 4.2 tidak terdapat backlash.

4.2.3 Hasil Pergerakan Sumbu Z

Pada pengujian ini pergerakan mesin dilakukan searah sumbu Y dengan nilai input 10mm, 15mm, dan 20mm kemudian di dapat nilai hasil yang dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini :

Tabel 4. 3 Pengujian Pergerakan Sumbu Z

No	Eksperimen	Jarak pergerakan awal (mm)		Jarak kembali ke posisi awal (mm)		Penyimpangan (mm)	Percentage (%)
		Nilai Input	Nilai Hasil	Nilai Input	Nilai Hasil		
1	Jarak Pergerakan Z	10	10,01	-10	0	0,01	0,10%
			10,01		0	0,01	0,10%
			10,01		0	0,01	0,10%
2	Jarak Pergerakan Z	15	15,01	-15	0	0,01	0,06%
			15,01		0	0,01	0,06%
			15,01		0	0,01	0,06%
3	Jarak Pergerakan Z	20	20	-20	0	0	0%
			20,01		0	0,01	0,05%
			20,01		0	0,01	0,05%

Setelah pergerakan mesin kembali ke posisi awal, dilakukan pengukuran menggunakan jangka sorong digital ketelitian 0,01 pada setiap arah pengujian

sumbu Z untuk mengetahui apakah terdapat *backlash* pada hasil pergerakan mesin. Berdasarkan hasil pengujian yang dapat dilihat pada tabel 4.3 tidak terdapat *backlash*.

4.3 Hasil Kualitas Pengelasan

4.3.1 Hasil Pengelasan Pelat Connector dengan Pelat Connector

Pengujian ini dilakukan pada 27 sampel untuk mengetahui besaran *output voltage*, *ampere*, dan *resistance* dari *cycle mode* serta mengetahui *diameter nugget* hasil *spot*. Hasil pengujian pengelasan pelat *connector* dengan pelat *connector* dapat dilihat pada berikut :



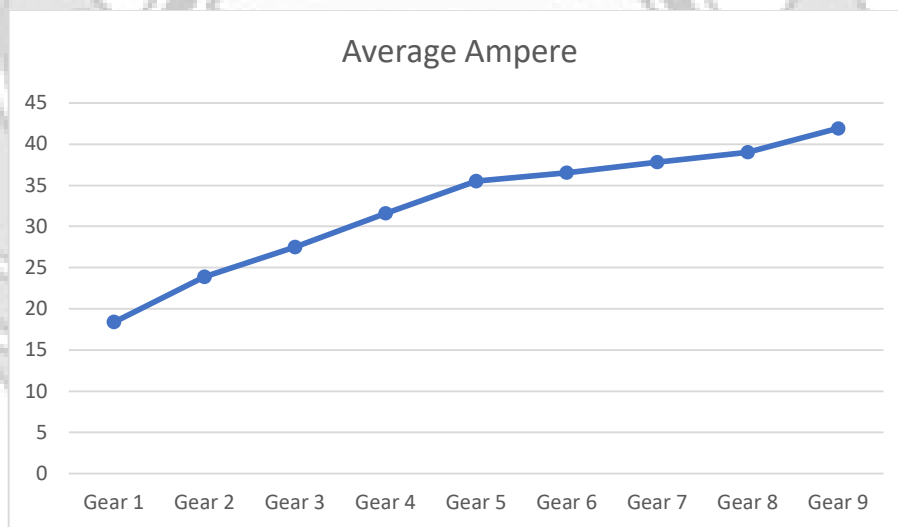
Tabel 4. 4 Hasil pengujian pengelasan pelat *connector* dengan *pelat connector*

Parameter Mode Cycle	Connector Sample	Thrust Force	Parameter Measurement					Diameter (mm)	Average Diameter (mm)
			Voltage (V)	Ampere (A)	Average Ampere (A)	Resistance (Ohm)	Average Resistance (A)		
1 - Mode	Sampel A1.1	1,45 N	3.92	18.7	18.4	0.210	0.214	0.13	0.13
	Sampel A1.2	1,45 N	3.92	18.9		0.207		0.25	
	Sampel A1.3	1,45 N	3.92	17.5		0.224		0	
2 - Mode	Sampel A2.1	1,45 N	3.92	24	23.9	0.163	0.164	0.21	0.15
	Sampel A2.2	1,45 N	3.92	24.1		0.163		0.23	
	Sampel A2.3	1,45 N	3.92	23.6		0.166		0	
3 - Mode	Sampel A3.1	1,45 N	3.92	26.2	27.5	0.150	0.143	0.24	0.34
	Sampel A3.2	1,45 N	3.92	27.6		0.142		0.33	
	Sampel A3.3	1,45 N	3.92	28.7		0.137		0.44	
4 - Mode	Sampel A4.1	1,45 N	3.92	30.2	31.6	0.130	0.124	0.41	0.43
	Sampel A4.2	1,45 N	3.92	32.7		0.120		0.45	
	Sampel A4.3	1,45 N	3.92	31.9		0.123		0.42	
5 - Mode	Sampel A5.1	1,45 N	3.92	34.9	35.6	0.112	0.110	0.64	0.65
	Sampel A5.2	1,45 N	3.92	35.7		0.110		0.64	
	Sampel A5.3	1,45 N	3.92	36.1		0.109		0.68	
6 - Mode	Sampel A6.1	1,45 N	3.92	37.6	36.5	0.104	0.107	0.73	0.67
	Sampel A6.2	1,45 N	3.92	36		0.109		0.64	
	Sampel A6.3	1,45 N	3.92	35.9		0.109		0.63	

7 - Mode	Sampel A7.1	1,45 N	3.92	37.5	37.8	0.105	0.104	0.67	0.75
	Sampel A7.2	1,45 N	3.92	37.7		0.104		0.71	
	Sampel A7.3	1,45 N	3.92	38.3		0.102		0.88	
8 - Mode	Sampel A8.1	1,45 N	3.92	38	39.0	0.103	0.100	0.76	0.87
	Sampel A8.2	1,45 N	3.92	39.3		0.100		0.91	
	Sampel A8.3	1,45 N	3.92	39.8		0.098		0.94	
9 - Mode	Sampel A9.1	1,45 N	3.92	41.1	41.9	0.095	0.094	0.62	0.88
	Sampel A9.2	1,45 N	3.92	42.5		0.092		1.05	
	Sampel A9.3	1,45 N	3.92	42.2		0.093		0.98	

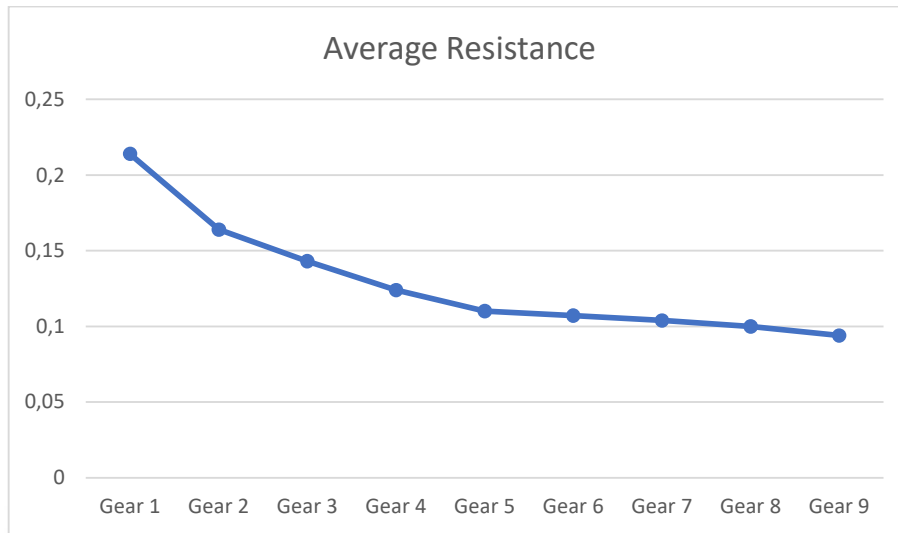


Selama proses penekanan pen *spot* pada sampel, dilakukan pengukuran untuk mengetahui besaran nilai *voltage* dan *ampere* dengan menggunakan alat ukur *voltmeter digital* dan tang *ampere* selanjutnya nilai *resistance* dapat diketahui dengan menghitung menggunakan rumus $R=V/I$. Selanjutnya nilai diameter diketahui dengan melakukan pengukuran menggunakan *mikroskop digital*. Berdasarkan Gambar 4.3 menunjukkan grafik hubungan antara *cycle mode* dan *ampere*, dapat dilihat bahwa semakin besar *cycle mode* yang diterapkan maka semakin tinggi arus yang berkerja pada benda kerja.



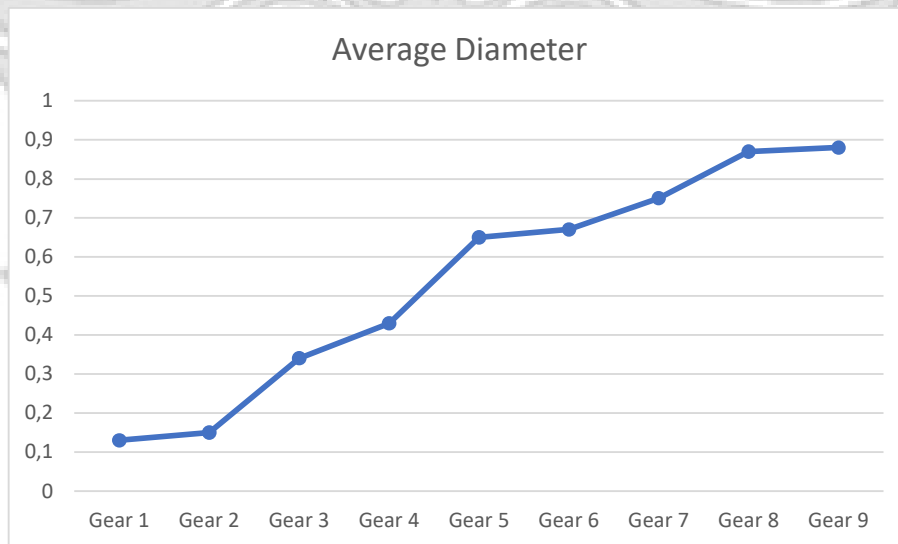
Gambar 4. 3 Grafik hasil Pengukuran *Average Ampere connector to connector*

Berdasarkan Gambar 4.4 menunjukkan grafik hubungan antara *cycle mode* dan *resistance*, dapat dilihat bahwa semakin besar *cycle mode* yang diterapkan maka semakin kecil *resistance* yang berkerja pada benda kerja, hal ini disebabkan oleh besarnya arus yang bekerja pada saat proses pengelasan.



Gambar 4. 4 Grafik hasil Pengukuran *Average Resistance connector to connector*

Berdasarkan Gambar 4.5 menunjukkan grafik hubungan antara *cycle mode* dan diameter, dapat dilihat bahwa semakin besar *cycle mode* yang diterapkan maka semakin besar diameter *nugget* yang terbentuk dari proses pengelasan.



Gambar 4. 5 Grafik hasil Pengukuran *Average Diameter connector to connector*

4.3.2 Hasil Pengelasan Pelat Connector dengan Baterai Li-ion

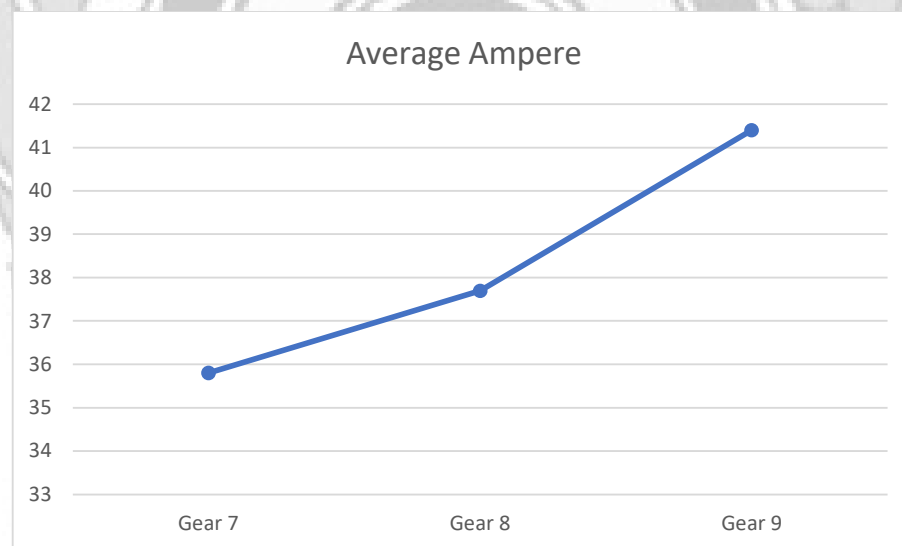
Pengujian ini dilakukan pada 9 sampel untuk mengetahui besaran *output voltage*, *ampere*, dan *resistance* dari *cycle mode* serta mengetahui diameter *nugget hasil spot*. Hasil pengujian pengujian pengelasan pelat *connector* dengan baterai *li-ion* dapat dilihat pada tabel berikut :



