

PERANCANGAN DESAIN CETAKAN SENDOK PLASTIK SECARA SEQUENTIAL

SKRIPSI

OLEH :

TULUS LUBIS

208130072



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 30/4/25

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)30/4/25

HALAMAN JUDUL

PERANCANGAN DESAIN CETAKAN SENDOK PLASTIK SECARA SEQUENTIAL

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh :

TULUS LUBIS 208130072

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Perancangan Desain Cetakan Sendok Plastik
Secara Sequential

Nama Mahasiswa : Tulus Lubis

NIM : 208130072

Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh

Komisi Pembimbing



Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc

Pembimbing



Dr. Supriatno, S.T., M.T

Dekan



Dr. ISWANDI, S.T., M.T

Ka. Prodi

Tanggal Lulus : 17 Januari 2025

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 30/4/25

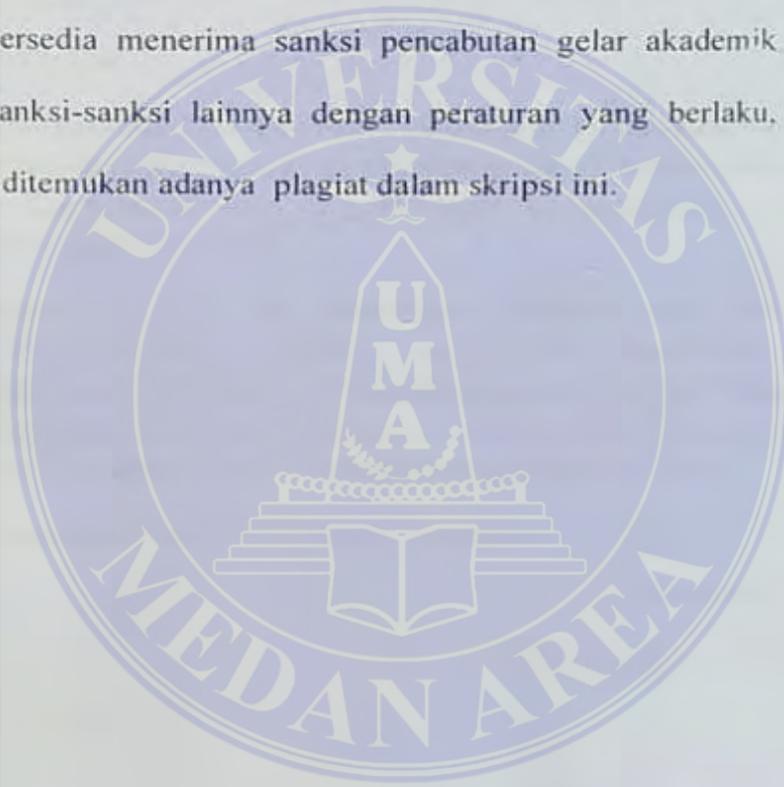
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)30/4/25

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan,

Tulus Lubis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Tulus Lubis

NPM : 208130072

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-Eksklusif Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul : “Perancangan Desain Cetakan Sendok Plastik Secara Sequential”

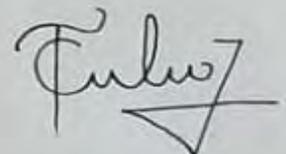
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (Database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis, pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 18 Januari 2025

Yang menyatakan



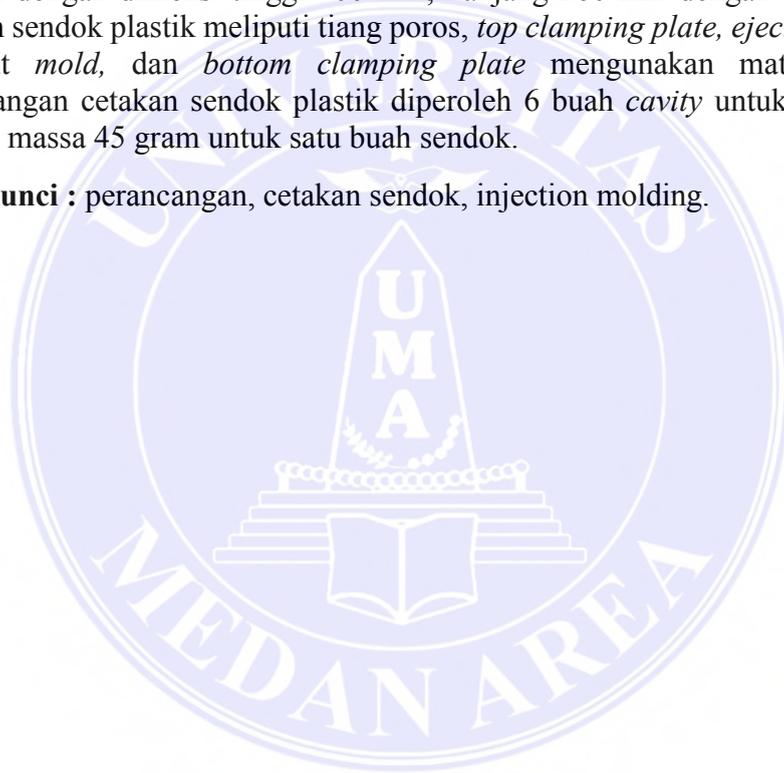
(Tulus Lubis)

208130072

ABSTRAK

Injection molding adalah proses pembentukan suatu komponen dari material plastik sesuai dengan dimensi yang ada di cetakan dengan memanfaatkan tekanan yang tinggi. Cetakan plastik pada *injection molding* harus memperhatikan berapa parameter dikarenakan akan berpengaruh terhadap kualitas produk yang dihasilkan agar tidak terdapat cacat, parameter tersebut antara lain temperatur injeksi, tekanan injeksi, waktu injeksi, waktu tahan, waktu pendinginan, kecepatan injeksi, dan *clamping force*. Tujuan perancangan cetakan sendok plastik ini adalah merancang cetakan sendok plastik kapasitas 6 *cavity*. Metode penelitian dari perancangan ini adalah merancang desain cetakan, menambahkan kapasitas sendok lebih banyak dan proses waktu cetakan lebih efisien. Penelitian ini dilakukan di bengkel bubut dan las Sudarman Jl. Mangan VIII Pasar III, Kel. Mabar Hilir, Kec. Medan Deli, Kota Medan Sumatera Utara. Hasil dan pembahasan perancangan ini memperoleh cetakan dengan dimensi tinggi 400 mm, Panjang 260 mm dengan lebar 260 mm cetakan sendok plastik meliputi tiang poros, *top clamping plate*, *ejector plate*, *plate penjepit mold*, dan *bottom clamping plate* menggunakan material ST 45. perancangan cetakan sendok plastik diperoleh 6 buah *cavity* untuk sekali injeksi dengan massa 45 gram untuk satu buah sendok.

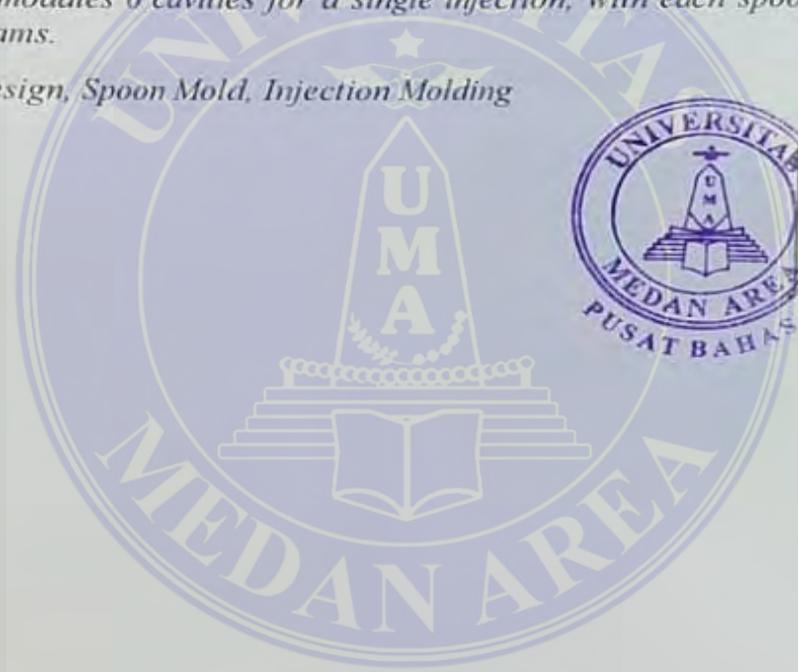
Kata kunci : perancangan, cetakan sendok, *injection molding*.



ABSTRACT

Injection molding is a process for forming a component from plastic material according to the dimensions in the mold using high pressure. The plastic molds in injection molding must consider several parameters as these can affect the quality of the produced product to avoid defects. These parameters include injection temperature, injection pressure, injection time, dwell time, cooling time, injection speed, and clamping force. The goal of designing this plastic spoon mold was to design a 6-cavity plastic spoon mold. The research method used was designing the mold, increasing the spoon capacity, and improving the efficiency of the molding process. This research was conducted in a lathe and welding workshop located at Sudarman Workshop, Jl. Mangan VIII, Pasar III, Mabar Hilir, Medan Deli Subdistrict, Medan City, North Sumatra. The design resulted in a mold with dimensions of 400 mm in height, 260 mm in length, and 260 mm in width. The plastic spoon mold includes core pins, top clamping plate, ejector plate, mold clamping plate, and bottom clamping plate, using ST 45 material. The plastic spoon mold design accommodates 6 cavities for a single injection, with each spoon having a mass of 45 grams.

Keywords: Design, Spoon Mold, Injection Molding

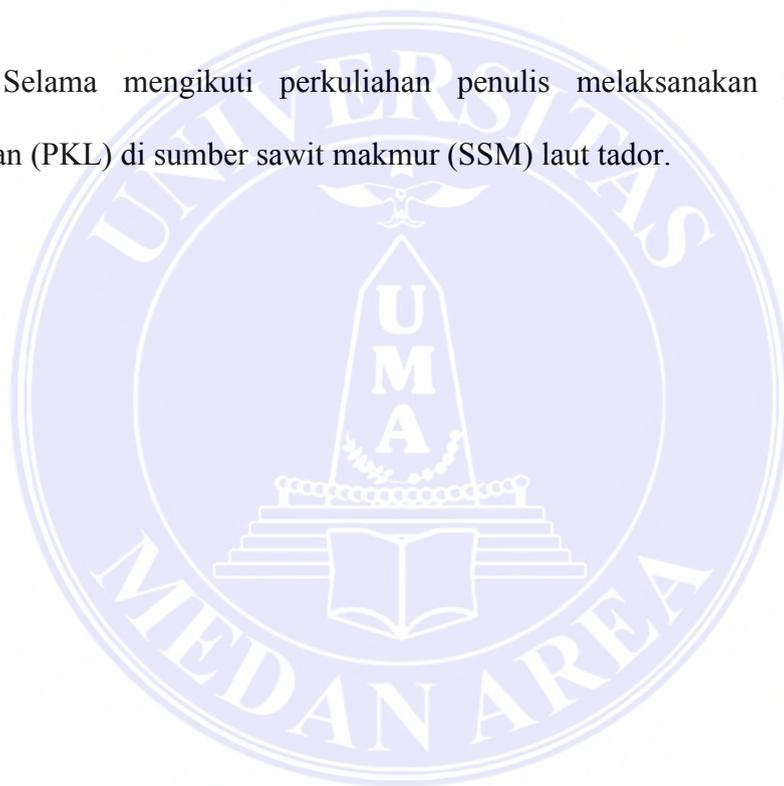


RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di desa Parsosoran pada tanggal 11 November 1999 dari ayah O. Lubis dan ibu L. Hasibuan, Penulis merupakan putra ke empat dari lima bersaudara.

Tahun 2018 penulis lulus dari SMK St. Nahanson Parapat Sipoholon dan pada tahun 2020 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Selama mengikuti perkuliahan penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) di sumber sawit makmur (SSM) laut tador.



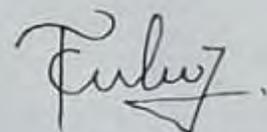
KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang memberikan berkat dan rahmat-nya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah dengan judul "Perancangan Desain Cetakan Sendok Plastik Secara *Sequential*".

Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M. Eng, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan saran dalam penyelesaian penulisan tugas akhir/skripsi ini. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada rekan rekan satu tim dan teman teman satu angkatan yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian. Ungkapan terimakasih juga disampaikan kepada ayah dan ibu saya, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan penuh dengan segala doa dan perhatiannya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir/skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir/skripsi ini. Penulis berharap tugas akhir/skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



Tulus lubis

NPM 208130072

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat penelitian.....	4
1.5. Hipotesis Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Plastik PET (<i>Polyethylene Terephthalate</i>).....	6
2.2. Injeksi Plastik.....	8
2.3. Metode Perancangan Cetakan.....	11
2.4. Perancangan Cetakan injeksi plastik untuk <i>Injeksien Molding</i>	17
2.5. Simulasi Sendok Es Krim Plastik Untuk Pencegahan Kegagalan.....	26
2.6. Pemilihan Material Cetakan Sendok Plastik.....	29
2.7. Perhitungan material cetakan.....	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	38
3.1. Waktu dan Tempat.....	38
3.2. Bahan dan Alat.....	39
3.3. Metodologi Penelitian.....	40
3.4. Populasi dan Sampel.....	40

3.5. Prosedur Penelitian.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1. Hasil.....	43
4.2. Pembahasan.....	62
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	78
5.1. Simpulan.....	78
5.2. Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA.....	80
LAMPIRAN.....	82



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Plastik PET.....	6
Gambar 2.2. <i>Two-plate mold</i>	13
Gambar 2.3. <i>Square concept</i>	15
Gambar 2.4. <i>Edge Gate</i>	16
Gambar 2.5. (a) pandangan atas (b) pandangan deapan (c) desain 3d (d) pandangan samping.....	18
Gambar 2.6. (a) pandangan atas (b) pandangan depan (c) desain 3d (d) pandnagan samping.....	18
Gambar 2.7. <i>Moldbase</i> cetakan.....	21
Gambar 2.8. <i>Top clamping plate</i>	22
Gambar 2.9. <i>Mold core</i>	22
Gambar 2.10. <i>Mold cavity</i>	22
Gambar 2.11. <i>Plate ejector</i>	23
Gambar 2.12. <i>Plate clamping mold</i>	23
Gambar 2.13. <i>Bottom clamping plate</i>	24
Gambar 2.14. Desain unit cetakan.....	25
Gambar 2.15. Sistem Penjepit.....	26
Gambar 2.16. Fitur Internal Sendok Es Krim.....	27
Gambar 2.17. Fitur Eksternal Sendok Es Krim.....	27
Gambar 2.18. Detail Sendok Es Krim.....	27
Gambar 2.19. Cetakan.....	29
Gambar 3.1. Aplikasi <i>Solidworks</i>	39
Gambar 3.2. Laptop.....	40
Gambar 3.3. Diagram alir Penelitian.....	42
Gambar 4.1. Desain produk.....	44
Gambar 4.2. Desain cetakan sendok plastik.....	46
Gambar 4.3. Tiang poros.....	47
Gambar 4.4. Top clamping plate.....	53
Gambar 4.5. Core mold plate.....	55
Gambar 4.6. Cavity mold plate.....	55
Gambar 4.7. Ejector plate.....	57
Gambar 4.8. Plate clamping mold.....	58
Gambar 4.9. Bottom clamping plate.....	60
Gambar 4.10. Desain sendok plastik.....	62
Gambar 4.11. Tiang poros cetakan.....	63
Gambar 4.12. Tiang poros mold.....	64
Gambar 4.13. Tiang poros ejector.....	65
Gambar 4.14. Top clamping plate.....	65
Gambar 4.15. Core mold plate.....	67
Gambar 4.16. Cavity mold plate.....	68
Gambar 4.17. Plate ejector.....	69
Gambar 4.18. Plate clamping mold.....	70

Gambar 4.19. Bottom clamping plate.....70
Gambar 4.20. Posisi cetakan pada mesin inection molding..... 77



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Jenis-jenis plastik dan penggunaanya.....	7
Tabel 2.2. Tuntutan Produk.....	19
Tabel 2.3. Tuntutan cetakan.....	19
Tabel 3.1. Jadwal Perancangan.....	38
Tabel 4.1. Data produk.....	43
Tabel 4.2. Daftar tuntutan.....	45
Tabel 4.3. Pemilihan material cetakan.....	62
Tabel 4.4. Pemilihan material cetakan.....	71
Tabel 4.5. Estimasi harga material.....	73
Tabel 4.6. Estimasi waktu injeksi.....	75
Tabel 4.7. Hasil simulasi solidwoks.....	76



DAFTAR NOTASI

	= Tegangan geser (N/cm^2)
T	= Gaya yang terjadi (N)
r	= Jari – jari (m)
j	= Momen inersia ($kg.m^2$)
	= Tegangan lentur (N/m^2)
m	= Momen lentur (Nm)
c	= Jarak sumbu (m)
I	= Momen inersia (m^4)
j	= Momen inersia polar (m^4)
	= Konstanta pi
d^4	= Diameter penampang (m)
	= Defleksi poros (m)
F	= Beban yang diterapkan (N)
L	= Panjang poros (m)
E	= Modulus elastis (N/m^2)
I	= Momen inersia penampang (m^4)
T	= Torsi (Nm)
J	= Momen inersia polar (m^4)
j	= Gaya atau tegangan (N)
r	= Jari – jari (m)

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pencemaran lingkungan merupakan suatu perubahan yang tidak diinginkan yang terjadi pada lingkungan sehingga dapat mempengaruhi kegiatan, kesehatan dan keselamatan makhluk hidup. Hal tersebut disebabkan oleh suatu zat pencemar yang disebut dengan polutan, suatu zat bisa dikatakan sebagai polutan jika bahan atau zat tersebut melebihi jumlah normal dan berada pada tempat yang tidak semestinya. Lingkungan yang tercemar, akan mengakibatkan keadaan ekosistem menjadi tidak seimbang.

