



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**MODIFIKASI MESIN INJEKSI MOLDING PLASTIK
VERTIKAL**

PROYEK AKHIR

ANDIKA CANDRA KIRANA

40040220650089

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

SEMARANG

2025



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**MODIFIKASI MESIN INJEKSI MOLDING PLASTIK
VERTIKAL**

PROYEK AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Terapan**

ANDIKA CANDRA KIRANA

40040220650089

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

SEMARANG

2025

HALAMAN ORISINALITAS

**Proyek Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Andika Candra Kirana

NIM : 40040220650089

Tanda Tangan :

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Andika', with a stylized flourish at the end.

Tanggal : 27 November 2025



SURAT TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 1265/LPA/M/2024

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

Nama : Andika Candra Kirana
NIM : 40040220650089
Judul Proyek Akhir : Modifikasi Mesin Injeksi Molding Plastik Vertikal
Dosen Pembimbing : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.
NIP : 197110301998021001

Isi Tugas:

1. Memperbaiki kelemahan mesin injeksi molding yang lama.
2. Melakukan pengujian kinerja hasil modifikasi mesin injeksi molding
3. Menganalisa hasil pengujian mesin injeksi molding.

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, 7 Desember 2024

Ketua Prodi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik

Sri Utami Handayani, S.T., M.T.
NIP. 197609152003122001

Tembusan:

1. Ketua Prodi
2. Bagian pengajaran
3. Mahasiswa ybs

HALAMAN PENGESAHAN

Sidang Proyek Akhir ini diusulkan oleh:

Nama : Andika Candra Kirana

NIM : 40040220650089

Program Studi : Rekayasa Perancangan Mekanik

Judul : Modifikasi Mesin Injeksi Molding Plastik Vertikal

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T.) pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

Semarang, 27 November 2025

TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.

()

Penguji I : Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.

()

Penguji II : Bambang Setyoko, S.T., M.Eng.

()

Penguji III : Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T.

()

Ketua Program Studi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik



Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T.

NIP. 19760915200312200

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PROYEK
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Andika Candra Kirana
NIM : 40040220650089
Jurusan/Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Departemen : Teknologi Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Proyek Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan menyetujui untuk memberika kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royliti Noneksklusif** (Non-exclusive Royalty Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Modifikasi Mesin Injeksi Molding Plastik Vertikal”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 27 November 2025

Yang Menyatakan



Andika Candra Kirana

MOTTO

“Pendidikan itu mengobarkan api, bukan mengisi bejana.”

Socrates

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada kehadiran Allah SWT atas nikmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir dengan judul “Modifikasi Mesin Injeksi Molding Plastik Vertikal”

Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang. Penyusunan Proposal Proyek Akhir ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si. selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro,
2. Ibu Dr Sri Utami Handayani, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro dan Dosen Wali selama menjadi mahasiswa Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik,
3. Bapak Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Proyek Akhir,
4. Bapak Bambang Setyoko, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji Proposal Proyek Akhir.
5. Seluruh Dosen dan Staff Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik yang sudah memberikan bimbingan dan ilmu yang berharga,
6. Keluarga dan terutama kedua orang tua dan wali yang mendukung;
7. Semua teman-teman Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik angkatan 2020.

Penulis menyadari laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun akan membantu demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Semarang, 27 November 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Andika Candra Kirana' with a stylized flourish at the end.

Andika Candra Kirana

ABSTRAKSI

MODIFIKASI MESIN INJEKSI PLASTIK VERTIKAL

Injeksi molding merupakan salah satu metode yang digunakan dalam produksi plastik. Sebelumnya telah dilakukan penelitian tentang perancangan konstruksi mesin injeksi plastik molding. Namun hasil dari percobaan mesin tersebut kurang maksimal berupa hasil cetakan tidak memenuhi rongga cetakan, disebabkan oleh toleransi *plunger* dan *barrel* yang kurang presisi. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki kelemahan mesin yang lama, melakukan pengujian kinerja dan menganalisa hasil pengujian mesin injeksi molding. Metode pelaksanaan penelitian ini meliputi studi literatur, observasi, desain, fabrikasi, pengujian, serta penyusunan laporan. Pengujian dilakukan sebanyak enam kali menggunakan plastik *polypropylene* dengan variabel bebas suhu 190 °C, 200 °C, 210 °C, 220 °C, 230 °C, 240 °C serta variabel kontrol temperatur cetakan 68 °C, holding time 60 detik, dan pendinginan 9 menit setiap pengujian. Cetakan yang digunakan adalah cetakan untuk produk T slot nut dari bahan alumunium 6061. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada suhu 190 °C produk belum terbentuk penuh, pada suhu 200 °C, 210 °C, 220 °C produk sudah terbentuk namun masih banyak memiliki cacat injeksi molding. Pada suhu 230 °C dan 240 °C produk terbentuk secara penuh dan minim memiliki cacat hasil cetakan. Kesimpulan yang didapat, modifikasi telah berhasil dibuat dan berfungsi dengan baik. Berdasarkan pengujian, pemanas pada suhu 240 °C hasil cetakan memiliki bentuk penuh dan tidak memiliki cacat tetapi susah dilepas dari cetakan. Sedangkan pemanas pada suhu 230 °C hasil cetakan lebih mudah dilepas tetapi memiliki sedikit cacat berupa garis halus pada permukaan produk. Temperatur pemanas dalam proses injeksi molding memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil cetakan serta pelepasan produk dari cetakan.

Kata kunci: Mesin injeksi molding, plastik, T slot nut, *polypropylene*.

ABSTRACTION

MODIFICATION OF VERTICAL PLASTIC INJECTION MACHINE

Injection molding is one of the methods used in plastic production. Previously, research has been conducted on the design of the construction of a plastic injection molding machine. However, the results of the machine experiment were less than optimal in the form of mold results that did not fill the mold cavity, caused by imprecise plunger and barrel tolerances. This study aims to improve the weaknesses of the old machine, conduct performance tests and analyze the results of injection molding machine tests. The implementation method of this research includes literature studies, observation, design, fabrication, testing, and preparation of reports. Tests were carried out six times using polypropylene plastic with free temperature variables of 190 °C, 200 °C, 210 °C, 220 °C, 230 °C, 240 °C and mold temperature control variables of 68 °C, holding time of 60 seconds, and drying time of 9 minutes per test. The mold used is a mold for T slot nut products made of 6061 aluminum. The test results show that at a temperature of 190 °C the product is not fully formed, at temperatures of 200 °C, 210 °C, 220 °C the product has been formed but many have injection molding defects. At temperatures of 230 °C and 240 °C the product is fully formed and has minimal molding defects. The conclusion obtained, the modification has been successfully made and functions well. Based on the test, heating at a temperature of 240 °C the mold has a full shape and has no defects but is difficult to remove from the mold. While heating at a temperature of 230 °C the mold is easier to remove but has a few defects in the form of fine lines on the surface of the product. The heating temperature in the injection molding process has a significant effect on the molding results and the release of the product from the mold.

Keywords: Injection molding machine, plastic, T slot nut, polypropylene.

DAFTAR ISI

HALAMAN ORISINALITAS.....	i
SURAT TUGAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAKSI	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Luaran.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Plastik	5
2.2 Jenis-Jenis Plastik.....	5
2.3 Plastik Jenis <i>Polypropylene</i>	9
2.4 Sifat Thermal Plastik	9
2.5 Injeksi Molding	11

2.6	Mesin Injeksi Molding Vertikal	11
2.7	Bagian-bagian Mesin Injeksi Molding	13
2.7.1	<i>Injection Unit</i>	13
2.7.2	<i>Clamping Unit</i>	13
2.8	Cetakan atau <i>Molding</i>	14
2.9	Jenis-Jenis Cetakan.....	14
2.9.1	<i>Mold 2 Plate</i>	15
2.9.2	<i>Mold 3 Plate</i>	15
2.10	Jenis-Jenis Cacat Injeksi Molding	16
BAB III METODE PENELITIAN.....		20
3.1	Pengumpulan Informasi	21
3.1.1	Studi Literatur	21
3.1.2	Metode Observasi	21
3.2	Pembuatan Desain	21
3.2.1	Pembuatan Desain Mesin.....	22
3.2.2	Pembuatan Desain Cetakan	23
3.2.3	Desain Perencanaan Bagian dan Perhitungannya	23
3.3	Tahap Pembuatan Komponen.....	32
3.3.1	Persiapan Bahan dan Peralatan Penelitian	32
3.3.2	Proses Pembuatan Komponen Mesin Injeksi Molding	34
3.3.3	Proses Pembuatan Cetakan	39
3.4	Tahap Perakitan	41
3.5	Tahap Pengujian	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		44
4.1	Hasil Pembuatan Mesin Injeksi Molding Plastik	44
4.2	Hasil Pembuatan Cetakan Produk T Slot Nut M3.....	46
4.3	Cara Kerja Mesin.....	46
4.4	Hasil Uji Coba Mesin	47

4.5	Data hasil pengujian mesin injeksi molding dengan plastik PP	49
4.6	Pembahasan	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		54
5.1	Kesimpulan.....	54
5.2	Saran	55
DAFTAR PUSTAKA		56
LAMPIRAN		58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>polietilen</i> (PE),	8
Gambar 2. 2 polipropilen	8
Gambar 2. 3 PVC (polivinil klorida).....	8
Gambar 2. 4 Mesin injeksi molding vertikal.....	12
Gambar 2. 5 Bagian <i>injection unit</i> mesin injeksi molding	13
Gambar 2. 6 <i>Mold 2 plate</i>	15
Gambar 2. 7 <i>3 Plate mold</i>	16
Gambar 2. 8 Cacat <i>short shot</i>	16
Gambar 2. 9 Cacat <i>flash</i>	17
Gambar 2. 10 Cacat <i>sink mark</i>	17
Gambar 2. 11 Cacat <i>flow mark</i>	18
Gambar 2. 12 Cacat <i>black spot</i>	18
Gambar 2. 13 Cacat <i>warpage</i>	19
Gambar 2. 14 Cacat <i>colour streak</i>	19
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	20
Gambar 3. 2 Desain mesin injeksi molding plastik vertikal	22
Gambar 3. 3 Desain <i>core</i> dan <i>cavity</i> cetakan (<i>mold</i>) produk T slot baut M3	23
Gambar 3. 4 Desain penyangga barrel	23
Gambar 3. 5 Desain tuas	24
Gambar 3. 6 Gaya-gaya pada tuas penekan	24
Gambar 3. 7 Desain tiang penyangga	25
Gambar 3. 8 Gaya pada tiang penyangga.....	26
Gambar 3. 9 Desain plat dudukan	27
Gambar 3. 10 Desain <i>plunger</i> (batang penekan).....	28
Gambar 3. 11 Gaya pada <i>plunger</i>	28
Gambar 3. 12 Desain <i>barrel</i>	30
Gambar 3. 13 Desain nozzle tampak bawah	31
Gambar 3. 14 Plat alumunium	39

Gambar 3. 15 Proses desain cetakan	40
Gambar 3. 16 Proses pemotongan plat alumunium	40
Gambar 3. 17 Proses facing menggunakan mesin CNC milling.....	40
Gambar 3. 18 Proses membuat G-Code	41
Gambar 3. 19 Proses pengerjaan cetakan.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jenis-jenis plastik	6
Tabel 2. 2 Sifat fisik, mekanis dan termal <i>polypropylene</i>	9
Tabel 2. 3 Sifat thermal plastik	10
Tabel 3. 1 Bahan penelitian.....	32
Tabel 3. 2 Alat penelitian	33
Tabel 3. 3 Proses pembuatan komponen mesin injeksi molding	34
Tabel 3. 4 Komponen - komponen standar yang dibeli	38
Tabel 4. 1 Data hasil pengujian mesin injeksi menggunakan plastik PP	49
Tabel 4. 2 Pembahasan data hasil pengujian mesin injeksi molding	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia menghadapi tantangan besar terkait masalah plastik. Sebagai salah satu negara dengan populasi terbesar di dunia, konsumsi plastik di Indonesia juga sangat tinggi. Setiap tahun, sekitar 3,4 juta metrik ton sampah plastik dihasilkan. Sayangnya, hanya sebagian kecil dari plastik ini yang didaur ulang. Sebagian besar dari sampah plastik ini berakhir di tempat pembuangan akhir, sungai, dan laut.

Plastik yang terbuang tidak hanya mencemari lingkungan, tetapi juga menyebabkan kematian banyak hewan laut yang terjebak atau memakan plastik. Mikroplastik yang terkandung dalam ikan yang dikonsumsi manusia juga menimbulkan ancaman serius bagi kesehatan. Selain itu, sampah plastik di tempat-tempat wisata alam juga merusak keindahan dan mengurangi minat wisatawan untuk berkunjung.

Salah satu langkah efektif untuk mengatasi masalah sampah plastik adalah dengan menerapkan prinsip *reduce*, *reuse*, dan *recycle*. Artinya, mengurangi penggunaan, memanfaatkan kembali, dan mendaur ulang plastik menjadi solusi penting dalam menanggulangi sampah plastik (Hastarina et al., 2020). Berbagai upaya telah dilakukan untuk mendaur ulang produk plastik, salah satunya dengan melelehkan biji plastik dan mengolahnya menjadi barang yang lebih berguna.

Teknik yang cukup efektif dan umum digunakan dalam pengolahan bahan thermoplastik adalah *injection molding* (Hastarina et al., 2020).

Injection molding merupakan salah satu metode yang digunakan dalam produksi plastik, dan proses ini dikenal sebagai salah satu yang paling efisien secara biaya untuk menghasilkan berbagai produk cetak (Zubair Sultan et al., 2021). Prinsip kerja mesin ini mirip dengan cara kerja jarum suntik. Plastik cacahan dimasukkan ke dalam barrel, lalu dipanaskan oleh heater hingga meleleh. Setelah plastik meleleh, piston akan mendorong lelehan plastik keluar dari silinder melalui nozzle yang sudah dipasang cetakan (mold). Selanjutnya, plastik tersebut akan mengisi ruang cavity di dalam mold (Gusniar, 2018).

Sebelumnya telah dilakukan penelitian tentang perancangan kontruksi mesin injeksi plastik molding. Namun hasil dari percobaan tersebut dapat dilihat kurang maksimal yang disebabkan oleh lelehan plastik yang terlalu cepat mengeras atau kering di *runner system*, sulit mengetahui suhu saat dipanaskan, kurangnya tekanan karena toleransi *plunger* terlalu besar dan kurang presisi antara *plunger* dan *barrel* (Darmanto, S., & Ramadhan, F. H., 2023). Mempertimbangkan masalah yang telah dipaparkan penulis akan melakukan perancangan mesin injeksi molding vertikal yang meliputi pembuatan gambar atau desain dan pemilihan bahan atau komponen yang akan digunakan nantinya pada mesin injeksi molding ini.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Kelemahan mesin injeksi molding yang lama (lelehan plastik yang terlalu cepat mengeras atau kering di *runner system*, kurangnya tekanan karena toleransi *plunger* terlalu besar dan kurang presisi antara *plunger* dan *barrel*).
2. Pengujian kinerja hasil modifikasi mesin injeksi molding.
3. Analisa hasil pengujian mesin injeksi molding.

1.3 Batasan Masalah

Dalam modifikasi mesin injeksi molding plastik vertikal, batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini yaitu:

1. Material yang digunakan adalah *polypropylene* yang berasal dari limbah cacahan limbah plastik.
2. Membahas masalah cacat produk.
3. Melakukan analisa hasil pengujian modifikasi mesin injeksi molding plastik vertikal.
4. Tidak membahas masalah heat transfer.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang diinginkan dicapai penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

1. Memperbaiki kelemahan mesin injeksi molding yang lama (lelehan plastik yang terlalu cepat mengeras atau kering di *runner system*, kurangnya tekanan karena toleransi *plunger* terlalu besar dan kurang presisi antara *plunger* dan *barrel*).

2. Melakukan pengujian kinerja hasil modifikasi mesin injeksi molding.
3. Menganalisa hasil pengujian mesin injeksi molding.

1.5 Luaran

Pelaksanaan Tugas Akhir ini akan menghasilkan luaran, yaitu:

1. Laporan Tugas Akhir
2. Prototype mesin injeksi molding plastik vertikal
3. HKI (Hak Kekayaan Intelektual) berupa video berisi pembahasan tentang modifikasi injeksi molding dan pengujiannya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik

Plastik adalah sejenis makromolekul yang terbentuk melalui proses yang disebut polimerisasi. Dalam polimerisasi, molekul-molekul kecil atau monomer digabungkan melalui reaksi kimia untuk membentuk molekul yang lebih besar, disebut polimer. Plastik sendiri adalah salah satu contoh senyawa polimer yang komponen utamanya terdiri dari karbon dan hidrogen (Sriyanto & Suhartoyo, 2018).

Plastik memiliki densitas rendah, bersifat isolator listrik, kekuatan mekanik bervariasi, ketahanannya terhadap suhu terbatas, dan ketahanannya terhadap bahan kimia juga bervariasi. Selain itu, plastik murah untuk diproduksi, ringan, dan mudah dibuat (Berliana et al., 2022).

2.2 Jenis-Jenis Plastik

Plastik umumnya diklasifikasikan menjadi tiga jenis : termoplastik, termoset, dan elastomer. Termoplastik merupakan jenis plastik yang melunak jika dipanaskan dan mengeras jika didinginkan. Contoh bahan termoplastik antara lain polietilen, polipropilen, dan PVC (polivinil klorida). Plastik termosetting mengeras saat dipanaskan dan tidak dapat didaur ulang. Contoh plastik termosetting adalah Bakelit, silikon, epoxy, dan lainnya. Sedangkan, elastis (elastomer) adalah bahan yang sangat elastis. Contoh bahan elastis yaitu karet sintetis. Jenis plastik yang

ketiga adalah elastomer . Elastomer terdiri dari kata "elastis" dan "mer". Plastik jenis ini mempunyai sifat seperti karet. Elastomer pertama kali ditemukan oleh Charles Goodyear pada tahun 1839 (Surdia, Tata, 2000 dalam Yanto et al., 2018).

Berdasarkan macam-macam plastik tersebut, thermoplastik merupakan jenis plastik yang bisa didaur-ulang/dicetak lagi dengan cara proses pemanasan ulang. Contoh: *polietilen (PE)*, *polistiren (PS)*, *akrilonitril butadiene stiren (ABS)*, *polikarbonat (PC)* (Sumartono, 2019).