Tabel 4. 5 Hasil pengujian pengelasan pelat *connector* dengan baterai li-ion

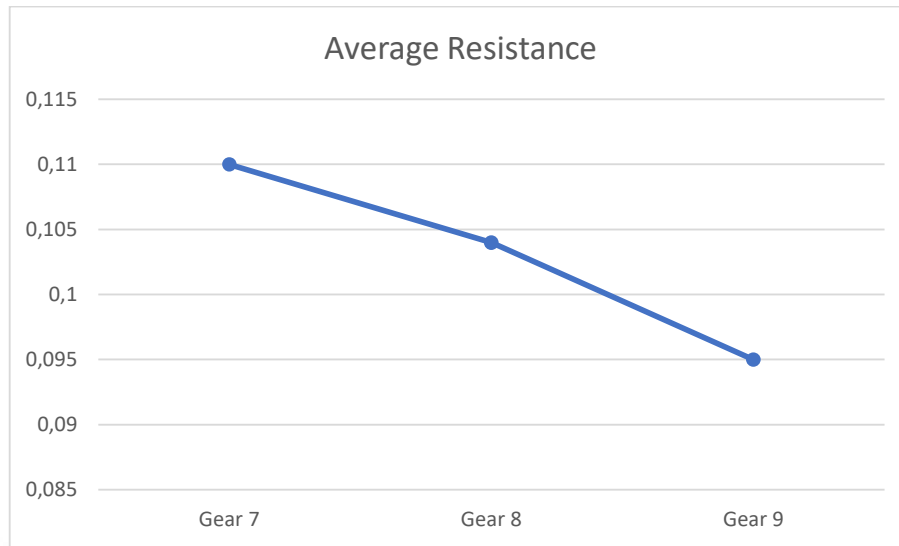
Parameter Mode Cycle	Connector Sample	Thrust Force	Parameter Measurement					Diameter (mm)	Average Diameter (mm)
			Voltage (V)	Ampere (A)	Average Ampere (A)	Resistance (Ohm)	Average Resistance (A)		
7 - Mode	Sampel B.7.1	1,45 N	3.92	33	35.8	0,119	0,110	0.13	0.13
	Sampel B.7.2	1,45 N	3.92	37.1		0,106		0.25	
	Sampel B.7.3	1,45 N	3.92	37.4		0,105		0	
8 - Mode	Sampel B.8.1	1,45 N	3.92	35.2	37.7	0,111	0,104	0.21	0.15
	Sampel B.8.2	1,45 N	3.92	40.7		0,096		0.23	
	Sampel B.8.3	1,45 N	3.92	37.2		0,105		0	
9 - Mode	Sampel B.9.1	1,45 N	3.92	40.2	41.4	0,098	0,095	0.24	0.34
	Sampel B.9.2	1,45 N	3.92	42.4		0,092		0.33	
	Sampel B.9.3	1,45 N	3.92	41.7		0,094		0.44	

Sama halnya dengan pengujian sebelumnya, dimana pada proses penekanan pen *spot* pada sampel, dilakukan pengukuran untuk mengetahui besaran nilai *voltage* dan *ampere* dengan menggunakan alat ukur *voltmeter digital* dan tang *ampere* selanjutnya nilai *resistance* dapat diketahui dengan menghitung menggunakan rumus $R=V/I$. Selanjutnya nilai diameter diketahui dengan melakukan pengukuran menggunakan *mikroskop digital*. Berdasarkan Gambar 4.6 menunjukkan grafik hubungan antara *cycle mode* dan *ampere*, dapat dilihat bahwa semakin besar *cycle mode* yang diterapkan maka semakin tinggi arus yang berkerja pada benda kerja.



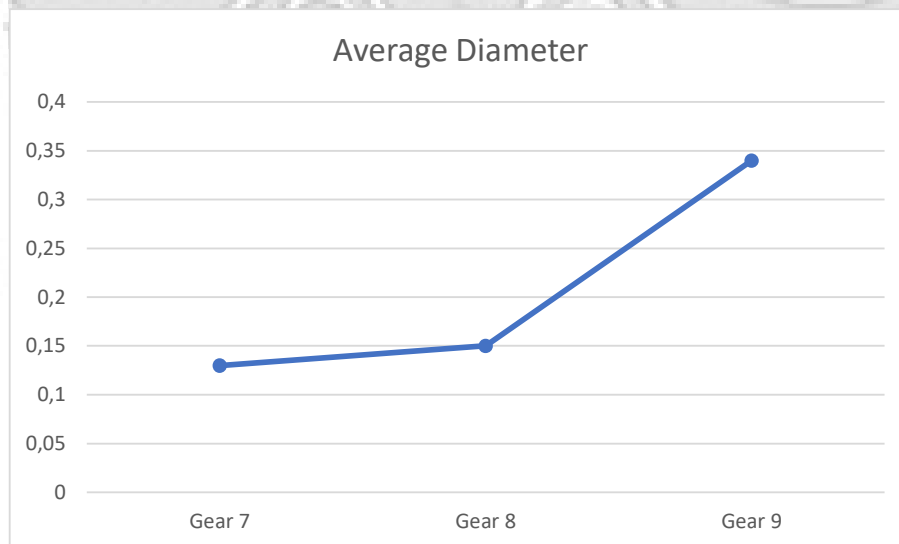
Gambar 4. 6 Grafik hasil Pengukuran *Average ampere connector to Battery*

Berdasarkan Gambar 4.7 menunjukkan grafik hubungan antara *cycle mode* dan *resistance*, dapat dilihat bahwa semakin besar *cycle mode* yang diterapkan maka semakin kecil *resistance* yang berkerja pada benda kerja, hal ini disebabkan oleh besarnya arus yang bekerja pada saat proses pengelasan.



Gambar 4. 7 Grafik hasil Pengukuran *Average Resistance connector to Battery*

Berdasarkan Gambar 4.5 menunjukkan grafik hubungan antara *cycle mode* dan diameter, dapat dilihat bahwa semakin besar *cycle mode* yang diterapkan maka semakin besar diameter *nugget* yang terbentuk dari proses pengelasan.



Gambar 4. 8 Grafik hasil Pengukuran *Average Diameter connector to Battery*

Hasil ini sudah sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Masomtob et al., 2017) yang menyatakan bahwa terlalu banyak gaya

diterapkan pada kontak las, mengakibatkan kelebihan beban deformasi benda kerja yang menghasilkan area las kontak lebih besar. Hal tersebut, menghasilkan jalur aliran arus tersebar dan karenanya, panas yang dihasilkan tidak mencukupi yang menghasilkan kekuatan yang buruk pada kontak las. Pada tegangan suplai maksimum yang terlalu tinggi dapat memungkinkan panas berlebih yang menyebabkan deformasi benda kerja yang berlebihan, dan juga bekas luka bakar di sekitar titik las serta daerah tengah di antaranya.

4.4 Hasil Perhitungan Biaya Manufaktur Pembuatan Mesin

4.4.1 Biaya Bahan Langsung

Biaya bahan langsung adalah biaya yang dikeluarkan untuk membeli bahan baku yang digunakan dalam proses produksi. Jumlah keseluruhan biaya yang dikeluarkan untuk bahan pembuatan mesin *CNC Spot Welding 3 Axis* untuk *Battery Pack* dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini :

Tabel 4. 6 Biaya Bahan Langsung

No	Nama Barang	Spesifikasi	Kuantitas	Harga Satuan	Harga Total
1	Modul <i>Battery Spot Welding</i>	<i>Input Voltage:</i> 100-240V, 50/60Hz, 0.35A <i>Output Voltage:</i> 4,2V(MAX) <i>Output Current:</i> 650A(MAX) <i>Type-C Input:</i> 5V 2A	1	Rp1.232.500,00	Rp 1.232.500,00
2	<i>Linear shaft</i>	diameter 10 mm, panjang 2 meter	1	Rp 200.000,00	Rp 200.000,00
		diameter 8 mm, panjang 1 meter	1	Rp 70.000,00	Rp 70.000,00
3	<i>Flexsible coupling</i>	D20 L25 8x10mm	2	Rp 25.000,00	Rp 50.000,00

		D14 L25 5x8mm	1	Rp 19.000,00	Rp 19.000,00
4	Thread Rod	diameter 10mm, pitch 2mm, panjang 1 meter	1	Rp 300.000,00	Rp 300.000,00
		diameter 8mm, pitch 2mm,panjang 50 cm	1	Rp 77.500,00	Rp 77.500,00
5	Nut profil T	M5	20	Rp 2.000,00	Rp 40.000,00
6	Flange lead screw Nut	M8	1	Rp 20.000,00	Rp 20.000,00
		M10	2	Rp 45.000,00	Rp 90.000,00
7	Linear Rail Shaft Support	SHF10 Horizontal	8	Rp 15.000,00	Rp 120.000,00
8	V-Slot	Profile Extrusion Rail 20mm x 20mm, panjang 1 meter	1	Rp 70.000,00	Rp 70.000,00
		Profile Extrusion Rail 20mm x 60mm, panjang 1 meter	1	Rp 145.000,00	Rp 145.000,00
9	Bearing KFL	Pillow Block Bearing Bore 10mm	2	Rp 22.000,00	Rp 44.000,00
10	Motor stepper	Nema 23 hanpose 23HS5628, Shaft 8mm	2	Rp 234.000,00	Rp 468.000,00
		Nema 17 hanpose 17hs8401, Shaft 5mm	1	Rp130.000,00	Rp 130.000,00
11	Power supplay	Input Power: 110VAC- 220VAC 1PH Output Voltage: 24VDC Rated Current: 15A (Pure)	1	Rp 141.500,00	Rp 141.500,00
12	Aluminium siku	profile 60 mmx 60mm, panjang 80 cm	1	Rp 283.700,00	Rp 283.700,00
13	Baterai Li- Ion	18650	70	Rp 4.000,00	Rp 280.000,00
14	Arduino uno	R3 ATmega 328p	1	Rp 179.100,00	Rp 179.100,00

15	<i>CNC Shield</i>	V3	1	Rp 71.500,00	Rp 71.500,00
16	<i>Driver motor</i>	TB6600	3	Rp 75.000,00	Rp 225.000,00
17	Akrilik	ukuran costum <i>base, dan bed</i>	1	Rp 350.000,00	Rp 350.000,00
		ukuran costum jig baterai	1	Rp 300.000,00	Rp 300.000,00
18	kabel AWG	AWG 8, OD 6,5 mm, ID 3,5mm, 190 A, Panjang 5 M	1	Rp 70.000,00	Rp 350.000,00
19	<i>Linear Slide Block</i>	<i>Bore 10mm</i>	5	Rp 26.000,00	Rp 130.000,00
20	Baut	baut L Screw low profile M5 x 12 mm	15	Rp 1.500,00	Rp 22.500,00
		baut L Screw low profile M5 x 15 mm	15	Rp 1.500,00	Rp 22.500,00
		baut L Screw low profile M5 x 35 mm	15	Rp 3.000,00	Rp 45.000,00
		baut L Screw low profile M5 x 20 mm	25	Rp 1.500,00	Rp 37.500,00
		baut JF M3 x 15 mm	20	Rp 300,00	Rp 6.000,00
		baut JF M3 x 20 mm	5	Rp 300,00	Rp 1.500,00
		baut JF L M5 x 20 mm	35	Rp 1.000,00	Rp 35.000,00
		baut L button M6 x 25 mm	30	Rp 900,00	Rp 27.000,00
		21	Mur	<i>Nut M6</i>	30
22	<i>Cooling fan</i>	De12V	1	Rp 20.000,00	Rp 20.000,00
23	<i>skun ring O</i>	<i>bore 4mm</i>	2	Rp 2.000,00	Rp 4.000,00
24	<i>Safety Cooling fan</i>		1	Rp 14.000,00	Rp 14.000,00
25	tripleks	tebal 5 mm	1	Rp 100.000,00	Rp 100.000,00
26	Pilox	silver	1	Rp 30.000,00	Rp 30.000,00
		hitam	1	Rp 30.000,00	Rp 30.000,00
27	<i>Emergency Push Buttom</i>	EA38 AC 660V 10A	1	Rp 30.000,00	Rp 30.000,00
28	<i>AC Noise filter</i>	250V 6A	1	Rp 30.000,00	Rp 30.000,00

29	Kabel AC	3x0.75mm <i>Power CPU Jack</i> , Panjang 1,5 m	1	Rp 15.000,00	Rp 22.500,00
30	besi hollow	30 mm x 30 mm, panjang 6 meter	3	Rp 130.000,00	Rp 390.000,00
31	Kabel Jumper male	Ukuran <i>pitch</i> : 2.54mm	1	Rp 30.000,00	Rp 30.000,00
32	Kabel <i>USB Type C</i>	<i>Male to USB Female</i>	1	Rp 35.000,00	Rp 35.000,00
33	<i>Costum Bracket</i>	PLA+	1	Rp 250.000,00	Rp 250.000,00
Total					Rp 6.573.800,00

4.4.2 Biaya Tenaga Kerja

Biaya tenaga kerja dihitung berdasarkan Upah Minimum Provinsi (UMP) Sulsel tahun 2023 yaitu sebesar Rp 3.385.145,00/bulan dengan estimasi jam kerja 40 jam/minggu atau 160 jam/bulan sehingga dapat diketahui upah tenaga kerja 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 di dapat biaya tenaga kerja minimal 21.157.156/jam. Sedangkan waktu pengerjaan permesinan ditentukan berdasarkan estimasi pengerjaan. Waktu tersebut meliputi persiapan, *setting*, waktu proses, dan waktu penyelesaian. Adapun rincian biaya tenaga kerja untuk setiap biaya pengerjaan dapat dilihat pada 4.7 dibawah ini :

Tabel 4. 7 Biaya tenaga kerja

No	Jenis Pengerjaan	Waktu Pengerjaan	Upah/Jam	Upah Minimum Pengerjaan
1	Pemotongan	4 Jam	Rp 21.000,00	Rp 84.000,00
2	Perakitan	168 Jam	Rp 21.000,00	Rp 3.528.000,00

3	Pengujian	120 jam	Rp 21.000,00	Rp 2.520.000,00
4	Pengeboran	30 menit	Rp 21.000,00	Rp 10.500,00
Total				Rp 6.142.500,00

