

RANCANG BANGUN ALAT INJEKSI *MOLDING* UNTUK PEMANFAATAN
LIMBAH PLASTIK MENJADI CETAKAN KUE



SKRIPSI

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

DWI KARUNIA PUTRI	443 19 009
DWIKKY ANUGRAH	443 19 010
HENDRY RASYANTO ODANG	443 19 011

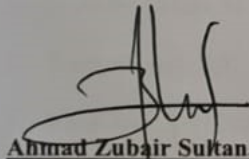
PROGRAM STUDI D-4 TEKNIK MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2023

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini dengan judul “Rancang Bangun Alat Injeksi *Molding* Untuk Pemanfaatan Limbah Plastik Menjadi Cetakan Kue” oleh Dwi Karunia Putri NIM 443 19 009, Dwicky Anugrah NIM 443 19 010 dan Hendry Rasyanto Odang NIM 443 19 011 dinyatakan layak dan siap untuk ujian sidang.

Makassar, 18 September 2023

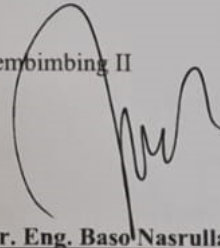
Pembimbing I



Ahmad Zubair Sultan, S.T., M.T., Ph.D.

NIP: 19740423 199903 1002

Pembimbing II



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

NIP: 19771015 200604 1001

Mengetahui,

Koordinator Teknik Manufaktur



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

NIP: 19771015 200604 1001

HALAMAN PENERIMAAN *BETUNAS SKRIPSI*

Pada hari ini, hari Kamis tanggal 21 September 2023, tim penguji seminar skripsi telah menerima hasil seminar skripsi oleh mahasiswa: Dwi Karunia Putri NIM 443 19 009, Dwikky Anugrah NIM 443 19 010 dan Hendry Rasyanto Odang NIM 443 19 011 dengan judul "Rancang Bangun Alat Injeksi *Molding* Untuk Pemanfaatan Limbah Plastik Menjadi Cetakan Kue".

Makassar, 21 September 2023

Tim Seminar Skripsi:

1 Ir. Abdul Salam, M.T.	Ketua	(.....)
2 Trisbenheiser, S.T., M.T.	Sekretaris	(.....)
3 Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D.	Anggota I	(.....) 9-23
4 Ir. Illyas Mansur, M.T.	Anggota II	(.....)
5 Ahmad Zubair Sultan, S.T., M.T., Ph.D.	Pembimbing I	(.....)
6 Dr. Eng. Baso Nasrullah S.ST., M.T.	Pembimbing II	(.....)



Skripsi ini kami persembahkan bagi kedua Orang Tua kami tercinta yang senantiasa mendoakan dan mendukung jalannya pengerjaan tugas akhir ini.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT berkat nikmat kesempatan dan kesehatan yang telah diberikan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat waktu. Shalawat dan salam tak lupa kami curahkan atas baginda Rasulullah Muhammad ﷺ.

Dalam penulisan skripsi ini tidak sedikit hambatan yang kami alami. Namun berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat kami atasi. Sehubungan dengan hal tersebut, maka dengan kesempatan dan melalui lembaran ini, kami menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Illyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
2. Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Bapak Dr. Eng. Baso Nasrullah, S.ST., M.T. selaku Koordinator Program Studi D-4 Teknik Manufaktur dan dosen pembimbing II skripsi.
4. Bapak Ahmad Zubair Sultan, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing I skripsi.
5. Tim Penguji skripsi: Bapak Ir. Abdul Salam, M.T., Bapak Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D., Bapak Ir. Illyas Mansur, M.T. dan Bapak Trisbenheiser, S.T., M.T.
6. Ibu Haryani S.Sos selaku Staf Administrasi Prodi D-4 Teknik Manufaktur.
7. Teman-teman D-4 Teknik Manufaktur angkatan 2019 atas dukungan dan doanya dalam pembuatan skripsi tugas akhir ini.
8. Seseorang yang tidak bisa disebutkan namanya, penulis menyampaikan terima kasih selalu sabar menemani, memberikan dorongan semangat, mendengarkan keluh kesah, dan selalu memberikan dukungan serta bantuan hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
9. Ibunda Hj. Suriani dan Ayahanda Akhmad selaku Orang Tua dari salah satu penulis tugas akhir ini Dwi Karunia Putri yang selalu menjadi penyemangat dan sandaran bagi

penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini serta memberikan motivasi dan Do'a yang tulus. Kedua Saudariku Anugrah Rezki Akhmad dan Sri Rahayu Akhmad yang senantiasa memberikan semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

10. Ayahanda Supriadi dan Ibunda Sri Rahayu orang tua tercinta dari salah satu penulis skripsi ini Dwicky Anugrah atas doa, segala bentuk dukungan, dan cinta kasih yang selalu diberikan. Tanpa diduga dan diragukan lagi, mereka telah memberikan semangat dan motivasi yang luar biasa dalam perjalanan penulisan skripsi ini. Saudaraku Abdi Musyawir, Arqan Nurhamdhy, dan Diva Khaerunnisa saudara dan saudariku yang memberikan semangat dan juga dukungan untuk menyelesaikan tugas akhir ini
11. Ibunda Rasia Misa dan Ayahanda Soleman Odang Orang Tua dari Hendry Rasyanto Odang yang senantiasa memberikan segala bentuk dukungan dan doa. Saudaraku Zhalsa Puspita Odang, Zhivana Letisa Odang, Hardianta Rasyanto Odang tercinta yang senantiasa mendukung dan mendoakan.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan jasa-jasa beliau yang telah membimbing dan membantu kami dalam pembuatan skripsi tugas akhir ini.

Makassar, 21 September 2023

Tim Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR SIMBOL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
SURAT PERNYATAAN.....	xiii
RINGKASAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Material Plastik.....	5
2.2 Jenis-jenis Plastik	6
2.3 Botol Plastik	10
2.4 Injeksi <i>Molding</i>	10
2.6 Cacat Produksi Injeksi.....	14

2.7 Perhitungan Pada Injeksi <i>Molding</i>	19
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan Yang Digunakan	21
3.4 Tahap Pengujian	42
3.5 Teknik Analisis Data	43
3.6 Diagram Alir.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Hasil Penelitian.....	45
4.1.1 Hasil Perancangan Alat.....	45
4.1.2 Hasil Pembuatan Alat	48
4.1.3 Hasil Pengujian Alat.....	49
4.2 Pembahasan	50
4.3 Hasil Perhitungan Biaya Manufaktur Pembuatan Mesin	53
4.3.1 Biaya Bahan Langsung	54
4.3.2 Biaya tenaga kerja.....	59
4.3.3 Biaya Bahan Tidak Langsung.....	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	67

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alat yang digunakan	21
Tabel 3. 2 Bahan yang digunakan	22
Tabel 3. 3 Kriteria Pemilihan Aktuator	28
Tabel 3. 4 Tahap Pembuatan Komponen	32
Tabel 4. 1 Tabel Material Plastik LDPE	49
Tabel 4. 2 Material Plastik HDPE	50
Tabel 4. 3 Tabel Biaya Material Dan Komponen Sistem Mekanik	54
Tabel 4. 4 Tabel Biaya Komponen Sistem Kelistrikan dan Kontrol	56
Tabel 4. 5 Total Biaya Langsung Pada Alat injeksi <i>Molding</i>	58
Tabel 4. 6 Biaya Tenaga Kerja	59
Tabel 4. 7 Biaya Tidak Langsung Proses Pengerjaan Alat injeksi <i>Molding</i>	60
Tabel 4. 8 Total Biaya Tidak Langsung	64
Tabel 4. 9 Total Biaya Rancang Bangun Injeksi <i>Molding</i>	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis – Jenis Plastik.....	6
Gambar 2. 2 Tutup Botol	10
Gambar 2. 3 Mesin Injeksi <i>Molding</i> Horizontal	11
Gambar 2. 4 Mesin Injeksi <i>Molding</i> Vertikal	12
Gambar 2. 5 Injeksi <i>Molding</i>	13
Gambar 2. 6 <i>Short - Shot</i>	15
Gambar 2. 7 <i>Sink or Air Bubble</i>	16
Gambar 2. 8 <i>Black Spot</i>	17
Gambar 2. 9 <i>Sink Mark</i>	18
Gambar 3. 1 <i>Molding</i> Cetakan Kue Bintang.....	29
Gambar 3. 2 <i>Molding</i> Cetakan Kue Bundar.....	29
Gambar 3. 3 Cetakan Bintang	30
Gambar 3. 4 Unit Injeksi.....	30
Gambar 3. 5 Clamping Unit.....	30
Gambar 3. 6 Diagram Sistem Kontrol.....	42
Gambar 3. 7 Diagram Alir Penelitian	44
Gambar 4. 1 Hasil Perancangan Alat Injeksi <i>Molding</i>	45
Gambar 4. 2 Alat Injeksi <i>Molding</i>	48

DAFTAR SIMBOL

SIMBOL	SATUAN	KETERANGAN
t	s	Sekon/Detik
Rp	Rp	Rupiah
T	$^{\circ}C$	Derajat Cel
\emptyset	\emptyset	Diameter
ρ	g/cm^3	Massa Jenis
P	kW/w	Kilowatt/ Watt
n	rpm	Rotasi / Putaran
Np	Np	Putaran
pps	pps	Pulsa Perdetik
V_{tot}	mm^3	Volume Total
Wm	$gram$	Massa Material
Sw	gr	Shoot Weight
Vf	mm^3/sec	Volumetric Flow
Pc	gr/sec	Plasticizing Capacity
Ft	sec	Filling Time
mm^3	mm^3	Volume
mm	mm	Milimeter

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Proses Manufaktur.....	68
Lampiran 2 Proses Perakitan.....	69
Lampiran 3 Material Plastik.....	70
Lampiran 4 Proses Pengujian Alat.....	71
Lampiran 5 Hasil Cetakan.....	72



SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Dwi Karunia Putri

NIM : 443 19 009

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini, yang berjudul “Rancang Bangun Alat Injeksi *Molding* Untuk Pemanfaatan Limbah Plastik Menjadi Cetakan Kue” 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, 21 September 2023



Dwi Karunia Putri
(44319009)

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Dwikky Anugrah

NIM : 443 19 010

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini, yang berjudul “Rancang Bangun Alat Injeksi *Molding* Untuk Pemanfaatan Limbah Plastik Menjadi Cetakan Kue” 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, 21 September 2023



Dwikky Anugrah
(44319010)

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Hendry Rasyanto Odang

NIM : 443 19 011

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini, yang berjudul “Rancang Bangun Alat Injeksi *Molding* Untuk Pemanfaatan Limbah Plastik Menjadi Cetakan Kue” 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, 21 September 2023



Hendry Rasyanto Odang
(44319011)

Rancang Bangun Alat Injeksi *Molding* Untuk Pemanfaatan Limbah Plastik Menjadi Cetakan Kue

RINGKASAN

Limbah plastik merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang sangat mengkhawatirkan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi permasalahan lingkungan tersebut yaitu dengan tidak meningkatkan jumlah peredaran plastik di muka bumi. Selain itu, juga dapat dilakukan melalui daur ulang dari produk (limbah plastik) yang sudah ada menjadi produk baru.

Salah satu proses pengolahan limbah plastik adalah dengan cara *blow*, *inject* ataupun *vacuum* sehingga penulis memilih untuk membuat alat injeksi *molding* yang dapat menghasilkan produk menggunakan bahan dasar dari limbah plastik. Penulis juga melakukan beberapa kali percobaan agar mengetahui *variable* apa saja yang dapat mempengaruhi kualitas hasil produk dari alat injeksi *molding* yang telah dibuat.

Dari penelitian ini, penulis dapat menghasilkan alat injeksi *molding* yang sesuai dengan desain dan produk yang dihasilkan berupa cetakan kue berbentuk bintang dengan material limbah plastik telah tercapai. Dimana alat injeksi *molding* menggunakan *microcontroller* berbasis *Arduino Mega* yang dilengkapi dengan LCD *touchscreen* berbasis *Nextion* yang terintegrasi. Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa *variable* yang mempengaruhi yaitu suhu dari material yang digunakan seperti HDPE yaitu 160°C tidak mencair dengan sempurna sebaliknya jika suhu 200°C membuat plastik yang mencair akan berlebih dalam proses injeksi.

Kata Kunci : Mesin Injeksi *Molding*, *Mold*, Limbah Plastik.

DESIGN TO BUILD AN INJECTION MOLDING TOOL FOR THE UTILIZATION OF PLASTIC WASTE INTO CAKE MOLD

SUMMARY

Plastic waste is one of the most worrying environmental problems. One of the efforts that can be made to reduce such environmental problems is by not increasing the amount of plastic circulation on the earth. In addition, efforts can also be made through the recycling of existing products (plastic residues) into new products.

One of the processes of recycling plastic waste is to handle it by blowing, injecting, or vacuuming, so the author chooses to create an injection molding tool that can produce a product using the base material from plastic waste. The author also conducted several experiments to identify any variables that could affect the quality of the product of the injection molding tool that has been made.

From this research, the author was able to produce the injectable molding tool that suits the design, and the product produced as a cake mold with star-shaped plastic waste material has been achieved. The injection molding machine uses an Arduino Mega-based microcontroller equipped with an integrated Nextion-based touchscreen LCD. The test results indicate that the influential variable is that the temperature of the material used, such as HDPE, is 160°C and does not melt perfectly. Otherwise, if the temperature is 200°C, the melting plastic will be excessive in the injection process.

Keywords: injection molding machine, mold, plastic waste.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini umat manusia menghadapi permasalahan lingkungan secara global, sehingga hampir di semua negara memberlakukan kebijakan hijau (*green policy*) yang menuntut komitmen terhadap keberlanjutan lingkungan (*environmental sustainability*) di semua bidang. Indonesia adalah produsen sampah plastik terbesar kedua dunia dengan 3,22 juta ton/tahun (Katadata, 2016). Limbah plastik merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang sangat mengkhawatirkan. Inisiatif dalam membentuk masyarakat yang memanfaatkan sumber daya alam secara efisien telah banyak digaungkan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi permasalahan lingkungan tersebut yaitu dengan tidak meningkatkan jumlah peredaran plastik di muka bumi. Selain itu, juga dapat dilakukan upaya melalui daur ulang dari produk yang sudah ada menjadi produk baru.

Ditinjau dari segi ekonomis, produk berbahan dasar plastik memiliki harga yang relatif murah. Apabila ditinjau dari proses produksinya, plastik dapat diolah melalui berbagai macam cara, diantaranya melalui mekanisme *blow, inject, vacuum forming, roll/extrusion* dan sebagainya. Injeksi plastik merupakan sebuah proses pembentukan bagian atau produk menggunakan bahan plastik atau resin. Bahan ini kemudian dipanaskan dengan temperatur tertentu sampai mencair, selanjutnya diinjeksikan ke dalam *mold*/cetakan sehingga menghasilkan bentuk tertentu. Pada umumnya, proses injeksi plastik berlangsung secara berulang terus menerus. Dalam

proses injeksi plastik atau disebut dengan *plastic injection molding process*, terdapat 2 metode besar dan tipe mesin yang digunakan (Chandra, 2008). Pertama adalah mesin injeksi plastik vertikal (*vertical injection molding machine*), dan kedua adalah mesin injeksi plastik horizontal (*horizontal injection molding machine*).

Alat injeksi *molding* umumnya memiliki ukuran besar dan biaya produksi yang cukup mahal untuk dapat menghasilkan suatu alat yang digunakan pada industri plastik. Di sisi lain, produk yang dibuat dalam skala kecil atau termasuk dalam media pembelajaran memerlukan rancangan alat injeksi *molding* dengan biaya produksi yang cukup rendah.

Sebelumnya telah dibuat mesin pembuat filamen yang menggunakan prinsip injeksi dengan memanfaatkan sistem *pneumatik* (Alfara, dkk. 2020), mesin ekstrusi plastik pembuat filamen dengan prinsip *screw conveyor* (Parahdiba, dkk.2021), dan Rancang Bangun Alat Injeksi Plastik Berteknologi Tepat Guna (Sholeh, dkk. 2022). Hasil dari percobaan tersebut dapat dilihat kurang maksimal yang disebabkan oleh pelelehan plastik yang tidak merata, wujud dari filamen belum sesuai, filamen tidak cepat mengeras dan kurangnya alat indikasi untuk mengetahui kekuatan tekanan pada lelehan plastik.

Mempertimbangkan masalah yang telah dipaparkan, penulis merancang alat cetakan injeksi plastik (*plastic injection molding*) untuk mengolah bahan baku limbah plastik menjadi produk daur ulang yang mempunyai fungsi lain, seperti cetakan kue sebagaimana yang penulis rancang. Injeksi *molding* merupakan salah satu teknik yang digunakan dalam memproduksi plastik, dan proses ini termasuk

yang paling efisien dalam hal biaya untuk menghasilkan benda/produk cetakan. Namun, pada umumnya kebanyakan teknik ini masih menggunakan sistem manual dengan tuas sebagai penekan dalam pencetakan (bentuk vertikal), serta pelepasan benda kerja/produk masih dengan cara manual. Maka dari itu, kami membuat mesin injeksi plastik dengan bentuk horizontal dan menggunakan *limit switch* dan motor DC sebagai aktuator penggerak penekanan, serta dilengkapi mekanisme pelepasan benda kerja/produk secara semi otomatis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka didapatkan rumusan masalah yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana proses pembuatan produk plastik dengan memanfaatkan limbah plastik menggunakan alat cetak injeksi plastik (*Plastic Injection Molding*)?
2. Bagaimana mengatur variable yang mempengaruhi kualitas produk hasil alat cetak injeksi *molding*?

1.3 Ruang Lingkup

Dalam proses perancangan alat cetak injeksi *molding* ada beberapa batasan-batasan masalah yang diuraikan guna memperjelas ruang lingkup permasalahan yang dibahas. Batasan-batasan masalah tersebut dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Rancang bangun mesin injeksi *molding* menggunakan *arduino* sebagai *controller* mesin.
2. Bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan produk adalah limbah plastik yang telah dicacah.
3. Menggunakan motor DC sebagai penggerak mekanis mesin.

4. Produk yang dibuat oleh alat cetak injeksi *molding* adalah cetakan kue.
5. Sumber panas yang digunakan berasal dari *heater* band.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas, tujuan dan manfaat kegiatan ini ialah sebagai berikut.

1.4.1 Tujuan

1. Membuat produk cetakan plastik dengan memanfaatkan limbah plastik menggunakan alat injeksi *molding*.
2. Mengetahui variable yang mempengaruhi kualitas produk hasil alat cetak injeksi *molding*.

1.4.2 Manfaat

1. Sebagai syarat menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, dan dapat menerapkan keilmuannya yang diperoleh bagi penulis.
2. Sebagai referensi dalam pembuatan alat yang serupa selanjutnya bagi peneliti lain.
3. Dapat menjadi sumber *income* bagi UMKM (Usaha Mikro, Kecil dan Menengah) bagi mitra pengabdian masyarakat PNUP.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Plastik

Plastik merupakan sebuah polimer yang memiliki sifat unik dan luar biasa. Polimer sendiri ialah bahan yang terdiri dari unit molekul atau disebut monomer. Monomer yang sejenis disebut homopolimer, sedangkan apabila monomernya berbeda disebut kopolimer. Polimer alam yang banyak dikenal antara lain seperti selulosa, protein, karet alam dan sejenisnya. Pada awalnya, manusia memanfaatkan polimer alam hanya sebatas untuk membuat perkakas dan senjata, namun kondisi ini bertahan hingga akhir abad 19. Selanjutnya, manusia mulai melakukan modifikasi polimer menjadi plastik.

Plastik yang pertama kali dibuat secara komersial ialah nitroselulosa. Bahan plastik telah berkembang hingga saat ini mempunyai peran yang sangat penting di berbagai bidang seperti furnitur, kemasan kosmetik, elektronika, pertanian, tekstil, transportasi, konstruksi, mainan anak-anak dan berbagai produk industri lainnya.

Secara umum, plastik dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu plastik *thermoplast* dan plastik *thermoset*. Plastik *thermoplast* merupakan plastik yang dapat dicetak secara berulang dengan memanfaatkan energi panas. Sedangkan plastik *thermoset* merupakan plastik yang tidak dapat dicetak kembali apabila telah mengalami kondisi tertentu. Hal ini disebabkan karena bangun polimernya memiliki bentuk jaringan tiga dimensi.

Untuk memproduksi barang-barang plastik dengan sifat yang diinginkan, maka diperlukan bahan baku utama dan juga bahan tambahan dalam proses pembuatannya. Penggunaan bahan tambahan ini bersifat opsional tergantung pada

bahan baku yang digunakan dan kualitas produk yang akan dihasilkan. Berdasarkan fungsinya, bahan tambahan dapat dikelompokkan menjadi bahan pelunak (*plasticizer*), bahan penstabil (*stabilizer*), bahan pelumas (*lubricant*), bahan pengisi (*filler*), pewarna (*colorant*), *antistatic agent*, *blowing agent*, *flame retardant* dan sebagainya.

2.2 Jenis-jenis Plastik



Gambar 2. 1 Jenis – Jenis Plastik

Jenis-jenis plastik berdasarkan kode daur ulang:

1. PET atau PETE (*Polyethylene Terephthalate*)

Sifat dari PET:

- Umumnya ditemukan pada kemasan air komersil berwujud transparan dan cenderung tipis.
- Disarankan untuk pemakaian tunggal. Apabila terdesak untuk dipakai Kembali, dianjurkan untuk tidak terlalu sering, dan menghindari menyimpan air hangat bahkan panas di dalamnya.
- Pada suhu tinggi, lapisan polimer plastik yang memiliki kode PETE/ PET akan meleleh dan mengeluarkan zat karsinogenik. Zat ini dapat menyebabkan kanker pada jangka panjang.
- Akan melunak pada suhu 80°C.

Penggunaan: Botol plastik berwarna, transparan seperti botol mineral atau botol jus.

2. HDPE (*High Density Polyethylene*)

Sifat dari HDPE:

- Berbentuk keras, kuat, kaku, buram, dan lebih tahan terhadap suhu tinggi, serta mudah didaur ulang.
- Tahan terhadap kelembaban dan bahan kimia.
- Umumnya ditemukan pada wadah susu, jus, soda, detergen, sampo, cairan pembersih berbahan kimia, serta beberapa kantong plastik.
- HDPE tetap dianjurkan untuk sekali pakai meskipun HDPE merupakan jenis plastik yang paling aman untuk mengemas makanan dan minuman.
- Melunak pada suhu 75°C.

Penggunaan: HDPE merupakan jenis bahan plastik yang digunakan untuk kemasan susu, sampo, dan beberapa jenis kantong plastik.

3. V atau PVC (*Polyvinyl Chloride*)

Sifat dari PVC:

- Paling sulit didaur ulang.
- Umumnya ditemukan pada botol cairan pembersih komersil, sampo, sabun, pembungkus kabel, serta pipa plastik.
- Plastik jenis V atau PVC ini tidak dianjurkan untuk dipakai mengemas makanan dan minuman walaupun relatif tahan terhadap sinar matahari dan beragam cuaca.
- Mengandung DEHA (*Diethylhydroxylamine*) yang bereaksi ketika bersentuhan langsung dengan makanan sehingga membahayakan bagi kesehatan ginjal dan hati.
- Melunak pada suhu 80°C.

Penggunaan: Plastik dengan jenis ini umumnya dipakai sebagai perpipaan, atap, insulasi kabel listrik serta bahan pakaian.

4. LDPE (*Low Density Polyethylene*)

- Dibuat menggunakan minyak bumi (*thermoplastic*).
- LDPE tergolong cukup aman apabila digunakan untuk membungkus makanan atau minuman karena memiliki ketahanan yang cukup baik terhadap reaksi kimia.
- Bersifat kuat, namun fleksibel, tembus cahaya, dan memiliki daya perlindungan terhadap uap air.
- Umumnya ditemukan pada kantong belanja (kresek), plastik pembungkus (*cling wrap*), kantong plastik tipis transparan, atau botol minuman yang dapat diperas.
- Melunak pada suhu 70°C.

Penggunaan: Banyak dipakai sebagai bahan perpipaan, bahan pakaian, atap, dan insulasi kabel listrik.

5. PP (*Polypropylene*)

- Bersifat tahan panas, kuat, cukup tahan terhadap kelembapan, minyak, dan bahan kimia, serta memiliki daya tembus uap yang rendah, sehingga menjadi pilihan jenis plastik terbaik.
- Umumnya ditemukan pada kotak makanan, gelas, botol bayi, botol minuman, sedotan, kantong belanja (kresek), serta wadah margarin dan *yoghurt*.
- Melunak pada suhu 140°C.

Penggunaan: Jenis plastik ini biasanya digunakan pada kantong plastik bening transparan untuk memperindah tampilan sebuah produk.

6. PS (*Polystyrene*)

- Bersifat kaku, buram, getas, dan sulit didaur ulang.
- Banyak ditemukan pada *styrofoam*.
- Tidak disarankan untuk digunakan sebagai pembungkus makanan atau minuman karena mudah menyebar pada makanan sehingga berbahaya untuk kesehatan reproduksi, pertumbuhan, sistem syaraf, otak, dan hormon estrogen.

Penggunaan: Sebagai wadah untuk makanan atau minuman seperti piring makanan dan cangkir minuman.

7. Pada kode ini terdapat beberapa jenis yaitu:

a) SAN (*Styrene Acrylonitrile*)

- Bersifat kuat dan tahan terhadap reaksi kimia maupun suhu.
- Sangat aman apabila digunakan untuk mengemas makanan atau minuman.
- Banyak ditemukan pada piring atau alat makan, pembungkus termos, mangkuk *mixer*, penyaring kopi, serta sikat gigi.

b) ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*)

- Bersifat kuat, dan tahan terhadap reaksi kimia maupun suhu.
- Dapat ditemukan pada mainan anak, wadah makanan atau minuman, serta pipa.

c) PC (*Polycarbonate*)

- Bersifat ringan, transparan, dan tidak mudah pecah.
- Umumnya ditemukan pada botol minuman, galon air, gelas balita, serta beberapa botol bayi.

- PC merupakan jenis plastik yang dapat melepas kandungan *Bisphenol-A*, yang berbahaya bagi sistem imunitas, hormon, dan reproduksi sehingga tidak disarankan penggunaannya untuk mengemas makanan atau minuman tertentu.

Penggunaan: Banyak dimanfaatkan sebagai tempat makanan, minuman seperti botol minum olahraga, ataupun berbagai alat rumah tangga, hingga alat-alat elektronik seperti komputer, suku cadang mobil, dan plastik kemasan.

2.3 Botol Plastik



Gambar 2. 2 Tutup Botol

Botol plastik termasuk ke dalam jenis plastik PET atau PETE (*Polyethylene terephthalate*) dengan kode 01. Jenis plastik ini memiliki titik leleh pada suhu $250^{\circ}\text{C} - 260^{\circ}\text{C}$ serta terdekomposisi pada suhu 480°C . Pada rancang bangun mesin cetak injeksi plastik ini akan menggunakan botol plastik khususnya tutup botol dengan jenis plastik yaitu HDPE (*High Density Polyethylene*) sebagai bahan dasar filamen.

2.4 Injeksi Molding

Injeksi *molding* adalah metode esensial dalam suatu industri manufaktur plastik. Cetakan injeksi banyak dipilih karena memiliki keuntungan diantaranya adalah kapasitas produksi yang tinggi, sedikit bahan yang tidak berguna, dan

memerlukan tenaga kerja yang tidak banyak. Bahan baku yang digunakan juga dapat diproses dalam satu kali tahapan, yang mana pada umumnya metode ini tidak memerlukan *finishing*. Keuntungan dari metode injeksi *molding* ialah dapat membuat benda yang memiliki bentuk geometri kompleks dalam satu tahapan produksi yang dilakukan secara otomatis. Kekurangannya terdapat pada biaya investasi yang tinggi, perawatan alat, dan desain produk harus dipertimbangkan dalam pembuatan desain *moldingnya*.

Secara umum, mesin injeksi plastik dikelompokkan menjadi dua, yaitu mesin injeksi horizontal dan vertikal. Perbedaan antara kedua jenis ini didasarkan pada letak unit injeksi mesin dan arah penyuntikan cairan plastik ke dalam cetakan. Selain dari komponen tersebut, tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua jenis mesin tersebut karena secara keseluruhan semua komponen hampir sama. Bahkan saat ini, industri manufaktur mesin injeksi telah mengeluarkan mesin injeksi yang dapat digunakan pada arah sumbu horizontal dan vertikal.



Gambar 2. 3 Mesin Injeksi *Molding* Horizontal

Mesin cetak injeksi horizontal adalah Mesin cetak injeksi horizontal adalah jenis yang paling umum digunakan. Hal ini ditandai dengan garis tengah unit injeksi yang konsentris atau konsisten dengan garis tengah unit penjepitan dan 12 sejajar dengan *ground* instalasi. Keunggulannya adalah pusat gravitasi rendah, kerja

mulus, instalasi cetakan, operasi dan perawatan lebih nyaman, file pembuka cetakan, mengambil ruang kecil; Namun meliputi area mesin besar, besar, sedang dan kecil yang banyak digunakan.

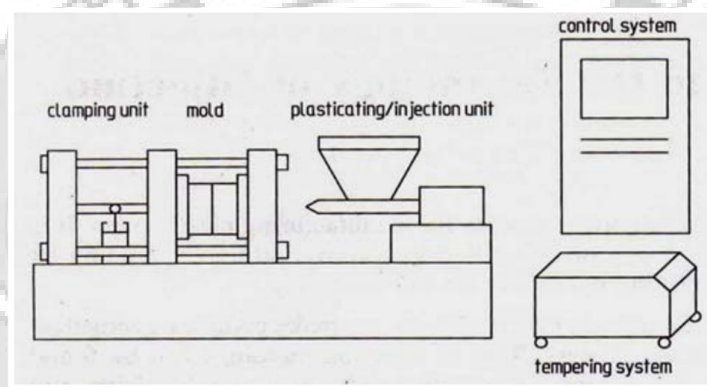


Gambar 2. 4 Mesin Injeksi *Molding*

Mesin cetak injeksi vertikal Hal ini ditandai dengan perangkat penjepitan dan sumbu perangkat injeksi yang disusun sesuai dengan tanah dan vertikal. Ini memiliki keuntungan dari tapak kecil, mudah memuat dan membongkar cetakan, pemasangan insersi yang mudah, dan plasticisasi yang lebih seragam dari hopper, mudah untuk mewujudkan otomasi dan manajemen otomatis beberapa mesin. Kekurangan dari produk unggulan tidak mudah jatuh, seringkali metode manual atau metode lain untuk dihapus, mudah dicapai sepenuhnya otomatis dan injeksi produk yang besar; Tinggi badan, makan, ketidaknyamanan perawatan, jenis mesin injektion *molding* ini umumnya digunakan dalam produksi plastik kecil.

2.5 Komponen – Komponen Mesin Injeksi *Molding*

Ditinjau dari berbagai mesin injeksi *molding* yang pernah ada sebelumnya. Komponen – komponen dari mesin injeksi *molding* terdiri dari unit injeksi, *molding unit*, *clamping unit*, dan sistem kontrol. Keempat komponen ini adalah satu kesatuan yang saling terhubung antara satu dengan yang lain secara otomatis. Keempat komponen tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. 5 Injeksi *Molding*

1) Unit Injeksi

Unit injeksi memiliki tiga fungsi utama. Fungsi pertama adalah untuk memanaskan dan melelehkan bahan baku yang akan masuk melalui *hopper*. Fungsi kedua adalah untuk menginjeksikan bahan baku ke dalam rongga setelah meleleh. Fungsi terakhir adalah untuk memberikan tekanan selama proses pendinginan. Ketiga fungsi utama ini mendukung unit injeksi untuk bergerak maju dan mundur saat bersentuhan dengan cetakan dan melepaskan *nozzle* dengan tekanan yang tepat.

2) *Molding Unit*

Molding adalah elemen penting dalam proses pencetakan injeksi. *Molding unit* ialah bagian lain dari mesin injeksi plastik. *Molding unit* merupakan suatu bagian yang membentuk objek yang dibuat. *Molding unit* ini memiliki dua bagian

utama, yaitu rongga dan inti. Bagian rongga merupakan bagian *molding* yang berhubungan dengan *nozzle* pada mesin, sedangkan bagian inti merupakan bagian yang berhubungan dengan ejektor. Ejektor ialah suatu bagian dari mesin yang dapat digunakan untuk mengeluarkan produk plastik yang sudah jadi dari *molding*.

3) *Clamping Unit*

Secara umum, dalam *clamping unit* terdapat tiga macam yaitu *mechanical*, *hydraulic*, dan *hydraulic mechanical system*. *Clamping unit* memiliki fungsi untuk menahan dan mengatur pergerakan *molding unit*, serta pergerakan ejektor saat mengeluarkan benda dari *molding unit*. Pada *Clamping unit* inilah dapat diatur berapa lama pergerakan cetakan saat dibuka dan berapa lama ejektor harus bergerak.

4) Sistem Kontrol

Sistem Kontrol berfungsi sebagai pengendali suhu, tekanan, serta waktu yang berkaitan dengan proses injeksi *molding*. Sistem kontrol sangat penting karena dapat mempengaruhi kualitas dari produk yang diproduksi.