Berdasarkan jenis produknya, plastik digolongkan menjadi 6 yaitu *High Density Polyethylene (HDPE)*, *Low Density Polyethylene (LDPE)*, *Polypropylene (PP)*, *Polyvinyl Chloride (PVC)*, *Polystyrene (PS)* and *Polyethylene Terephthalate (PET)* (Hartulistiyoso dkk, 2015 dalam Astuti et al., 2020). Jenis-jenis plastik tersebut memiliki kode plastik dengan karakteristik masing-masing. Berikut ini adalah jenis-jenis plastik yang dan sifatnya.

Tabel 2. 1 Jenis-jenis plastik

Jenis Plastik	Sifat
PET atau PETE (<i>Polyethylene terephthalate</i>)	• Ditemukan pada air dalam kemasan komersil, berwujud transparan dan tipis. • Ditujuikan untuk pemakaian tunggal, botol bekas minuman ini tidak dianjurkan untuk dipakai ulang. • Melunak pada suhu °C.
HDPE (<i>High-density polyethylene</i>)	• Berwujud kaku, kuat, keras, buram, lebih tahan terhadap suhu tinggi, dan mudah didaur ulang. Tahan terhadap bahan kimia dan kelembaban. • Ditemukan pada wadah minuman komersil detergen serta sampo. • Melunak pada suhu 75 °C.

Sumber: Astuti et al., 2020

Tabel 2. 1 Jenis-jenis plastik (lanjutan)

Jenis Plastik	Sifat
V atau PVC (<i>Polyvinyl Chloride</i>)	• Adalah jenis plastik yang paling sulit didaur ulang. • Ditemukan pada botol-botol cairan pembersih komersil, sabun, sampo, pembungkus kabel, dan pipa plastik. • Melunak pada suhu 80 °C.
LDPE (<i>Low Density Polyethylene</i>)	• Plastik ini dibuat menggunakan minyak bumi (thermoplastic). • Karena memiliki resistensi yang cukup baik terhadap reaksi kimia, maka LDPE tergolong cukup aman untuk membungkus makanan atau minuman. • Melunak pada suhu 70 °C.
PP (<i>Polypropylene</i>)	• Adalah pilihan jenis plastik terbaik; kuat, tahan panas, cukup resisten terhadap kelembapan, minyak, dan bahan kimia, serta berdaya tembus uap yang rendah. • Biasa ditemukan pada botol minuman, botol bayi, kotak makanan, sedotan, kantong belanja (kresek), gelas, serta wadah margarin dan yoghurt. • Melunak pada suhu 140 °C.
PS (<i>Polystyrene</i>)	• Berciri khas kaku, getas, buram, dan sulit didaur ulang. • Biasa ditemukan pada <i>styrofoam</i>. • <i>Polystyrene</i> sangat tidak disarankan untuk digunakan sebagai pembungkus makanan atau minuman.

Sumber: Astuti et al., 2020

Berikut adalah gambar contoh bahan termoplastik (polietilen , polipropilen, dan polivinil klorida).



Gambar 2. 1 polietilen (PE),
(Sumber: <https://kipmi.or.id>)



Gambar 2. 2 polipropilen
(Sumber: <https://tokoplas.com>)



Gambar 2. 3 PVC (polivinil klorida)
(Sumber: <https://www.siu-bijiplastik.com>)

2.3 Plastik Jenis *Polypropylene*

Polypropylene adalah polimer kristalin yang dihasilkan melalui proses polimerisasi gas propilena. Salah satu keunggulan utamanya adalah *specific gravity* yang rendah, menjadikannya lebih ringan dibandingkan banyak jenis plastik lainnya. *Polypropylene* juga memiliki titik leleh yang relatif tinggi, yaitu sekitar 140-165°C, yang memungkinkan penggunaannya pada suhu yang lebih tinggi. Sedangkan, titik kristalisasinya berada di antara 130-135°C. (Mawardi & Lubis, 2019). *Polypropylene* merupakan salah satu jenis plastik yang sering didaur ulang (Yanel, 2022).

Tabel 2. 2 Sifat fisik, mekanis dan termal *polypropylene*

TYPICAL PROPERTIES of POLYPROPYLENE				
ASTM or UL test	Property	Homopolymer	Co-Polymer	Flame Retardant
<i>PHYSICAL</i>				
D792	Density (lb/in ³) (g/cm ³)	0.033 0.905	0.033 0.897	0.035 0.988
D570	Water Absorption, 24 hrs (%)	<0.01	0.01	0.02
<i>MECHANICAL</i>				
D638	Tensile Strength (psi)	5,000	5,000	4,500
D638	Tensile Modulus (psi)	195,000	-	-
D638	Tensile Elongation at Yield (%)	12	23	28
D790	Flexural Strength (psi)	7,000	5,400	-
D790	Flexural Modulus (psi)	180,000	160,000	145,000
D695	Compressive Strength (psi)	7,000	6,000	-
D695	Compressive Modulus (psi)	-	-	-

Sumber: Yanel, 2022

2.4 Sifat Thermal Plastik

Memahami berbagai jenis karakteristik termal plastik sangat penting untuk produksi dan daur ulang plastik. Titik leleh (T_m), suhu transisi (T_g), dan suhu

dekomposisi (Td) merupakan parameter termal yang penting. Temperatur transisi merupakan temperatur di mana terjadi perenggan struktur pada plastik sehingga terjadi perubahan dari kondisi kaku menjadi lebih fleksibel. Di atas titik lebur, plastik mengalami pembesaran volume sehingga molekul dapat bergerak lebih bebas yang dapat diketahui dengan peningkatan kelenturannya. Temperatur lebur adalah temperatur di mana plastik mulai melunak dan berubah wujud menjadi cair. Temperatur dekomposisi merupakan batasan dari proses pencairan. Apabila suhu ditingkatkan di atas temperatur lebur, plastik akan dengan mudah mengalir dan strukturnya akan mengalami dekomposisi. Dekomposisi terjadi apabila energi termal melampaui energi yang mengikat rantai molekul. Umumnya, polimer akan mengalami dekomposisi pada suhu di atas 1,5 kali dari temperature transisinya (Budiyantoro, 2010 dalam Sriyanto & Suhartoyo, 2018).

Tabel 2. 3 Sifat thermal plastik

Jenis Bahan	Tm (°C)	Tg (°C)	Temperatur Kerja Maks (°C)
PP	168	5	80
HDPE	134	-110	82
LDPE	330	-115	260
PA	260	50	100
PET	250	70	`100
ABS		110	85
PS		90	70
PMMA		100	85
PC		150	246
PVC		90	71

(Sumber: Budiantoro, 2010)

2.5 Injeksi Molding

Injeksi molding adalah proses pembentukan plastik menjadi bentuk yang diinginkan dengan cara menekan plastik cair ke dalam cetakan. Proses ini banyak digunakan dalam industri untuk membuat produk dengan bentuk geometris yang rumit, menghasilkan produktivitas tinggi, ketelitian yang presisi, dan biaya yang relatif rendah (Permana & Anwar, 2021).

Proses yang terjadi pada injection molding terdiri dari empat tahapan yaitu pertama clamping sebelum penginjeksian bahan ke dalam *mold* atau cetakan, dua bagian sisi cetakan harus tertutup rapat pada mesin, tahap kedua yaitu injeksi plastik cair yang diinjeksikan ke dalam *mold* atau cetakan melalui spure kemudian runner dan memenuhi ruang rongga sesuai dengan bentuk produk yang diinginkan. Tahap ketiga yaitu pendinginan yang merupakan proses pendinginan material plastik setelah proses penyuntikan, proses pendinginan berlangsung di cetakan dengan sistem sirkulasi fluida di dalam *mold* atau cetakan, Tahap yang terakhir yaitu tahap pelepasan produk dari cetakan terjadi ketika *mold* atau cetakan dibuka lalu mekanisme sistem injeksi akan mendorong bagian produk plastik keluar dari cetakannya (Gusniar, 2018).

Mesin injeksi plastik merupakan sebuah mesin yang digunakan secara manual atau automasi, yang memiliki 2 jenis tipe mesin. Yaitu mesin injeksi plastik vertikal dan mesin injeksi plastik horisontal (Alimuddin & Permana, 2023).

2.6 Mesin Injeksi Molding Vertikal

Mesin injeksi molding vertikal adalah jenis mesin injeksi yang digunakan untuk memproses material termoplastik. Mesin ini memiliki orientasi vertikal, di

mana *injection unit* dan cetakannya diposisikan tegak atau vertikal, dengan unit injeksi berada di atas cetakan dan material plastik dimasukkan ke mesin dari atas. Pada penelitian sebelumnya telah dibuat mesin injeksi molding mini vertikal, tetapi mesin tersebut belum bisa memberikan hasil pengujian yang diharapkan (Darmanto, S., & Ramadhan, F. H., 2023). Berdasarkan hasil uji coba sebanyak empat kali pada mesin injeksi mini pengolahan limbah plastik, maka bentuk produk penutup galon tersebut belum dapat dicapai. Hal tersebut disebabkan kurangnya tekanan injeksi pada saat penginjeksian cairan plastik dari barrel ke dalam mold dikarenakan toleransi batang penekan (*plunger*) dan *barrel* yang terlalu besar atau kurang kesembuan antara barrel dan plunger akibat bending saat proses pengelasan. Selain itu diameter plunger terlalu kecil sehingga cairan plastik sulit masuk kedalam mold. Alat ukur pada mesin injeksi tersebut juga kurang presisi sehingga sulit mengetahui suhu saat dipanaskan. (Darmanto, S., & Ramadhan, F. H., 2023)



Gambar 2. 4 Mesin injeksi molding vertikal
(Sumber Darmanto, S., & Ramadhan, F. H., 2023)

karena cetakan akan diisi dengan material cair panas yang bertekanan tinggi. Jika kekuatan mesin tidak cukup untuk menutup cetakan dengan rapat, material plastik cair bisa bocor di antara celah *core* dan *cavity* (Permana & Anwar, 2021).

2.8 Cetakan atau *Molding*

Cetakan, yang sering disebut sebagai *molding*, adalah rongga kosong tempat plastik leleh ditempatkan agar membentuk sesuai dengan cetakan. Cetakan ini terdiri dari dua bagian utama: pelat bergerak (*moveable plate*) dan pelat diam (*stationary plate*). Sesuai dengan fungsinya, pelat bergerak dipasang pada *moveable plate* di mesin injeksi molding, sementara pelat diam dipasang pada *stationary plate* (Permana & Anwar, 2021)

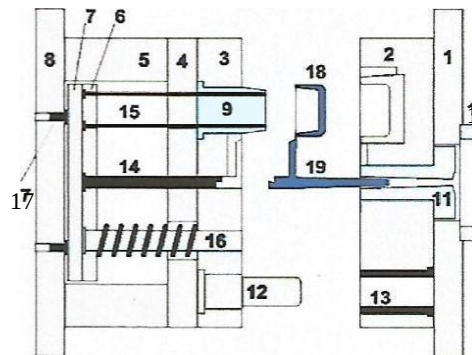
Cetakan (*mold*) terdiri dari berbagai komponen yang dirangkai bersama untuk membentuk sebuah konstruksi, di mana setiap komponen memiliki peran penting dalam penggunaan *mold*. Secara umum, desain dan konstruksi setiap *mold* serupa, yang membedakannya hanyalah beberapa komponen tambahan yang disesuaikan dengan fungsi dan ukuran *mold* tersebut (Irawan et al., 2023).

2.9 Jenis-Jenis Cetakan

Menurut Permana & Anwar, (2021) Cetakan umumnya dapat dibedakan menjadi 2 tipe yaitu, tipe *mold 2 Plate* dan *mold 3 Plate*. *Mold 2 Plate* terdiri dari *cavity plate* dan *core plate*, sedangkan untuk *mold 3 Plate* ditambah *runner plate*

2.9.1 *Mold 2 Plate*

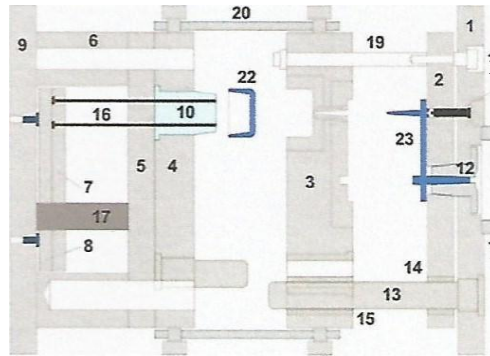
Mold 2 plate menghasilkan produk yang masih terhubung dengan *runner*, yaitu aliran material dari *sprue bush* dan seterusnya. Untuk memisahkan produk dari *runner*, biasanya digunakan nipper cutting atau tang potong agar hasil potongannya halus dan rapi. Jika ingin mendapatkan produk yang terpisah dari *runner* secara otomatis, sistem *submarine gate* dapat diterapkan. Sedangkan untuk menghasilkan produk tanpa *runner*, bisa menggunakan sistem *hot runner*.



Gambar 2. 6 *Mold 2 plate*
(Sumber: Permana & Anwar, 2021)

2.9.2 *Mold 3 Plate*

Perbedaan utama antara *mold 2 plate* dan *mold 3 plate* terletak pada jumlah *plate*-nya. *Mold 3 plate* memiliki satu *plate* tambahan, yaitu *runner plate*. *Runner plate* berfungsi untuk memisahkan produk dari *runner* dengan menggunakan sistem *gate* yang disebut *pin point gate*. Saat *mold* terbuka, *runner* harus tetap menempel pada *runner plate* dengan jaminan *runner lockpin* pada setiap *gate*-nya.



Gambar 2. 7 3 Plate mold
(sumber: Permana & Anwar, 2021)

2.10 Jenis-Jenis Cacat Injeksi Molding

Banyak faktor yang dapat menyebabkan produk tidak sesuai dengan hasil yang diinginkan sehingga produk dinyatakan cacat. Menurut Sulung Wibawansyah, (2024) terdapat beberapa cacat dalam injeksi molding dan faktor penyebabnya antara lain :

1. *Short Shot*

Short shot merupakan cacat produk yang diakibatkan pengisian yang tidak sempurna. Faktor yang menyebabkan antara lain:

- Pelelehan biji plastik yang tidak sempurna.
- Injeksi yang lambat.
- Tekanan injeksi yang kurang.
- Udara tidak keluar dari mold cavity.
- Temperatur mold yang rendah.



Gambar 2. 8 Cacat *short shot*
(Sumber: <https://www.topgrid.co>)

2. *Flash*

Flash adalah cacat produk akibat material yang berlebih. Faktor yang menyebabkan antara lain:

- Masih terdapat celah pada proses clamping.
- Mold kurang rapat saat proses injeksi
- Material terlalu cair.



Gambar 2. 9 Cacat *flash*
(Sumber: <https://www.beaumontinc.com>)

3. *Sink Mark*

Sink mark adalah cacat produk berupa bentuk cekung. Faktor yang menyebabkan antara lain:

- Perbedaan ketebalan produk.
- Temperatur core dengan cavity berbeda.
- Loading time material terlalu cepat.
- Sistem pendinginan mold yang kurang.
- Putaran screw yang terlalu cepat mengakibatkan peningkatan suhu.



Gambar 2. 10 Cacat *sink mark*
(sumber: <https://prototool.com>)

4. *Flow Mark*

Flow mark adalah cacat produk dimana terdapat pola bergaris pada produk.

Faktor yang menyebabkan antara lain:

- Proses injeksi yang lambat.
- Suhu mold yang rendah.
- Suhu peleburan material yang rendah.
- Permukaan mold yang terkontaminasi minyak
- Terdapat udara yang terjebak pada cetakan.



Gambar 2. 11 Cacat *flow mark*
(Sumber: <https://gudmould.wordpress.com>)

5. *Black Spot*

Black spot adalah cacat produk yang ditemukan bintik hitam pada produk.

Faktor yang menyebabkan antara lain:

- Kurang bersih saat penggantian material.
- Proses pewarna yang tidak stabil.
- Material yang mengalami pemanasan/pengeringan terlalu berlebihan.

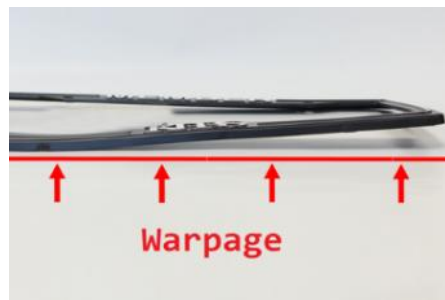


Gambar 2. 12 Cacat *black spot*
(sumber: <https://www.plasticmoulds.net>).

6. *Warpage*

Warpage adalah cacat produk yang terlihat pada permukaan produk berupa lengkungan atau bengkok. Faktor yang menyebabkan antara lain:

- Holding pressure yang rendah.
- Pendinginan mold yang tidak seragam.
- Perbedaan temperatur disebagian cetakan.



Gambar 2. 13 Cacat *warpage*
(sumber: <https://waykenrm.com>).

7. *Colour streaks*

Colour streaks adalah cacat produk yang terjadi ketika ada campuran warna pada suatu produk yang dihasilkan menjadi belang. Faktor yang menyebabkan antara lain:

- Pencampuran warna yang tidak stabil.
- Peleburan material yang prosesnya terlalu lama.
- Temperatur peleburan material yang tinggi.

