



TUGAS AKHIR - TM 145502

RANCANG BANGUN CETAKAN SOLE SEPATU ROTARY INJECTION MOLDING

ARNANDA METRIKA FARADINI
1021150000079

Dosen Pembimbing
Ir. HARI SUBIYANTO, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR - TM 145502

RANCANG BANGUN CETAKAN SOLE SEPATU ROTARY INJECTION MOLDING

**ARNANDA METRIKA FARADINI
1021150000079**

**Dosen Pembimbing
Ir. HARI SUBIYANTO, M.Sc**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**



FINAL PROJECT- TM 145502

**DESIGN SHOES SOLE'S MOLD WITH ROTARY
INJECTION MOLDING**

**ARNANDA METRIKA FARADINI
1021150000079**

**Dosen Pembimbing
Ir. HARI SUBIYANTO, M.Sc.**

**DEPARTEMENT OF MECHANICAL INDUSTRY ENGINEERING
Faculty Of Vocation
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN CETAKAN SOLE SEPATU ROTARY INJECTION MOLDING

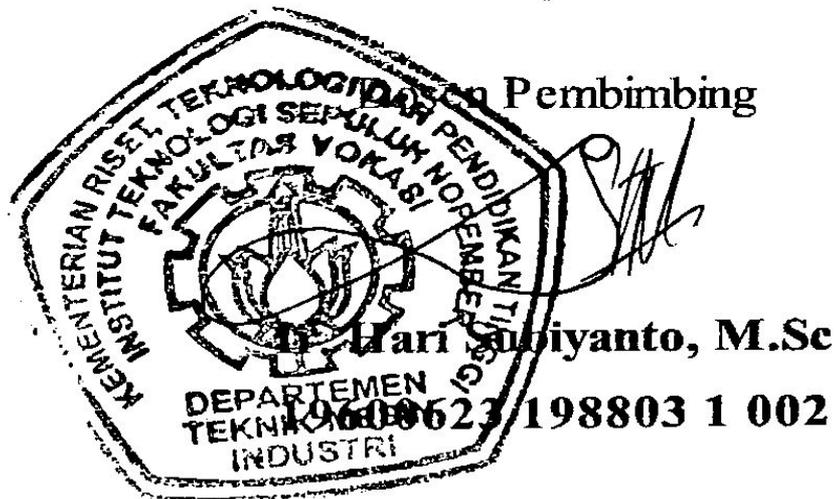
TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada Bidang Studi Manufaktur
Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ARNANDA METRIKA FARADINI
NRP. 1021150000079

Disetujui oleh:



Surabaya, Juli 2018

RANCANG BANGUN CETAKAN SOLE SEPATU ROTARY INJECTION MOLDING

Nama Mahasiswa : Arnanda Metrika Faradini
NRP : 1021150000079
Departemen : Teknik Mesin Industri FV-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Hari Subiyanto, M.Sc

Abstrak

Secara umum bagian sepatu terdiri dari Kap (Upper) dan Sole. Komponen sole terbuat dari plastik. Cetakan adalah kunci utama untuk membuat produk plastik sehingga diperlukan suatu cetakan dengan spesifikasi yang baik. Pengetahuan tentang desain mold diperlukan untuk mendapatkan produk dengan kualitas yang baik dimana produk tersebut ditentukan oleh dimensi mold, perhitungan cetakan dan proses injeksi itu sendiri.

Metodologi pada penelitian ini yaitu melakukan machining persiapan kemudian melakukan proses assembly antara sisi moving plate dengan fix plate, setelah itu dilakukan pengujian dengan mesin injeksi Kingsteel Taiwan Rotary Type KS 177 H20/30. Apabila terdapat cacat pada hasil produk sole maka harus dianalisa penyebabnya, jika penyebabnya pada cetakan maka harus dilakukan machining repair.

Dari hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa besarnya gaya injeksi yang diberikan mesin 68,38 ton mampu ditahan oleh gaya pengekaman cetakan sebesar 75,21 ton. Gaya pengekaman cetakan tersebut mampu menahan besarnya gaya injeksi yang diberikan pada cetakan karena besarnya gaya pengekaman

maksimum cetakan 80 ton. Sedangkan pada sistem saluran (sprue, runner dan gate) serta venting cetakan rotary injection molding memiliki perbedaan penempatan dan bentuk dengan cetakan injection molding.

Kata kunci: sole, cetakan, cavity, sprue, runner, gate, venting, rotary injection molding.

DESIGN SHOES SOLE'S MOLD WITH ROTARY INJECTION MOLDING

Name : **Armanda Metrika Faradini**
Id Number : **1021150000079**
Departement : **Teknik Mesin Industri FV-ITS**
Advisor : **Ir. Hari Subiyanto, M.Sc**

Abstract

Generally, shoe parts are consisted of kap and sole. Sole component were made of plastic. Mold is holding key role to create plastic product and for that reason a careful and mature planning are need. Certain knowledge of mold design are needed to create product with high quality where those product are determined by mold dimension, setting and injection process itself.

The methodology in this study is to do preparatory machining and then do the assembly process between the sides of the moving plate with a fix plate, after that testing with a Taiwan Rotary Kingsteel injection machine Type KS 177 H20 / 30. If there is a defect in the sole product, the cause must be analyzed, if the cause is in the mold, machining repair must be carried out.

The analysis result and discussion that has been done are magnitude of injection force given 68.38 ton machine be able to hold by mold clamp force of 75.21 ton. The mold clamp force be able to hold the magnitude of the injection force given to the mold because size of maximum molding force of 80 tons. While in the runner system (sprue, runner and gate) as well as venting rotary injection molding molds have different placement and shape with injection molding mold.

***Keywords: sole, mold, cavity, sprue, runner, gate, venting,
rotary injection molding.***

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya bagi penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul :

“Rancang Bangun Cetakan Sole Sepatu Rotary Injection Molding Machine”

Tugas Akhir ini sebagai syarat dari kelulusan perkuliahan di Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi ITS. Dalam proses penyusunan ini, penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak oleh karenanya, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. **Bapak Ir. Hari Subiyanto, M.Sc.** selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah begitu sabar dalam membimbing, dengan dedikasi yang begitu besar berupa waktu, tenaga, pikiran, saran, arahan serta masukan-masukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. **Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto M.T.** selaku Ketua Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi ITS.
3. **Seluruh dosen Departemen Teknik Mesin Industri** yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis.
4. **Bapak Ir. Winarto, DEA., Bapak Ir. Eddy Widiyono, M.Sc., Bapak Ir. Subowo, M.Sc.,** selaku dosen penguji yang telah memberikan kritikan dan saran dalam penyempurnaan Tugas Akhir ini.
5. **Kedua orang tua** atas jasa-jasanya, doa, dan kesabaran dalam mendidik dan memberikan kasih sayang, yang telah memberikan dorongan dan bantuan serta pengertian besar kepada penulis, baik selama mengikuti perkuliahan maupun dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini baik moril maupun materil.

6. **Michael Yudha Tama** selaku Manajer CV. Plasindo Puri Mojokerto yang telah membantu penulis dalam melaksanakan penelitian untuk melaksanakan Tugas Akhir.
7. **Alief Prisma B. S.** selaku kakak yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir.
8. **Dimas Achmad M.** yang selalu memberikan nasihat dan saran selama menyelesaikan Tugas Akhir.
9. **Teman-teman kos bu wiji**, Anisa, Ulif dan Wiwid yang senantiasa menemani untuk berjuang bersama menyelesaikan Tugas Akhir.
10. **Addina Wahyu S.** parter Tugas Akhir beserta keluarga yang sudah memberikan banyak bantuan serta motivasi.
11. **Baqir, Anam dan Mas Hapedh** yang telah menyumbangkan tenaganya untuk membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. **Teman-teman Departemen Teknik Mesin Industri 2015** yang senantiasa saling mendukung dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
13. Semua pihak yang membantu kelancaran penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Penulisan Tugas Akhir ini terdapat kekurangan disana sini. Oleh karena itu, segala kritik dan saran sangat diharapkan untuk penyempurnaan dikemudian hari.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini bermanfaat untuk semua pembaca khususnya Bidang Studi Manufaktur Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS Surabaya.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Plastik Injection Molding	5
2.2 Konstruksi Cetakan	8
2.3 Cavity	10
2.4 Sistem Saluran.....	12
2.4.1 Sprue.....	12
2.4.2 Runner	13
2.4.3 Gate.....	15
2.5 Rongga Udara.....	16
2.6 Tekanan Injeksi	17
2.7 Temperatur Injeksi	18
2.8 Waktu Pendinginan	18
2.9 Gaya Pencekaman	19
2.10 PVC (<i>Polyvinyl Chloride</i>)	19
2.11 Bahan Campuran (Aditif) PVC	20
2.11.1 Diocthyl Phytalate (DOP).....	20

2.11.2	Blowing Agent atau Foaming Agent	21
2.11.3	Kalsium Karbonat.....	22
2.11.4	Zat Pewarna atau Pigment	23
2.12	Cacat Produk Injection Molding	23
2.13	Machining Cetakan.....	23
2.13.1	Mesin Drilling.....	24
2.13.2	Bor Tangan	25
2.13.3	Palu dan Penitik	26
2.14	Socket Bolt	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		29
3.1	<i>Flowchart</i> Penelitian	29
3.2	Penulisan Laporan Tugas Akhir	31
3.2.1	Identifikasi Masalah	31
3.2.2	Studi Literatur.....	31
3.2.3	Pengumpulan Data.....	32
3.2.3.1	Spesifikasi Mesin	32
3.2.3.2	Spesifikasi Produk.....	33
3.2.3.3	Sesifikasi Cetakan	34
3.2.4	Machining Cetakan.....	35
3.2.4.1	Machining Persiapan	35
3.2.4.2	Machining Repair	35
3.2.5	Assembly Cetakan	36
3.2.6	Parameter Proses.....	36
3.2.7	Pengujian Hasil Cetakan.....	37
3.2.8	Analisa Hasil.....	38
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		39
4.1	Machining Persiapan	39
4.2	Assembly Moving Plate dan Fix Plate	41
4.3	Proses Insert Core Plate kedalam Top Plate.....	42
4.4	Proses Insert Cavity Plate kedalam Bottom Plate	43
4.5	Pemasangan Engsel pada Cetakan.....	45
4.6	Proses Drilling dan Boring pada Bottom Plate	46
4.7	Assembly Total pada Cetakan.....	47

4.8 Desain Cetakan.....	47
4.9 Konstruksi Cetakan	49
4.10 Komponen Utama Cetakan	50
4.10.1 Cavity	50
4.10.1.1 Volume Cavity.....	51
4.10.2 Sprue	52
4.10.3 Runner	53
4.10.4 Gate	54
4.10.5 Tekanan Isi Spesifik.....	56
4.10.6 Guide Pin.....	56
4.10.7 Venting.....	56
4.10.8 Socket Bolt.....	57
4.11 Ukuran Base Mold dari Mesin	58
4.12 Gaya Pencekaman Cetakan	58
4.13 Parting Line	60
4.14 Pelepasan Produk dari Cetakan.....	61
4.15 Cacat Produk Hasil Injection Molding	62
4.16 Machining Cetakan.....	63
4.16.1 Borring	63
4.16.2 Machining Manual	64
4.16.3 Pengamplasan.....	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mesin Rotary Injection Molding	7
Gambar 2.2 Standart Mold Injection Molding	8
Gambar 2.3 Penginjeksian Cetakan dengan Injection Molding Machine	9
Gambar 2.4 Penginjeksian Cetakan dengan Rotary Injection Molding	10
Gambar 2.5 Cavity	10
Gambar 2.6 Dimensi Sprue	13
Gambar 2.7 Sistem Runner	14
Gambar 2.8 Jenis-jenis Runner	14
Gambar 2.9 Sprue Gate	16
Gambar 2.10 Serbuk Kalsium Karbonat	22
Gambar 2.11 Proses Gurdi	24
Gambar 2.12 Nama-nama Bagian Mata Bor	25
Gambar 2.13 Bor Tangan	26
Gambar 2.14 Palu dan Penitik	26
Gambar 2.15 Notasi Bolt Metric	27
Gambar 3.1 Diagram alir	29
Gambar 3.2 Mesin Rotary Injection Molding	32
Gambar 3.3 Produk Sole Sepatu	34
Gambar 3.4 Cetakan Saat Terbuka dan Tertutup	34
Gambar 3.5 Cetakan Yang Sudah Diletakan Pada Rotary Injection Molding Machine	37
Gambar 4.1 Mesin Milling untuk Machining Persiapan	39
Gambar 4.2 Core Plate Sebelum Machining	40
Gambar 4.3 Core Plate Sesudah Machining	40
Gambar 4.4 Cavity Plate Sebelum Machining	40
Gambar 4.5 Cavity Plate Sesudah Machining	40
Gambar 4.6 Guide Pin	41

Gambar 4.7 Guide Pin Pada Cetakan	42
Gambar 4.8 Tampak Depan Top Plate	43
Gambar 4.9 Sprue dan Vent	43
Gambar 4.10 Assembly Bottom Plate	44
Gambar 4.11 Insert Cetakan Aluminium kedalam Plat Besi.....	44
Gambar 4.12Tampak Atas Pemasangan Engsel.....	45
Gambar 4.13 Pemasangan Engsel	45
Gambar 4.14 Pemasangan Engsel pada Top Plate	46
Gambar 4.15 Pemasangan Engsel pada Cetakan.....	46
Gambar 4.16 Eye Bolt pada Bottom Plate.....	47
Gambar 4.17 Assembly Total Cetakan.....	47
Gambar 4.18 Mass Properties Sole Sepatu (SolidWork)	49
Gambar 4.19 Konstruksi Cetakan	50
Gambar 4.20 Cavity	51
Gambar 4.21Sprue Hasil Modifikasi.....	52
Gambar 4.22 Runner Cetakan Soe Sepatu	53
Gambar 4.23 Sprue Gate	54
Gambar 4.24 Mass Properties Produk Sole Beserta Sistem Saluran.....	55
Gambar 4.25 Guide Pin	56
Gambar 4.26 Venting.....	57
Gambar 4.27 Socket Bolt pada Moving Plate.....	57
Gambar 4.28 Socket Bolt pada Fix Plate	58
Gambar 4.29 Cetakan saat Diberi Tekanan.....	59
Gambar 4.30 Luas Proyeksi Sole Sepatu (SolidWork)	59
Gambar 4.31 Parting Line	60
Gambar 4.32 Pengungkit Untuk Pengeluaran Produk	61
Gambar 4.33 Produk Sole Menempel diatas Cetakan	62
Gambar 4.34 Contoh Cacat Produk	63
Gambar 4.35 Palu dan Pahat	64
Gambar 4.36 Bor Tembak dan Amplas.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Faktor Penyusutan Beberapa Material	11
Tabel 2.2	Kedalaman rongga udara.....	16
Tabel 2.3	Harga Faktor Tebal Dinding.....	17
Tabel 2.4	Properties Of PVC.....	20
Tabel 2.5	Toleransi Umum.....	24
Tabel 4.1	Sistem Satuan Ukuran Sepatu	48

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

Pada saat ini terjadi pergeseran tingkat kebutuhan dimana kebutuhan sekunder bergeser menjadi kebutuhan primer. Pergeseran kebutuhan tersebut cenderung tidak diimbangi dengan peningkatan taraf hidup dan tingkat ekonomi masyarakat. Hal ini menyebabkan masyarakat tidak dapat mengikuti laju pergeseran kebutuhan tersebut. Salah satu solusinya adalah dengan memproduksi barang-barang kebutuhan tersebut dengan harga yang relatif terjangkau terutama untuk lapisan ekonomi menengah kebawah. Dalam dunia industri ada kecenderungan untuk memproduksi produk dengan harga yang murah namun dengan kualitas yang memadai sesuai dengan fungsi produk tersebut. Salah satunya adalah industri plastik.