4.4.3 Biaya Bahan Tidak Langsung

Biaya bahan tidak langsung adalah biaya yang tidak secara langsung dihubungkan dengan unit yang diproduksi, tetap memiliki kontribusi dalam penyelesaian produksi. Umumnya yang termasuk dalam kategori biaya tidak langsung adalah biaya bahan tidak langsung, biaya listrik dan biaya penyusutan. Berikut biaya tidak langsung dalam proses produksi:

Tabel 4. 8 Biaya Bahan Tidak Langsung

No	Pekerjaan	Bahan	Jumlah Satuan	Harga per Satuan	Harga
1	Gerinda	Mata Potong Gerinda	2 Buah	Rp 5.000,00	Rp 10.000,00
2	<i>Finishing</i>	Kertas Amplas	2 Lembar	Rp 5.000,00	Rp 10.000,00
3	<i>Finishing</i>	Stiker	1 Rol	Rp 35.000,00	Rp 35.000,00
4	<i>Finishing</i>	Pilox	2 Botol	Rp 25.000,00	Rp 50.000,00
Total					Rp 105.000,00

Biaya Listrik

Perhitungan biaya pemakaian listrik adalah salah satu data yang termasuk dalam kategori biaya tidak langsung dalam proses produksi. Adapun estimasi

perhitungan pemakaian listrik dalam proses pembuatan mesin *CNC Battery Spot Welding* untuk *Battery Pack* adalah sebagai berikut :

a) Tarif Listrik Mesin Gerinda

Diketahui:

Daya Mesin = 0,6 kW

TDL = 1.444,7 kW

Lama Pengerjaan = 4 Jam

Biaya Listrik = (Daya x TDL) x Lama Pengerjaan

= (0,6 x 1.444,7) x 4

= Rp 3.467,28

b) Tarif Listrik Mesin Bor

Daya Mesin = 0,55 kW

TDL = 1.444,7 kW

Lama Pengerjaan = 30 menit / 0,5

Biaya Listrik = (Daya x TDL) x Lama Pengerjaan

= (0,55 x 1.444,7) x 0,5

= Rp 397,29

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

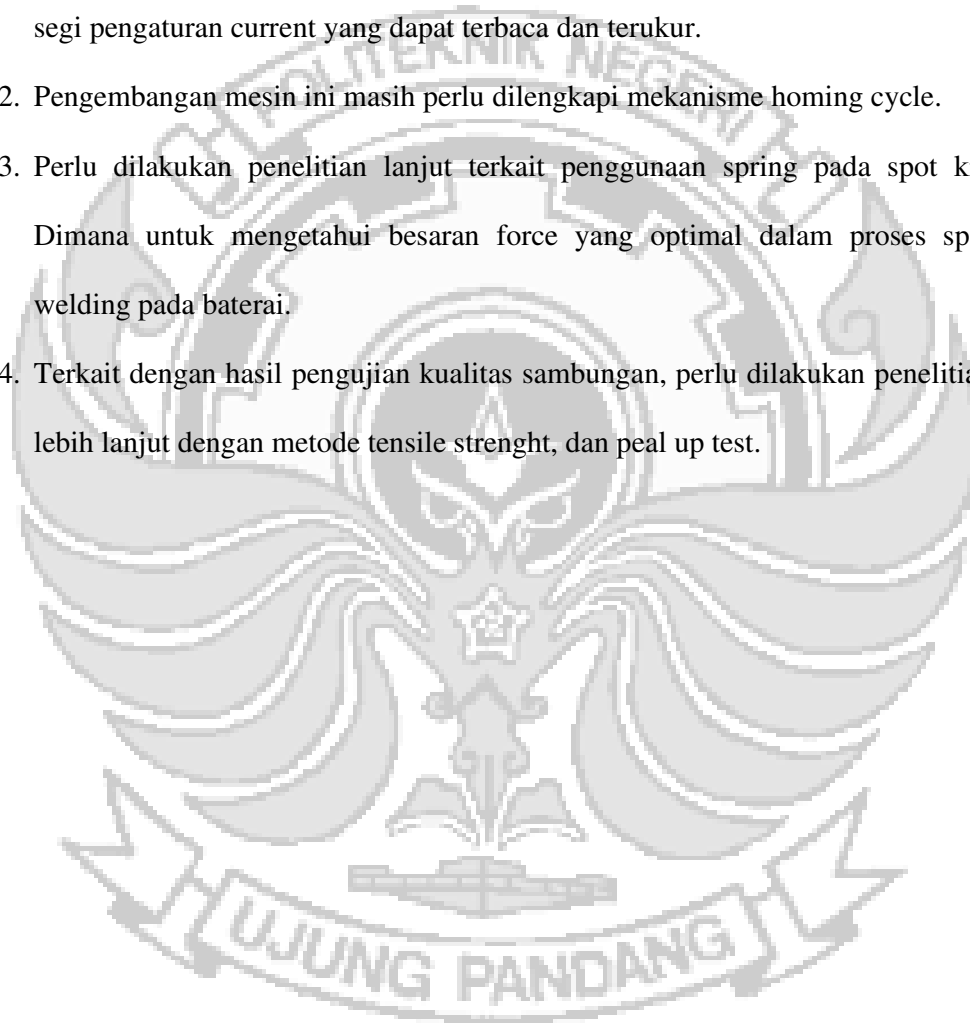
Kesimpulan yang diperoleh dari Rancang Bangun Mesin *CNC Spot Welding* untuk *Battery Pack* ini adalah:

1. Telah dihasilkan produk *CNC Spot Welding* dengan spesifikasi Build Volume 557,5 mm x 508,5 mm x 408,5 mm. Melalui proses metode *pugh matrix* dihasilkan final desain produk yang dibuat dan dijalankan secara otomatis dengan menggunakan program NC yang diinput pada aplikasi *candle*.
2. Berdasarkan hasil pengujian dapat diketahui pada axis X, Y, dan Z nilai input pada aplikasi telah sesuai dengan pergerakan aktual mesin.
3. Untuk hasil dari 2 metode sambungan pengelasan dengan nilai *trusst force* 1,45N dan voltase 3,92V yang konstan diperoleh nilai arus dan hambatan bervariasi yang nilainya cenderung naik pada setiap cycle gear. Kualitas sambungan pengelasan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain yakni kerapatan permukaan, ketebalan connector, dan besarnya arus dari setiap cycle home. Kerapatan pelat connector dengan permukaan baterai dapat mempengaruhi kualitas nugget yang dapat dilihat dari ukuran diameternya.
4. Dari hasil pembuatan mesin *CNC Spot Welding* untuk baterai pack diperoleh total harga produk untuk biaya bahan Langsung, biaya tenaga kerja, dan biaya bahan tidak langsung senilai Rp 12.825.164,00.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan terhadap penelitian yang telah dilaksanakan adalah sebagai berikut:

1. Untuk pengembangan selanjutnya, perlu dilakukan pengembangan mesin dari segi pengaturan current yang dapat terbaca dan terukur.
2. Pengembangan mesin ini masih perlu dilengkapi mekanisme homing cycle.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjut terkait penggunaan spring pada spot kit. Dimana untuk mengetahui besaran force yang optimal dalam proses spot welding pada baterai.
4. Terkait dengan hasil pengujian kualitas sambungan, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan metode tensile strenght, dan peal up test.



DAFTAR PUSTAKA

- Nasution, M., & Kunci, K. (2021). Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 6(1), 35–40.
- BUMN. (2021). *Rencana Indonesia Battery Corporation dalam Pengembangan Ekosistem EV Battery Indonesia*. Webinar Prospek dan Tantangan Industri Baterai Nas.
- Fikrie, A. (2018). Analysis Effect of Composition Hexamethylenetetramine on Electrochemical Performance of Fe₂O₃ as Anode for Lithium Ion Batteries Analisis Komposisi Hexamethylenetetramine Pada Proses Sintesis Anoda Fe₂O₃ Terhadap Performa Elektrokimia Baterai Ion Li. *M.S Thesis, Sch. of Engineering., Institut Teknologi Sepuluh November*, 10–12.
- Masomtob, M., Sukondhasingha, R., Becker, J., & Sauer, D. U. (2017). Parametric study of spot welding between li-ion battery cells and sheet metal connectors. *Engineering Journal*, 21(7), 457–473.
- Nasir, Z., & Khan, M. I. (2016). Resistance spot welding and optimization techniques used to optimize its process parameters. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 03(05-May), 887–893. www.irjet.net
- Wibowo, H., Purwanto, A., Duniawan, A., & Ardilaksono, A. (2020). Analisa Pengaruh Variasi Voltase Listrik Pada Las Titik (Spot Welding) Terhadap Sifat Mekanis Sambungan Las Kuningan. *Jurnal Teknologi*, 13(1), 81–88.
- Wiguna, A. R., Toha, T., Nadhiroh, N., Kusumastuti, S. L., & Dwiyanti, M. (2021).

Rancang Bangun Dan Pengujian Battery Pack Lithium Ion. *Electrices*, 3(1), 28–33. <https://doi.org/10.32722/ees.v3i1.4030>

Wijaya, N. M. A., Kumara, I. N. S., & Divayana, Y. (2021). Perkembangan Baterai Dan Charger Untuk Mendukung Pemasarakatan Sepeda Listrik Di Indonesia. *Jurnal SPEKTRUM*, 8(1), 15.

Shigley, J. E., Mischke, C. R., & Brown Jr, T. H. (2004). *Standard handbook of machine design*. McGraw-Hill Education.

Zainudin, M. R., Yahya, A., Fazli, M. I. M., Syahrom, A., Harun, F. K. C., & Nazarudin, M. S. (2017). Design of biped hip simulator using SolidWorks. *Journal of Physics: Conference Series*, 908(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/908/1/012060>

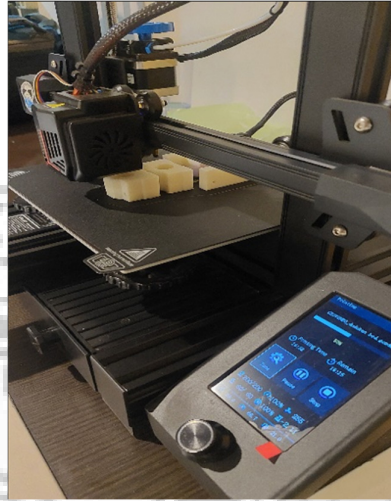
Zhang, Q., Sekol, R. C., Zhang, C., Li, Y., & Carlson, B. E. (2019). Joining Lithium-Ion Battery Tabs Using Solder-Reinforced Adhesive. *Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME*, 141(4).

LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses Manufaktur



(Proses tap *aluminium profile*)



(Proses pembuatan komponen dengan menggunakan *3D Print*)



(Proses pemotongan siku *Aluminium*)

Lampiran 2. Proses Perakitan



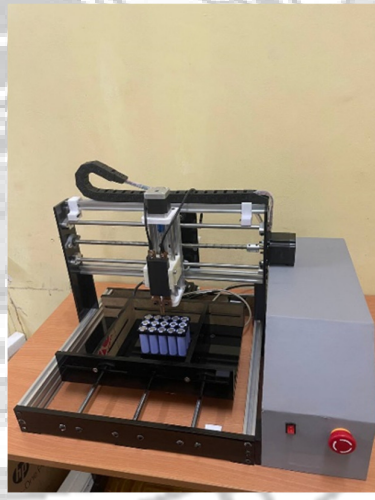
(Proses perakitan rangka)



(Proses penyolderan komponen elektrik)

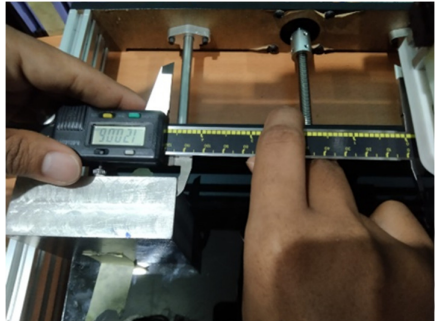


(Proses pemasangan komponen elektrik)



(Mesin CNC Spot Welding)

Lampiran 3. Proses Kalibrasi



(Proses kalibrasi *axis X*)



(Proses kalibrasi *axis Y*)



(Proses kalibrasi *axis Z*)