Pembuangan sampah plastik ke dalam air dan tanah telah menambah tingkat kerusakan alam. Sampah plastik terbuat dari bahan anorganik dan hal tersebut sangat sulit bahkan tidak mungkin diurai oleh bakteri pengurai dalam jangka waktu yang singkat dan apabila ditimbun dalam tanah, membutuhkan waktu berjuta-juta tahun untuk menguraikannya. Apabila sampah plastik dibakar hanya akan menjadi gumpalan dan butuh waktu lama untuk mengurainya. Hal tersebut akan berdampak negatif bagi lingkungan kita, salah satunya pencemaran udara, pencemaran air, pencemaran tanah dan yang paling parahnya lagi adalah pemanasan global [Ahmad, Dkk. 2021].

Ada beberapa cara pengolahan material plastik menjadi sebuah produk salah satunya dengan metode injeksi plastik, yaitu suatu proses pembentukan komponen atau produk menggunakan bahan baku bijih plastik yang dipanaskan pada suhu tertentu hingga mencair kemudian diinjeksikan kedalam cetakan.

Pada proses injeksi plastik terdapat beberapa faktor yang menentukan hasil dari sebuah produk, salah satunya yang paling penting adalah desain *mold*. Dalam pembuatan desain *mold* terdapat beberapa parameter yang harus diperhitungkan untuk menghasilkan produk yang berkualitas seperti jenis *layout cavity* dan *core*, *runner system*, *gate location* dan jenis sistem pendingin *mold* yang digunakan, kemudian mengetahui *clamping force*, *melt temperature* dan *mold temperature* [Arif Budi dan Muchlis. 2019].

Melihat kondisi tersebut, mulai banyak penelitian yang mencoba untuk merekayasa sifat plastik agar dapat memiliki sifat yang lebih tinggi dibanding plastik yang banyak beredar sekarang. Baru baru ini terdapat penelitian yang menjelaskan mengenai campuran dua polimer atau lebih, dianggap lebih murah dan menjadi alternatif yang lebih efektif. Salah satunya, penelitian pada tahun 2010, yang melakukan penelitian dengan menggunakan campuran *Polypropylene/polyethylene* (PP / PE) dengan menggunakan proses injeksi molding ekstruder menggunakan tiga jenis PE, yaitu *low-density polyethylene* (LDPE), *highdensity polyethylene* (HDPE), dan *linear low-density polyethylene* (LLDPE), pencampuran PP dan PE ini secara khusus disebabkan oleh fakta bahwa keduanya merupakan polimer yang banyak digunakan sebagai rekayasa penting dalam bahan pada dunia otomotif, peralatan listrik dan industri. Alasan ini didapat karena keduanya mempunyai sifat yang ideal dengan sifat kekauannya, kestabilan oli dan sifat ketahanan termal yang dimiliki masing masing [Jemi Haryono, Dkk. 2023].

Proses *injection molding* adalah proses pembentukan suatu komponen dari material plastik sesuai dengan dimensi yang ada di cetakan dengan memanfaatkan tekanan yang tinggi sehingga akan mengurangi porositas yang terjadi bila

dibandingkan dengan metode *hand lay up*. Cetakan plastik pada *injection molding* harus memperhatikan berapa parameter dikarenakan akan berpengaruh terhadap kualitas produk yang dihasilkan agar tidak terdapat cacat, parameter tersebut antara lain temperatur injeksi, tekanan injeksi, waktu injeksi, waktu tahan, waktu pendinginan, kecepatan injeksi, dan *clamping force*. Proses optimasi yang dikembangkan untuk perancangan cetakan salah satunya menggunakan simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) [Alfan Ekajati, Dkk. 2022].

Injection Molding merupakan sebuah metode pembentukan produk dari biji plastik yang dimasukkan ke dalam komponen mesin yang disebut *hopper* menuju *barrel* dan mendorong material kedalam cetakan dengan menggunakan sekrup. saat ini terjadi pertumbuhan yang sangat pesat pada penggunaan produk plastik di industri manufaktur, karena plastik sangat serbaguna dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Ilmu pengetahuan dan teknologi sangat diperlukan dalam pemanfaatan dan pengolahan polimer, sehingga dapat dihasilkan produk plastik dengan kuantitas yang cukup tinggi dan kualitas yang baik. Salah satu teknik yang cukup efektif dan banyak dipergunakan untuk pengolahan produk berbahan baku plastik adalah proses *Injection Molding*.

Dalam penelitian ini akan melanjutkan perancangan mesin *plastic injection molding vertical* yang meliputi pemilihan komponen dan bahan yang akan digunakan pada mesin *plastic injection molding vertical* serta desain cetakan plastik yang akan dibuat untuk membentuk suatu produk tertentu yang memiliki harga jual. Nantinya hasil dari perancangan cetakan plastik ini akan digunakan oleh teknisi pembuat mesin untuk mempermudah dalam proses pembuatan produk *plastic injection molding vertical*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan, maka dalam perancangan cetakan sendok *plastic injection molding vertical* ini diperoleh beberapa perumusan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana proses perancangan sendok plastik secara sequential dengan sistem *injection molding* ?
- b. Bagaimana cara meningkatkan efisiensi produksi dengan merancang desain cetakan sendok plastik secara berurutan?

1.3. Tujuan Penelitian

- a. Merancang desain cetakan sendok plastik sekuensial yang dapat meningkatkan efisiensi produksi.
- b. Meningkatkan kualitas produk sendok plastik berdasarkan desain bentuk dan ruang cetakan yang lebih efisien dengan menerapkan
 1. Kapasitas sendok lebih banyak
 2. Desain cetakan yang simpel
 3. Proses waktu cetakan lebih efisien.

1.4. Manfaat penelitian

Setelah penelitian ini selesai dan mencapai hasil yang positif, maka akan diperoleh beberapa manfaat penelitian sebagai berikut :

- a. Penggunaan perancangan cetakan sendok plastik secara sekuensial akan membantu mengurangi waktu produksi, karena perubahan cetakan dapat dilakukan dengan lebih cepat dan efisien.
- b. Cetakan sendok plastik yang dirancang secara sekuensial dapat menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih baik, termasuk kekuatan, ketahanan, dan kepresisian.
- c. Dengan menerapkan perancangan cetakan sendok plastik secara sekuensial, penggunaan bahan baku plastik dapat di optimalkan, mengurangi limbah, dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan hidup.
- d. Penelitian ini akan memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi dalam desain cetakan sendok plastik, khususnya dalam perancangan secara sekuensial.

1.5. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah untuk merancang dan membuat cetakan sendok plastik untuk digunakan pada mesin *injection molding*. Dengan menerapkan desain ini secara bertahap,

- a. waktu proses cetakan lebih efisien, bahan baku plastik dapat digunakan dengan lebih efisien, sehingga mengurangi limbah dan dampak buruk terhadap lingkungan.
- b. Bentuk cetakan lebih berkualitas berdasarkan banyaknya produk /*mold*

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*)

PET (*polyethylene terephthalate*) biasa dipakai untuk botol plastik yang jernih atau transparan seperti botol air mineral, botol jus, dan hampir semua botol minuman lainnya. Botol jenis PET ini direkomendasikan hanya sekali pakai, bila terlalu sering dipakai apalagi digunakan untuk menyimpan air hangat atau panas, akan mengakibatkan lapisan polimer pada botol tersebut akan meleleh dan akan mengeluarkan zat karsinogenik (salah satu penyebab kanker) dalam jangka panjang [Alfara, Dkk. 2020]. Plastik PET (*polyethylene terephthalate*) ditunjukkan seperti pada Gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1. Plastik PET

Plastik PET memiliki massa jenis sebesar 750 kg/m^3 pada temperatur 250°C dan massa jenis sebesar 730 kg/m^3 pada temperatur 300°C , kedua massa jenis ini merupakan massa jenis plastik PET pada saat berbentuk cair, sementara pada suhu ruangan atau pada saat berbentuk padat, plastik PET memiliki massa jenis sebesar $1,37 \text{ g/cm}^3$. Pada mesin *plastic injection molding* vertical ini digunakan material

plastik jenis PET (*polyethylene terephthalate*) sebagai bahan untuk uji coba mesin [Alfara, Dkk. 2020].

PET pada umumnya memiliki karakter yang sangat fleksibel dan tembus pandang. Bergantung pada proses pembuatannya, plastik PET bisa dibuat menjadi produk dengan sifat kaku maupun semi-kaku. Karakteristik dari plastik PET adalah sebagai berikut:

- a. Memiliki sifat keras dan ringan sehingga mudah dan efisien untuk dijadikan kemasan dan aman digunakan untuk kemasan pangan.
- b. Memiliki resistansi yang cukup baik terhadap udara (oksigen dan karbon dioksida) serta kelembapan.
- c. Plastik PET cocok untuk diaplikasikan pada produk yang transparan.
- d. Menunjukkan sifat isolasi listrik yang baik.

Terdapat beberapa jenis-jenis plastik dan penggunaannya dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 2.1. Jenis-jenis plastik dan penggunaannya

No.	Jenis	Penggunaan
1.	PET (<i>polyethylane terephthalete</i>)	Botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, botol jus, botol sambal, botol obat, dan botol kosmetik.
2.	HIDUP (<i>High-Density Polyethylene</i>)	Botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas, dan botol kosmetik.
3.	PVC (<i>Polyvinyl Chloride</i>)	Pipa air, pipa bangunan, mainan, taplak meja dari plastik, botol sampo, dan botol sambal.
4.	LDPE (<i>Low-Density Polyethylene</i>)	Kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, dan berbagai macam plastik tipis lainnya.
5.	PP (<i>Polypropylene</i> atau <i>Polypropene</i>)	Cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak, dan <i>cup margarine</i> .

No.	Jenis	Penggunaan
6.	PS (<i>Polystyrene</i>)	Kotak CD, sendok dan garpu plastik, gelas plastik, tempat makanan dari <i>styrofoam</i> , dan tempat makan plastik transparan.
7.	<i>Other (O)</i> , jenis plastik lainnya selain dari nomor 1 hingga nomor 6	Botol susu bayi, plastik kemasan, galon air minum, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, sikat gigi, dan mainan lego.

Plastik sebagai salah satu inovasi teknologi yang paling berpengaruh, telah memegang peranan penting dalam berbagai aspek kehidupan. Karakteristiknya - ringan, tahan terhadap kelembaban dan korosi, mudah dicetak, dan proses produksi yang efisien - membuatnya sering menjadi pengganti logam. Fenomena ini terlihat dari preferensi masyarakat terhadap solusi praktis, yaitu beralih dari teknologi pengolahan logam, kaca, dan kayu ke teknologi berbasis plastik.

Di Indonesia khususnya perkembangan produk plastik menunjukkan kemajuan yang signifikan. Dari perspektif kualitatif, baik kualitas maupun variasi produk plastik terus meningkat. Industri plastik telah menghasilkan berbagai macam produk termasuk peralatan rumah tangga, peralatan elektronik, komponen otomotif, dan masih banyak lagi. Kemajuan ini tidak hanya mencerminkan inovasi dalam desain dan fungsionalitas tetapi juga adaptasi terhadap kebutuhan pasar yang terus berkembang dan tuntutan keberlanjutan lingkungan. [Dadan Ramdan, Dkk. 2024.]

2.2. Injeksi Plastik

Secara umum teknologi pemrosesan plastik banyak melibatkan operasi yang sama seperti proses produksi logam. Plastik dapat dicetak, dituang, dan dibentuk serta diproses permesinan (*machining*) dan disambung (*joining*). Bahan baku

plastik banyak dijumpai dalam bentuk pellet atau serbuk. Plastik juga tersedia dalam bentuk lembaran, plat, batangan dan pipa. Metode pemrosesan plastik dapat dilakukan dengan cara: *ekstrusi, injection molding, casting, thermoforming, blow molding* dan lain sebagainya [Jemi Haryono, Dkk. 2023].

a. *Injection Molding*

Sebagaimana dijelaskan diatas bahwa *injection molding* merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan dalam memproduksi komponen dari bahan plastik. Mesin *injection molding* terdiri atas beberapa bagian seperti: *nozzle, hopper, heating elements, mold* dan piston. Sedangkan sumber penggerak mesin terdiri atas sumber udara bertekanan yang berfungsi menekan piston atau *plunyer* dan sumber listrik bolak-balik sebagai sumber tenaga untuk bagian pemanas (*heating elements*). Prinsip kerja *injection molding machine* sebetulnya mirip dengan *hotchamber pressurized die-casting*, dimana bahan baku plastik mula-mula dimasukkan kedalam tabung pemanas untuk dilelehkan melalui *hopper* (lubang pemasukan). Setelah plastik meleleh dengan temperatur tertentu, maka plastik tersebut didorong keluar dari dalam tabung melalui *nozzle* untuk diinjeksikan kedalam cetakan (*mold*). Selanjutnya benda cetak dibiarkan membeku dan mendingin beberapa saat di dalam cetakan sebelum cetakan dilepas dan dibuka untuk mengeluarkan benda cetak.

b. Parameter Proses *Injection Molding*

Untuk memperoleh benda cetak dengan kualitas hasil yang optimal, perlu mengatur beberapa paramater yang mempengaruhi jalannya proses produksi tersebut. Parameter suatu proses tentu saja ada yang berperan sedikit dan adapula yang mempunyai peran yang signifikan dalam mempengaruhi hasil produksi yang diinginkan. Biasanya orang perlu melakukan beberapa kali percobaan hingga

ditemukan parameter-parameter apa saja yang cukup berpengaruh terhadap produk akhir benda cetak. Adapun parameter-parameter yang berpengaruh terhadap proses produksi plastik melalui metoda *injection molding*.

c. Temperatur leleh (*Melt Temperature*)

Temperatur leleh adalah batas temperatur dimana bahan plastik mulai meleleh kalau diberikan energi panas.

d. Batas tekanan (*Pressure Limit*)

Batas tekanan adalah batas tekanan udara yang perlu diberikan untuk menggerakkan piston guna menekan bahan plastik yang telah dilelehkan. Terlalu rendah tekanan, maka bahan plastik kemungkinan tidak akan keluar atau terinjeksi ke dalam cetakan. Akan tetapi jika tekanan udara terlalu tinggi dapat mengakibatkan terseburnya bahan plastik dari dalam cetakan dan hal ini akan berakibat proses produksi menjadi tidak efisien.

e. Waktu tahan (*Holding Time*)

Waktu tahan adalah waktu yang diukur dari saat temperatur leleh yang diset telah tercapai hingga keseluruhan bahan plastik yang ada dalam tabung pemanas benar - benar telah meleleh semuanya.

f. Waktu penekanan (*Holding Pressure*)

Waktu penekanan adalah durasi atau lamanya waktu yang diperlukan untuk memberikan tekanan pada piston yang mendorong plastik yang telah leleh. Pengaturan waktu penekanan bertujuan untuk meyakinkan bahwa bahan plastik telah benar-benar mengisi ke seluruh rongga cetak.

g. Kecepatan injeksi (*Injection Rate*)

Kecepatan injeksi adalah kecepatan lajunya bahan plastik yang telah meleleh keluar dari *nozzle* untuk mengisi rongga cetak. Untuk mesin-mesin injeksi tertentu kecepatan ini dapat terukur, tetapi untuk mesin-mesin injeksi sederhana kadang-kadang tidak dilengkapi dengan pengukur kecepatan ini.

h. Ketebalan dinding cetakan (*Wall Thickness*)

Ketebalan dinding cetakan adalah menyangkut desain secara keseluruhan dari cetakan (*moulding*). Semakin tebal dinding cetakan, semakin besar kemungkinan untuk terjadinya cacat *shrinkage*

2.3. Metode Perancangan Cetakan

2.3.1. Identifikasi Awal

Metode yang digunakan dalam perancangan cetakan plastik pada penelitian ini menggunakan pedoman dari *Verein Deutsche Ingenieuer* (VDI) 2222. Untuk membantu memahami tentang VDI 2222 [Benny, Dkk. 2023].

a. merujuk pada spesifikasi geometri produk *Light Guide*, maka didapatkan pilihan alternatif karakter cetakan plastik (*Mold*) yang akan digunakan. *Mold* tersusun dari beberapa komponen-komponen yang dirangkai menjadi satu untuk membentuk suatu konstruksi. Secara umum desain dan konstruksi pada setiap *Mold* hampir sama yang membedakannya hanyalah beberapa bagian komponen tambahan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan ukuran *Mold*. *Mold* dari beberapa macam tipe yaitu, *Two-plate Mold*, *Stripper Mold* dan *Three-plate Mold*. Pada penelitian ini tipe *Mold* yang digunakan yaitu tipe *Two-plate Mold*. Keunggulan dari *Two plate*

Mold adalah lebih simpel sehingga biaya desain murah, *cycle time* lebih cepat dibanding dengan *Three-plate-Mold*.

b. penentuan bahan yang digunakan untuk membuat cetakan dapat mempengaruhi kualitas cetakan plastik. Cetakan yang terbuat dari bahan berkualitas tinggi akan lebih tahan lama dan menghasilkan produk plastik yang berkualitas. Oleh karena itu, identifikasi material cetakan dapat membantu untuk menentukan kualitas cetakan. Mengingat konsep awal dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan *reusable Mold base*, maka peneliti menggunakan *Mold base* bekas yang terbuat dari material NAK 80. Penentuan material penting dilakukan untuk menghitung berapa konstruksi yang menerima perlakuan yang berbeda sesuai system kerja tiap konstruksi pada *mold*.

c. proses injeksi plastik yang digunakan untuk memproduksi *Light Guide* sama dengan proses produksi sebelumnya, baik dari mesin (ARBURG 320C) maupun material (*Polycarbonate*). Pada penelitian ini, yang membedakan adalah jumlah produk yang dihasilkan selama satu siklus produksi. Pada proses produksi sebelumnya, satu siklus produksi (*Single shoot*) menghasilkan dua produk *Light Guide* sedangkan pada penelitian ini diharapkan bisa memproduksi sebanyak dua kali lipat dari sebelumnya. Berikut spesifikasi teknis mesin *injection Molding* ARBURG 320C [Benny, Dkk. 2023].