2.6 Cacat Produksi Injeksi

Standar kualitas produk memiliki karakter utama berupa kualitas akhir permukaan dari produk injeksi plastik. Terkadang, keadaan ini tidak dapat tercapai sehingga seringkali terjadi cacat produk hingga merusak penampilan produk. Cacat produk ditimbulkan oleh berbagai faktor, baik faktor parameter proses maupun faktor desain (Sholeh dkk., 2022).

Untuk mengatasi masalah cacat produk, maka perlu dilakukan penyesuaian dengan bentuk dan cacat yang timbul serta akibat terhadap produk. Jenis cacat

produk pada proses injeksi *molding* diantaranya adalah *short shot*, *warpage*, *weld line*, *sink mark*, *flash*, *air trapped* dan *incompletely fillet parts* (Sendi, 2012).

Permasalahan yang seringkali ditemukan pada produk hasil injeksi *molding* antara lain sebagai berikut:

a) *Short – Shot*

Short – shot berarti cacat produk yang diakibatkan oleh pengisian yang tidak sempurna. Hal ini memiliki beberapa faktor penyebab hal antara lain:

- 1) Pelelehan biji plastik tidak sempurna.
- 2) Injeksi lambat.
- 3) Tekanan injeksi lemah.
- 4) Temperatur peleburan rendah.
- 5) Temperatur *mold* rendah.
- 6) Udara tidak keluar dari *mold cavity* .



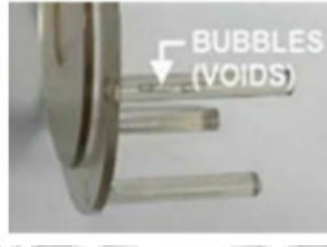
Gambar 2. 6 *Short - Shot*

b) *Sink or Air Bubble*

Sink merupakan keadaan cacat produk dimana terdapat bentuk cembung pada permukaan, sehingga *air bubble* ditemukan gelembung udara di dalam produk. Hal disebabkan oleh beberapa hal diantaranya:

- 1) Terdapat perbedaan temperatur pada dinding *mold* yang signifikan.
- 2) Tekanan injeksi rendah.

- 3) Temperatur material tinggi.
- 4) Tidak terdapat cukup pendinginan cetakan.
- 5) Lubang keluar angin (*air vent*) terlalu kecil.



Gambar 2. 7 Sink or Air Bubble

c) *Warpage*

Warpage merupakan kondisi cacat produk yang terlihat sebagai permukaan melengkung atau terbelit. Hal ini diakibatkan oleh beberapa hal yaitu:

- 1) Pendinginan cetakan tidak seragam.
- 2) Perbedaan temperatur tinggi disebagian cetakan.
- 3) Tekanan tunggu (*holding pressure*) rendah.

d) *Weld Mark or Flow Mark*

Weld mark ialah keadaan cacat produk berupa terdapat garis di permukaan produk yang disebabkan oleh:

- 1) Injeksi lambat.
- 2) Suhu peleburan rendah.
- 3) Suhu cetakan rendah.
- 4) Permukaan cetakan terkontaminasi minyak.
- 5) Udara tidak keluar dari cetakan dengan lancar.

e) *Discolored Molding*

Discolored molding ialah kondisi cacat berupa pelunturan warna pada produk. Hal ini dipengaruhi oleh:

- 1) Temperatur peleburan terlalu tinggi.
- 2) Proses peleburan material terlalu lama.
- 3) Pencampuran warna tidak stabil.

f) *Black spot*



Gambar 2. 8 *Black Spot*

Black spot merupakan keadaan seperti bintik hitam pada produk, hal ini disebabkan oleh:

- 1) Kurang bersih ketika penggantian material.
- 2) Material mengalami pemanasan/pengeringan berlebihan.
- 3) Proses pewarnaan tidak stabil.

g) *Weld line*

Weld line merupakan kondisi dimana terdapat dua atau lebih aliran lelehan depan material. Kondisi ini digambarkan dengan garis “V” sempit yang bertemu pada kedua ujung aliran lelehan material. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

- 1) Titik antara injeksi dan transfer terlalu dekat.

- 2) Waktu pendinginan terlalu singkat.
- 3) *Mold* atau material temperatur terlalu rendah.
- h) *Sink Mark*

Sink mark merupakan cekungan atau lengkungan yang terdapat pada permukaan luar pada komponen yang dibentuk. *Sink mark* dapat disebabkan oleh:

- 1) Terdapat perbedaan ketebalan produk.
- 2) Terdapat perbedaan temperatur *core* dengan *cavity*.
- 3) *Loading time* material yang terlalu cepat.
- 4) Kurangnya kemampuan pendingin dari *mold*.
- 5) Terjadi peningkatan suhu karena putaran *screw* terlalu cepat.
- 6) Temperatur resin, temperatur *die*, injeksi *speed* terlalu tinggi atau rendah.



Gambar 2. 9 *Sink Mark*

- i) *Flashing*

Flashing merupakan jenis *minor defect* pada material. Hal ini berarti material masih bisa dikatakan baik, namun harus dilakukan pembersihan terhadap produk.

Defect flashing disebabkan oleh:

- 1) Kurangnya *pressure clamping mold* pada mesinnya.
- 2) Kurangnya kerapatan *mold* saat injeksi.
- 3) Desain produk yang tidak sesuai dengan *mold*.
- 4) *Viskositas* dari material tidak sesuai.

2.7 Perhitungan Pada Injeksi *Molding*

2.7.1 Daya Motor

Untuk merancang sebuah mesin injeksi *molding*, diperlukan adanya perencanaan daya motor agar sesuai dengan kebutuhan, sebagai berikut:

(Pramono dkk, 2015)

$$\omega = 60 \frac{\text{pps}}{N_p} \text{ [rotasi / menit]}$$

$$\omega = \frac{60}{N_p} \text{ pps}$$

dengan :

ω = Rotasi / menit atau rpm

N_p = Step / putaran (pulsa/rotasi)

pps = Pulsa per detik

2.7.2 Volume Total Material

Dapat dihitung dengan rumus:

$$V_{tot} = V_1 + V_2 + V_3$$

Dimana V_{tot} adalah volume total (mm^3). (Alex, 2011)

2.7.3 Massa Material

Dapat dihitung dengan rumus:

$$W_m = \frac{V_{tot} \times \rho}{1000} , \text{ dimana } W_m \text{ adalah massa material (gr), } V_{tot} \text{ adalah}$$

volume total (mm^3). (Alex, 2011)

2.7.4 Shoot Weight

Dapat dihitung dengan rumus:

$$S_w = \frac{W_m}{0.8}, \text{ dimana } S_w \text{ adalah shoot weight (gr), } W_m \text{ adalah berat}$$

material (gr). (Alex, 2011)

2.7.5 Volumetric Flow

Dapat dihitung dengan rumus:

$$V_f = \frac{1000 \times P_c}{\rho}, \text{ dimana } V_f \text{ adalah volumetric flow (mm}^3\text{/sec), } P_c$$

adalah *plasticizing capacity* (gr/sec), ρ adalah massa jenis (g/cm³). (Alex, 2011)

2.7.6 Filling Time

Dapat dihitung dengan rumus:

$$F_t = \frac{V_{tot}}{V_f}, \text{ dimana } F_t \text{ adalah Filling time (sec), } V_{tot} \text{ adalah volume}$$

total (mm³), V_f adalah *volumetric flow* (mm³/sec). (Alex, 2011)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan pembuatan mesin injeksi *molding* ini bertempat di Politeknik Negeri Ujung Pandang yaitu di lab desain untuk tahap perancangan alat, Bengkel Mekanik dan Bengkel Las untuk tahap fabrikasi dan *assembly* alat serta lab mekanik untuk tahap pengukuran dan pengujian kualitas. Waktu pembuatan mesin injeksi *molding* ini yaitu selama 7 bulan pengerjaan dimulai sejak bulan Februari hingga bulan Agustus 2023.

3.2 Alat dan Bahan Yang Digunakan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan selama proses pengerjaan rancang bangun Mesin Injeksi *Molding* ini adalah sebagai berikut.

Tabel 3. 1 Alat yang digunakan

No.	Nama Alat	No.	Nama Alat
1.	Laptop	12.	Tang Kombinasi
2.	Alat Pelindung Diri	13.	Kunci Pas
3.	Mesin Las SMAW	14.	Ragum
4.	Mesin Bubut	15.	Kikir
5.	Mesin Milling	16.	Meteran
6.	Mesin Bor	17.	Jangka Sorong
7.	Gerinda	18.	Busur Derajat

No.	Nama Alat	No.	Nama Alat
8.	Obeng	19.	Penggores
9.	Kunci L	20.	Penitik
10.	Tang Potong	21.	Mesin 3D Printer
11.	Solder		

3.2.2 Bahan

Bahan yang akan digunakan dalam rancang bangun mesin injeksi *molding* ini berdasarkan rancangan yang telah dibuat dengan matang dengan mempertimbangkan efektifitas biaya dan sesuai kebutuhan. Bahan yang dimaksud meliputi bahan mentah serta komponen standar yang digunakan pada alat cetak injeksi *molding* ini. Berikut bahan yang digunakan pada alat cetak injeksi *molding*.

Tabel 3. 2 Bahan yang digunakan

No.	Nama Bahan	No.	Nama Bahan
1.	<i>Filamen 3D Print</i>	15.	<i>V Belt</i>
2.	Besi AS Ø20 mm	16.	<i>Auger Bit 22 mm</i>
3.	Besi AS Ø2 inch	17.	Baut
4.	Pelat Aluminium Tebal 10 mm	18.	Mur
5.	Besi Siku 60 X 60 mm	19.	<i>Linear Screw</i>
6.	Pelat Baja 3 mm	20.	<i>Bearing Pillow Block</i>
7.	Mata Gerinda Potong	21.	<i>Bearing</i>
8.	Mata Gerinda Amplas	22.	Pegas

No.	Nama Bahan	No.	Nama Bahan
9.	Kawat Elektroda Las	23.	<i>Limit Switch</i>
10.	<i>Motor Stepper Nema 23</i>	24.	<i>Heater Band</i>
11.	<i>Driver Motor</i>	25.	Kayu
12.	<i>LCD Nextion 2,4 inch</i>	26.	Gemuk
13.	<i>Arduino</i>	27.	Kabel
14.	<i>Pulley</i>		

3.3 Tahapan Kerja

Tahapan kerja dalam pengerjaan rancang bangun injeksi *molding* agar tercapai hasil sesuai yang diharapkan dan menjadi tujuan dari rancang bangun ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

3.3.1 Tahap Studi Literatur

Studi literatur merupakan sebuah rangkaian kegiatan yang berkaitan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca, mencatat, serta mengelola bahan penelitian (Zed, 2004:1) kegiatan yang dilakukan pada tahapan ini meliputi; analisis prinsip kerja dan riset bahan dan komponen berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pihak lain sebelumnya.

Pada proses injeksi plastik (*Injection Plastic Process*) terdapat 2 bagian besar metode dan tipe mesin yang digunakan, yaitu : Mesin Injeksi Plastik Vertikal dan Mesin Injeksi Plastik Horizontal (Chandra, 2008). Mesin injeksi *molding* horizontal adalah kombinasi secara horizontal dari unit pencekam dan unit injeksi. Produktivitas tinggi menjadi keuntungan mesin jenis ini karena pembukaan dan penutupan cetakan relatif cepat sehingga waktu siklus menjadi efisien, dan

kemudahan dalam penggantian cetakan, kemudahan otomasi, dan juga mudah dalam perawatan dan pengoperasian mesin injeksi. Mesin injeksi *molding* vertikal adalah kombinasi secara vertikal dari unit pengecam dan unit injeksi. Pada mesin ini pengecam berada pada bagian bawah. Keseimbangan aliran menjadi keuntungan pada mesin jenis ini dikarenakan *gravity effect*.

3.3.2 Tahap Perancangan

Menurut Nur dan Suyuti (2018), perancangan ialah suatu proses yang ditempuh untuk mendesain dan membuat sistem yang baru. Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini meliputi:

1. Perancangan konsep desain

Kegiatan ini dilakukan dengan tujuan mengumpulkan ide-ide mekanisme yang dapat mendukung dan dijadikan mekanisme dasar pada alat cetak injeksi *molding*. Dari studi literatur yang dilakukan, dihasilkan beberapa konsep desain terkait aktuator serta fitur yang akan diterapkan pada alat injeksi *molding* yang akan dirancang. Berdasarkan penelitian sebelumnya yaitu, Rancang Bangun Alat Injeksi Plastik Berteknologi Tepat Guna (Sholeh, dkk. 2022) dimana hasil dari percobaan itu kurang maksimal yang disebabkan oleh pelelehan plastik yang tidak merata, dan kurangnya alat indikasi untuk mengetahui kekuatan tekanan pada lelehan plastik. Muncul gagasan untuk melakukan penambahan fitur berupa *display* untuk *controlling* dan *monitoring* parameter injeksi berupa layar *touchscreen* Nextion 2,4 inch. Berikut merupakan aktuator yang menjadi pilihan sebagai penggerak utama dari mekanisme pada alat injeksi *molding* ini.

a. Pneumatik

Pneumatik ialah pengembangan teknologi yang dilakukan dengan cara kerja memanfaatkan udara yang memiliki tekanan, dengan tujuan untuk mempengaruhi kerja suatu peralatan mekanik. Hal ini diharapkan dapat menghasilkan gerakan maju mundur, naik turun, berputar dan sebagainya. Pemanfaatan pneumatik pada rancangan injeksi *molding* ini adalah sebagai penggerak mekanisme *injector* lelehan plastik pada unit injeksi dan atau sebagai penggerak *mold unit* (cetakan) pada *clamping unit* (pencekam).

b. Motor stepper

Motor stepper merupakan salah satu jenis motor DC yang dikendalikan dengan pulsa-pulsa digital. Prinsip kerja motor stepper ialah bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. Motor stepper akan bergerak berdasarkan urutan pulsa yang telah diberikan kepada motor stepper tersebut. Pemanfaatan motor stepper pada rancangan alat injeksi *molding* ini adalah sebagai aktuator penggerak atau pemutar *extrusion screw* pada unit injeksi dan atau sebagai aktuator utama *clamping unit* memanfaatkan linear screw dalam menggerakkan *mold unit*.

c. Motor linear

Motor linear ialah sebuah aktuator linear yang digerakkan menggunakan tenaga mekanis yang dihasilkan dari putaran motor. Gerakan linear berarti suatu gerakan satu garis lurus berupa mendorong maju dan menarik mundur. Pemanfaatan motor linear pada rancangan alat injeksi *molding* ini sebagai aktuator *clamping unit* (pencekam) untuk menggerakkan *mold* (cetakan).

2. Pemilihan konsep desain

Concept selection (pemilihan konsep) merupakan suatu cara yang memiliki tujuan untuk memutuskan konsep mana yang akan dikembangkan secara berkelanjutan hingga menghasilkan suatu produk jadi dari beberapa konsep yang dimunculkan sebelumnya. Tahapan ini didahului oleh *concept screening* (penyaringan konsep) dan *concept scoring* (pembobotan konsep) dan merupakan salah satu bagian dari proses pengembangan suatu produk baru. Terdapat beberapa metode pemilihan konsep, diantaranya sebagai berikut:

a) *External decision*

Pemilihan konsep dikembalikan lagi pada target pasar yang dituju.

b) *Product champion*

Pemilihan konsep dilakukan berdasarkan pada usulan pribadi dari seorang yang berpengaruh biasanya seorang direktur.

c) *Intuisi*

Metode pemilihan dimana faktor perasaan lebih berpengaruh.

d) *Multivoting*

Setiap anggota tim dapat memberikan hak pilih untuk beberapa konsep. Kemudian, konsep yang banyak dipilih akan diseleksi.

e) *Pro dan kontra*

Analisa sisi positif dan negatif dari sebuah konsep.

f) *Prototipe dan tes*

Membuat prototipe dan mengetesnya. Keputusan berdasarkan data pengetesan.

g) Matriks skoring

Penentuan jenis mesin injeksi *molding* yang akan dirancang vertikal atau horizontal dilakukan dengan metode multivoting sembari mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan masing-masing jenis mesin. Didapatkan hasil voting yang condong kearah mesin injeksi *molding* horizontal yang memiliki kelebihan disisi kemudahan perakitan, perawatan (maintenance) serta kemudahan automasi. Kemudian dilakukan pemilihan aktuator utama sebagai penggerak mekanisme injeksi dan *clamping mold* dengan menggunakan metode pemilihan matriks skoring berdasarkan aspek yang diperhatikan.

Penilaian dilakukan dari 2 aspek, yaitu aspek teknis dan ekonomis sebagai berikut:

1. Aspek Teknis:

- Pencapaian Fungsi
- Keringasan konstruksi
- Kemudahan pengoperasian
- Kemudahan proses pembuatan
- Kemudahan perakitan
- Kemudahan perawatan

2. Aspek Ekonomis:

- a) Biaya Pembuatan
- b) Penggunaan Komponen Standar

Kriteria pemilihan actuatur dapat dilihat pada Tabel 3.3 dibawah ini.

Tabel 3. 3 Kriteria Pemilihan Aktuator

Kriteria	Aktuator		
	Pneumatik	Motor stepper	Motor Linier
Kemudahan pengontrolan / pengoperasian	-	0	0
Pencapaian fungsi	+	0	0
Kemudahan perawatan	0	0	0
Kemudahan perakitan	0	+	-
Konstruksi yang solid	+	+	-
Estetika	0	0	-
Komponen standar	-	0	+
Biaya pembuatan	-	+	+
Nilai	-2	3	-1

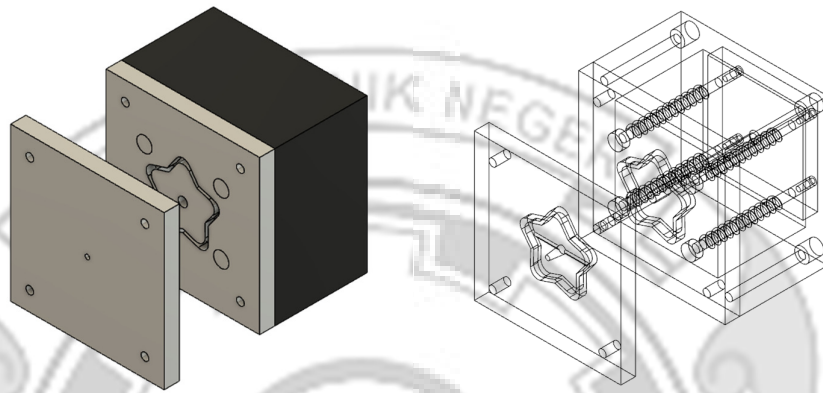
Dari hasil skoring didapatkanlah aktuator berupa motor stepper yang dianggap lebih unggul dalam aspek-aspek yang telah ditentukan sebelumnya.

3. Pembuatan desain 3D dan mekanikal *drawing* mesin injeksi *molding*

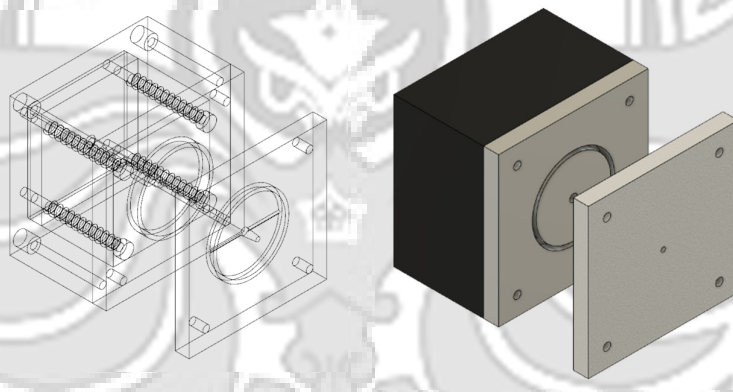
Konsep yang sebelumnya dipilih dikembangkan kedalam bentuk 3D mekanikal dilanjutkan dengan pembuatan gambar teknik (*drawing*). Pembuatan desain 3D dilakukan pada aplikasi *Autodesk Fusion 360*.

Pembuatan desain 3D unit *mold* (cetakan) disesuaikan dengan produk yang akan dibuat, dimana produk akhir yang dihasilkan adalah cetakan kue berbentuk

bintang. Namun dalam proses pengambilan data dilakukan juga pengujian pada cetakan kue berbentuk bulat sebagai pembanding kualitas cetakan dengan penetapan parameter injeksi yang sama.



Gambar 3. 1 *Molding* Cetakan Kue Bintang



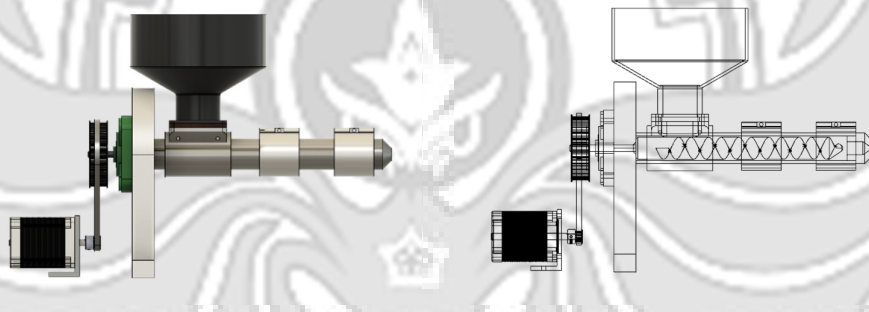
Gambar 3. 2 *Molding* Cetakan Kue Bundar

Cetakan kue berbentuk bintang ini dipilih menjadi produk hasil cetak mempertimbangkan produk plastik apa yang banyak digunakan dan dapat laku dipasaran serta proses pembuatan *molding* (cetakan) yang masih mungkin dibuat. Ukuran mold cetakan kue berbentuk bintang dibuat dengan memperhatikan kebutuhan konsumen, dimana ukuran kue kering yang dicetak biasanya relatif kecil tidak lebih dari 50x50 mm.



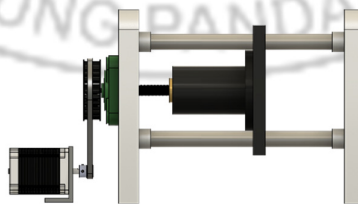
Gambar 3. 3 Cetakan Bintang

Mekanisme injeksi yang dibuat memanfaatkan putaran dari motor stepper untuk memutar *screw extruder* yang menggerakkan material plastik melewati heater hingga menjadi lelehan plastic dan dipaksa melewati lubang kecil *nozzle* menuju cetakan (*mold*). Mekanisme injeksi diperlihatkan pada Gambar 3.4 berikut.



Gambar 3. 4 Unit Injeksi

Mekanisme pencekam dari *clamping unit* (Gambar 3.5) menggunakan putaran motor *stepper* untuk membuat Gerakan *linear* memanfaatkan *linear screw*, sehingga unit *mold* dapat terbuka (*open*) dan tertutup (*close*).



Gambar 3. 5 Clamping Unit

4. Pembuatan desain elektronis mesin injeksi *molding*.

Rangkaian elektronik adalah serangkaian komponen elektronika pasif dan aktif yang membentuk kesatuan dan menghasilkan suatu fungsi pemroses sinyal sederhana maupun kompleks. Rangkaian elektronis ini yang memungkinkan mekanisme berjalan. Pembuatan rangkaian elektronis ini meliputi pembuatan skema elektronis dan pembuatan *layout* PCB menggunakan *software* desain PCB.

3.3.3 Tahap Pembelian Alat dan Bahan

Pengadaan ini dilakukan dengan pembelian alat dan bahan yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya. Biaya pembelian alat dan bahan ini dianggarkan dari tiap anggota tim dengan perhitungan yang matang untuk didapatkan biaya produksi yang efektif.

3.3.4 Tahap pembuatan komponen dan program.

Desain yang telah dibuat sebelumnya dan dipaparkan dalam bentuk gambar Teknik yang menjadi dasar pembuatan (manufaktur) komponen. Selain itu pada tahap ini juga dilakukan pembuatan program untuk mengontrol proses kerja mesin injeksi *molding*.

Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini meliputi:

1. Manufaktur komponen unit injeksi.
2. Manufaktur komponen *molding unit*.
3. Manufaktur komponen *clamping unit*.
4. Pembuatan algoritma mesin injeksi *molding*.

Tahapan pembuatan komponen secara detail diperlihatkan pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3. 4 Tahap Pembuatan Komponen

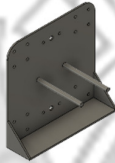
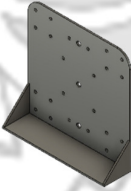
No.	Nama Komponen	Proses Pengerjaan	Alat dan Bahan
1.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Barrel</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengukur dan memotong pelat Besi 3mm sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan. Lalu membuat lubang pada posisi sesuai desain. • Membubut As Baja 2 dimensi untuk mencapai bentuk dan ukuran yang telah ditentukan. Pada proses ini dibuat juga lubang tengah Ø25mm. • As yang telah dibubut melalui proses frais untuk membuat alur lubang masuknya plastik sesuai dengan dimensi yang ditentukan. • Pelat baja yang telah dipotong dan dilubangi tadi disatukan Bersama as barrel menggunakan las SMAW. 	<p>a. Bahan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - As Baja 2 inch - Pelat baja ukuran tebal 3mm - Elektroda Las <p>b. Alat:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mesin Las - Mesin Bubut - Mesin Frais - Gerinda - Kaca Mata Las - Bor Tangan - Mata Bor - Mistar Baja - Jangka Sorong - Peggores - Penitik
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Mounting Barrel</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengukur dan memotong pelat Besi 3mm sesuai dengan kebutuhan dimensi yang telah ditentukan. • Menyatukan potongan-potongan pelat besi menggunakan las SMAW. • Membuat lubang dengan posisi dan ukuran yang telah ditentukan. • Memotong kepala baut M5, dan menyatukannya pada pelat-pelat yang telah dilas sebelumnya masih menggunakan mesin las. • Selanjutnya komponen ini akan disatukan Bersama <i>hopper</i> menggunakan sambungan las. 	<p>a. Bahan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pelat baja tebal 3mm - Baut M5 x 25mm - Elektroda Las <p>b. Alat:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mesin Las - Gerinda - Kaca Mata Las - Mesin Bor - Mata Bor - Mistar Baja - Peggores - Penitik

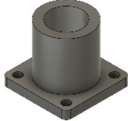

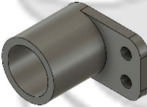
No.	Nama Komponen	Proses Pengerjaan	Alat dan Bahan
	<ul style="list-style-type: none"> <i>Hopper</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Mengukur dan memotong pelat baja sesuai kebutuhan ukuran yang ditentukan. Pelat baja dengan tebal 1,2mm digunakan untuk bagian <i>hopper</i> yang harus ditekut melingkar, atau kerucut. Sedangkan pelat baja dengan tebal 3mm digunakan untuk bagian dasar <i>hopper</i> yang kemudian akan di buat lubang sesuai dengan ukuran. Tekuk lalu sambung hasil tekukan dengan las. Satukan bagian bagian yang telah dibuat megggunakan las. Selanjutnya komponen ini akan di rakit Bersama <i>hopper</i> menggunakan baut dan mur. 	<p>. Bahan:</p> <ul style="list-style-type: none"> Pelat baja tebal 3mm Pelat baja tebal 1,2mm Elektroda Las <p>b. Alat:</p> <ul style="list-style-type: none"> Mesin Las Gerinda Kaca Mata Las Mesin Bor Mata Bor Mistar Baja Peggores Penitik
	<ul style="list-style-type: none"> <i>Mounting Nema</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Ukur dan potong pelat baja sesuai ukuran yang ditentukan. Buat lubang sesuai dengan posisi dan ukuran yang ditentukan. Ukur dan buat garis <i>bending</i> menggunakan mistar baja dan penggores. Tekuk pada garis <i>bending</i> yang telah dibuat. 	<p>a. Bahan:</p> <ul style="list-style-type: none"> Pelat baja tebal 4 mm <p>b. Alat:</p> <ul style="list-style-type: none"> Gerinda Mesin Bor Alat <i>Bending</i> Mata Bor Mistar Baja Peggores Penitik
	<ul style="list-style-type: none"> <i>Cover Barrel</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Ukur dan potong pelat sesuai ukuran yang ditentukan. Ukur dan buat garis tekuk untuk mudah proses penekukan. Tekuk menggunakan alat <i>bending</i> sesuai arah dan sudut yang ditentukan. 	<p>a. Bahan:</p> <ul style="list-style-type: none"> Pelat seng tebal 1 mm <p>b. Alat</p> <ul style="list-style-type: none"> Alat <i>Bending</i> Penggores Mistar Baja

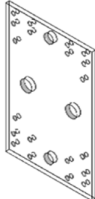
Setelah semua komponen yang dibuat selesai, dilakukan proses perakitan untuk menjadi sub *assembly* injeksi unit.