Lampiran 4. Dokumentasi Kegiatan

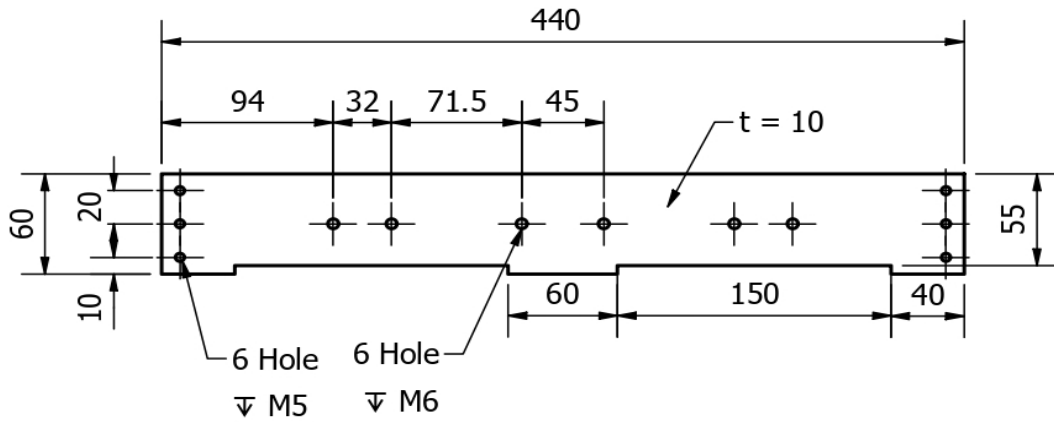


Dokumentasi Kegiatan Kerja TA



Dokumentasi Hasil Pengukuran

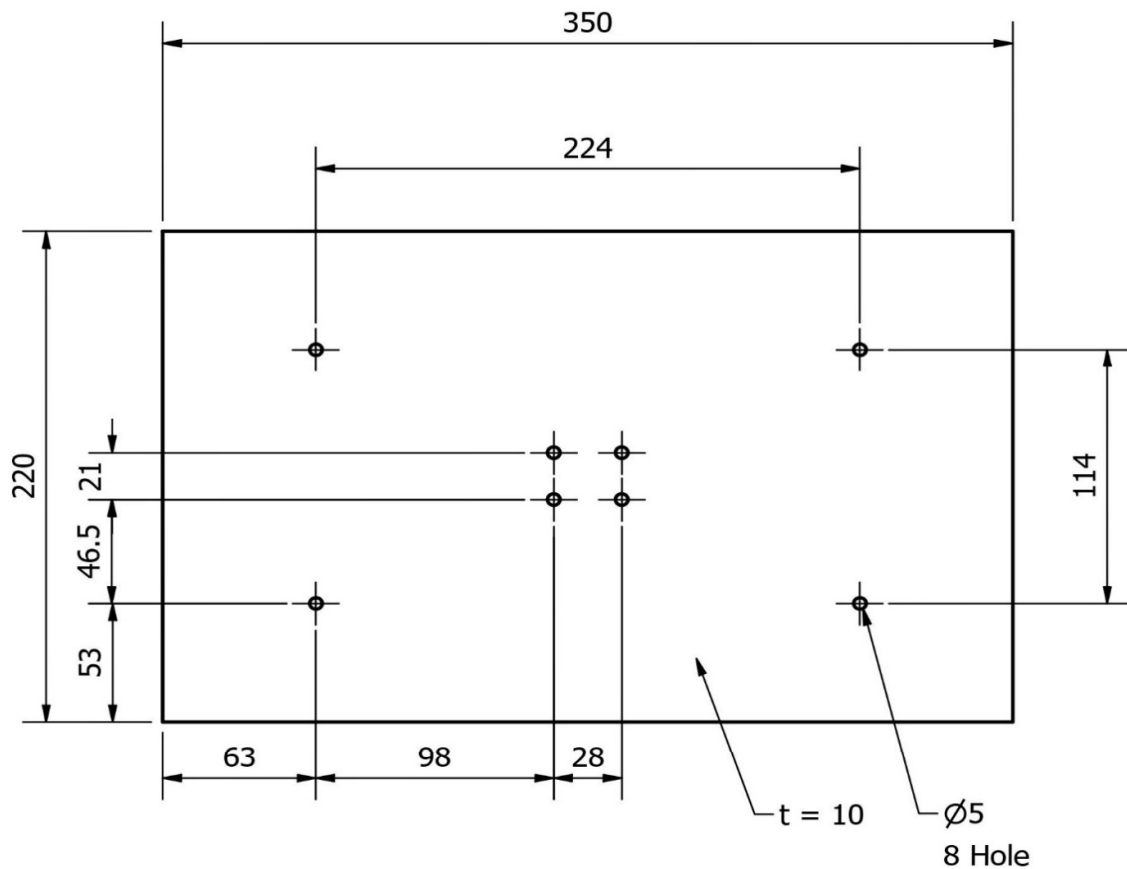
Tol Sedang



		1	Base Front	1	Akrilik	440x60x10	Dipotong			
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan			
III	II	I								
RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK						Skala 1 : 4	Digambar	RW		
							Diperiksa	MBN		
Politeknik Negeri Ujung Pandang						039/037/033/MFG-4B/06/2023				



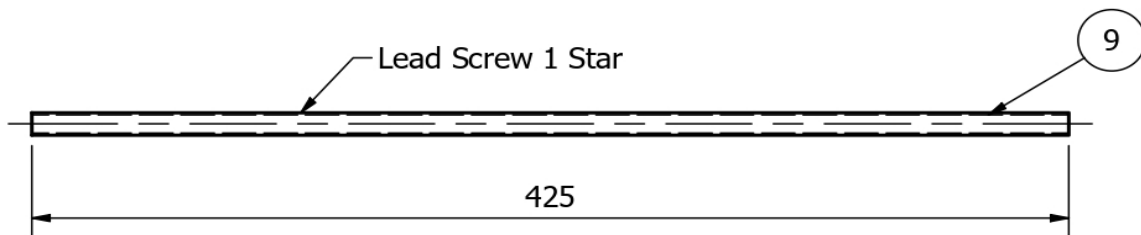
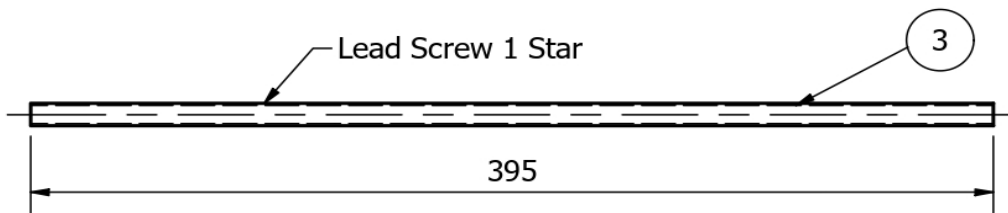
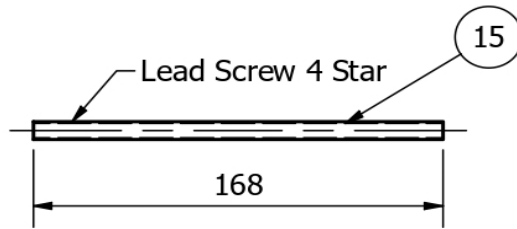
Tol Sedang



		1	Bed Bottom	2	Akrilik	350x220x10	Dipotong				
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan				
III	II	I									
RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK						Skala 1 : 3	<table border="1"> <tr> <td>Digambar</td> <td>RW</td> </tr> <tr> <td>Diperiksa</td> <td>MBN</td> </tr> </table>	Digambar	RW	Diperiksa	MBN
Digambar	RW										
Diperiksa	MBN										
Politeknik Negeri Ujung Pandang						039/037/033/MFG-4B/06/2023					

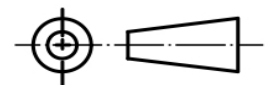


Tol Sedang



		1	Lead Screw Axis Z	15	Stainles Steel	M8x4x168	Dipotong
		1	Lead Screw Axis Y	3	Stainles Steel	M10x2x395	Dipotong
		1	Lead Screw Axis X	9	Stainles Steel	M10x2x425	Dipotong
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan

III	II	I



RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT
WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK

Skala
1 : 3

Digambar

RW

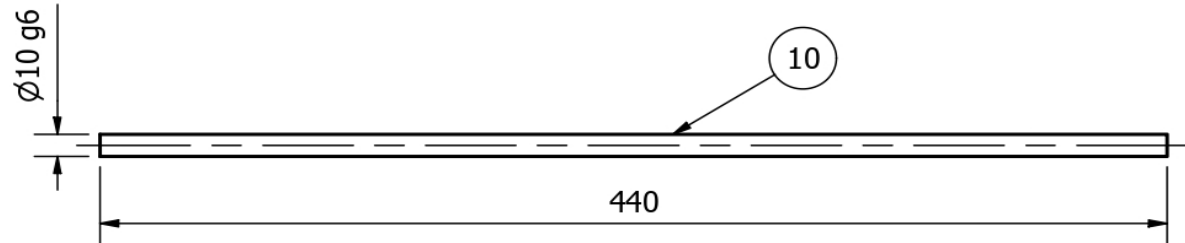
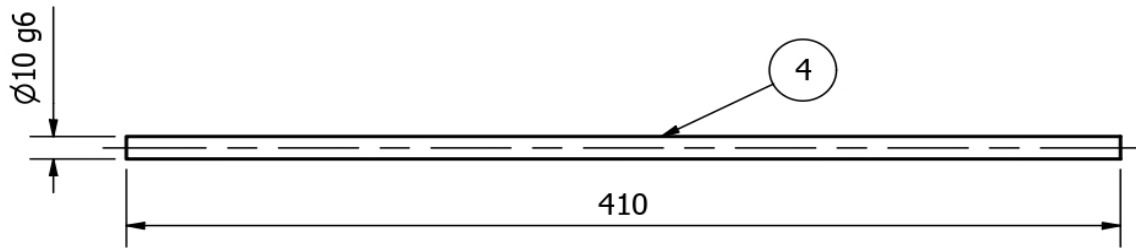
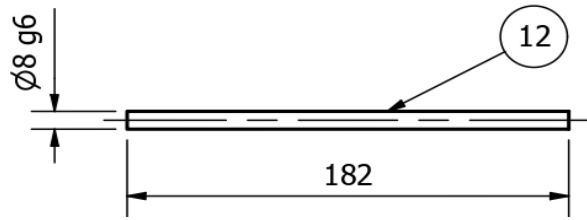
Diperiksa

MBN

Politeknik Negeri Ujung Pandang

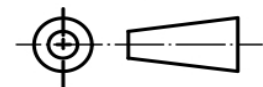
039/037/033/MFG-4B/06/2023

Tol Sedang



		2	Guide Post Axis Z	12	Stainles Steel	182xØ8	Dipotong
		2	Guide Post Axis Y	4	Stainles Steel	410xØ10	Dipotong
		2	Guide Post Axis X	10	Stainles Steel	440xØ10	Dipotong
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan

III	II	I



RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK

Skala
1 : 3

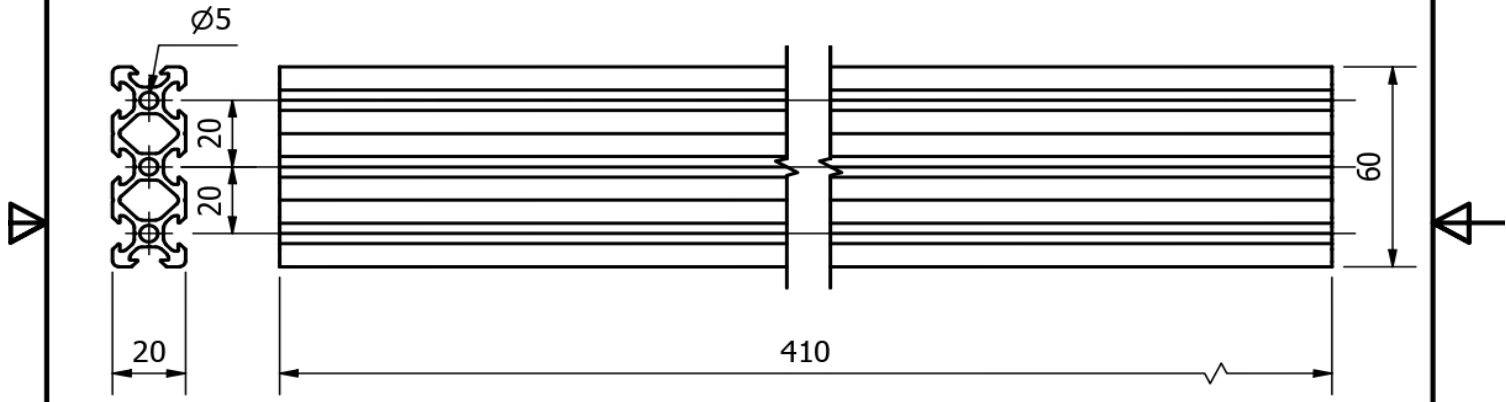
Digambar	RW
Diperiksa	MBN

Politeknik Negeri Ujung Pandang

039/037/033/MFG-4B/06/2023



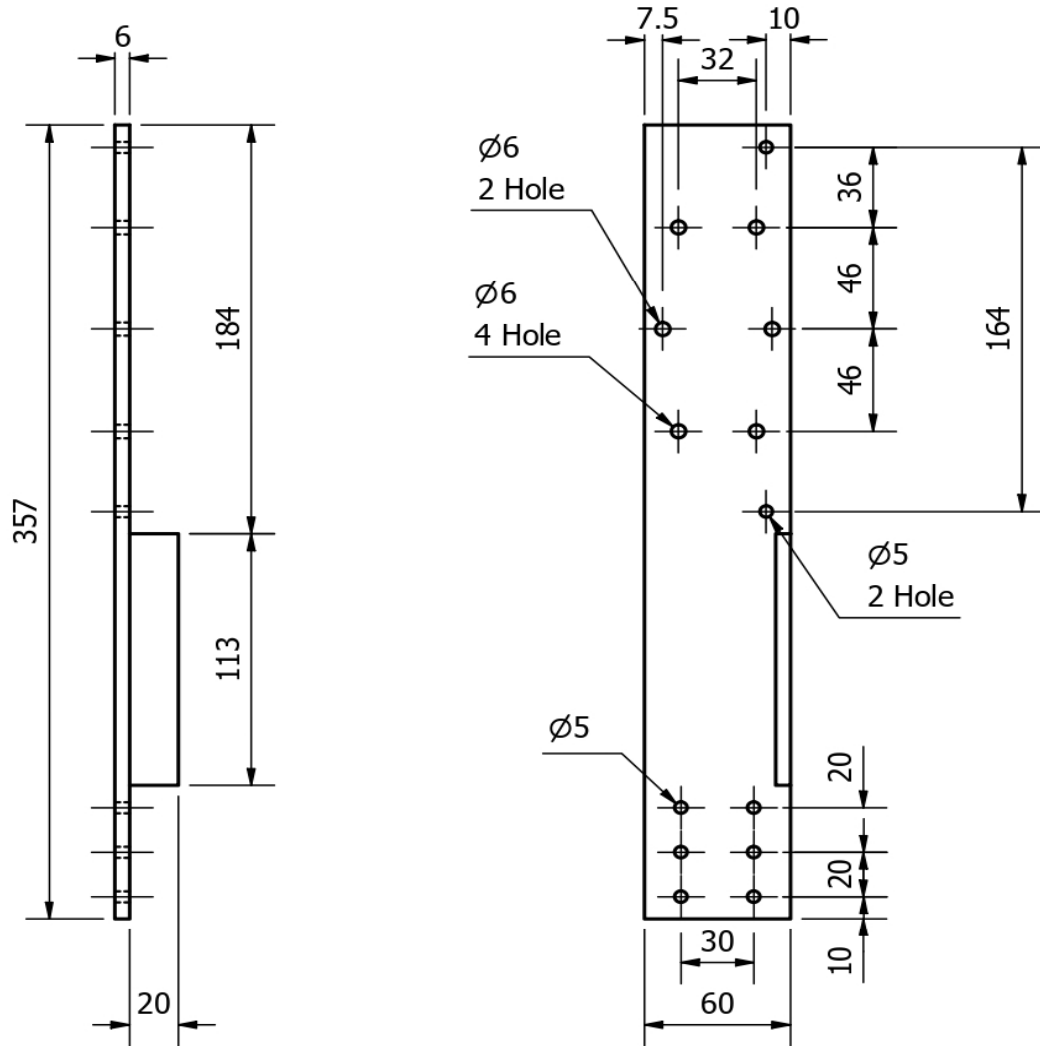
Tol Sedang



		2	T-slot Alumunium Profile	5	Alumunium	20x60x410	Dipotong	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK						Skala 1 : 2	Digambar RW Diperiksa MBN	
Politeknik Negeri Ujung Pandang						039/037/033/MFG-4B/06/2023		