1.1 Latar Belakang

Di masa sekarang sepatu telah bergeser menjadi suatu kebutuhan primer di masyarakat. Salah satu model sepatu yang banyak digunakan adalah *flatshoess* yang diperuntukan untuk perempuan. Pada sepatu, *sole* sepatu merupakan hal yang perlu diperhatikan guna menunjang kenyamanan bagi pemakainya. Kunci utama untuk membuat *sole* sepatu yaitu diperlukan suatu cetakan dengan spesifikasi yang baik. Pengetahuan tentang desain *mold* diperlukan untuk mendapatkan produk dengan kualitas yang baik dimana produk tersebut ditentukan oleh dimensi *mold*, perhitungan cetakan dan proses injeksi itu sendiri. Pembuatan *sole* sepatu menggunakan proses *rotary injection molding*. Untuk membuat produk plastik tersebut diperlukan cetakan (*mold*) yang mampu mencetak produk dalam jumlah massal.

Proses *rotary injection molding* ini berkecepatan tinggi, otomatis dan sangat fleksibel karena dapat digunakan untuk memproduksi *sole* sepatu dengan ukuran kecil atau besar dan dengan motif yang berbeda-beda.

Dalam upaya mewujudkan produksi *sole* sepatu tersebut maka Bengkel Matras di Kabupaten Jombang membuat desain cetakan yang nantinya akan digunakan untuk *Rotary Injection Molding Machine* pada CV Plasindo Mojokerto. Apabila cetakan *sole* sepatu tidak sesuai dengan permintaan atau terdapat cacat produk yang disebabkan oleh desain cetakan maka akan diperbaiki di bengkel.

1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara untuk mendapatkan spesifikasi produk yang baik
2. Apa saja komponen utama dalam cetakan *rotary injection molding*.
3. Bagaimana cara memastikan bahwa cetakan *sole* sepatu yang telah dibuat dapat digunakan untuk proses produksi pada mesin *rotary injection molding*.
4. Berapa besarnya gaya pencekaman minimum yang diperlukan untuk menahan cetakan agar tetap tertutup rapat.

1.2 Batasan Masalah

Supaya pembahasan masalah dalam penelitian ini tidak terlalu meluas dan dapat mencapai tujuan yang telah ditentukan, maka perlu diberlakukan beberapa batasan masalah yaitu:

1. Analisa hanya meliputi cetakan *sole* sepatu yang terbuat dari aluminium ADC12.
2. Analisa yang dilakukan hanya untuk satu ukuran *sole* sepatu dan *sole* sebelah kiri.
3. Material plastik yang digunakan adalah PVC (*polyvinyl chloride*) lunak.
4. Mesin yang digunakan adalah mesin *rotary injection molding* King Steel Taiwan tipe KS 177 H20/30.

5. Geometri sistem saluran (*sprue, runner, gate*) mengikuti desain dari CV. Plasindo.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang telah dijelaskan di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan spesifikasi produk yang baik.
2. Mengetahui apa saja komponen cetakan dalam *rotary injection molding*.
3. Mendapatkan cetakan *sole* sepatu yang sesuai dengan mesin *rotary injection molding*.
4. Memperoleh besarnya gaya pencekaman cetakan minimum untuk menahan agar cetakan tetap tertutup rapat.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah dapat digunakan sebagai masukan untuk mengurangi cacat yang terjadi sehingga dapat dihasilkan produk matras sol sepatu yang lebih baik dan mampu bersaing di pasar lokal. Penelitian ini diharapkan juga dapat berguna bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan bagi adik-adik mahasiswa yang mengambil tugas akhir dengan topik injeksi molding.

Metode Penulisan

Penulisan disusun dalam lima bab yaitu : pendahuluan, dasar teori, metodologi penelitian, analisa data dan pembahasan, serta kesimpulan. Adapun perinciannya adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan penjelasan latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta metode penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Pada bab ini menjelaskan tentang definisi *injection molding*, definisi PVC (*polyvinyl chloride*) lunak serta material penambahnya, komponen cetakan *injection molding* pada umumnya, rumus perhitungan untuk menentukan jumlah *cavity*, dan rumus untuk menentukan besarnya gaya pencekaman cetakan.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang data mesin *rotary injection molding*, data material plastik untuk pembuatan *sole* sepatu, proses *assembly*, *machining* persiapan dan *machining repair* cetakan serta diagram alir dari prosedur yang diperlukan untuk penelitian ini.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan tentang proses *assembly* yang dilakukan, *machining* yang dilakukan ketika terjadi ketidakpresisian pada cetakan, komponen utama cetakan *sole* sepatu, besarnya gaya pencekaman minimum cetakan, cacat produk hasil *injection molding*,

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dijelaskan tentang kesimpulan dari hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan beserta dengan saran untuk penelitian berikutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik *Injection Molding*

Teknik *Plastic Injection molding* pertama kali dikenalkan oleh John Wesley Hyatt pada tahun 1868, dengan melakukan injeksi celluloid panas ke dalam mold, untuk membuat bola billiard. Bersama saudara perempuannya Isiah, dia mematenkan mesin *injection molding* untuk penyedot debu tahun 1872. Tahun 1946 James Hendri untuk pertama kalinya membuat mesin *screw injection mold*, sehingga terjadi perubahan besar pada industry plastic. Dan 95% mesin molding saat ini mengikuti teknik ini, untuk menghasilkan efisiensi panas, efisiensi campuran dan injeksi plastik ke molding. (Anif Jamaludin : 2007)

Proses *injection molding* merupakan proses dengan kecepatan tinggi dan otomatis yang dapat digunakan untuk memproduksi produk plastik dengan geometri yang kompleks. Proses ini digunakan untuk memperoleh produk yang kompleks dengan melibatkan serangkaian langkah kerja, dimulai dari pemasukan *plastic granule* kedalam *hopper*, setelah itu menuju *barrel* yang didalamnya terdapat *screw* yang berfungsi untuk mengalirkan material leleh yang telah dipanasi oleh *barrel* menuju *nozzle*. (Malloy, Robert. A : 1994) Material yang sudah dipanasi akan berubah menjadi lunak ini akan terus didorong melalui *nozzle* dengan injektor dan melewati *sprue* ke dalam rongga cetak (*cavity*) dari cetakan yang sudah tertutup, saat cetakan telah penuh oleh bahan yang diinjeksi maka cetakan akan berputar untuk mengalami proses pendinginan dengan *fan* atau blower.

Terdapat tiga bagian utama dalam mesin *injection molding* yaitu:

1. Clamping Unit

Merupakan tempat untuk menyatukan *molding*. Clamping sistem sangat kompleks dan di dalamnya terdapat mesin *molding* (cetakan)

2. Plasticizing Unit

Merupakan bagian untuk memasukkan material plastik dan pemanasan. Bagian dari Plasticizing Unit : *Hopper* untuk memasukkan material plastik, *Screw* untuk mencampurkan material supaya merata, *Barrel*, *Heater*, dan *Nozzle*.

3. Drive Unit

Unit untuk melakukan control kerja dari *Injection Molding*, terdiri dari motor untuk menggerakkan *screw*, piston injeksi menggunakan *hydraulic system* (sistem pompa) untuk mengalirkan fluida dan menginjeksi cairan PVC lunak ke *molding*.

Langkah kerja pada proses *injection molding* merupakan proses yang bersifat siklus, artinya langkah kerja yang sama dilakukan diulang-ulang secara terus-menerus. Langkah kerja utama pada proses injeksi bias dijelaskan sebagai berikut :

Langkah 1 : Cetakan menutup.

Langkah 2 : Injeksi dimulai, unit injeksi maju sedemikian jauh hingga antara *nozzle* merapat ke cetakan.

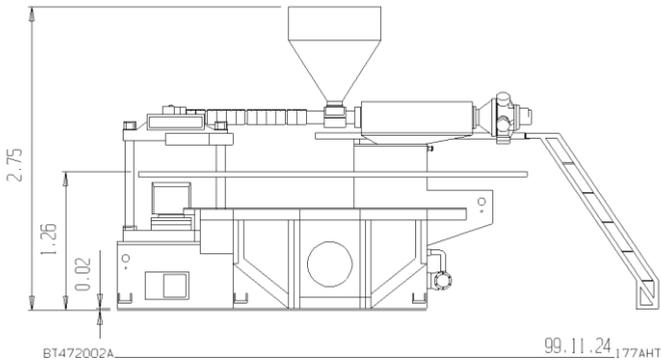
Langkah 3 : *Screw* bergeser maju sehingga material plastik dengan tekanan tinggi diinjeksikan ke dalam *cavity*.

Langkah 4 : Fase *holding pressure*, merupakan waktu tunggu sampai material plastik membeku dan kaku sehingga siap dikeluarkan.

Langkah 5 : Unit injeksi kembali mundur dengan maksud agar *sprue bush* tidak terkena panas dari *nozzle*.

Langkah 6 : Mendosis, ulir berputar dan mendorong material plastik ke dalam ruang pengumpul. Pada proses itu ulir tergeser ke belakang.

Langkah 7 : Cetakan terbuka, produk serta *runner* dikeluarkan.



Gambar 2.1 Mesin *Rotary Injection Molding*
(www.kingsteel.com)

Untuk mendapatkan suatu produk plastik hasil *injection molding* yang baik, tidak cukup dari langkah kerja atau aspek cetakan saja, akan tetapi perlu diperhatikan keterkaitan dengan faktor-faktor yang lain, antara lain (Dadan Heryada: 1998) :

1. Desain Konstruksi Produk
Sangat penting untuk memperhatikan perancangan konstruksi produk. Hal ini dilakukan untuk menghindari cacat produk hasil pembentukan.
2. Material Plastik
Sifat-sifat material plastik dan data-data teknis material merupakan masukan yang penting dalam proses pembuatan suatu produk, antara lain: penyusutan material, viskositas material, titik cair, titik beku, sifat mekanis material, kandungan material, dll.
3. Parameter Proses
Data-data dan proses di mesin injeksi sangat penting dalam pencapaian produk yang dihasilkan, antara lain: temperatur kerja, temperatur cetakan, tekanan injeksi, waktu siklus, pendinginan, dll.
4. Desain Konstruksi Cetakan

Cetakan injeksi ialah suatu alat untuk membentuk produk plastik yang diinginkan. Kesesuaian bentuk dan dimensi produk yang dirancang dengan produk yang dihasilkan banyak dipengaruhi oleh desain cetakan.

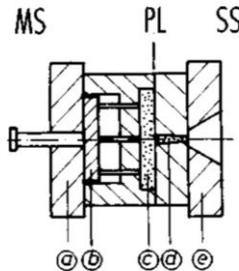
Cetakan terdiri dari komponen-komponen penyusun yang dirangkai membentuk satu konstruksi yang masing-masing komponen mempunyai fungsi penting dalam penggunaan cetakan.

Cetakan *sole* sepatu terdiri dari dua sub menurut pemasangannya, yaitu (Budiarto, SST:2001) :

1. Sisi tetap (fix side)
2. Sisi bergerak (moving side)

2.2 Konstruksi Cetakan

Cetakan terdiri dari komponen-komponen penyusun yang dirangkai membentuk satu konstruksi yang masing-masing komponen mempunyai fungsi penting dalam penggunaan cetakan. Berikut ini adalah bagian-bagian dari cetakan yang seperti ditunjukkan pada gambar 2.2.



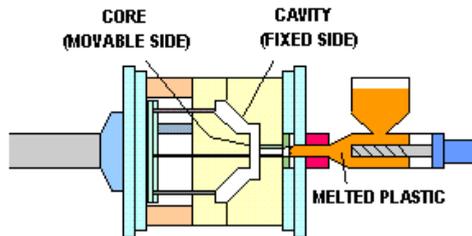
Gambar 2.2 Standart Mold Injection Molding
(Menges/Mohren, 1986)

Keterangan :

- a. Moving Plate
- b. Ejector System
- c. Cavity
- d. Sprue

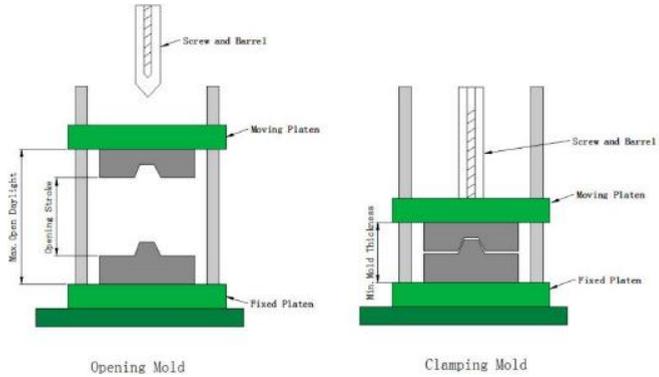
e. Stasionary Plate

Desain dan konstruksi cetakan *rotary injection molding* memiliki perbedaan dengan desain cetakan *injection molding* pada umumnya. Perbedaan tersebut terletak pada komponen sisi tetap (*fix plate*) dan sisi bergerak (*moving plate*). Pada cetakan *injection molding* penginjeksian dilakukan pada sisi *fix side* karena penginjeksian dilakukan dari arah samping. Pada sisi *fix side* terdapat komponen pemasukan cairan plastik (*sprue*) yang menghubungkan aliran material plastik yang diinjeksikan dari *nozzle* mesin pada saluran (*runner*) yang akan mengisi rongga cetakan melalui *gate*. Sedangkan pada sisi bergerak (*moving side*) terdapat mekanisme pengeluaran produk (*ejector*) yang akan mengeluarkan produk dari cetakan setelah tahap pembentukan selesai dilakukan.



Gambar 2.3 Penginjeksian Cetakan dengan Injection Molding Machine

Sedangkan pada cetakan *rotary injection molding* penginjeksian bahan plastik dilakukan pada sisi *moving plate* karena penginjeksian dilakukan dari atas cetakan. Terdapat saluran masuknya cairan plastik (*runner*) pada sisi *moving plate*. Sedangkan *fix plate* hanya berisi rongga *cavity*. Setelah cairan plastik mengisi keseluruhan rongga cetak maka sisi *moving plate* akan membuka dan produk telah siap dikeluarkan menggunakan pengungkit.



Gambar 2.4 Penginjeksian Cetakan dengan Rotary Injection Molding

2.3 Cavity

Cavity merupakan rongga tempat dimana produk nantinya akan dicetak. Ketika material plastik mulai membeku, volumenya menyusut karena faktor penyusutan (*shrinkage*). Sebelum merencanakan jumlah *cavity*, harus diketahui terlebih dahulu dimensi produk, dengan demikian akan bisa ditentukan volume produk serta volume *cavity*.