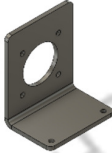
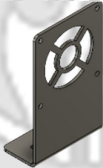

Selain komponen yang dibuat diatas, injeksi unit juga terdiri dari beberapa komponen standar yang telah disiapkan sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan, berikut beberapa komponen standar penyusun injeksi unit:

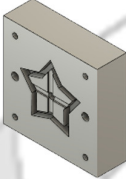
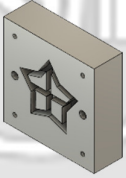
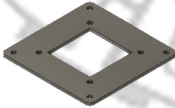
1. *Screw extruder*


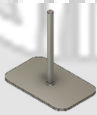
No.	Nama Komponen	Proses Pengerjaan	Alat dan Bahan
	2. <i>Bearing pillow block</i> 3. <i>Timing pulley</i> 4. <i>Timing belt</i> 5. <i>Nema 23</i> 6. <i>Thermocouple</i> 7. <i>Heater band</i>		
Proses perakitan menggunakan baut dan mur.			
2.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Base clamping</i>  <p>1</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ukur dan Potong Pelat baja menggunakan gerinda sesuai kebutuhan dimensi dan bentuk komponen. • Sambungkan pelat-pelat baja yang sudah dipotong menggunakan sambungan las. • Buat Lubang sesuai posisi dan ukuran yang telah ditentukan menggunakan mesin bor. • Potong AS stainless Ø8 mm sesuai ukuran yang ditentukan. • Sambungkan AS stainless steel yang sudah dipotong pada <i>body</i> utama <i>base clamping</i> 1 menggunakan sambungan las sesuai posisi yang telah ditentukan. 	<p>a. Bahan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pelat baja tebal 3mm - AS stainless steel Ø8mm - Elektroda Las <p>b. Alat:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mesin Las - Gerinda - Kaca Mata Las - Mesin Bor - Mata Bor - Mistar Baja - Peggores - Penitik
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Base Clamping</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Ukur dan Potong Pelat baja menggunakan gerinda sesuai kebutuhan dimensi dan bentuk komponen. • Sambungkan pelat-pelat baja yang sudah dipotong menggunakan sambungan las. • Buat Lubang sesuai posisi dan ukuran yang telah ditentukan menggunakan mesin bor. 	<p>a. Bahan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pelat baja tebal 3mm - Elektroda Las <p>b. Alat:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mesin Las - Gerinda - Kaca Mata Las - Mesin Bor - Mata Bor - Mistar Baja - Peggores - Penitik

No.	Nama Komponen	Proses Pengerjaan	Alat dan Bahan
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Mounting Slider</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Buat Desain 3D pada <i>software</i> desain mekanik seperti <i>Fusion 360</i>, <i>inventor</i>, <i>solidwork</i>, dll. • <i>Export file</i> 3D menjadi bentuk file STL. • <i>Import file</i> STL komponen yang ingin dibuat ke dalam <i>software slicer</i> yang biasa anda gunakan. Lalu lakukan pengaturan parameter 3D printing menyesuaikan dengan jenis filamen yang digunakan yaitu ABS+. <i>Slicer</i> dan pindahkan file ke <i>macro sd card</i>. • Operasikan 3D <i>printer</i>, dan lepaskan hasil cetak dari <i>Bed 3D printer</i>. 	<p>a. Bahan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Filamen ABS+ 3D Printer</i> <p>b. Alat</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laptop/PC - <i>Software</i> Desain 3D mekanik - <i>Software Slicer</i> untuk 3D printing - 3D <i>printer</i> - <i>Macro SD card</i>
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Shaft Slider</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Potong Pipa baja Ø1 inch sesuai Panjang yang ditentukan. • Bubut pipa baja yang sudah dipotong hingga mencapai diameter yang ditentukan. 	<p>a. Bahan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pipa Baja 1 Inch <p>b. Alat:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mesin Bubut - Gerinda Tangan
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Mounting Plate Slider</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Buat Desain 3D pada <i>software</i> desain mekanik seperti <i>Fusion 360</i>, <i>inventor</i>, <i>solidwork</i>, dll. • <i>Export file</i> 3D menjadi bentuk file STL. • <i>Import file</i> STL komponen yang ingin dibuat ke dalam <i>software slicer</i> yang biasa anda gunakan. Lalu lakukan pengaturan parameter 3D printing menyesuaikan dengan jenis filamen yang digunakan yaitu ABS+. <i>Slice</i> dan pindahkan file ke <i>macro sd card</i>. • Operasikan 3D <i>printer</i>, dan lepaskan hasil cetak dari <i>Bed 3D printer</i>. 	<p>a. Bahan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Filamen ABS+ 3D Printer</i> <p>b. Alat</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laptop/PC - <i>Software</i> Desain 3D mekanik - <i>Software Slicer</i> untuk 3D printing - 3D <i>printer</i> - <i>Macro SD card</i>
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Moveable Plate</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Ukur dan potong akrilik sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan. 	<p>a. Bahan</p> <ul style="list-style-type: none"> - Akrilik tebal 5 mm



No.	Nama Komponen	Proses Pengerjaan	Alat dan Bahan
		<ul style="list-style-type: none"> Buat lubang dengan mesin bor sesuai posisi dan ukuran lubang yang telah ditentukan. 	b. Alat <ul style="list-style-type: none"> Gerinda Tangan Mesin Bor Mata Bor
	<ul style="list-style-type: none"> <i>Top Loader</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Buat Desain 3D pada <i>software</i> desain mekanik seperti <i>Fusion 360</i>, <i>inventor</i>, <i>solidwork</i>, dll. <i>Export</i> file 3D menjadi bentuk file STL. <i>Import</i> file STL komponen yang ingin dibuat ke dalam <i>software</i> slicer yang biasa anda gunakan. Lalu lakukan pengaturan parameter <i>3D printing</i> menyesuaikan dengan jenis filamen yang digunakan yaitu ABS+. <i>Slice</i> dan pindahkan file ke <i>macro sd card</i>. Operasikan <i>3D printer</i>, dan lepaskan hasil cetak dari <i>Bed 3D printer</i>. 	a. Bahan: <ul style="list-style-type: none"> Filamen ABS+ 3D Printer b. Alat <ul style="list-style-type: none"> Laptop/PC Software Desain 3D mekanik Software Slicer untuk 3D printing 3D printer Macro SD card
	<ul style="list-style-type: none"> <i>Bottom Loader</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Buat Desain 3D pada <i>software</i> desain mekanik seperti <i>Fusion 360</i>, <i>inventor</i>, <i>solidwork</i>, dll. <i>Export</i> file 3D menjadi bentuk file STL. <i>Import</i> file STL komponen yang ingin dibuat ke dalam <i>software</i> slicer yang biasa anda gunakan. Lalu lakukan pengaturan parameter <i>3D printing</i> menyesuaikan dengan jenis filamen yang digunakan yaitu ABS+. <i>Slice</i> dan pindahkan file ke <i>macro sd card</i>. Operasikan <i>3D printer</i>, dan lepaskan hasil cetak dari <i>Bed 3D printer</i>. 	a. Bahan: <ul style="list-style-type: none"> Filamen ABS+ 3D Printer b. Alat <ul style="list-style-type: none"> Laptop/PC Software Desain 3D mekanik Software Slicer untuk 3D printing 3D printer Macro SD card

No.	Nama Komponen	Proses Pengerjaan	Alat dan Bahan
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Mounting Nema Clamping Unit</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Ukur dan potong pelat baja sesuai ukuran yang ditentukan. • Buat lubang sesuai dengan posisi dan ukuran yang ditentukan. • Ukur dan buat garis <i>bending</i> menggunakan mistar baja dan penggores. • Tekuk pada garis <i>bending</i> yang telah dibuat. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Bahan: <ul style="list-style-type: none"> - Pelat baja tebal 4 mm b. Alat: <ul style="list-style-type: none"> - Gerinda - Mesin Bor - Alat Bending - Mata Bor - Mistar Baja - Peggores - Penitik
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Mounting Fan</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Ukur dan potong pelat baja sesuai ukuran yang ditentukan. • Buat lubang sesuai dengan posisi dan ukuran yang ditentukan. • Ukur dan buat garis <i>bending</i> menggunakan mistar baja dan penggores. • Tekuk pada garis <i>bending</i> yang telah dibuat. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Bahan: <ul style="list-style-type: none"> - Pelat baja tebal 2 mm b. Alat: <ul style="list-style-type: none"> - Gerinda - Mesin Bor - Alat Bending - Mata Bor - Mistar Baja - Peggores - Penitik
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Mounting Limit Switch</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Ukur dan potong pelat baja sesuai ukuran yang ditentukan. • Buat lubang sesuai dengan posisi dan ukuran yang ditentukan. • Ukur dan buat garis <i>bending</i> menggunakan mistar baja dan penggores. • Tekuk pada garis <i>bending</i> yang telah dibuat. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Bahan: <ul style="list-style-type: none"> - Pelat baja tebal 2 mm b. Alat: <ul style="list-style-type: none"> - Gerinda - Mesin Bor - Alat Bending - Mata Bor - Mistar Baja - Peggores - Penitik
<p>Setelah semua komponen yang dibuat selesai, dilakukan proses perakitan untuk menjadi sub assembly Injection Unit. Selain komponen yang dibuat ini terdapat beberapa komponen standar yang juga menjadi komponen penyusun clamping unit, diantaranya:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Linear Screw</i> 2. <i>Bearing Pillow Block</i> 3. <i>Nema 23</i> 4. <i>Limit Switch</i> 			

No.	Nama Komponen	Proses Pengerjaan	Alat dan Bahan
	5. <i>Timing Belt</i> 6. <i>Timing Pulley</i> 7. <i>Fan</i>		
Proses perakitan menggunakan sambungan baut dan mur.			
3	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Fix Mold</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Balok aluminium yang sudah disiapkan di-<i>facing</i> hingga mencapai ukuran yang ditentukan. • Pembuatan program G-Code CNC untuk membuat alur cetakan. • Mengoperasikan CNC <i>milling</i>. • Setelah balok aluminium selesai dibuatkan alur cetakan, dibuat lubang sesuai ukuran dan posisi yang telah ditentukan, yang kemudian akan di-tap. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Bahan <ul style="list-style-type: none"> - Balok aluminium (80x80x30) b. Alat <ul style="list-style-type: none"> - CNC <i>Milling</i> - Tap - Mesin Bor
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Moveable mold</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Balok aluminium yang sudah disiapkan di-<i>facing</i> hingga mencapai ukuran yang ditentukan. • Pembuatan program G-Code CNC untuk membuat alur cetakan. • Mengoperasikan CNC <i>milling</i>. • Setelah balok aluminium selesai dibuatkan alur cetakan, dibuat lubang sesuai ukuran dan posisi yang telah ditentukan, yang kemudian akan di-tap. • Terdapat perbedaan antara <i>fix mold</i> dan <i>moveable mold</i> pada kedalaman alur yang dibuat. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Bahan <ul style="list-style-type: none"> - Balok aluminium (80x80x30) b. Alat <ul style="list-style-type: none"> - CNC <i>Milling</i> - Tap - Mesin Bor
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Mounting Mold</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengukur dan memotong pelat Besi 3mm sesuai dengan dimensi dan bentuk yang telah ditentukan. Lalu membuat lubang pada posisi sesuai desain. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Bahan: <ul style="list-style-type: none"> - Pelat baja tebal 3 mm b. Alat: <ul style="list-style-type: none"> - Gerinda - Mesin Bor - Mata Bor - Mistar Baja - Peggores - Penitik

No.	Nama Komponen	Proses Pengerjaan	Alat dan Bahan
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Base Mold</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Buat Desain 3D pada <i>software</i> desain mekanik seperti <i>Fusion 360, inventor, solidwork</i>, dll. • <i>Export</i> file 3D menjadi bentuk file STL. • <i>Import</i> file STL komponen yang ingin dibuat ke dalam <i>software slicer</i> yang biasa anda gunakan. Lalu lakukan pengaturan parameter 3D <i>printing</i> menyesuaikan dengan jenis filamen yang digunakan yaitu ABS+. Slice dan pindahkan file ke <i>macro sd card</i>. • Operasikan <i>3D printer</i>, dan lepaskan hasil cetak dari <i>Bed 3D printer</i>. 	<p>a. Bahan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Filamen ABS+ 3d Printer <p>b. Alat</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laptop/PC - <i>Software</i> Desain 3D mekanik - <i>Software Slicer</i> untuk 3D printing - 3D printer - Macro SD card
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ejector</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Ukur dan potong pelat stainless steel sesuai dengan dimensi yang ditetapkan. • Ukur dan potong as $\varnothing 6$mm dengan Panjang yang ditentukan. • Sambung dengan sambungan las As dan pelat stainless yang telah dipotong pada posisi yang telah ditetapkan. 	<p>a. Bahan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pelat Stainless steel tebal 2mm - As stainless steel $\varnothing 6$mm - Elektroda Las <p>b. Alat:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mesin Las - Gerinda - Kaca Mata Las - Mistar Baja - Penggores
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pin mold</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Ukur dan potong as $\varnothing 6$mm dengan Panjang 40mm. • <i>Plug in pin mold</i> yang telah dibuat ke lubang yang disiapkan pada <i>moveable mold</i>. 	<p>a. Bahan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - As stainless steel $\varnothing 6$mm <p>b. Alat:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gerinda

Setelah komponen penyusun *molding* unit sudah siap. Dilanjutkan dengan perakitan *molding* unit menggunakan sambungan baut, serta pemasangan

No.	Nama Komponen	Proses Pengerjaan	Alat dan Bahan
		komponen standar <i>spring</i> yang sudah disiapkan sebelumnya dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.	
4	<ul style="list-style-type: none"> <i>Body box</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Ukur dan potong pelat 3 mm dengan ukuran sesuai pada desain. Bor dan lubangi pada posisi yang ditetapkan. Sambung potongan-potongan pelat dengan sambungan las membentuk <i>box</i>. 	<p>a. Bahan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pelat baja tebal 3mm - Elektroda Las <p>b. Alat:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mesin Las - Gerinda - Kaca Mata Las - Mesin Bor - Mata Bor - Mistar Baja - Peggores - Penitik
	<ul style="list-style-type: none"> <i>Pintu box</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Memotong pelat baja 2 mm sesuai dengan dimensi dan bentuk yang ditetapkan. Kemudian membuat lubang pada posisi yang telah ditentukan. Memotong dan menekuk pelat seng sesuai ukuran pada desain untuk menjadi penyangga akrilik pada pintu <i>box</i>. Memotong akrilik sesuai dengan ukuran yang ditetapkan. Menyatukan tiap bagian dari pintu <i>box</i> dengan menggunakan baut dan mur, lalu pemasangan gagang pintu <i>box</i> yang sudah disiapkan. 	<p>a. Bahan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pelat baja tebal 2mm - Pelat seng tebal 1 mm - Akrilik tebal 5 mm - Baut dan mur M4 - Gagang pintu <p>b. Alat:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mesin Las - Gerinda - Kaca Mata Las - Mistar Baja - Peggores - Penitik
Setelah <i>body box</i> dan <i>pintu box</i> telah jadi, dilanjutkan dengan pemasangan engsel sebagai penghubung <i>body</i> dan <i>pintu box</i> menggunakan baut dan mur. Dilanjutkan pemasangan komponen elektronik dan kontroller yang akan terpasang pada <i>box</i> elektronik.			

3.3.4 Tahap Perakitan dan *Input* Program

Pada tahap ini dilakukan perakitan sub komponen mekanis yang telah dibuat ditahap sebelumnya dan juga perakitan komponen eletronis hingga mesin injeksi *molding* menjadi mesin yang utuh. *Input* program juga dilakukan pada tahap ini.

Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini meliputi:

1. Perakitan Unit injeksi

Unit injeksi terdiri dari beberapa komponen penyusun, dengan komponen utama yaitu *hopper, barrel, screw extrusion, heater, nozzle, base injektion, bearing, pulley, v belt, motor stepper, dan juga dudukan motor stepper*. Yang akan dirakit menjadi satu kesatuan sub-rakitan unit injeksi.

2. Perakitan *Clamping Unit*

Clamping unit adalah sub-rakitan yang terdiri atas beberapa komponen penyusun utama yaitu, *motor stepper, dudukan motor stepper, pulley, v belt, linear screw, poros slide, base slider, movable plate* dan juga *limit switch*.

3. Perakitan *Molding Unit*

Molding unit ini adalah sub rakitan yang dapat diganti sesuai kebutuhan produk cetak yang dicetak. Sehingga perlu didesain terlebih dahulu mengikuti spesifikasi mesin yang dibuat. *Molding unit* ini terdiri atas beberapa komponen diantaranya *fix mold, moveable mold, ejector*, dan pegas.

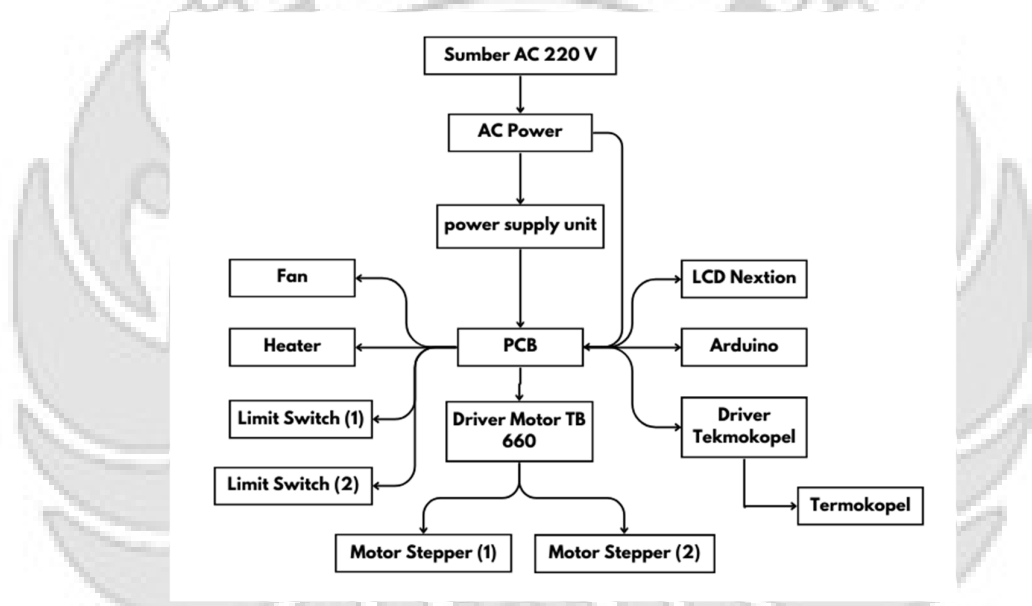
4. Perakitan elektronis

Perakitan elektronis ini dilakukan dengan tujuan mesin dapat berjalan. Komponen-komponen elektronis utama pada alat cetak injeksi *molding* ini

diantaranya rangkaian pcb, *power supply* unit, *motor driver*, kabel, *socket power*, dan juga kabel *power*.

5. *Input* program

Proses pembuatan dan penginputan program dilakukan menggunakan Arduino uno, dengan *output* berupa LCD *Nextion* yang telah terprogram sebagai kontrol parameter injeksi.



Gambar 3. 6 Diagram Sistem Kontrol

3.4 Tahap Pengujian

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap program yang dibuat, serta pengambilan sampel produk hasil cetakan. Proses pengambilan data dilakukan dengan membandingkan kualitas masing-masing hasil cetakan dari dua jenis mold yang dibuat dengan parameter yang ditentukan. Adapun langkah pengujian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

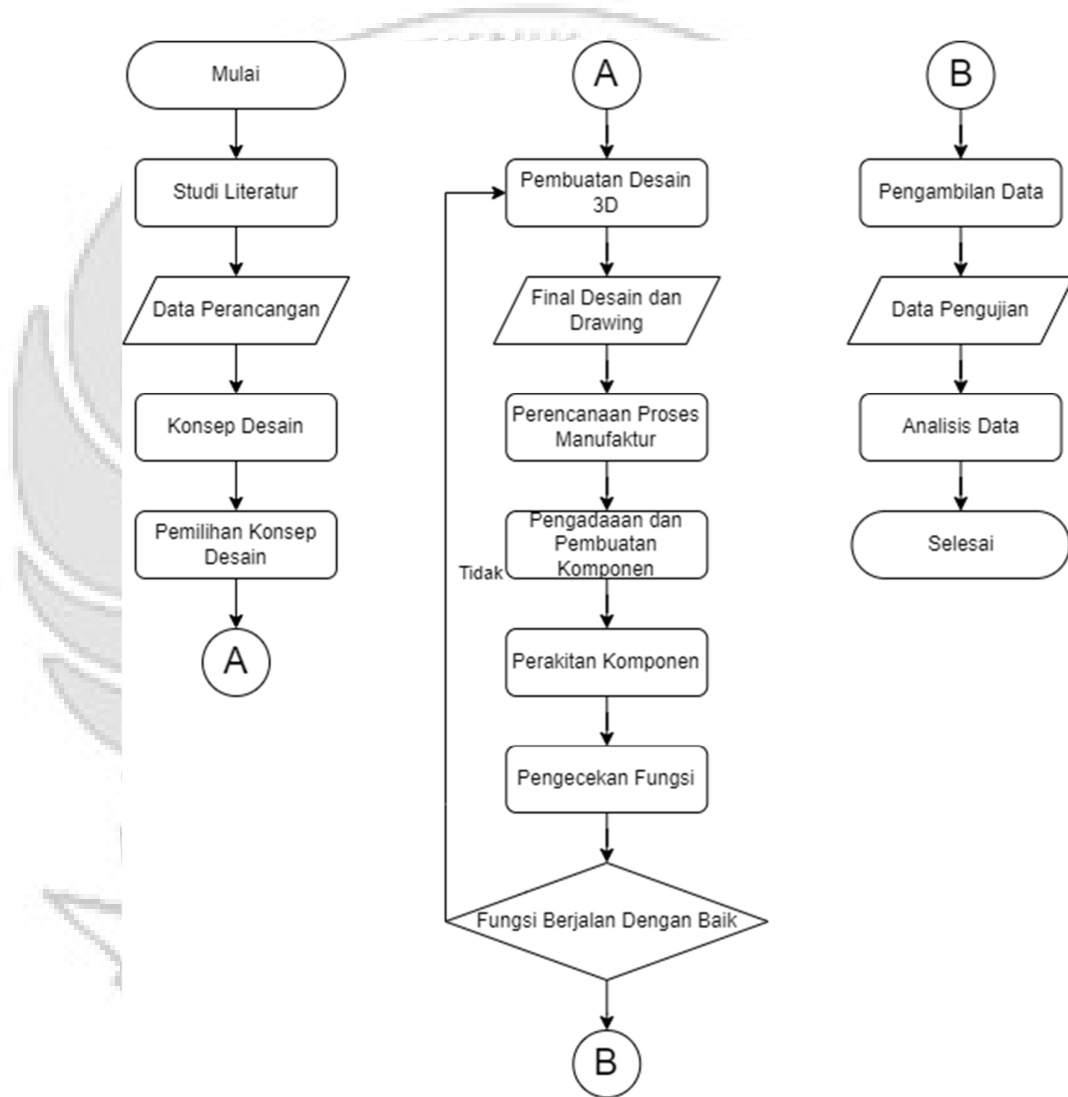
1. Siapkan sampel bahan uji coba dalam hal ini adalah limbah plastik yang akan digunakan.
2. Masukkan bahan ke dalam *hopper* mesin injeksi *molding*.
3. Menghidupkan mesin injeksi *molding*.
4. Mengatur temperatur yang akan diuji untuk mendapatkan hasil produk yang diharapkan.
5. Mengatur kecepatan injeksi yang akan diuji.
6. Mengamati apakah mesin bekerja dengan baik.
7. Mengamati hasil cetakan dan membandingkannya dengan hasil cetak lainnya dengan setting parameter yang diuji untuk mengetahui setting parameter mana yang lebih baik.

3.5 Teknik Analisis Data

Tahapan terakhir dari pembuatan alat cetak injeksi *molding* adalah tahap analisis data. Data yang telah terkumpul melalui proses pengujian dianalisis secara deskriptif dengan mengamati kualitas sampel hasil pengujian. Setelah mengamati kualitas sampel hasil pengujian, selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap efektivitas proses produksi dalam satu rentang waktu. Dari hasil analisis tersebut, didapatkan hasil berupa kesimpulan terhadap tingkat keberhasilan alat cetak injeksi *molding* tersebut. Variabel terukur yang diuji antara lain: suhu injeksi, tekanan injeksi, *filling time*, *cooling time*, dan juga *volume material*.

3.6 Diagram Alir

Dalam proses perancangan alat injeksi *molding*, diharapkan dapat mengikuti alur atau tahapan yang telah direncanakan, adapun alur perancangan dari alat injeksi *molding* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. 7 Diagram Alir Penelitian

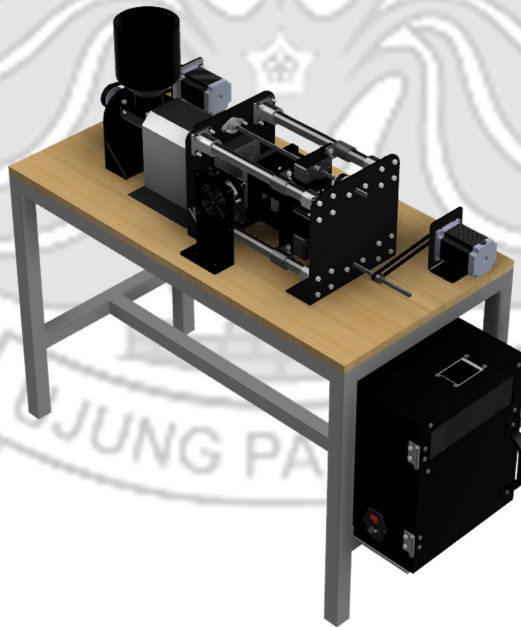
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian alat injeksi *molding* yang telah dirancang untuk memperoleh data dan mengetahui kemampuan alat telah bekerja sesuai dengan yang diharapkan dan berjalan sesuai dengan teori yang direncanakan. Adapun hasil dari penelitian adalah terwujudnya 1 unit alat injeksi *molding* untuk pemanfaatan limbah plastik menjadi cetakan kue. Mesin ini menggunakan *screw* sebagai penggerak kemudian menekan material ke *nozzle* dan elemen *band heater* sebagai pemanas yang bersumber dari energi listrik serta *molding* yang berfungsi sebagai pencetak.

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Hasil Perancangan Alat

4.1.1.1 Desain Alat Injeksi *Molding*



Gambar 4. 1 Hasil Perancangan Alat Injeksi *Molding*

Spesifikasi alat injeksi *molding* :

- 1) Dimensi : 800 mm x 400 mm x 300 mm
- 2) Daya Pemanas : 900 Watt
- 3) Material : LDPE dan HDPE
- 4) Temperatur Maksimal : 240 °C
- 5) Waktu Pemanasan : ±27 Menit
- 6) Biaya Pembuatan : Rp. 13,571,892
- 7) Waktu Injeksi : 50 s – 75 s
- 8) Diameter *Nozzle* : Ø4 mm
- 9) Spesifikasi *Heater* : 45 mm x Ø40 mm
- 10) *Screw* : 230 mm x Ø 25 mm

4.1.1.2 Perhitungan Kekuatan Alat

1) Perhitungan Volume

a) Hopper

$$\text{Massa} = 7736.807 \text{ g}$$

$$\text{Volume} = 9.85.600 \text{ mm}^3$$

b) Barrel

$$\text{Massa} = 360.936 \text{ g}$$

$$\text{Volume} = 45.405 \text{ mm}^3$$

Volume total hopper dan barrel

$$\begin{aligned} V_{\text{tot}} &= V_{\text{hopper}} + V_{\text{Barrel}} \\ &= 9.856.000 \text{ mm}^3 + 45.405 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$= 9.901.405 \text{ mm}^3$$

2) Spesifikasi Cetakan

- a) Massa : 984 g
- b) Volume : 8918.719 mm³
- c) Dimensi : 80 mm x 80 mm x 30 mm

3) Perhitungan cetakan material HDPE dan LDPE

a) LDPE

- Massa Produk

Diketahui :

$$V_{tot} = 7577,8 \text{ mm}^3$$

$$\text{Massa jenis } (\rho) = 0,925 \text{ g/mm}^3$$

$$W_m = \frac{v_{tot} \times \rho}{1000} = \frac{7577,8 \times 0,925}{1000} = 7 \text{ g}$$

- Shot Weight

$$S_w = \frac{w_m}{0,8} = \frac{7}{0,8} = 8,75 \text{ gr}$$

- Filling time

$$F_t = 51 \text{ sekon}$$

- Volumetric flow

$$V_f = \frac{V_{tot}}{F_t} = \frac{7577,8}{51} = 148,58 \text{ mm}^3/\text{sec}$$

b) HDPE

- Massa Produk

Diketahui :

$$V_{tot} = 7577,8 \text{ mm}^3$$

Massa jenis (ρ) = 0,953 g/mm³

$$W_m = \frac{v_{tot} \times \rho}{1000} = \frac{7577,8 \times 0,953}{1000} = 7,2 \text{ g}$$

– Shot Weight

$$S_w = \frac{w_m}{0.8} = \frac{7,2}{0.8} = 9.02 \text{ gr}$$

– Filling time

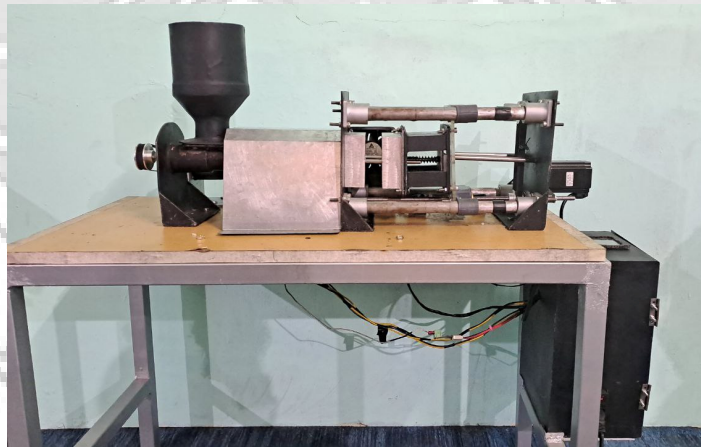
$$F_t = 75 \text{ sekon}$$

– Volumetric flow

$$V_f = \frac{V_{tot}}{F_t} = \frac{7577,8}{75} = 101,03 \text{ mm}^3/\text{sec}$$

4.1.2 Hasil Pembuatan Alat

Dari hasil rancangan dan pembuatan alat injeksi *molding* dapat dihasilkan alat injeksi pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Alat Injeksi *Molding*

4.1.3 Hasil Pengujian Alat





1) Material Plastik LDPE


Tabel 4. 1 Tabel Material Plastik LDPE

No.	Model Cetakan	Temperatur (°C)	Filling Time	Berat (gram)
1.	 Sampel 1	160°C	51 sekon	8 gram
2.	 Sampel 2	165°C	51 sekon	8 gram
3.	 Sampel 3	170°C	51 sekon	8 gram
4.	 Sampel 4	175°C	51 sekon	9 gram
5.	 Sampel 5	180°C	51 sekon	7 gram

2) Material Plastik HDPE

Tabel 4. 2 Material Plastik HDPE

No.	Model Cetakan	Temperatur (°C)	Filling Time	Berat (gram)
1.	 Sampel 1	170°C	75 sekon	8 gram
2.	 Sampel 2	180°C	75 sekon	8 gram
3.	 Sampel 3	190°C	75 sekon	8 gram
4.	 Sampel 4	200°C	75 sekon	8 gram

No.	Model Cetakan	Temperatur (°C)	Filling Time	Berat (gram)
5.		210°C	75 sekon	8 gram
Sampel 5				

4.2 Pembahasan

Dari tabel hasil pengujian dapat dilihat sebagai berikut:

1. Temperatur pemanasan yang divariasikan dari temperatur 160°C – 180°C pada Material Plastik LDPE maupun variasi temperatur dari 170°C - 200°C pada material HDPE tidak berpengaruh signifikan terhadap waktu pengisian cetakan (*filling time*). Pada suhu yang lebih rendah dari 160°C plastik tidak mencair sempurna dan menghasilkan produk dengan lubang *void* yang agak banyak. Pada kondisi sebaliknya, dengan *temperature* yang lebih besar dari 200°C, kemungkinan plastik akan terlalu cair dan akan mengakibatkan masalah seperti material plastik yang berlebihan pada proses injeksi. Selain kemungkinan tersebut, suhu yang lebih besar dari 200°C pada material plastik LDPE menunjukkan perubahan karakteristik plastik, yang pada kondisi normal plastik LDPE memiliki fleksibilitas yang baik namun, fleksibilitas hasil cetak dengan pemanasan lebih dari 200°C tidak begitu baik (getas).
2. Secara visual pada material plastik LDPE, lubang *void* yang terbentuk terlihat dengan jelas pada *temperature* 160°C walaupun demikian jumlah lubang *void*

agak berkurang pada *temperature* yang lebih tinggi. Hasil terbaik terlihat pada sampel nomor 5 dimana lubang *void* tidak tampak lagi secara visual.

3. Pada material HDPE, terlihat bahwa temperatur 170°C menghasilkan produk yang agak kasar permukaannya dengan burr yang terlihat melengket di sekeliling produk. Hal ini menunjukkan bahwa temperatur 170°C belum cukup untuk melelehkan plastik HDPE dengan sempurna. Temperatur cetakan yang terlalu rendah akan menyebabkan plastik mengeras dengan cepat, mengakibatkan ketidaksesuaian dengan cetakan sehingga cenderung terjadi pengendapan/perekatan pada cetakan.
4. Indikasi lain adalah tampilan warna dimana suhu yang sesuai akan menghasilkan produk dengan warna yang lebih cerah sehingga dapat dilihat bahwa *temperature* yang cocok untuk LDPE adalah 175°C – 180°C, sedangkan untuk HDPE adalah *temperature* 190°C – 200°C.
5. Terdapat perbedaan *filling time* pada proses pencetakan material LDPE dengan material HDPE, hal ini bisa disebabkan perbedaan karakteristik material dan juga penurunan kinerja alat injeksi *molding* akibat terjadinya deformasi *belt* yang digunakan pada unit injeksi berupa perubahan ukuran (mengendur) akibat pemakaian terus menerus pada suhu yang cukup tinggi. Mengendurnya *belt* menyebabkan terjadinya selip *belt* terhadap *pulley*, yang berimbas pada penurunan tekanan injeksi yang berakibat *filling time* yang lebih lama.
6. Selama proses percobaan hingga didapatkan hasil cetak yang penuh, sering terjadi *short shot*. *Short shot* ini diakibatkan oleh suhu cetakan yang terlalu

rendah (dingin) dan menyebabkan plastik mengeras sebelum memenuhi cetakan.

7. *Black spot* yang terjadi pada hasil cetakan plastik LDPE dan HDPE disebabkan oleh proses pencetakan sebelumnya yang mengalami kegagalan akibat suhu yang terlalu tinggi dan meninggalkan *black spot* pada hasil cetakan berikutnya.
8. Proses *cooling* dengan sistem yang dirancang menggunakan kipas, belum menemui keefektifan fungsi yang baik, karena waktu pendinginan yang cukup lama untuk mendinginkan cetakan dan hasil cetak. Proses pendinginan yang lama ini menyebabkan penyusutan cetakan dan hasil cetakan berlangsung signifikan imbang dan berakibat sulitnya proses pelepasan plastik dari cetakan. Oleh karena itu Selama proses pengambilan data proses *cooling* dipercepat dengan memasukkan *mold* (cetakan) dalam keadaan panas kedalam air.
9. Fitur *ejector* pada alat injeksi *molding* yang dirancang tidak menunjukkan efektivitas yang baik pada cetakan (*mold*) yang dibuat. *Ejector* bekerja dan menyebabkan patahnya *runner* sehingga terjadi kegagalan pelepasan hasil cetak secara otomatis.

4.3 Hasil Perhitungan Biaya Manufaktur Pembuatan Mesin

Menurut Carter (2013) biaya manufaktur atau biasa disebut dengan biaya produksi atau dengan nama lain biaya pabrik, merupakan hasil penjumlahan dari tiga jenis biaya yaitu biaya bahan baku langsung, biaya tenaga kerja langsung, biaya *overhead* pabrik. Biaya produksi adalah suatu pengeluaran atau pengorbanan yang dilakukan untuk mengubah bahan baku menjadi bahan setengah jadi hingga menjadi produk jadi.

4.3.1 Biaya Bahan Langsung

Biaya bahan langsung yaitu jumlah *cost* yang dikeluarkan secara keseluruhan untuk membeli komponen atau material penyusun yang akan digunakan dalam proses pembuatan alat injeksi *molding* untuk cetakan kue.