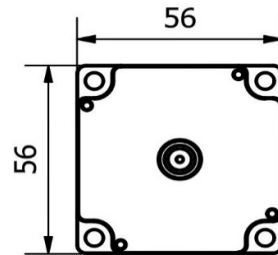
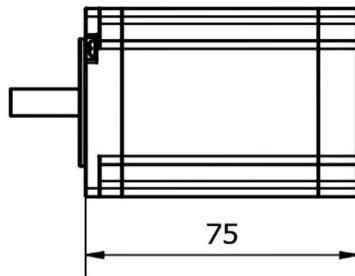
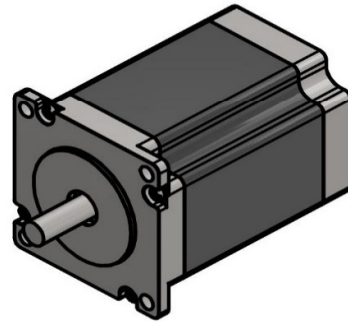


Tol Sedang



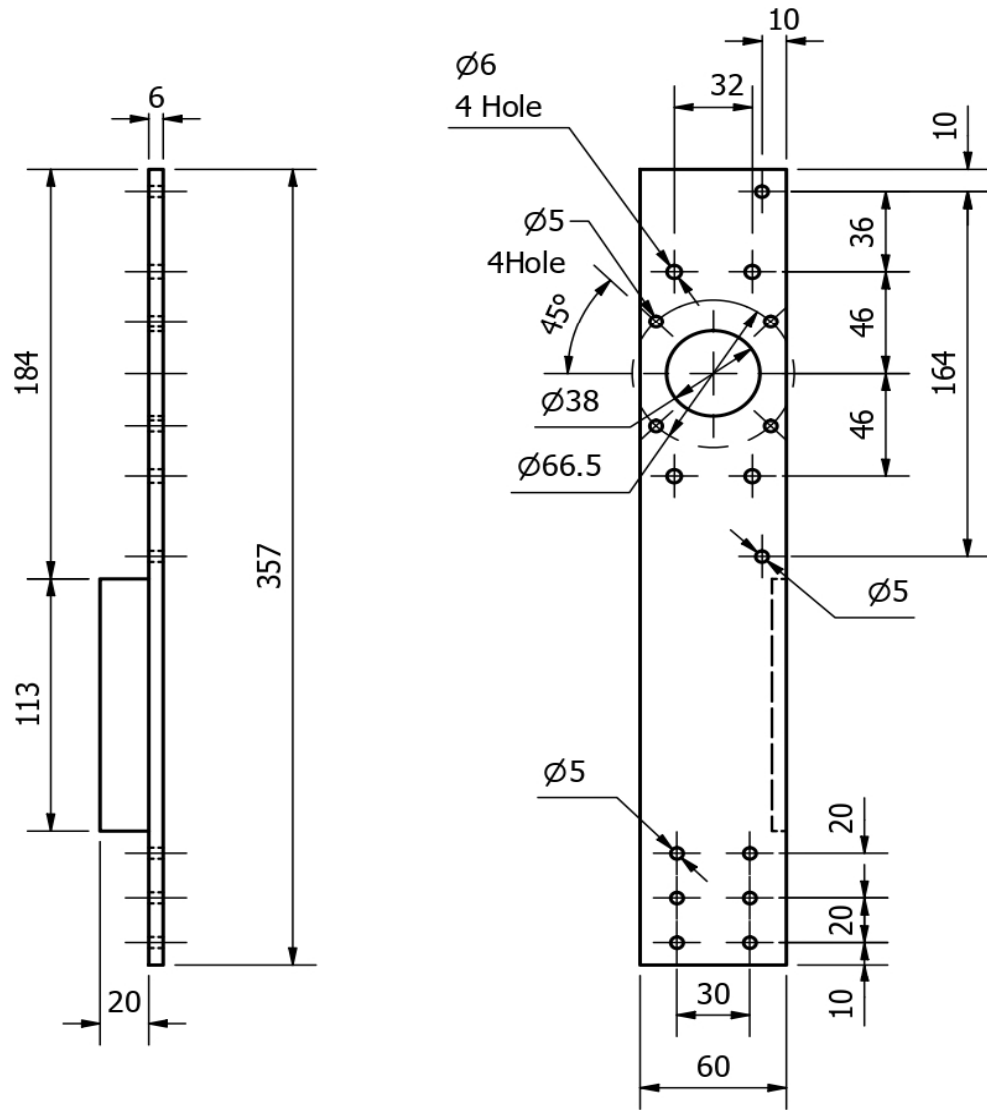
		1	Tiang Kiri	6	Alumunium	357x60x6	Dipotong	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK						Skala 1 : 3	Digambar RW	
Politeknik Negeri Ujung Pandang						Diperiksa MBN		
						039/037/033/MFG-4B/06/2023		

Tol Sedang



		2	Motor Stepper Nema 23	7	-	75x56x56	Dibeli	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK						Skala 1 : 2	Digambar Diperiksa	RW MBN
Politeknik Negeri Ujung Pandang						039/037/033/MFG-4B/06/2023		

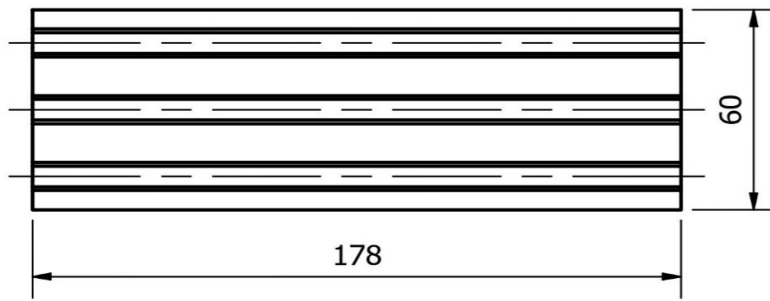
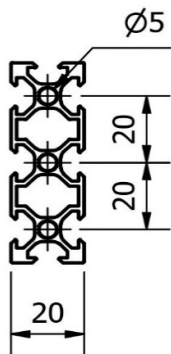
Tol Sedang



		1	Tiang Kanan	8	Alumunium	357x60x6	-	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK						Skala 1 : 3	Digambar RW Diperiksa MBN	
Politeknik Negeri Ujung Pandang						039/037/033/MFG-4B/06/2023		



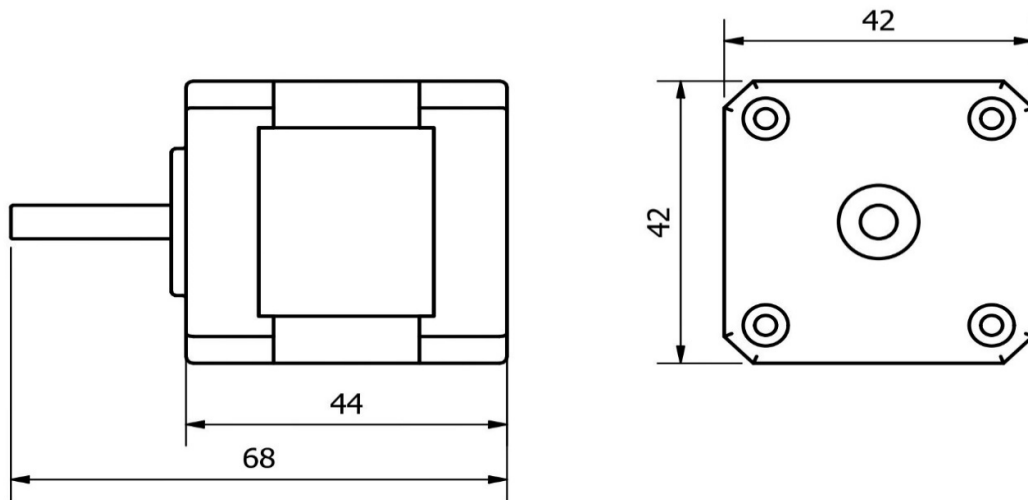
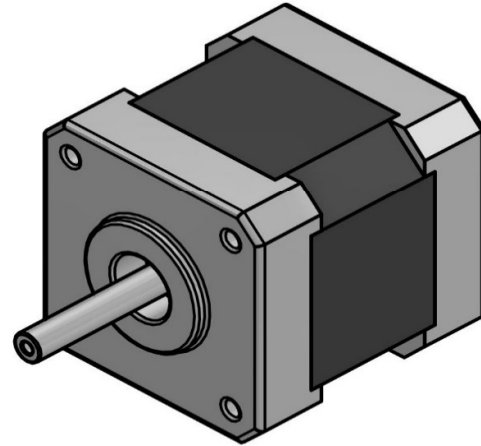
Tol Sedang



		1	T-slot Alumunium Profile	11	Alumunium	20x60x178	Dipotong				
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan				
III	II	I									
RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK						Skala 1 : 2	<table border="1"> <tr> <td>Digambar</td> <td>RW</td> </tr> <tr> <td>Diperiksa</td> <td>MBN</td> </tr> </table>	Digambar	RW	Diperiksa	MBN
Digambar	RW										
Diperiksa	MBN										
Politeknik Negeri Ujung Pandang						039/037/033/MFG-4B/06/2023					



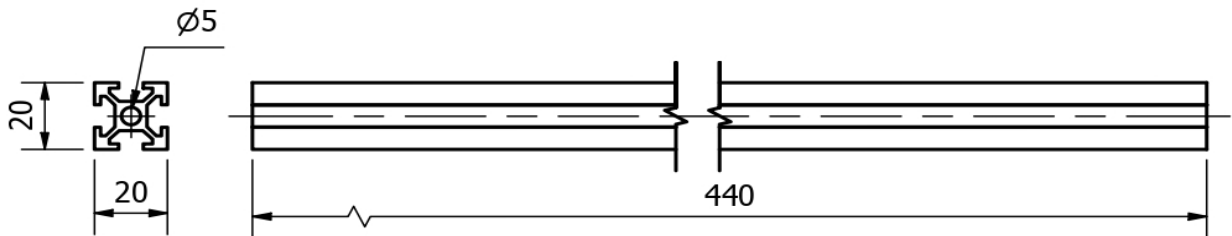
Tol Sedang



		1	Motor Stepper Nema 17	13	-	68x42x42	Dibeli	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK						Skala 1 : 1	Digambar RW Diperiksa MBN	
Politeknik Negeri Ujung Pandang						039/037/033/MFG-4B/06/2023		



Tol Sedang

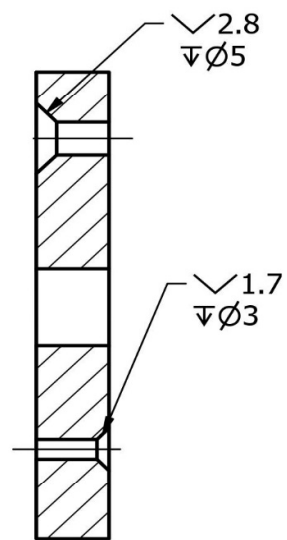
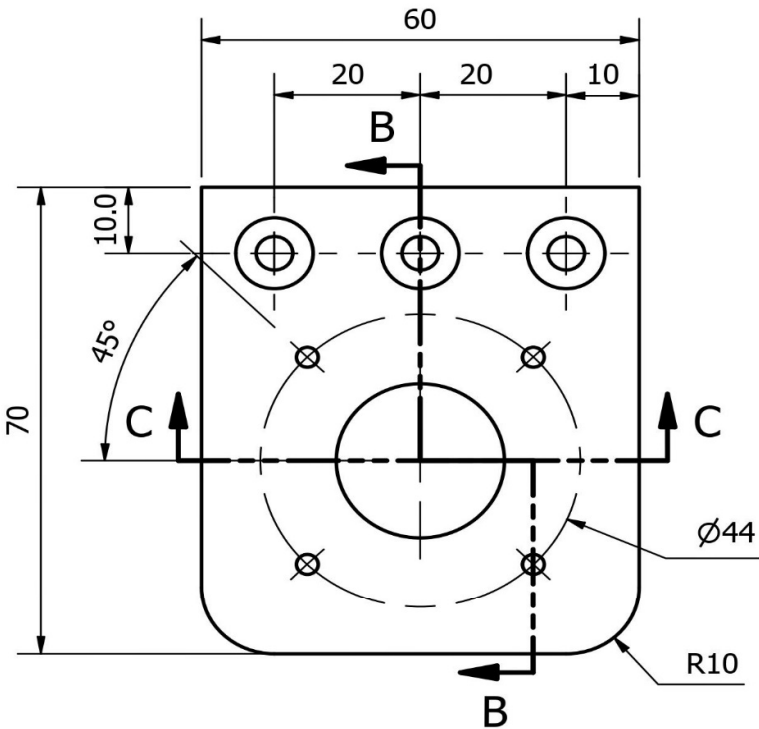
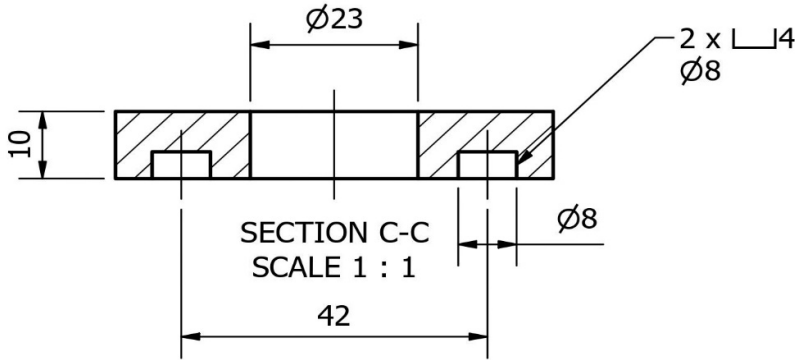