Gambar 2.5 Cavity

$$V_{cav} = V_p (1+S\%)$$

Dimana :

- V_{cav} = Volume Cavity
- V_p = Volume Produk
- S = Shrinkage Factor (Digunakan nilai rata-rata dari table = 1,5%)

Tabel 2.1 Faktor penyusutan Beberapa Material
(Menges/Mohren, 1986)

Material	Shrinkage Factor (%)	Density (gr/cm ³)
Polyvinyl chloride (PVC) keras	0,5 - 0,7	1,35
Polyvinyl chloride (PVC) lunak	1 - 2	1,1 - 1,4
Polystyrene (PS)	0,45	1,05
Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)	0,4 - 0,6	1,06 - 1,1
Styrene acrylonitrile (SAN)	0,4 - 0,6	1,06 - 1,1
Polypropylene (PP)	1,2 - 2	0,91
Polyethylene (PE)	1,5 - 2	0,92 - 0,95
Polyamide (PA)	0,6 - 2,5	1,1 - 1,2
Polyurethane (PUR)	1,0 - 1,5	1,26
Polycarbonate (PC)	0,6 - 0,8	1,2
Polycarbonate, glass – filled	1,0 - 1,5	1,26
Polymethyl methacrylate (PMMA)	0,45 - 0,5	1,8
Polyaxymethylene (POM)	1,5 - 2	1,41
Celluloseacetate (CA)	0,4 - 0,7	1,3
Cellulose propionate (CP)	0,4 - 0,7	1,2
Cellulose acetate butyrate (CAB)	0,4 - 0,7	1,2

Dan massa produk dapat dicari dengan rumus :

$$M_p = V_{cav} \cdot \rho$$

Dimana : M_p = Massa Produk.

$$\rho = \text{Berat Jenis.}$$

Penentuan jumlah *cavity* pada proses *injection molding* sangat menentukan proses selanjutnya. Ditinjau dari segi teknis, jumlah *cavity* (n_t) bisa ditentukan berdasarkan (Menges/Mohren, 1986) :

a. Gaya Pencekaman :

$$n_t = \frac{F_c}{A \cdot P_{inj}}$$

Dimana : F_c = Gaya pencekaman maksimum (kN)
 A = Luas proyeksi produk dan *runner* (mm^2)
 P_{inj} = Tekanan injeksi maksimum (MPa)

b. Kapasitas Injeksi Mesin :

$$n_t = \frac{\text{Kapasitas injeksi mesin}}{\text{Vol produk} + \text{Vol saluran}}$$

c. Kapasitas Injeksi Maksimum :

$$n_t = 0,8 \frac{V_s}{V_p}$$

Dimana : V_s = Kapasitas injeksi mesin (cm^3)
 V_p = Volume produk (cm^3)

d. Ukuran Pelat dari Mesin :

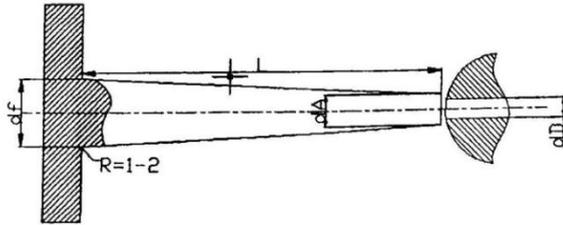
Jumlah *cavity* yang bisa dicakup oleh area proyeksi dalam ruang lingkup pelat mesin injeksi sesuai penampang horizontal dan vertikal.

2.4 Sistem Saluran

Pada proses pencetakan dengan system injeksi, aliran material plastik yang diinjeksikan pada umumnya akan melewati : *sprue*, *runner*, *gate* dan *cavity*. Untuk penempatan system saluran disesuaikan dengan spesifikasi mesin injeksi yang digunakan.

2.4.1 *Sprue*

Sprue adalah saluran masuk material plastik dari *nozzle* mesin injeksi menuju ke rongga cetak, yang bentuknya *taper*/konis karena dikeluarkan dari *sprue bush*. Bentuk *sprue* yang berupa konis ini dimaksudkan untuk mempermudah keluarnya sisa material dari *sprue bush*.



Gambar 2.6 Dimensi *sprue* (Menges/Mohren, 1986)

Diameter pangkal sprue.

$$d_F \geq S_{\max} + 1.5 \text{ mm}$$

Diameter ujung sprue.

$$d_A = d_D + 1 \text{ mm}$$

Sudut sprue.

$$\alpha \geq 1^\circ \sim 2^\circ \text{ maka } \operatorname{tg} \alpha \geq \frac{d_F - d_A}{2L}$$

Dimana :

d_F = diameter pangkal sprue.

d_A = diameter ujung sprue.

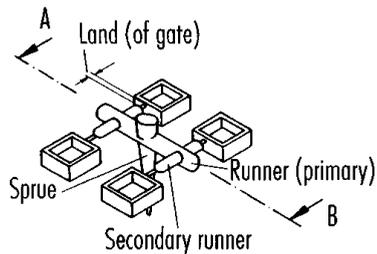
d_D = diameter ujung nozzle (4,5 mm)

S_{\max} = tebal maksimum produk.

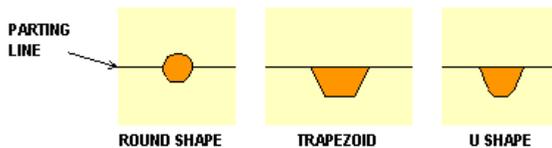
L = panjang sprue.

2.4.2 Sistem *Runner*

Runner adalah bagian pembagi berupa kanal, bentuknya sering memiliki banyak cabang yang menghubungkan *sprue* dengan *gate* yang menuju ke *cavity*, terutama pada cetakan dengan banyak *cavity*. *Runner* harus mampu meminimumkan *pressure loss*, tetapi cukup kecil untuk menghemat waktu siklus.



Gambar 2.7 Sistem Runner (Menges/Mohren; 1986)



Gambar 2.8 Jenis-jenis Runner

Pada perancangan cetakan dikenal beberapa bentuk *runner* diantaranya adalah :

1. *Runner* lingkaran
Bentuk *runner* ini memerlukan dua plat, dimana pada masing-masing pelat difrais setengah lingkaran.
2. *Runner* setengah lingkaran
Pada bentuk *runner* setengah lingkaran ini proses pemesinan alur *runner* hanya dilakukan pada satu pelat
3. *Runner* seperempat lingkaran
Bentuk *runner* seperempat lingkaran tidak jauh berbeda dengan runner setengah lingkaran. Proses pemesinan hanya dilakukan pada satu pelat.
4. *Runner* trapesium

Bentuk *runner* ini memiliki sifat seperti *runner* lingkaran dan proses pemesinannya sederhana (hanya pada satu plat).

5. Modifikasi dari *runner* diatas

Bentuk ini merupakan pengembangan dari bentuk-bentuk *runner* diatas dengan tujuan untuk memperkecil gesekan antara plastik dengan cetakan yaitu dengan cara menghilangkan sudut-sudut yang tajam.

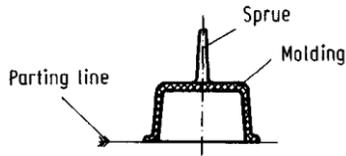
Sedangkan pada *single cavity*, titik *injection point*, di mana sprue ditempatkan atau sebagai permulaan material diinjeksikan, runner tidak bisa secara kasat mata dilihat dengan mata, harus melihat cetakannya atau melalui simulasi *mold flow*.

2.4.3 Gate

Gate adalah bagian yang langsung berhubungan dengan benda kerja, yaitu tempat mulainya penginjeksian atau masuknya material ke dalam *cavity*. *Gate* merupakan bagian akhir dari massa material yang biasanya paling panas yang akan memasuki rongga cetak. Jenis-jenis *gate* yang biasa digunakan adalah (Menges/Mohren, 1986) :

- *Sprue Gate*
- *Disk Gate*
- *Tunnel/Submarine Gate*
- *Edge/Side Gate*
- *Fan Gate*
- *Ring Gate*
- *Pinpoint Gate*

Jenis *gate* yang digunakan untuk cetakan *sole* sepatu adalah *Sprue Gate* namun terdapat modifikasi pada ujungnya.



Gambar 2.9 *Sprue Gate* (Menges/Mohren, 1986)

2.5 Rongga Udara (*Venting*)

Yang dimaksud dengan *venting* adalah memberi jalan keluarnya udara yang dimampatkan karena desakan material plastik yang ditekan mengisi rongga cetak. *Venting* ditempatkan pada pojok *cavity* dari salah satu *parting plain* atau tempat dimana aliran material yang mengisi *cavity* berakhir, yang diperkirakan merupakan tempat terjebakanya udara oleh material plastik. Penempatan *venting* dapat diperkirakan melalui simulasi komputer.

Besarnya ukuran rongga udara didasarkan pada pertimbangan dimana udara dengan mudah dapat menerobos, tetapi material belum bisa melewatinya. Kedalaman rongga udara pada umumnya mengacu pada tabel 2.2 dan diambil angka rata-rata 0,07 mm (polimer PVC lunak). Ventilasi dalam cetakan harus ada namun keberadaannya tidak boleh menimbulkan cacat pada produk yang dihasilkan. Ventilasi yang biasa digunakan antara lain berupa celah-celah kecil, celah pada *parting line*, celah pada *ejector pin*, dan sebagainya.

Tabel 2.2 Kedalaman rongga udara
(Moldflow Design Guide, 2006)

Polimer	Kedalaman (mm)
ABS	0.04-0.06
PVC lunak	0.06-0.08
Polycarbonate	0.02-0.05
Polyethylene	0.01-0.02
Polystyrene	0.02-0.05

2.6 Tekanan Injeksi

Pada proses injeksi, pangkal *screw* dihubungkan dengan piston di dalam suatu silinder yang bertekanan akan menimbulkan gaya dorong tertentu, gaya dorong ini diteruskan ke ujung *screw* yang apabila dibagi luas penampang akan menjadi tekanan, yang disebut tekanan injeksi luar. Sedangkan tekanan sesungguhnya yang diperlukan untuk mengisi *cavity* disebut tekanan isi spesifik.

Besarnya tekanan isi spesifik (P_i) yang diperlukan untuk mengisi *cavity* dapat dicari dengan persamaan (Menges/Mohren; 1986) :

$$P_i = F_p \times f_s$$

Dimana :

F_p = panjang aliran terjauh dari gate (cm)

f_s = faktor tebal dinding (N/cm^3)

Harga faktor tebal dinding diperoleh dari tabel 2.4 yang nilainya tergantung dari ketebalan dinding produk minimum dalam satuan milimeter.

Tabel 2.3 Harga Faktor Tebal Dinding
(Manesman, 1970)

S (mm)	f_s (kg/cm^3)	S (mm)	f_s (kg/cm^3)
0,5	100	1,3	18
0,6	70	1,4	15
0,7	57	1,5	13
0,8	45	1,6	11
0,9	35	1,7	10
1,0	30	1,8	9
1,1	26	1,9	8
1,2	21	2,0	7

2.7 Temperatur Injeksi

Temperatur injeksi adalah temperatur leleh plastik saat diinjeksikan ke dalam cetakan melalui *nozzle*. Proses *rotary injection molding* diawali dengan mentransfer material dari *hopper* ke dalam silinder pemanas dan menuju *nozzle*. Material kemudian diinjeksikan ke dalam cetakan melalui serangkaian saluran *sprue*, *runner*, dan *gate*. Temperatur leleh material harus dijaga sepanjang aliran yang dimulai dari silinder pemanas. (M. Bryce, Douglas: 1997)

Di dalam cetakan saat mesin berputar, bahan mulai mengalami pendinginan dan temperatur semakin turun. Pendinginan pada *rotary injection molding* dibantu dengan adanya fan saat cetakan berputar. Pembekuan dimulai dari bagian terluar produk kemudian dilanjutkan oleh pembekuan pada bagian dalam, sehingga menarik kulit permukaan ke arah dalam.

2.8 Waktu Pendinginan (Cooling Time)

Cycle time (waktu siklus) adalah waktu keseluruhan pembentukan produk mulai dari pemasukan plastik leleh ke dalam cetakan sampai produk tersebut membeku dan dikeluarkan dari cetakan. Waktu siklus terdiri dari waktu gerak cetakan menutup, waktu injeksi, waktu pepadatan, waktu pendinginan, waktu gerak cetakan dibuka, dan waktu pengeluaran produk.

Waktu pendinginan merupakan salah satu bagian waktu siklus yang sangat penting dalam proses injeksi plastik. Waktu pendinginan ialah sejumlah waktu yang dibutuhkan untuk mendinginkan material plastik dimana material mengalami pembekuan, kemudian menjadi cukup kaku untuk dikeluarkan dari mold.

Pada *rotary injection molding* proses pendinginan melalui media fan atau blower yang diletakkan pada mesin sehingga saat cetakan berputar akan mengalami proses pendinginan secara otomatis.

2.9 Gaya Pengekaman

Tekanan injeksi yang terjadi pada *cavity* akan menimbulkan suatu gaya terhadap luasan proyeksi. Gaya tersebut dinamakan gaya injeksi yang besarnya adalah :

$$F_i = P_{\text{tot}} \times A$$

Dimana : F_i = Gaya injeksi dari mesin (N)
 P_{tot} = Tekanan total dari injeksi (N/m^2)
 A = Luasan proyeksi produk (m^2)

Gaya injeksi ini harus mampu ditahan oleh gaya pengekaman mesin. Untuk keamanan perlu ditambahkan 10% dari gaya injeksi ini sehingga gaya pengekaman minimum yang diperlukan untuk menahan cetakan tetap tertutup sebesar:

$$F_c = F_i (1 + 10\%)$$

2.10 PVC (*polyvinyl chloride*)

Polyvinyl chloride (PVC) adalah salah satu bahan termoplastik yang paling banyak digunakan, khususnya bidang industri, urutan ketiga setelah PE (*polyethylene*) dan PP (*polypropylene*). Ada dua bentuk dasar PVC yaitu kaku dan fleksibel atau lunak. PVC bentuk kaku biasanya digunakan pada pipa konstruksi, profil pintu, profil jendela, botol, kemasan non-makanan, dll. PVC bentuk lunak dapat dibuat lebih lembut dan lebih fleksibel lagi dengan penambahan plasticizer. Pencampuran PVC dengan plasticizer berakibat pada penurunan sifat kuat tarik dan berat jenis tetapi meningkatkan kemuluran. Karena 57% massanya adalah klor, PVC adalah polimer yang menggunakan bahan baku minyak bumi terendah di antara polimer lainnya (Cowd, 1991).

Polyvinyl chloride (PVC) dapat dicetak secara injeksi seperti plastik lainnya tetapi dimasukkannya klorin dalam material mempersulit proses. Ini karena PVC yang meleleh dapat

mengeluarkan gas beracun yang korosif. Selain itu, bahan tahan karat khusus seperti baja tahan karat atau pelapisan krom diperlukan untuk alat cetakan saat pencetakan plastik PVC injeksi. Penyusutan dalam PVC cenderung antara 1-2 % tetapi dapat bervariasi berdasarkan sejumlah faktor termasuk durometer material (kekerasan), ukuran gate, tekanan holding, waktu penahanan, suhu leleh, ketebalan dinding cetakan, suhu cetakan, dan jenis aditif.

Tabel 2.4 Properties Of PVC

Properties	Value
Technical Name	Polyvinyl Chloride (PVC)
Melt Temperature	212 - 500 °F (100 - 260°C)
Heat Deflection Temperature (HDT)	92 °C (198 °F)
Tensile Strength	Flexible PVC: 6.9 - 25 MPa (1000 - 3625 PSI) Rigid PVC: 34 - 62 MPa (4930 - 9000 PSI)
Specific Gravity	1.35 - 1.45

2.11 Bahan Campuran (Aditif) PVC

Polyvinyl chloride (PVC) termasuk jenis plastik yang kaku, tetapi masih termasuk fleksibel dan tidak mudah pecah. Maka dalam pembuatan matras sol sepatu yang teksturnya lentur dibutuhkan plasticizer. Plasticizer yang digunakan adalah :

2.11.1 Dioctyl Phthalate (DOP)

Dioctyl phthalate (DOP) merupakan suatu senyawa yang banyak digunakan sebagai bahan pembantu dalam industri bahan-bahan plastik (plasticizer). Plasticizer juga

digunakan dalam industri kulit imitasi, kabel, sol sepatu dan lain sebagainya. DOP mempunyai nama kimia yaitu di-n-octyl phthalate, dan mempunyai rumus kimia $C_6H_4[COOC_8H_{17}]_2$. DOP berbentuk cairan yang berwarna jernih, mendidih pada temperatur $384^\circ C$, digunakan sebagai plastisizer untuk berbagai resin dan elastomer. (Pujiati, Atik : 2009)

Untuk pembuatan matras *sole* sepatu setidaknya dibutuhkan minimal 10% dari total bahan yang akan diproses dalam mesin *injection molding*.