Tabel 4. 3 Tabel Biaya Material Dan Komponen Sistem Mekanik

No.	Nama Komponen	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Motor Stepper Nema 23 57HS82 2.2Nm 3A CNC Bipolar	2 Unit	Rp 432,900	Rp 865,800
2	Aluminium Plat	1 Unit	Rp 332,020	Rp 332,020
3	Heater Band	3 Unit	Rp 65,000	Rp 195,000
4	Fan	1 Unit	Rp 31,500	Rp 31,500
5	AS 2 inch	1 Unit	Rp 215,000	Rp 215,000
6	Pipa Astom 1.2 meter	1 Unit	Rp 75,000	Rp 75,000
7	Filamen ABS	1 Unit	Rp 266,000	Rp 266,000
8	Linear Screw	2 Unit	Rp 118,000	Rp 236,000
9	Spring 1.5 mm	2 Unit	Rp 15,000	Rp 30,000
10	Spring 0.7 mm	4 Unit	Rp 2,500	Rp 10,000
11	Plat Baja (tebal 3 mm)	1 Unit	Rp 397,500	Rp 397,500
12	Bearing Pillow Block KFL 08	4 Unit	Rp 17,500	Rp 70,000
13	Bearing Pillow Block KFL 10	1 Unit	Rp 28,500	Rp 28,500

No.	Nama Komponen	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
14	Bearing Pillow Block KFL 12	1 Unit	Rp 28,500	Rp 28,500
15	Akrilik 20 mm x 20 mm	1 Unit	Rp 19,200	Rp 19,200
16	Timing Belt	3 Unit	Rp 24,000	Rp 72,000
17	AS Stainless Ø8 mm 500 mm	1 Unit	Rp 48,000	Rp 48,000
18	Besi Hollow 30 mm x 30 mm	1 Unit	Rp 100,000	Rp 100,000
19	Baut dan Mur M6	4 Unit	Rp 1,000	Rp 4,000
20	Baut dan Mur M5	80 Unit	Rp 1,281	Rp 102,480
21	Baut dan Mur M4	4 Unit	Rp 250	Rp 1,000
22	Nozzle	1 Unit	Rp 18,000	Rp 18,000
23	Timing Belt 300 mm	1 Unit	Rp 24,000	Rp 24,000
24	Timing Belt 400 mm	1 Unit	Rp 22,600	Rp 22,600
25	Timing Pulley 60 T	2 Unit	Rp 59,000	Rp 118,000
26	Timing Pulley 30 T	2 Unit	Rp 32,500	Rp 65,000
27	Bearing Ball Bushing 10 mm	1 Unit	Rp 22,000	Rp 22,000
28	Bearing Ball Bushing 8 mm	1 Unit	Rp 4,500	Rp 4,500
29	Ring Baut M5	40 Unit	Rp 250	Rp 10,000
Total				Rp 3,411,600

Tabel 4. 4 Tabel Biaya Komponen Sistem Kelistrikan dan Kontrol

No	Nama Bahan	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Arduino Mega CH340	1 Unit	Rp 210,000	Rp 210,000
2	Resistor 4K7	15 Unit	Rp 200	Rp 3,000
3	Resistor 220	15 Unit	Rp 200	Rp 3,000
4	Resistor 47K 2W	5 Unit	Rp 500	Rp 2,500
5	PC817	4 Unit	Rp 1,000	Rp 4,000
6	Relay	1 Unit	Rp 5,000	Rp 5,000
7	Kapasitor 0.47UF/50V ELCO 4X7MM	6 Unit	Rp 200	Rp 1,200
8	Kapasitor 0.1UF/50V ELCO 4X7MM	6 Unit	Rp 200	Rp 1,200
9	Tenol 10M	1 Unit	Rp 21,000	Rp 21,000
10	White Housing 2P 2,54mm	10 Unit	Rp 1,000	Rp 10,000
11	White Housing 4P 2,54mm	4 Unit	Rp 1,000	Rp 4,000
12	White Housing 5P 2,54mm	4 Unit	Rp 1,250	Rp 5,000
13	Kabel Jumper Internal	6 Unit	Rp 500	Rp 3,000
14	Kabel Jumper External Hitam	6 Unit	Rp 2,000	Rp 12,000
15	Kabel Jumper External Merah	6 Unit	Rp 2,000	Rp 12,000

No	Nama Bahan	Jumlah	Harga Satuan (Rp)		Harga Total (Rp)	
16	Dioda 1n4004	8 Unit	Rp	500	Rp	4,000
17	MOC3021	2 Unit	Rp	4,000	Rp	8,000
18	Resistor 1K 2W	2 Unit	Rp	500	Rp	1,000
19	Soket IC 6P	4 Unit	Rp	1,000	Rp	4,000
20	BTA16-600B	2 Unit	Rp	4,000	Rp	8,000
21	Terminal Block 2P With Cover	4 Unit	Rp	4,000	Rp	16,000
22	Pin Header Male & female	6 Unit	Rp	2,000	Rp	12,000
23	Skun Kabel Y	16 Unit	Rp	500	Rp	8,000
24	HCL	1 Unit	Rp	20,000	Rp	20,000
25	H2O2	1 Unit	Rp	20,000	Rp	20,000
26	PCB	1 Unit	Rp	15,000	Rp	15,000
27	Print Layout	1 Unit	Rp	5,000	Rp	5,000
28	Sensor suhu	1 Unit	Rp	47,000	Rp	47,000
29	Limit Switch	2 Unit	Rp	5,000	Rp	10,000
30	Kabel Ties	1 Unit	Rp	6,000	Rp	6,000
31	Heat shrinkable	2 Unit	Rp	2,500	Rp	5,000
32	Spacer 30mm	4 Unit	Rp	2,200	Rp	8,800
33	Spacer 10mm	10 Unit	Rp	1,300	Rp	13,000

No	Nama Bahan	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
34	Temperature Sensor Stainless Steel Casing	2 Unit	Rp 3,000	Rp 6,000
35	LM7805	3 Unit	Rp 1,700	Rp 5,100
36	LM7812	2 Unit	Rp 1,800	Rp 3,600
37	LM2596	1 Unit	Rp 14,000	Rp 14,000
38	Kabel Pita	1 Unit	Rp 9,000	Rp 9,000
39	Nextion	1 Unit	Rp 378,000	Rp 378,000
40	Driver Stepper	2 Unit	Rp 73,500	Rp 147,000
41	PSU	1 Unit	Rp 52,500	Rp 52,500
42	Dimmer X	1 Unit	Rp 121,000	Rp 121,000
Total				Rp 1,243,900

Tabel 4. 5 Total Biaya Langsung Pada Alat injeksi *Molding*

Total Anggaran Biaya Langsung			
No	Keterangan	Total Harga	
1	Material dan Komponen Sistem Mekanik	Rp	3,411,600
2	Material dan Komponen Sistem kelistrikan & kontrol	Rp	1,243,900
Total		Rp	4,655,500

Berdasarkan tabel diatas total anggaran biaya langsung yaitu **Rp. 4,655,500.**

4.3.2 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 4.6 dibawah ini:

Tabel 4. 6 Biaya Tenaga Kerja

No.	Jenis Pekerjaan	Waktu Pengerjaan (Jam)	Upah (jam)	Upah Pengerjaan (Rp)
1	Proses Pemotongan	8 Jam	Rp 21,000	Rp 168,000
2	Proses Pengelasan	5 Jam	Rp 21,000	Rp 105,000
3	Proses Pembubutan	15 Jam	Rp 21,000	Rp 315,000
4	Proses Milling	8 Jam	Rp 21,000	Rp 168,000
5	Proses Pengeboran	4 Jam	Rp 21,000	Rp 84,000
6	Proses Pengecatan	3 Jam	Rp 21,000	Rp 63,000
7	Proses 3D Printer	30 Jam	Rp 21,000	Rp 630,000
8	Proses Perakitan	7 Jam	Rp 21,000	Rp 147,000
9	Proses Uji Coba Mesin	25 Jam	Rp 21,000	Rp 525,000
Total				Rp 2,205,000

4.3.3 Biaya Bahan Tidak Langsung

Biaya tidak langsung ialah biaya yang tidak dapat diidentifikasi dengan mudah pada mesin yang sedang diproduksi dan biaya yang terjadi serta manfaatnya tidak dapat diidentifikasi kepada obyek atau pusat biaya tertentu dalam hal ini adalah alat injeksi *molding*. Dalam artian biaya yang dikeluarkan untuk sebuah komponen tidak melekat pada mesin tapi digunakan dalam pembuatan mesin itu sendiri.

1) Biaya Proses Permesinan atau Pengerjaan

Tabel 4. 7 Biaya Tidak Langsung Proses Pengerjaan Alat injeksi *Molding*

Proses Permesinan /Pengerjaan	Nama Bahan	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Proses Pemotongan	Sarung Tangan Kerja	2	Rp 6,000	Rp 12,000
	Sarung Tangan Las	1	Rp 12,000	Rp 12,000
Proses <i>Milling</i>	Pahat <i>Endmill</i> Ø4	3	Rp28,000	Rp 84,000
	Mata Bor M5	1	Rp 20,000	Rp 20,000
Proses Pengeboran	Mata Bor M4	1	Rp 6,000	Rp 6,000
	Tap M5	1	Rp53,000	Rp 53,000
	Center Bor	1	Rp 55,000	Rp 55,000
	Mata Bor Kayu	1	Rp 89,500	Rp 89,500
	Pilox	1	Rp 32,000	Rp 32,000
Proses Pengecatan	Lem Resin	2	Rp39,500	Rp 79,000
	Perata Dempul	1	Rp 6,000	Rp 6,000
	Dempul	1	Rp 28,000	Rp 28,000
	Amplas Bundar	1	Rp 5,000	Rp 5,000

Proses	Nama Bahan	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Permesinan /Pengerjaan	Kunci L 1 Set	1	Rp 22,000	Rp 22,000
Proses Perakitan	Tang Kombinasi	1	Rp 45,000	Rp 45,000
Total				Rp 548,500

2) Biaya Listrik

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

a) Tarif Listrik Mesin Gerinda

Diketahui :

Daya mesin = 0,54 kW

TDL/Jam = Rp. 1.444,7

Lama Pengerjaan = 8 Jam

Biaya Listrik = (Daya x TDL) x Lama Pengerjaan

= (0,54 x 1.444,7) x 8

= Rp. 6.241,104

b) Tarif Listrik Mesin Las

Diketahui :

Daya mesin = 900 kW

TDL/Jam = Rp. 1.444,7

Lama Pengerjaan = 32 Jam

Biaya Listrik = (Daya x TDL) x Lama Pengerjaan
= (900 x 1.444,7) x 32
= Rp. 41.607,360

c) Tarif Listrik Mesin Bubut

Diketahui :

Daya mesin = 2,85 kW

TDL/Jam = Rp. 1.444,7

Lama Pengerjaan = 48 Jam

Biaya Listrik = (Daya x TDL) x Lama Pengerjaan
= (2,85 x 1.444,7) x 48 = Rp. 197.634,96

d) Tarif Listrik Mesin T.U. 3A

Diketahui :

Daya mesin = 0,5 kW

TDL/Jam = Rp. 1.444,7

Lama Pengerjaan = 15 Jam

Biaya Listrik = (Daya x TDL) x Lama Pengerjaan
= (0,5 x 1.444,7) x 15 = Rp. 10.835,25

e) Tarif Listrik Mesin Frais

Diketahui :

Daya mesin = 0,57 kW

TDL/Jam = Rp. 1.444,7

Lama Pengerjaan = 25 Jam

Biaya Listrik = (Daya x TDL) x Lama Pengerjaan
= (0,57 x 1.444,7) x 25
= Rp. 20.586,975

f) Tarif Listrik Mesin Bor

Diketahui :

Daya mesin = 0,5 kW

TDL/Jam = Rp. 1.444,7

Lama Pengerjaan = 12 Jam

Biaya Listrik = (Daya x TDL) x Lama Pengerjaan
= (0,5 x 1.444,7) x 12 = Rp. 8.668,2

g) Tarif Listrik Print 3D

Diketahui :

Daya mesin = 0,18 kW

TDL/Jam = Rp. 1.444,7

Lama Pengerjaan = 52 Jam

Biaya Listrik = (Daya x TDL) x Lama Pengerjaan
= (0,18 x 1.444,7) x 52
= Rp. 13.522,392

Tabel 4. 8 Total Biaya Tidak Langsung

No.	Biaya Tidak Langsung	Harga (Rp)
1	Biaya Proses Tidak Langsung	Rp 548,500
2	Biaya Listrik	Rp 102,892
	Total	Rp 651,392

Berdasarkan biaya yang diperoleh dari pembuatan alat injeksi *molding*, dapat diketahui total biaya tidak langsung dari mesin tersebut adalah **Rp. 651,391**.

Tabel 4. 9 Total Biaya Rancang Bangun Injeksi *Molding*

No.	Total Biaya	Harga (Rp)
1	Biaya Langsung	Rp 4,655,500
2	Biaya Upah Kerja	Rp 2,205,000
3	Biaya Tidak Langsung	Rp 651,392
	Total	Rp 7,511,892

Adapun total biaya secara keseluruhan dari pembuatan alat injeksi *molding* sebesar **Rp. 7,511,892**.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Alat cetak injeksi *molding* berbahan baku limbah plastik telah berhasil dibuat dengan dimensi yang cukup kecil yaitu 800 mm x 400 mm x 300 mm sehingga praktis dalam penggunaan dan mudah dipindahkan. Selain itu keunggulan lain dari alat ini adalah pengaturan *temperature*, *filling time*, *cooling time*, kecepatan injeksi, dan jumlah siklus dilakukan dengan mikrokontroler berbasis Arduino Mega dilengkapi LCD *touchscreen* Berbasis *Nextion* yang terintegrasi.
2. *Variable* utama yang mempengaruhi kualitas produk hasil alat cetak injeksi *molding* adalah *temperature* yang sesuai dengan jenis limbah plastik yang akan diolah, dimana pada suhu yang lebih rendah dari 160°C plastik tidak mencair sempurna dan menghasilkan produk dengan lubang *void* atau bahkan *short shot* yang sering terjadi. Pada kondisi sebaliknya, dengan *temperature* yang lebih besar dari 200°C, plastik akan terlalu cair dan akan mengakibatkan masalah seperti material plastik yang berlebihan pada proses injeksi.

5.2 Saran

1. Diperlukan data pengujian sifat mekanis seperti kekuatan atau kekerasan sehingga penentuan *temperature* yang lebih sesuai untuk material yang berbeda dapat didukung oleh data pengujian.
2. Diperlukan riset sistem pendinginan berbasis *water cooling* untuk mempercepat waktu pendinginan.

3. Diperlukan riset *mold* (cetakan) dengan *runner* yang terbentuk lebih kuat agar sistem pelepasan hasil cetak dari *mold* (cetakan) secara otomatis dapat dilakukan.
4. Dengan penggunaan mikrokontroler alat ini akan dapat dirangkaikan dengan alat pengumpan (*feeder*) dengan menggunakan system kendali otomatis yang sama.



DAFTAR PUSTAKA

- Alex R. 2011. Dasar Kalkulasi Desain Produk Plastik dan *Molding*. Bagian-1. Jakarta.
- Alfara. Muhammad Devo, Yunus. Muhammad Asrul Adhani, Amal. Mujahid Ikhlasul, 2020, “Rancang Bangun Mesin Injeksi Plastik dengan Sistem Penekan Pneumatik”, Program Studi D4 Teknik Manufaktur, Jurusan teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar.
- Carter, William K. 2013. Akuntansi Biaya. Terjemahan Krista. Buku 1. Edisi 14. Jakarta : Salemba Empat.
- Chandra, Budiman. 2008. Plastic Injeksi *Molding* Design (Advance). Bandung: Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.
- Dewey.petra.ac.id. 2008. Meta Plastik Chapter 2. Diakses pada 07 Februari 2023. dewey.petra.ac.id/repository/jiunkpe/jiunkpe/s1/tmi/2008/jiunkpe-ns-s1-2008-25404055-11235-meta_plastik-chapter2.pdf
- Henry, D., Alimuddin, S. T., & Mt, R. W. Simulasi Kendali Integral-Gain Scheduling Untuk Temperatur Dan Pid-Gain Scheduling Untuk Kelembaban Pada Model Inkubator Bayi Manusia.
- Inaparts.com. Sistem Pneumatic: Pengertian, Bagian, Dan Kegunaanya. Diakses pada tanggal 08 Maret 2023. <https://inaparts.com/mechanical-parts/hydraulic-pneumatic/sistem-pneumatic/>
- Katadata.co.id. 2016. Ekonomi Melingkar Solusi Sampah Indonesia. Diakses pada tanggal 03 Februari 2023. <http://katadata.co.id/infografik/2023/02/03/ekonomi-melingkar-solusi-sampah-indonesia>
- Mujiarto, I. (2005). Sifat dan karakteristik material plastik dan bahan aditif. *Traksi*, 3(2), 65.
- Nur, R., & Suyuti, M. A. (2018). *Perancangan mesin-mesin industri*. Deepublish.
- Nur, R., Parahdiba, N. P., Abdullah, I., Roji, D. F., Sahriana, S., & Mansur, I. (2022). Rancang Bangun Mesin Ektrusi Pembuat Filamen dengan Sistem Screw Conveyor. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 20(1), 67-76.

- Pramono, G. E., Yuliaji, D., Waluyo, R., & Jaenal, J. (2015). Rancang Bangun CNC Mini Router 3 Axis untuk Keperluan Praktikum CAD/CAM. *AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 1(1), 6-14.
- Rifaldi, Muhammad dkk. 2019. Rancang Bangun Mesin CNC Router. Tugas Akhir Program Studi Teknik Manufaktur. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Rizkika, Fadhilah, Razzaq Fathur, and Setiawan Setiawan. 2018. *RANCANG BANGUN MESIN INJEKSI MINI PENGOLAHAN LIMBAH CANGKIR PLASTIK*. Diss. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
- Sendi. 2012. Cacat – Cacat pada Proses Injeksi *Molding*. Manufaktur.
- Sholeh, Muh. Idham Rahmat, et al. 2022. Rancang Bangun Alat Injeksi Plastik Berteknologi Tepat Guna. Diss. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Sultan, Ahmad Zubair, et al. 2021. "Rancang Bangun Mesin Injeksi Plastik dengan Sistem Penekan Pneumatik." *Jurnal Teknik Mesin Sinergi* 19.2 : 244-251.
- Teknikelektro.Com. 2021. Motor Linear Actuator. Diakses Pada 09 Maret 2023. <https://www.teknikelektro.com/2021/10/motor-linear-actuator.html>.
- Zed, Mestika. 2004. Metode Penelitian Kepustakaan. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia, Cet. Ke-1.

L

A

M

P

I

R

A

N

LAMPIRAN 1 PROSES MANUFAKTUR



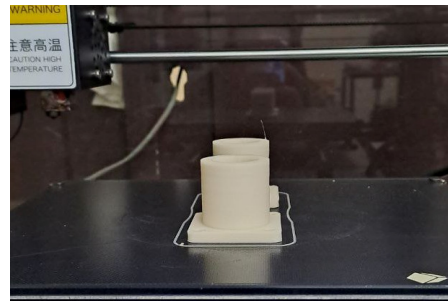
(Proses Pembubutan)



(Proses Frais/Turning)



(Proses Milling T.U 3A)



(Proses Print 3D)

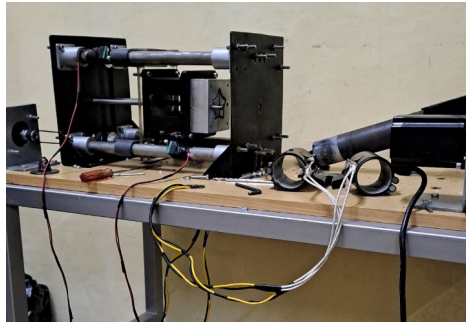
LAMPIRAN 2 PROSES PERAKITAN



(Proses Perakitan atau Assembly Part)



(Proses Perakitan sistem kontrol)



(Proses Perakitan/ Assembly semua komponen)



(Proses penyambungan sistem mekanik dengan sistem kontrol)

LAMPIRAN 3 MATERIAL PLASTIK



Botol Plastik



(Biji Plastik LDPE)



(Hasil Cacahan Botol Plastik/ HDPE)

LAMPIRAN 4 PROSES PENGUJIAN ALAT



Mold Terisi Material LDPE



Mold Terisi Material HDPE

LAMPIRAN 5 HASIL CETAKAN

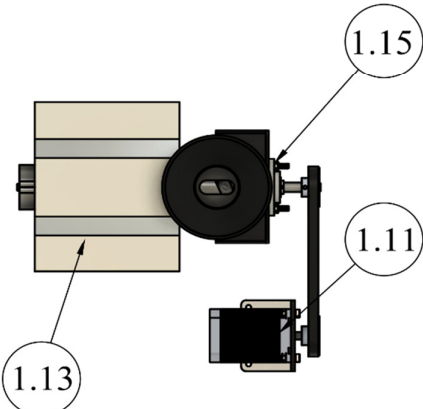
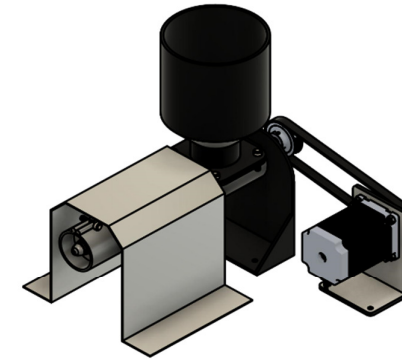
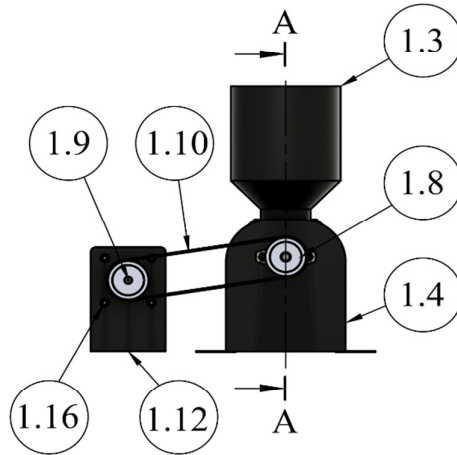
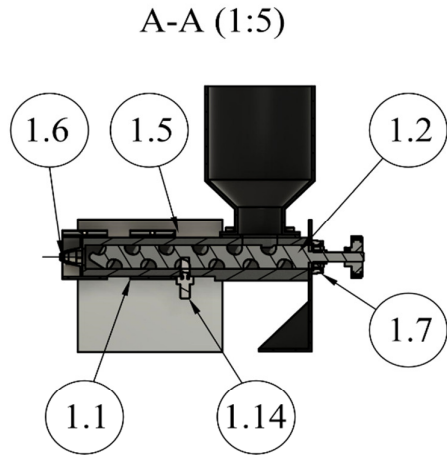


(Hasil Cetakan LDPE)



(Hasil Cetakan HDPE)

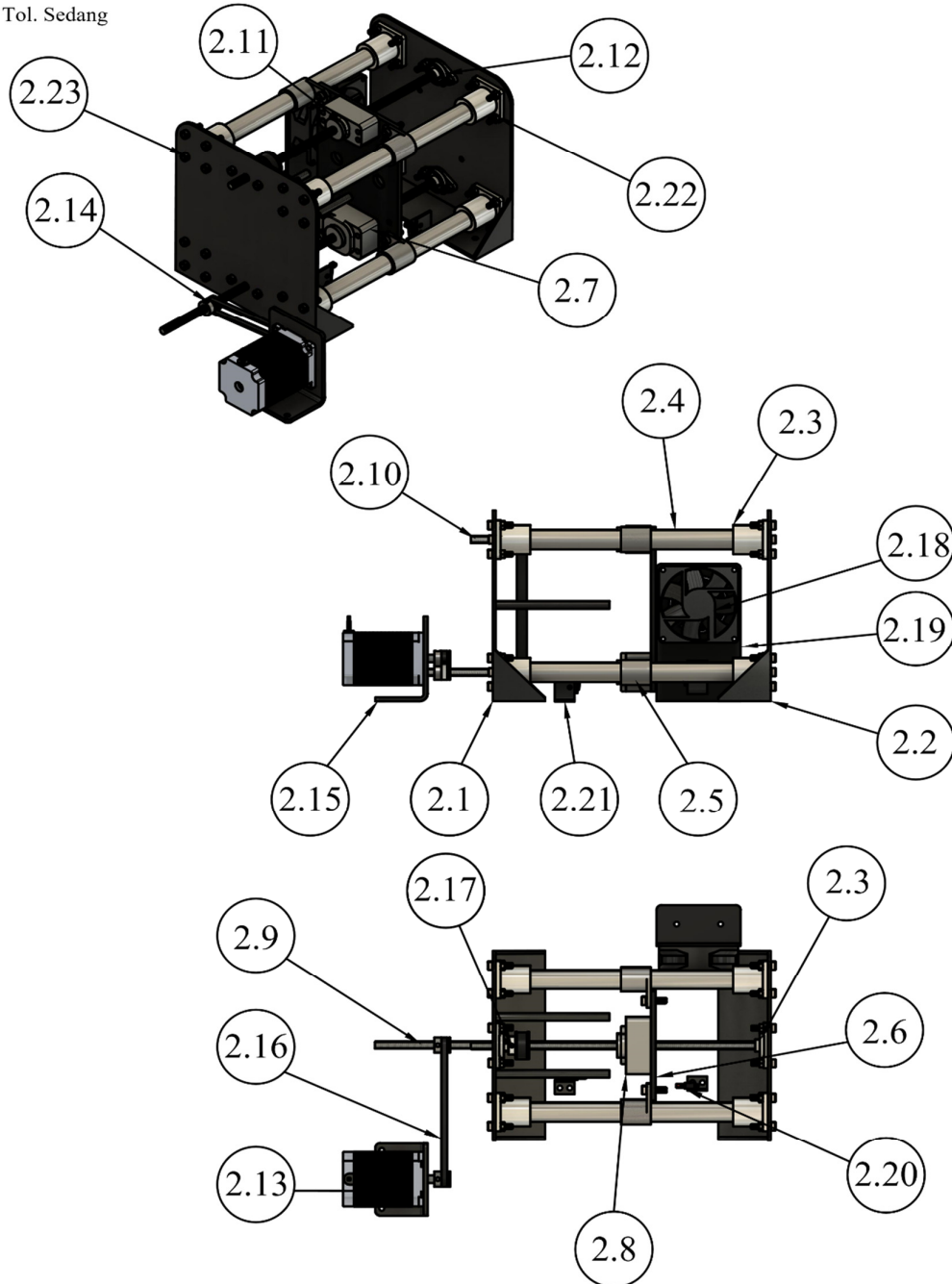
Tol. Sedang



	12	Bolt M5	1.16	Stainless Steel	M5 x 25	Standard
	12	Nut M5	1.15	Stainless Steel	M5	Standard
	1	Thermocouple Type K	1.14	-	-	Standard
	1	Cover Barrel	1.13	Galvanis Steel	135 x 165 x 145	Manufactured
	1	Mounting Nema 23	1.12	Steel	110 x 50 x 75	Manufactured
	1	Nema 23 for Extruder	1.11	-	86 x 56 x 56	Standard
	1	Timing Belt Close Loop 300mm	1.10	Rubber	Ø400 W10	Standard
	1	Timing Pulley 60T Bore 8mm	1.9	Stainless Steel	60T W10	Standard
	1	Timing Pulley 60T Bore 10mm	1.8	Stainless Steel	60T W10	Standard
	1	Pillow Block KFL000	1.7	Aluminium	KFL000	Standard
	1	Nozzle	1.6	Copper	Ø20 x 23	Standard
	2	Heater Band	1.5	Stainless Steel	Ø40 x 45	Standard
	1	Mounting Barrel	1.4	Steel	120 x 140 x 53	Manufactured
	1	Hopper	1.3	Steel	110 x 110 x 153	Manufactured
	1	Screw Extruder	1.2	High Speed Steel	Ø25 x 260	Standard
	1	Barrel	1.1	Steel	80 x 80 x 224	Manufactured
	Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan

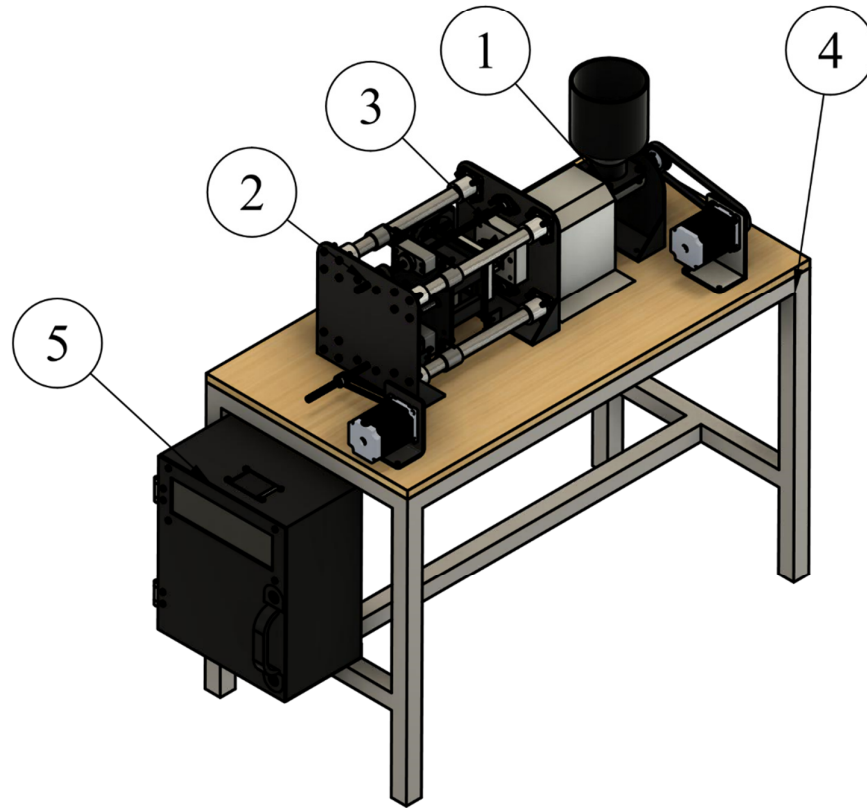
III	II	I				
			SUB ASSEMBLY INJECTION UNIT		Skala 1:5	Digambar TIM Diperiksa MBN
			POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG		009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang



	56	Bolt M5	2.23	Steel	M5 x 25	Standar	
	56	Nut M5	2.22	Steel	M5	Standar	
	2	Mounting Limit Switch	2.21	Steel	35 x 35 x 20	Manufactured	
	2	Limit Switch	2.20	-	28 x 10 x 16	Standar	
	1	Mounting Fan	2.19	Steel	145 x 85 x 43	Manufactured	
	1	Cooling Fan	2.18	Plastic	80 x 80 x 30	Standar	
	2	Timing Pulley 40T Bore 8mm	2.17	Stainless Steel	40T W10	Standar	
	1	Timing Belt Close Loop 400mm	2.16	Rubber	Ø400 W10	Standar	
	1	Mounting Nema 23 Clamping Unit	2.15	Steel	90 x 53 x 75	Manufactured	
	2	Timing Pulley 20T Bore 8mm	2.14	Stainless Steel	20T W10	Standar	
	1	Nema 23 Clamping Unit	2.13	-	86 x 56 x 56	Standar	
	4	Pillow Block KFL008	2.12	-	Standard KFL008	Standar	
	2	Nut Linear Screw T8	2.11	Brass	Standard T8	Standar	
	1	Linear Screw T8 300mm	2.10	Steel	Standard T8 x 300	Standar	
	1	Linear Screw T8 400mm	2.9	Steel	T8 x 400	Standar	
	1	Top Loader	2.8	ABS+	60 x 30 x 28	Manufactured	
	1	Bottom Loader	2.7	ABS+	60 x 40 x 30	Manufactured	
	1	Moveable Plate	2.6	Acrylic	115 x 173 x 5	Manufactured	
	4	Mounting Plate Slider	2.5	ABS+	43 x 30 x 26	Manufactured	
	4	Shaft Slider	2.4	Steel	Ø20 x 300	Manufactured	
	4	Mounting slider	2.3	ABS+	40 x 40 x 35	Manufactured	
	1	Base Clamping 2	2.2	Steel	200 x 200 x 53	Manufactured	
	1	Base Clamping 1	2.1	Steel	200 x 200 x 53	Manufactured	
	Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I					
			SUB ASSEMBLY CLAMPING UNIT			Skala 1:5	Digambar TIM
						Diperiksa MBN	
			POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			009/010/011/MFG-4A/09/2023	