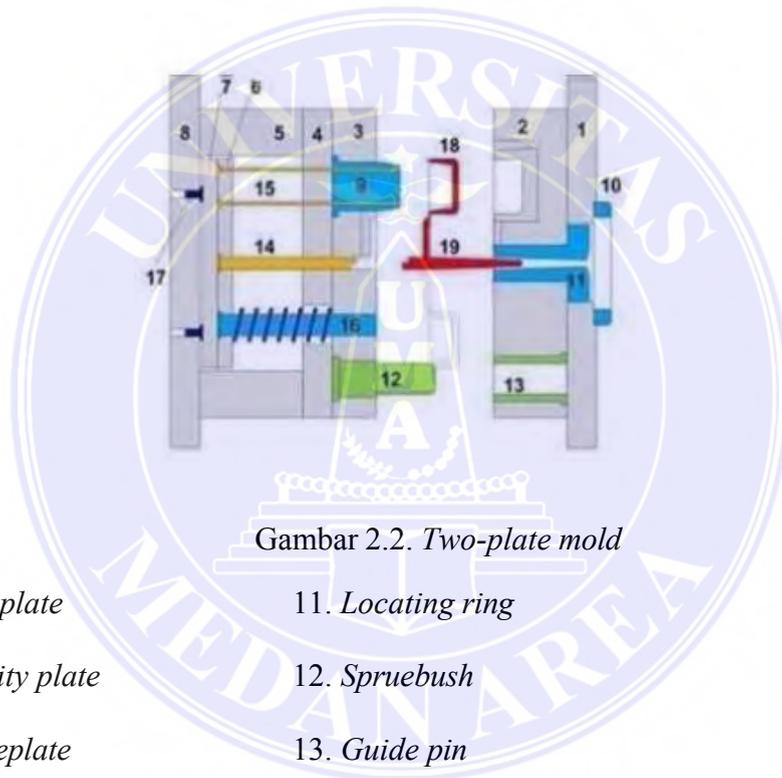
2.3.2. Identifikasi Perancangan *Mold Insert*

a. Tipe *Mold*

Cetakan (*Mold*) tersusun dari beberapa komponen-komponen yang dirangkai menjadi satu untuk membentuk suatu konstruksi dan masing-masing dari komponen ini memiliki fungsi yang penting dalam penggunaan *Mold*. Secara umum

desain dan konstruksi pada setiap *Mold* hampir sama yang membedakannya hanyalah beberapa bagian komponen tambahan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan ukuran *Mold*. Cetakan (*Mold*) terdiri dari beberapa macam tipe yaitu *Two-plate Mold*, *Stripper Mold* dan *Three-plate Mold*. Pada penelitian ini tipe *Mold* yang digunakan yaitu tipe *Two-plate Mold*.

Gambar bagian-bagian pada standar *Two-plate Mold* dapat dilihat pada Gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2. *Two-plate mold*

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1. <i>Top plate</i> | 11. <i>Locating ring</i> |
| 2. <i>Cavity plate</i> | 12. <i>Sprue bush</i> |
| 3. <i>Coreplate</i> | 13. <i>Guide pin</i> |
| 4. <i>Support plate</i> | 14. <i>Guide bush</i> |
| 5. <i>Spacer block</i> | 15. <i>Sprue lock pin</i> |
| 6. <i>Ejectore retainer</i> | 16. <i>Ejectore pin</i> |
| 7. <i>Plate</i> | 17. <i>Return pin</i> |
| 8. <i>Ejectore plate</i> | 18. <i>Stopper pin</i> |
| 9. <i>Bottom plate</i> | 19. <i>Product plastic</i> |
| 10. <i>Insert coreplate</i> | 20. <i>Runner</i> |

Beberapa komponen standar juga dijual bebas dipasaran sebagai pelengkap pembuatan *Mold*, contohnya seperti *Ejector*, *guide bush*, *guide pin*, *sprue bush* dan *locating ring* dari berbagai jenis maupun bentuk.

b. Sistem *Mold*

Sistem yang digunakan pada *Mold* yaitu *runner system* yang terdiri dari 3 bagian yaitu *runner*, *sprue*, dan *Gate*. Pada perancangan *Mold base* jenis *runner* yang akan digunakan yaitu tipe *cold runner*. *Cold runner* merupakan sistem saluran tanpa adanya pemanasan sehingga dapat mencegah reaksi dini terhadap bahan. Perawatan sistem *cold runner* juga lebih mudah dibandingkan *hot runner* sehingga relatif lebih hemat biaya.

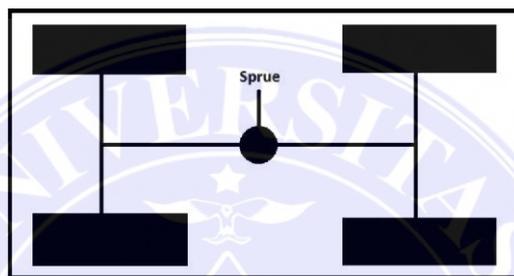
2.3.3. Konsep Perancangan

Konsep perancangan *Mold* dilakukan dengan melakukan penambahan pada bagian *core cavity* yang sebelumnya memiliki kapasitas *two core cavities* menjadi *four core cavities*. Perubahan letak maupun bentuk pada part-part seperti *slider*,

Cooling, *Ejector* dan jalur *Runner* diperlukan sehingga penambahan *core cavity* dapat memanfaatkan *Mold base* yang telah digunakan. Beberapa part seperti *slider*, *Cooling*, *Ejector*, dan jalur *Runner* dalam desain baru juga dimodifikasi. Pada *plate core cavity* terdapat komponen seperti *Runner*, *Gate*, *Slider Angular*, *Ejector*, dan *Cooling*. Proses perancangan dilakukan menggunakan software Siemens UG NX 5. Analisis yang digunakan untuk menghitung persentase perbandingan antara kapasitas produksi serta waktu produksi antar desain *Mold*. Siklus waktu produksi diperoleh setelah adanya simulasi dari perancangan *Mold*. Untuk simulasi *Mold* menggunakan *software Mold ex 3D Flow Mold*.

a. *Runner*

Runner merupakan saluran yang digunakan untuk mengarahkan lelehan plastik dari *nozzle* menuju ke rongga cetakan. Berdasarkan konsep desainnya *runner* yang akan digunakan yaitu tipe *square concept* yang dapat memaksimalkan jumlah *core cavity* dalam luas *Mold*, sehingga desainnya dibuat sejajar membentuk seperti persegi. Gambar *square concept* dapat dilihat pada Gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3. *Square concept*

b. *Gate*

Gate merupakan lubang penghubung antara runner dan rongga *Mold*. *Gate* ini bertujuan adanya aliran lelehan material plastik yang cukup untuk pengisian pada rongga *Mold*. Jenis *Gate* yang digunakan pada perancangan ini yaitu *edge Gate*, *Gate* jenis ini terletak di samping produk yang digunakan untuk mengisi lelehan material plastik dari samping ataupun dari bawah. Konsep *edge Gate* yang diterapkan dapat dilihat pada Gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4. *Edge Gate*

c. *Ejector*

Ejector merupakan bagian dari *core cavity* yang digunakan untuk membantu melepaskan produk dari cetakan (*Mold*) dan juga sebagai penahan tekanan dari lelehan material plastik yang menuju rongga cetakan ketika proses pencetakan berlangsung

d. *Cooling*

Pendinginan sangat penting dalam pencetakan injeksi. Ini mempengaruhi kualitas komponen, waktu siklus, dan efisiensi produksi. Sistem pendingin menghilangkan panas dari cetakan. Hal ini memungkinkan plastik mengeras dengan cepat dan seragam.

Ada dua jenis utama sistem pendingin:

1. Pendingin air :
 - a. Metode yang paling umum
 - b. Menggunakan air sebagai media pendingin
 - c. Cocok untuk sebagian besar plastik
 - d. Efisien dan hemat biaya

2. Pendinginan oli :
 - a. Digunakan untuk plastik bersuhu tinggi
 - b. Memberikan pendinginan yang lebih konsisten
 - c. Membutuhkan peralatan dan perawatan khusus
 - d. Lebih mahal dari pendingin air

Saluran pendingin dibor ke dalam cetakan. Mereka mengedarkan cairan pendingin di sekitar rongga. Saluran pendingin merupakan bagian yang sangat penting. Ini memastikan pembuangan panas yang optimal dan pendinginan yang seragam.

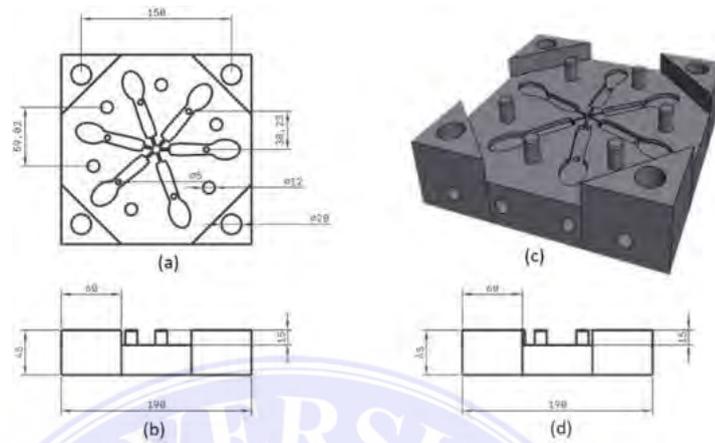
Dalam perancangan sistem pendingin ini perlu mempertimbangan hal-hal berikut:

- a. Ukuran dan jarak saluran
- b. Tata letak dan konfigurasi
- c. Ketebalan dinding cetakan
- d. Sifat termal bahan

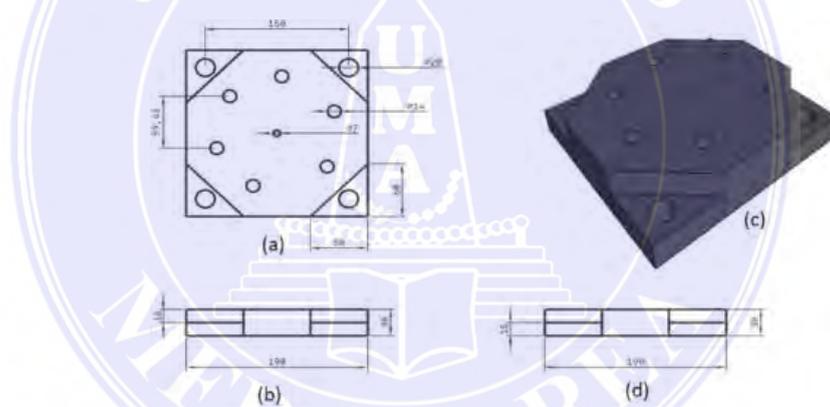
2.4. Perancangan Cetakan injeksi plastik untuk *Injeksien Molding*

Sebelum pembuatan *molding* sendok alangkah baiknya terlebih dahulu menuangkan ide pemikiran ke dalam sebuah gambar melalui aplikasi *solidwork*, sehingga dapat mempermudah dalam proses pengaplikasian *molding* sendok ke mesin produksi milling CNC. *Design molding* sendok dapat dilihat pada Gambar 2.5 untuk bagian adalah *design* dari *cavity mold*, dan Gambar 2.6 untuk bagian adalah *design* dari *cavity mold*. Setelah proses *design* gambar selesai maka proses

berikutnya dapat dilakukan untuk membuat *molding* sendok [Jemi Haryono, Dkk. 2023].



Gambar 2.5. (a) pandangan atas (b) pandangan deapan (c) desain 3d (d) pandangan samping



Gambar 2.6. (a) pandangan atas (b) pandangan depan (c) desain 3d (d) pandnagan samping

Tahapan perancangan ini dibutuhkan untuk memaksimalkan rancangan yang akan dibuat. Hal ini dibutuhkan oleh seorang perancang agar bisa merancang lebih baik dan terstruktur dibanding tanpa tahapan perancangan. [Riona Ishan dan Dwi Cahyo Wibowo. 2022]. Berikut tahapan perancangannya

a. Data produk

Setelah mempelajari dan mengukur sample produk, maka dibuatlah gambar kerja produk dengan detail, Tuntutan utama dari rancangan cetakan untuk produk sendok es krim adalah menghasilkan rancangan yang sesuai dengan tuntutan.

Tabel 2.2. Tuntutan Produk

No.	Tuntutan produk	Spesifikasi Tuntutan utama	Keterangan
1.	Material	PC (<i>Polycarbonate</i>)	hrinkage 0,8 %
2.	Warna produk	Natural (putih solid)	-
3.	Tampilan	Meminimalisir cacat produk	Tidak <i>flashing</i>
4.	Berat produk	12,15 gr	-

Tabel 2.3. Tuntutan cetakan

No.	Tuntutan Cetakan	Spesifikasi Tuntutan Utama	Keterangan
1.	Jumlah <i>cavity</i>	6 buah	-
2.	Standar <i>moldbase</i>	Futaba	-
3.	Material <i>core</i> dan <i>cavity</i>	DIN 1.2316 / SUS420	-
4.	Jenis <i>runner</i>	<i>Circular Runner</i>	-
5.	Jenis <i>gate</i>	<i>Center Gate</i>	-
6.	Jenis cetakan	<i>Two plate mold</i>	-
7.	Material <i>Moldbase</i>	alluminium/Setara	-
8.	Standard komponen	St 45	-

b. *Parting line*

Parting line yang ada pada produk ditentukan berdasarkan pada geometri produk, kemudahan dalam proses pemesinan dan pelepasan produk pada eaksi.

c. *Layout cavity*

Layout cavity perlu dipertimbangkan dengan baik pada saat proses perancangan karena berpengaruh terhadap kesetimbangan aliran plastik, kesetimbangan pengisian cetakan dan juga kesetimbangan *mold* itu sendiri.

Layout cavity terpilih dengan pertimbangan proses pembuatan mudah, *balance cavity*, dimensi *runner* pendek, dimensi *mold base* kecil.

d. *Layout runner*

Sebagai saluran penghubung yang akan membawa material, maka penentuan geometri dan dimensi *runner* perlu dipertimbangkan dengan baik agar memudahkan dalam proses pembuatan, mengurangi berat/volume *runner* yang terbuang. *Layout runner* terpilih, dimana dengan pertimbangan : mempermudah aliran plastik, hanya *runner* primer, jarak *runner* pendek.

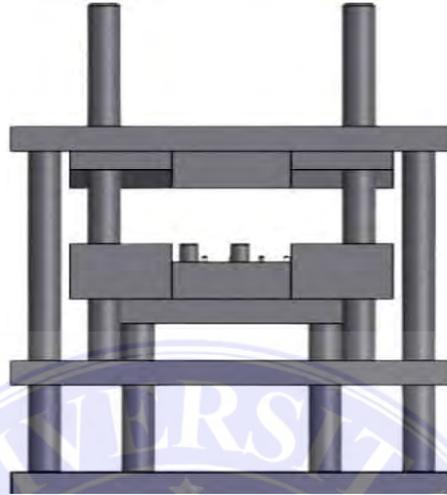
Runner yang digunakan adalah *full round* dikarenakan material plastik yang akan digunakan adalah PC yang memiliki viskositas tinggi. Penelitian ini akan merancang dua jenis tata letak berikut ke dalam unit cetakan, tata letak *grid* dengan dimensi inti dan rongga 232 x 359 mm dan tata letak radial dengan dimensi inti dan rongga 430 x 439 mm [Arif Budi Wicaksono dan Muchlis. 2021].