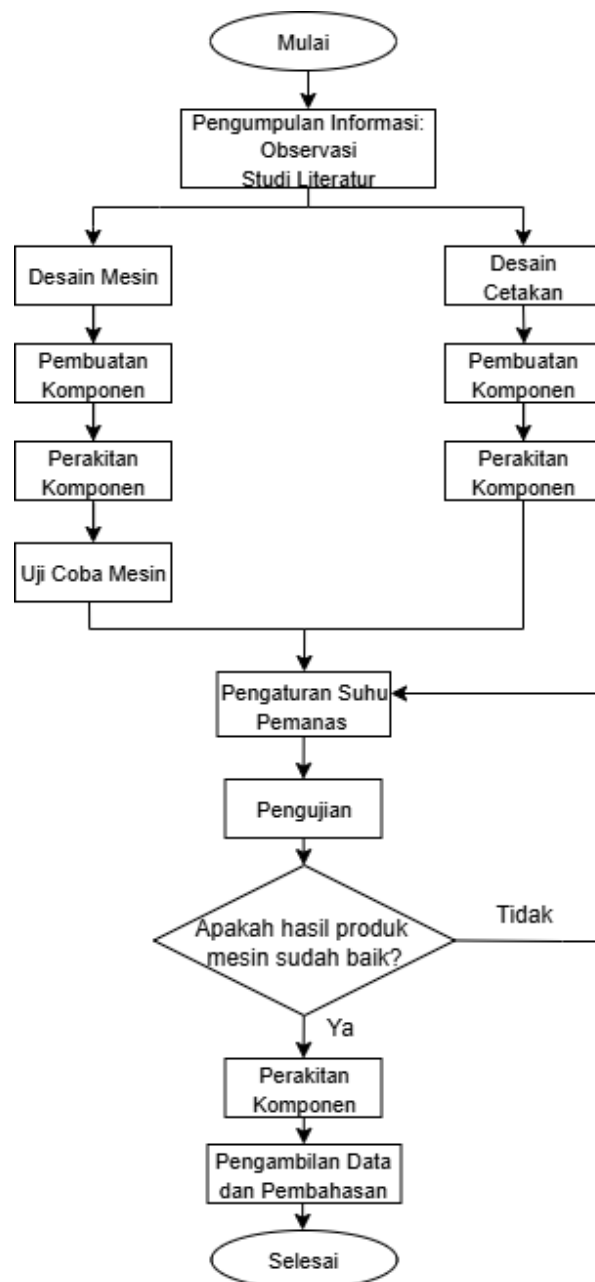


Gambar 2. 14 Cacat *colour streak*
(Sumber: <https://www.nexpcb.com>)

BAB III

METODE PENELITIAN

Berikut ini adalah flow chart rangkaian dari modifikasi mesin injeksi molding mini



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

3.1 Pengumpulan Informasi

Dalam proses modifikasi mesin injeksi molding plastik vertikal, diperlukan data-data yang mendukung proses modifikasi tersebut. Adapun pengumpulan data-data tersebut dapat dilakukan secara langsung maupun secara tidak langsung. Metode yang digunakan dalam pengumpulan data sebagai berikut:

3.1.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan teknik pengumpulan data-data dengan melakukan tinjauan pustaka ke perpustakaan dan mengumpulkan buku-buku, artikel, catatan, berbagai penelitian sebelumnya serta referensi-referensi yang relevan dengan penelitian yang sedang dilakukan. Studi Literatur memiliki fungsi untuk memperdalam informasi sebagai dasar dalam perancangan dan pemilihan bahan dalam modifikasi mesin injeksi molding plastik vertikal.

3.1.2 Metode Observasi

Teknik observasi adalah pengamatan dan pencatatan secara sistematis fenomena-fenomena yang diselidiki. Metode observasi dapat dimaksudkan suatu cara pengambilan data melalui pengamatan langsung terhadap situasi atau peristiwa yang ada di lapangan. Kegiatan yang dilakukan dalam metode ini yaitu melakukan pengumpulan data dengan melakukan pengamatan secara langsung terhadap mesin pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

3.2 Pembuatan Desain

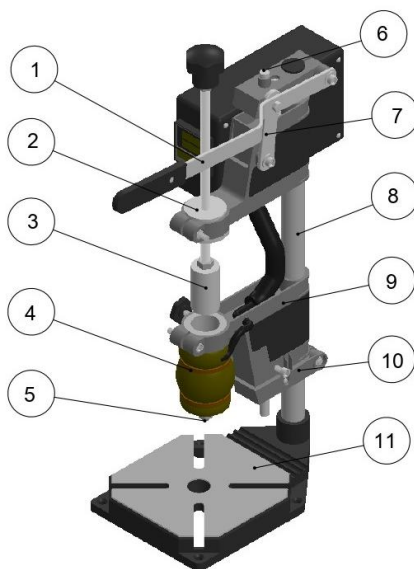
Proses modifikasi mesin injeksi molding desain bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai konsep, bentuk dan dimensi modifikasi mesin

injeksi molding yang akan dibuat. Pembuatan desain cetakan (mold) disesuaikan dengan produk yang akan dibuat, dimana produk akhir yang dihasilkan adalah cetakan T slot nut M3. Penggambaran desain mesin dan cetakan dilakukan secara 3D menggunakan SolidWorks.

3.2.1 Pembuatan Desain Mesin

Berikut adalah rancangan desain modifikasi mesin injeksi molding menggunakan software SolidWorks

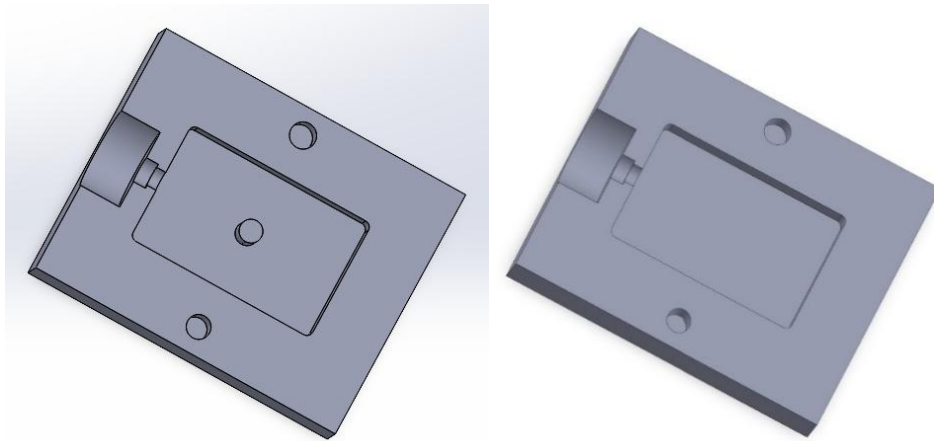
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Tuas Penekan	1
2	Penahan Plunger	1
3	Plunger	1
4	Barrel	1
5	Nozzle	1
6	Poros silinder	2
7	Tuas kecil	2
8	Tiang mesin	1
9	Bagian Penyangga	2
10	Penahan penyangga	2
11	Dudukan Mesin	1



Gambar 3. 2 Desain mesin injeksi molding plastik vertikal

3.2.2 Pembuatan Desain Cetakan

Adapun hasil perancangan desain cetakan (mold) produk T slot baut M3 menggunakan software SolidWorks 2023. Cetakan tersebut terdiri dari dua bagian yaitu cavity dan core seperti terlihat pada gambar 3.3 berikut.



Gambar 3. 3 Desain *core* dan *cavity* cetakan (*mold*) produk T slot baut M3

3.2.3 Desain Perancangan Bagian dan Perhitungannya

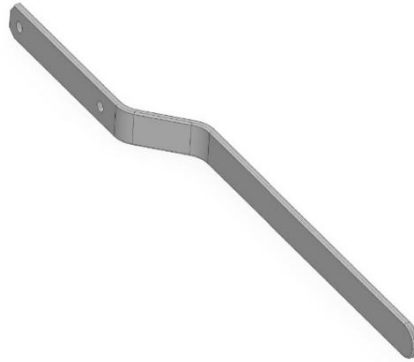
1. Bagian Penyangga

Penyangga pada modifikasi mesin injeksi molding plastik vertikal ini menggunakan bahan alumunium dan memiliki diameter 34 mm x 100 mm x 108 mm. Penyangga ini berfungsi untuk menompang barrel dan tuas penekan serta menghubungkannya pada tiang penyangga.



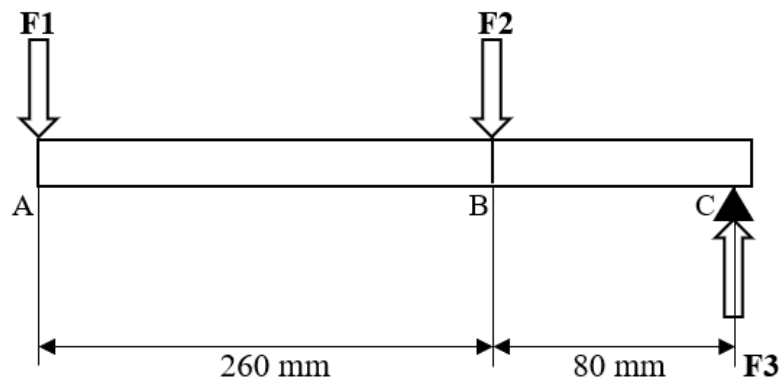
Gambar 3. 4 Desain penyangga barrel

2. Bagian Tuas Penekan dan Perhitungan Gaya yang Terjadi



Gambar 3. 5 Desain tuas

Pada bagian tuas penekan terjadi berbagai gaya yang dialami oleh tuas penekan, berikut gaya-gaya yang terjadi pada tuas.



Gambar 3. 6 Gaya-gaya pada tuas penekan

F1 merupakan gaya yang diberikan oleh operator terhadap tuas penekan yaitu sebesar 20 kg atau 200 N dan c merupakan tumpuan sendi pada tuas penekan. Maka F2 dan F3 dapat diketahui berdasarkan momen yang terjadi pada tuas penekan (Ramadhan, 2023).

$$\sum M_c = 0$$

$$-F_1 \cdot 340 \text{ mm} - F_2 \cdot 80 \text{ mm} = 0$$

$$-200\text{N} \cdot 340 \text{ mm} - F_2 \cdot 80 \text{ mm} = 0$$

$$- F_2 \cdot 80 \text{ mm} = 68.000 \text{ N.mm}$$

$$F_2 = - 850 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$- F_1 - F_2 + F_3 = 0$$

$$- 200 - (- 850) + F_3 = 0$$

$$- 200 + 850 + F_3 = 0$$

$$F_3 = - 650 \text{ N}$$

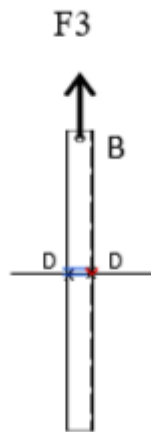
3. Bagian Tiang Penyangga dan Plat Dudukan

a. Desain Tiang Penyangga dan Perhitungan Diameternya



Gambar 3. 7 Desain tiang penyangga

Tiang penyangga adalah batang yang menopang seluruh komponen bagian atas mesin injeksi molding plastik vertikal. Tiang penyangga ini berhubungan langsung dengan tuas penekan pada titik C. Oleh karena itu, gaya F_3 bekerja pada tiang penyangga seperti pada gambar berikut.



Gambar 3. 8 Gaya pada tiang penyangga

Material yang digunakan adalah *stainless steel 304* ($\sigma_t = 793 \text{ N/mm}^2$).

Untuk menghitung diameter tiang penyanggah, maka dapat menggunakan rumus tegangan tarik berikut (Ramadhan, 2023).

$$\sigma_t = \frac{F_{Tarik}}{A} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana :

σ_t : Tegangan Tarik

F_{Tarik} : Gaya Tarik

A : Luas Penampang

Jika batang dipotong pada potongan D-D, maka tegangan yang terjadi adalah tegangan tarik, yang memiliki luas penampang yang menahan disimbolkan dengan A, sehingga diameter tiang penyangga dapat diketahui (Ramadhan, 2023).

$$\sigma_t = \frac{F3}{A}$$

$$793 \text{ N/mm}^2 = \frac{650 \text{ N}}{A}$$

$$A = \frac{650 \text{ N}}{793 \text{ N/mm}^2}$$

$$A = 0,8 \text{ mm}^2$$

Karena penampang tiang penyangga berbentuk lingkaran maka digunakan rumus luas lingkaran untuk mengetahui jari – jari tiang penyangga.

$$\text{Luas penampang tiang penyangga} = \pi \cdot r^2 \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana :

$$\pi : 3,14$$

r : jari – jari tiang penyangga

Maka,

$$\pi \cdot r^2 = 0,8 \text{ mm}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{0,8 \text{ mm}^2}{\pi}}$$

$$r = 0,50 \text{ mm (jari - jari minimal tiang penyangga untuk menerima gaya F3)}$$

Jadi didapatlah diameter minimal tiang penyangga 1 mm. Namun untuk memudahkan dalam proses fabrikasi, digunakan pipa stainless steal dengan diameter 1 ½ inch yang mudah didapatkan dipasaran sebagai tiang penyangga.

b. Desain Plat Dudukan



Gambar 3. 9 Desain plat dudukan

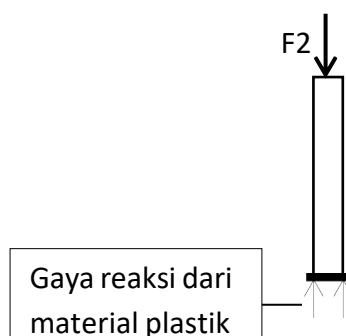
Plat dudukan pada modifikasi mesin injeksi molding plastik vertikal ini menggunakan bahan baja dengan diameter 160 mm x 50 mm x 235 mm. Plat dudukan ini nantinya akan disambungkan dengan tiang penyangga sebagai rangka dari mesin injeksi molding ini.

4. Bagian *Plunger* (Batang Penekan) dan Perhitungan Diameternya



Gambar 3. 10 Desain *plunger* (batang penekan)

Plunger atau batang penekan adalah komponen mesin injeksi molding yang berfungsi untuk mendorong lelehan plastik didalam barrel untuk keluar menuju ke dalam cetakan. Plunger juga terhubung dengan tuas pada titik A, maka gaya yang bekerja pada titik A, yaitu gaya F_2 menekan plunger untuk turun seperti pada gambar berikut ini



Gambar 3. 11 Gaya pada *plunger*

Material yang digunakan adalah *stainless steel* ($\sigma_t = 793 \text{ N/mm}^2$), Untuk menghitung diameter plunger maka digunakan rumus tegangan tekan seperti pada persamaan (3.1).

$$\sigma_t = \frac{F_{tekan}}{A}$$

$$793 \text{ N/mm}^2 = \frac{850 \text{ N}}{A}$$

Karena luas penampang plunger berbentuk lingkaran maka digunakan rumus lingkaran seperti pada persamaan (3.2).

$$793 \text{ N/mm}^2 = \frac{850 \text{ N}}{\pi r^2}$$

$$\pi \cdot r^2 = \frac{850 \text{ N}}{793 \text{ N/mm}^2}$$

$$\pi \cdot r^2 = 1,07 \text{ mm}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{1,07 \text{ mm}^2}{\pi}}$$

$$r = 0,58 \text{ mm (jari - jari minimal plunger untuk menerima gaya F2)}$$

Jadi didapatlah diameter minimal *plunger* 1,16 mm, namun karena untuk menghasilkan toleransi yang kecil antara diameter *barrel* dan *plunger*, maka digunakan diameter *plunger* sama dengan diameter dalam *barrel* yaitu 30 mm.

5. Bagian Barrel dan Nozzle
 - a. Desain Barrel dan Perhitungan Volume



Gambar 3. 12 Desain *barrel*

Karena barrel berbentuk tabung maka rumus yang digunakan adalah rumus volume tabung sebagai berikut :

$$V_{\text{barrel}} = \pi \times r^2 \times t_{\text{barrel}} \dots \dots \dots (3.3)$$

Dimana :

$$\pi = 3.14$$

$$r^2_{\text{barrel}} = \text{jari-jari dalam } \textit{barrel}$$

$$t_{\text{barrel}} = \text{tinggi } \textit{barrel}$$

Diketahui :

$$r_{\text{barrel}} = 15 \text{ mm}$$

$$t_{\text{barrel}} = 100 \text{ mm}$$

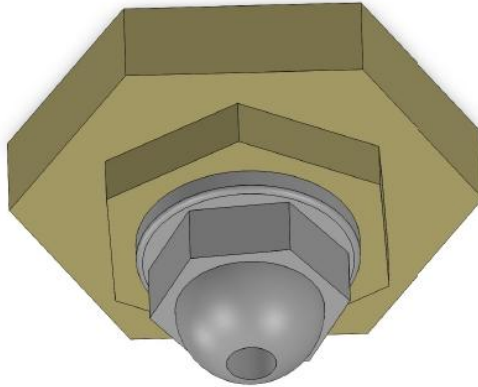
maka :

$$V_{\text{barrel}} = 3,14 \cdot 15^2 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm}$$

$$V_{\text{barrel}} = 70.650 \text{ mm}^3$$

Jadi voleme barrel total adalah 70.650 mm³

b. Desain Nozzle dan Perhitungan Volume



Gambar 3. 13 Desain nozzle tampak bawah

Karena lubang nozzle memiliki bentuk tabung, maka perhitunga volume lubang nozzle menggunakan rumus tabung seperti pada persamaan (3.3).

Diketahui :

$$r = 2 \text{ mm}$$

$$t_{\text{nozzle}} = 24 \text{ mm}$$

maka,

$$V_{\text{nozzle}} = \pi \times r^2 \times t_{\text{nozzle}}$$

$$V_{\text{nozzel}} = \pi \cdot 4 \text{ mm} \cdot 24 \text{ mm}$$

$$V_{\text{nozzel}} = 301,44 \text{ mm}^3$$

Jadi volume pada nozzel adalah 301,44 mm.

3.3 Tahap Pembuatan Komponen

Proses pembuatan komponen atau fabrikasi adalah proses pengolahan berbagai komponen material yang akan dibentuk untuk menghasilkan sebuah rangkaian alat produksi. Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan komponen mesin dan komponen cetakan.

3.3.1 Persiapan Bahan dan Peralatan Penelitian

Dalam proses modifikasi mesin injeksi molding digunakan beberapa bahan dan peralatan yang diperlukan selama proses fabrikasi. Berikut merupakan alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian.

1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada tabel 3. 1 berikut.

Tabel 3. 1 Bahan penelitian

No	Nama Bahan	No	Nama Bahan
1	Sensor suhu thermocouple	10	Plat besi
2	<i>Temperatur controller</i>	11	Plat alumunium
3	<i>SSR (solid state relay)</i>	12	Plat besi strip
4	<i>Band Heater</i>	13	Baut dan Mur
5	<i>Ac power switch</i>	14	Kabel power
6	Kabel dan terminal konektor	15	<i>Split wire loom</i>
7	<i>Titanium exhaust heat wrap</i>	16	Pegas
8	Pipa stainless	17	Knob baut
9	Besi As	18	<i>Clamp</i> cetakan

2. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam modifikasi mesin injeksi molding plastik dapat dilihat pada tabel 3. 2 berikut.