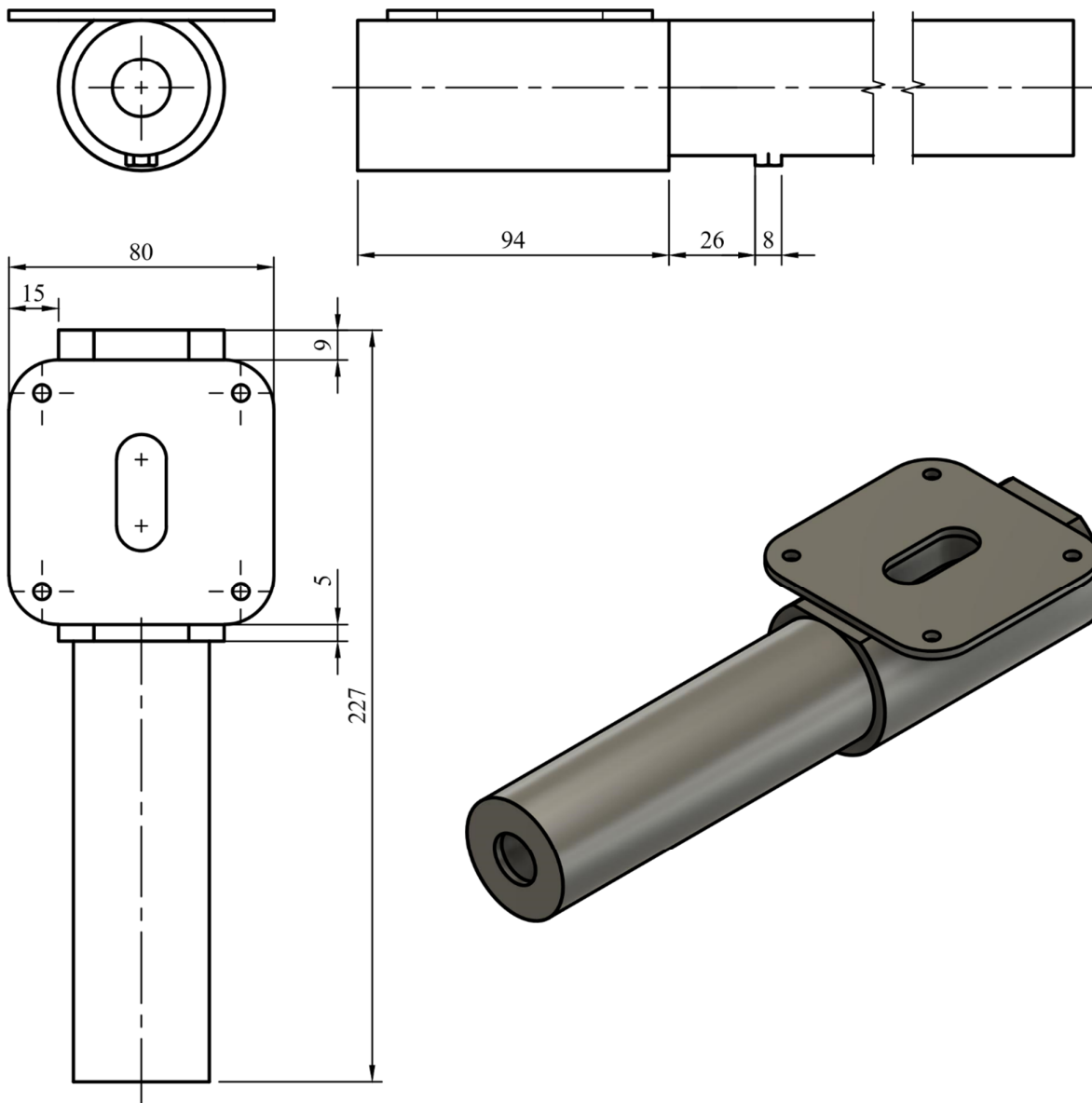
Tol. Sedang



		1	Box Elektronik & kontrol	5	-	300 x 250 x 150	Manufactured	
		1	Meja	4	-	800 x 400 x 545	Manufactured	
		1	Molding Unit	3	-	120 x 105 x 105	Manufactured	
		1	Clamping Unit	2	-	430 x 325 x 200	Manufactured	
		1	Injection Unit	1	-	300 x 285 x 280	Manufactured	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
RANCANG BANGUN ALAT INJEKSI <i>MOLDING</i> UNTUK PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK MENJADI CETAKAN KUE						Skala 1 : 10	Digambar TIM Diperiksa MBN	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023		

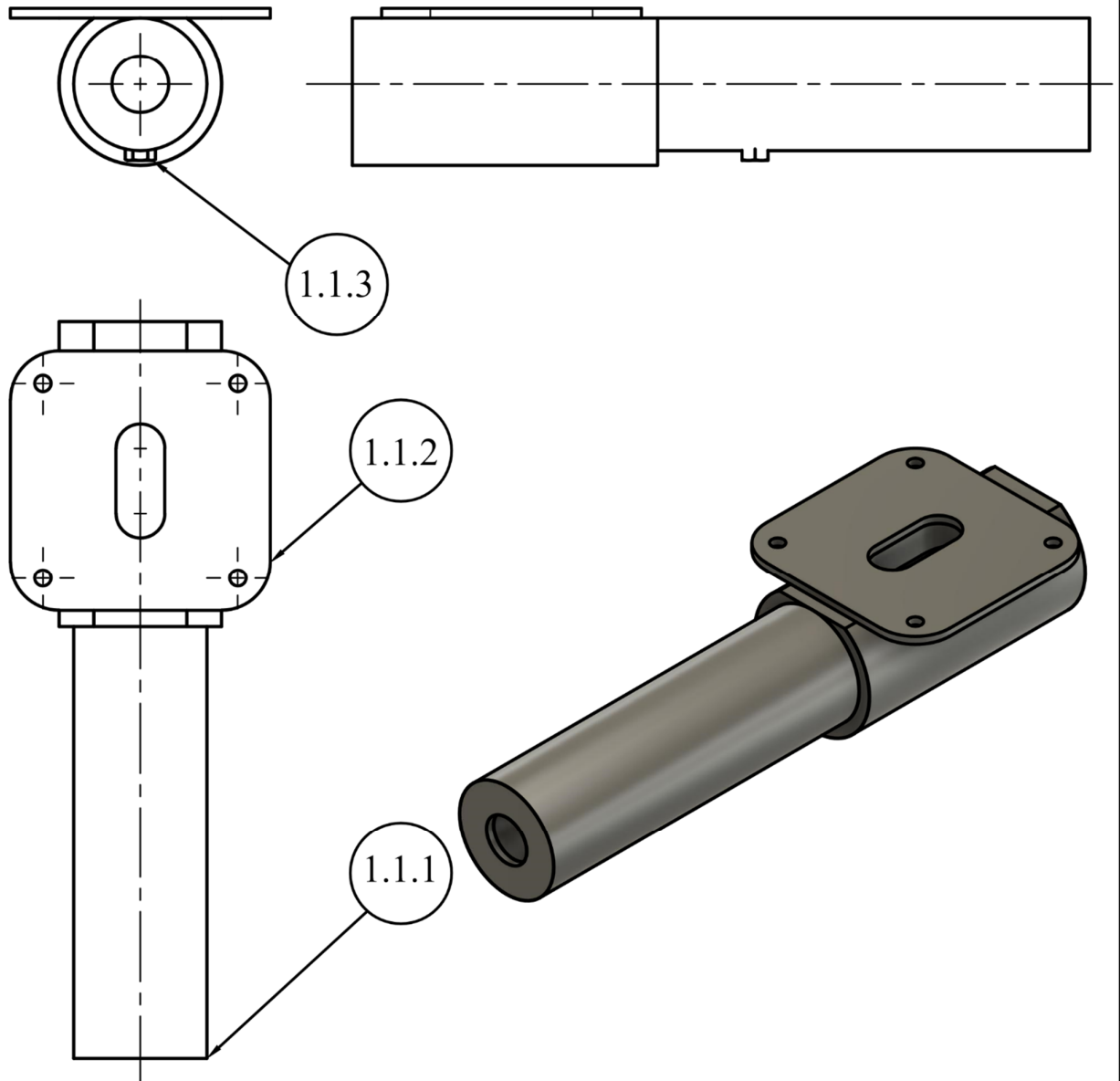
Tol. Sedang

SMAW



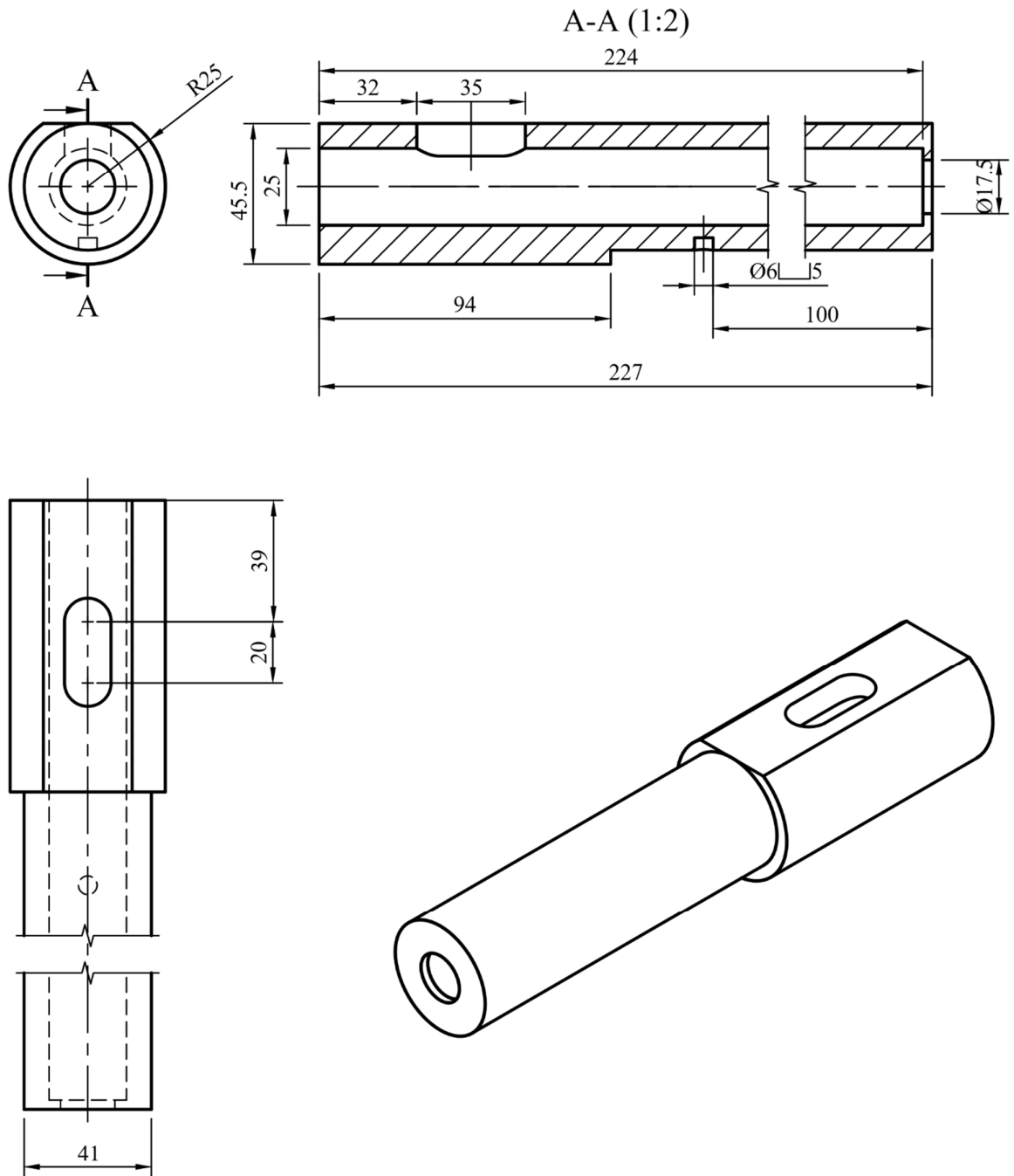
		I	Sub Assy Barrel Injeksi	1.1	Steel	Ø50x224	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
			SUB ASSEMBLY INJECTION UNIT			Skala 1:2	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang



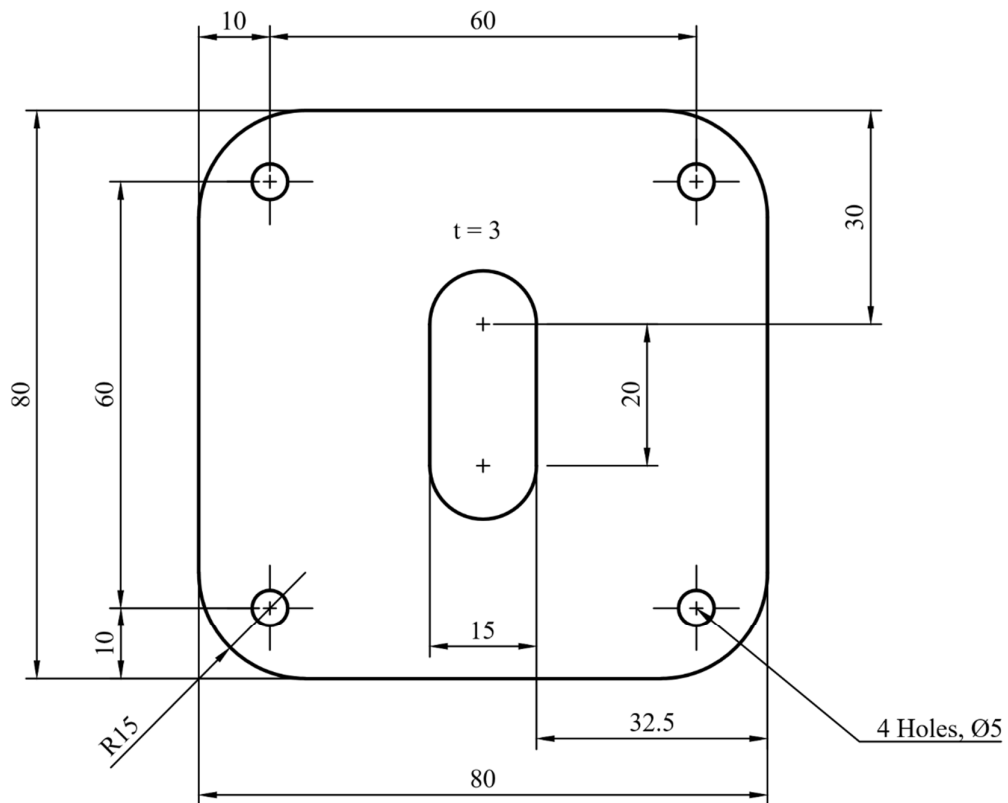
		1	Nut M6	1.1.3	Stainless Steel	M6	Standar
		1	Bracket Hopper	1.1.2	Steel	80x80x3	Manufactured
		1	Barrel	1.1.1	Steel	Ø50x224	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
SUB ASSEMBLY BARREL INJEKSI						Skala 1:2	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang

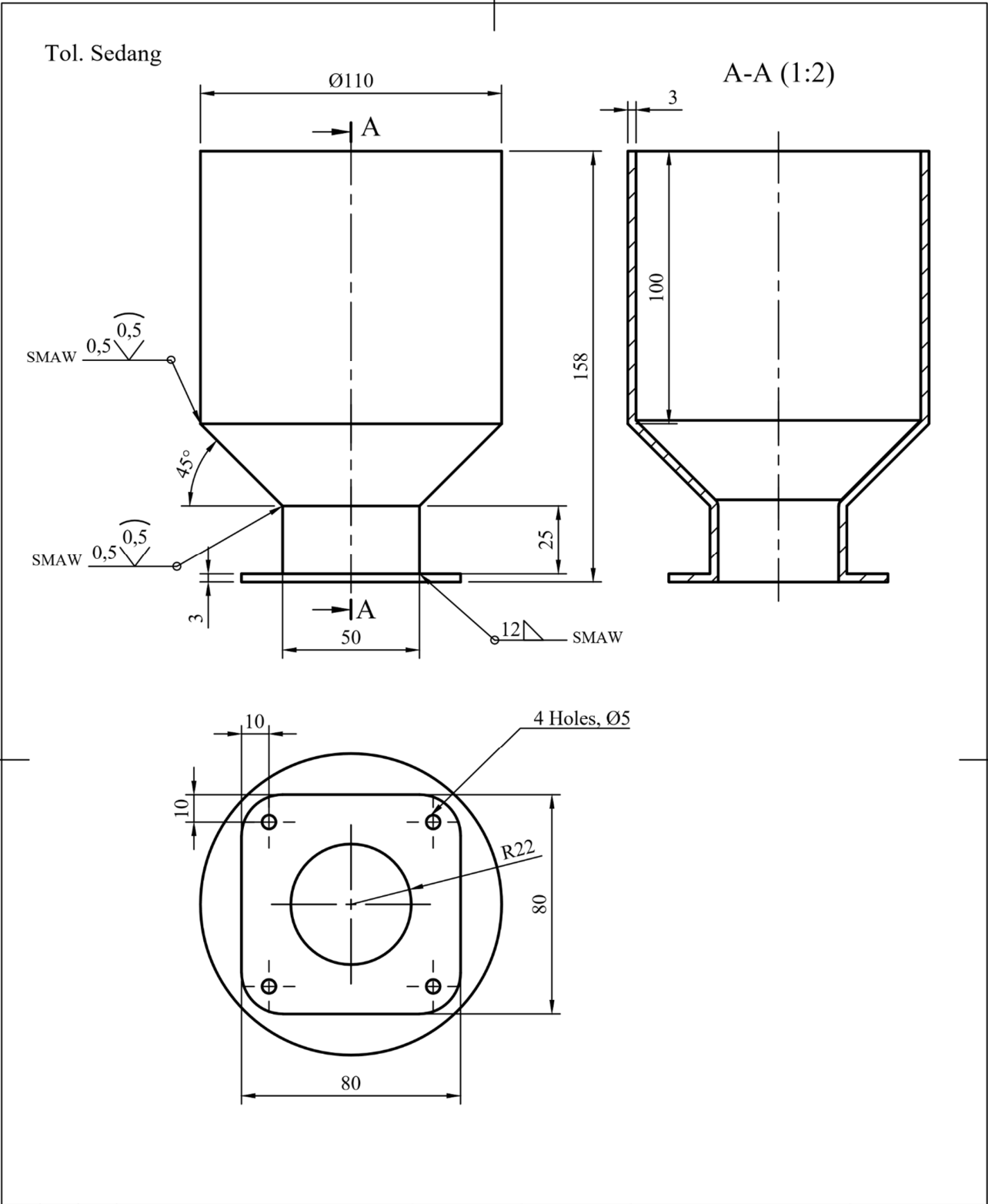


		1	Barrel	1.1.1	Steel	Ø50x224	Manufactured
	Jumlah		Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
			SUB ASSEMBLY BARREL INJEKSI			Skala 1:2	Digambar TIM Diperiksa MBN
			POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang

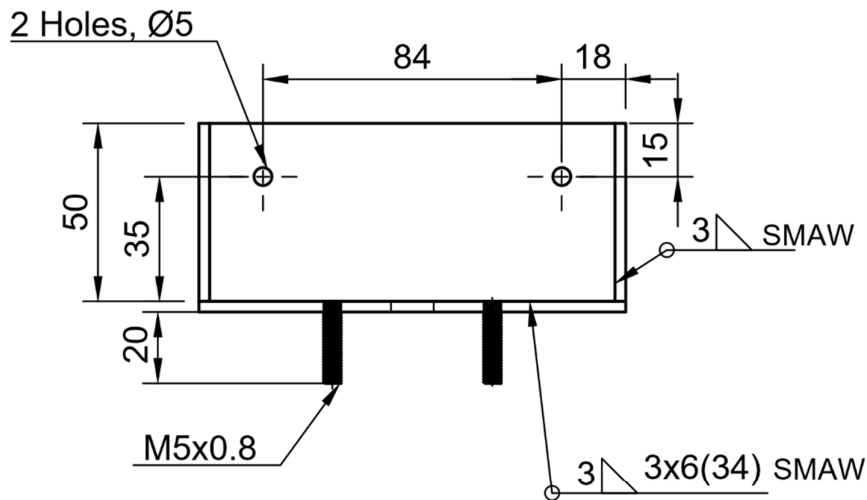
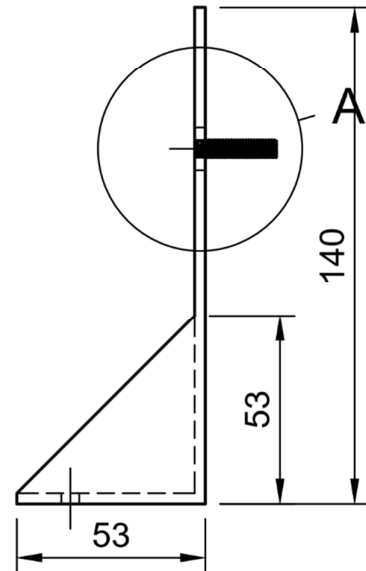
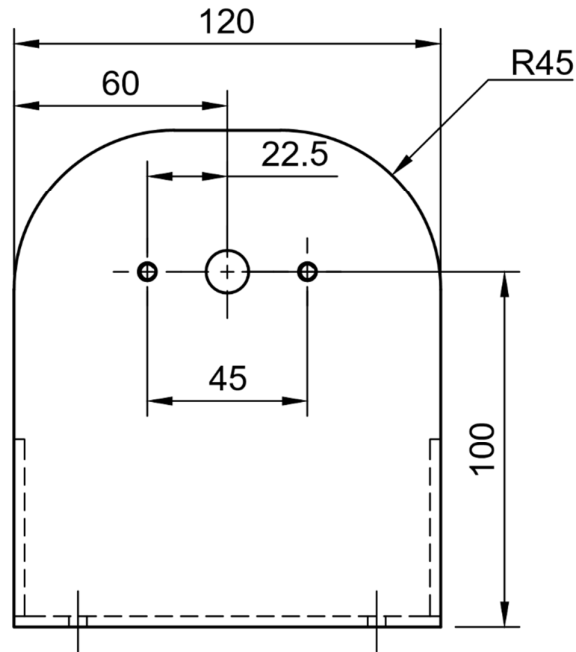


		1	Bracket Hopper	1.1.2	Steel	80x80x3	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
			SUB ASSEMBLY BARREL INJEKSI			Skala 1:2	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

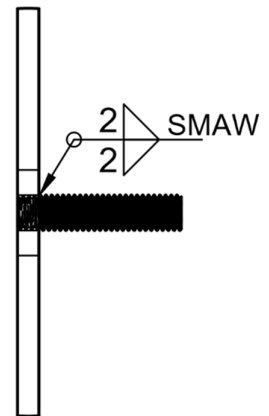


		1	Hopper	1.3	Steel	110 x 110 x 153	Manufactured	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
SUB ASSEMBLY INJECTION UNIT						Skala 1:2	Digambar TIM	
							Diperiksa MBN	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023		

Tol. Sedang



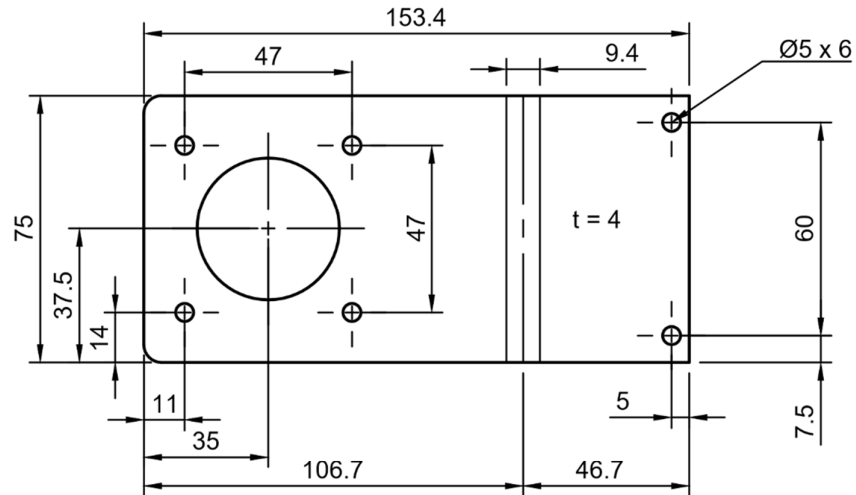
A (1:1)



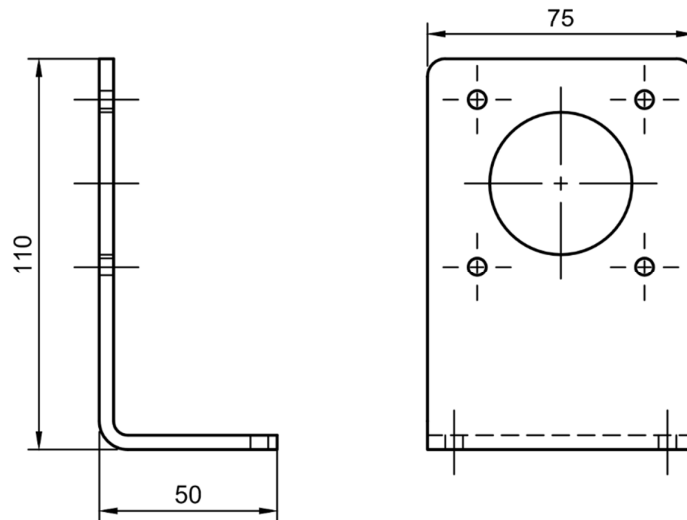
		1	Mounting Barrel	1.4	Steel	120 x 140 x 53	Manufactured	
	Jumlah		Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
			SUB ASSEMBLY INJECTION UNIT			Skala 1 : 2	Digambar TIM	
			POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG				Diperiksa MBN	
						009/010/011/MFG-4A/09/2023		

Tol. Sedang

FLAT PATTERN



FOLDED MODEL

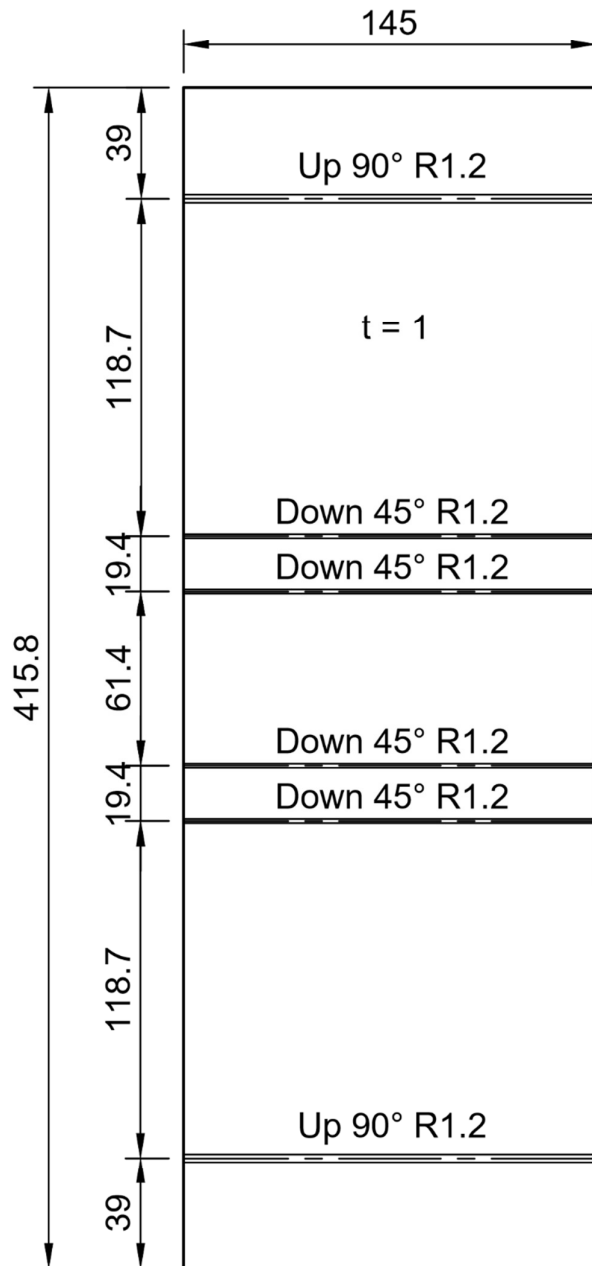


		1	Mounting Nema Injection Unit	1.12	Steel	110 x 50 x 75	Manufactured	
Jumlah		Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
SUB ASSEMBLY INJECTION UNIT						Skala 1:2	Digambar TIM Diperiksa MBN	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023		

Tol. Sedang

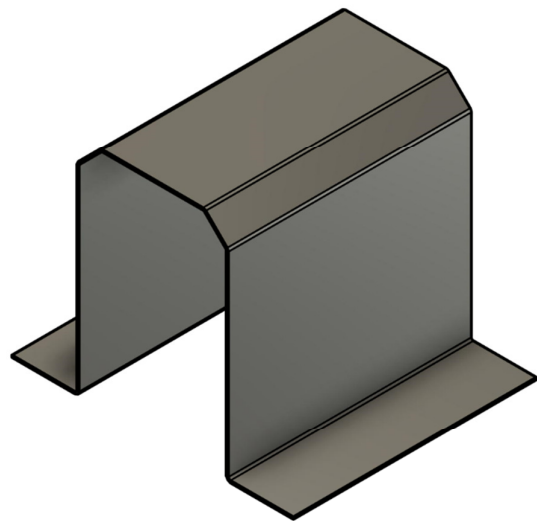
FLAT PATTERN

SCALE 1:2



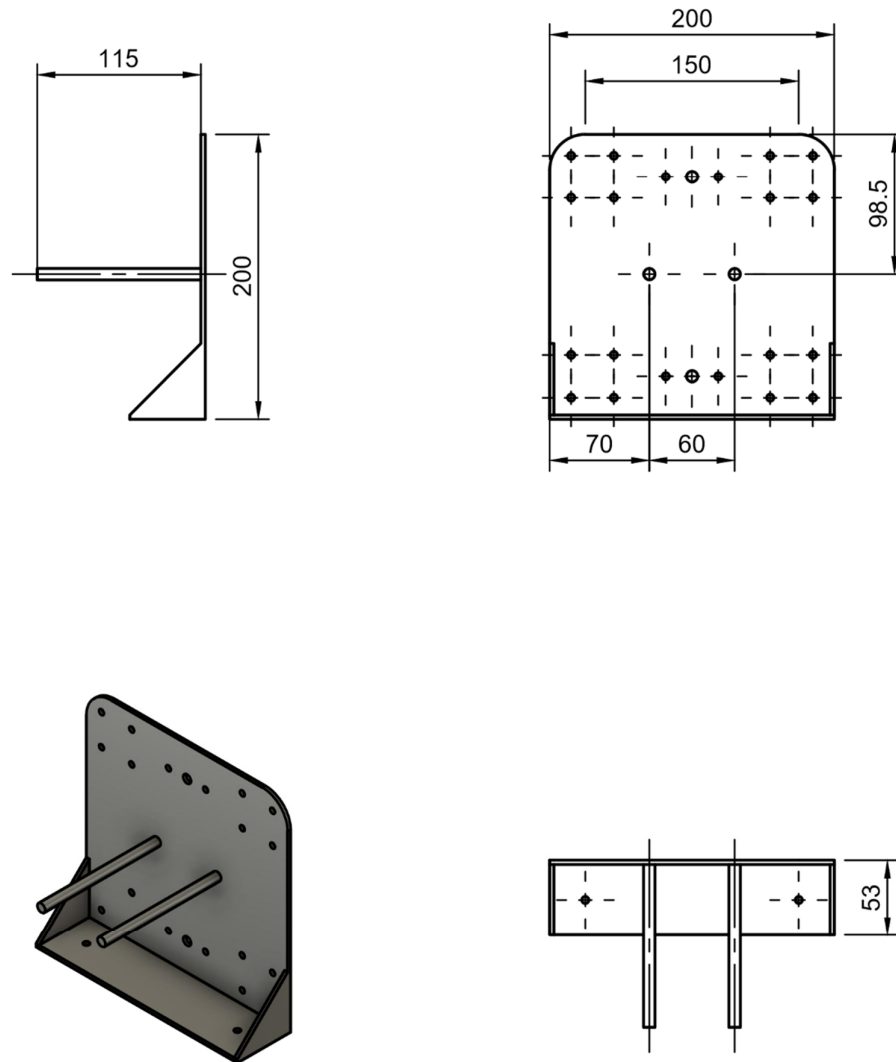
FOLDED MODEL

SCALE 1:3



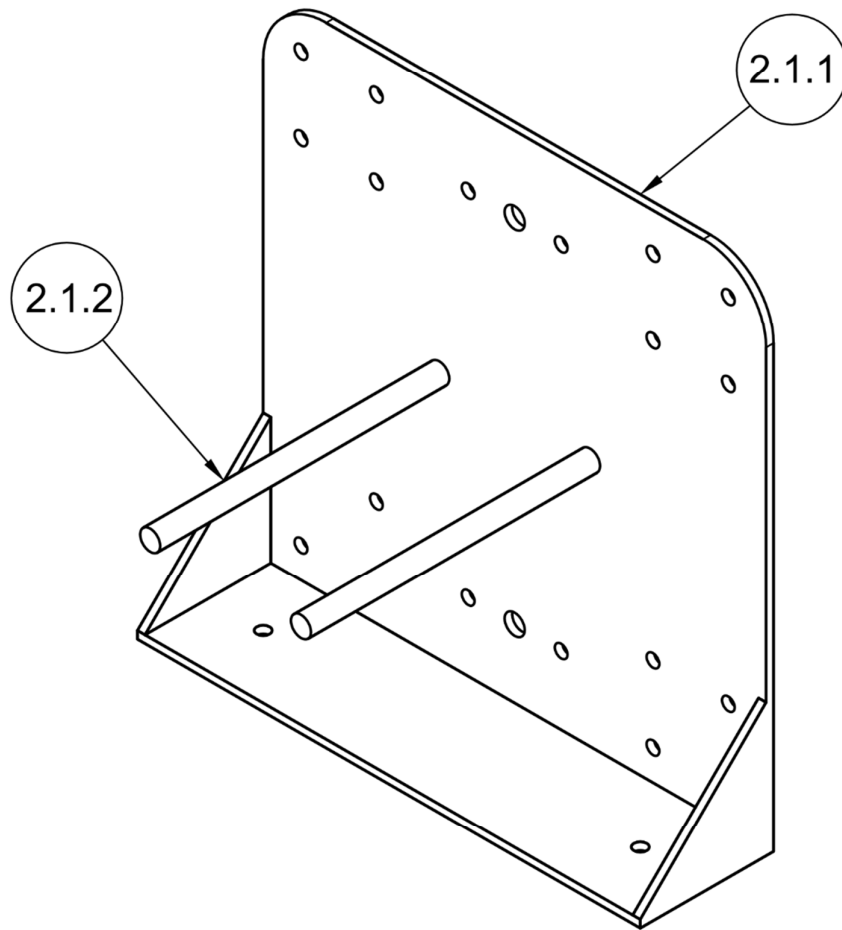
		1	Cover Barrel	1.13	Steel	135 x 165 x 145	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
SUB ASSEMBLY INJECTION UNIT						Skala 1:2	Digambar TIM
						Diperiksa	MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang

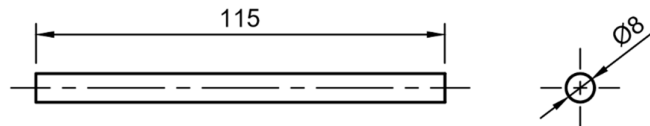


		1	Base Clamping1	2.1	Steel	200 x 53 x 200	Manufactured	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
SUB ASSEMBLY CLAMPING UNIT						Skala 1:5	Digambar TIM Diperiksa MBN	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023		

Tol. Sedang

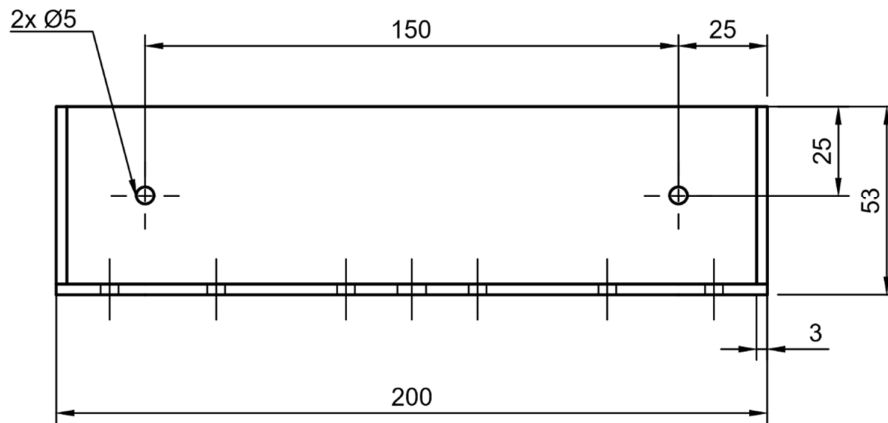
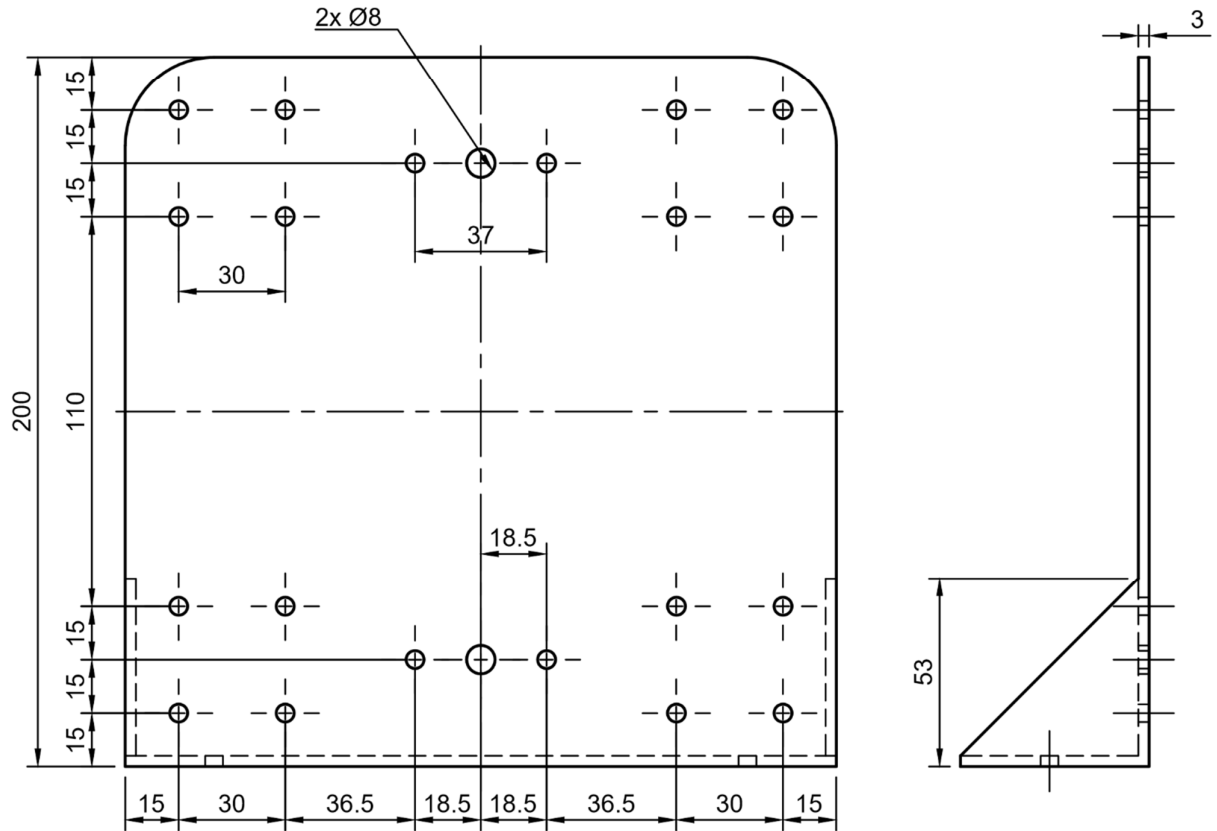


2.1.2. Shaft Ejector



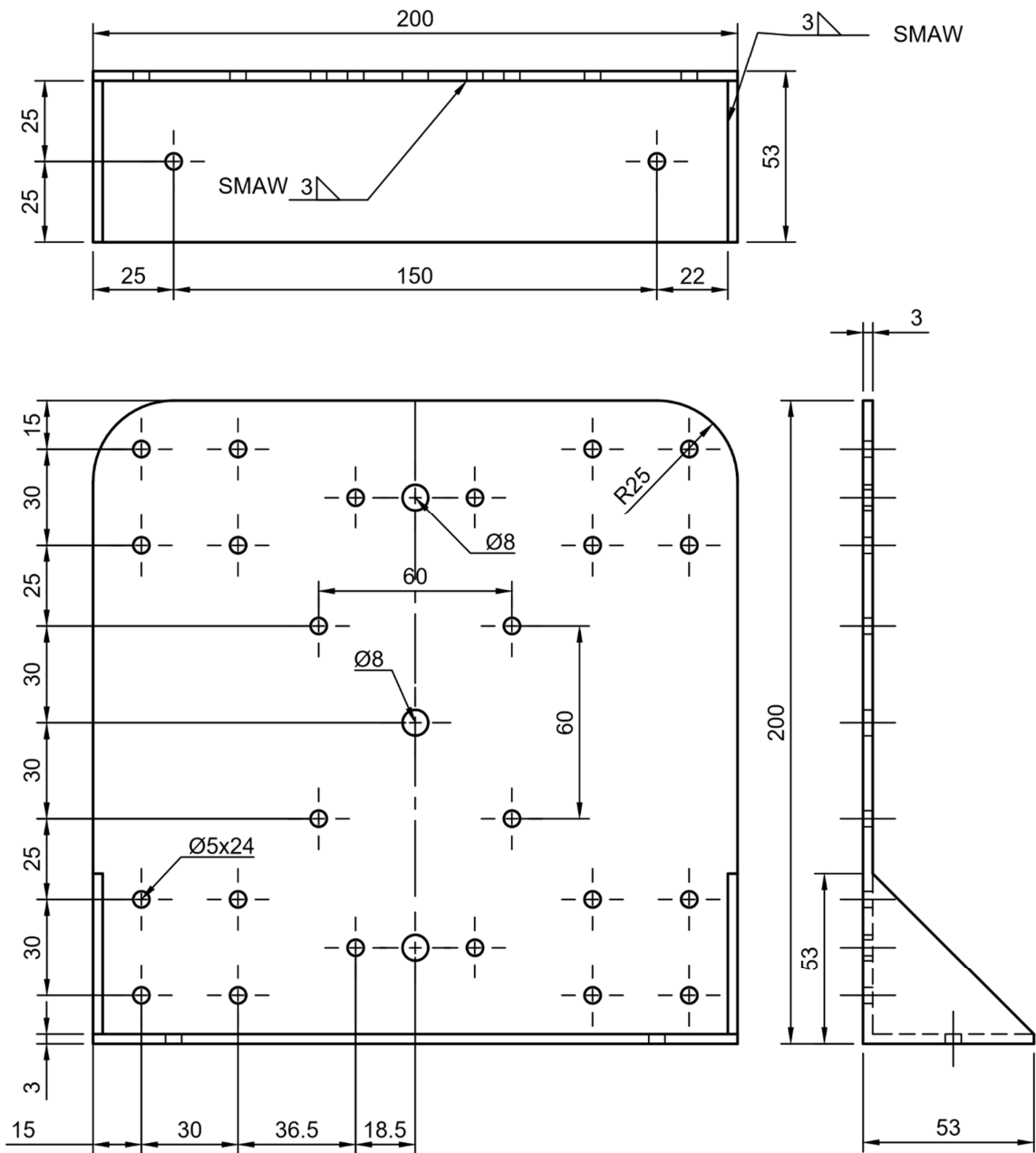
		2	Shaft Ejector	2.1.2	Stainless Steel	Ø8 x 115	Manufactured
		1	Base	2.1.1	Steel	200 x 53 x 200	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
SUB ASSEMBLY CLAMPING UNIT						Skala 1 : 2	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

2.1.1 Base



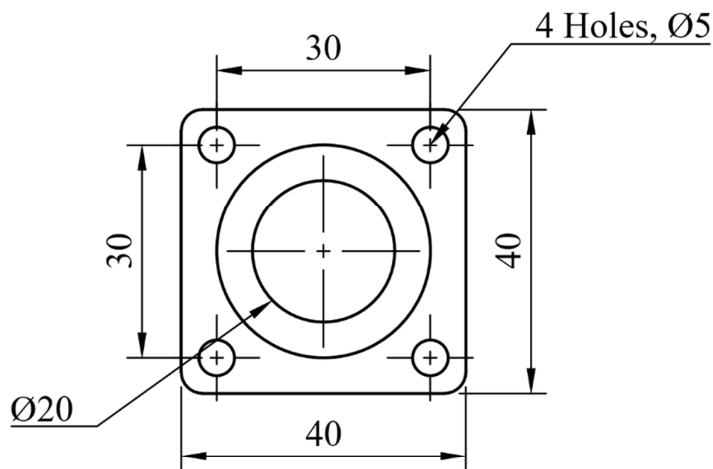
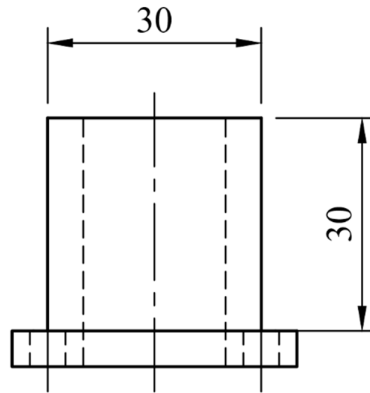
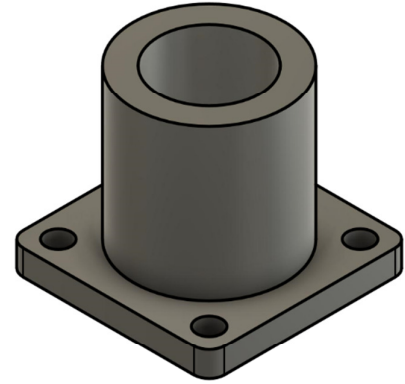
		1	Base	1	Steel	200 x 53 x 200	Manufactured	
Jumlah		Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
SUB ASSEMBLY CLAMPING UNIT						Skala 1:2	Digambar TIM Diperiksa MBN	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023		

Tol. Sedang



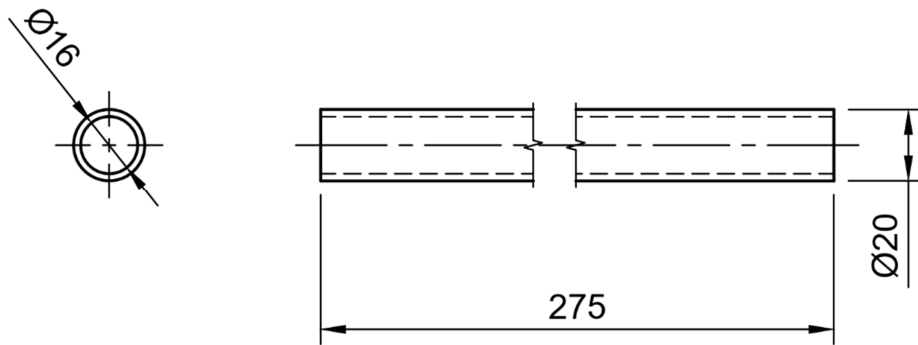
		1	Base Clamping 2	2.2	Steel	200 x 53 x 200	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
SUB ASSEMBLY CLAMPING UNIT						Skala 1 : 2	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang



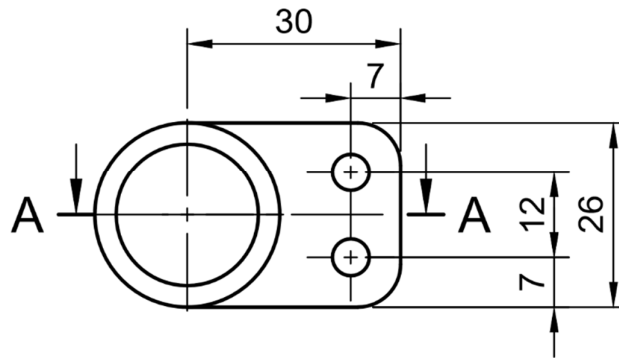
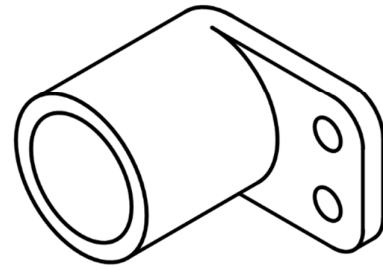
		8	Mounting Slider	2.3	ABS+	40x40x35	Manufactured
Jumlah		Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
SUB ASSEMBLY CLAMPING UNIT						Skala 1:1	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang

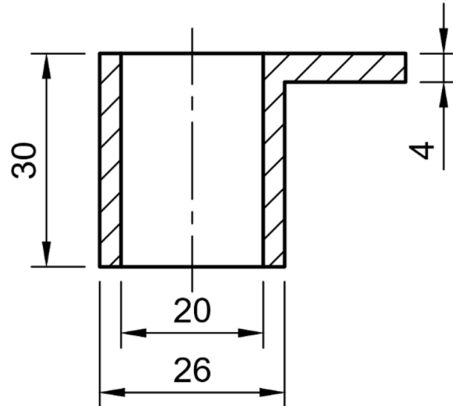


		4	Shaft Slider	2.4	Steel	Ø20 x 275	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
			SUB ASSEMBLY CLAMPING UNIT			Skala 1 : 2	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang

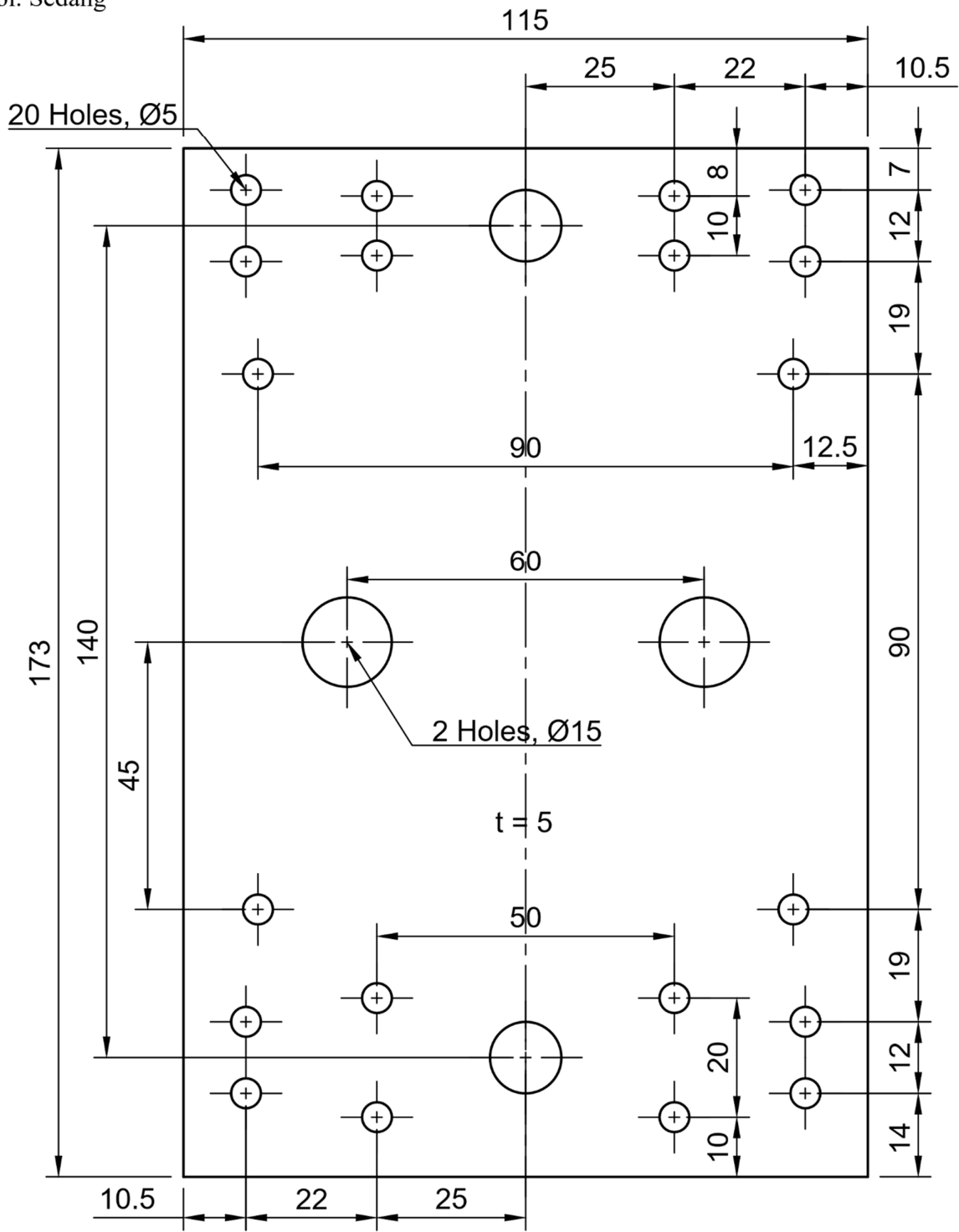


A-A (1:1)



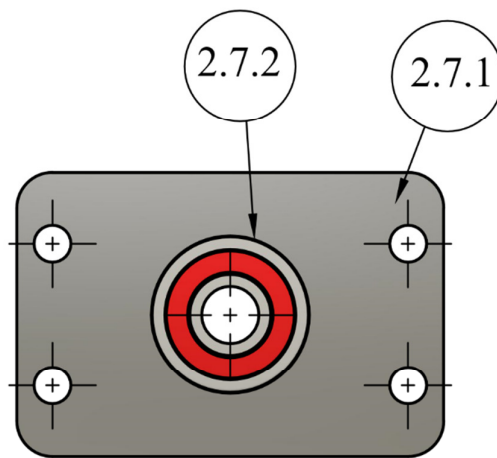
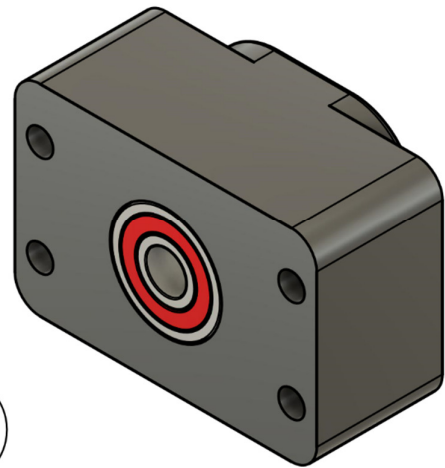
		4	Mounting Plate Slider	2.5	ABS+	43x30x26	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
			SUB ASSEMBLY CLAMPING UNIT			Skala 1 : 1	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang



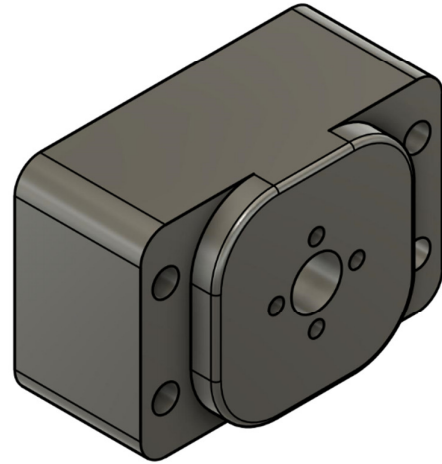
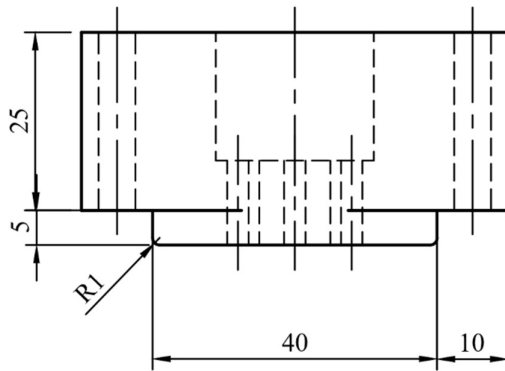
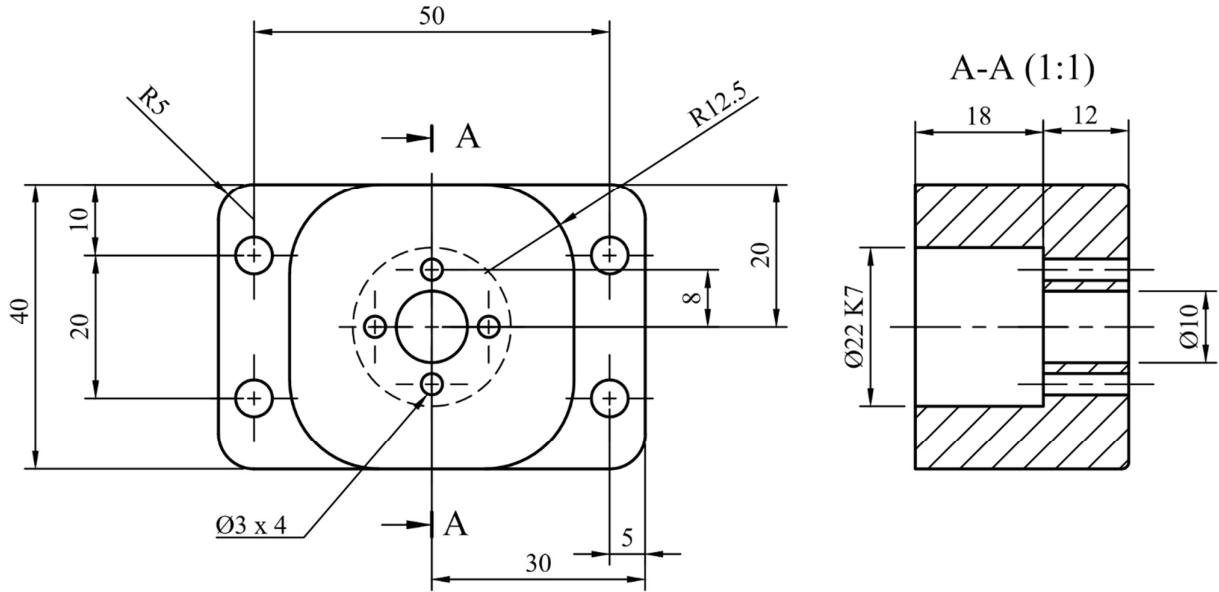
		1	Moveable Plate	2.6	Akrilik	115 x 173 x 5	Manufactured
	Jumlah		Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
			SUB ASSEMBLY CLAMPING UNIT			Skala 1:2	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang



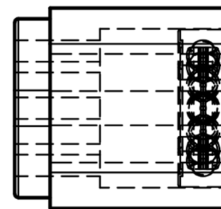
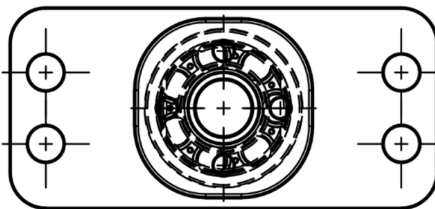
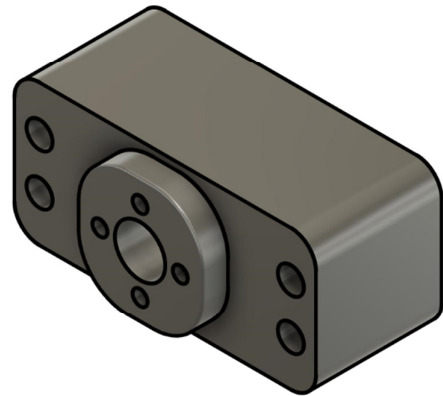
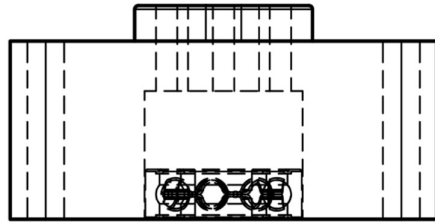
		1	Bearing 608	2.7.2	-	Ø20 x 7	Manufactured
		1	Bottom Slider	2.7.1	ABS+	60 x 30 x 28	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
			SUB ASSEMBLY BOTTOM LOADER			Skala 1 : 1	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang



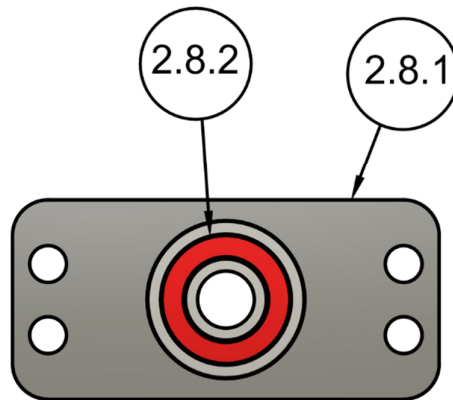
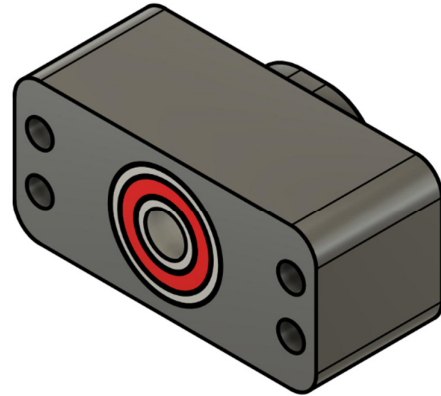
		1	Bottom Slider	2.7.1	ABS	60 x 40 x 30	Manufactured	
Jumlah		Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
SUB ASSEMBLY BOTTOM LOADER						Skala 1:1	Digambar TIM Diperiksa MBN	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023		

Tol. Sedang



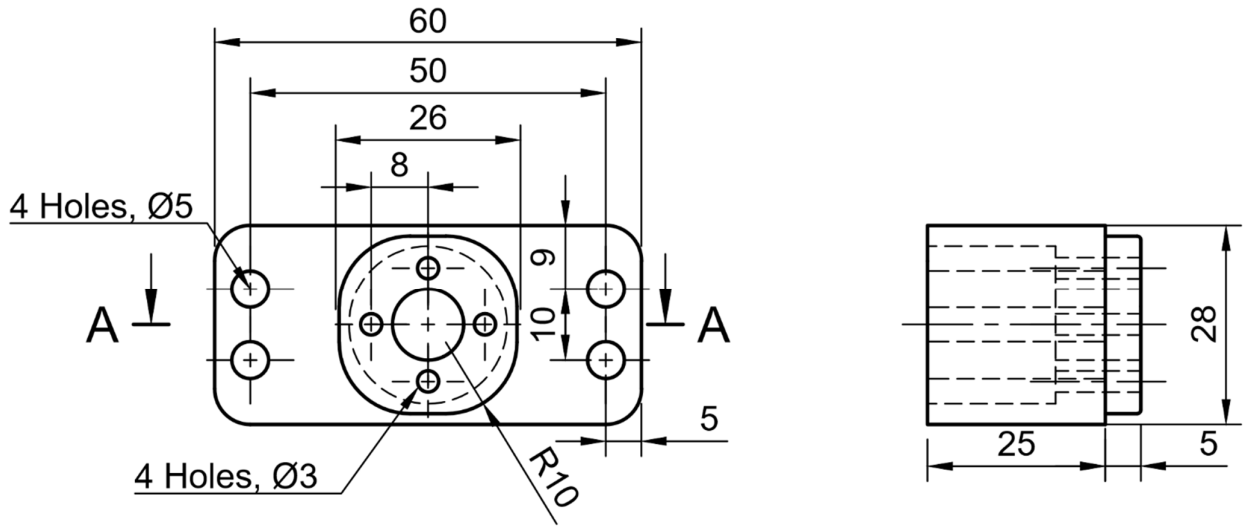
		1	Top Loader	2.8	ABS+	60 x 30 x 28	Manufactured
			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
			SUB ASSEMBLY CLAMPING UNIT			Skala 1 : 1	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang

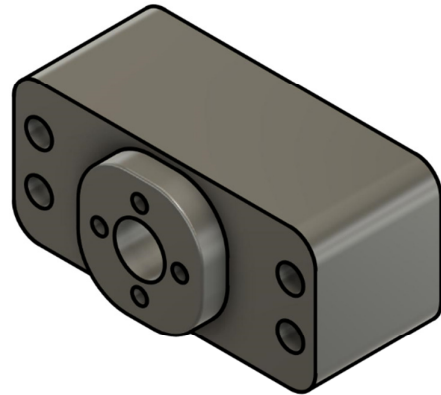
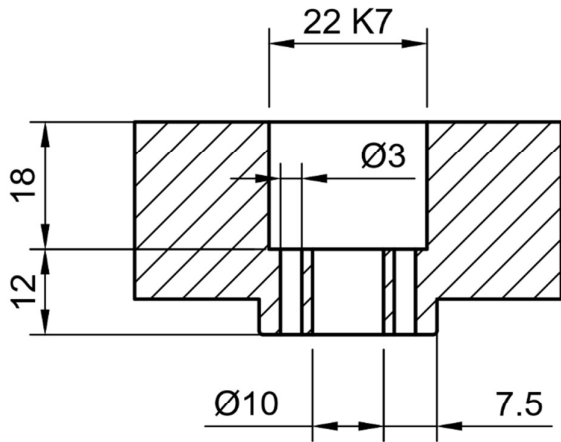


		1	Bearing 608	2.8.2	-	Ø20 x 7	Manufactured
		1	Top Slider	2.8.1	ABS+	60 x 30 x 28	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
SUB ASSEMBLY TOP LOADER						Skala 1 : 1	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang



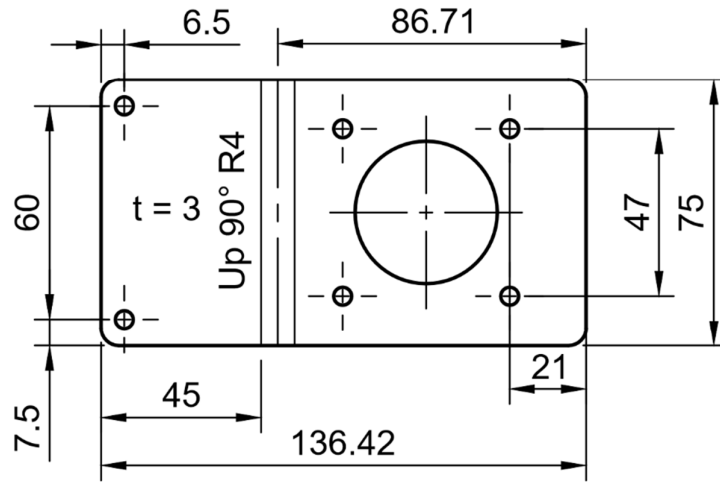
A-A (1:1)