2.4.1. Tata letak kisi dasar cetakan

a. Basis Cetakan

Perancangan *spork* gabungan menggunakan standar *moldbase* LKM AI 4050 yang ditunjukkan pada Gambar 2.7 sebagai tata letak *grid*. Dasar penentuan material plat dan komponen cetakan mengacu pada buku ajar dasar perancangan

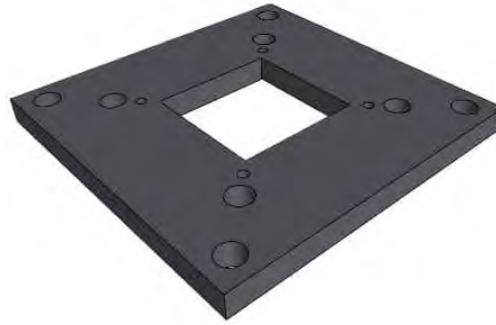
cetakan dengan acuan langsung dari standar LKM selaku produsen *molbase* [Arif Budi Wicaksono dan Muchlis. 2019].



Gambar 2.7. *Molbase* cetakan

b. *Top Clamping Plate*

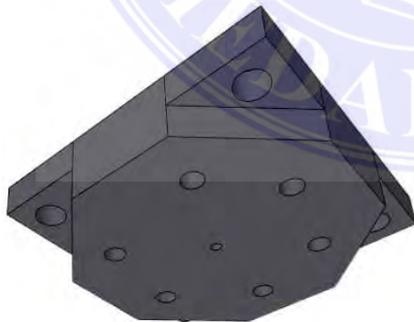
Top Clamping Plate merupakan bagian utama yang berfungsi untuk mengikat seluruh sistem cetakan injeksi plastik. Bagian atas penjepit terletak di bagian atas. *Top clamping* terletak dibagian atas cetakan *top clamping* ini menggunakan material ST 45 dengan ketebalan dimesnsi 260 mm x 260 mm x 20 mm. *Top clamping plate* dapat dilihat pada Gambar 2.8 di bawah ini.



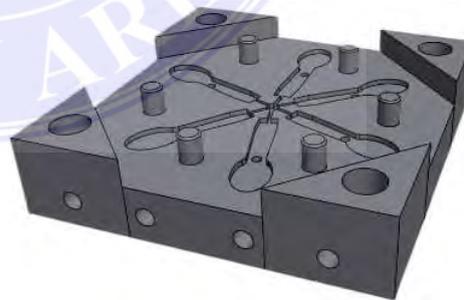
Gambar 2.8. *Top clamping plate*

c. *Plate cavity dan core*

Cavity dan *core* merupakan bagian dari terbentuknya produk. *Cavity* dan *core* bekerja sama untuk membentuk produk akhir. Plat ini menggunakan dua jenis plat dimana *cavity mold plate* menggunakan material akrilik dengan dimensi 190 mm x 190 mm x 30 mm dan *core mold plate* menggunakan material alluminium dengan dimesnsi 190 mm x 190 x 30 mm. Gambar 2.9 menunjukkan pemodelan *mold core*, dan Gambar 2.10 menunjukkan pemodelan *mold cavity*.



Gambar 2.9. *Mold core*



Gambar 2.10. *Mold cavity*

d. *Plate ejector*

Plate ejector merupakan plat yang berfungsi untuk mengikat pin *ejector* dan *return pin*, sistem *ejector* juga berfungsi untuk mengeluarkan hasil injeksi dari

dalam cetakan. *Plate ejector* menggunakan material ST 45 dengan dimensi 140 mm x 140 mm x 20 mm. Gambar 2.11 menunjukkan pemodelan *plate ejector*.



Gambar 2.11. *Plate ejector*

e. *Plate clamping mold*

Plate clamping mold merupakan plat yang berfungsi untuk menjepit *mold* dengan cara menempelkan *mold core* sehingga dengan *mold cavity* sebelum dilakukan proses injeksi. Plat penjepit *mold* menggunakan material ST 45 dengan dimesi ukuran 260 mm x 260 mm x 20 mm. *Plate clamping mold* dapat dilihat pada Gambar 2.12 di bawah ini.



Gambar 2.12. *Plate clamping mold*

f. *Bottom clamping plate*

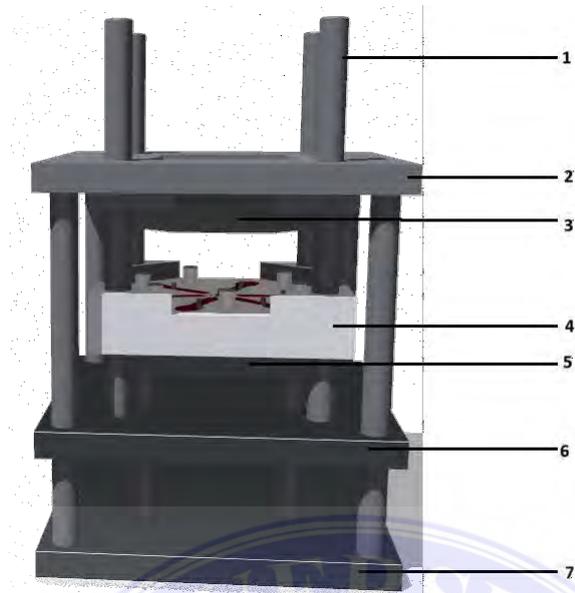
Plat ini berada paling bawah yang sejajar dengan *top clamping plate*. Fungsi dari *bottom clamping plate* untuk mengikat bagian keseluruhan dari susunan *plate* cetakan. *Bottom clamping plate* menggunakan material ST 45 dengan dimensi ukuran 260 mm x 260 mm 20 mm. *Bottom clamping plate* dapat dilihat pada Gambar 2.13 di bawah ini.



Gambar 2.13. *Bottom clamping plate*

g. Hasil Desain Unit Cetakan

Kemudian bagian-bagian cetakan disatukan atau dirakit sesuai lokasi yang telah ditentukan, mengikuti konstruksi cetakan yang telah dirakit dengan gambar 3D seperti terlihat pada Gambar 2.14 di bawah ini.



Gambar 2.14. Desain unit cetakan

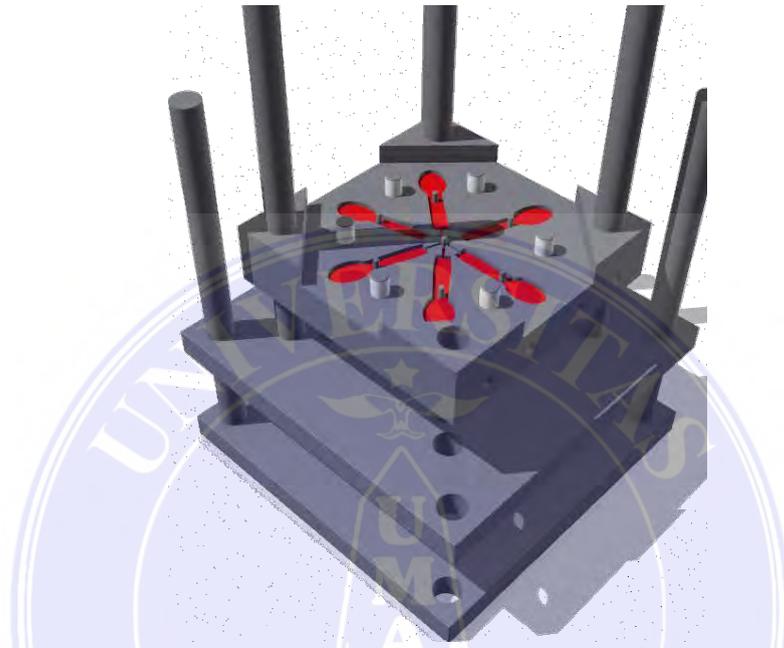
Keterangan :

1. *Shaft pole*
2. *Top clamping plate*
3. *Core plate*
4. *Cavity plate*
5. *Ejector plate*
6. *Plate clamping mold*
7. *Bottom clamping plate*

2.4.2. Sistem Penjepit (*Clamping*)

Sistem penjepit pada mesin *injection molding* yang dirancang terdiri dari 4 komponen yaitu plat penjepit , *ejector*, *Moving Plate*, dan *mold*. Prinsip kerja dari unit penjepit ini yaitu ketika mesin akan dioperasikan maka tuas berulir diputar untuk merapatkan cetakan. *Moving plate* akan bergerak maju sehingga *core side*

memasuki *cavity side*. Setelah proses pendinginan maka tuas berulir akan diputar kembali untuk mengeluarkan produk dari *cavity* [Jordan Natanel Wijaya. 2022]. Sitem penjepit dapat dilihat pada Gambar 2.15 di bawah ini.



Gambar 2.15. Sistem Penjepit

2.5. Simulasi Sendok Es Krim Plastik Untuk Pencegahan Kegagalan

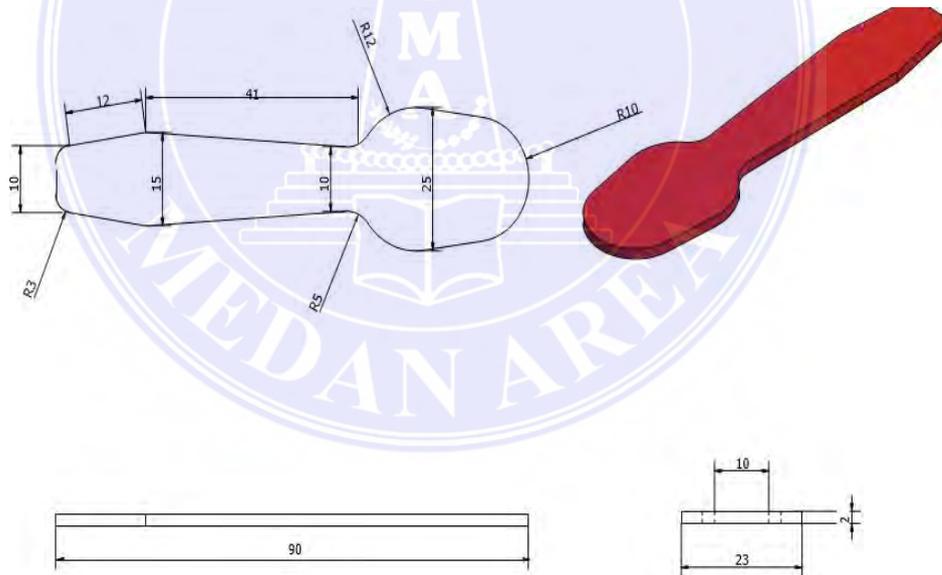
Untuk meningkatkan produktivitas, ada beberapa faktor seperti metode terbaik dalam melakukan pekerjaan, waktu yang dibutuhkan untuk melakukannya, tenaga kerja, menghilangkan semua gerakan yang tidak perlu, perbaikan dalam desain, pengembangan produk, dll. Banyak perusahaan yang memproduksi es krim sendok namun potensi produksinya kurang [SD Sonawance, Dkk. 2016]. Contoh es krim seperti terlihat pada Gambar 2.16, Gambar 2.17 dan Gambar 2.18 di bawah ini.



Gambar 2.16. Fitur Internal Sendok Es Krim



Gambar 2.17. Fitur Eksternal Sendok Es Krim



Gambar 2.18. Detail Sendok Es Krim

Pada desain cetakan pembuatan sendok yang lama, produktivitasnya berkurang Sendok diproduksi dalam 1 siklus. Dengan demikian, waktu kerja terbuang sia-sia untuk menuangkan dan mengeluarkan lagi dan lagi.

2.5.1. Pembuatan Sendok

a. Pemodelan & Penyusunan 3D Produk Plastik

Dalam *CAD 3D* yaitu perangkat lunak *Unigraphics NX* (produk Siemens) kita dapat merancang konsep produk, kita dapat membuat tampilan gambar dan penyusunan secara otomatis kemudian dengan mudah menerapkan dimensi menggunakan model *3D*, dapat membuat perakitan dan dapat memeriksa gangguan dan juga dapat memeriksa simulasi gerak.

b. Desain Cetakan menggunakan *Mold Wizard* untuk Solusi Optimal

Menggunakan modul *Mold Wizard Unigraphics NX* (produk Siemens) proses Desain Cetakan dapat dilakukan dengan mudah dan dalam waktu singkat. *Wizard* ini membantu kita dalam membuat *Core & Cavity*.

Pustaka standar membantu kita dalam memilih Basis Cetakan, Pin *Ejektor*, Semak Sariawan, Cincin Pencari Lokasi, Penggeser, Gerbang Pelari, Garis Pendingin, dll. Juga Tampilan gambar dari semua bagian dibuat secara otomatis yang dapat kita buat sesuai kebutuhan kita.

c. CAE untuk Mengatur Aliran Material dalam Cetakan

Program simulasi rekayasa berbantuan komputer (CAE) untuk proses pencetakan plastik. Ini digunakan secara luas oleh industri cetakan injeksi plastik. Simulasi cetakan injeksi *MOLDFLOW* polimer dapat memberikan informasi tentang sifat termo-mekanis dan tegangan sisa Part yang dihasilkan dari proses pembuatan. *MOLDFLOW* menulis informasi ini ke file antarmuka untuk analisis tegangan elemen hingga selanjutnya.

d. Gambar Cetakan

Di *Mold Wizard*, ada opsi dengan memilih mana kita dapat membuat tampilan gambar standar, Tabel Lubang (Dimensi Ordinat) serta daftar bagian sesuai kebutuhan dapat dibuat. Juga mengukur dimensi bagian-bagiannya dengan mudah. Tampilan bagian sesuai kebutuhan dapat diperoleh, cetakan dapat dilihat pada Gambar 2.19 di bawah ini.



Gambar 2.19. Cetakan

e. Manufaktur (CAM)

Di CAM kita dapat menghasilkan Kode *CNC*, menentukan jalur pahat, dan menentukan pahat, memeriksa benturan, dan memeriksa simulasi pada bagian yang telah dirancang menggunakan CAD. Kita dapat menghindari kecelakaan yang mungkin terjadi saat pemrograman manual pada Mesin *CNC* atau VMC. Metodologi yang digunakan diilustrasikan pada gambar Pekerjaan Selesai.

2.6. Pemilihan Material Cetakan Sendok Plastik

Pada mesin plastic *injection molding vertical* pemilihan bahan perlu dilakukan hal ini bertujuan agar bahan yang akan digunakan pada mesin nantinya sesuai dan cocok untuk digunakan pada bagian-bagian tertentu pada mesin serta

dapat membantu kinerja dari mesin, selain itu bagian tertentu pada mesin yang menerima beban atau gaya harus ditentukan spesifikasi yang sesuai agar nantinya tidak mengalami kerusakan atau kegagalan fungsi saat mesin beroperasi. Pemilihan bahan yang akan digunakan meliputi Pemilihan Bahan [Sofyan dan Bondan Tiara. 2021].

Dasar-dasar pemilihan bahan di dalam merencanakan suatu alat perlu sekali memperhitungkan dan memilih bahan-bahan yang akan digunakan, apakah bahan tersebut sudah sesuai dengan kebutuhan baik itu secara dimensi ukuran ataupun secara sifat dan karakteristik bahan yang akan digunakan . Berdasarkan pemilihan bahan yang sesuai maka akan sangat menunjang keberhasilan dalam perencanaan tersebut, adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan yaitu:

a. Fungsi Dari Komponen

Dalam perencanaan ini, komponen-komponen yang direncanakan mempunyai fungsi yang berbeda-beda. Yang dimaksud dengan fungsinya adalah bagian-bagian utama dari perencanaan atau bahan yang akan dibuat dan dibeli harus sesuai dengan fungsi dan kegunaan dari bagian-bagian bahan masing-masing. Namun pada bagian-bagian tertentu atau bagian bahan yang mendapat beban yang lebih besar, bahan yang dipakai tentunya lebih keras. Oleh karena itu memperhatikan jenis bahan yang digunakan sangat perlu untuk diperhatikan.

b. Sifat Mekanis Bahan

Dalam perencanaan perlu diketahui sifat mekanis dari bahan, hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam penggunaan bahan. Dengan diketahuinya sifat mekanis dari bahan maka akan diketahui pula kekuatan dari

bahan tersebut. Dengan demikian akan mempermudah dalam perhitungan kekuatan atau kemampuan bahan yang akan dipergunakan pada setiap komponen. Tentu saja hal ini akan berhubungan dengan beban yang akan diberikan pada komponen tersebut. Sifat-sifat mekanis bahan yang dimaksud berupa kekuatan tarik, tegangan geser, modulus elastisitas, dan sebagainya.

c. Sifat Fisis Bahan

Sifat fisis bahan juga perlu diketahui untuk menentukan bahan apa yang akan dipakai. Sifat fisis yang dimaksud disini seperti kekasaran, kekakuan, ketahanan terhadap korosi, tahan terhadap gesekan, dan lain sebagainya.

d. Bahan Mudah Didapat

Bahan-bahan yang akan dipergunakan untuk komponen suatu mesin yang akan direncanakan hendaknya diusahakan agar mudah didapat di pasaran, karena apabila nanti terjadi kerusakan akan mudah dalam pengantiannya. Meskipun bahan yang akan direncanakan telah diperhitungkan dengan baik, akan tetapi jika tidak didukung oleh persediaan bahan yang ada di pasaran, maka pembuatan suatu alat tidak akan dapat terlaksana dengan baik, karena terhambat oleh pengadaan bahan yang sulit. Oleh karena itu perencana harus mengetahui bahan-bahan yang ada dan banyak di pasaran.

e. Harga Relatif Murah

Untuk membuat komponen-komponen yang direncanakan maka diusahakan bahan-bahan yang akan digunakan harganya harus semurah mungkin dengan tanpa mengurangi karakteristik dan kualitas bahan tersebut. Dengan demikian dapat

mengurangi biaya produksi dari komponen yang direncanakan [Sofyan dan Bondan Tiara. 2021].