2.11.2 Blowing Agent atau Foaming Agent

Blowing atau *foaming agent* terdiri dalam dua kelas umum yaitu secara fisika dan kimia. Berbagai gas dan cairan yang mudah menguap digunakan sebagai *foaming agent* dengan metode fisika. Sedangkan *Chemical Foaming Agent* (agen kimia khusus pembuat *foaming* pada material termoplastik) berupa senyawa organik atau senyawa bukan organik yang melepaskan gas karena reaksi selama pemrosesan. (Hans-Peter Heim, 2015).

Chemical Foaming Agent biasanya digunakan untuk memperoleh level *foaming* (busa) pada tingkat medium sampai tinggi, dan sering digunakan secara bersamaan dengan metode fisika yang biasa untuk memperoleh level *foaming* (busa) yang rendah.

Blowing agent yang dicampurkan pada lelehan polimer digunakan untuk mendapatkan sebuah material plastik dengan densitas yang lebih rendah, prinsipnya adalah dengan penggantian matrik polimer dengan gas. Material plastik dengan densitas (berat jenis) yang lebih rendah merupakan salah satu dari beberapa keunggulan yang ditawarkan oleh plastik yang diproses dengan metode *foaming* ini, sedangkan manfaat umum lainnya termasuk mencegah produk untuk mudah tenggelam (*sink removal*), penurunan resiko produk untuk mengalami pengkerutan atau

peregangan (*reduce warpage*), dan tentu saja dapat meningkatkan kecepatan produksi.

2.11.3 Kalsium karbonat

Kalsium karbonat umumnya berwarna putih dan umumnya sering dijumpai pada batu kapur, kalsit, marmer dan batu gamping. Selain itu kalsium karbonat juga sering dijumpai pada skalakmit dan stalakmit berasal dari tetesan air tanah selama ribuan bahkan jutaan tahun. Kalsium karbonat bila dipanaskan akan pecah dan menjadi serbuk remah yang lunak dan dinamakan calcium oksida (CaO). Kalsium karbonat adalah senyawa penghasil gas yang memiliki potensi yang bagus serta harganya murah dan ketersediaannya yang banyak. Kalsium karbonat sendiri memiliki densitas yang mirip dengan aluminum yaitu sekitar 2710 kgm-3 (Agustian, 2012).



Gambar 2.10 Serbuk Kalsium Karbonat
(PT. Kalsitech Prima, Surabaya, 2015)

Penambahan bahan seperti kalsium karbonat (CaCO_3) sangat diperlukan untuk meningkatkan sifat tahan panas, meningkatkan stabilitas dimensi, meningkatkan kekuatan lentur, dan digunakan untuk menekan biaya produksi karena harganya lebih murah dibandingkan harga polimernya.

2.11.4 Zat pe warna atau pigment

Zat pewarna atau pigmen yang dicampurkan untuk satu kali proses *injection* tergantung permintaan pasar (*be request*). Pigment tersebut akan menghasilkan warna dasar dari matras sol sepatu, misalnya warna hitam atau cokelat. Untuk tingkat kepekatan warna tergantung pada jumlah banyaknya takaran yang diberikan.

2.12 Cacat Produk *Injection Molding*

Kualitas akhir permukaan dari produk plastik hasil *injection molding* merupakan kriteria utama dari standart kualitas produk, namun keadaan ini tidak dapat mutlak dipenuhi sehingga seringkali terjadi gangguan atau cacat produk yang dapat merusak penampilan produk, cacat produk dapat ditimbulkan oleh berbagai faktor, baik yang bersumber pada faktor parameter proses maupun desain. Untuk mengatasi masalah cacat tersebut tentunya harus disesuaikan dengan bentuk dan jenis gangguan atau cacat yang timbul serta pengaruhnya terhadap produk. Macam-macam cacat pada proses *injection molding* ini ialah (Thienel, Prof. Dr.Ing Paul : 1992) : sink mark, weld line, streaks, jetting, burns, flashes, gloss difference, stress whitening, incompletely filled parts, air trapped, dll.

2.13 *Machining* Cetakan

Machining cetakan merupakan proses pembuatan cetakan agar lebih presisi dengan cara perautan (menghilangkan material yang tidak diinginkan dari benda kerja dalam bentuk chip). Beberapa proses *machining* yang dilakukan dalam pembuatan cetakan *sole* sepatu adalah dengan menggunakan mesin drilling, bor tembak, amplas serta manual dengan palu dan penitik.

Tabel 2.5 Toleransi Umum (SN 258440)

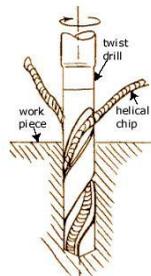
Untuk Ukuran Panjang							
Tingkat Ketelitian	Ukuran Nominal (mm)						
	0.5 - 3	>3 - 6	>6 - 30	>30 - 120	>120 - 400	>400 - 1000	>1000 - 2000
	Penyimpangan (mm)						
Halus	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5
Menengah	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2
Kasar	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3

Untuk Ukuran Radius dan Kemiringan					
Tingkat Ketelitian	Ukuran Nominal (mm)				
	0.5 - 3	>3 - 6	>6 - 30	>30 - 120	>120 - 400
	Penyimpangan (mm)				
Halus	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	± 4
Menengah	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	± 4
Kasar	± 0,4	± 1	± 2	± 4	± 8

Untuk Ukuran Sudut								
Ukuran nominal panjang kaki sudut yang pendek	Ukuran Nominal (mm)							
	<10		>10 - 50		>50 - 120		>120 - 400	
	Penyimpangan (mm)							
Tingkat Ketelitian	Derajat menit	mm / 100 mm	Menit	mm / 100 mm	Menit	mm / 100 mm	Menit	mm / 100 mm
Halus	± 1'	± 1,7	± 30'	± 0,9	± 20'	± 0,6	± 10'	± 0,3
Menengah	± 1'	± 1,7	± 30'	± 0,9	± 20'	± 0,6	± 10'	± 0,3
Kasar	± 1'30'	± 2,5	± 1'	± 1,7	± 30'	± 0,9	± 15'	± 0,4

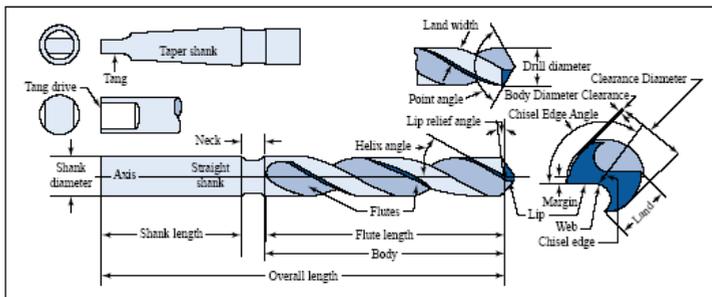
2.13.1 Mesin Drilling

Proses gurdi adalah proses pembuatan lubang bulat dengan menggunakan mata bor (twist drill) . Berbeda dengan proses bor (boring) yaitu proses meluaskan atau memperbesar lubang yang bisa dilakukan dengan batang bor (boring bar) yang tidak hanya dilakukan pada mesin drilling, tetapi bisa dengan mesin bubut, mesin frais, atau mesin bor. Gambar berikut menunjukkan proses gurdi.



Gambar 2.10 Proses Gurdi

Pada proses gurdi beram (chips) harus keluar melalui alur helix pahat gurdi ke luar lubang. Ujung pahat menempel pada benda kerja yang terpotong, sehingga proses pendinginan menjadi relatif sulit. Proses pendinginan biasanya dilakukan dengan membanjiri benda kerja yang dilubangi dengan cairan pendingin, atau disemprot dengan cairan pendingin, atau cairan pendingin dimasukkan melalui lubang di tengah mata bor.



Gambar 2.11 Nama-nama Bagian Mata Bor (*Twist Drill*)
(Gio Saputra/Alfian Hamsi, 2014)

2.13.2 Bor Tangan

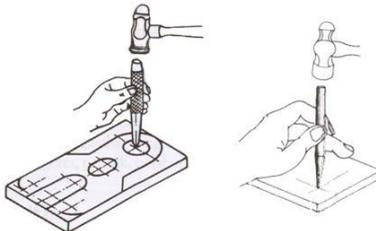
Mesin bor tangan merupakan mesin bor yg pengoperasiannya memakai tangan dan wujudnya seperti pistol. Mesin bor tangan rata-rata diperlukan untuk melubangi kayu, tembok ataupun pelat logam. Khusus Mesin bor jenis ini tidak hanya digunakan untuk membuat lubang namun juga dapat digunakan untuk mengencangkan baut ataupun melepas baut lantaran di lengkapi 2 putaran yakni kanan dan kiri. Mesin bor ini tersedia dalam beraneka ukuran, bentuk, kapasitas dan juga fungsinya masing-masing.



Gambar 2.12 Bor Tangan

2.13.3 Palu dan Penitik

Penitik merupakan peralatan yang digunakan untuk membuat profil atau melubangi benda kerja. Penitik terbuat dari bahan baja karbon tinggi yang dikeraskan. Penitik memiliki ujung yang dibuat runcing membentuk sudut 30° – 90° . Penggunaan penitik harus lurus dengan benda kerja. Kemudian penitik dipukul secara perlahan dengan palu.

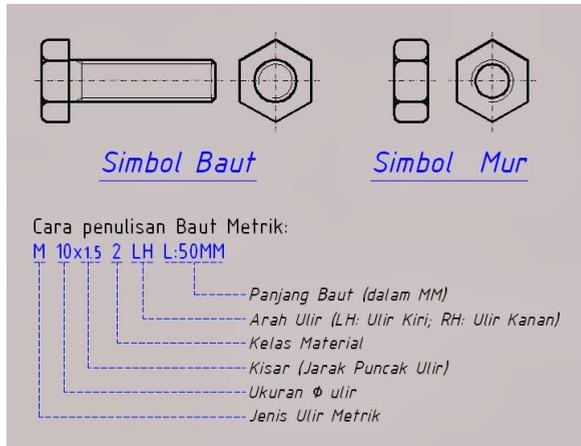


Gambar 2.13 Palu dan Penitik

2.14 Socket Bolt

Bentuk bolt terdiri dari *head*, *body* dan *thread*. Ukuran *head bolt* berdasarkan jarak bidang rata pada bagian *head*. Ukuran *bolt* ditentukan oleh diameter puncak *thread*, sedangkan panjang *bolt* diukur dan bagian bawah *head* ke bagian ujung *thread* (*bolt*).

Pada Standarisasi Metric, ukuran ulir ditentukan dengan ukuran jarak antara puncak ulir terdekat. Notasi yang digunakan untuk menyatakan ukuran metric adalah sebagai berikut :

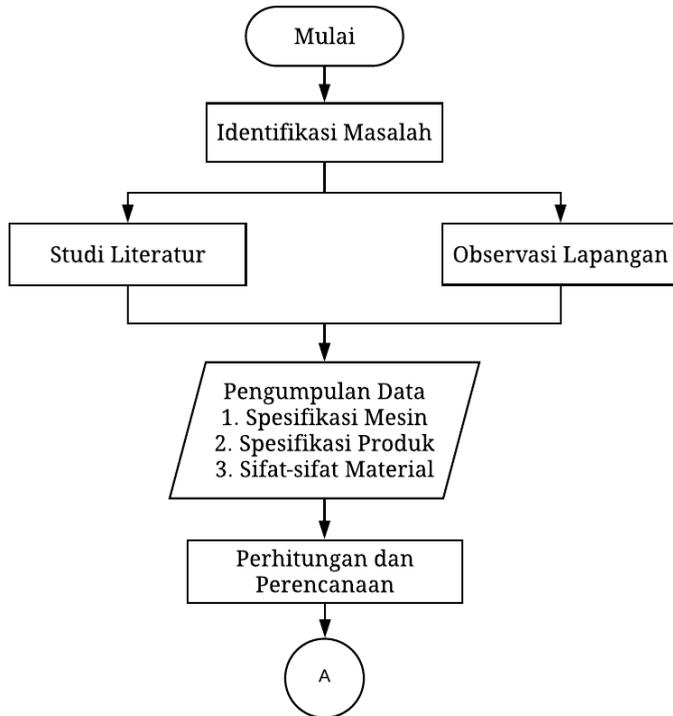


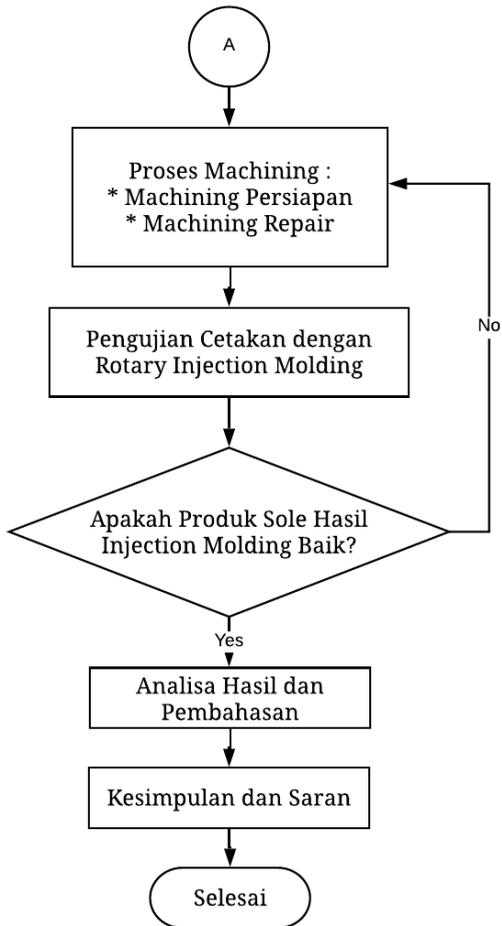
Gambar 2.14 Notasi Bolt Metric

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 *Flow Chart* Penelitian





Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Penulisan Laporan Tugas Akhir

Dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini melalui beberapa tahap, diantaranya sebagai berikut :

3.2.1 Identifikasi Masalah

Pada tahapan awal identifikasi dilakukan pengamatan terhadap masalah yang dirumuskan menjadi tujuan dari penelitian. Permasalahan tersebut yaitu bagaimana mendapatkan spesifikasi produk yang baik, apa saja komponen cetakan *sole* sepatu, bagaimana agar cetakan *sole* sepatu dapat digunakan dengan *rotary injection molding machine*, dan besarnya tekanan injeksi cetakan serta gaya penekaman minimum cetakan untuk menahan agar cetakan tetap tertutup rapat.

3.2.2 Studi Literatur

Studi literatur ini meliputi kegiatan mencari dan mempelajari bahan pustaka yang berkaitan dengan cetakan *die casting*, macam-macam proses *machining* yang dilakukan, cara kerja *rotary injection molding*. Studi literatur ini diperoleh dari berbagai sumber diantaranya adalah buku / *text book*, publikasi-publikasi ilmiah, tugas akhir dan penelitian yang berkaitan dan media internet. Selain itu dilakukan observasi langsung pada cetakan matras di bengkel pembuatan cetakan yang letaknya di Kabupaten Jombang untuk mengetahui komponen apa saja yang ada pada cetakan *sole* sepatu dan observasi di pabrik *sole* sepatu di Kabupaten Mojokerto untuk mengetahui bagaimana proses penginjeksian material plastik dengan *rotary injection molding*.

3.2.3 Pengumpulan Data

Dari studi literatur mengenai cetakan *sole* sepatu, dilakukan pengumpulan data spesifikasi mesin, spesifikasi produk dan sifat-sifat material.