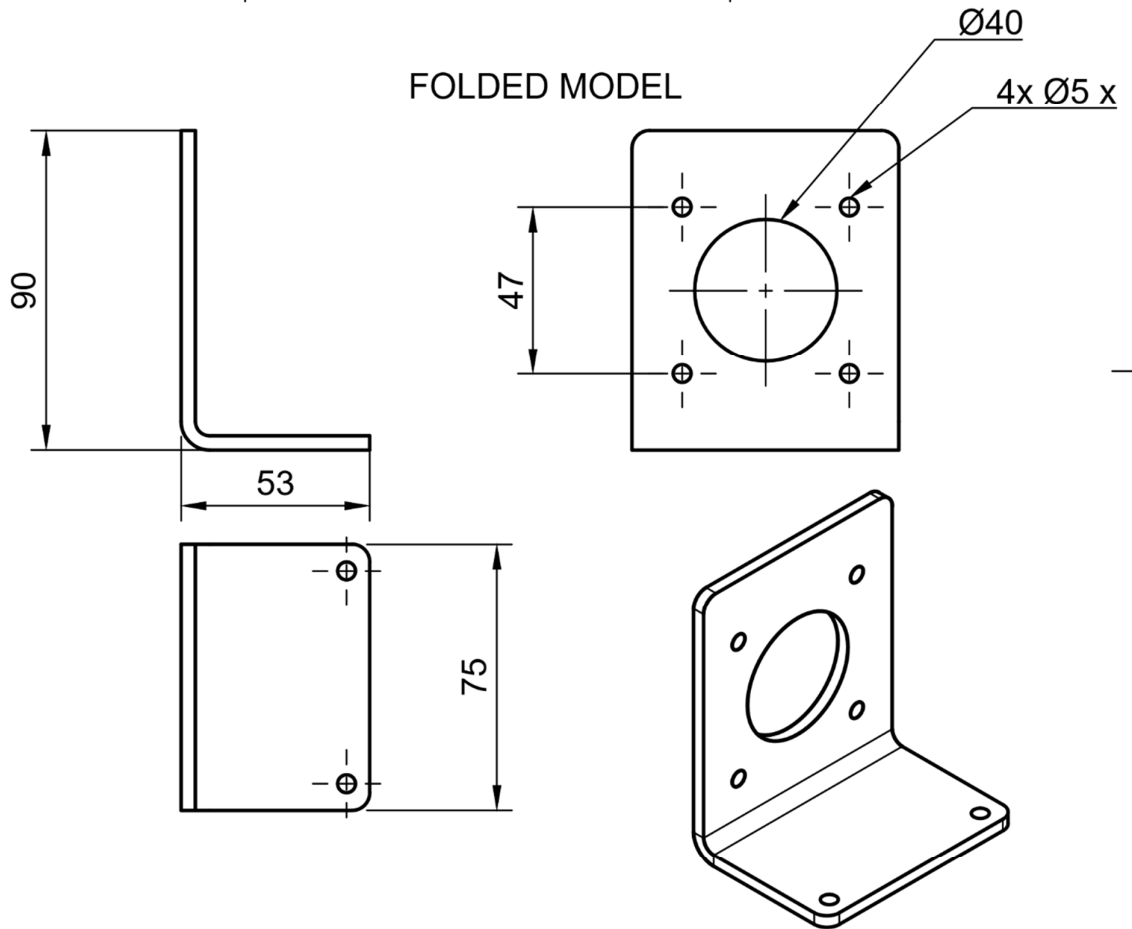
		1	Top Slider	2.8.1	ABS+	60 x 30 x 28	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
			SUB ASSEMBLY TOP LOADER			Skala 1 : 1	Digambar TIM
						Diperiksa MBN	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang

FLAT PATTERN



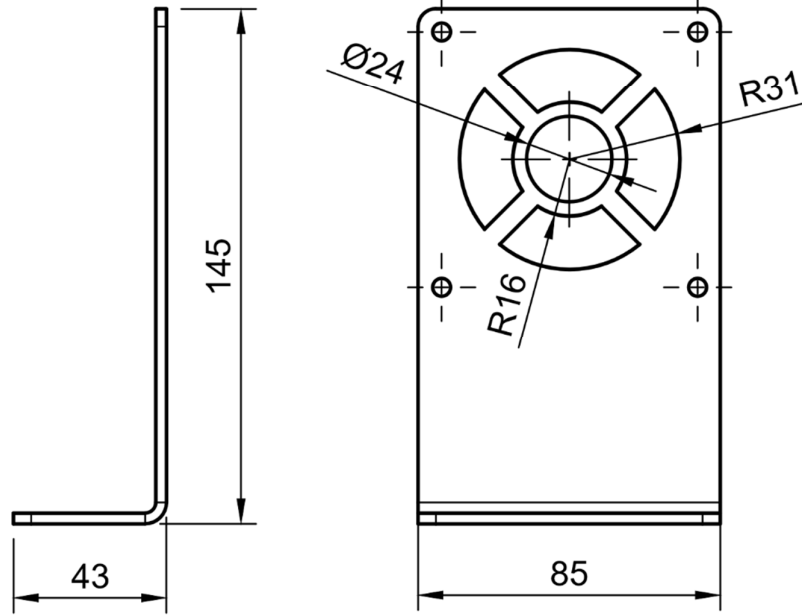
FOLDED MODEL



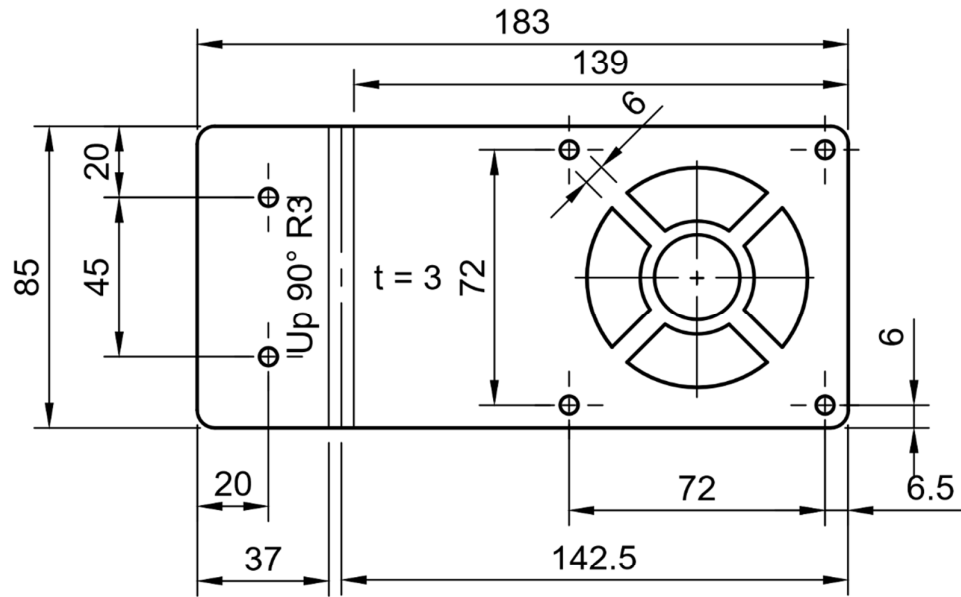
		1	Mounting Nema Clamping Unit	2.15	Steel	90 x 53 x 75	Manufactured	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
SUB ASSEMBLY CLAMPING UNIT						Skala 1:2	Digambar TIM Diperiksa MBN	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023		

Tol. Sedang

FOLDED MODEL



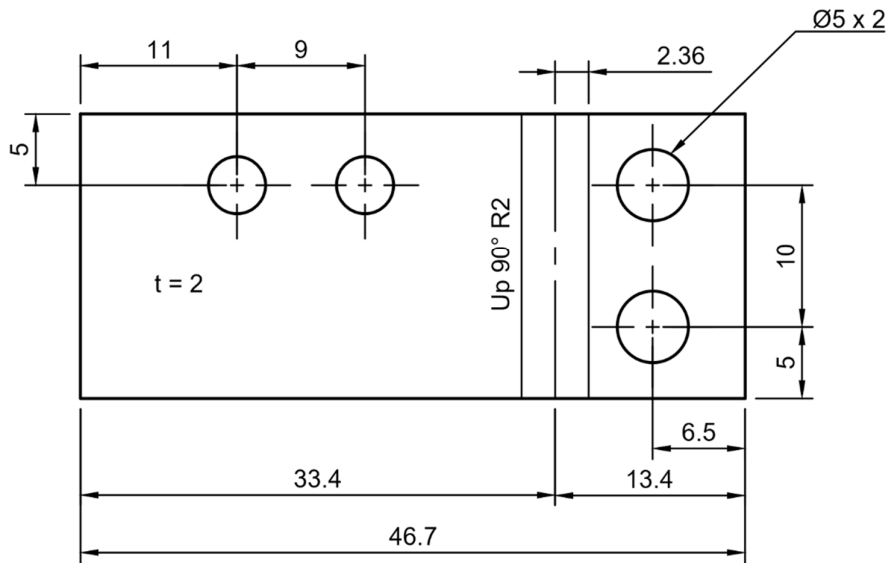
FLAT PATTERN



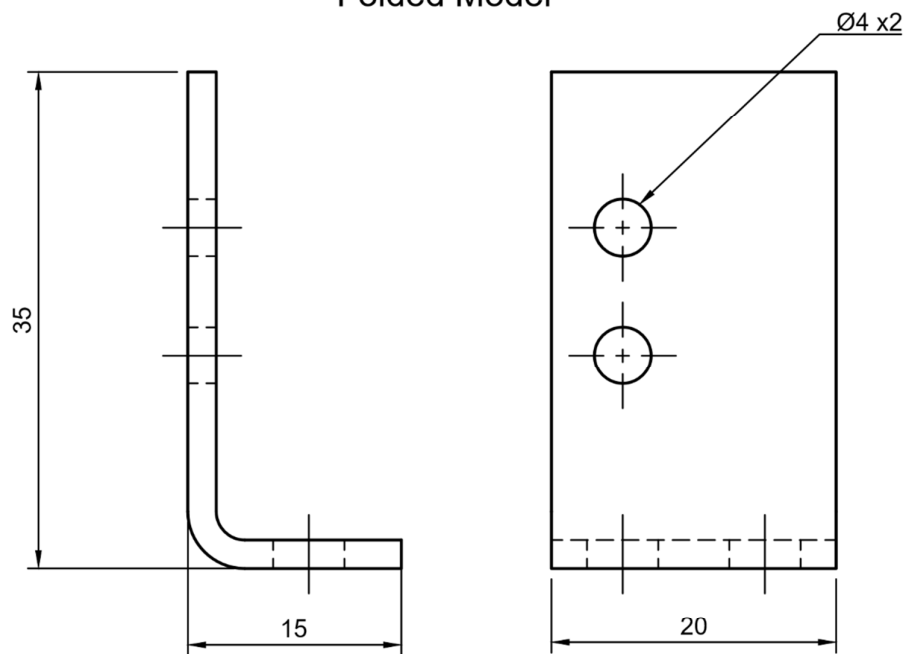
		1	Mounting Fan	2.19	Steel	145 x 85 x 43	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
			SUB ASSEMBLY CLAMPING UNIT			Skala 1 : 2	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang

Flat Pattern

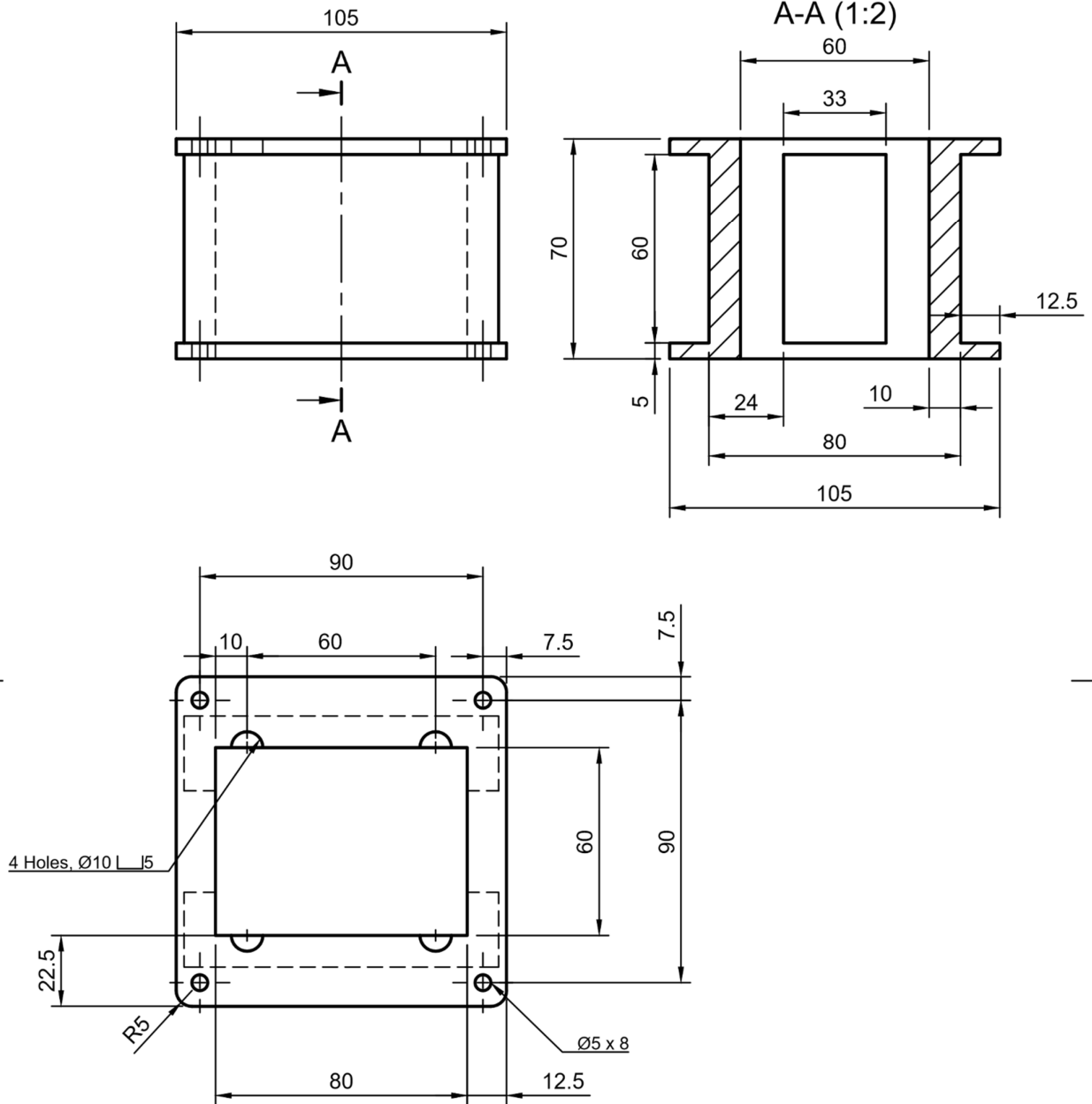


Folded Model



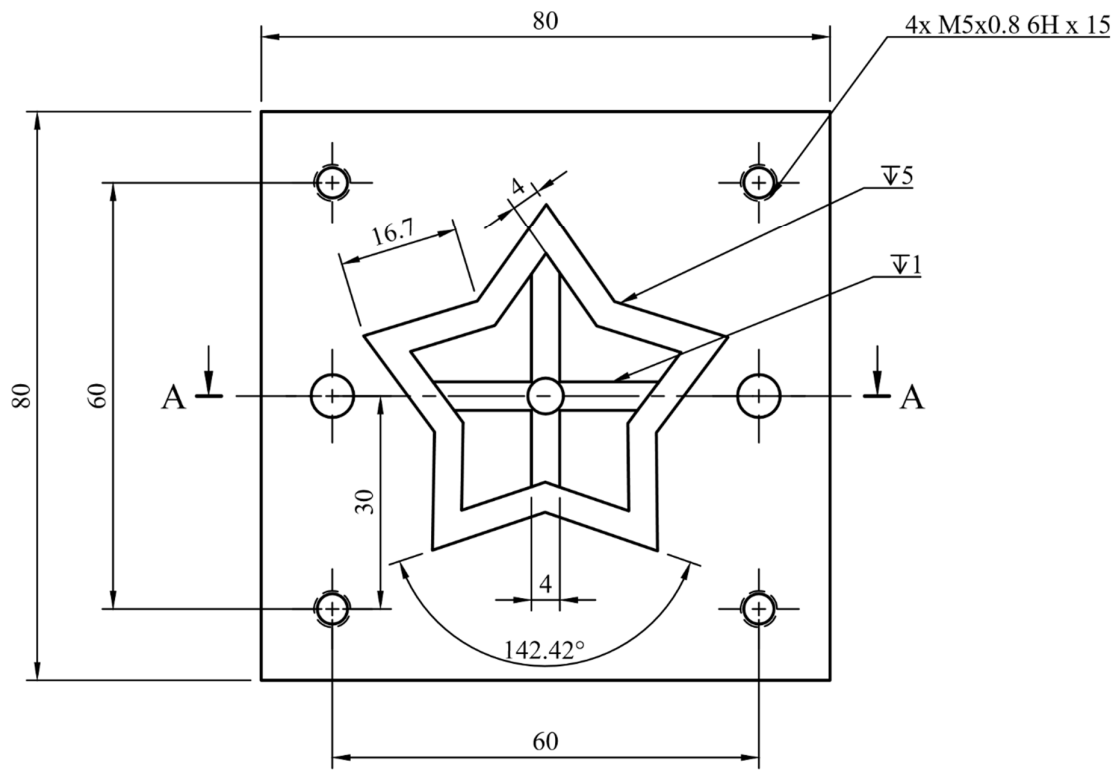
		2	Mounting Limit Switch	2.21	Steel	35 x 20 x 15	Manufactured	
Jumlah		Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
SUB ASSEMBLY CLAMPING UNIT						Skala 2:1	Digambar TIM Diperiksa MBN	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023		

Tol. Sedang

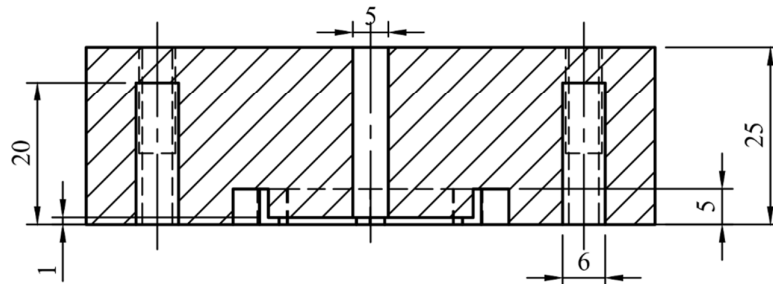


		1	Base Mold	3.1	ABS	105 x 105 x 70	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
SUB ASSEMBLY MOLDING UNIT						Skala 1 : 2	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang

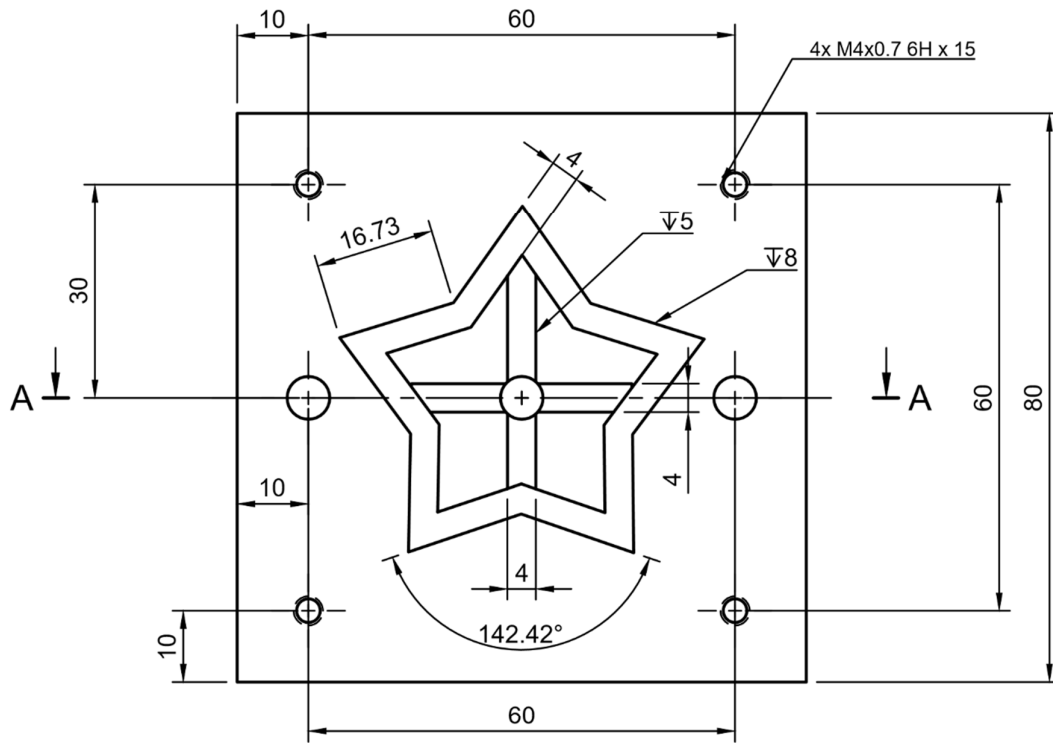


A-A (1:1)

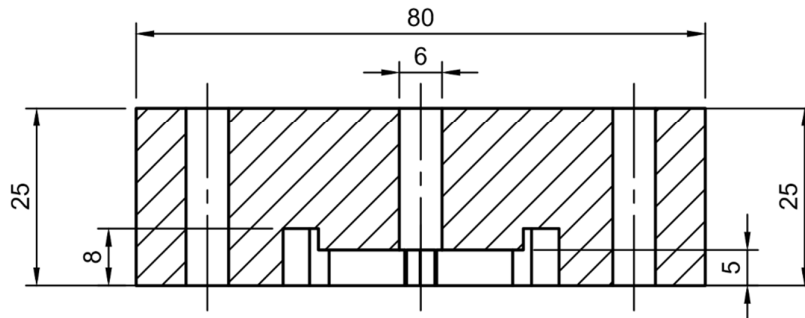


		1	Fix Mold	3.2	Aluminium	80x80x30	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
			SUB ASSEMBLY MOLDING UNIT			Skala 1 : 1	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang

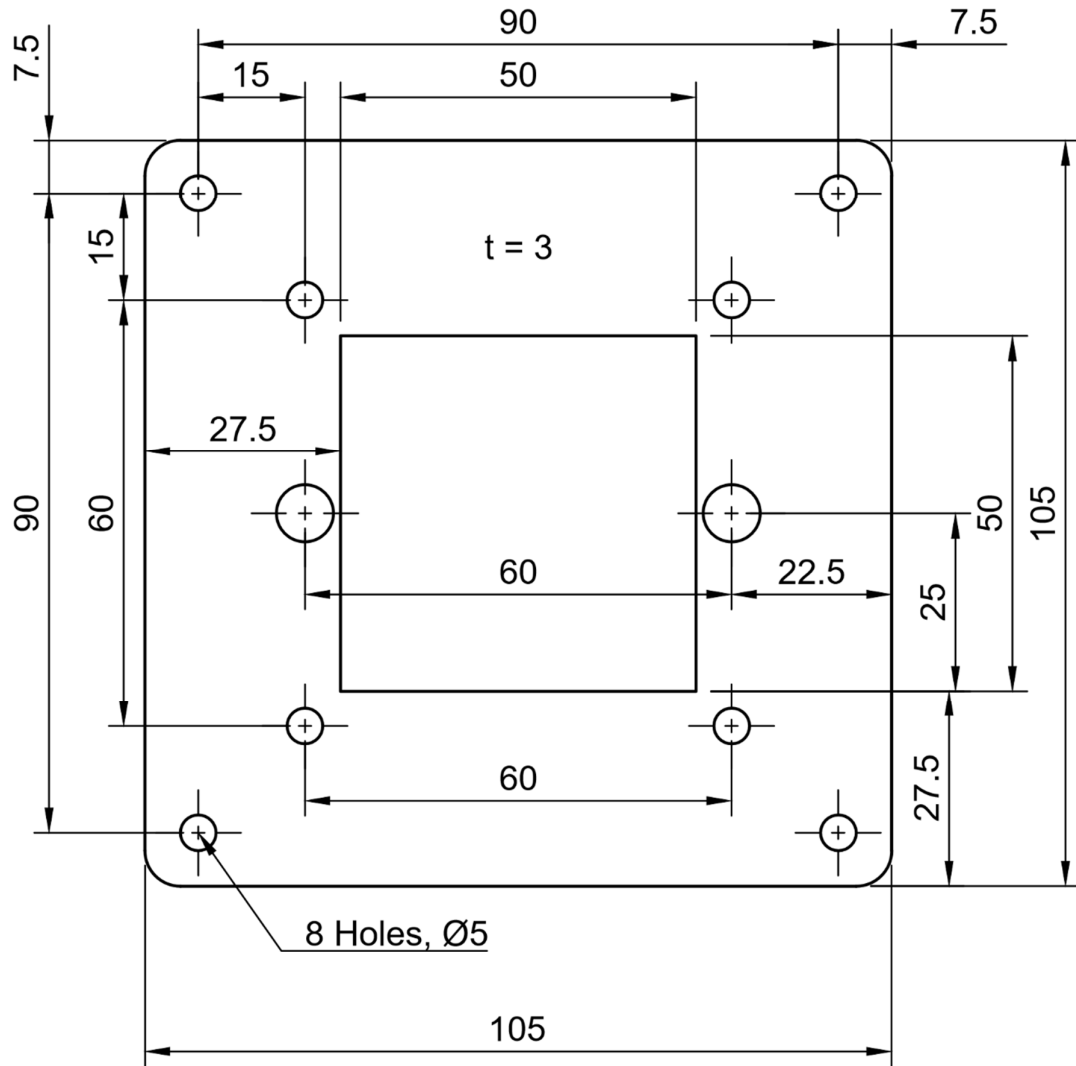


A-A (1:1)



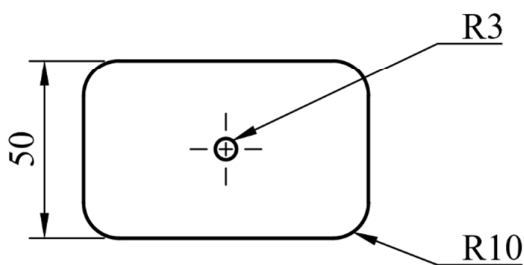
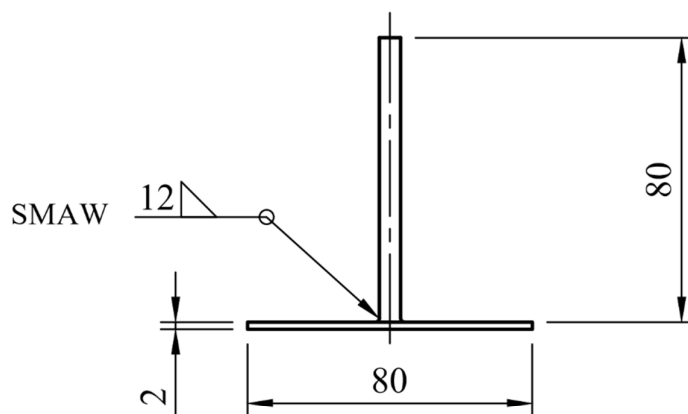
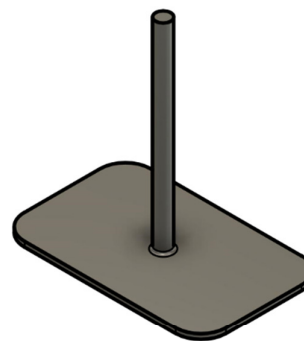
		1	Movable Mold	3.3	Aluminium	80 x 80 x 25	Manufactured	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
SUB ASSEMBLY MOLDING UNIT						Skala 1 : 1	Digambar TIM Diperiksa MBN	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023		

Tol. Sedang



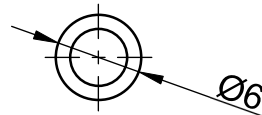
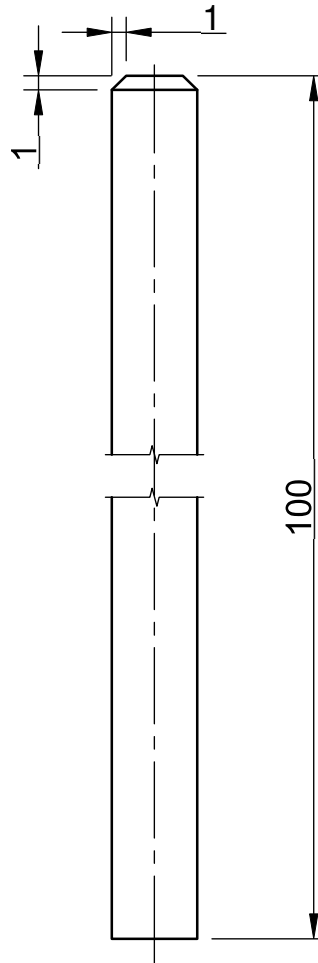
		1	Mounting Mold	3.4	Steel	105 x 105 x 3	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
SUB ASSEMBLY MOLDING UNIT						Skala 1 : 1	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang



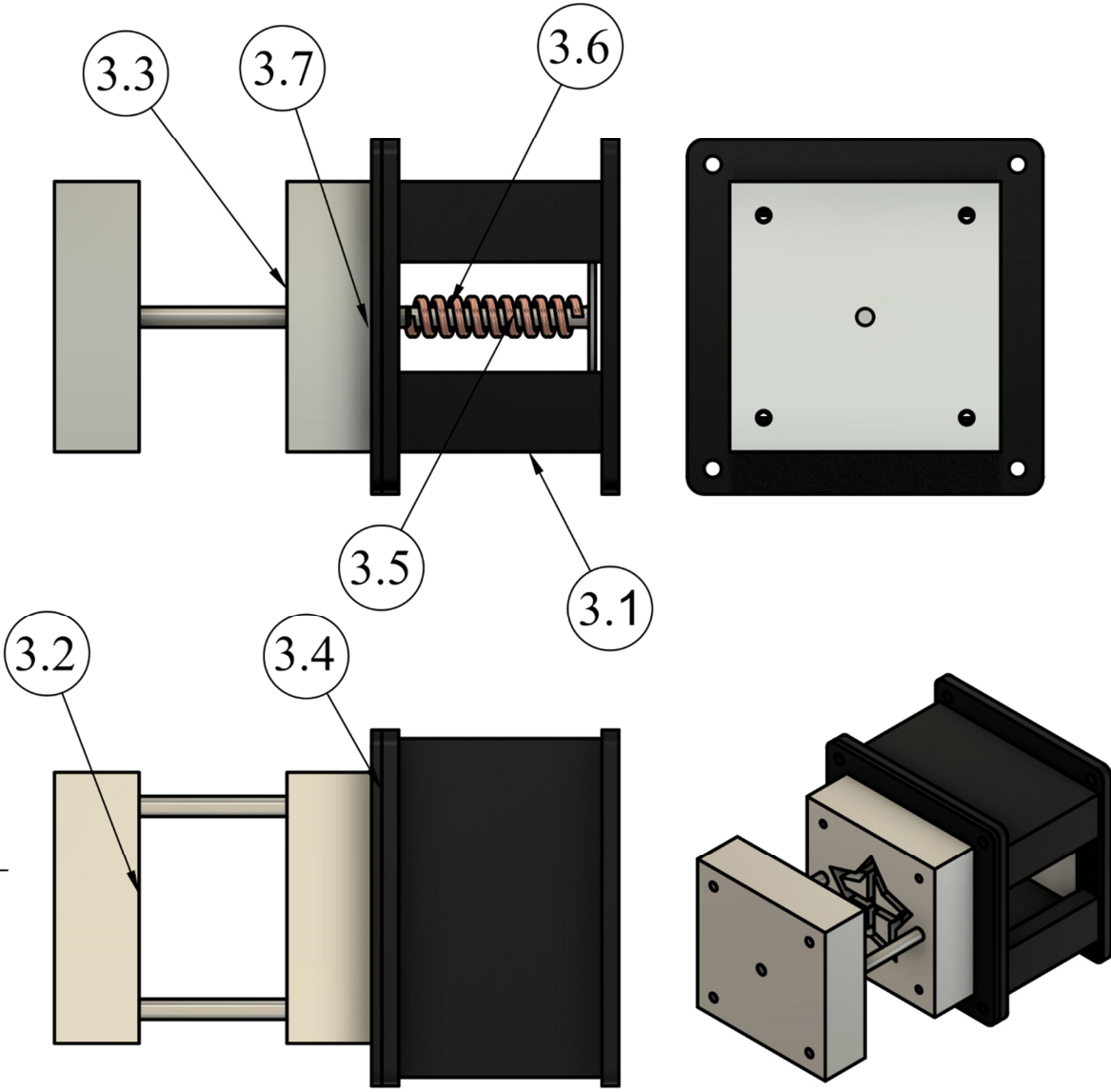
		1	Ejector	3.6	Stainless Steel	80x50x80	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
SUB ASSEMBLY MOLDING UNIT						Skala 1:2	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang



		2	Pin Mold	3.7	Steel	Ø6 x 40	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
			SUB ASSEMBLY MOLDING UNIT			Skala 2 : 1	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