Tabel 3. 2 Alat penelitian

No	Nama Bahan	No	Nama Bahan
1	Mesin Gerinda	7	Spidol
2	Mesin Bubut	8	Mesin CNC Milling
3	Alat Las	9	Alat Pelindung Diri
4	Meteran	10	Obeng
5	Kunci L	11	Laptop
6	Tang		

3.3.2 Proses Pembuatan Komponen Mesin Injeksi Molding

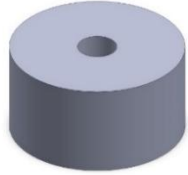
Tabel 3. 3 Proses pembuatan komponen mesin injeksi molding

No	Nama Komponen	Proses Pengerjaan	Alat dan Bahan	Hasil
1	Tiang Penyangga 	Ukur dan potong pipa besi hollow berdiameter 25 mm menggunakan mesin gerinda sesuai dengan gambar kerja.	Alat: - Mesin gerinda - Meteran - Spidol Bahan: - Pipa besi 25 mm	
2	Tuas Penekan 	- Ukur dan potong plat besi dengan ketebalan 5 mm menggunakan mesin gerinda sesuai dengan gambar kerja - Buat lubang dengan posisi dan ukuran sesuai gambar kerja - Sambung potongan – potongan plat besi yang sudah dipotong menggunakan mesin las sesuai gambar kerja.	Alat: - Mesin gerinda - Meteran - Spidol Bahan: - Plat besi tebal 4mm - Elektroda las	

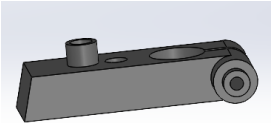
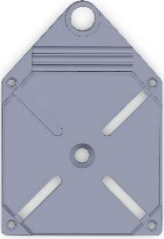
Tabel 3. 3 Proses pembuatan komponen mesin injeksi molding (lanjutan)

No	Nama Komponen	Proses Pengerjaan	Alat dan Bahan	Hasil
3	<i>Barrel</i> 	• Ukur dan potong pipa besi diameter luar 44 mm mm menggunakan mesin gerinda sesuai dengan gambar kerja. • Melakukan pembubutan untuk membuat diameter dalam 30 mm • Sambung pipa besi dengan <i>reducer</i> atau nozzle menggunakan mesin las	Alat: • Mesin gerinda • Meteran • Mesin Las • Mesin bubut Bahan: • Besi as 44 mm • Reducer / nozzle • Elektroda las	
4	<i>Plunger</i> 	• Ukur dan potong besi as diameter 30 mm menggunakan mesin gerinda sesuai dengan gambar kerja. • Melakukan pembubutan untuk membuat lubang sesuai dengan posisi dan ukuran yang telah ditentukan.	Alat: • Mesin gerinda • Meteran • Spidol • Mesin bubut Bahan: • Besi as 30 mm	
5	Tuas kecil 	• Ukur dan potong plat besi ketebalan 5 mm menggunakan mesin gerinda sesuai dengan gambar kerja. • Buat lubang sesuai dengan posisi dan ukuran yang telah ditentukan.	Alat: • Mesin gerinda • Meteran • Spidol Bahan: • Plat besi 5 mm	

Tabel 3. 3 Proses pembuatan komponen mesin injeksi molding (lanjutan)

No	Nama Komponen	Proses Pengerjaan	Alat dan Bahan	Hasil
6	Penahan batang <i>plunger</i> 	- Ukur dan potong besi as diameter 44 mm menggunakan mesin gerinda sesuai dengan gambar kerja. - Melakukan pembubutan untuk membuat lubang sesuai dengan posisi dan ukuran yang telah ditentukan.	Alat: - Mesin gerinda - Meteran - Spidol - Mesin bubut Bahan: - Besi as 44 mm	
7	Poros Silinder 	Ukur dan potong besi as berdiameter 10 mm menggunakan mesin gerinda sesuai dengan gambar kerja.	Alat: - Mesin gerinda - Meteran - Spidol Bahan: - Besi as diameter 10 mm	
8	Penyangga <i>barrel</i> 	- Ukur dan potong plat alumunium tebal 50 mm menggunakan mesin gerinda - Melakukan proses CNC milling sesuai dengan desain yang telah dibuat.	Alat: - Mesin gerinda - Meteran - Spidol - CNC milling Bahan: - Plat alumunium 50 mm	

Tabel 3. 3 Proses pembuatan komponen mesin injeksi molding (lanjutan)

No	Nama Komponen	Proses Pengerjaan	Alat dan Bahan	Hasil
9	Bagian bawah penyangga 	• Ukur dan potong plat alumunium tebal 50 mm menggunakan mesin gerinda • Melakukan proses CNC milling sesuai dengan desain yang telah dibuat.	Alat: • Mesin gerinda • Meteran • Spidol • CNC milling Bahan: • Plat alumunium 50 mm	
10	Dudukan mesin 	• Ukur dan potong plat besi ketebalan 50 mm menggunakan mesin gerinda sesuai dengan gambar kerja. • Melakukan Pembubutan sesuai dengan desain yang telah dibuat.	Alat: • Mesin bubut • Meteran • Spidol • Mesin bor • Mesin Gerinda • Mesin Las Bahan: • Plat besi 50 mm • Elektroda las	

Selain pembuatan komponen diatas, dalam pembuatan mesin injeksi molding plastik vertikal ini tidak semua komponen dapat dibuat. Maka dari itu untuk mempermudah proses fabrikasi terdapat juga beberapa komponen standar yang harus di beli. adapun komponen-komponen standar yang dibeli dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. 4 Komponen - komponen standar yang dibeli

No	Gambar	Nama Komponen
1		Band heater
2		Thermocouple
3		Temperature controller
4		SSR (<i>Solid State Relay</i>)
5		<i>Power switch</i>
6		kabel dan <i>terminal insulated skun konektor</i>
7		Kabel power
8		Baut dan mur

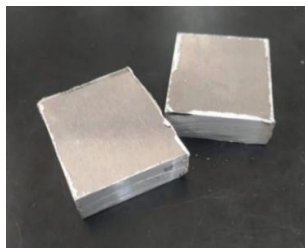
Tabel 3. 4 Komponen - Komponen Standar yang dibeli (Lanjutan)

No	Gambar	Nama Komponen
9		Pegas
10		Kain pembungkus knalpot
11		Knob baut
12		Split wire loom
13		Catok (clamp)

3.3.3 Proses Pembuatan Cetakan

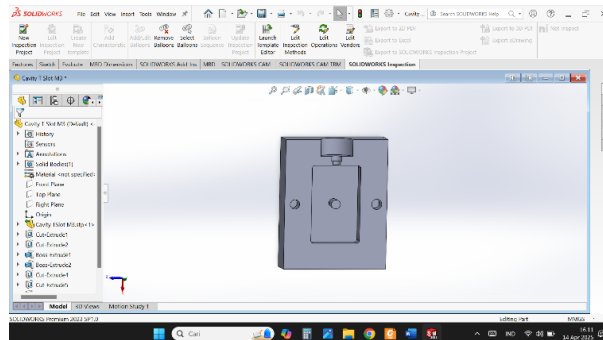
Pada tahap ini dilakukan pembuatan cetakan produk T slot baut M3 setelah membuat desain cetakan produk. Adapun urutan langkah dalam proses pembuatan cetakan mesin injeksi molding tersebut yaitu :

- 1) Dimulai dengan mempersiapkan bahan dan alat penelitian, bahan yang digunakan adalah plat alumunium dan alat yang digunakan adalah mesin CNC milling beserta spindelnya.



Gambar 3. 14 Plat alumunium

- 2) Membuat desain cetakan *core* dan *cavity* menggunakan software solidwork 2023.



Gambar 3. 15 Proses desain cetakan

- 3) Proses pemotongan plat alumunium menggunakan gerinda mesin sesuai ukuran yang dibutuhkan.



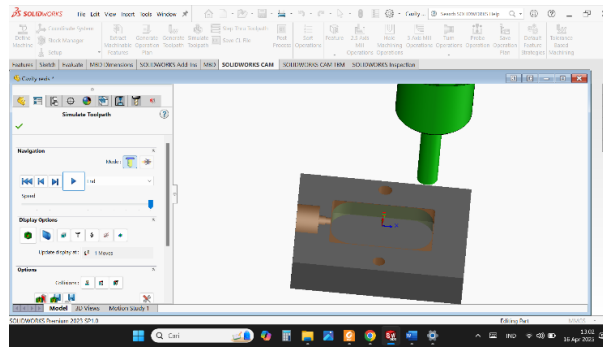
Gambar 3. 16 Proses pemotongan plat alumunium

- 4) Melakukan proses facing pada keliling benda kerja menggunakan mesin CNC milling untuk mendapatkan ukuran yang sesuai dengan desain.



Gambar 3. 17 Proses facing menggunakan mesin CNC milling

- 5) Membuat G-code masukan ke metri untuk diaplikasikan oleh mesin CNC milling



Gambar 3. 18 Proses membuat G-Code

- 6) Proses pengerjaan cetakan bagian core dan cavity sesuai dengan desain yang telah dibuat menggunakan mesin CNC milling.



Gambar 3. 19 Proses pengerjaan cetakan

- 7) Melakukan pengujian cetakan T slot baut M3 yang telah selesai dibuat menggunakan mesin injeksi molding.

3.4 Tahap Perakitan

Pada tahap ini dilakukan perakitan antara komponen mekanis yang telah dibuat sebelumnya dan komponen yang telah dibeli. Dalam perakitan mesin injeksi molding plastik vertikal perlu diperhatikan prosedurnya. Adapun tahap – tahap perakitan komponen, yaitu:

1. Tahap perakitan kerangka mesin
2. Tahap perakitan unit injeksi

Unit injeksi terdiri dari beberapa komponen penyusun, dengan komponen utama yaitu, barrel, plunger, band heater, tuas penekan, tuas kecil, penyangga barrel, pegas dan kain pembungkus knalpot. Seluruh komponen tersebut dirakit menjadi satu kesatuan menjadi unit injeksi.

3. *Clamping unit*

Clamping unit adalah sub rakitan yang terdiri dari beberapa komponen penyusun yaitu, *core plate*, *cavity plate*, dan catok (*clamp*).

4. Tahap perakitan elektronis

Tahap elektronis ini dilakukan agar mesin dapat beroperasi dengan baik. Perakitan elektronis terdiri dari beberapa komponen penyusun utama, yaitu thermocouple, temperature controller, ssr (*solid state relay*), *power switch*. kabel dan *terminal insulated skun konektor* dan kabel power.

3.5 Tahap Pengujian

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap mesin yang telah dibuat dan pengambilan sampel produk hasil cetakan. Pengambilan data juga dilakukan dengan cara membandingkan kualitas masing – masing produk hasil cetakan dengan parameter yang telah ditentukan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi suhu terhadap kualitas produk hasil cetakan.

Terdapat 6 metode berbeda dalam pengujian ini yaitu, pada percobaan pertama digunakan suhu 190 °C, percobaan kedua 200 °C , percobaan ketiga 210 °C, percobaan keempat 220 °C percobaan kelima 230 °C percobaan keenam 240 °C. Setiap percobaan menggunakan parameter yang sama yaitu, temperatur cetakan 60 °C, *holding time* 60 detik, pendinginan 9 menit. Adapun langkah-

langkah pengujian yang dilakukan yaitu:

1. Siapkan sampel bahan uji coba, dalam hal ini adalah biji plastik polypropylene yang akan digunakan.
2. Masukkan bahan ke dalam lubang barrel mesin injeksi molding.
3. Menghidupkan mesin injeksi molding.
4. Mengatur temperatur yang akan diuji untuk mendapatkan hasil produk yang diharapkan.
5. Meletakkan cetakan diatas hopper (lubang) barrel untuk mempercepat proses pemanasan barrel dan untuk memanaskan cetakan sesuai dengan suhu yang ditentukan sambil mengamati suhu cetakan menggunakan termometer.
6. Jika suhu barrel dan cetakan sudah sesuai dengan parameter yang digunakan, lalu meletakkan cetakan padaudukan mesin serta mengatur posisi cetakan untuk mendapatkan kesumbuan dengan lubang nozzle
7. Menggerakan tuas penekan untuk mendorong lelehan plastik pada barrel kedalam cetakan sambil mengukur waktu tahan (holding time) menggunakan stopwatch.
8. Jika cetakan sudah terisi lelehan plastik, melakukan pendinginan dengan mendiamkan sejenak cetakan tanpa melepas kedua plat (cavity dan core) dengan mengukur waktu pendinginan menggunakan stopwatch.
9. Mengeluarkan produk dari cetakan untuk mengetahui hasilnya.
10. Mengamati hasil cetakan dan mencatat data hasil pengujian
11. Melakukan perbandingan dengan hasil cetak lainnya dengan setting parameter yang diuji untuk mengetahui setting parameter mana yang lebih baik.

BAB IV

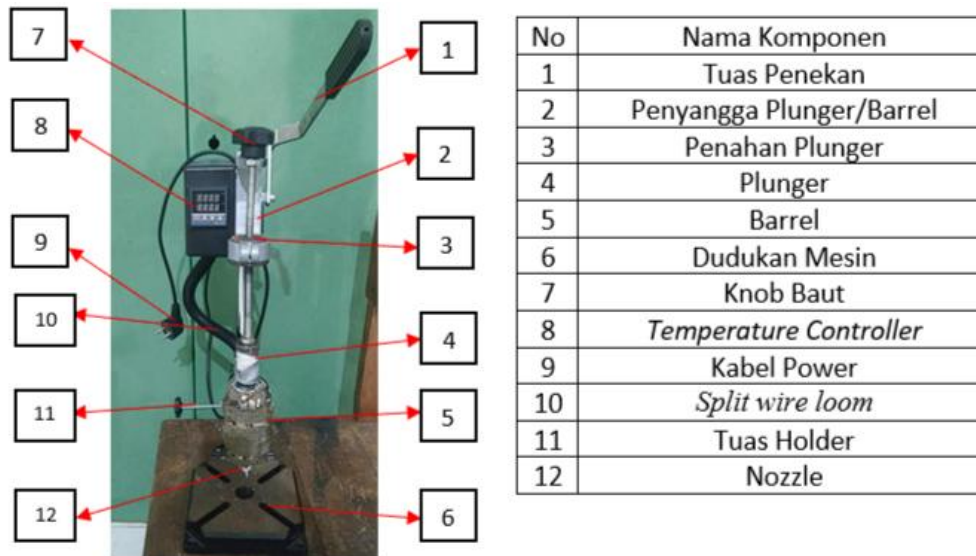
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian mesin injeksi molding plastik vertikal yang telah dilakukan fabrikasi untuk memperoleh data dan mengetahui kemampuan alat telah bekerja sesuai dengan teori yang direncanakan. Adapun hasil dari penelitian adalah terwujudnya satu unit mesin injeksi molding dan Cetakan produk T slot baut M3 serta data hasil pengujian mesin.

4.1 Hasil Pembuatan Mesin Injeksi Molding Plastik



Gambar 4. 1 Desain konsep dan hasil pembuatan mesin injeksi molding

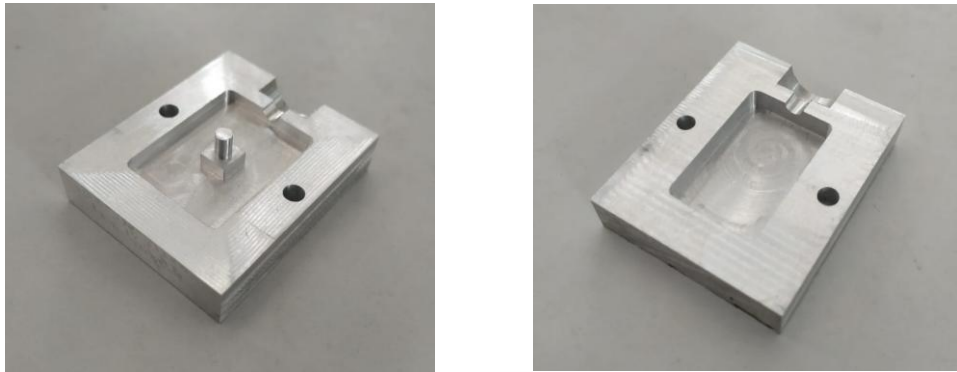


Gambar 4. 2 Hasil Pembuatan mesin dan daftar komponen mesin

Spesifikasi mesin injeksi molding :

- 1) Dimensi : 28 cm x 28 cm x 60 cm
- 2) Mekanisme : Pengerak manual
- 3) Sensor suhu : Thermocouple type K
- 4) Temperature maksimal : 350 °C
- 5) Diameter nozzle : 3,5 mm
- 6) Kapasitas barrel : 40 gram
- 7) Daya *heater* : 350 watt
- 8) Tegangan *heater* : 220 V
- 9) Waktu pemanasan suhu 30 °C – 190 °C : 7 menit
- 10) Waktu melelehkan plastik suhu 190 °C : 50 menit
- 11) Waktu melelehkan plastik suhu 240 °C : 20 menit

4.2 Hasil Pembuatan Cetakan Produk T Slot Nut M3



Gambar 4. 3 Hasil pembuatan cetakan produk T slot nut M3

Spesifikasi Cetakan:

- 1) Bahan : alumunium 6061
- 2) Dimensi : 4 cm x 5 cm x 3 cm
- 3) Diameter sprue : 4 mm

4.3 Cara Kerja Mesin

Cara kerja mesin injeksi molding plastik vertikal dimulai ketika biji plastik siap dimasukkan kedalam *barrel* atau ruang pemanas yang kemudian *heater* yang terdapat pada *barrel* tersebut akan menaikkan suhu *barrel* sesuai dengan temperature yang disetting. Biji plastik tersebut kemudian akan berubah menjadi lelehan plastik cair yang disiap untuk diinjeksikan. Kemudian tekan tuas penekan kebawah untuk melakukan injeksi lelehan plastik tersebut, lalu aliran bahan akan mengalir keluar *nozzle* menuju lubang cetakan. Setelah aliran bahan sudah memenuhi rongga cetakan lalu lepaskan tuas penekan dan diamkan cetakan untuk proses pendinginan selama waktu yang telah ditentukan.

4.4 Hasil Uji Coba Mesin

Uji coba dan pengujian mesin injeksi molding plastik vertikal ini dilakukan di ruang CNC Rekayasa Perancangan Mekanik, Universitas Diponegoro. Sampel bahan uji coba yang digunakan untuk pengujian adalah biji plastik daur ulang jenis PP (polypropylene). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah mesin dapat berfungsi dengan baik serta untuk mengetahui perbandingan masing – masing kualitas hasil cetakan dengan parameter yang telah ditentukan. Berikut adalah biji plastik PP yang digunakan dalam pengujian ini.