Komponen utama dan sangat penting dalam pembuatan produk logam yang dihasilkan di industri-industri adalah material baja yang digunakan. Menurut AISI (*American Iron & Steel Institute*) jenis material baja dapat terbagi menjadi *martensitic*, *ferritic*, dan *austenitic* berdasarkan sifat dan komposisinya. Material 316L adalah salah satu turunan *molybdenum alloy austenitic stainless steel* dengan kadar rendah karbon. Material ini banyak digunakan dalam berbagai industri dengan kebutuhan spesifikasi logam yang tahan terhadap korosi seperti industri medis [Muhammad Nauval dan Haruman Wiranegara. 2023].

Material 316L ini umumnya digunakan dalam industri kimia, instrumen industri tekstil, industri makanan dan minuman, industri farmasi, dan industri pipa air. Sifat kimia 316L yang rendah karbon dikombinasikan dengan Nitrogen memenuhi sifat mekanik untuk penggunaan instrumen industri. Material ini banyak dipakai untuk aplikasi biomedis karena material ini sifatnya pasif, biokompatibel dan tidak menyebabkan reaksi yang berlebihan bila dipasangkan dalam tubuh.

Material tersebut tahan terhadap korosi lingkungan dan teroksidasi atau tereduksi dengan sangat perlahan. Paduan ini memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap korosi intergranular walaupun dalam kondisi di las. Material 316L memiliki kekuatan dan ketangguhan yang sangat baik pada suhu kriogenik dan bersifat non-magnetik dalam kondisi suhu tinggi, tetapi dapat menjadi sedikit magnetik akibat pengerjaan dingin atau pengelasan. Komposisi material 316L secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 2.4 di bawah ini.

Tabel 2.4. Komposisi Material 316L.

No.	Elemen	Dimension
1.	Kromium (Cr)	16,0 min – 18,0 maks
2.	Nikel (Ni)	10 min – 14 maks
3.	Mangan (Mn)	2,00
4.	Fosfor (P)	0,045
5.	Sulfur (S)	0,03
6.	Karbon (C)	0,030
7.	<i>Silicon</i> (Si)	0,75
8.	Nitrogen (N)	0,1
9.	<i>Molybdenum</i>	2,0 min – 2,0 maks
10.	Ferum (Fe)	Seimbang

Metal Injection Molding (MIM) adalah salah satu metode yang sering digunakan untuk memproduksi bagian logam kecil dan besar. Seperti halnya cetakan injeksi, terdapat bagianbagian yang mungkin rumit secara geometris dan memiliki dinding tipis dan detail halus, Penggunaan *feedstock* logam memungkinkan berbagai macam paduan besi dan material lainnya digunakan dan dapat diuji sifat materialnya yaitu kekuatan, kekerasan, ketahanan aus, ketahanan korosi, dan lain-lain. Metode MIM ini juga tidak melelehkan logam seperti dalam proses pengecoran sehingga tidak berpengaruh negatif pada produksi logamnya.

Proses *Metal Injection Molding* (MIM) dilakukan dalam empat tahap utama yaitu proses *mixing*, dilanjutkan dengan proses *injection molding*, dan terakhir adalah proses *sintering*. Pada tahap *mixing*, serbuk logam dan binder yang dipilih dimasukkan ke dalam alat mixer yang akhirnya menghasilkan pelet *feedstock* sehingga mempermudah proses *injection*. Tahapan MIM ini kemudian dimasukkan ke dalam corong mesin *injection molding* untuk dicairkan dan dilanjutkan dengan proses *injection* bertekanan tertentu diharapkan dapat mengisi seluruh rongga cetakan pada tahapan ini.

2.7. Perhitungan material cetakan

2.7.1. Menghitung tiang poros penyangga rangka cetakan

Pada perancangan tiang penyangga rangka cetakan, harus dihitung tegangan yang terjadi pada tiang penyangga tersebut, kemudian berdasarkan faktor tersebut dapat ditentukan jenis material yang akan digunakan beserta dengan ukurannya, hal ini bertujuan agar tiang penyangga yang digunakan dapat menahan tegangan yang terjadi dan konstruksi mesin menjadi kuat dan kokoh.

Pada tiang penyangga rangka mesin cetakan terjadi tegangan geser. Tegangan geser terjadi akibat pembebanan yang ditimbulkan saat cetakan bekerja [Irawan, 2009]. Untuk menghitung tegangan geser pada tiang penyangga dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.1 berikut :

$$\tau = \frac{T \times r}{j} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

τ = Tegangan geser (N/cm²)

T = Gaya yang terjadi (N)

r = Jari – jari (m)

j = Momen inersia (kg.m²)

Agar tiang tidak rusak saat dibebani, sebaiknya nilai tegangan tarik yang terjadi sama atau lebih kecil dari tegangan tarik yang diizinkan pada tiang atau dapat dituliskan sebagai $\sigma_t \leq \bar{\sigma}_t$. Menentukan tegangan lentur (*bending stress*) pada tiang dapat menggunakan persamaan 2.2 berikut (Irawan, 2009):

$$= \frac{m \times c}{j} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

- = Tegangan lentur (N/m^2)
- m = Momen lentur (Nm)
- c = Jarak sumbu (m)
- I = Momen inersia (m^4)

Untuk menentukan momen inersia polar pada tiang dapat menggunakan persamaan 2.3 berikut:

$$J = \frac{\pi d^4}{32} \quad (2.3)$$

Dimana :

- j = Momen inersia polar (m^4)
- = Konstanta pi
- d^4 = Diameter penampang (m)

Untuk menentukan defleksi poros pada tiang dapat menggunakan persamaan 2.4 berikut:

$$\delta = \frac{F \times L^3}{4 \times E \times I} \quad (2.4)$$

Dimana :

- = Defleksi poros (m)
- F = Beban yang diterapkan (N)
- L = Panjang poros (m)
- E = Modulus elastis (N/m^2)
- I = Momen inersia penampang (m^4)

untuk menentukan *Torsional strenght* (puntir) pada tiang penyangga menggunakan persamaan 2.5 berikut:

$$T = J \times \frac{j}{r} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

T = Torsi (Nm)

J = Momen inersia polar (m⁴)

j = Gaya atau tegangan (N)

r = Jari – jari (m)

Untuk membuat tiang penyangga rangka mesin akan digunakan silinder baja pejal atau as pejal ST 45 dengan ukuran 1 *inch* (25,4 mm), di mana material jenis ini memiliki nilai tegangan tarik sebesar 42 kg/mm² [Mahendra, Dkk, 2021].

2.7.2. Menghitung tegangan pada plat komponen cetakan

Pada perancangan mesin ini digunakan pelat baja yang digunakan sebagai dudukan komponen mesin. Untuk menentukan jenis material serta ketebalan pelat yang akan digunakan, maka harus dihitung tegangan yang terjadi pada pelat tersebut, hal ini bertujuan agar pelat yang digunakan dapat menahan tegangan yang terjadi dan konstruksi mesin menjadi kokoh dan kuat dalam menahan beban [Pratama, 2020].

Pada plat baja terjadi tegangan tarik. Untuk menghitung tegangan tarik pada plat tersebut, dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.6 berikut :

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

σ = Tegangan tarik (N/m²)

F = Gaya tarik (N)

A = Luas penampang (m²)

Untuk menentukan momen inersia pada plat baja dapat menggunakan persamaan 2.7 berikut :

$$M = \frac{w \times l^2}{8} \quad (2.7)$$

Dimana :

M = Momen lentur maksimal (Nm)

w = Beban merata (N/m)

l = panjang balok (m)

Pada perancangan mesin ini pelat baja yang digunakan memiliki penampang yang berbentuk persegi, sehingga untuk menentukan momen tahanan *bending* pada pelat baja dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.8 berikut [Pratama, 2020]:

$$= \frac{m \times c}{I} \quad (2.8)$$

Dimana :

= Tegangan lentur maksimal (N/m²)

m = Momen lentur (Nm)

c = Jarak dari sumbu (m)

I = Momen inersia penampang (m⁴)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

3.1.1. Waktu Penelitian

Waktu yang direncanakan untuk perancangan cetakan sendok plastik pada mesin *plastic injection molding vertical* ini kurang lebih 2 bulan.

3.1.2. Tempat penelitian

Tempat penelitian di laksanakan di bengkel bubut dan las Sudarman Jl. Mangan VIII Pasar III, Kel. Mabar Hilir, Kec. Medan Deli, Kota Medan Sumatera Utara. Dan jadwal penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3.1. Jadwal Perancangan

No.	Kegiatan	Tahun 2024							
		APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV
		1234	1234	1234	1234	1234	1234	1234	1234
1.	Membuat desain awal cetakan sendok dan menentukan komponen serta bahan yang akan digunakan pada cetakan sendok.								
2.	Menentukan spesifikasi komponen cetakan sendok yang akan digunakan pada mesin <i>plastic injection molding vertical</i> .								

No.	Kegiatan	Tahun 2024							
		APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV
		1234	1234	1234	1234	1234	1234	1234	1234
3	Menentukan spesifikasi bahan yang sesuai pada cetakan sendok plastik.								
4	Membuat desain cetakan sendok plastik pada mesin <i>plastic injection molding vertical</i> dengan menggunakan <i>software solidworks</i>								

3.2. Bahan dan Alat

3.2.1. Bahan

Adapun bahan yang akan digunakan untuk perancangan cetakan sendok plastik pada mesin *plastic injection molding vertical* ini yaitu *Solidworks*. *Solidworks* merupakan salah satu *software CAD (Computer Aided Design)* yang dikembangkan oleh *Dassault Systemes*. Dalam perancangan mesin ini, *software solidworks* digunakan untuk membuat desain mesin baik itu dalam bentuk 3D maupun *drawing* mesin untuk proses pemesinan dalam bentuk 2D. Tampilan dari *software solidworks* dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1. Aplikasi Solidworks

3.2.2. Alat

Alat yang digunakan dalam merancang cetakan ini yaitu Laptop. laptop adalah sebuah perangkat keras yang berfungsi untuk mengoperasikan atau menjalankan *software* untuk mendesain atau merancang alat atau mesin. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3.2. Laptop

3.3. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan yaitu perancangan dengan metode percobaan dan prototipe dengan merancang dan membuat alat dan melakukan uji langsung pada alat untuk mengetahui spesifikasi alat.

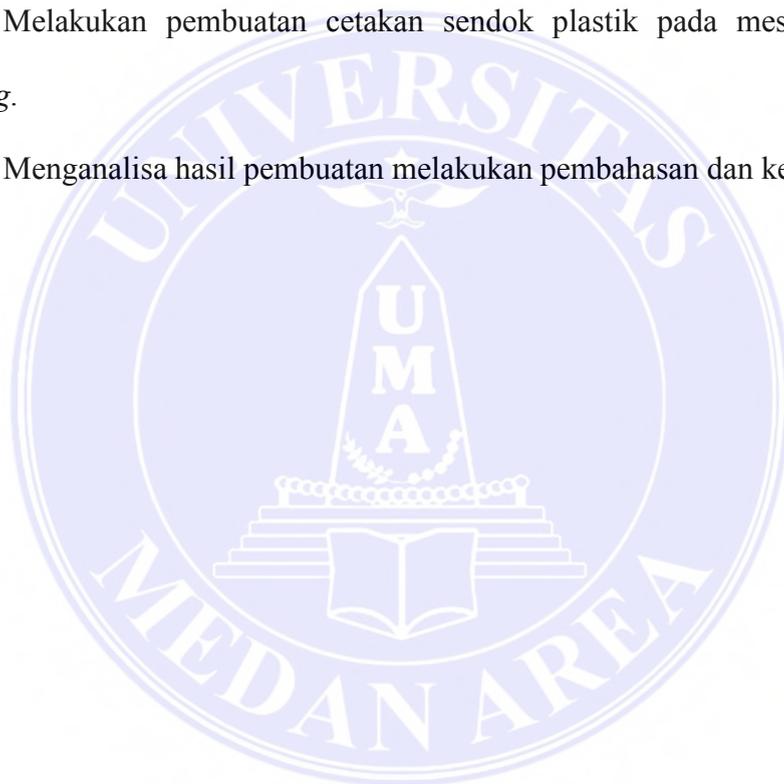
3.4. Populasi dan Sampel

Pada penelitian ini populasi yang dibahas yaitu sebuah cetakan yang akan diterapkan pada mesin injection molding, dengan batasan sampel yang akan digunakan dalam proses penelitian yaitu dengan material aluminium yang digunakan dalam pembuatan cetakan. Dengan bahan pengujian yaitu biji plastik yang didapatkan dari limbah sampah yang telah di proses dan dicacah.

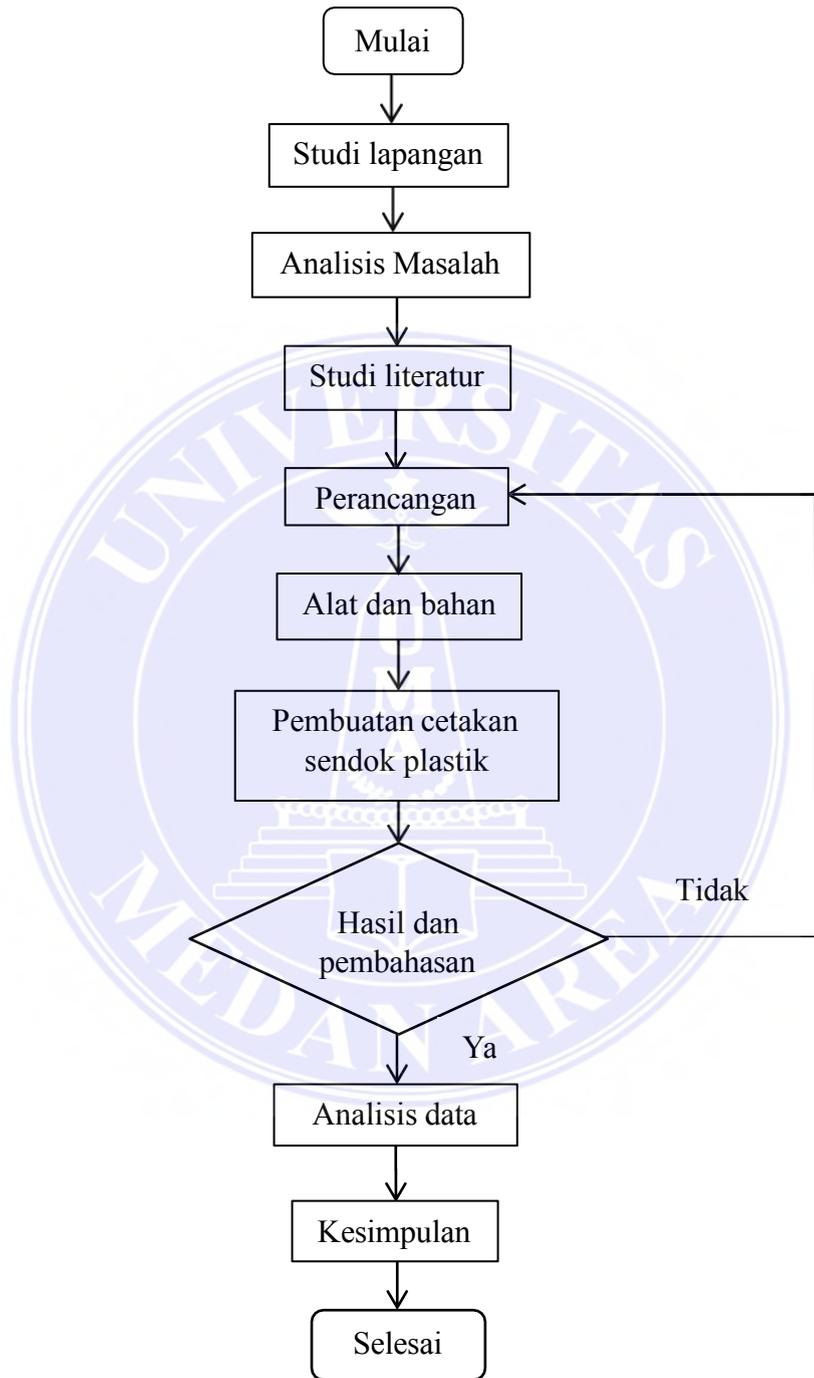
3.5. Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan dalam perancangan ini meliputi :

- a. Mencari informasi dari buku dan jurnal sebagai pembelajaran literatur dan melakukan diskusi dengan pembimbing.
- b. Persiapan alat dan bahan memilih dan mencari bahan-bahan apa saja yang digunakan dan membelinya.
- c. Melakukan pembuatan cetakan sendok plastik pada mesin *injection molding*.
- d. Menganalisa hasil pembuatan melakukan pembahasan dan kesimpulan.