		2	T-slot Alumunium Profile	14	Alumunium	20x20x410	Dipotong	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK						Skala 1 : 2	Digambar	RW
							Diperiksa	MBN
Politeknik Negeri Ujung Pandang						039/037/033/MFG-4B/06/2023		





Tol Sedang

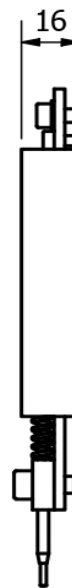
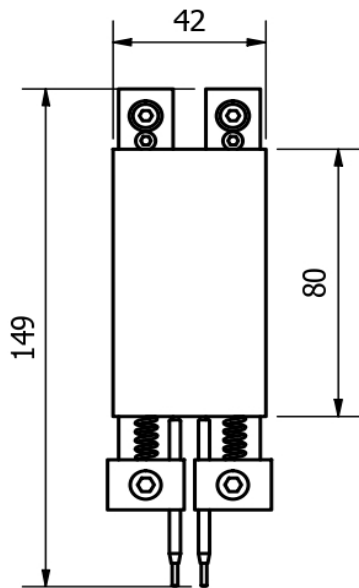
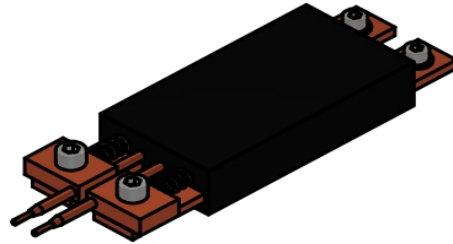


		1	Top Braket Axis Z	16	PLA+	70x60x10	Print 3D	
	Jumlah		Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK						Skala 1 : 1	Digambar RW Diperiksa MBN	
Politeknik Negeri Ujung Pandang						039/037/033/MFG-4B/06/2023		





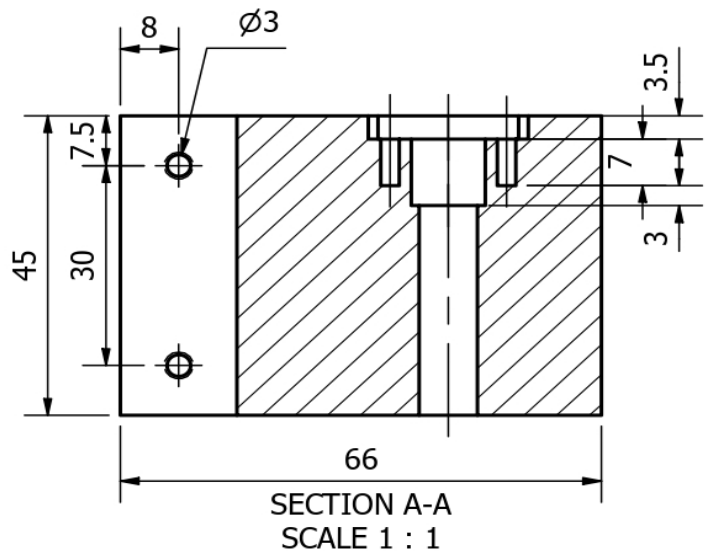
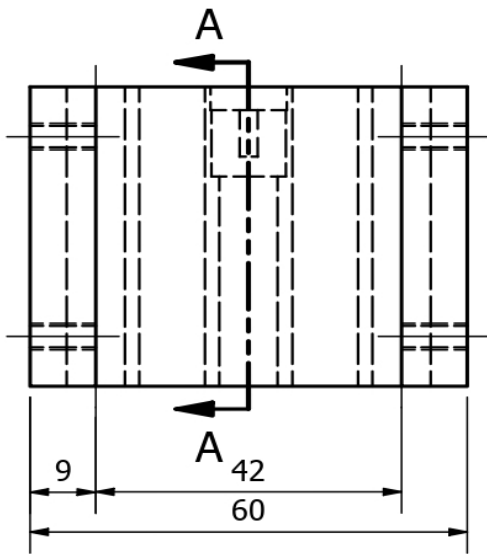
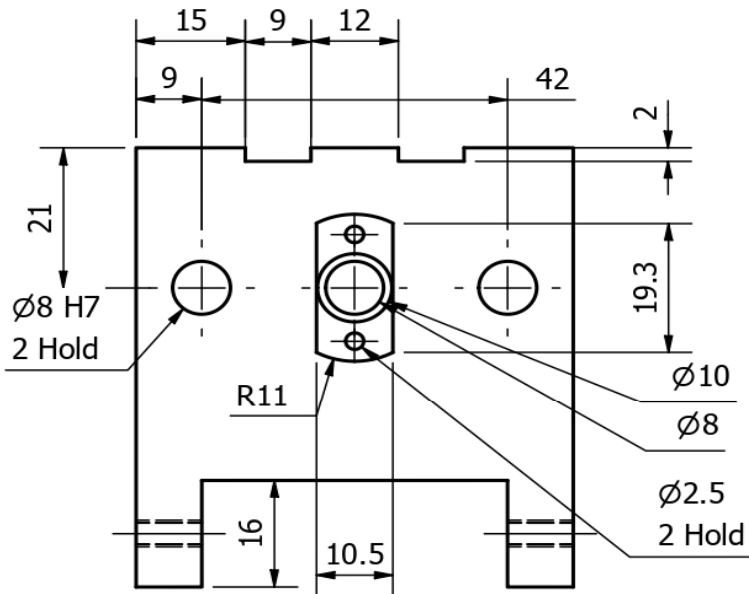
Tol Sedang



		1	Welding Spot	17	-	149x42x16	Dibeli						
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan						
III	II	I											
RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK						Skala 1 : 3	<table border="1"> <tr> <td>Digambar</td> <td>RW</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diperiksa</td> <td>MBN</td> <td></td> </tr> </table>	Digambar	RW		Diperiksa	MBN	
Digambar	RW												
Diperiksa	MBN												
Politeknik Negeri Ujung Pandang						039/037/033/MFG-4B/06/2023							

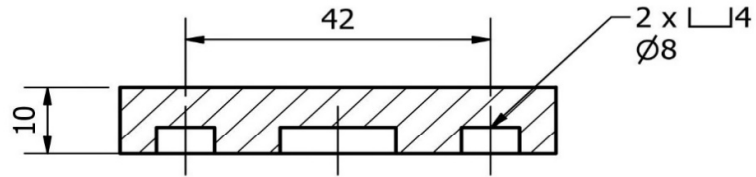


Tol Sedang

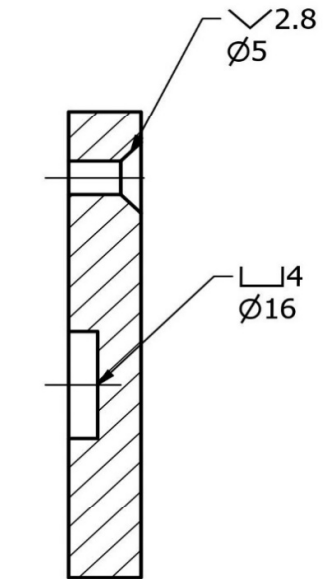
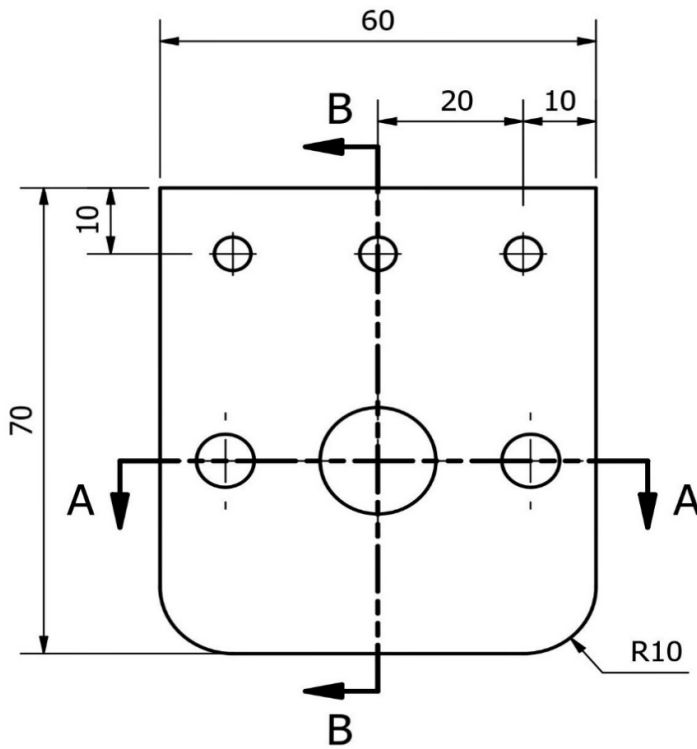


		1	Braket Welding Spot	18	PLA+	60x66x45	3D Print	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK						Skala 1 : 1	Digambar RW Diperiksa MBN	
Politeknik Negeri Ujung Pandang						039/037/033/MFG-4B/06/2023		

Tol sedang



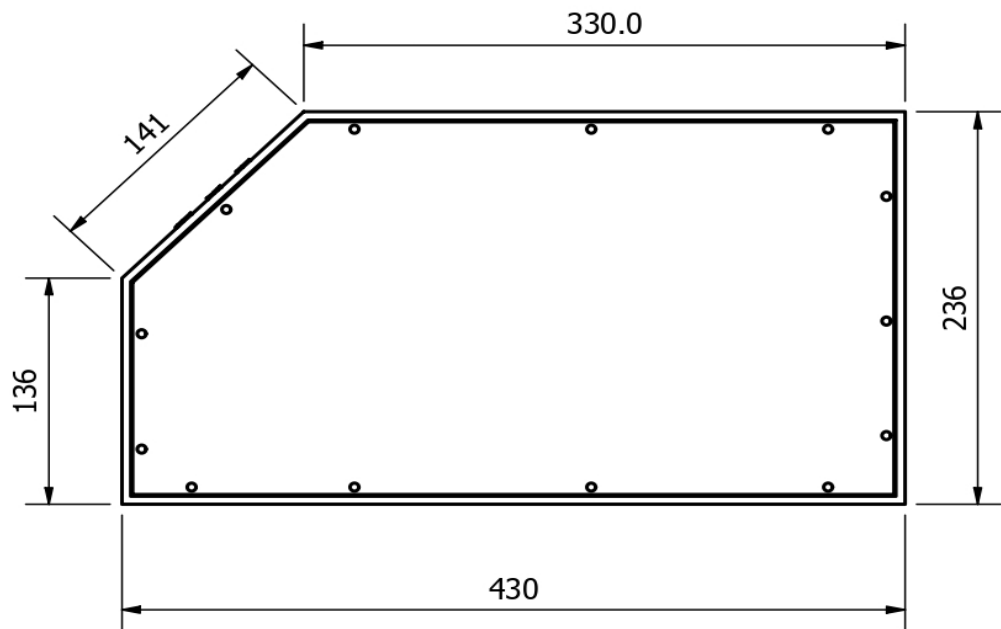
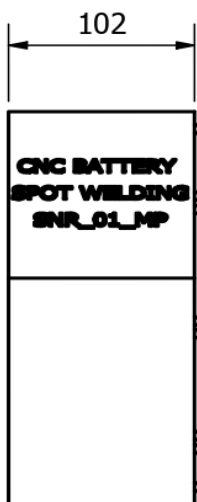
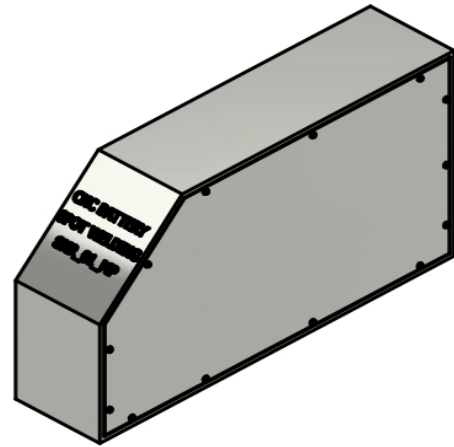
SECTION A-A
SCALE 1 : 1