Gambar 4. 4 Biji Plastik PP (*Polypropylene*)

Adapun parameter yang digunakan dalam pengujian mesin injeksi ini yaitu: Temperatur Cetakan 60°C, *Holding Time* 60 detik, pendinginan 9 menit dengan suhu yang dengan menggunakan variasi suhu 190°C, 200°C, 210°C, 220°C, 230°C dan 240°C. Langkah pertama dalam pengujian ini yaitu menyiapkan sampel bahan uji coba, berupa biji plastik PP seberat 40 gram. kemudian menghubungkan mesin pada listrik dan menekan tombol ON pada *power switch* yang terdapat pada *temperature controller*. Setelah *temperature controller* menyala, atur suhu sesuai dengan yang diinginkan pada *temperature controller*,

Pada pengujian pertama akan digunakan suhu 190°C. Masukkan biji plastik yang telah disiapkan sedikit demi sedikit kedalam lubang barrel sembari menunggu suhu tercapai. Setelah itu, tutup barrel menggunakan cetakan dengan tujuan agar barrel cepat panas dan untuk memanaskan cetakan sesuai suhu yang diinginkan. Lama proses pemanasan barrel ke suhu 190°C yaitu sekitar 8 menit diukur menggunakan stopwatch dan lama biji plastik meleleh pada suhu 190°C adalah 55 menit. Setelah biji plastik meleleh, dilakukan injeksi dengan menekan tuas penekan kebawah lalu menahannya sesuai dengan waktu holding time yang telah ditetapkan yaitu 60 detik. Aliran bahan yang diinject akan mengalir keluar nozzle masuk ke dalam cetakan. Langkah selanjutnya adalah melakukan pendinginan dengan cara membiarkan cetakan pada suhu ruang selama waktu 9 menit tanpa membuka cetakan. Tahap terakhir yaitu membuka cetakan dan mencatat data hasil pengujian.

Untuk proses pengujian kedua, ketiga dan seterusnya yakni dengan variasi suhu 200°C, 210°C dan 220°C menggunakan proses yang sama dengan pengujian sebelumnya. Adapun hasil proses produk mesin injeksi plastik seperti pada gambar 4.5 berikut.



Gambar 4. 5 Produk hasil menggunakan mesin injeksi molding

4.5 Data hasil pengujian mesin injeksi molding dengan plastik PP

Tabel 4. 1 Data hasil pengujian mesin injeksi menggunakan plastik PP

No	Suhu Pemanas (°C)	Suhu Mold (°C)	<i>Holding Time</i> (detik)	Pendinginan (menit)	Suhu mold setelah pendinginan (°C)	Berat produk total hasil cetakan (gram)	Berat sisa material hasil cetakan (gram)
1	190	68	60	9	37,3	0,17	0,17
2	200	68	60	9	41,8	4,45	0,05
3	210	68	60	9	42,1	4,51	0,05
4	220	68	60	9	43,1	4,72	0,06
5	230	68	60	9	44	4,82	0,06
6	240	68	60	9	45,2	4,84	0,06

Pengujian dilakukan sebanyak enam kali menggunakan plastik polypropylene dengan variabel bebas suhu 190 °C, 200 °C, 210 °C, 220 °C, 230 °C, 240 °C serta variabel kontrol temperatur cetakan 68 °C, holding time 60 detik, dan pendinginan 9 menit setiap pengujian. Data yang dicatat dalam pengujian ini antara lain : suhu mold setelah pendinginan, berat produk total hasil cetakan, berat sisa material hasil cetakan. Cetakan yang digunakan adalah cetakan untuk produk T slot nut dari bahan alumunium 6061.

Data hasil pengujian menunjukkan dalam waktu pendinginan 9 menit suhu mold setelah pendinginan berbanding lurus dengan peningkatan suhu pemanas. Berat produk rata -rata untuk produk yang terbentuk penuh sebesar 4,67 gram pada suhu pemanas 200 °C, 210 °C, 220 °C, 230 °C dan 240 °C. Berat rata – rata sisa material produk hasil cetakan 0,056 untuk produk yang terbentuk, dan 0,17 untuk produk yang tidak terbentuk.

4.6 Pembahasan

Berdasarkan data hasil pengujian mesin injeksi molding yang telah diperoleh maka dapat diperoleh pembahasan sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Pembahasan data hasil pengujian mesin injeksi molding

No	Temperatur Pemanas (°C)	Hasil Produk	Hasil Pengamatan	Pembahasan
1	190		• Produk tidak terbentuk atau mengalami cacat <i>short mold</i>. • Waktu pemanasan biji plastik yang lama • Plastik tidak mencair secara sempurna	Terjadi kegagalan dalam proses injeksi, material plastik PP (<i>polypropylene</i>) yang digunakan tidak meleleh secara rata mengakibatkan terhambatnya aliran bahan kedalam cetakan. Hal ini menyebabkan produk mengalami cacat <i>short mold</i> . Aliran bahan sudah mengeras sebelum berhasil mengisi seluruh ruang cetakan.
2	200		• Produk mengalami sedikit cacat <i>short mold</i>. • Produk mengalami banyak cacat <i>flow mark</i> • Pelepasan produk dari cetakan sangat sulit.	Plastik dapat meleleh lebih baik dibandingkan pengujian pertama. Namun lelehan plastik memiliki kekentalan yang tinggi atau pelelehan plastik kurang baik sehingga produk yang dihasilkan masih memiliki sedikit cacat <i>short mold</i> pada bagian pinggir produk dan produk tersebut juga memiliki permukaan yang kasar serta mengalami cacat <i>flow mark</i> diakibatkan suhu pemanas yang rendah dan fluiditas lelehan plastik yang kurang baik. Selain itu produk yang dihasilkan sangat lengket pada bagian <i>core</i> cetakan

Tabel 4. 2 Produk Hasil Pengujian Mesin Injeksi Molding (Lanjutan)

No	Temperatur Pemanas (°C)	Hasil Produk	Hasil Pengamatan	Pembahasan
1	210		• Produk tidak mengalami cacat <i>short mold</i>. • Produk masih mengalami banyak cacat <i>flow mark</i> • Pelepasan produk dari cetakan sedikit sulit.	Pengujian ketiga (210°C) digunakan mirror glose sebagai pelapis anti lengket pada cetakan. Hasil pengujian menunjukkan perubahan kurang signifikan. Produk masih memiliki permukaan tidak rata dan memiliki cacat <i>flow mark</i> akibat suhu pemanas yang masih rendah dan fluiditas bahan yang masih belum baik. Namun, aliran bahan dapat mengisi seluruh rongga pada cetakan sehingga produk dapat terbentuk penuh dan tidak memiliki cacat <i>short mold</i> dan pelepasan produk juga menjadi lebih mudah dibandingkan dengan pengujian sebelumnya walaupun tetap harus mencungkilnya.
2	220		• Produk terbentuk penuh • Permukaan produk cukup halus • Pelepasan produk dari cetakan masih sedikit sulit. • Produk memiliki cacat <i>flow mark</i> lebih sedikit	Pengujian keempat (220°C) masih digunakan mirror glose pada cetakan. Suhu pemanas yang cukup membuat lelehan plastik memiliki kekentalan dan fluiditas yang cukup baik sehingga produk terbentuk secara penuh, memiliki permukaan yang lebih halus dan tidak memiliki cacat <i>short mold</i> . Produk juga memiliki cacat <i>flow mark</i> lebih sedikit. Pelepasan produk masih sama seperti pada pengujian ketiga.

Tabel 4. 2 Produk Hasil Pengujian Mesin Injeksi Molding (Lanjutan)

No	Temperatur Pemanas (°C)	Hasil Produk	Hasil Pengamatan	Pembahasan
1	230		• Produk terbentuk penuh • Produk memiliki permukaan yang halus • Produk sedikit sekali mengalami cacat <i>flow mark</i> • Pelepasan produk dari cetakan masih sedikit sulit.	Pengujian kelima (230 °C) masih digunakan mirror glose pada cetakan. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan yang signifikan dibandingkan dengan pengujian sebelumnya. Produk dapat terbentuk secara penuh, memiliki permukaan yang sangat halus, dan hampir tidak memiliki cacat <i>flow mark</i> . Hasil tersebut disebabkan suhu pemanas yang digunakan dan kecepatan aliran bahan yang cukup sesuai sehingga memungkinkan aliran bahan dapat memenuhi rongga cetakan dengan baik. Pelepasan produk masih sama seperti pada pengujian sebelumnya.
2	240		• Produk terbentuk penuh • Produk memiliki permukaan sangat halus • Produk tidak mengalami cacat <i>flow mark</i> • Pelepasan produk dari cetakan sangat sulit.	Pengujian terakhir (240 °C) masih digunakan mirror glose pada cetakan. Hasil pengujian tidak menunjukkan perubahan. Produk masih terbentuk secara penuh, memiliki permukaan yang sangat halus serta sudah tidak memiliki cacat flowmark. Suhu pemanas yang ditingkatkan menyebabkan lelehan plastik menjadi lebih encer dan memiliki kecepatan aliran yang lebih tinggi sehingga produk sudah tidak memiliki cacat <i>short mold</i> dan <i>flow mark</i> . Namun pelepasan produk menjadi semakin sulit karena produk sangat lengket pada cetakan.

Dari pengujian yang telah dilakukan diketahui bahwa modifikasi mesin injeksi plastik vertikal sudah lebih baik dari penelitian sebelumnya, yaitu lelehan plastik *polypropylene* dapat mengalir keluar nozzle dan masuk memenuhi rongga cetakan. Berdasarkan hasil pengujian diketahui suhu pemanas terbaik dalam pengujian ini yaitu suhu 230 °C dan 240 °C. Pada suhu 230° C produk memiliki cacat paling sedikit dan pelepasan produk sedikit lebih mudah. Pada suhu 240 °C produk tidak lagi memiliki cacat produk, namun terdapat masalah dalam pelepasan produk, yaitu produk sangat lengket pada cetakan sehingga sulit dikeluarkan dari cetakan. Hal tersebut disebabkan oleh suhu pemanas yang terlalu tinggi dan suhu pendinginan cetakan yang terlalu singkat menyebabkan material plastik belum sepenuhnya mengeras dan menguat, sehingga mudah menempel pada permukaan cetakan saat dikeluarkan. Untuk mengatasi masalah pelepasan produk tersebut maka dapat dilakukan berbagai upaya seperti, pelumasan cetakan menggunakan anti lengket, penggunaan suhu pemanas yang sesuai, waktu pendinginan produk yang sesuai, perubahan desain cetakan (memperbesar sudut draft atau kemiringan) dan pemberian jalur keluar udara pada cetakan agar udara tidak terjebak didalam cetakan dan menyebabkan lengket produk pada cetakan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut,

1. Modifikasi mesin injeksi molding plastik vertikal (berhasil memperbaiki) dengan bahan baku cacahan plastik atau biji plastik telah berhasil dibuat dan berfungsi dengan baik. Mesin injeksi yang baru ini memiliki dimensi yang cukup kecil yaitu 28 cm x 28 cm x 60 cm sehingga lebih praktis jika ingin digunakan atau dipindahkan. Mesin ini juga tidak membutuhkan daya yang terlalu besar yaitu hanya 350 watt.
2. Berdasarkan pengujian, pemanas pada suhu 240 °C hasil cetakan memiliki bentuk penuh dan tidak memiliki cacat tetapi susah dilepas dari cetakan. Sedangkan pemanas pada suhu 230 °C hasil cetakan lebih mudah dilepas tetapi memiliki sedikit cacat berupa garis halus pada permukaan produk. Temperatur pemanas dalam proses injeksi molding memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil cetakan serta pelepasan produk dari cetakan.
3. Pelepasan produk dari cetakan selama proses injeksi menjadi masalah karena produk sangat lengket pada cetakan dan harus mencongkelnya untuk mengeluarkan produk.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini yaitu:

1. Menggunakan resin anti lengket pada cetakan untuk mengurangi masalah lengket produk pada cetakan.
2. Diperlukan riset mendalam pada *mold* (cetakan) seperti perubahan desain cetakan (memperbesar sudut draft atau kemiringan) atau menambahkan sistem ejector agar pelepasan produk menjadi lebih mudah sehingga membuat proses injeksi molding menjadi lebih efisien.
3. Memberikan jalur angin keluar pada cetakan agar angin tidak terjebak didalam cetakan saat dilakukan proses injeksi.

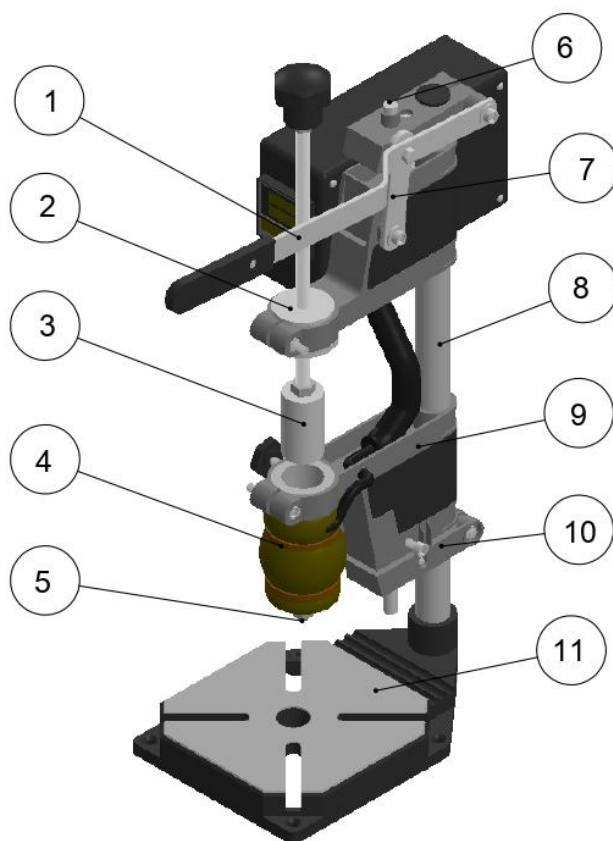
DAFTAR PUSTAKA

- Alimuddin, Permana, Ryan Galih Permana (2020). Studi Kinerja Termokopel Tipe K Pada Mesin Injeksi Haitian 120 Ton Dalam Pembuatan Botol Urine Di PT Unotech Mega Persada. *Jurnal Ilmiah Setrum*. 8(2), 260–273.
- Astuti, A. D., Wahyudi, J., Ernawati, A., & Aini, S. Q. (2020). Kajian Pendirian Usaha Biji Plastik di Kabupaten Pati, Jawa Tengah. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan Dan IPTEK*, 16(2), 95–112.
- Berliana, I. G. A. A. A., Raharja, I. G. M., & ARTAYASA, I. N. (2022). Plastic Recycling Process as Furniture Meets Ergonomic Standards. *Jurnal Ilmiah Desain Dan Konstruksi*, 21(2), 270–279.
- Darmanto, S., & Ramadhan, F. H. (2023). Perancangan Konstruksi Mesin Injeksi Plastik, *Tugas Akhir*. Fakultas Sekolah Vokasi. Prodi D4 Rekayasa Perancangan Mekanik. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Gusniar, I. N. (2018). Metode Pembuatan Paving Block Segi Enam Berbahan Sampah Plastik Dengan Mesin Injection Molding. *Barometer*, 3(2), 130–133.
- Hastarina, M., Masruri, A., & Saputra, S. A. (2020). Perancangan Mesin Peleleh Biji Plastik Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Plastik dengan Penerapan Metode Value Engineering. *Integrasi : Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 4(2), 49.
- Irawan, B. H., Septaningrum, P., Wijayanti, I., Hakim, R., & Saputra, I. (2023). Perancangan Dan Modifikasi Mold Insert Untuk Meningkatkan Kapasitas

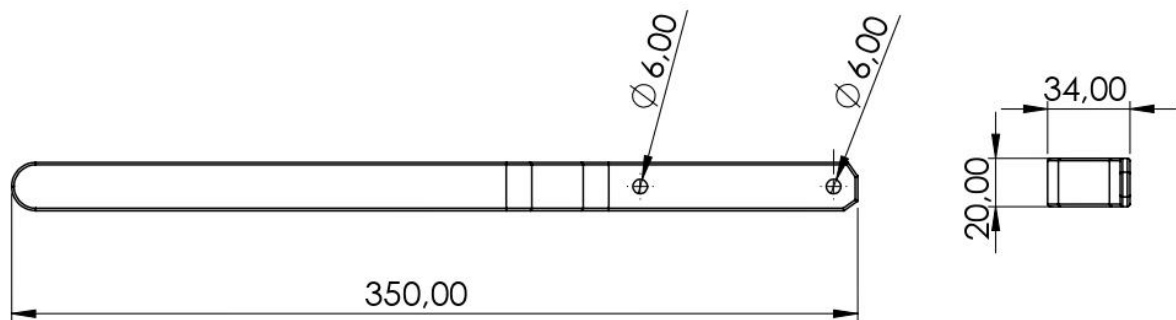
- Produksi Light Guide. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 14(3), 927–938.
- Mawardi, I., & Lubis, H. (2019). *Proses Manufaktur Plastik dan Komposit Edisi Revisi*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Permana, H., & Anwar, S. (2021). Produksi Proses Komponen Plastik Flip Flop Dengan Mesin Injeksi Molding Type Hidrolik Production Process of Flip Flop Plastic Components with Hydraulic Type Injection Molding. *Jurnal Baut Dan Manufaktur*, 03(02), 2686–5351.
- Sriyanto, & Suhartoyo. (2018). *Studi Eksperimental Pemanfaatan Limbah Plastik Menjadi Salah Satu Sumber Energy*. 1–6.
- Sulung Wibawansyah, S. W. (2024). Identify Product Defects In The Injection Molding Process. *Procedia of Engineering and Life Science*, 7, 223–226.
- Sumartono, S. (2019). Produksi Bahan Bakar Minyak Dari Limbah Plastik Hdpe Dan Pete 1 Kg. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 2(2), 94–103.
- Yanel, K. (2022). Karakteristik Produk 100% Daur Ulang Plastik Polypropylene Product Characteristics of 100% Recycled Polypropylene Plastic. *Jurnal Teknik Mesin*, 12(1), 2089–4880.
- Zubair Sultan, A., Suyuti, M. A., Alfara, M. D., Adhani Yunus, M. A., & Ikhlasul Amal, M. (2021). Rancang Bangun Mesin Injeksi Plastik dengan Sistem Penekan Pneumatik. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 19(2), 244–251.