3.2.3.1 Spesifikasi Mesin

Mesin rotary injection molding yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Kingsteel Taiwan KS 6003 yang ditunjukkan pada gambar 3.4, dengan spesifikasi sebagai berikut:



Gambar 3.2 Mesin Rotary Injection Molding
(Kingsteel Taiwan)

Merk Brand	: Kingsteel Taiwan
Machine Number	: KS 6003
Year Installation	: 2008
Type	: KS 177 H20/30
<u>Sistem penutup</u>	
Number	: 20
Clamping force	: 80 ton
Opening Daylight	: 250 mm
Ketebalan cetakan standart	: 0 – 180 mm
Mold Thickness	: min 100 mm max 180 mm
Plasticizing Capacity	: 300 gram

Sistem injeksi

Diameter screw	: 75 mm
Volume injeksi maksimum	: 883 cc
Tekanan injeksi maksimum	: 490 kgf/cm ²
Kecepatan injeksi	: 2-3 detik/mold
Kecepatan sekrup	: 0 – 165 rpm

Konsumsi listrik

Total konsumsi listrik	: 29,42 KW
Oil Quality	: 450 Liter
Electric Pump Motor	: 25 Hp
Pump Pressure	: 140 kg/cm ²
Heater Capacity	: 10,77 KW
Cooling Water Consumption	: 350 Liter

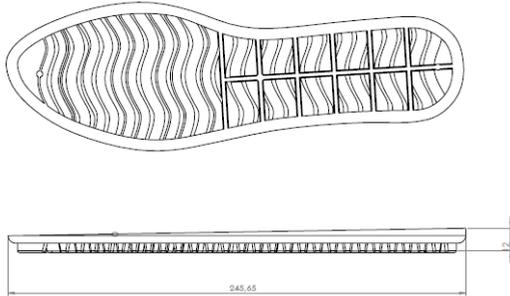
Dimensi

Berat mesin	: 5 ton
Ukuran mesin	: 4,18 m × 2,2 m × 2,45 m

3.2.3.2 Spesifikasi Produk

Material plastik yang digunakan sebagai bahan utama pembuatan *sole* sepatu adalah *Polyvinyl Chloride Soft* (PVC lunak).

- Sifat Thermal
 - Melting point : 160-220° C
 - Konduktivitas thermal : 3-5° C/cm
- Sifat Fisik
 - Massa jenis : 1,2 gr/cm³
 - Faktor penyusutan : 1,5%
 - Specific gravity : 1,3
- Sifat Mekanis
 - Kekuatan tarik : 7300 psi
 - Tensile modulus : 3,5-10 psi
 - Elongation : 24-245%



Gambar 3.3 Produk *Sole* Sepatu

3.2.3.3 Spesifikasi Cetakan



(a)



(b)

Gambar 3.4 (a) Cetakan saat Tertutup
(b) Cetakan saat Terbuka

Cetakan yang digunakan ialah cetakan dari material aluminium ADC12 yang diinsertkan ke sisi *top plate* dan *bottom plate* yang memiliki material besi. Menurut pemasangannya cetakan ini terdiri terbagi menjadi sisi tetap (*fixed side*) dan sisi bergerak (*moving side*). Cetakan ini memiliki satu saluran untuk menginjeksikan bahan PVC. Tinggi cetakan yang bisa diinjeksikan dengan mesin *rotary injection molding* minimal 100 mm sampai 180 mm. Pada penelitian ini spesifikasi ukuran cetakan yaitu panjang = 295 mm, lebar = 140 mm, tinggi = 109 mm.

3.2.4 Machining Cetakan

Proses machining dalam pembuatan cetakan *sole* sepatu terbagi menjadi dua yaitu :

3.2.4.1 Machining Persiapan

Machining persiapan dilakukan untuk membentuk cetakan *sole* sepatu agar memiliki ukuran yang sesuai standart. *Machining* persiapan ini dilakukan untuk menghilangkan cacat *flash* atau meratakan sisi *core plate* dan *cavity plate* sisa proses pengecoran.

3.2.4.2 Machining Repair

Machining repair pada cetakan *sole* sepatu dilakukan apabila setting parameter mesin sudah benar namun pada saat pengujian dengan *rotary injection molding* produk *sole* sepatu yang dihasilkan tidak sesuai standart atau terdapat cacat. Analisa yang dilakukan pada cetakan yaitu pada sistem saluran, *cavity plate* dan *core plate*. Memastikan pada sistem saluran bahwa

tidak ada material lain yang menghambat laju aliran plastik, untuk itu diperlukan mesin boring untuk melubangi ulang pada sisi *sprue* dan *venting* sebesar diameter yang telah ditentukan. Apabila terdapat cacat pada *cavity plate* dan *core plate* maka tebal tipisnya rongga cetak bermasalah sehingga harus dipahat secara manual menggunakan mata pahat dan palu. terjadi pergeseran maka harus dipahat menggunakan cara manual.

3.2.5 Assembly Cetakan

Assembly cetakan merupakan proses perakitan atau penggabungan komponen secara permanen dan tidak dapat dipisahkan kecuali dengan merusaknya. Assembly ini meliputi penggabungan antara *top plate* dengan *core plate*, *bottom plate* dengan *cavity plate*, dimana keduanya digabungkan menggunakan *socket bolt*. Kemudian penggabungan antara *moving plate* (sisi bergerak) dengan *fix plate* (sisi diam) menggunakan engsel yang di las pada sisi *side plate*. Saat assembly juga dipastikan bahwa sisi *core plate* harus setangkup dengan sisi *cavity plate* dan tidak boleh ada pergeseran.

3.2.6 Parameter Proses

Proses produksi dengan mesin *rotary injectin molding* memerlukan beberapa parameter yang harus di-*set* terlebih dahulu. Parameter proses tersebut sangat berpengaruh terhadap produk yang meliputi :

- Temperatur leleh masuk : 180° C
- Tekanan injeksi : 70 Mpa
- Injection time : 2-3 detik

- Holding time : 120 detik
- Cooling time : 120 detik
- Opening mold : 3 detik

3.2.7 Pengujian Hasil Cetakan

Setelah dilakukan proses assembly dan *machining* pada cetakan, langkah selanjutnya adalah pengujian langsung hasil cetakan dengan *rotary injection molding*. Cetakan tersebut diletakkan pada mesin *rotary injection molding* secara melingkar, kemudian dialiri cairan PVC dan campuran bahan lainnya. Proses penuangan cairan menggunakan prinsip *pneumatic*. Pengujian ini menentukan apakah hasil spesifikasi cetakan baik atau tidak. Apabila produk *sole* sepatu yang dihasilkan terdapat cacat maka dianalisis terlebih dahulu untuk menentukan penyebab cacat tersebut. Apabila cacat ditimbulkan karena spesifikasi cetakan yang kurang baik maka perlu dilakukan *machining* cetakan.



Gambar 3.5 Cetakan yang sudah diletakkan pada Rotary Injection Molding Machine

3.2.8 Analisa Hasil

Analisa hasil dilakukan untuk mengetahui kepresisian cetakan dan untuk mengetahui apakah ada cacat dari *sole* yang dihasilkan. Apabila terdapat cacat maka cetakan harus dilakukan machining ulang untuk menyempurnakan profil pada motif cetakan.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 *Machining* Persiapan

Sebelum cetakan di *assembly* maka harus dilakukan *machining* terlebih dahulu menggunakan mesin milling. Pahat yang digunakan adalah pahat HSS yang pembuatannya hasil modifikasi sendiri. *Machining* dilakukan untuk meratakan dan membentuk permukaan benda hasil cor sisi *core plate* dan *cavity plate* agar memenuhi standart yaitu tinggi sisi *core plate* aluminium 40 mm dan sisi *cavity plate* 45 mm. Toleransi dalam proses *machining* sebesar $\pm 0,5$ mm. Angka tersebut didapatkan dari tabel toleransi secara umum untuk cetakan yang memiliki ukuran panjang 295 mm.



Gambar 4.1 *Mesin Milling* untuk
Machining Persiapan



Gambar 4.2 Core Plate Sebelum Machining



Gambar 4.3 Core Plate Sesudah Machining



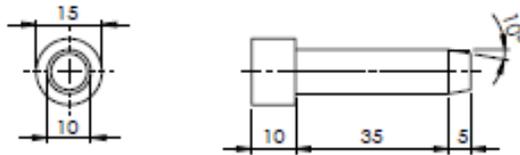
Gambar 4.4 Cavity Plate Sebelum Machining



Gambar 4.5 Cavity Plate Sesudah Machining

4.2 Assembly Cetakan Antara *Moving plate* dan *Fix plate*

Pada *moving plate* dan *fix plate* diarahkan dengan empat pasang lubang yang disebut *guide pin*. Untuk membuat lubang *guide pin* dan *guide bush* menggunakan mesin *drilling* dengan mata bor yang berdiameter 10 mm. Pembuatan lubang tersebut harus tembus antara sisi *fix plate* dan *moving plate*. Setelah sisi keduanya tembus maka dilakukan pengeboran untuk memperbesar lubang pada sisi *moving plate* menjadi 11 mm. Agar tidak bergeser saat dilakukan proses *drilling* membentuk lubang *guide pin* dan *guide bush* maka benda hasil coran di pasang menggunakan *c-clamp* pada bagian tengah cetakan. Lubang atau bushing pada *moving plate* ini menggunakan suaian sesak H7-p6 dimana pasangan suaian ini harus ditekan atau dipukul menggunakan palu.



Gambar 4.6 Guide Pin

Kemudian setelah dilakukan pengeboran maka seluruh *guide pin* dipasang pada keempat lubang yang telah dibuat pada *fix plate* dengan cara dipukul hingga rata dengan permukaan *fix plate*. Suaian pada *guide pin* yaitu dengan suaian sesak H6-P7. Pada proses penggabungan *moving plate* dan *fix plate* didapatkan *parting line*. *Parting line* berfungsi untuk merapatkan atau menutup bagian *molding* bergerak dengan bagian *molding* diam agar ketika proses injeksi, material plastik mengisi rongga cetakan dengan baik.

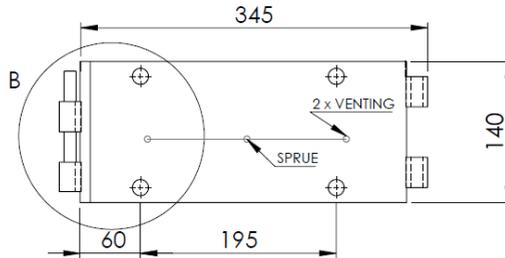


Gambar 4.7 Guide Pin pada Cetakan

Untuk mengetahui apakah sisi *cavity plate* dengan *core plate* bergeser maka menggunakan plastisin kemudian sisi *cavity plate* dilapisi tinta merah. *Cavity plate* menjadi patokan karena sisi *cavity plate* sudah di mal dengan pola *sole* sepatu pada proses sebelumnya. Setelah diberi tinta merah pada *cavity plate* kemudian dipukul-pukul dengan palu sehingga sisi *core plate* akan mengikuti kontur motif dari *cavity plate*. Apabila terjadi pergeseran maka harus dipahat menggunakan cara manual.

4.3 Proses Insert Core Plate kedalam Top Plate

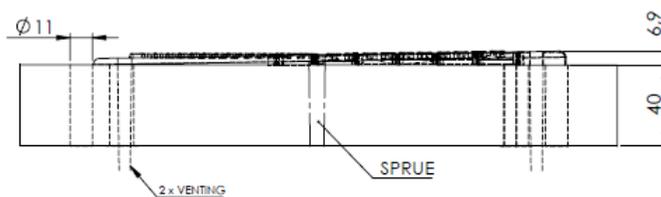
Top plate adalah plat besi yang digunakan untuk mengikat atau menempelkan *core plate*. Dalam penelitian ini *top plate* terbuat dari material plat besi yang memiliki ketebalan 12 mm dengan ukuran 325 mm x 140 mm. Pada penelitian ini *insert core plate* diletakkan pada sisi *moving plate*. *Moving plate* merupakan bagian yang dapat bergerak saat *mold* membuka untuk melepaskan produk yang dicetak.



Gambar 4.8 Tampak Depan Top Plate

Konstruksi cetakan pada bagian *top plate* telah dimodifikasi sehingga terdapat *sprue* yaitu saluran yang bertemu dengan *nozzle* mesin. Bagian ini merupakan bagian yang mengalirkan bahan material plastik cair ke dalam *mold* untuk dicetak menjadi produk.

Untuk membuat lubang *sprue* dan *venting* cetakan harus dibalik terlebih dahulu sehingga *core plate* berada diatas, fungsinya ketika dilakukan proses drilling dapat diketahui dimana titik yang akan diberi lubang melalui *core plate* cetakan.

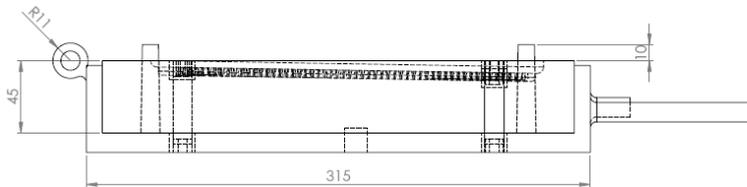


Gambar 4.9 Sprue dan Vent

4.4 Proses Insert *Cavity Plate* kedalam *Bottom Plate*

Bottom plate adalah plat yang digunakan untuk mengikat atau menempelkan *cavity plate*. Untuk menempelkan bagian *bottom plate* dengan *cavity plate* menggunakan *socket bolt*. Jumlah *socket bolt* pada sisi *fix plate* 4 buah. Dalam penelitian ini *bottom plate* juga terbuat dari material besi plat yang memiliki

ketebalan 12 mm dengan ukuran 315 mm x 140 mm. *Insert cavity plate* diletakkan pada sisi *fix plate*. *Fix plate* merupakan bagian yang diam saat proses injeksi dilakukan. Pada bagian ini terdapat lubang yang mengikatkan atau menempelkan *mold* dengan mesin *rotary injection molding*.



Gambar 4.10 *Assembly Bottom Plate*

Proses pemasangan plat besi pada *top plate* dan *bottom plate* dilakukan dengan cara membuat lubang hingga tembus ke benda cor aluminium dengan menggunakan mesin *drilling*. Lubang pada benda aluminium dibor dengan diameter 10 mm hingga tembus. Sedangkan pada plat besi (*bottom plate*) diberi lubang dengan diameter 10 mm. Kemudian *socket bolt* dimasukkan ke dalam lubang dari plat besi hingga tembus pada benda hasil cor aluminium. Agar kepala *socket bolt* dapat masuk ke dalam lubang, maka lubang *bottom plate* diperbesar menjadi 16 mm dengan menggunakan mesin *borring*.

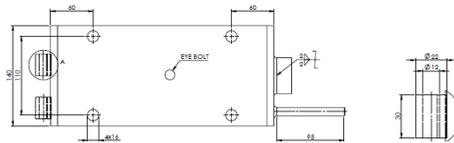


Gambar 4.11 *Insert Cetakan Aluminium kedalam Plat Besi*

Selain plat besi dipasang pada bagian *top plate* dan *bottom plate*, plat besi juga dipasang pada bagian *side plate* dengan ukuran 140 mm x 42 mm pada *fix plate*. Sedangkan pada *moving plate* plat besi dipasang dengan ukuran 140 mm x 37 mm dengan ketebalan plat besi masing-masing 10 mm. Pemasangan plat besi pada *side plate* cetakan dilakukan dengan cara pengelasan.

4.5 Pemasangan Engsel Pada Cetakan.

Setelah cetakan di *insert* terhadap material besi plat maka proses selanjutnya adalah pemasangan engsel. Pemasangan engsel ini bertujuan untuk menyambung *top plate* dan *bottom plate* sehingga dapat berputar pada porosnya. Engsel yang digunakan pada penelitian termasuk jenis engsel bubut (*barrel hinges*). Engsel ini dipasang dengan cara di las pada besi plat yang terdapat pada *moving plate* dan *fix plate*.