SECTION B-B
SCALE 1 : 1

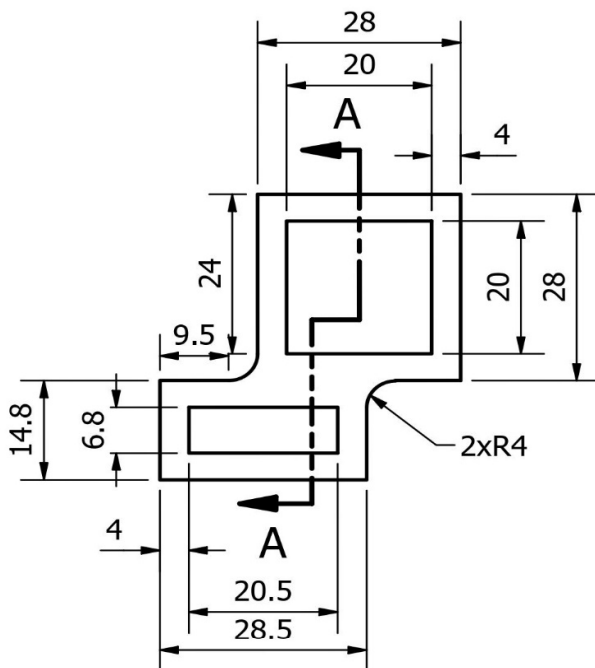
		1	Bottom Braket Axis z	19	PLA+	70x60x10	3D Print	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK						Skala 1 : 1	Digambar RW Diperiksa MBN	
Politeknik Negeri Ujung Pandang						039/037/033/MFG-4B/06/2023		

Tol Sedang



		1	Box Control	20	Triplek	430x236x102	Dibuat	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK						Skala 1 : 4	Digambar RW Diperiksa MBN	
Politeknik Negeri Ujung Pandang						039/037/033/MFG-4B/06/2023		

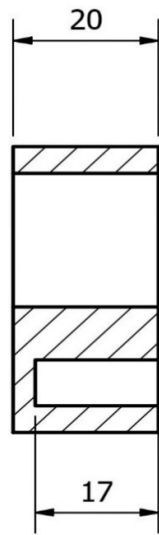
Tol Sedang



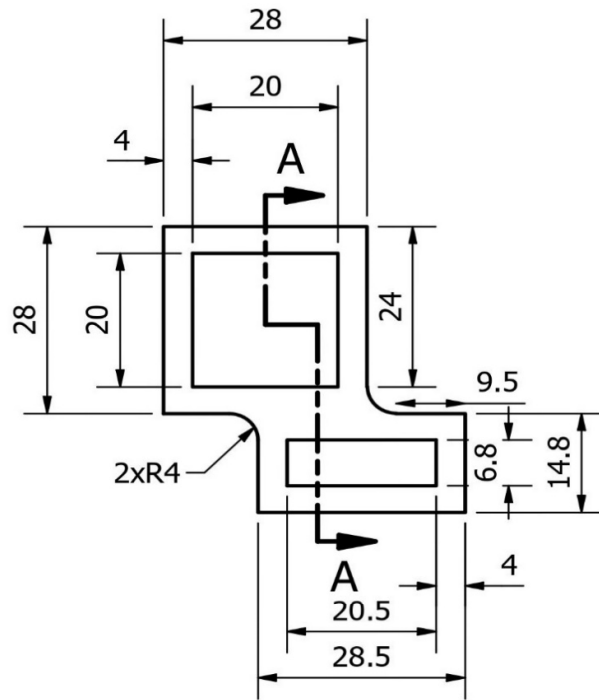
SECTION A-A
SCALE 1 : 1

		1	Braket Limit Switch Kiri	21	PLA+	43x42x20	3D Print	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK						Skala 1 : 1	Digambar RW Diperiksa MBN	
Politeknik Negeri Ujung Pandang						039/037/033/MFG-4B/06/2023		

Tol Sedang

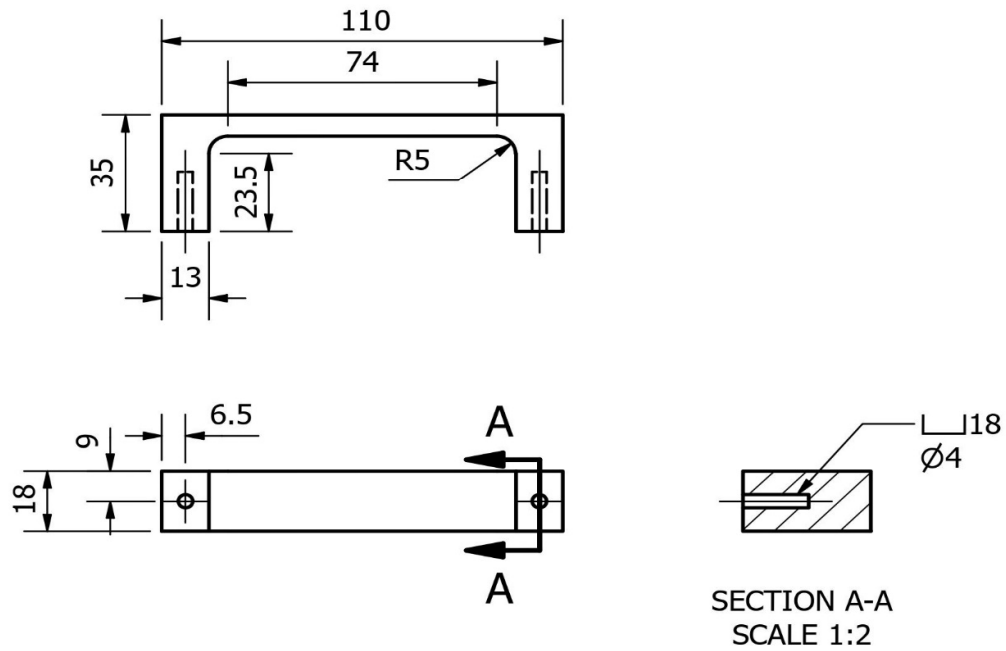


SECTION A-A
SCALE 1 : 1



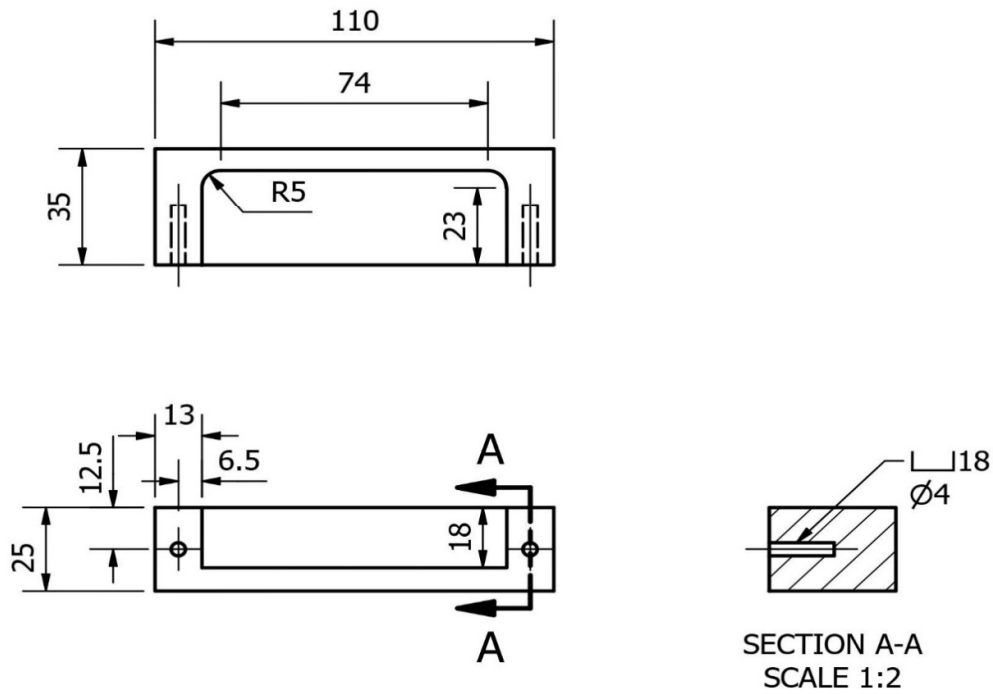
		1	Braket Limit Switch Kanan	22	PLA+	43x42x20	3D Print	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK						Skala 1 : 1	Digambar RW Diperiksa MBN	
Politeknik Negeri Ujung Pandang						039/037/033/MFG-4B/06/2023		

Tol Sedang



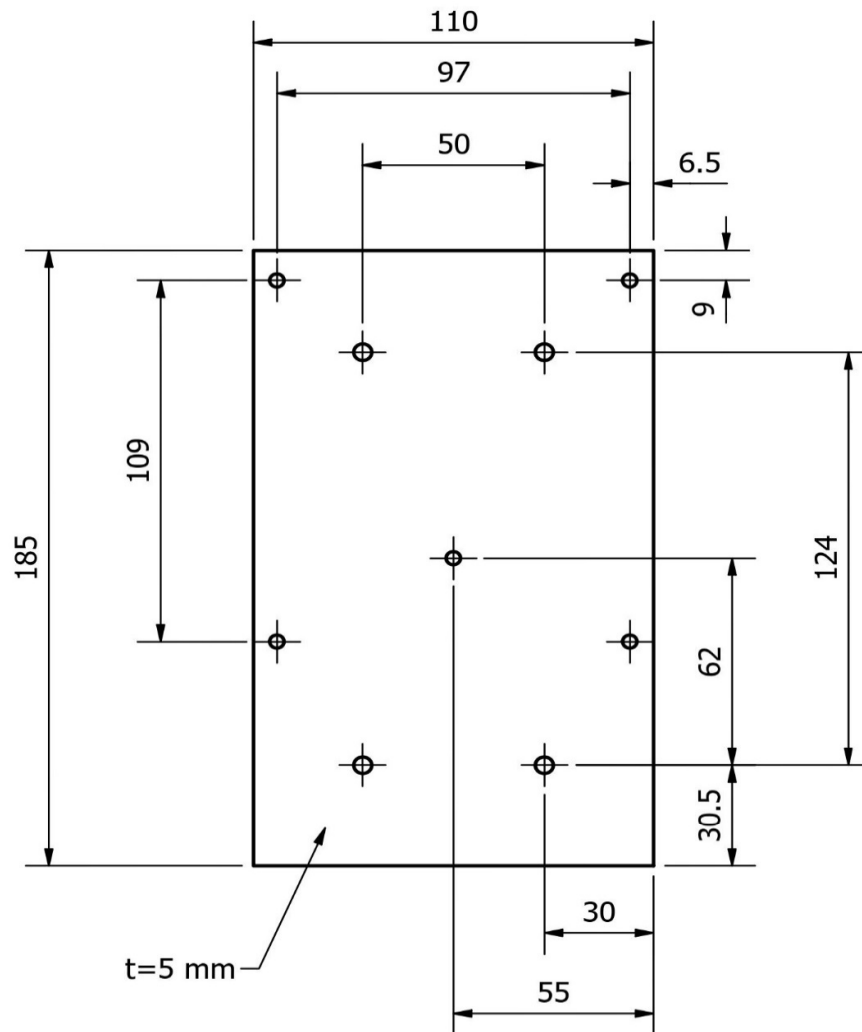
		1	Top Braket Welding Spot	23	PLA+	110x35x18	3D Print	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK						Skala 1 : 2	Digambar RW Diperiksa MBN	
Politeknik Negeri Ujung Pandang						039/037/033/MFG-4B/06/2023		

Tol Sedang

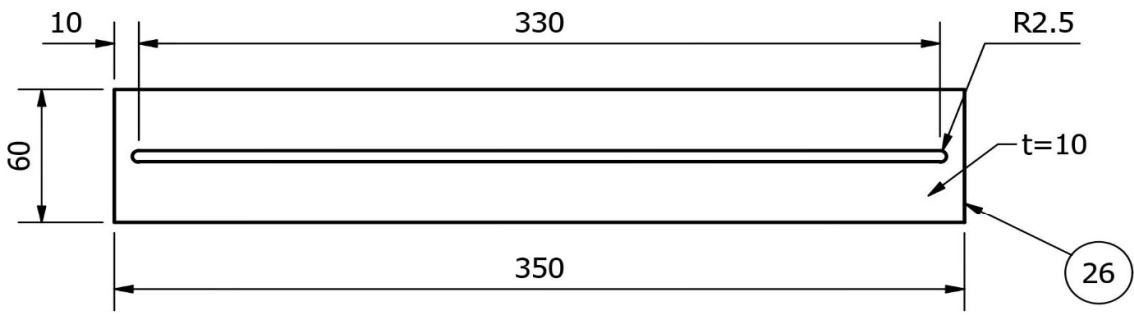
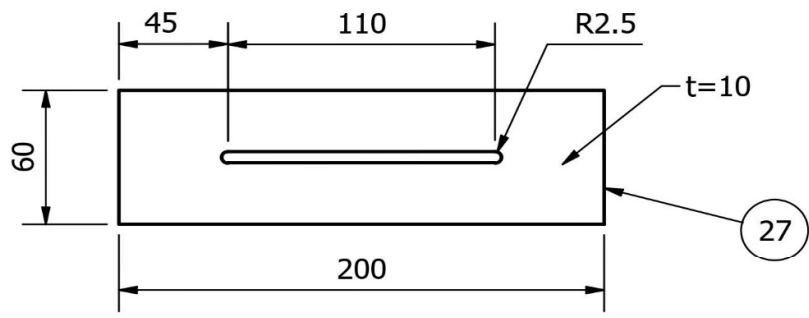


		1	Bottom Braket Welding Spot	24	PLA+	110x35x25	3D Print	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK						Skala 1 : 2	Digambar RW Diperiksa MBN	
Politeknik Negeri Ujung Pandang						039/037/033/MFG-4B/06/2023		

Tol Sedang

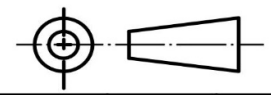


		1	Bed Welding Spot	25	PLA+	185x110x5	Dipotong	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK						Skala 1 : 2	Digambar RW Diperiksa MBN	
Politeknik Negeri Ujung Pandang						039/037/033/MFG-4B/06/2023		