LAMPIRAN

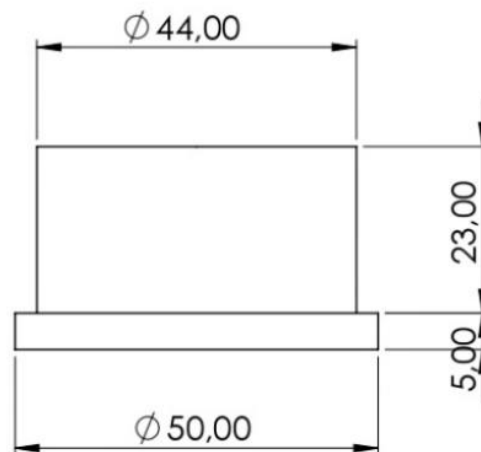
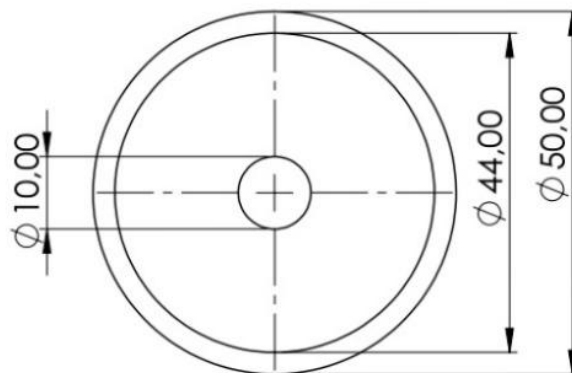
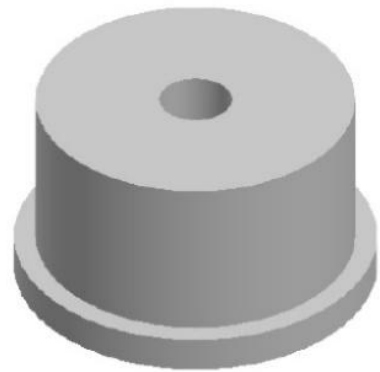
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Tuas Penekan	1
2	Penahan Plunger	1
3	Plunger	1
4	Barrel	1
5	Nozzle	1
6	Poros silinder	2
7	Tuas kecil	2
8	Tiang mesin	1
9	Bagian Penyangga	2
10	Penahan penyangga	2
11	Dudukan Mesin	1

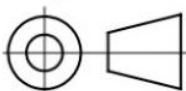


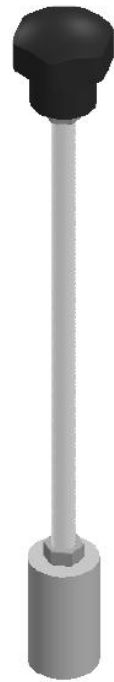
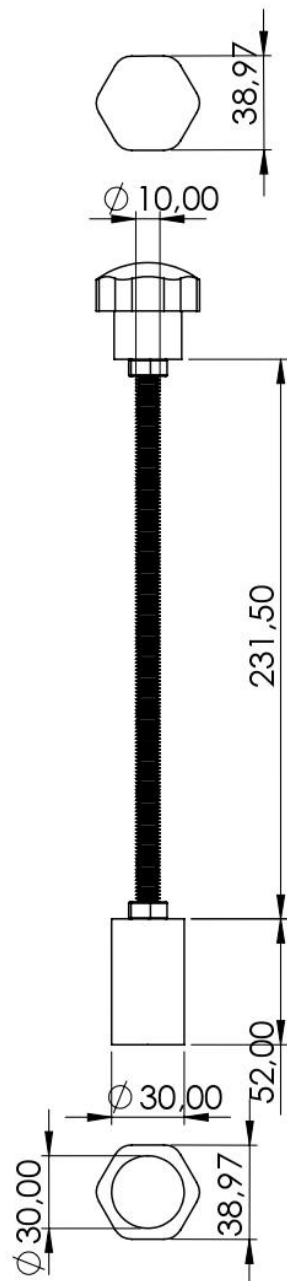
	Skala : 1 : 5	Digambar : Tim TA Molding	Keterangan :			
	Satuan : mm	NIM :				
	Tanggal : 2-06-25	Diperiksa : Seno Darmanto S.T., M.T				
RPM-SV UNDIP		MODIFIKASI MESIN INJEKSI MOLDING PLASTIK VERTIKAL			1/12	A4

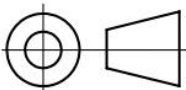


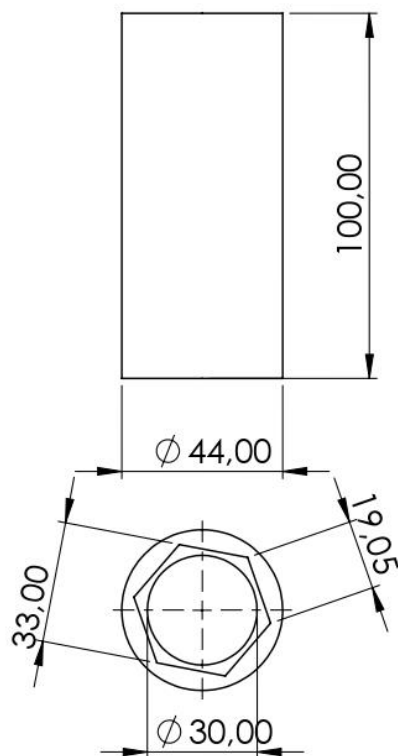
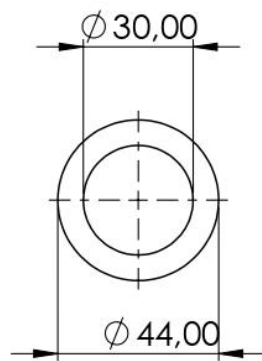
1	Tuas Penekan	1	SS304	350x20x3
No.	Nama Bagian	Jml	Material	Spesifikasi / Dimensi
	Skala : 1 : 3		Digambar : Kelompok TA Molding	
	Satuan : mm		NIM : 40040220650089	
	Tanggal : 2-06-25		Diperiksa : Seno Darmanto S.T., M.T.	
RPM-SV UNDIP		MODIFIKASI MESIN INJEKSI MOLDING PLASTIK VERTIKAL		2/12 A4



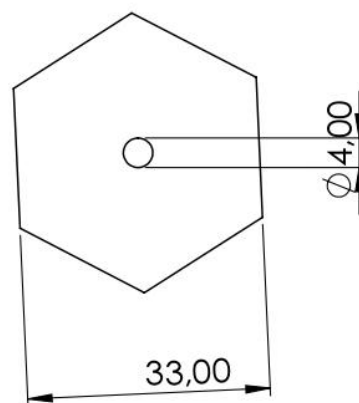
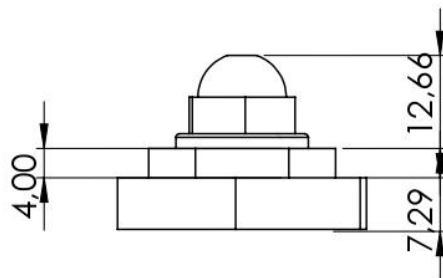
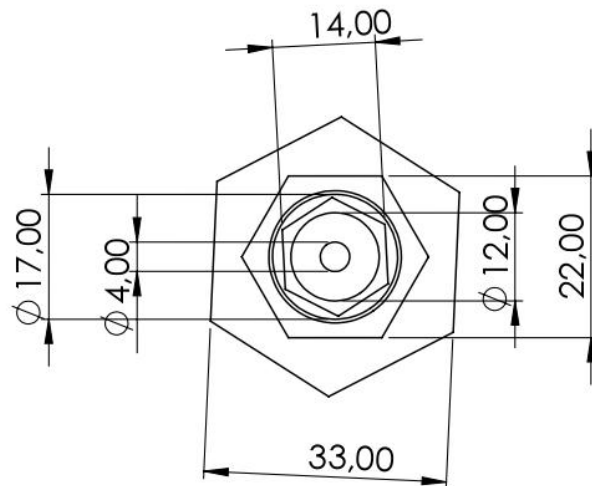
2	Penyangga plunger	1	Besi AS	D50x28
No.	Nama Bagian	Jml	Material	Spesifikasi / Dimensi
	Skala : 1 : 1		Digambar : Tim TA Molding	
	Satuan : mm		NIM : 40040220650089	
	Tanggal : 2-06-25		Diperiksa : Seno Darmanto S.T., M.T.	
RPM-SV UNDIP		MODIFIKASI MESIN INJEKSI MOLDING PLASTIK VERTIKAL		3/12
				A4

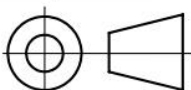


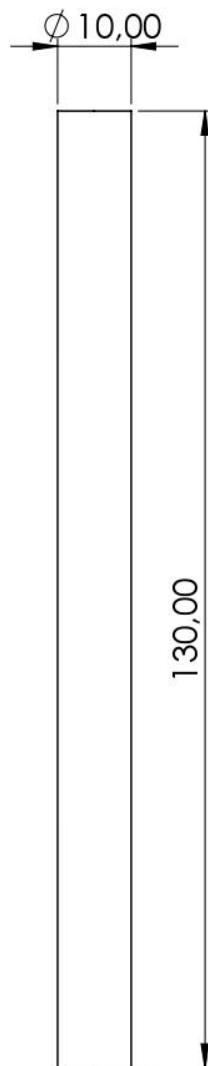
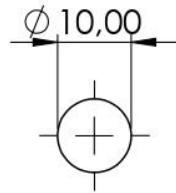
3	Plunger	1	SS304	D30x324
No.	Nama Bagian	Jml	Material	Spesifikasi / Dimensi
	Skala : 1 : 3		Digambar : Tim TA Molding	
	Satuan : mm		NIM : 40040220650089	
	Tanggal : 2-06-25		Diperiksa : Seno Darmanto S.T., M.T	
RPM-SV UNDIP		MODIFIKASI MESIN INJEKSI MOLDING PLASTIK VERTIKAL		4/12
				A4

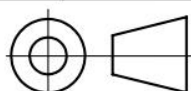


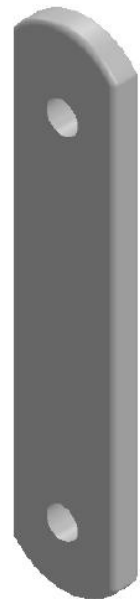
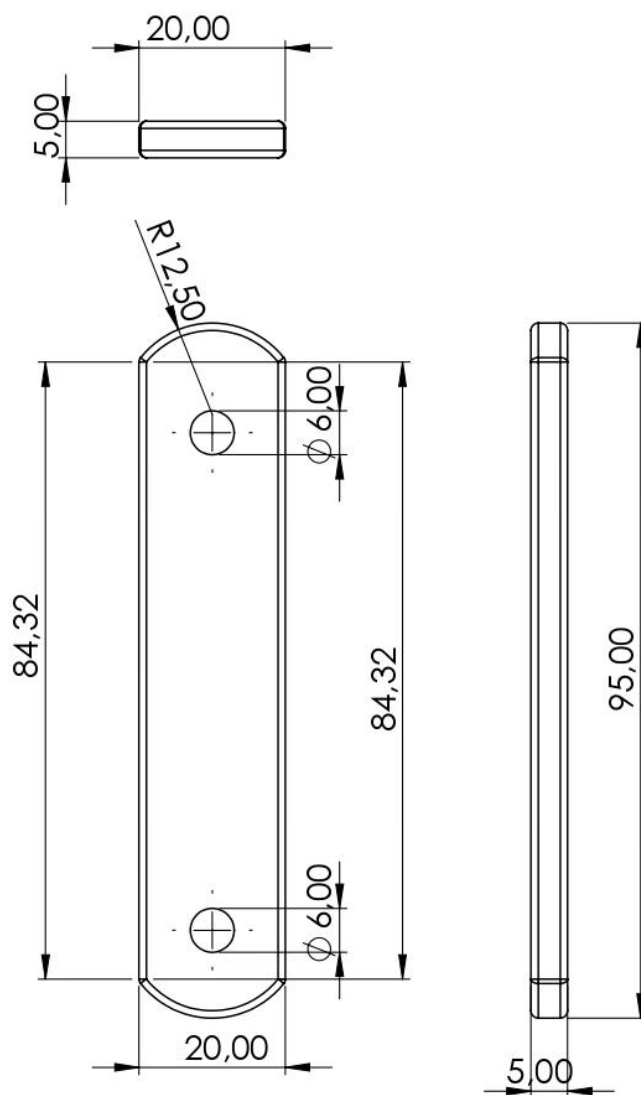
4	Barrel	1	SS304	D44x100		
No.	Nama Bagian	Jml	Material	Spesifikasi / Dimensi		
	Skala : 1 : 2		Digambar : Tim TA Molding		Keterangan :	
	Satuan : mm		NIM : 40040220650089			
	Tanggal : 2-06-25		Diperiksa : Seno Darmanto S.T., M.T			
RPM-SV UNDIP		MODIFIKASI MESIN INJEKSI MOLDING PLASTIK VERTIKAL			5/12	A4



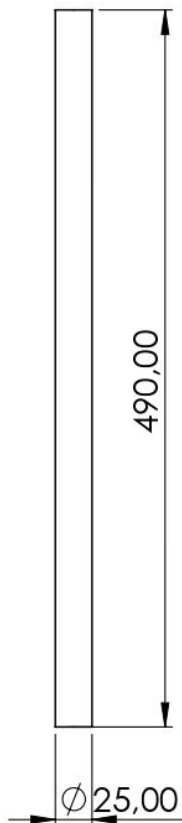
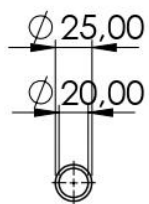
5	Nozzle	1	SS304	33x39x24
No.	Nama Bagian	Jml	Material	Spesifikasi / Dimensi
	Skala : 1 : 1		Digambar : Tim TA Molding	
	Satuan : mm		NIM : 40040220650089	
	Tanggal : 2-06-25		Diperiksa : Seno Darmanto S.T., M.T	
RPM-SV UNDIP		MODIFIKASI MESIN INJEKSI MOLDING PLASTIK VERTIKAL		6/12 A4

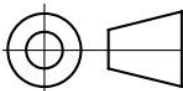


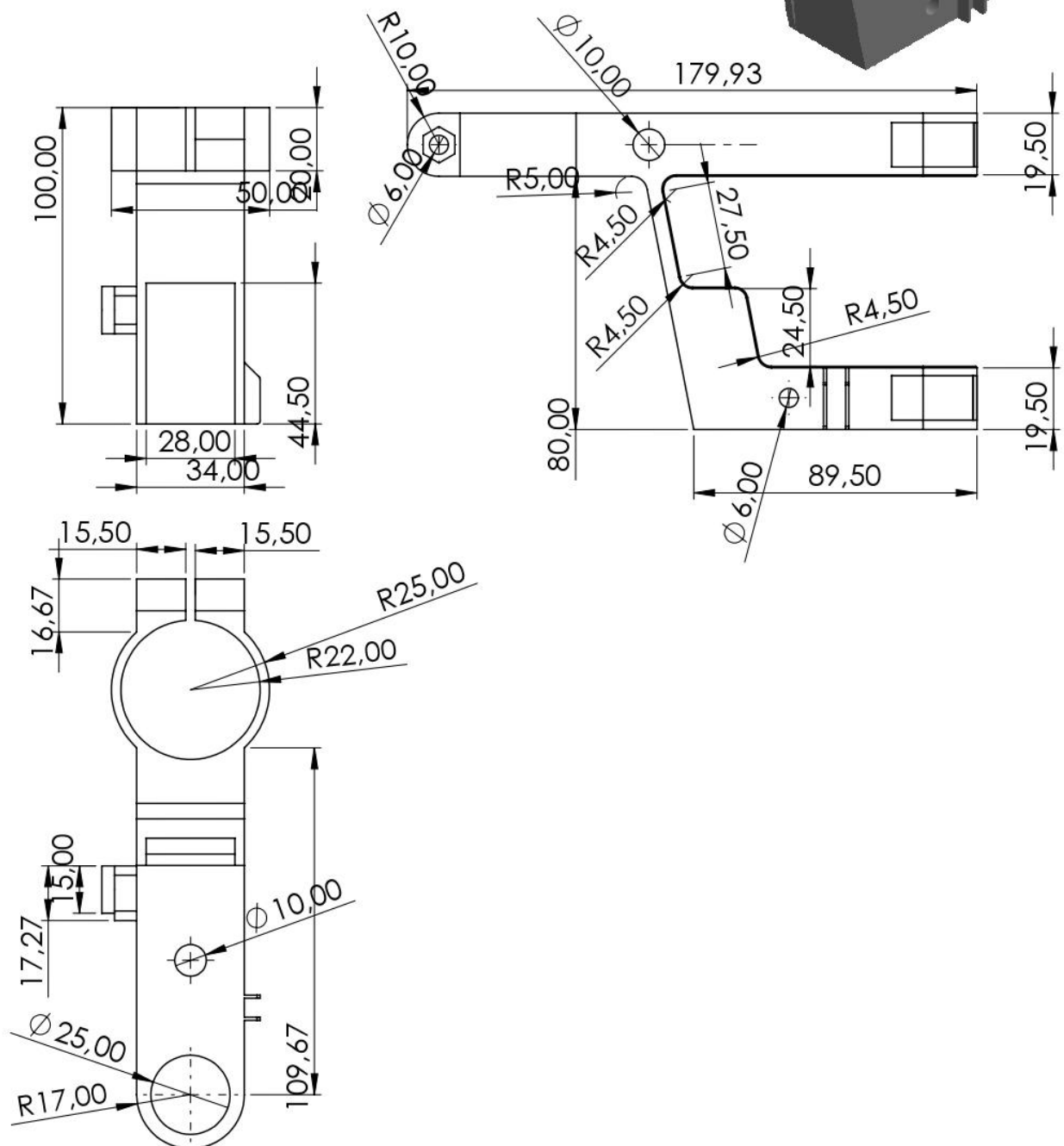
6	Poros silinder	2	SS304	D10x130		
No.	Nama Bagian	Jml	Material	Spesifikasi / Dimensi		
	Skala : 1 : 1		Digambar : Tim TA Molding		Keterangan :	
	Satuan : mm		NIM : 40040220650089			
	Tanggal : 2-06-25		Diperiksa : Seno Darmanto S.T., M.T.			
RPM-SV UNDIP		MODIFIKASI MESIN INJEKSI MOLDING PLASTIK VERTIKAL			7/12	A4