3.5.1. Diagram alir penelitian



Gambar 3.3. Diagram alir Penelitian

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

a. Hasil perancangan cetakan sendok plastik memiliki spesifikasi tinggi keseluruhan cetakan 400 mm, panjang 260 mm, dan lebar 260 mm. Dari hasil perancangan rangka cetakan sendok plastik meliputi tiang poros, *top clamping plate*, *ejector plate*, *plate penjepit mold*, dan *bottom clamping plate* menggunakan material ST 45. Pada *cavity mold plate* menggunakan material akrilik sedangkan *core mold plate* menggunakan material aluminium.

b. Hasil perancangan cetakan sendok plastik mendapatkan jumlah 6 buah *cavity* untuk sekali injeksi dengan menggunakan material plastik pp (*Polipropylene*) dengan massa 3.78 gram untuk satu buah sendok. Untuk estimasi waktu sekali injeksi membutuhkan waktu sekitar 10 detik dengan suhu 180 °c dan tekanan sebesar 39.81 Mpa.

5.2. Saran

Perancangan cetakan sendok plastik jauh dari kata sempurna, baik dari pemilihan bahan, penampilan, dan sistem kerja/fungsi. Oleh karena itu, untuk menyempurnakan rancangan cetakan ini perlu adanya pemikiran yang jauh lagi dengan segala pertimbangannya. Beberapa saran untuk penggunaan cetakan sendok plastik ini yaitu:

a. Melakukan perawatan berkala secara rutin untuk memastikan kinerja dari cetakan tetap optimal.

b. Melakukan pelumasan secara berkala pada setiap tiang poros guna menghindari cepat aus pada plat.

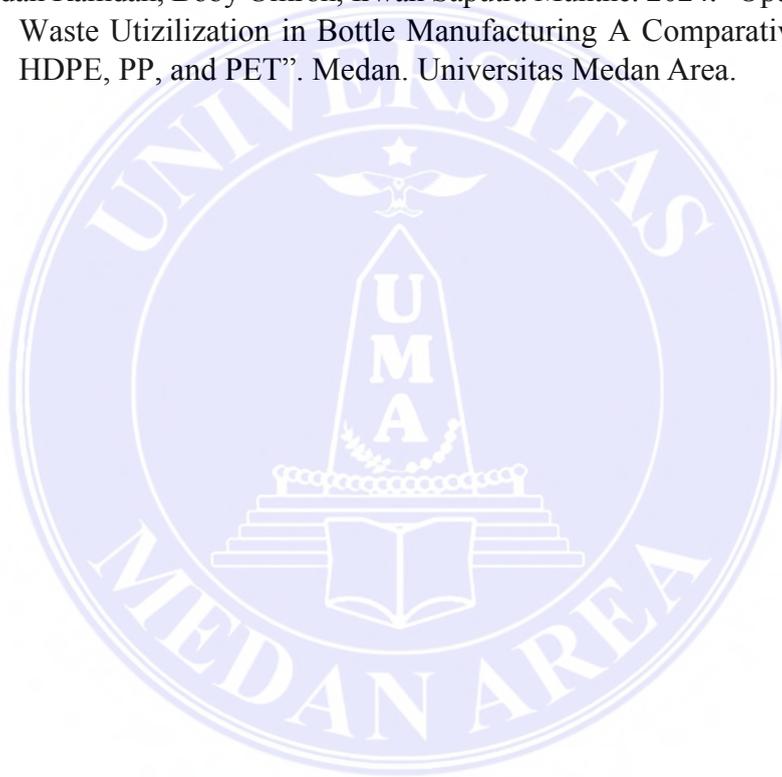
- c. Membersihkan *cavity mold plate* dan *core mold plate* setelah selesai melakukan proses injeksi.



DAFTAR PUSTAKA

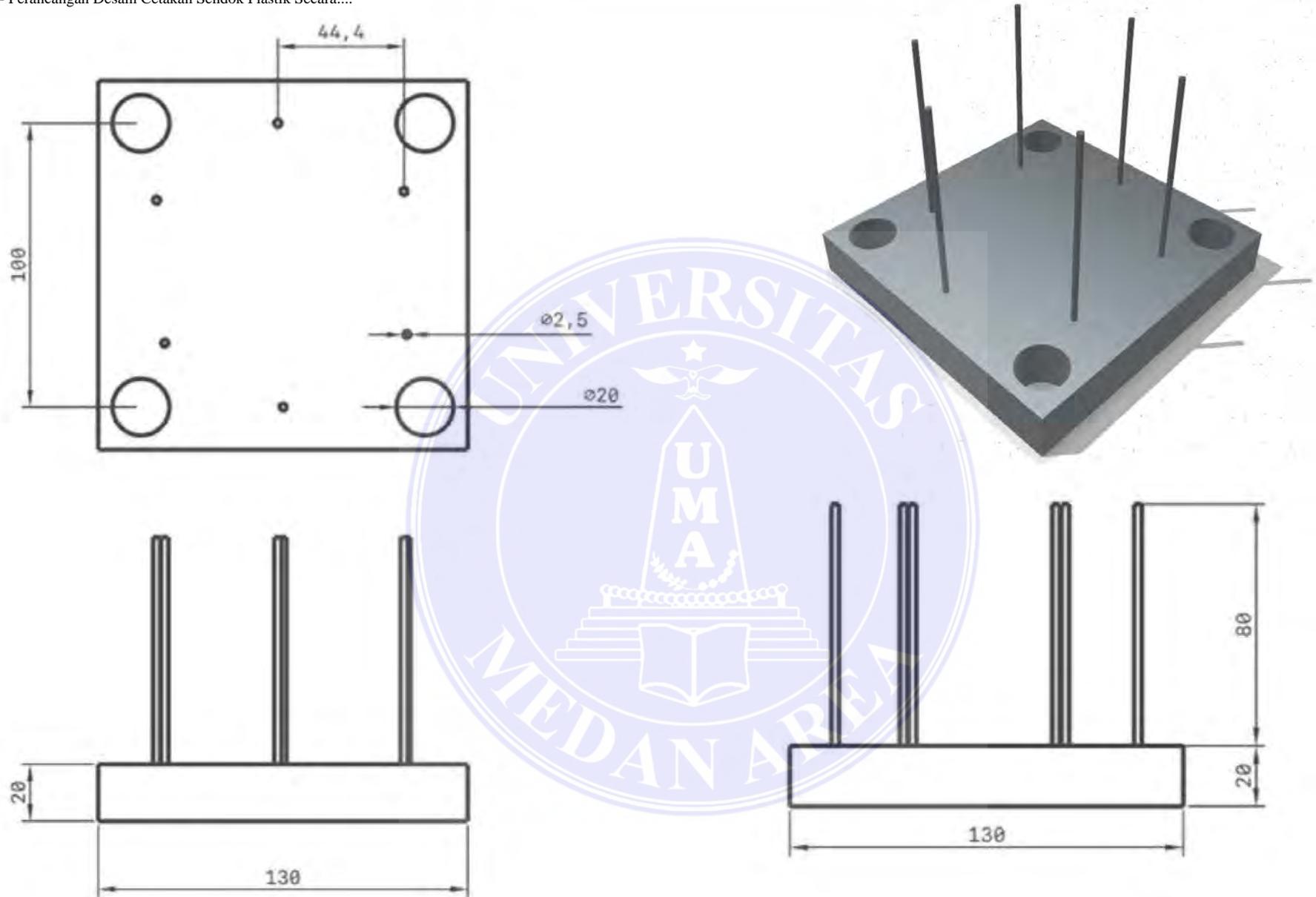
- [1] Ahmad Muh, Dkk. 2021. “Rancang Bangun Mesin Injeksi Plastik dengan Penekanan Pneumatik”. Makasar. Politeknik Negeri Ujung Padang.244-251.
- [2] Arif Budi Wicaksono dan Muchlis. 2019. “Analysis of the Effect of Runner System Layout and Melt Temperature Variations on Fill Time and Defects on Fork Spoon Combined Products with Molding Injection Process”. Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia.
- [3] Jemi Haryono, Dkk. 2023. “pengaplikasian pembuatan Molding Untuk Pembuatan Sendok Plastik Berbahan Hdpe Guna Keperluan Industri Rumahan Dengan Bantuan CAD/CAM/CNC”. Jawa Barat. Fakultas Teknik Universitas Singaperbangsa.
- [4] Alfian Ekajati Latief ,Dkk. 2022. Perancangan Cetakan Injection Molding Handpress Material Komposit Pphi Dan Serat Alam”. Bandung. Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional, Itenas, Bandung
- [5] Alfara, Muh, Dkk. 2020. “Rancang Bangun Mesin Injeksi Plastik Dengan Sistem Penekan Pneumatik”. Makassar : Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [6] Benny, Dkk. 2023. “Perancangan dan Modifikasi Mold Insert Untuk Meningkatkan Kapasitas Produk Light Guide”. Batam . Politeknik Negeri Batam.
- [7] Arif Budi Wicaksono dan Muchlis. 2021. “Desain Unit Cetakan Injeksi Produk Gabungan Sendok-Garpu”. Yogyakarta. Universitas Negeri Indonesia.
- [8] Riona Ihsan Media dan Dwi Cahyo Wibowo. 2022. “ Perancangan Cetakan Injeksi Plastik Two Plate (Slider With Reciprocating Lifter) untuk Produk Battery Cover Syringe Pump”. Bandung . Politeknik Manufaktur Bandung.
- [9] SD Sonawane dan SK Dahake. 2016. “Simulasi Sendok Es Krim Plastik Untuk Pencegahan Kegagalan”. Maharashtra. Departemen Teknik Mesin, IOE MET, Bhujbal.
- [10] Rahman Hakim, Dkk. 2020. “Desain Cetakan Plastik Multi Cavity Dengan Sistem Intercangeable Mold Insert”. Batam. Jurusan Teknik Mesin, Program Studi D3 Teknik Mesin Politeknik Negeri Batam
- [11] Sofyan dan Bondan Tiara. 2021. “Pengantar Material Teknik”. Bogor : UNHAN RI PRESS.
- [12] Muhammad Nauval Fauzi dan Haruman Wiranegara. 2023. “Penggunaan Material 316l Untuk Green-Part Test Piece Dengan Teknik Metal Injection Molding“. Bandung. Metal Industries Development Center.

- [13] Jordan Natanael Wijaya. 2022. "Rancang Bangun Alat Mesin Plastik Injection Molding". Semarang. Universitas Dipenogoro.
- [14] Pratama dan Indra Adi. 2020. "Rancang Bangun Alat Bantu Angkat Produk Atap Baja Ringan Di PT NS Bluescope Lysaght Indonesia". Surabaya : Universitas Muhammadiyah Surabaya.
- [15] Mahendra, Dkk. 2021. "Analisa Efektifitas Uji Kekasaran Permukaan Baja ST 42 Dengan Variabel Mekanik Mesin Dengan Metode *Taguchi*". Jurnal JMMME, Volume 1, Nomor 1.
- [16] Irawan, Agustinus Purna. 2009. "Diktat Elemen Mesin". Jakarta : Universitas Tarumanagara.
- [17] Dadan Ramdan, Bobby Umroh, Irwan Saputra Munthe. 2024. "Optimizing Plastic Waste Utilization in Bottle Manufacturing A Comparative Analysis of HDPE, PP, and PET". Medan. Universitas Medan Area.





LAMPIRAN

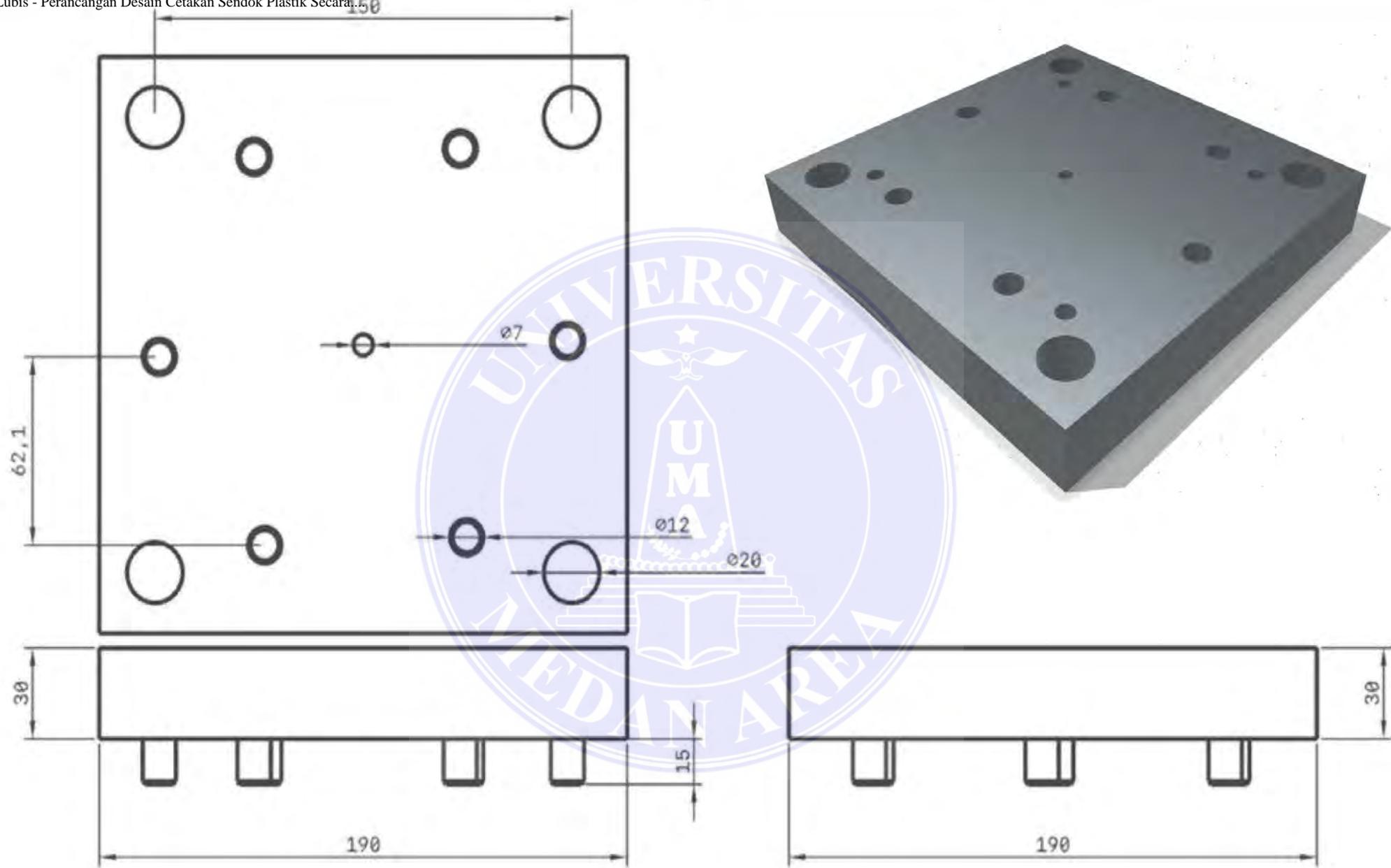


UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

	SKALA: 1:2 : 2	DIGAMBAR : TULUS LUBIS	83 PERINGATAN Document Accepted 30/4/25
	SATUAN : mm	NPM : 208130072	
	TANGGAL : 23-08-24	DIPERIKSA : PROF. DADAN RAMDAN	
STUDIO GAMBAR TEKNIK FT UMA	PLATE EJECTOR	NO. 04	A4