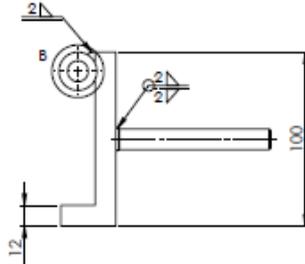
Gambar 4.12 Tampak Atas Pemasangan Engsel



Gambar 4.13 Pemasangan Engsel

Selain itu engsel bubut juga dipasang pada sisi yang berlawanan. Akan tetapi pemasangannya hanya dilas pada

plat besi bagian *top plate* dan tersambung pada pengunci *modal*, yang mana fungsinya agar cetakan tidak membuka saat proses penginjeksian.



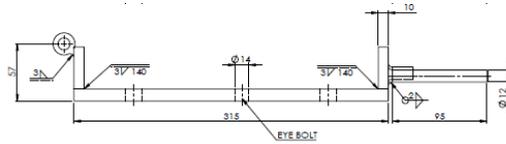
Gambar 4.14 Pemasangan Engsel pada *Top Plate*



Gambar 4.15 Pemasangan Engsel Pada Cetakan

4.6 Proses *Drilling* dan *Boring* pada *Bottom Plate* Untuk *Eye Bolt* pada *Rotary Injection Molding Machine*.

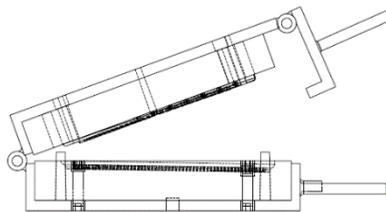
Proses ini bertujuan untuk membuat *e bolt* atau lubang pada bagian *bottom plate* sebagai pengikat *modal* yang dipasang pada mesin injeksi. Lubang tersebut dibuat dengan diameter 14 mm dan kedalaman 15 mm. Letaknya *center* dengan *sprue*. Pembuatan *eye bolt* dilakukan dengan menangkupkan *bottom plate* dengan *top plate* secara terbalik kemudian lubang diperbesar sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan.



Gambar 4.16 Eye Bolt pada Bottom Plate

4.7 Assembly Total pada Cetakan

Berikut merupakan gambar *assembly* total pada cetakan.



Gambar 4.17 *Assembly Total* Cetakan

4.8 Desain Cetakan

Produk cetakan plastik yang dibuat adalah untuk menghasilkan *sole flatshoess*. Cetakan yang dirancang adalah untuk menghasilkan produk *sole* dengan ukuran 38. Angka 38 merupakan ukuran panjang sepatu. Ukuran sepatu memiliki beberapa sistem. Yang terpopuler adalah satuan yang digunakan sistem Eropa. Satuan sistem Eropa dinamakan *Paris Stick* (PS). Dimana $1 \text{ PS} = 0,6436 \text{ cm}$. Jadi sepatu ukuran 38 PS = 24 cm.

Tabel 4.1 Sistem satuan ukuran sepatu

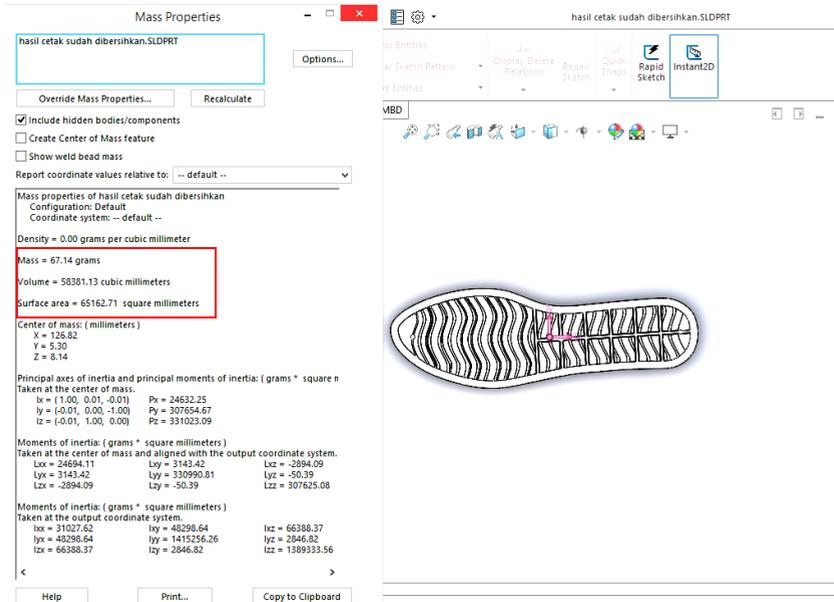
Adult Mens and Womens Shoe Size Conversion Table																	
M/W indicates Men's or Women's Sizes. Other systems are for either gender.																	
System	Sizes															System	
Europe	35	35½	36	37	37½	38	38½	39	40	41	42	43	44	45	46½	48½	Europe
Mexico						4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	9	10	11	12.5	Mexico
Japan	M 21.5	22	22.5	23	23.5	24	24.5	25	25.5	26	26.5	27.5	28.5	29.5	30.5	31.5	Japan
	W 21	21.5	22	22.5	23	23.5	24	24.5	25	25.5	26	27	28	29	30	31	Japan
U.K.	M 3	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8	8½	10	11	12	13½	U.K.
	W 2½	3	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8	9½	10½	11½	13	U.K.
Australia	M 3	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8	8½	10	11	12	13½	Australia
	W 3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8	8½	9	10½	11½	12½	14	Australia
U.S. & Canada	M 3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8	8½	9	10½	11½	12½	14	U.S. & Canada
	W 5	5½	6	6½	7	7½	8	8½	9	9½	10	10.5	12	13	14	15.5	U.S. & Canada
Russia & Ukraine	W 33½	34		35		36		37		38		39					Russia & Ukraine
Korea (mm.)	228	231	235	238	241	245	248	251	254	257	260	267	273	279	286	292	Korea
Inches	9	9 1/8	9 1/4	9 3/8	9 1/2	9 5/8	9 3/4	9 7/8	10	10 1/8	10 1/4	10 1/2	10 3/4	11	11 1/4	11 1/2	Inches
Centimeters	22.8	23.1	23.5	23.8	24.1	24.5	24.8	25.1	25.4	25.7	26	26.7	27.3	27.9	28.6	29.2	Centimeters
Mondopoint	228	231	235	238	241	245	248	251	254	257	260	267	273	279	286	292	Mondopoint

Untuk mengetahui volume produk, digunakan bantuan *software solidwork 2016* karena bentuk produk menyebabkan kesulitan dalam pengukurannya.

Volume produk : 58381,13 mm³

Mass : 67,14 gram

Luas Area : 65162,72 mm²



Gambar 4.18 Mass Properties Sole Sepatu

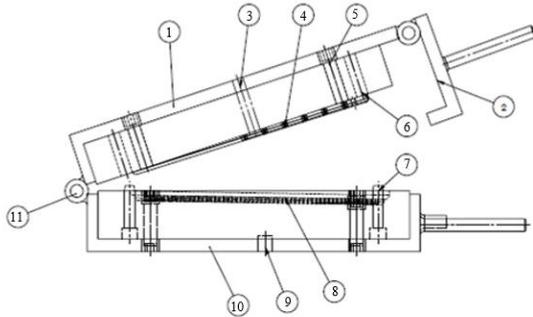
Sesuai perhitungan *software* tersebut, diperoleh volume produk *sole*. Volume tersebut belum termasuk penyusutan yang dialami material pada saat menjadi dingin atau beku.

Cetakan *sole* sepatu disesuaikan dengan mesin injeksi yang ada. Mesin *rotary injection molding* dalam pembuatan *sole* sepatu memiliki karakteristik dan struktur yang sedikit berbeda dengan mesin injeksi pada umumnya. Mesin injeksi ini dirancang khusus untuk pembuatan *sole* saja. Biasanya satu mesin injeksi digunakan untuk memproduksi beberapa macam *sole* dengan memvariasikan warna, ukuran, dan bentuk profil dari *sole*.

4.9 Konstruksi Cetakan

Cetakan terdiri dari komponen-komponen penyusun yang dirangkai membentuk satu konstruksi yang masing-masing komponen mempunyai fungsi penting dalam penggunaan cetakan.

Berikut ini adalah bagian-bagian dari cetakan yang seperti ditunjukkan pada gambar 4.13.



Gambar 4.19 Konstruksi cetakan *sole* sepatu

Keterangan :

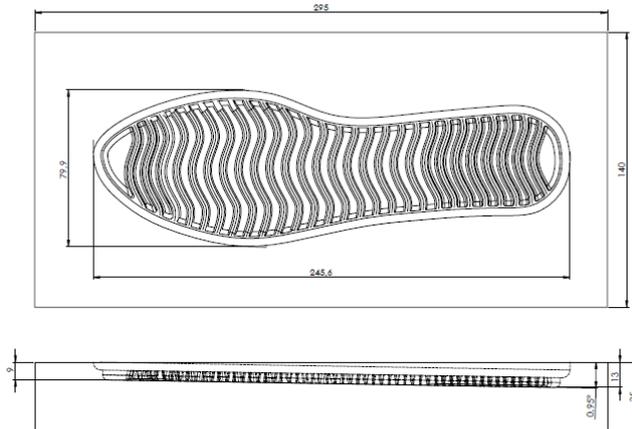
1. Top Plate
2. Pengunci
3. Sprue
4. Core Plate
5. Socket Bolt
6. Bushing
7. Guide Pin
8. Cavity Plate
9. Eye Bolt
10. Bottom Plate
11. Engsel

4.10 Komponen Utama Cetakan

4.10.1 Cavity

Cavity merupakan rongga tempat dimana nantinya produk akan dicetak, karena itu dimensinya sama dengan dimensi dari produk. Ketika material plastik

mulai membeku, volumenya menyusut karena faktor penyusutan (*shrinkage*).



Gambar 4.20 *Cavity*

4.10.1.1 Volume Cavity

Material termoplastik yang digunakan adalah *Polyvynil Chloride Compound* (PVC lunak) dengan faktor penyusutan (S) sebesar 1,5 sehingga volume *cavity* (persamaan 2-1) setelah mengalami penyusutan diperhitungkan menjadi :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{cav}} &= V_p (1 + S \%) \\
 &= 58381,13 (1 + 1,5\%) \\
 &= 59256,85 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

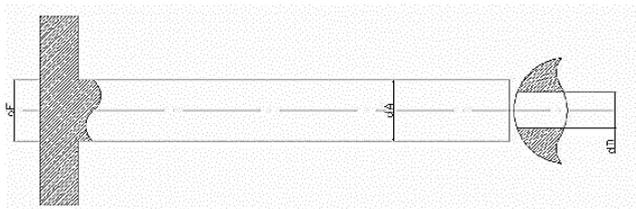
Dengan massa jenis (ρ) sebesar 1,2 gram/cm³ atau 0,0012 gram/mm³ maka massa produk bisa diketahui :

$$\begin{aligned} M_p &= V_{\text{cav}} \times \rho \\ &= 59256,85 \times 0,0012 \text{ gram/mm}^3 \\ &= 71,11 \text{ gram} \end{aligned}$$

4.10.2 Sprue

Sprue sebagai mengalirnya material plastik cair dari *nozzle* menuju *runner*. Pada umumnya *sprue* berbentuk kerucut, memiliki diameter awal yang lebih kecil dan diameter akhir yang menuju *runner* dibuat lebih besar, atau pada panjangnya mempunya sudut ketirusan yang berkisar antara 0.5 s/d 8 derajat. Namun, teori tersebut berbeda dengan desain *sprue* yang digunakan dalam cetakan sole sepatu di CV. Plasindo. *Sprue* yang digunakan ujungnya dimodifikasi sehingga berbentuk lurus sama dengan diameter atasnya. Hal ini berguna untuk mengurangi kehilangan tekanan pada waktu penginjeksian dan mempermudah dalam pengeluaran *sprue* dari *sprue bush* setelah plastik membeku karena dapat dipastikan bahwa produk *sole* sepatu akan menempel pada sisi *moving plate*.

Sesuai desain yang terdapat pada cetakan sole sepatu di CV. Plasindo, dimensi *sprue* dijelaskan pada gambar :



Gambar 4.21 *Sprue* Hasil Modifikasi

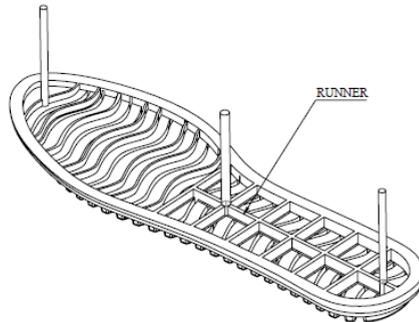
Besarnya diameter pangkal sprue (d_F) : 5,5 mm

Besarnya diameter ujung sprue (d_A) : 5,5 mm

Dimensi *nozzle* yang terdapat pada mesin *rotary injection molding* didapatkan besarnya diameter lubang *nozzle* (D) sebesar 4,5 mm.

4.10.3 Runner

Posisi runner tepat berada pada garis pemisah (*parting line*). *Runner* merupakan saluran lanjutan setelah *sprue* dan berfungsi mencegah penurunan temperatur dan tekanan pada saat lelehan plastik memasuki cetakan. Selain itu, posisi dan jumlah cavity secara langsung akan mempengaruhi penurunan tekanan dan temperatur di dalam cetakan.



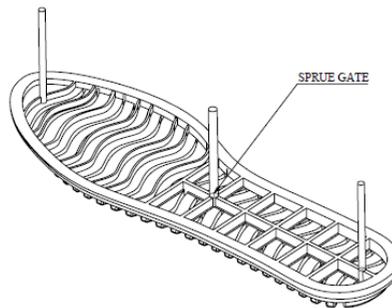
Gambar 4.22 *Runner* Cetakan *Sole* Sepatu

Dari hasil analisa diketahui bahwa jenis runner cetakan sole sepatu memiliki bentuk modifikasi yaitu berbentuk *square*.

4.10.4 Gate

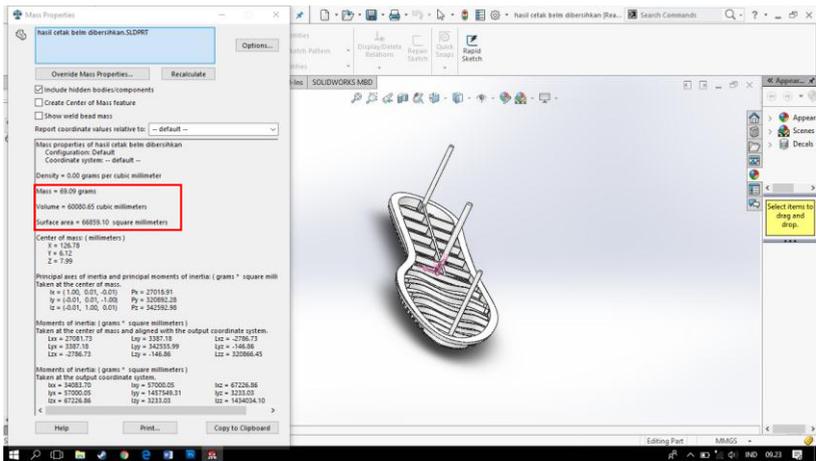
Jenis gate untuk cetakan *sole* sepatu ini adalah *sprue gate* karena alasan-alasan berikut :

- Digunakan untuk produk yang besar dan tidak banyak berpengaruh terhadap *apperance* yang di timbulkan akibat penggunaan jenis gate tersebut.
- Pada analisa produk diketahui bahwa sprue bush langsung menuju produk tanpa melewati runner.
- Memerlukan penanganan lanjutan yaitu memotong gate dari produk apabila produk telah jadi.
- Menghasilkan kualitas tinggi dan dimensi yang tepat.



Gambar 4.23 *Sprue Gate*

Setelah diketahui dimensi cavity, sprue, runner dan gate, maka bisa diperoleh volume total material plastik yang diperlukan untuk mengisi rongga cetak (*cavity*). Dengan bantuan software Solidwork 2016 didapatkan volume keseluruhan material plastik.