		2	Jig Baterai Pendek	27	Akrilik	200x60x10	Dipotong
		2	Jig Baterai Panjang	26	Akrilik	350x60x10	Dipotong
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan

III	II	I



RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK

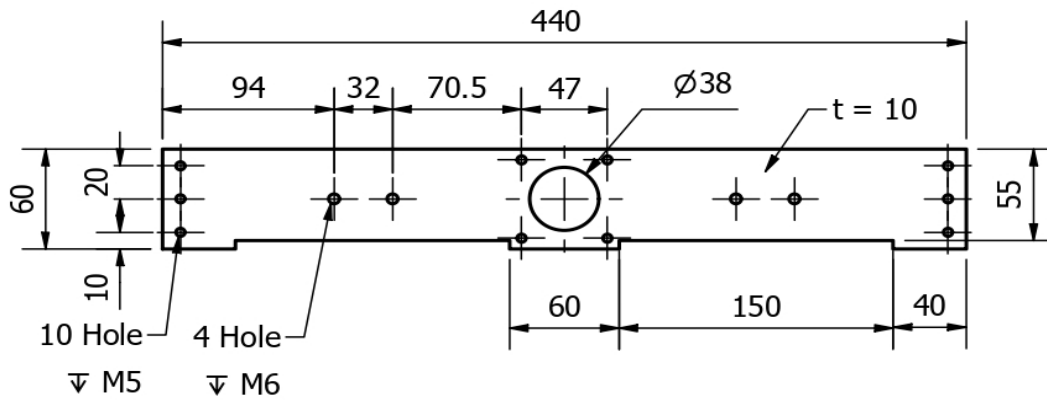
Skala 1 : 3	Digambar	RW	
	Diperiksa	MBN	

Politeknik Negeri Ujung Pandang

039/037/033/MFG-4B/06/2023



Tol sedang



		1	Base Side	28	Akrilik	440x60x10	Dipotong	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK						Skala 1 : 4	Digambar RW Diperiksa MBN	
Politeknik Negeri Ujung Pandang						039/037/033/MFG-4B/06/2023		



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

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

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Sahrul Sabir Baharudin (443 19 039)
Neilyn Arruan Tasik (443 19 033)
Resky Wahyu (443 19 037)

Program Studi : D4 Teknik Manufaktur

Jurusan : Teknik Mesin

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	10/7.23	- Periksa Format Penulisan Laporan Skripsi	
2.	12/7-23	- Seruaikan tujuan dgn parameter yang diukur + biaya manufaktur Perbaiki Format Penulisan	
3.	13/7.23	- Perbaiki / masalah seperti u gambar	
4.	14/7.23	Perbaiki metode penelitian (pancuspot sub-bab	
5.	15/7.23	tampilkan foto alat yg sudah dibongkar • Siapkan laptop dgn cara kerja a Koneksi	
6.	16/7.23	Beri komentar dan setiap gambar s: tesis / gambar yg sudah	
7.	17/7.23	Perbaiki Koneksi & Riset	
8.	18/7-23	Acc, ring & Uji	

Makassar, 18/7-23

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T.

Nip. 19680105 199403 1 001



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

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

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Sahrul Sabir Baharudin (443 19 039)
Neilyn Arruan Tasik (443 19 033)
Resky Wahyu (443 19 037)

Program Studi : D4 Teknik Manufaktur

Jurusan : Teknik Mesin

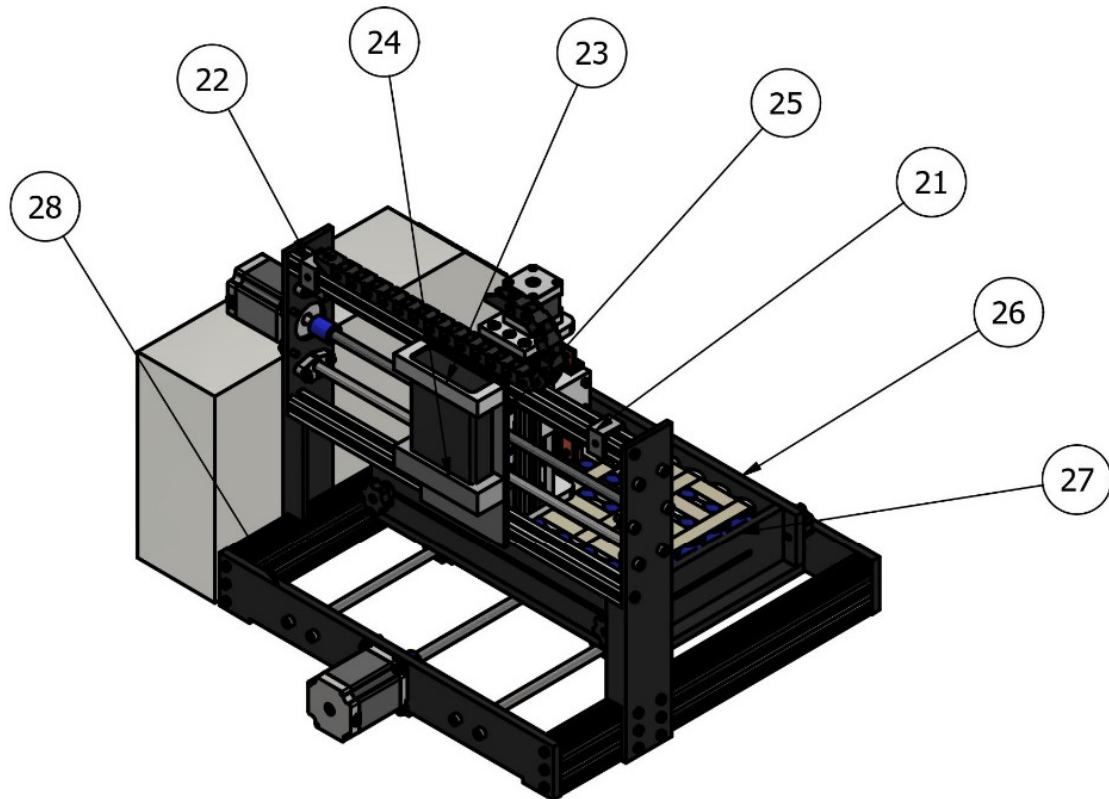
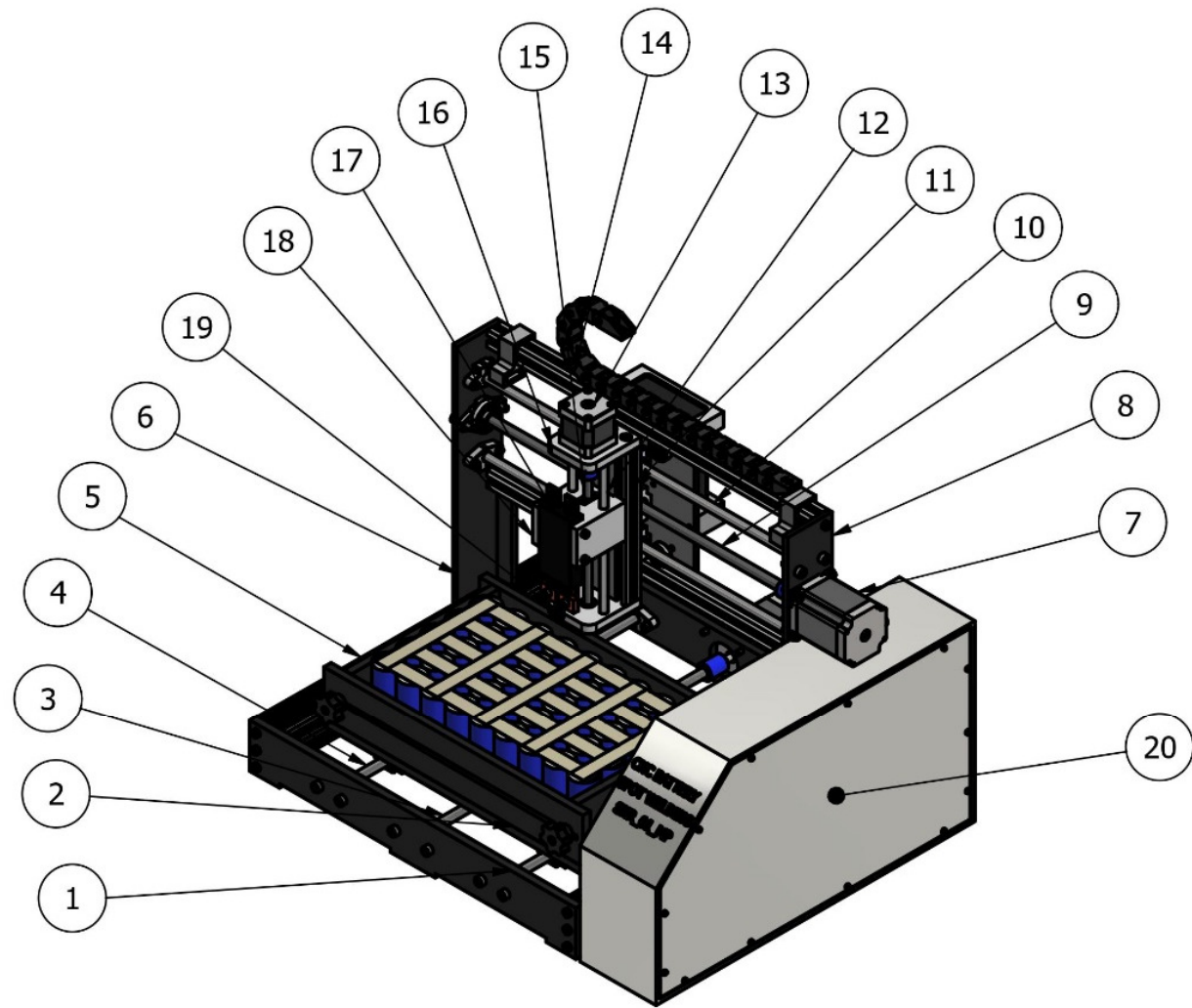
No.	Tanggal	Uraian	Paraf
	15-6-2023	Bab I. Lengkapi data alomet tentang liwan Battang dan sumbernya yang terdapat. - Perhatikan tata tulis skripsi.	
	26-6-2023	Bab II. Tinjauan Pustaka hanya yang berkaitan dengan Rancangan Bangun CNC dan Spot welding	
	4-7-2023	Perbaiki gambar dengan kualitas yg baik, cantumkan sumbernya jika bukan hasil karya sendiri.	
	6-7-2023	Kontur Rancangan dipertegas dan detail lebih detail.	
	8-7-2023	- Lengkapi Gambar Assembly, part list	
	12-7-2023	Gambar Detail dilengkapi dengan Tol. ukuran & khusn.	
	14-7-2023	Table Hasil Pengujian disertai lengkap	
	17-7-2023	Lengkapi Laporan yg diperlukan (tipe laporan dll)	
	18-7-2023	All. Layout ujian Skripsi.	

Makassar, 18 Juli 2023

Dosen Pembimbing II

Dr. Eng. Baso Nasrullah S.ST., M.T.

Nip. 19771015 200604 1 001



		1	Base Side	28	Akrilik	440x60x10	Dipotong
		2	Jig Baterai Pendek	27	Akrilik	200x60x10	Dipotong
		2	Jig Baterai Panjang	26	Akrilik	350x60x10	Dipotong
		1	Bed Welding Spot	25	Akrilik	185x110x5	Dipotong
		1	Bottom Braket Welding Spot	24	PLA+	110x35x25	3D Print
		1	Top Braket Welding Spot	23	PLA+	110x35x18	3D Print
		1	Braket Limit Switch Kanan	22	PLA+	43x42x20	3D Print
		1	Braket Limit Switch Kiri	21	PLA+	43x42x20	3D Print
		1	Box Control	20	Triplek	430x236x102	Dibuat
		1	Bottom Braket Axis Z	19	PLA+	70x60x10	3D Print
		1	Braket Welding Spot	18	PLA+	60x66x45	3D Print
		1	Welding Spot	17	-	149x42x16	Dibeli
		1	Top Braket Axis Z	16	PLA+	70x60x10	3D Print
		1	Lead Screw Axis Z	15	Stainles Steel	M8x4x168	Dipotong
		2	T-slot Alumunium Profile	14	Alumunium	20x20x440	Dipotong
		1	Motor Stepper Nema 17	13	-	68x42x42	Dibeli
		2	Guide Post Axis Z	12	Stainles Steel	182xØ8	Dipotong
		1	T-slot Alumunium Profile	11	Alumunium	20x60x178	Dipotong
		2	Guide Post Axis X	10	Stainles Steel	440xØ10	Dipotong
		1	Lead Screw Axis X	9	Stainles Steel	M10x2x425	Dipotong
		1	Tiang Kanan	8	Alumunium	357x60x6	Dipotong
		2	Motor Stepper Nema 23	7	-	75x56x56	Dibeli
		1	Tiang Kiri	6	Alumunium	357x60x6	Dipotong
		2	T-slot Alumunium Profile	5	Alumunium	20x60x410	Dipotong
		2	Guide Post Axis Y	4	Stainles Steel	410xØ10	Dipotong
		1	Lead Screw Axis Y	3	Stainles Steel	M10x2x395	Dipotong
		1	Bed Bottom	2	Akrilik	350x220x10	Dipotong
		1	Base Front	1	Akrilik	440x60x10	Dipotong
		Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan

III	II	I						
			RANCANG BANGUN MESIN CNC SPOT WELDING 3 AXIS UNTUK BATTERY PACK				Skala 1 : 2	Digambar RW Diperiksa MBN
			Politeknik Negeri Ujung Pandang				039/037/033/MFG-4B/06/2023	