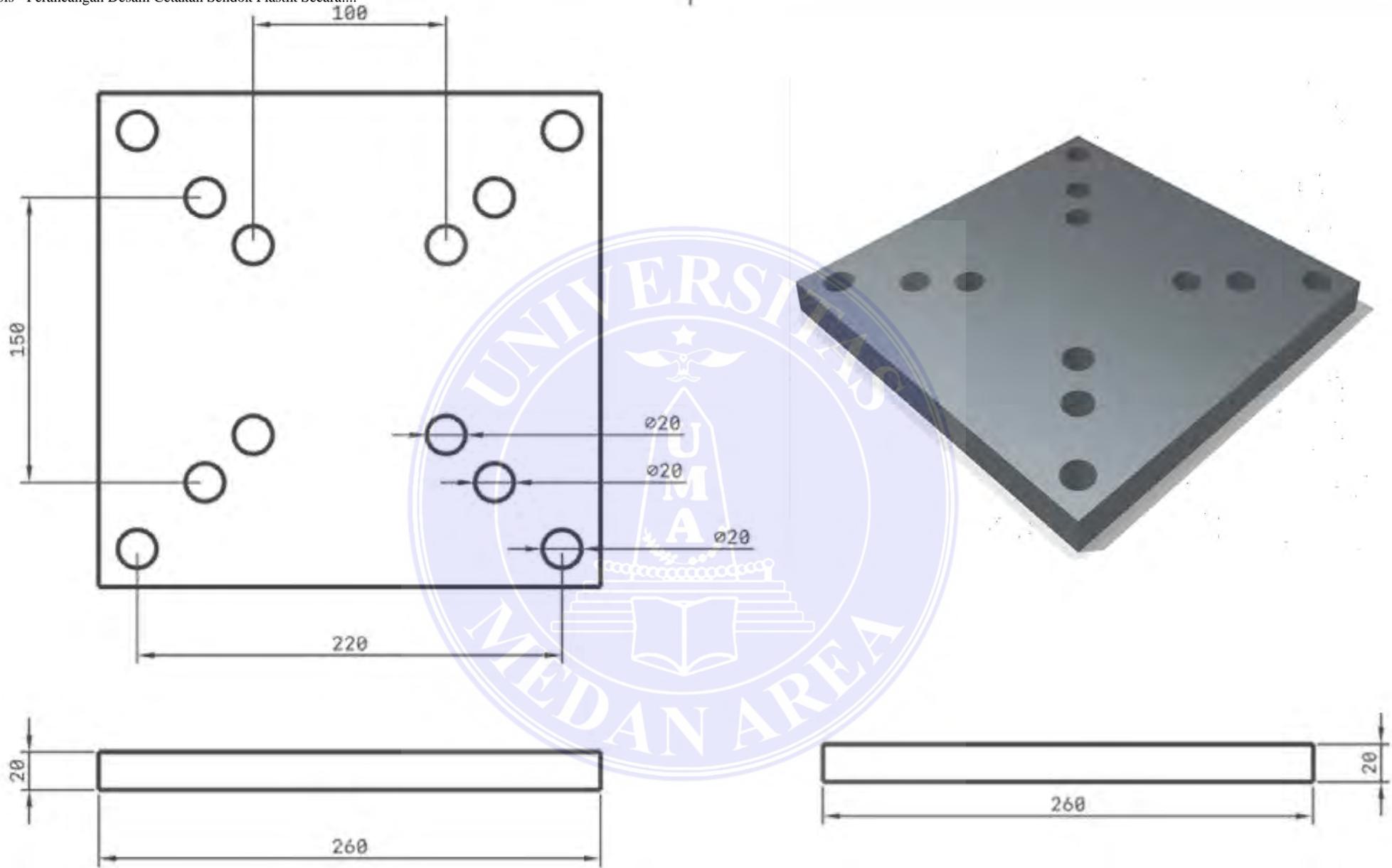


UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

	SKALA : 1:2 : 2	DIGAMBAR : TULUS LUBIS	84 PERINGATAN Document Accepted 30/4/25
	SATUAN : mm	NPM : 208130072	
	TANGGAL : 23-08-24	DIPERIKSA : PROF. DADAN RAMDAN	
STUDIO GAMBAR TEKNIK FT UMA	CORE MOLD PLATE	NO. 02	A4

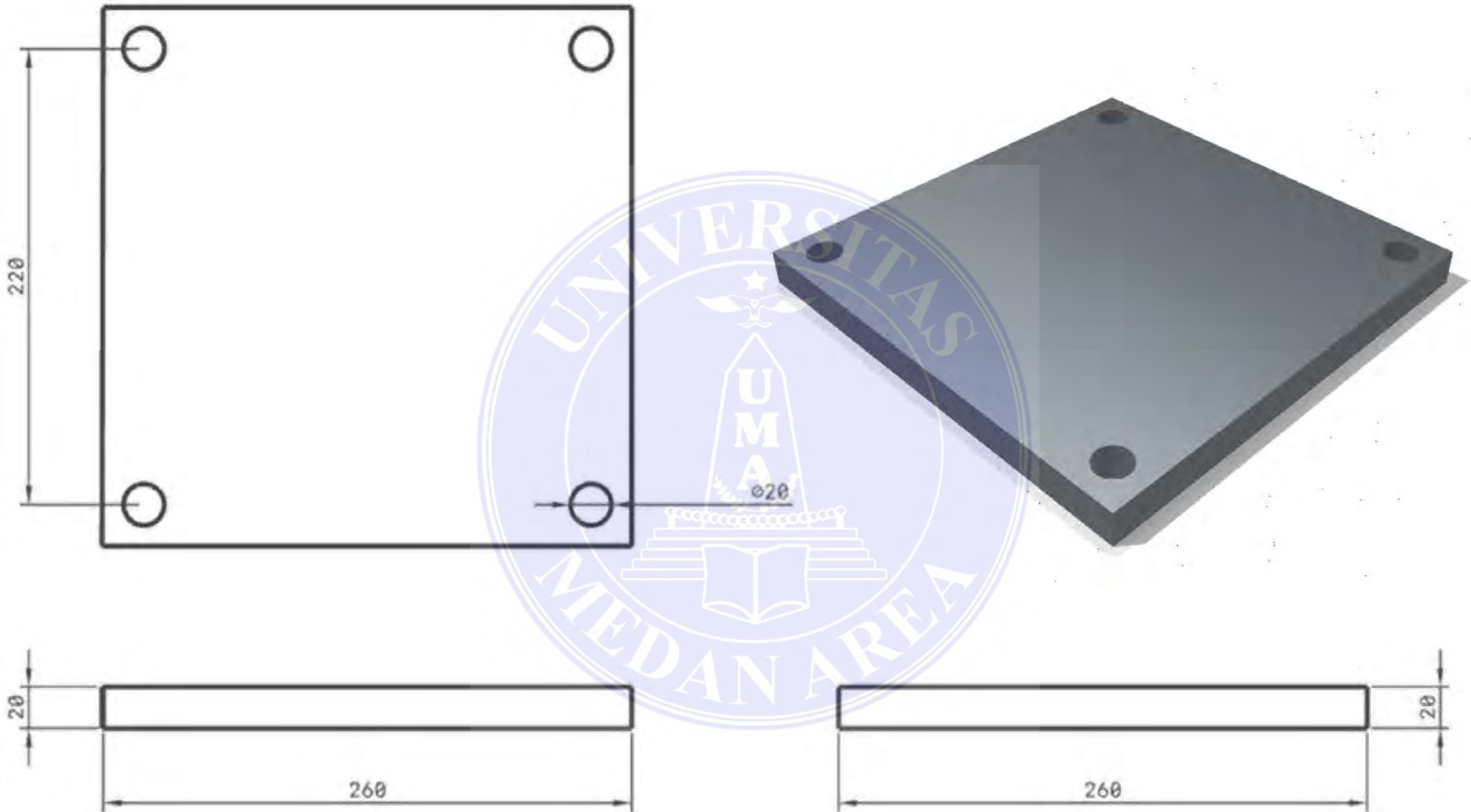


UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

	SKALA : 1:2 : 3	DIGAMBAR : TULUS LUBIS	85 PERINGATAN Document Accepted 30/4/25
	SATUAN : mm	NPM : 208130072	
	TANGGAL : 23-08-24	DIPERIKSA : PROF. DADAN RAMDAN	
STUDIO GAMBAR TEKNIK FT UMA	PLATE CLAMPING MOLD	NO. 05	A4

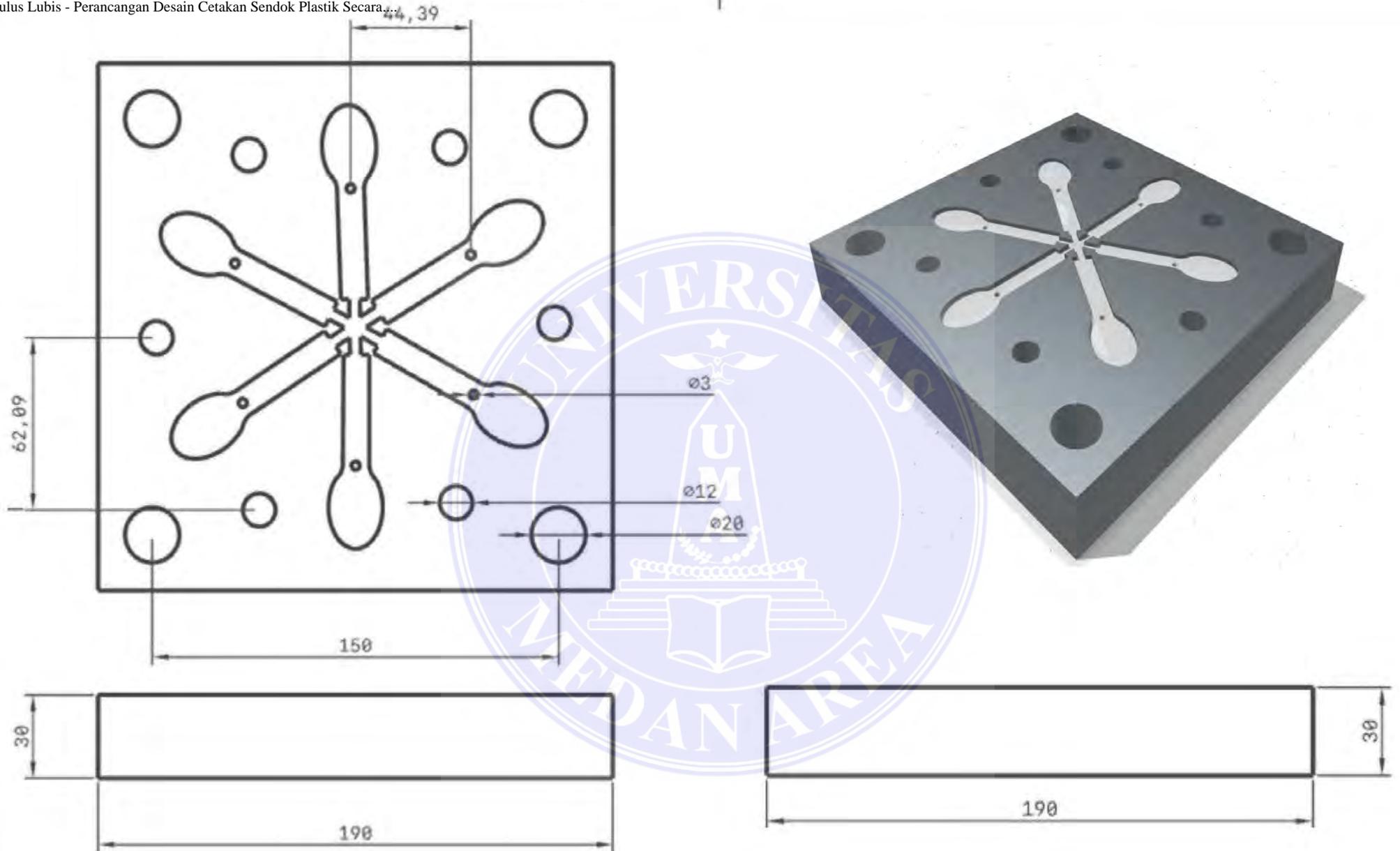


UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

	SKALA: 1:2 : 3	DIGAMBAR : TULUS LUBIS	PERINGATAN 86 Document Accepted 30/4/25
	SATUAN : mm	NPM 208130072	
	TANGGAL : 23-08-24	DIPERIKSA : PROF. DADAN RAMDAN	
STUDIO GAMBAR TEKNIK FT UMA	BOTTOM CLAMPING PLATE		NO. 06 A4

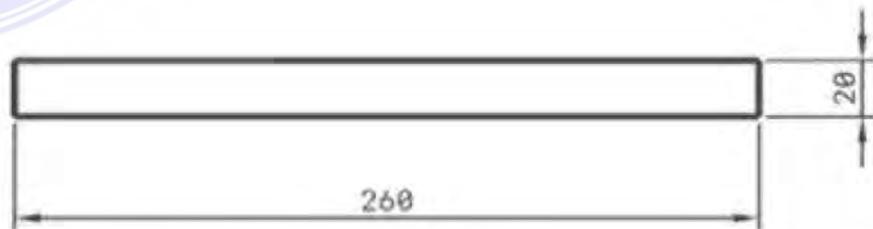
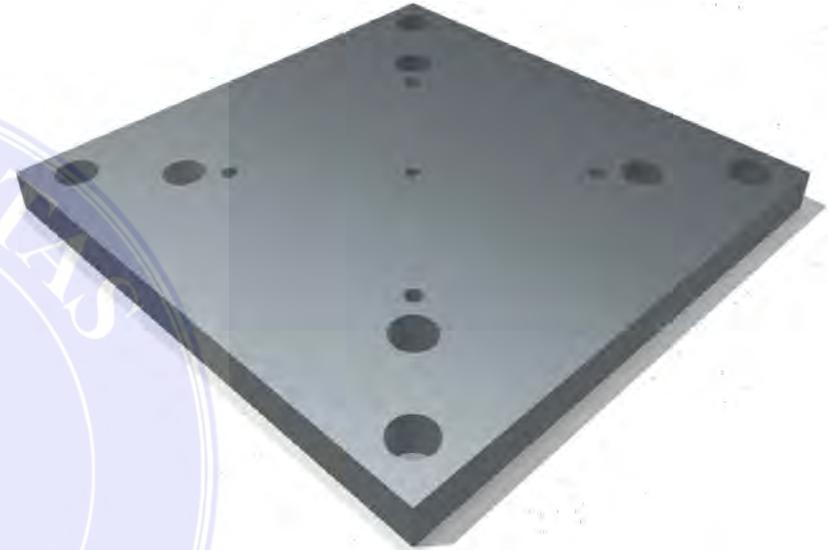
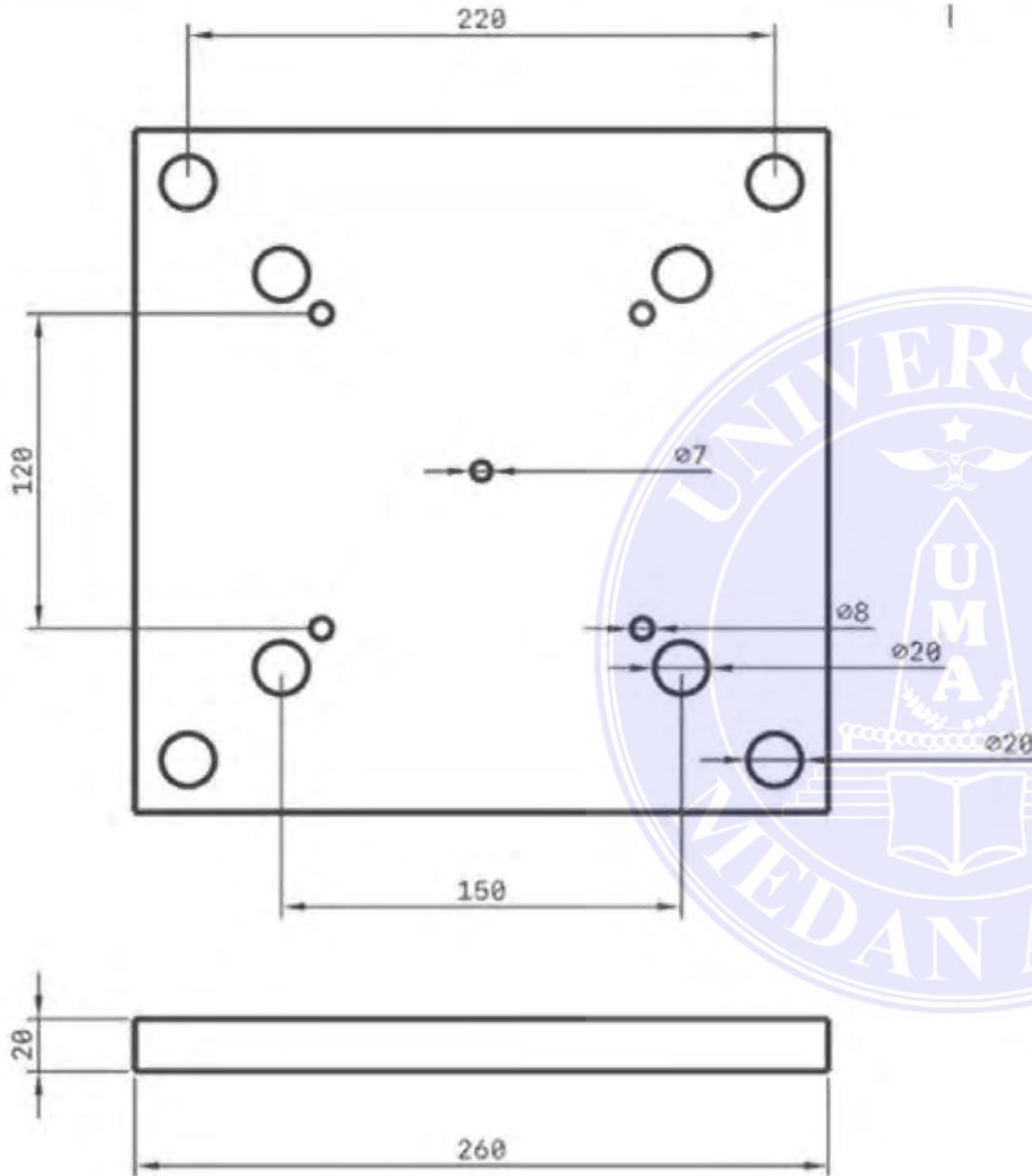


UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

	SKALA : 1 : 2 : 2	DIGAMBAR : TULUS LUBIS	87 PERINGATAN Document Accepted 30/4/25
	SATUAN : mm	NPM : 208130072	
	TANGGAL : 23-08-24	DIPERIKSA : PROF. DADAN RAMDAN	
STUDIO GAMBAR TEKNIK FT UMA	CAVITY MOLD PLATE	NO. 03	A4

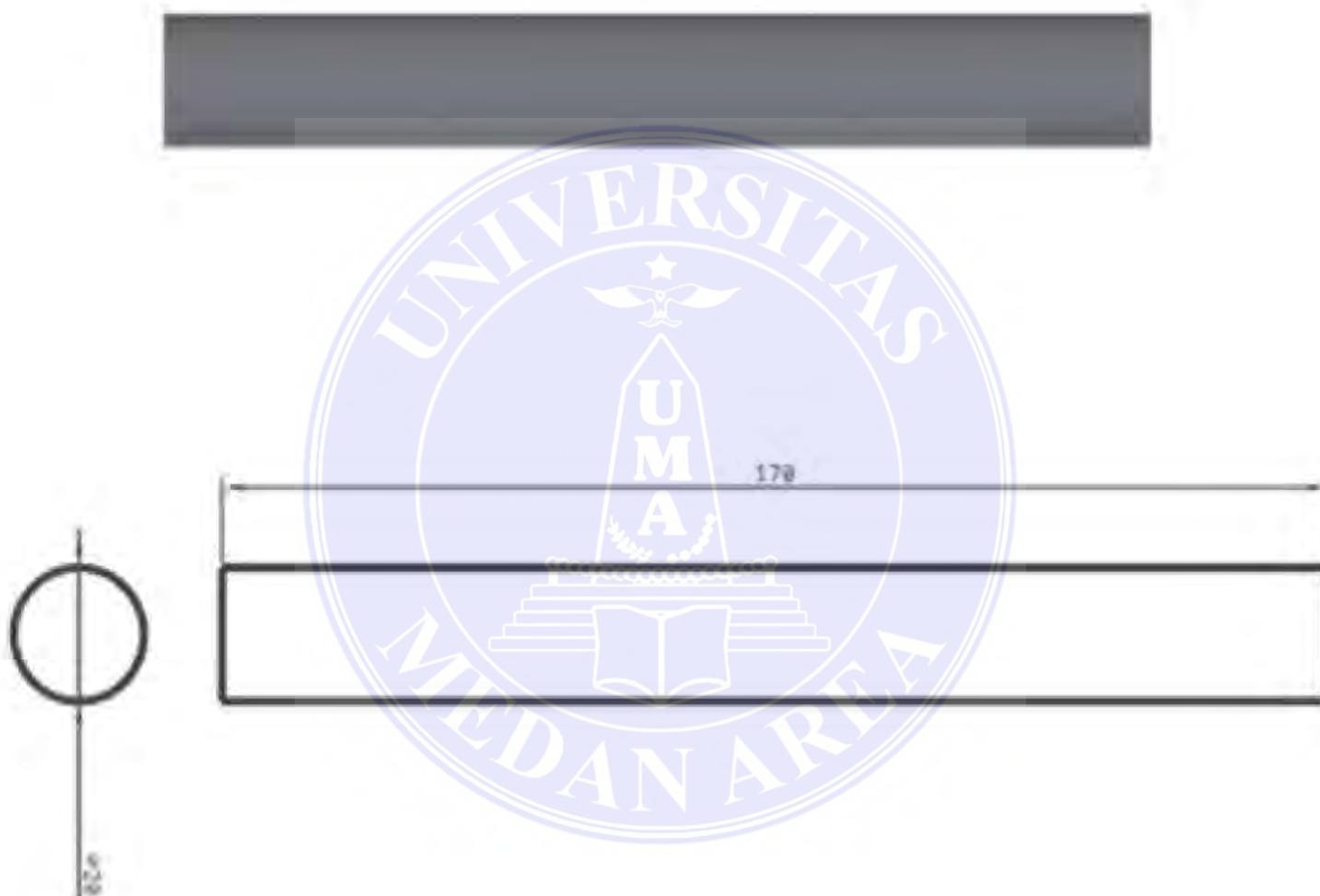


UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

	SKALA : 1:2 : 3	DIGAMBAR : TULUS LUBIS	PERINGATAN 88 Accepted 30/4/25
	SATUAN : mm	NPM : 208130072	
	TANGGAL : 23-08-24	DIPERIKSA : PROF. DADAN RAMDAN	
STUDIO GAMBAR TEKNIK FT UMA	TOP CLAMPING MOLD	NO. 01	A4

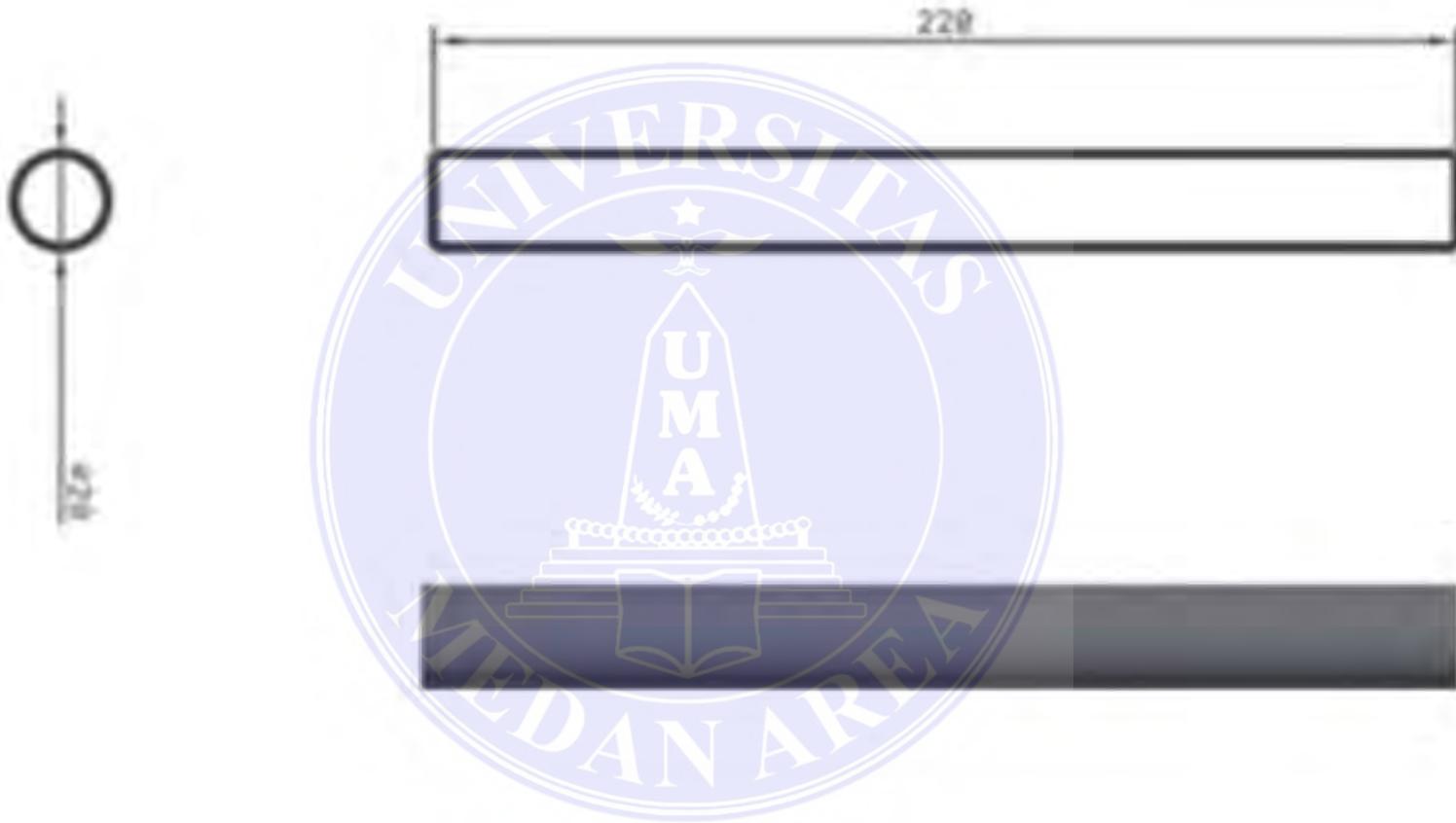


UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

	SKALA: 1:2 : 2	DIGAMBAR : TULUS LUBIS	PERINGATAN Document Accepted 30/4/25
	SATUAN : mm	NPM : 208130072	
	TANGGAL : 23-08-24	DIPERIKSA : PROF. DADAN RAMDAN	
STUDIO GAMBAR TEKNIK FT UMA	TIANG POROS EJECTOR	NO. 07	A4

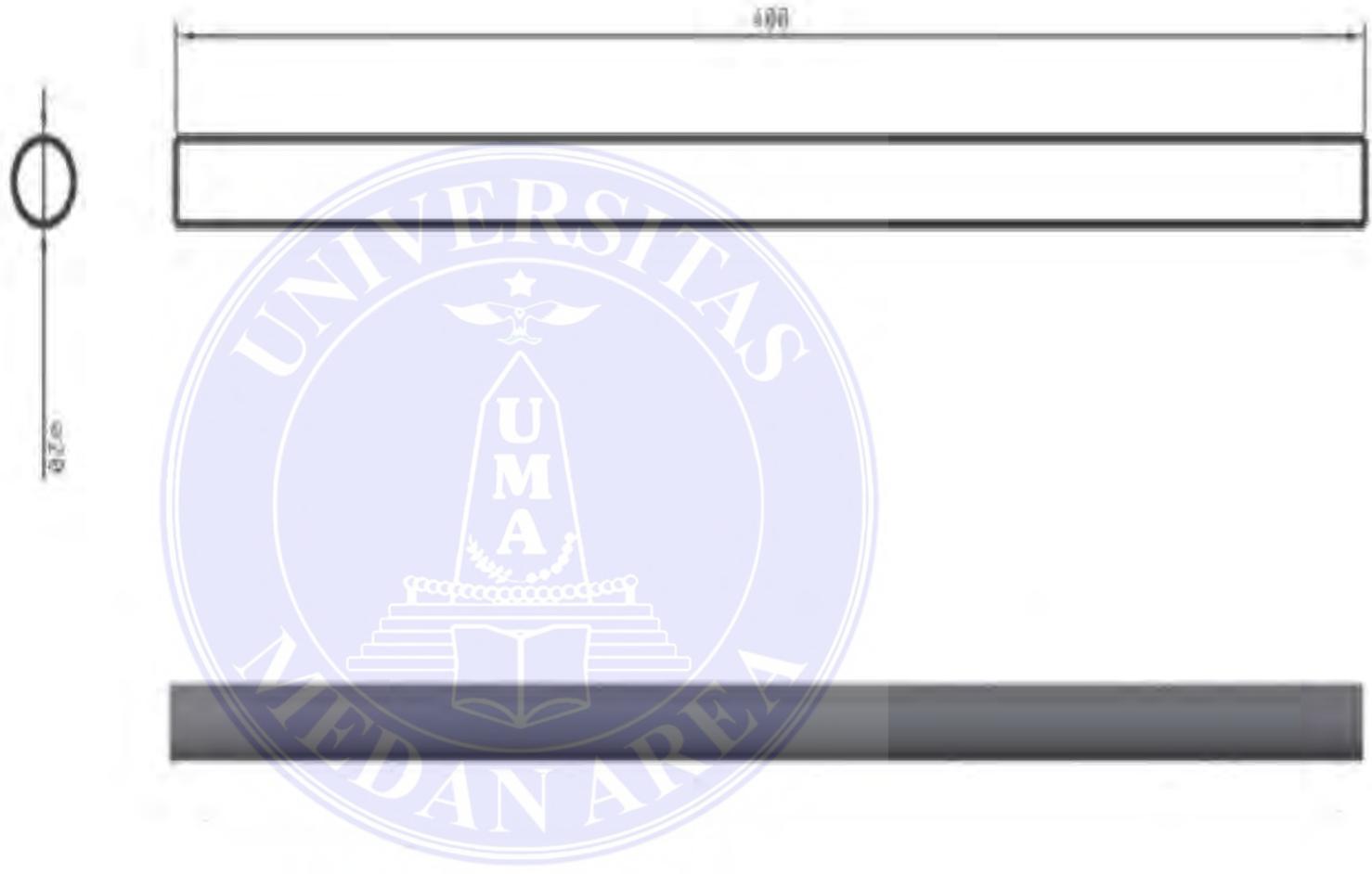


UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

	SKALA: 1:2 : 2	DIGAMBAR : TULUS LUBIS	PERINGATAN Document Accepted 30/4/25
	SATUAN : mm	NPM 208130072	
	TANGGAL : 23-08-24	DIPERIKSA : PROF. DADAN RAMDAN	
STUDIO GAMBAR TEKNIK FT UMA	TIANG POROS MOLD	NO. 08	A4

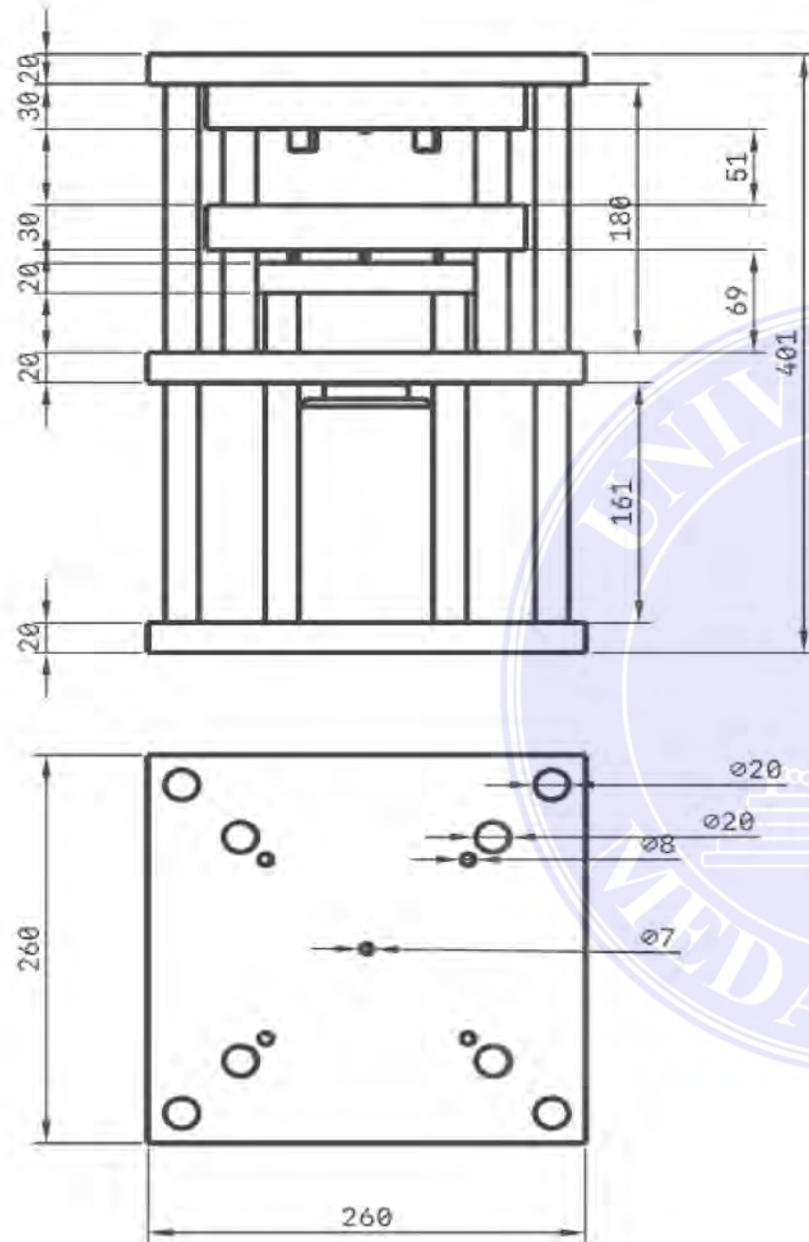


UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

	SKALA: 1:2 : 2	DIGAMBAR : TULUS LUBIS	91 PERINGATAN Document Accepted 30/4/25	
	SATUAN : mm	NPM 208130072		
	TANGGAL : 23-08-24	DIPERIKSA : PROF. DADAN RAMDAN	NO. 09	A4
STUDIO GAMBAR TEKNIK FT UMA		TIANG POROS CETAKAN		



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

	SKALA: 1 : 21 : 2	DIGAMBAR : TULUS LUBIS	PERINGATAN 97 Document Accepted 30/4/25
	SATUAN : mm	NPM : 208130072	
	TANGGAL : 23-08-24	DIPERIKSA : PROF. DADAN RAMDAN	
STUDIO GAMBAR TEKNIK FT UMA	DESAIN CETAKAN SENDOK	NO. 10	A4