Gambar 4.24 Mass Properties Produk Sol Sepatu beserta Sistem Saluran

Volume total adalah jumlah volume part dan volume saluran. Volume total produk $60080,65 \text{ mm}^3$. Volume tersebut belum termasuk volume penyusutan yang dialami material plastik saat membeku/dingin. Harga penyusutan *Polyvinyl Chloride Compound* (PVC lunak) adalah 1,5% sehingga volume *cavity* setelah besarnya penyusutan diperhitungkan menjadi :

$$\begin{aligned} V_{\text{tot}} &= V (1 + S \%) \\ &= 60080,65 (1+1,5\%) \\ &= 60981,85 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dengan massa jenis (ρ) sebesar $1,2 \text{ gr/cm}^3 = 0,0012 \text{ gr/cm}^3$ maka massa produk dan saluran :

$$\begin{aligned} M_p &= V_{\text{tot}} \times \rho \\ &= 60981,85 \times 0,0012 \\ &= 73,17 \text{ gram} \end{aligned}$$

4.10.5 Tekanan Isi Spesifik

Tekanan isi spesifik adalah besarnya tekanan yang diperlukan untuk mengisi *cavity* sampai penuh, besarnya ditentukan dengan persamaan berikut :

$$P_i = F_p \times f_s$$

Produk *sole flatshoess* mempunyai karakteristik sebagai berikut :

Tebal dinding (S) = 0,69 mm (dibulatkan menjadi 0,7 mm)

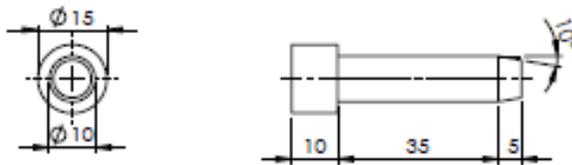
Panjang aliran terjauh (F_p) = 12,5 mm = 1,25 cm

Dari tabel faktor tebal dinding, dengan S = 0,7 didapat $f_s = 57 \text{ kgf/cm}^3$. Dengan demikian besar *internal injection pressure* :

$$P_i = 1,25 \text{ cm} \times 57 \text{ kgf/cm}^3 = 71,38 \text{ kgf/cm}^2$$

4.10.6 Guide Pin

Guide pin berfungsi untuk mengarahkan cetakan pada saat penyatuan *cavity* dan *core plate*. Sifat materialnya lebih keras daripada *moldbase* yaitu menggunakan baja

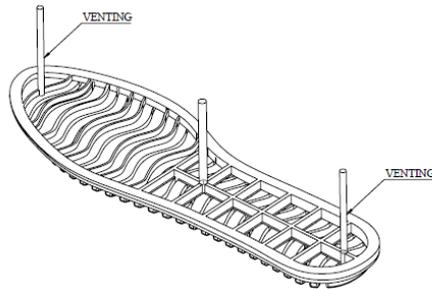


Gambar 4.25 Guide Pin

4.10.7 Venting

Venting atau tempat keluarnya udara dari dalam cetakan *sole* sepatu ini terletak di ujung-ujung rongga cetak tempat material plastik berakhir. Pada cetakan *sole*

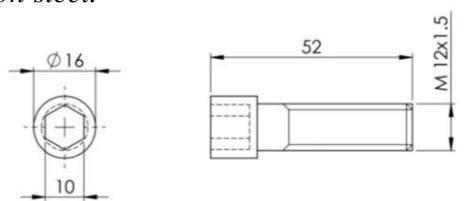
sepatu ini memiliki dua venting yang diameternya masing-masing sebesar 4,5 mm. Pemilihan *venting* yang besar karena produk yang dihasilkan juga besar. Selain itu, untuk mengatasi agar tidak ada udara yang terperangkap maka pemilihan *venting* relatif besar. Namun, pada cetakan ini lubang *venting* juga digunakan sebagai lubang keluarnya material yang berlebih (*scrap*).



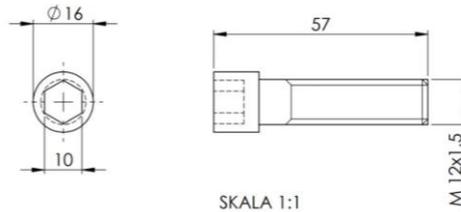
Gambar 4.26 *Venting*

4.10.8 Socket Bolt

Socket bolt merupakan baut yang digunakan untuk menempelkan sisi *bottom plate* dengan *fix plate* dan sisi *top plate* dengan *moving plate*. *Socket bolt* yang digunakan pada cetakan *sole* terbuat dari bahan *low carbon steel*.



Gambar 4.27 *Socket Bolt* pada *Moving Plate*



Gambar 4.28 *Socket Bolt* pada *Fix Plate*

Jumlah *socket bolt* yang digunakan masing-masing berjumlah 4 buah. *Socket Bolt* pada sisi *moving plate* dengan sisi *fix plate* memiliki perbedaan panjang karena ukuran *moving plate* 52 mm, sedangkan ukuran *fix plate* 57 mm.

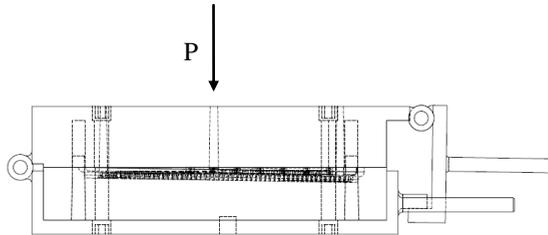
4.11 Ukuran *Base Mold* dari Mesin

Jumlah *cavity* yang bisa dicakup oleh area proyeksi dalam ruang lingkup *base mold* mesin injeksi sesuai penampang horisontal dan vertikal. Ukuran maksimum mold yang bisa dicakup *base mold* mesin *rotary injection molding* adalah : panjang = 430 mm, lebar = 200 mm, tinggi = 180 mm. Dimensi cetakan sole sepatu adalah : panjang = 295 mm, lebar = 140 mm, tinggi = 109 mm.

Dari analisa diatas maka cetakan tersebut aman apabila digunakan pada mesin *rotary injection molding* KS 177 H20/30.

4.12 Gaya Pencekaman Cetakan

Tekanan injeksi yang terjadi pada *cavity* akan menimbulkan suatu gaya terhadap luasan proyeksi. Gaya tersebut dinamakan gaya injeksi yang besarnya adalah :



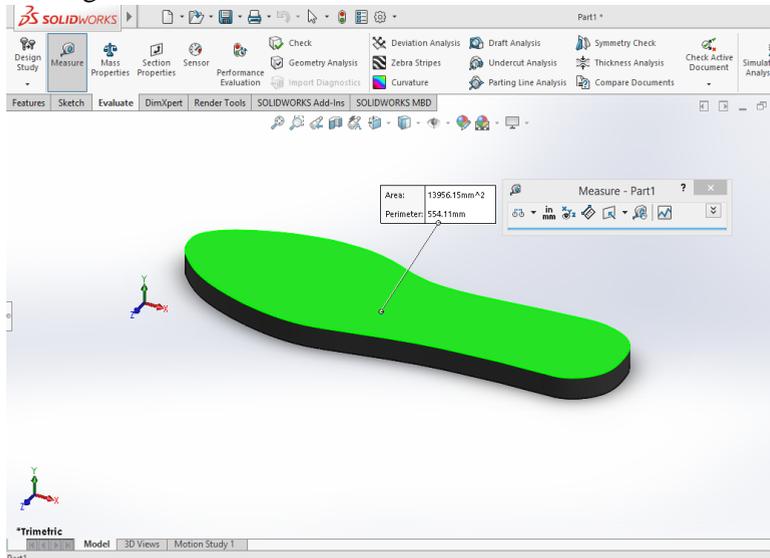
$$F_i = P_{\text{tot}} \times A$$

Gambar 4.29 Cetakan diberi Tekanan dari Mesin

dimana :

$$P_{\text{tot}} = 490 \text{ kgf} / \text{cm}^2 = 0,490 \text{ ton/cm}^2.$$

Tekanan injeksi dapat dilihat dari spesifikasi mesin injection molding.



Gambar 4.30 Luas Proyeksi Sole Sepatu

$$A = \text{Luas proyeksi} = 13956,15 \text{ mm}^2 = 139,5615 \text{ cm}^2$$

Untuk mengetahui luasan proyeksi *sole* sepatu, digunakan bantuan *software Solidwork 2016* karena bentuk produk menyebabkan kesulitan dalam pengukurannya.

sehingga :

$$F_i = 0,490 \times 139,56 = 68,38 \text{ Ton}$$

Gaya injeksi ini harus mampu ditahan oleh gaya pengekaman mesin. Untuk keamanan perlu ditambahkan 10% dari gaya injeksi ini sehingga gaya pengekaman minimum yang diperlukan untuk menahan cetakan tetap tertutup rapat sebesar :

$$\begin{aligned} F_c &= F_i (1 + 10\%) \\ &= 68,38 (1 + 10\%) \\ &= 75,21 \text{ Ton} \end{aligned}$$

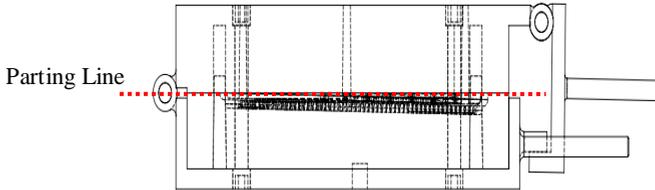
Gaya sebesar ini adalah gaya yang diperlukan untuk mencekam cetakan selama proses berlangsung. Gaya pengekaman maksimum mesin (F_{cm}) = 80 ton, dengan demikian gaya pengekaman masih mampu menahan besar gaya injeksi yang diberikan pada cetakan.

4.13 Parting Line

Parting Line adalah garis batas pemisah antara sisi tetap (produk) dan sisi bergerak (*side mold*) yang memisahkan bagian rongga cetak (*cavity*) dan *core*, serta sebagai tempat pengeluaran produk. *Parting line* berfungsi untuk merapatkan atau menutup bagian molding bergerak dengan bagian molding diam agar ketika proses injeksi berjalan, material plastik mengisi rongga cetakan dengan baik. Faktor-faktor yang menjadi pertimbangan dalam penentuan *parting line* adalah :

1. Penentuan *parting line* harus memudahkan pengeluaran produk.
2. Bentuk *parting line* memudahkan pengerjaan.
3. Bentuk *parting line* pada kedua sisi harus setangkup dan tanpa ada kebocoran.

Parting line tidak harus membagi cetakan dengan ukuran yang sama besar. Pada cetakan sole sepatu ini parting line terbagi menjadi *moving plate* sebesar 52 mm dan *fix plate* sebesar 57 mm.



Gambar 4.31 *Parting Line*

4.14 Pelepasan Produk dari Cetakan

Cetakan *rotary injection molding* ini tidak menggunakan pin ejector di dalam konstruksinya, sehingga untuk mendorong part atau mengeluarkan part dari cetakan setelah dies membuka dilakukan secara manual menggunakan pengungkit. Pengungkit yang digunakan merupakan pengungkit golongan ketiga dengan modifikasi pada sisi pisaunya sehingga sisinya tajam dan dapat digunakan untuk membuang kelebihan plastik (*scrap*) pada sisi luar cetakan.



Gambar 4.32 Pengungkit Hasil Modifikasi Untuk Mengeluarkan Produk

Ketika *moving side* cetakan *sole* sepatu di buka maka produk *sole* sepatu tersebut menempel pada sisi atas cetakan, hal ini terjadi karena pada bagian *moving side* cetakan terdapat sprue dan rongga udara yang sudah terisi material plastik, selain itu

diameter sprue tidak mengerucut sehingga produk *sole* tetap menempel pada bagian atas cetakan.



Gambar 4.33 Produk *Sole* Sepatu yang Menempel pada Cetakan Atas

4.15 Cacat Produk Hasil *Injection Molding*

Sebelum produk *sole* sepatu diproduksi massal di pabrik maka harus dilakukan pengujian untuk melihat apakah produk hasil *rotary injection molding* dalam spesifikasi baik atau tidak. Biasanya masalah yang ditimbulkan dalam produksi yaitu:

- *Setting* parameter mesin untuk material yang diinjeksikan kurang sehingga *cavity* tidak terisi sempurna.
- Motif cetakan yang dihasilkan tidak sempurna maka harus dilakukan *machining repair* atau perautan.
- *Sprue* atau sistem saluran tertutup oleh kotoran atau material lain maka harus dibor terlebih dahulu agar material plastik dapat masuk kedalam *cavity*.
- Lubang *sprue* dengan *nozzle injection molding* yang tidak center mengakibatkan banyak material plastik yang terbuang (*scrap*) sehingga *cavity* tidak terisi sempurna.



Gambar 4.34 Contoh Cacat Produk Hasil Injection Molding

Cacat tersebut belum bisa dipastikan apakah dari setting parameter mesin atau karena kesalahan desain cetakan. Maka untuk mengetahuinya harus dianalisa terlebih dahulu.

4.16 Machining Repair Cetakan

Machining repair pada cetakan *sole* sepatu dilakukan apabila pada saat pengujian dengan *rotary injection molding* produk *sole* sepatu yang dihasilkan tidak sesuai standart atau terdapat cacat. *Machining repair* dilakukan apabila setting parameter dari mesin sudah benar namun masih terdapat cacat maka analisa selanjutnya dengan melakukan *repair* cetakan. Beberapa *machining* yang diberikan antara lain :

4.16.1 Boring

Agar material plastik dapat mengisi rongga *cavity* dengan sempurna maka langkah awal yang harus dilakukan yaitu memastikan bahwa tidak ada kotoran atau material lain yang menghambat jalannya bahan melalui *sprue*. Apabila hal tersebut terjadi maka harus dilakukan proses boring menggunakan mata bor berukuran 5 mm.

4.16.2 *Machining* Manual

Machining manual dilakukan untuk meraut dan membuang material cetakan yang tidak diinginkan. Material tersebut dibuang dalam bentuk chip. Untuk membuang material tersebut menggunakan palu dan pahat. Pahat yang digunakan bermacam-macam bentuknya tergantung kebutuhan.



Gambar 4.35 Palu dan Pahat

4.16.3 Pengamplasan

Meratakan dan menghaluskan motif pada cetakan sole sepatu menggunakan amplas dengan kekasaran nomor 100 dan 120. Amplas tersebut direkatkan pada busa berbentuk lingkaran yang ditempelkan pada baut yang terpasang pada bor tembak.



Gambar 4.36 Bor Tembak dan Amplas

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan pada cetakan *sole* sepatu *rotary injection molding machine*, dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Untuk mendapatkan spesifikasi produk yang baik maka konstruksi cetakannya harus baik. Dalam konstruksi cetakan tersebut terdapat beberapa komponen yaitu, *cavity*, *core*, sistem saluran (*sprue*, *runner* dan *gate*), *venting*, *guide pin*, *bushing*, pengunci dan engsel, *top plate*, *bottom plate* serta *eye bolt*.
2. Sistem saluran (*spue*, *runner* dan *gate*) pada cetakan *sole* sepatu ini mengalami modifikasi standart dari sistem saluran cetakan *injection molding* biasanya.
3. Gaya pengekaman cetakan selama proses berlangsung sebesar 75,21 ton. Gaya tersebut mampu untuk menahan besarnya gaya yang diberikan cetakan karena gaya pengekaman maksimum mesin (F_{cm}) 80 ton.
4. Cetakan *sole* sepatu ini dalam kategori aman karena ukuran maksimum mold yang bisa dicangkup base mold dari mesin *rotary injection molding* adalah : panjang = 430 mm, lebar = 200 mm, tinggi = 180 mm. Sedangkan dimensi cetakan *sole* sepatu ini sebesar : panjang = 295 mm, lebar = 140 mm, tinggi = 109 mm.