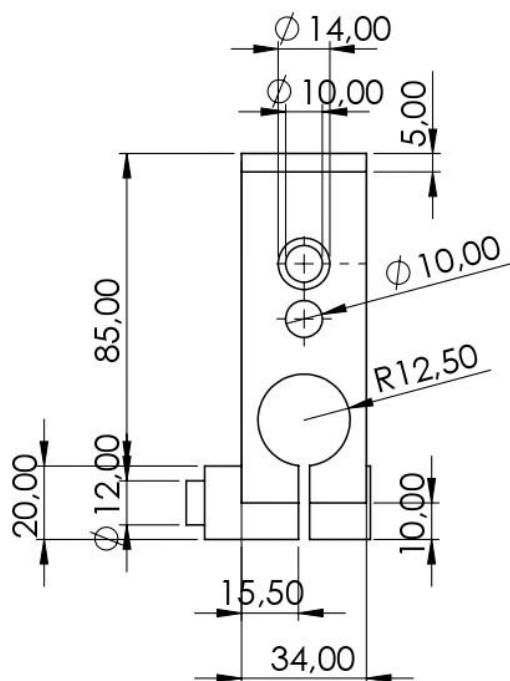
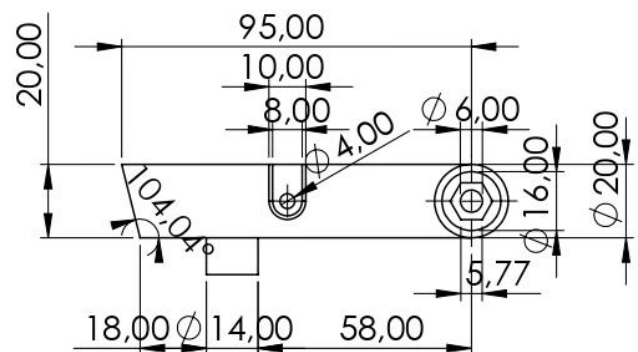
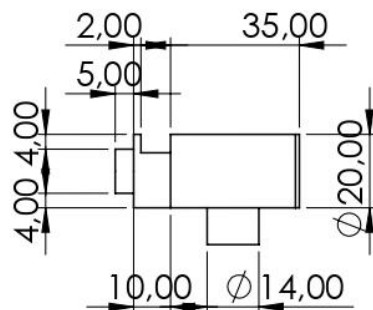
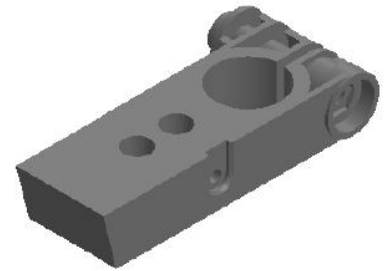
7	Tuas kecil	2	SS400	20x95x5
No.	Nama Bagian	Jml	Material	Spesifikasi / Dimensi
	Skala : 1 : 1		Digambar : Tim TA Molding	
	Satuan : mm		NIM : 40040220650089	
	Tanggal : 2-06-25		Diperiksa : Seno Darmanto S.T., M.T	
RPM-SV UNDIP		MODIFIKASI MESIN INJEKSI MOLDING PLASTIK VERTIKAL		8/12
				A4



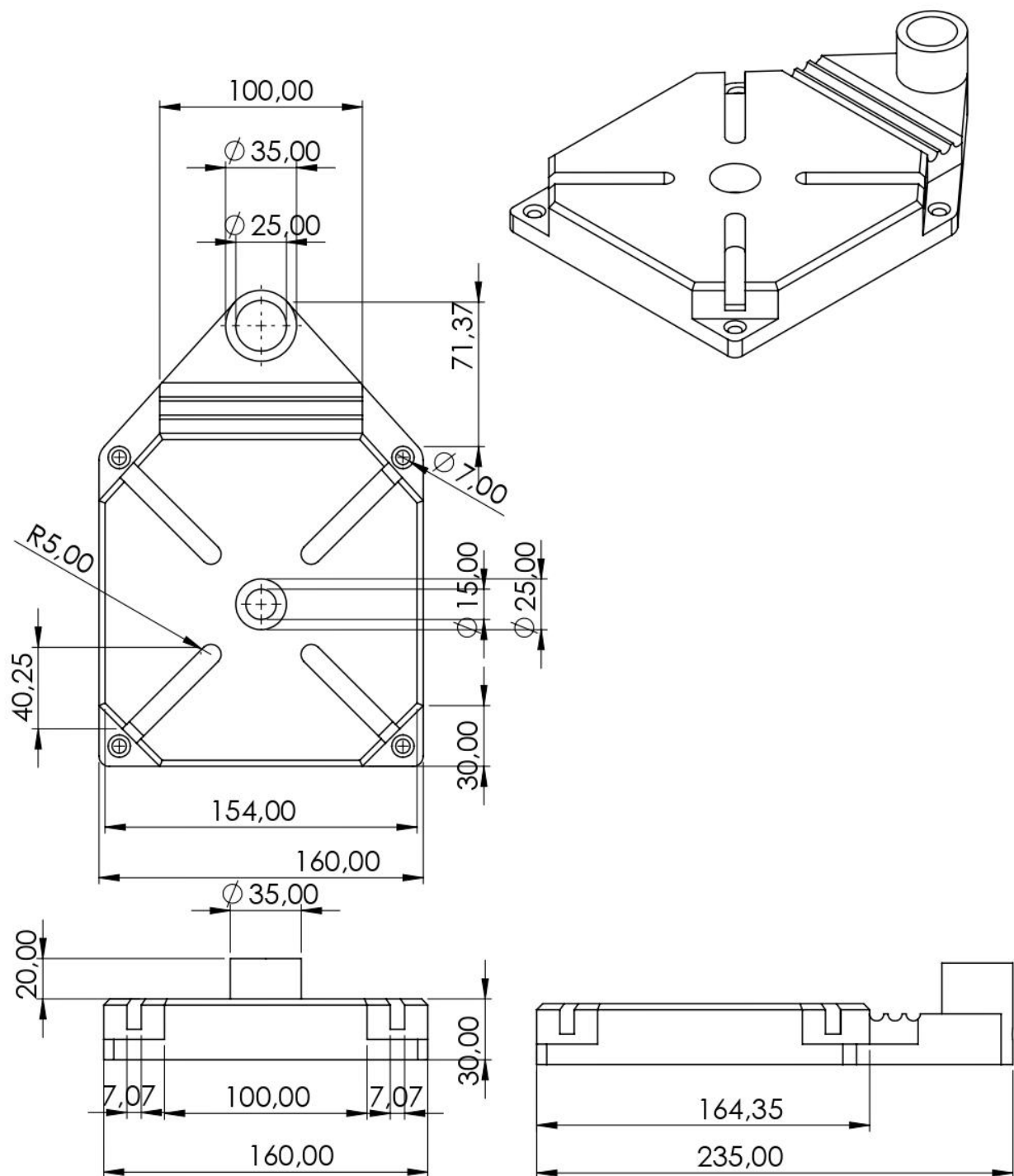
8	Tiang Penyangga	1	Pipa SS201	D25x490		
No.	Nama Bagian	Jml	Material	Spesifikasi / Dimensi		
	Skala : 1 : 5		Digambar : Tim TA Molding		Keterangan :	
	Satuan : mm		NIM : 40040220650089			
	Tanggal : 2-06-25		Diperiksa : Seno Darmanto S.T., M.T.			
RPM-SV UNDIP		MOFIKASI MESIN INJEKSI MOLDING PLASTIK VERTIKAL			9/12	A4

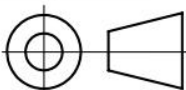


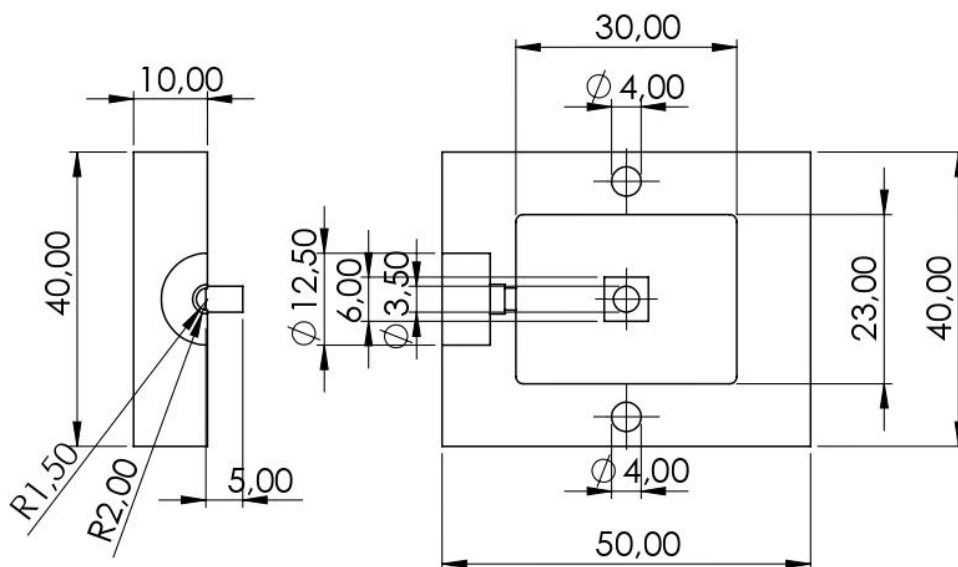
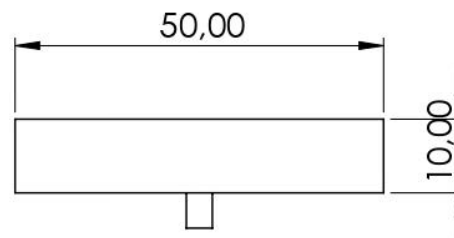
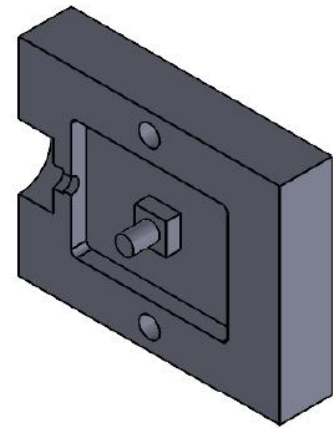
9	Penyangga Barrel	2	Alumunium 6061	34x100x180	
No.	Nama Bagian	Jml	Material	Spesifikasi / Dimensi	
	Skala : 1 : 2	Digambar : Kelompok TA Molding		Keterangan :	
	Satuan : mm	NIM : 40040220650089			
	Tanggal : 2-06-25	Diperiksa : Seno Darmanto S.T., M.T			
RPM-SV UNDIP		MODIFIKASI MESIN INJEKSI MOLDING PLASTIK VERTIKAL		10/12	A4



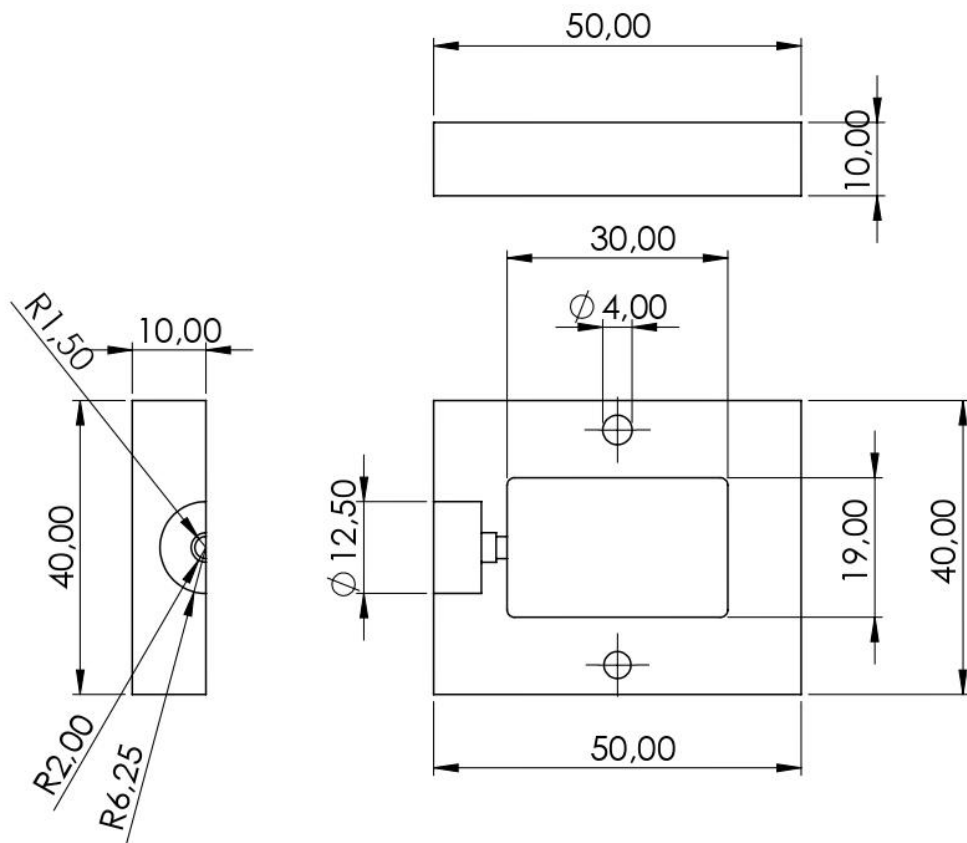
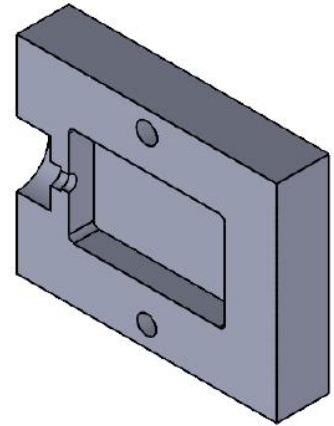
10	Penahan penyangga	2	Alumunium 6061	42x20x105
No.	Nama Bagian	Jml	Material	Spesifikasi / Dimensi
	Skala : 1 : 2	Keterangan : Digambar : Tim TA Molding NIM : 40040220650089 Diperiksa : Seno Darmanto S.T., M.T		
	Satuan : mm			
	Tanggal : 2-06-25			
RPM-SV UNDIP		MODIFIKASI MESIN INJEKSI MOLDING PLASTIK VERTIKAL		11/12 A4

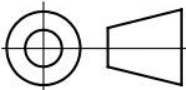


11	Dudukan Mesin	1	SS400	160x50x235
No.	Nama Bagian	Jml	Material	Spesifikasi / Dimensi
	Skala : 1 : 3		Digambar : Tim TA Molding	
	Satuan : mm		NIM : 40040220650089	
	Tanggal : 2-06-25		Diperiksa : Seno Darmanto S.T., M.T	
RPM-SV UNDIP		MODIFIKASI MESIN INJEKSI MOLDING PLASTIK VERTIKAL		12/12 A4



1	Core Mold	1	Alumunium 6061	50x40x15
No.	Nama Bagian	Jml	Material	Spesifikasi / Dimensi
	Skala : 1 : 1		Digambar : Andika Candra Kirana	
	Satuan : mm		NIM : 40040220650089	
	Tanggal : 2-06-25		Diperiksa : Seno Darmanto S.T., M.T	
RPM-SV UNDIP		MODIFIKASI MESIN INJEKSI MOLDING PLASTIK VERTIKAL		1/2
				A4



2	Cavity Mold	1	Alumunium 6061	50x40x10
No.	Nama Bagian	Jml	Material	Spesifikasi / Dimensi
	Skala : 1 : 1		Digambar : Andika Candra Kirana	
	Satuan : mm		NIM : 40040220650089	
	Tanggal : 2-06-25		Diperiksa : Seno Darmanto S.T., M.T	
RPM-SV UNDIP		MODIFIKASI MESIN INJEKSI MOLDING PLASTIK VERTIKAL		2/2
				A4

G-CODE BAGIAN CORE CETAKAN

O0001

N1 G21

N2 (6MM CRB 2FL 19 LOC)

N3 G91 G28 X0 Y0 Z0

N4 T01 M06

N5 S12000 M03

N6 (Rough Mill1)

N7 G90 G54 G00 X9.35 Y5.85

N8 G43 Z5.1 H01 M08

N9 G01 Z-.15 F411.48

N10 G17 X4.562 F1645.92

N11 G02 X6.25 Y3. I-1.562 J-2.85

N12 G01 Y-3.

N13 G02 X4.562 Y-5.85 I-3.25 J0

N14 G01 X9.35

N15 Y5.85

N16 X11.75

N17 Y8.25

N18 X-11.75

N19 Y-8.25

N20 X-4.562

N21 Y-5.85

N22 G02 X-6.25 Y-3. I1.562 J2.85

N23 G01 Y3.