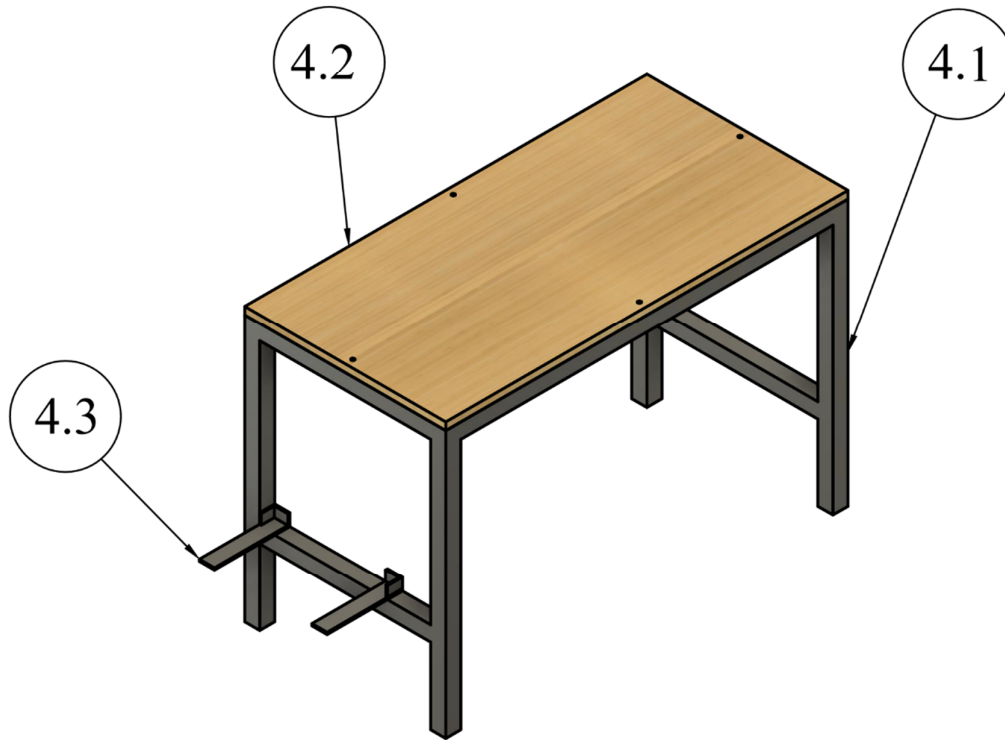
Tol. Sedang



		2	Pin Mold	3.7	Steel	Ø6 x 40	Manufactured
		1	Ejector	3.6	Stainless Steel	70 x 60 x 40	Manufactured
		1	Spring Ejektor	3.5	Steel	Ø8 x 60	Standar
		1	Mounting Mold	3.4	Stainless Steel	105 x 105 x 3	Manufactured
		1	Moveable Mold	3.3	Aluminium	80 x 80 x 25	Manufactured
		1	Fix Mold	3.2	Aluminium	80 x 80 x 25	Manufactured
		1	Base Mold	3.1	ABS	105 x 105 x 70	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan

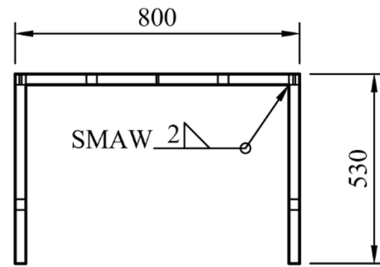
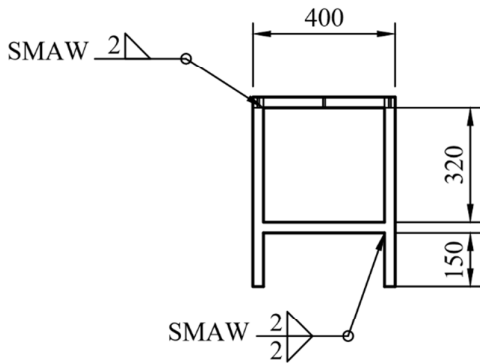
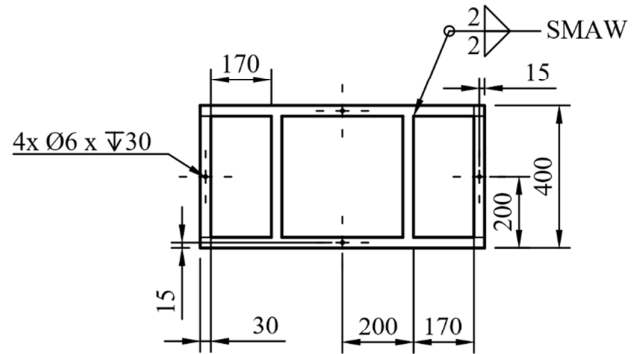
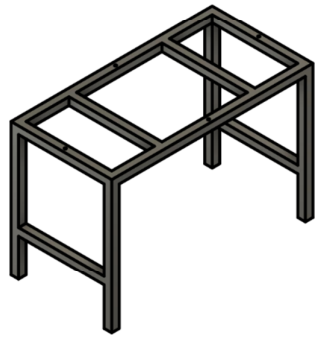
III	II	I						
			SUB ASSEMBLY MOLDING UNIT			Skala 1 : 2	Digambar TIM	
			POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG				Diperiksa MBN	
						009/010/011/MFG-4A/09/2023		

Tol. Sedang



		2	Dudukan Box	4.3	Steel	150 x 30 x 24	Manufactured
		1	Alas Meja	4.2	Wood	800 x 400 x 15	Manufactured
		1	Rangka Meja	4.1	Hollow Steel 30 x 30mm	800 x 400 x 530	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
			SUB ASSEMBLY MEJA			Skala 1:10	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

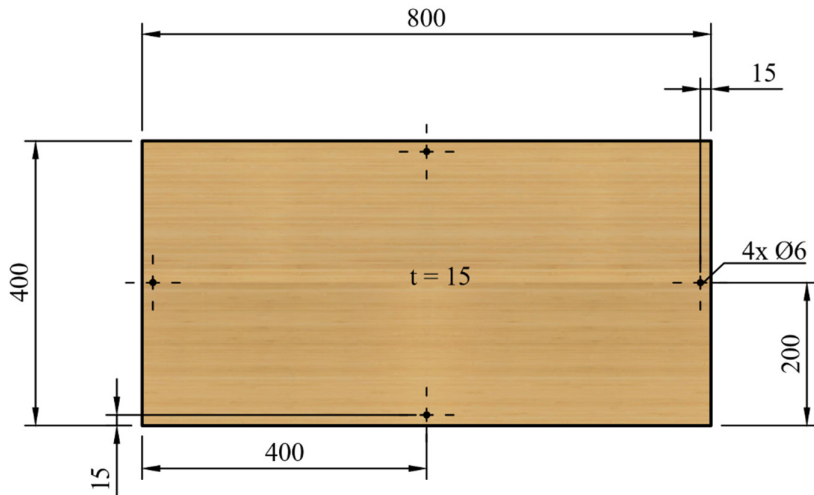
Tol. Sedang



		1	Rangka Meja	4.1	Hollow Steel 30 x 30mm	800 x 400 x 530	Manufactured	
	Jumlah		Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
			SUB ASSEMBLY MEJA			Skala 1:20	Digambar TIM	
							Diperiksa MBN	
			POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			009/010/011/MFG-4A/09/2023		

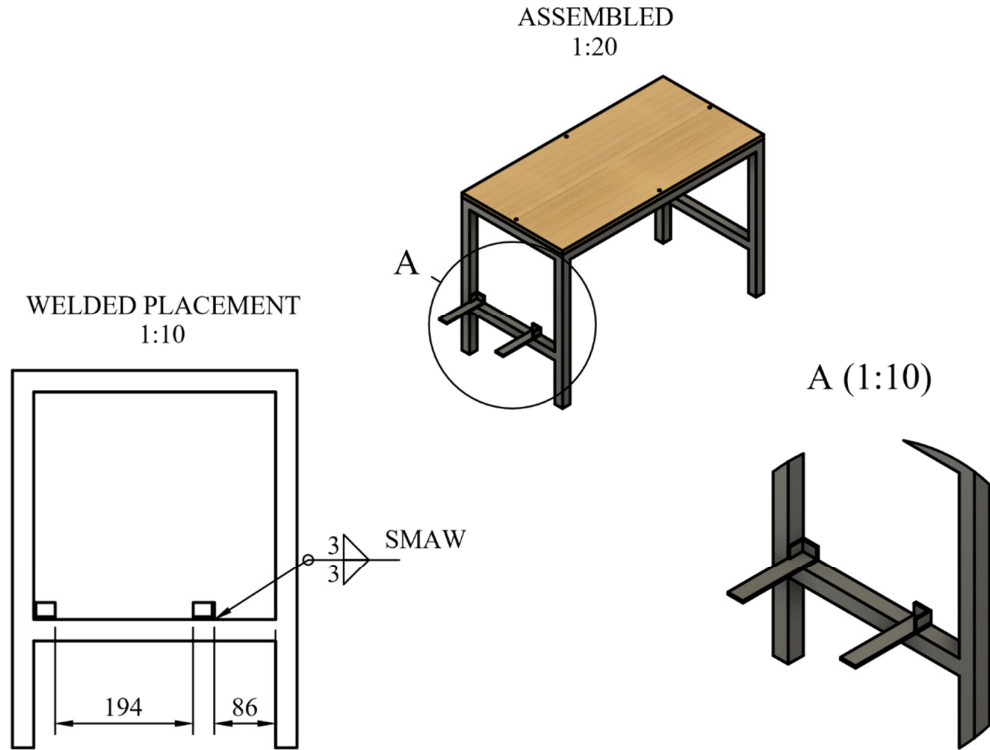
Tol. Sedang

ASSEMBLED
1:20

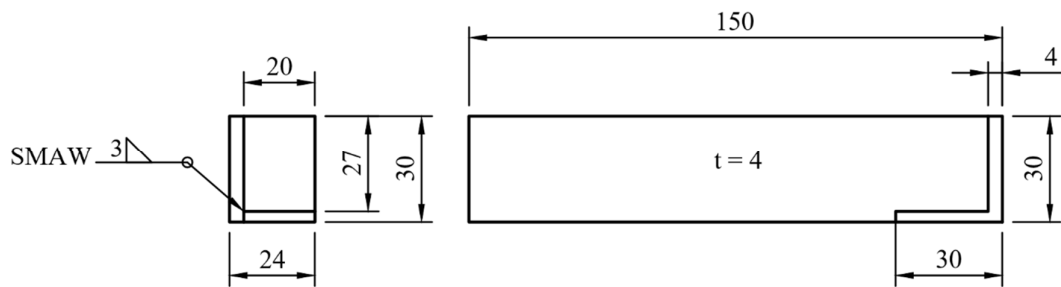


		1	Alas Meja	4.2	Wood	800 x 400 x 15	Manufactured	
			Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I						
			SUB ASSEMBLY MEJA			Skala 1:10	Digambar TIM	
							Diperiksa MBN	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023		

Tol. Sedang



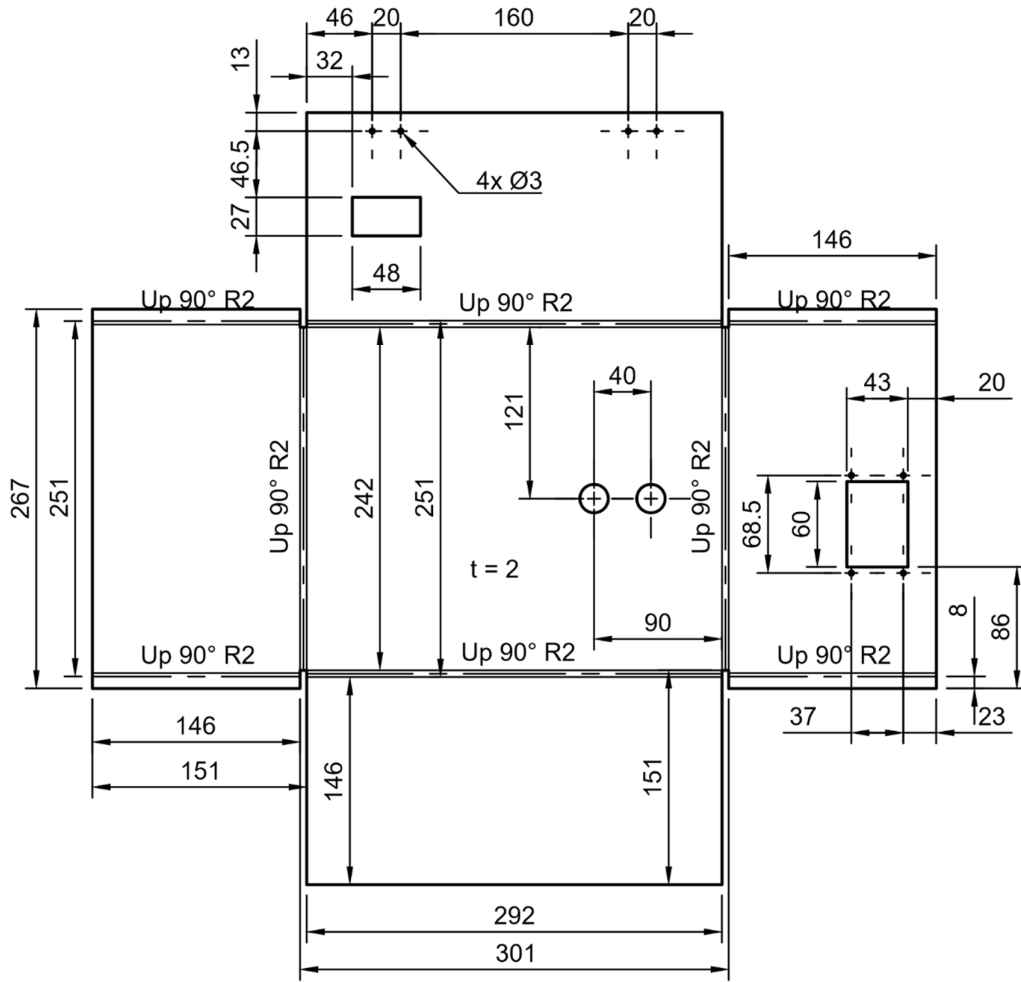
4.3. Dudukan Box



		2	Dudukan Box	4.3	Steel	150 x 30 x 24	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
SUB ASSEMBLY MEJA						Skala 1:2	Digambar TIM
							Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

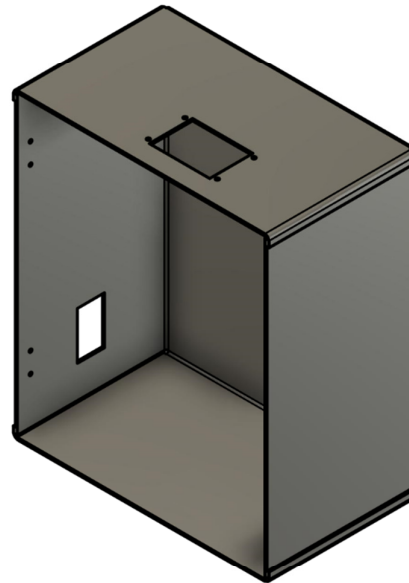
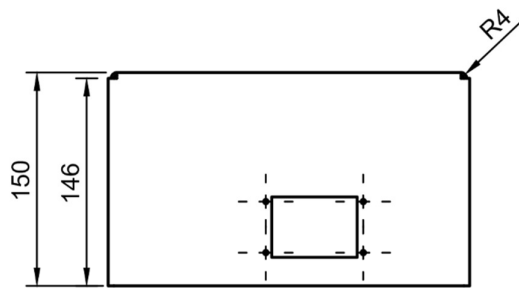
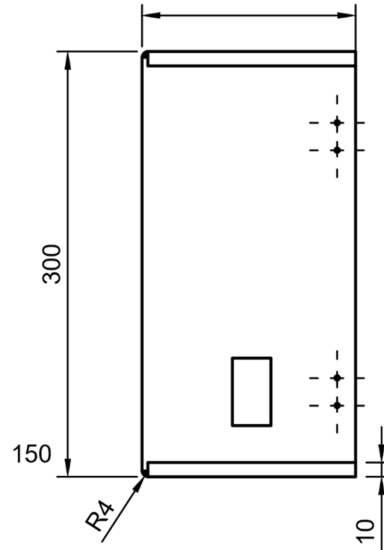
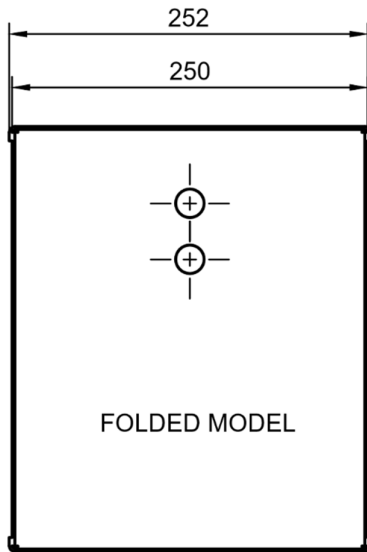
Tol. Sedang

FLAT PATTERN



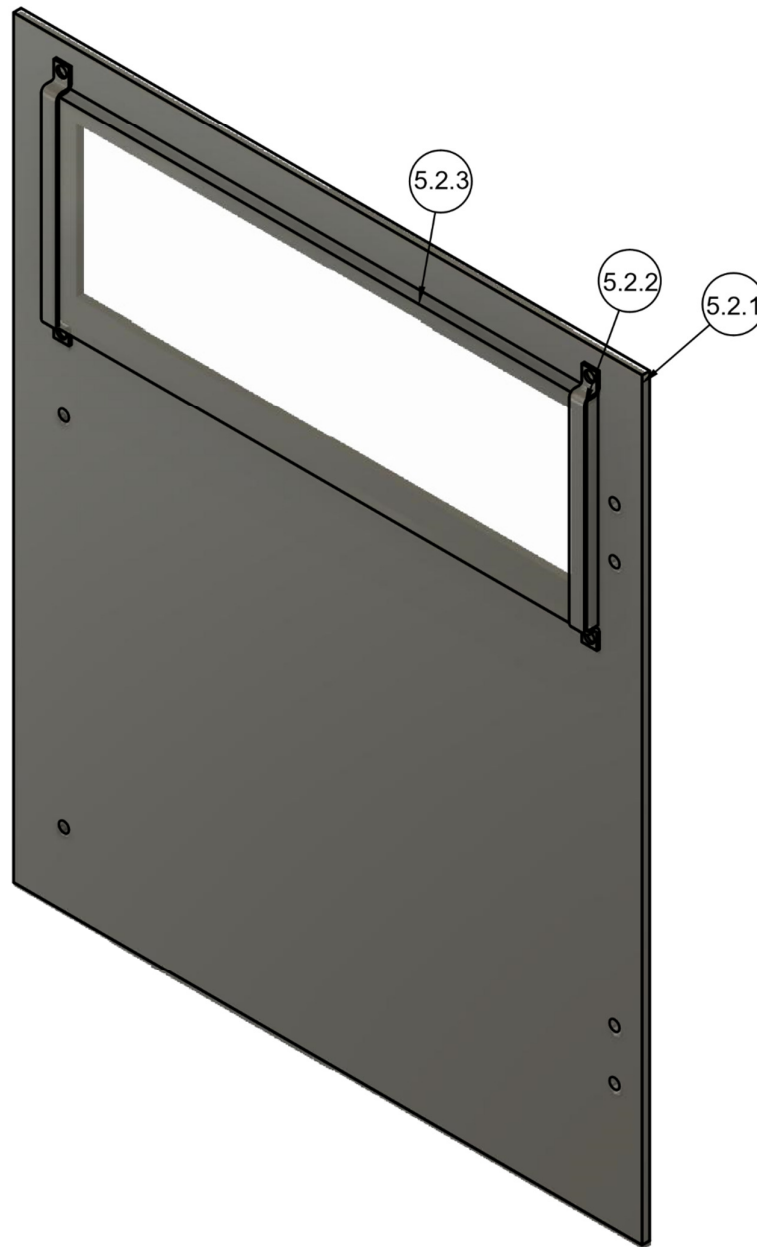
		1	Body Box Panel	5.1	Steel	300x250 x150	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
SUB ASSEMBLY BOX ELEKTORNIK & KONTROL						Skala 1:5	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang



		1	Body Box Panel	5.1	Steel	300x250 x150	Manufactured	
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I						
SUB ASSEMBLY BOX ELEKTORNIK & KONTROL						Skala 1:5	Digambar TIM Diperiksa MBN	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023		

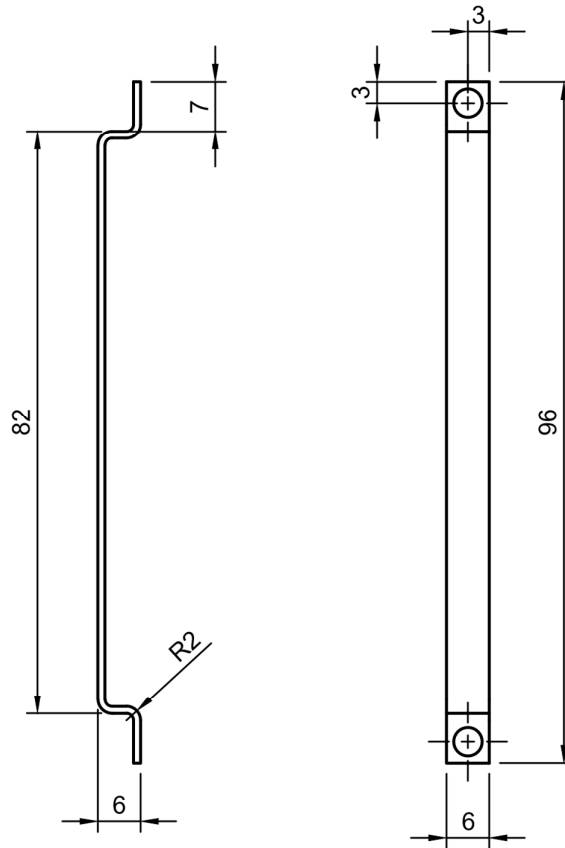
Tol. Sedang



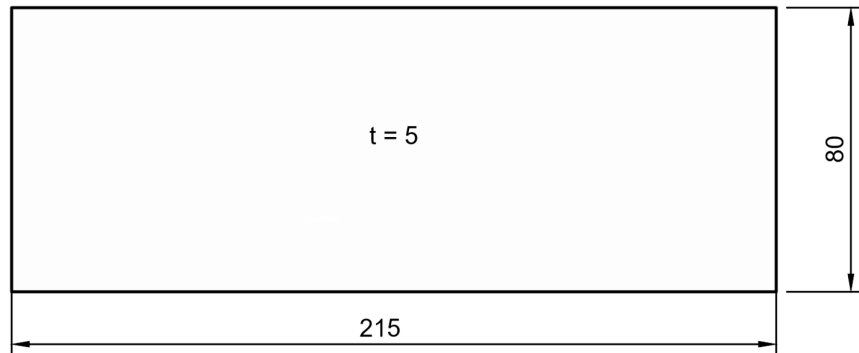
			Akrilik		Acrylyc	96 x 6 x 6	Manufactured
		1	Penyangga Akrilik		Steel	215 x 80	Manufactured
		1	Pintu Box		Steel		Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
			Sub Assembly Box Elektronik Alat Injeksi Molding			Skala 1:2	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang

5.2.2. Penyangga Akrilik

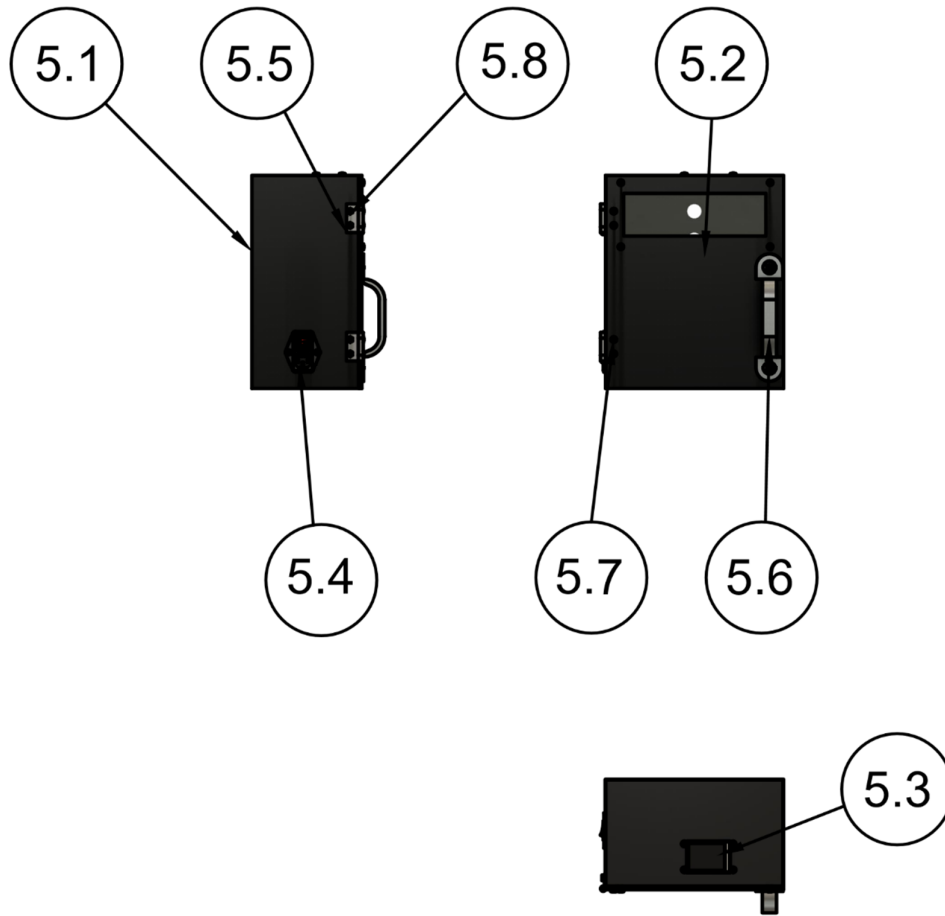


5.2.3. Akrilik



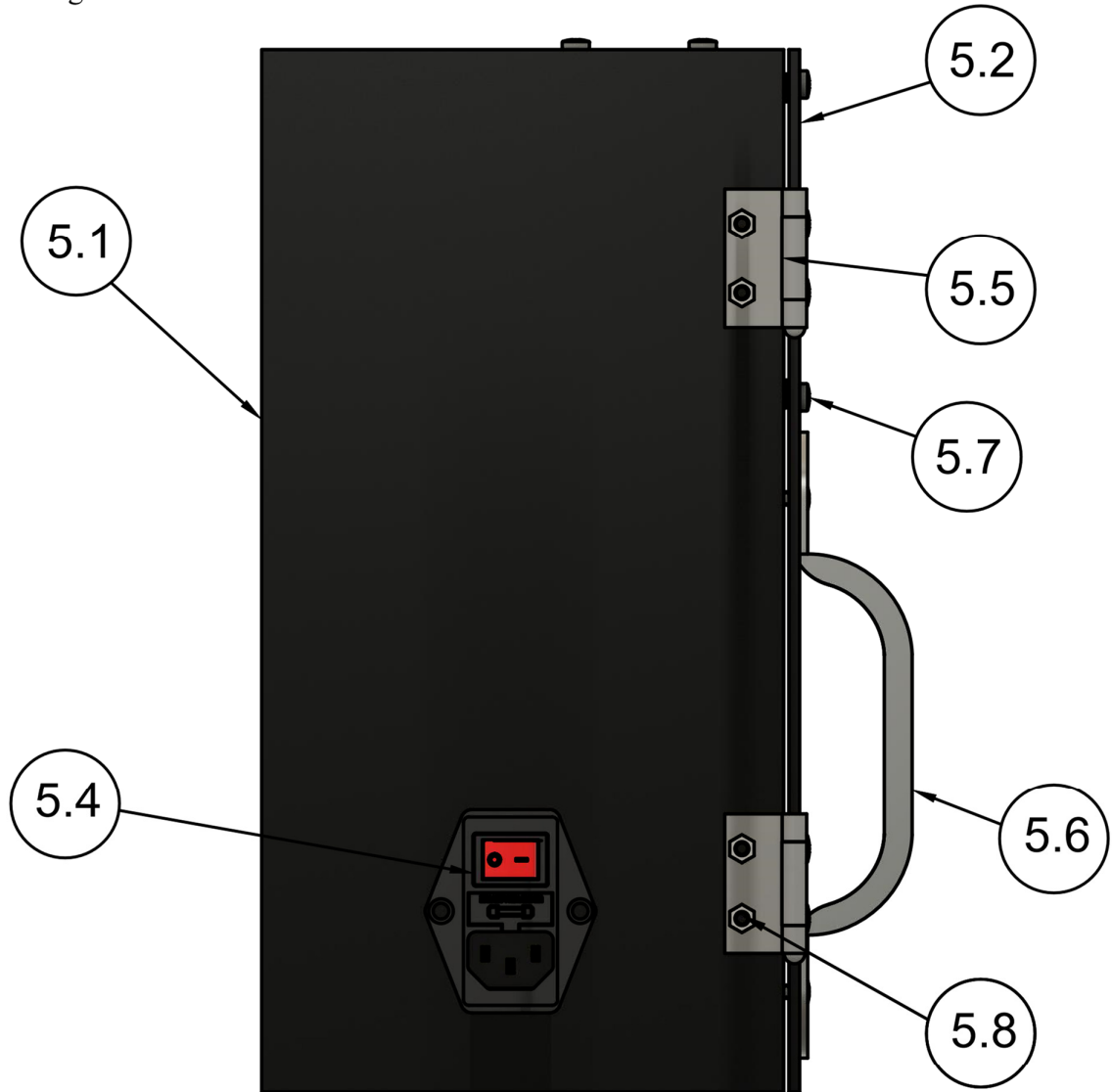
		1	Akrilik	5.2.3	Steel	215 x 80	Manufactured
		1	Penyangga Akrilik	5.2.2	Steel	96 x 6 x 6	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
Sub Assembly Box Elektronik Alat Injeksi Molding						Skala 1:2	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang



		18	Mur M4	5.8	Stainless Steel	M4	Standard
		18	Baut M4	5.7	Stainless Steel	M4 x 15	Standard
		1	Handle Pintu	5.6	Aluminium	100 x 40 x 10	Standard
		2	Engsel	5.5	Stainless Steel	60 x 40 x 3	Standard
		1	Ac Power Socket fused	5.4	-	47 x 27 x 18	Standard
		1	Nextion 2,4"	5.3	-	Standard Nextion 2,4 inch	Standard
		1	Pintu Box Elektronik	5.2	Steel	300 x 250 x 3	Manufactured
		1	Body Box Elektronik	5.1	Steel	300 x 250 x 150	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
			SUB ASSEMBLY BOX ELEKTRONIK & KONTROL			Skala 1:10	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

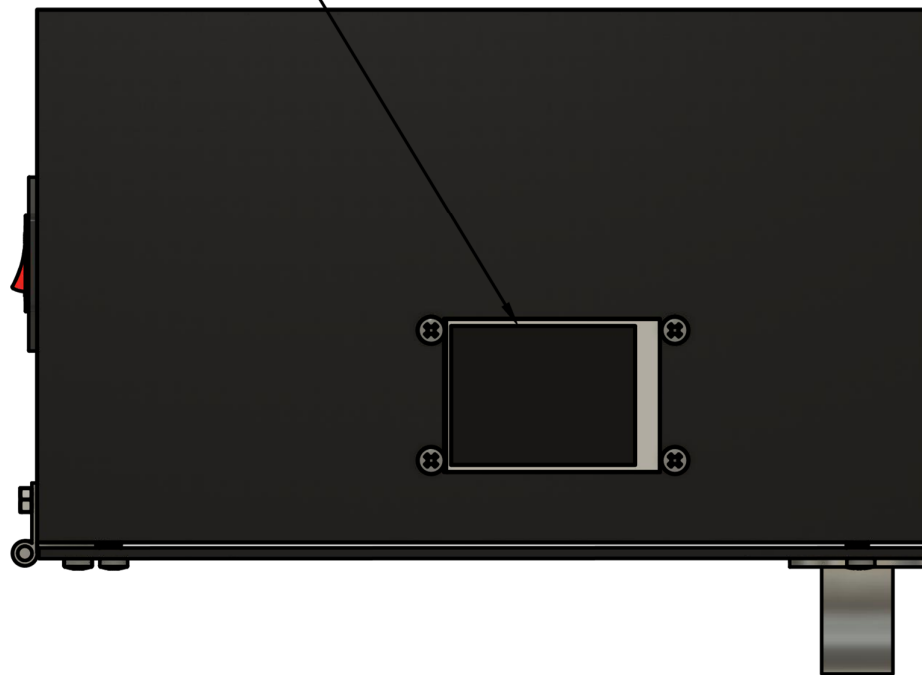
Tol. Sedang



		18	Mur M4	5.8	Stainless Steel	M4	Standard
		18	Baut M4	5.7	Stainless Steel	M4 x 15	Standard
		1	Handle Pintu	5.6	Aluminium	100 x 40 x 10	Standard
		2	Engsel	5.5		60 x 40 x 3	Standard
		1	Ac Power Socket fused	5.4	-	47 x 27 x 18	Standard
		1	Pintu Box Elektronik	5.2	Steel	300 x 250 x 3	Manufactured
		1	Body Box Elektronik	5.1	Steel	300 x 250 x 150	Manufactured
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
SUB ASSEMBLY BOX ELEKTRONIK & KONTROL						Skala 1:2	Digambar TIM Diperiksa MBN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG						009/010/011/MFG-4A/09/2023	

Tol. Sedang

5.3






		1	Nextion 2,4"	5.3	-	Standard Nextion 2,4 inch	Standard
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I					
			SUB ASSEMBLY BOX ELEKTRONIK & KONTROL			Skala 1:2	Digambar TIM Diperiksa MBN
			POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG			009/010/011/MFG-4A/09/2023	

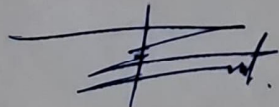
LEMBAR REVISI JUDUL PROYEK / TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : Dwi Karunia Putri / Dwikky Anugrah / Hendry R. O.
STAMBUK : 443 19 009 / 443 19 010 / 443 19 011

Catatan Penguji :

No	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1.	Busti Her, Ph.D	<ul style="list-style-type: none">- Koreksi bagian tabel- Tambahkan sumber referensi pada setiap persamaan.	
2.	Trisberheiser	<ul style="list-style-type: none">- koreksi redaksi pada tujuan poin 1.	
3.	Abdul Salau	<ul style="list-style-type: none">- Koreksi redaksi pada kesimpulan- Koreksi penulisan nama pengarang sumber referensi.	

Makassar,
Ketua / Sekretaris Penguji,


.....

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