N24 G02 X-4.562 Y5.85 I3.25 J0

N25 G01 X-9.35

N26 Y-5.85

N27 X-4.562

N28 Y-8.25

N29 X11.75
N30 Y5.85
N31 Y8.25
N32 X-11.75
N33 Y-8.25
N34 X-4.562
N35 X11.75
N36 Y5.85
N37 G00 Z5.1
N38 X-6.25 Y3.
N39 G01 Z-.15 F411.48
N40 G02 X-3. Y6.25 I3.25 J0 F1645.92
N41 G01 X3.
N42 G02 X6.25 Y3. I0 J-3.25
N43 G01 Y-3.
N44 G02 X3. Y-6.25 I-3.25 J0
N45 G01 X-3.
N46 G02 X-6.25 Y-3. I0 J3.25
N47 G01 Y3.
N48 G00 Z5.1
N49 X9.35 Y5.85
N50 Z2.35
N51 G01 Z-.4 F411.48
N52 X4.562 F1645.92
N53 G02 X6.25 Y3. I-1.562 J-2.85
N54 G01 Y-3.
N55 G02 X4.562 Y-5.85 I-3.25 J0
N56 G01 X9.35
N57 Y5.85
N58 X11.75
N59 Y8.25
N60 X-11.75

N61 Y-8.25
N62 X-4.562
N63 Y-5.85
N64 G02 X-6.25 Y-3. I1.562 J2.85
N65 G01 Y3.
N66 G02 X-4.562 Y5.85 I3.25 J0
N67 G01 X-9.35
N68 Y-5.85
N69 X-4.562
N70 Y-8.25
N71 X11.75
N72 Y5.85
N73 Y8.25
N74 X-11.75
N75 Y-8.25
N76 X-4.562
N77 X11.75
N78 Y5.85
N79 G00 Z5.1
N80 X-6.25 Y3.
N81 Z2.35
N82 G01 Z-.4 F411.48
N83 G02 X-3. Y6.25 I3.25 J0 F1645.92
N84 G01 X3.
N85 G02 X6.25 Y3. I0 J-3.25
N86 G01 Y-3.
N87 G02 X3. Y-6.25 I-3.25 J0
N88 G01 X-3.
N89 G02 X-6.25 Y-3. I0 J3.25
N90 G01 Y3.
N91 G00 Z5.1
N92 Z33.4

N93 X1.75 Y0

N94 Z8.65

N95 G01 Z7.65 F411.48

N96 G03 I-1.75 J0 F1645.92

N97 G00 Z5.1

N98 G01 Z7.4 F411.48

N99 G03 I-1.75 J0 F1645.92

N100 G00 Z33.4

N101 (Rough Mill2)

N102 X11.75 Y8.25

N103 Z5.1

N104 G01 Z-.15 F411.48

N105 X8.5 F1645.92

N106 G02 X11.75 Y5. I0 J-3.25

N107 G01 Y8.25

N108 G00 Z5.1

N109 Z2.35

N110 G01 Z-.4 F411.48

N111 X8.5 F1645.92

N112 G02 X11.75 Y5. I0 J-3.25

N113 G01 Y8.25

N114 G00 Z5.1

N115 X-11.75 Y5.

N116 G01 Z-.15 F411.48

N117 G02 X-8.5 Y8.25 I3.25 J0 F1645.92

N118 G01 X-11.75

N119 Y5.

N120 G00 Z5.1

N121 Z2.35

N122 G01 Z-.4 F411.48

N123 G02 X-8.5 Y8.25 I3.25 J0 F1645.92

N124 G01 X-11.75
N125 Y5.
N126 G00 Z5.1
N127 X-8.5 Y-8.25
N128 G01 Z-.15 F411.48
N129 G02 X-11.75 Y-5. I0 J3.25 F1645.92
N130 G01 Y-8.25
N131 X-8.5
N132 G00 Z5.1
N133 Z2.35
N134 G01 Z-.4 F411.48
N135 G02 X-11.75 Y-5. I0 J3.25 F1645.92
N136 G01 Y-8.25
N137 X-8.5
N138 G00 Z5.1
N139 X11.75 Y-5.
N140 G01 Z-.15 F411.48
N141 G02 X8.5 Y-8.25 I-3.25 J0 F1645.92
N142 G01 X11.75
N143 Y-5.
N144 G00 Z5.1
N145 Z2.35
N146 G01 Z-.4 F411.48
N147 G02 X8.5 Y-8.25 I-3.25 J0 F1645.92
N148 G01 X11.75
N149 Y-5.
N150 G00 Z5.1
N151 Z33.4

N152 (Contour Mill1)
N153 X-1.449 Y-7.9
N154 Z5.6

N155 G01 Z-.4 F411.48
N156 G41 D21 X-1.024 Y-8.324 F1234.44
N157 G03 X-.6 Y-8.5 I.424 J.424
N158 G01 X12. F1645.92
N159 Y8.5
N160 X-12.
N161 Y-8.5
N162 X.6
N163 G03 X1.024 Y-8.324 I0 J.6
N164 G40 G01 X1.449 Y-7.9
N165 G00 Z5.6
N166 Y-6.6
N167 G01 Z-.4 F411.48
N168 G41 D21 X1.024 Y-6.176 F1234.44
N169 G03 X.6 Y-6. I-.424 J-.424
N170 G01 X-6. F1645.92
N171 Y6.
N172 X6.
N173 Y-6.
N174 X-.6
N175 G03 X-1.024 Y-6.176 I0 J-.6
N176 G40 G01 X-1.449 Y-6.6
N177 G00 Z5.6
N178 Z33.4 M09
N179 G91 G28 Z0
N180 (6MM X 60DEG HSS CENTERDRILL)
N181 T06 M06
N182 S9605 M03

N183 (Center Drill1)
N184 G90 G54 G00 X0 Y16.
N185 G43 Z33.4 H06 M08

N186 G82 G98 R5.6 Z-.699 P1000 F829.493

N187 Y-16.

N188 G80 Z33.4 M09

N189 G91 G28 Z0

N190 (4.0mm JOBBER DRILL)

N191 T15 M06

N192 S12000 M03

N193 (Drill1)

N194 G90 G54 G00 X0 Y16.

N195 G43 Z33.4 H15 M08

N196 G83 G98 R5.6 Z-2.4 Q2. F1097.28

N197 Y-16.

N198 G80 Z33.4 M09

N199 G91 G28 Z0

N200 (6MM CRB 2FL 19 LOC)

N201 T01 M06

N202 S12000 M03

N203 (Rough Mill3)

N204 G90 G54 G00 X.88 Y-10.1

N205 G43 Z51. H01 M08

N206 Z27.5

N207 G01 Z22. F411.48

N208 Y-2.6 F1645.92

N209 G03 X-.88 I-.88 J0

N210 G01 Y-10.1

N211 Z20.375 F411.48

N212 Y-2.6 F1645.92

N213 G02 X.88 I.88 J0

N214 G01 Y-10.1

N215 Z18.75 F411.48

N216 Y-2.6 F1645.92
N217 G03 X-.88 I-.88 J0
N218 G01 Y-10.1
N219 Z18.5 F411.48
N220 Y-2.6 F1645.92
N221 G02 X.88 I.88 J0
N222 G01 Y-10.1
N223 G00 Z27.5
N224 X3.
N225 G01 Z22. F411.48
N226 Y-2.6 F1645.92
N227 G03 X-3. I-3. J0
N228 G01 Y-10.1
N229 Z20.375 F411.48
N230 Y-2.6 F1645.92
N231 G02 X3. I3. J0
N232 G01 Y-10.1
N233 Z18.75 F411.48
N234 Y-2.6 F1645.92
N235 G03 X-3. I-3. J0
N236 G01 Y-10.1
N237 Z18.5 F411.48
N238 Y-2.6 F1645.92
N239 G02 X3. I3. J0
N240 G01 Y-10.1
N241 Z22. F411.48
N242 Y-2.6 F1645.92
N243 G03 X-3. I-3. J0
N244 G01 Y-10.1
N245 Z20.375 F411.48
N246 Y-2.6 F1645.92
N247 G02 X3. I3. J0

N248 G01 Y-10.1
N249 Z18.75 F411.48
N250 Y-2.6 F1645.92
N251 G03 X-3. I-3. J0
N252 G01 Y-10.1
N253 Z18.5 F411.48
N254 Y-2.6 F1645.92
N255 G02 X3. I3. J0
N256 G01 Y-10.1
N257 G00 Z27.5
N258 Z51.

N259 (Contour Mill2)
N260 X.868 Y-5.83
N261 Z28.
N262 G01 Z22. F411.48
N263 G41 D21 X3.074 Y-3.624 F1234.44
N264 G03 X3.25 Y-3.2 I-.424 J.424
N265 G01 Y-2.6 F1645.92
N266 G03 X-3.25 I-3.25 J0
N267 G01 Y-3.2
N268 G03 X-3.074 Y-3.624 I.6 J0
N269 G40 G01 X-.868 Y-5.83
N270 G00 Z28.
N271 X.868
N272 Z25.
N273 G01 Z20.25 F411.48
N274 G41 D21 X3.074 Y-3.624 F1234.44
N275 G03 X3.25 Y-3.2 I-.424 J.424
N276 G01 Y-2.6 F1645.92
N277 G03 X-3.25 I-3.25 J0
N278 G01 Y-3.2

N279 G03 X-3.074 Y-3.624 I.6 J0
N280 G40 G01 X-.868 Y-5.83
N281 G00 Z28.
N282 X.868
N283 Z23.25
N284 G01 Z18.5 F411.48
N285 G41 D21 X3.074 Y-3.624 F1234.44
N286 G03 X3.25 Y-3.2 I-.424 J.424
N287 G01 Y-2.6 F1645.92
N288 G03 X-3.25 I-3.25 J0
N289 G01 Y-3.2
N290 G03 X-3.074 Y-3.624 I.6 J0
N291 G40 G01 X-.868 Y-5.83
N292 G00 Z28.
N293 Z51. M09
N294 G91 G28 Z0
N295 G28 X0 Y0
N296 M30

G-CODE BAGIAN CAVITY CETAKAN

O0001

N1 G21

N2 (12MM CRB 2FL 25 LOC)

N3 G91 G28 X0 Y0 Z0

N4 T03 M06

N5 S6557 M03

N6 (Rough Mill1)

N7 G90 G54 G00 X8.75 Y-3.25

N8 G43 Z2.5 H03 M08

N9 G01 Z-4.55 F183.202

N10 G17 Y3.25 F732.81

N11 X-8.75

N12 Y-3.25

N13 X8.75

N14 Y3.25

N15 X-8.75

N16 Y-3.25

N17 X8.75

N18 G00 Z2.5

N19 Z-2.05

N20 G01 Z-4.8 F183.202

N21 Y3.25 F732.81

N22 X-8.75

N23 Y-3.25

N24 X8.75

N25 Y3.25

N26 X-8.75

N27 Y-3.25

N28 X8.75

N29 G00 Z2.5

N30 Z26. M09

N31 G91 G28 Z0

N32 (6MM CRB 2FL 19 LOC)

N33 T01 M06

N34 S12000 M03

N35 (Rough Mill2)

N36 G90 G54 G00 X11.75 Y-6.25

N37 G43 Z2.5 H01 M08

N38 G01 Z-3. F411.48

N39 Y-3. F1645.92

N40 G02 X8.5 Y-6.25 I-3.25 J0

N41 G01 X11.75

N42 G00 Z2.5

N43 Z-.5

N44 G01 Z-4.55 F411.48

N45 Y-3. F1645.92

N46 G02 X8.5 Y-6.25 I-3.25 J0

N47 G01 X11.75

N48 G00 Z2.5

N49 Z-2.05

N50 G01 Z-4.8 F411.48

N51 Y-3. F1645.92

N52 G02 X8.5 Y-6.25 I-3.25 J0

N53 G01 X11.75

N54 G00 Z2.5

N55 X8.5 Y6.25

N56 G01 Z-3. F411.48

N57 G02 X11.75 Y3. I0 J-3.25 F1645.92

N58 G01 Y6.25

N59 X8.5

N60 G00 Z2.5
N61 Z-.5
N62 G01 Z-4.55 F411.48
N63 G02 X11.75 Y3. I0 J-3.25 F1645.92
N64 G01 Y6.25
N65 X8.5
N66 G00 Z2.5
N67 Z-2.05
N68 G01 Z-4.8 F411.48
N69 G02 X11.75 Y3. I0 J-3.25 F1645.92
N70 G01 Y6.25
N71 X8.5
N72 G00 Z2.5
N73 X-11.75 Y3.
N74 G01 Z-3. F411.48
N75 G02 X-8.5 Y6.25 I3.25 J0 F1645.92
N76 G01 X-11.75
N77 Y3.
N78 G00 Z2.5
N79 Z-.5
N80 G01 Z-4.55 F411.48
N81 G02 X-8.5 Y6.25 I3.25 J0 F1645.92
N82 G01 X-11.75
N83 Y3.
N84 G00 Z2.5
N85 Z-2.05
N86 G01 Z-4.8 F411.48
N87 G02 X-8.5 Y6.25 I3.25 J0 F1645.92
N88 G01 X-11.75
N89 Y3.
N90 G00 Z2.5
N91 X-8.5 Y-6.25

N92 G01 Z-3. F411.48
N93 G02 X-11.75 Y-3. I0 J3.25 F1645.92
N94 G01 Y-6.25
N95 X-8.5
N96 G00 Z2.5
N97 Z-.5
N98 G01 Z-4.55 F411.48
N99 G02 X-11.75 Y-3. I0 J3.25 F1645.92
N100 G01 Y-6.25
N101 X-8.5
N102 G00 Z2.5
N103 Z-2.05
N104 G01 Z-4.8 F411.48
N105 G02 X-11.75 Y-3. I0 J3.25 F1645.92
N106 G01 Y-6.25
N107 X-8.5
N108 G00 Z2.5
N109 Z26.

N110 (Contour Mill1)
N111 X-1.449 Y-5.9
N112 Z3.
N113 G01 Z-3. F411.48
N114 G41 D21 X-1.024 Y-6.324 F1234.44
N115 G03 X-.6 Y-6.5 I.424 J.424
N116 G01 X12. F1645.92
N117 Y6.5
N118 X-12.
N119 Y-6.5
N120 X.6
N121 G03 X1.024 Y-6.324 I0 J.6
N122 G40 G01 X1.449 Y-5.9

N123 G00 Z3.
N124 X-1.449
N125 Z0
N126 G01 Z-4.8 F411.48
N127 G41 D21 X-1.024 Y-6.324 F1234.44
N128 G03 X-.6 Y-6.5 I.424 J.424
N129 G01 X12. F1645.92
N130 Y6.5
N131 X-12.
N132 Y-6.5
N133 X.6
N134 G03 X1.024 Y-6.324 I0 J.6
N135 G40 G01 X1.449 Y-5.9
N136 G00 Z3.
N137 Z26. M09
N138 G91 G28 Z0
N139 (6MM X 60DEG HSS CENTERDRILL)
N140 T06 M06
N141 S9605 M03

N142 (Center Drill1)
N143 G90 G54 G00 X0 Y16.
N144 G43 Z26. H06 M08
N145 G82 G98 R3. Z-3.299 P1000 F829.493
N146 G80 Z26. M09
N147 G91 G28 Z0
N148 (4.0mm JOBBER DRILL)
N149 T15 M06
N150 S12000 M03

N151 (Drill1)
N152 G90 G54 G00 X0 Y16.

N153 G43 Z26. H15 M08
N154 G83 G98 R3. Z-5. Q2. F1097.28
N155 G80 Z26. M09
N156 G91 G28 Z0
N157 (6MM X 60DEG HSS CENTERDRILL)
N158 T06 M06
N159 S9605 M03

N160 (Center Drill2)
N161 G90 G54 G00 X0 Y-16.
N162 G43 Z26. H06 M08
N163 G82 G98 R3. Z-3.032 P1000 F829.493
N164 G80 Z26. M09
N165 G91 G28 Z0
N166 (3.6mm JOBBER DRILL)
N167 T16 M06
N168 S12000 M03

N169 (Drill2)
N170 G90 G54 G00 X0 Y-16.
N171 G43 Z26. H16 M08
N172 G83 G98 R3. Z-5. Q2. F1097.28
N173 G80 Z26. M09
N174 G91 G28 Z0
N175 (6MM CRB 2FL 19 LOC)
N176 T01 M06
N177 S12000 M03

N178 (Rough Mill3)
N179 G90 G54 G00 X-.88 Y7.5
N180 G43 Z51. H01 M08
N181 Z27.5

N182 G01 Z22. F411.48

N183 Y0 F1645.92

N184 G03 X.88 I.88 J0

N185 G01 Y7.5

N186 Z20.375 F411.48

N187 Y0 F1645.92

N188 G02 X-.88 I-.88 J0

N189 G01 Y7.5

N190 Z18.75 F411.48

N191 Y0 F1645.92

N192 G03 X.88 I.88 J0

N193 G01 Y7.5

N194 Z18.5 F411.48

N195 Y0 F1645.92

N196 G02 X-.88 I-.88 J0

N197 G01 Y7.5

N198 G00 Z27.5

N199 X-3.

N200 G01 Z22. F411.48

N201 Y0 F1645.92

N202 G03 X3. I3. J0

N203 G01 Y7.5

N204 Z20.375 F411.48

N205 Y0 F1645.92

N206 G02 X-3. I-3. J0

N207 G01 Y7.5

N208 Z18.75 F411.48

N209 Y0 F1645.92

N210 G03 X3. I3. J0

N211 G01 Y7.5

N212 Z18.5 F411.48

N213 Y0 F1645.92

N214 G02 X-3. I-3. J0

N215 G01 Y7.5

N216 Z22. F411.48

N217 Y0 F1645.92

N218 G03 X3. I3. J0

N219 G01 Y7.5

N220 Z20.375 F411.48

N221 Y0 F1645.92

N222 G02 X-3. I-3. J0

N223 G01 Y7.5

N224 Z18.75 F411.48

N225 Y0 F1645.92

N226 G03 X3. I3. J0

N227 G01 Y7.5

N228 Z18.5 F411.48

N229 Y0 F1645.92

N230 G02 X-3. I-3. J0

N231 G01 Y7.5

N232 G00 Z27.5

N233 Z51.

N234 (Contour Mill2)

N235 X-.868 Y3.23

N236 Z28.

N237 G01 Z22. F411.48

N238 G41 D21 X-3.074 Y1.024 F1234.44

N239 G03 X-3.25 Y.6 I.424 J-.424

N240 G01 Y0 F1645.92

N241 G03 X3.25 I3.25 J0

N242 G01 Y.6

N243 G03 X3.074 Y1.024 I-.6 J0

N244 G40 G01 X.868 Y3.23

N245 G00 Z28.
N246 X-.868
N247 Z25.
N248 G01 Z20.25 F411.48
N249 G41 D21 X-3.074 Y1.024 F1234.44
N250 G03 X-3.25 Y.6 I.424 J-.424
N251 G01 Y0 F1645.92
N252 G03 X3.25 I3.25 J0
N253 G01 Y.6
N254 G03 X3.074 Y1.024 I-.6 J0
N255 G40 G01 X.868 Y3.23
N256 G00 Z28.
N257 X-.868
N258 Z23.25
N259 G01 Z18.5 F411.48
N260 G41 D21 X-3.074 Y1.024 F1234.44
N261 G03 X-3.25 Y.6 I.424 J-.424
N262 G01 Y0 F1645.92
N263 G03 X3.25 I3.25 J0
N264 G01 Y.6
N265 G03 X3.074 Y1.024 I-.6 J0
N266 G40 G01 X.868 Y3.23
N267 G00 Z28.
N268 Z51. M09
N269 G91 G28 Z0
N270 G28 X0 Y0
N271 M30