5.2 Saran

Hasil optimum untuk mendapatkan spesifikasi cetakan yang baik harus melalui perencanaan yang matang dan perhitungan komponen-komponennya seperti *cavity*, *sprue* tekanan injeksi dan gaya pengekaman. Selain itu juga perlu dilakukan simulasi terlebih dahulu untuk mengetahui apakah hasil produk baik melalui software *molflow*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Menges, G., and P. Mohren. 1986. *How To Make Injection Molds*. New York: Hanser Publisher New York
- Malloy, Robert A. 1994. *Plastic Part Design For Injection Moulding*. New York: HanserPublisher, Munich Vienna New York.
- Andrian, Made. 2008. *Designing Shoes Injection Molding Sole Mold With Compute Based Estimation Analysis And Computer Simulation*. Fakultas Teknologi Industri. ITS: Surabaya.
- Shoemaker, Jay. 2006. *Moldflow Design Guide*. Framingham: Massachusetts, U.S.A
- Bryce, Douglas M. 1997. *Plastic Injection Molding: material selection and product design fundamentals*. Society of Manufacturing Engineers: U.S.A
- Hans, Peter Heim. 2015. *Specialized Injection Molding Techniques*. U.S.A
- Cowd, M.A., 1991. *Kimia Polimer*. ITB: Bandung.

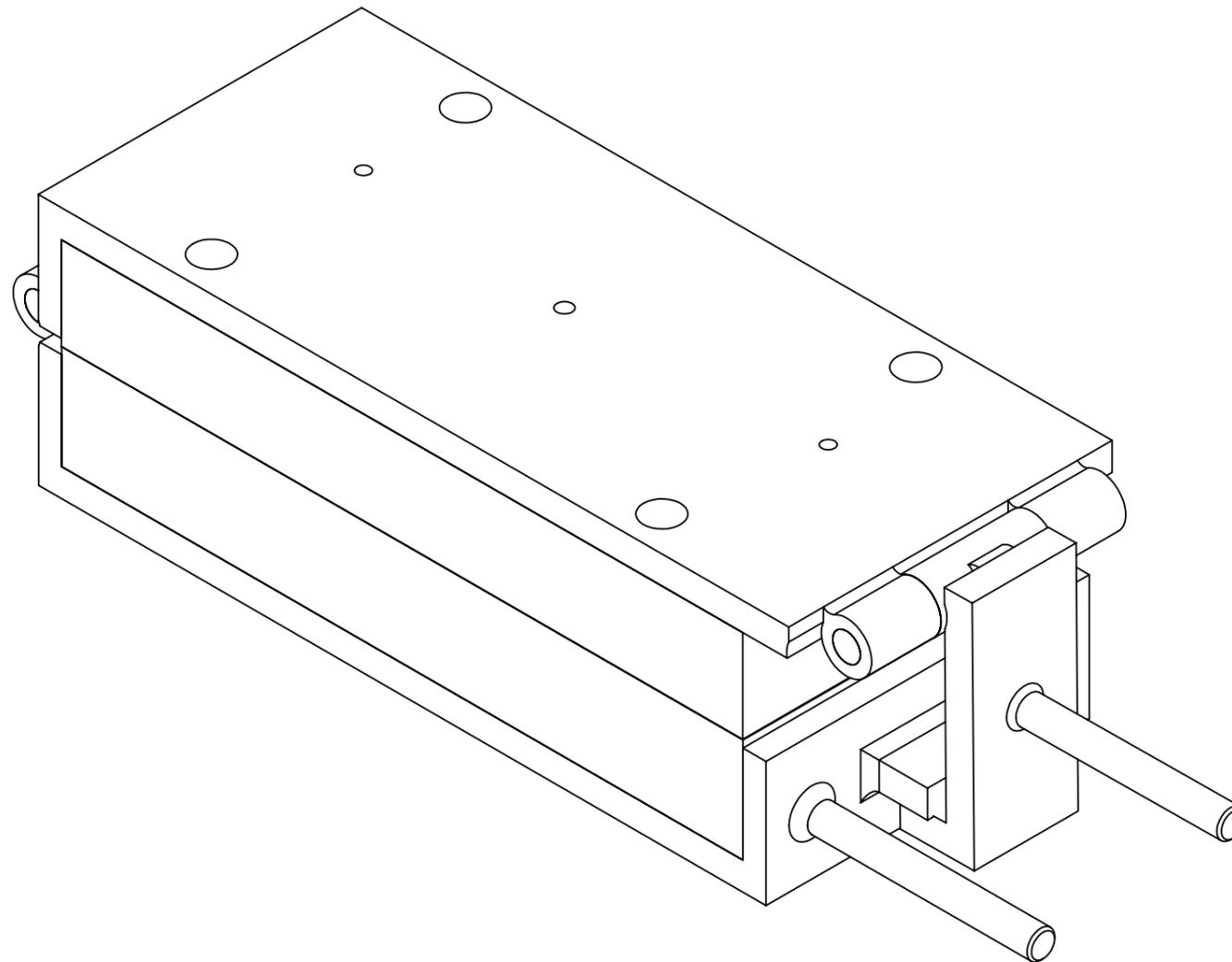
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

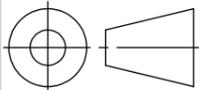
BIODATA PENULIS

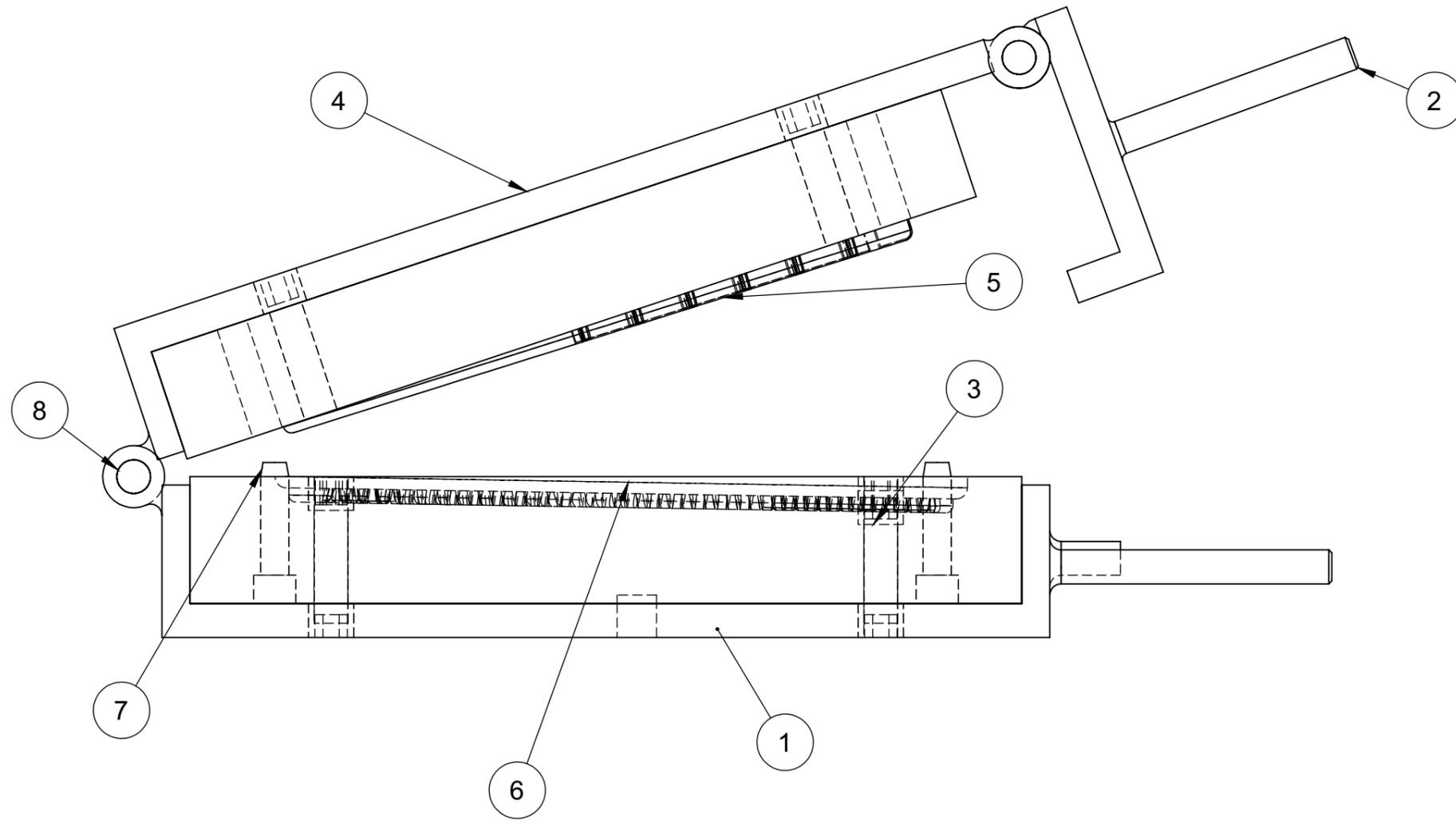


Penulis lahir di Lamongan, 12 April 1996 yang merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Jenjang pendidikan formal yang telah ditempuh yaitu, SDN Bluluk 1, SMPN 1 Ngimbang dan SMAN 2 Lamongan. Pada tahun 2015 melanjutkan pendidikan di Departemen Teknik Mesin Industri dan mengambil bidang studi Manufaktur di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama duduk di bangku kuliah penulis aktif mengikuti berbagai pelatihan dan organisasi. Adapun organisasi yang diikuti diantaranya : Ketua Biro Keilmiah Himpunan Mahasiswa Departemen Teknik Mesin Industri (HMDM) 2016/2017. Sekretaris Departemen Internal Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Vokasi ITS 2018.

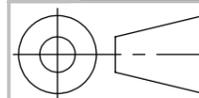
Pelatihan yang telah diikuti penulis, antara lain : PKTI (Pelatihan Karya Tulis Ilmiah) 2015, Pelatihan LKKM Pra-TD FTI-ITS, Pelatihan Motor Bakar HMDM, Pelatihan Karya Tulis Ilmiah FTI-ITS. Selain itu penulis pernah melakukan kerja praktik di PT. Petrokimia Gresik, Jawa Timur. Bagi pembaca yang ingin lebih mengenal penulis dan ingin berdiskusi lebih luas lagi dapat menghubungi email : arnandamf@gmail.com



	SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : ARNANDA METRIKA F	KETERANGAN :	
	UKURAN : mm	NRP : 1021150000079		
	TANGGAL : 20-07-2018	DILIHAT : Ir. HARI SUBIYANTO, M.Sc		
DEPT. T. MESIN ITS	ASSEMBLY TOTAL	NO	A3	



8	Engsel		
7	Guide Pin	Steel	4
6	Cavity Plate	Aluminium ADC12	1
5	Core Plate	Aluminium ADC12	1
4	Top Plate	Iron	1
3	Socket Bolt	Alloy Steel	8
2	Pengunci	Iron	1
1	Bottom Plate	Iron	1
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.



SKALA : 1 : 2
 UKURAN : mm
 TANGGAL :

DIGAMBAR :
 NRP :
 DILIHAT : Ir. HARI SUBIYANTO, M.Sc

KETERANGAN :

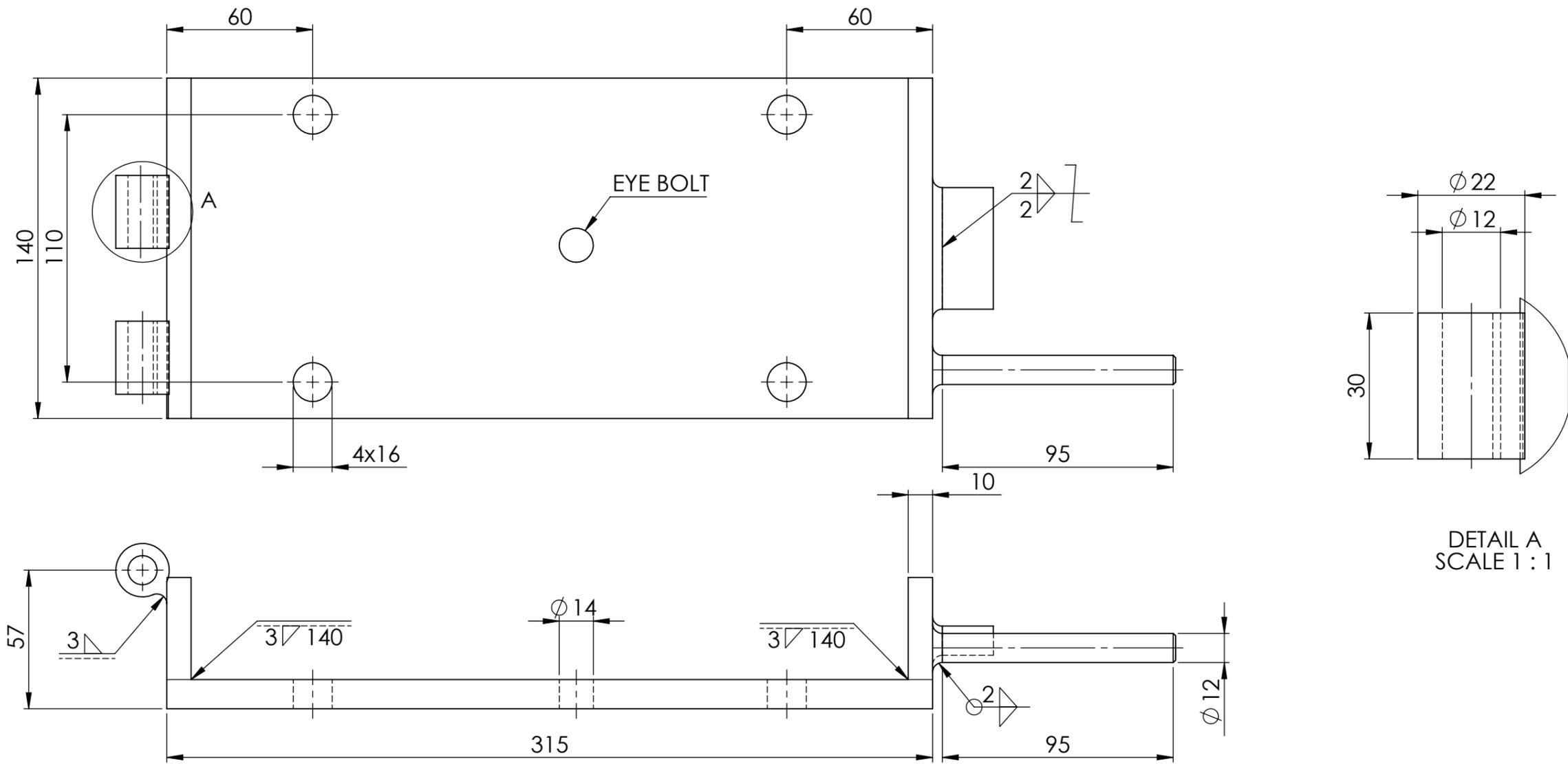
DEPT. T. MESIN ITS

DETAIL DRAWING

NO

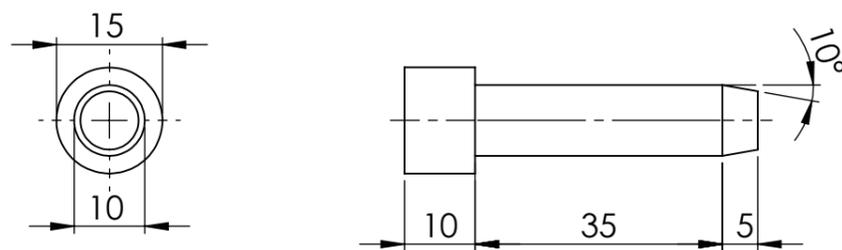
A3

1



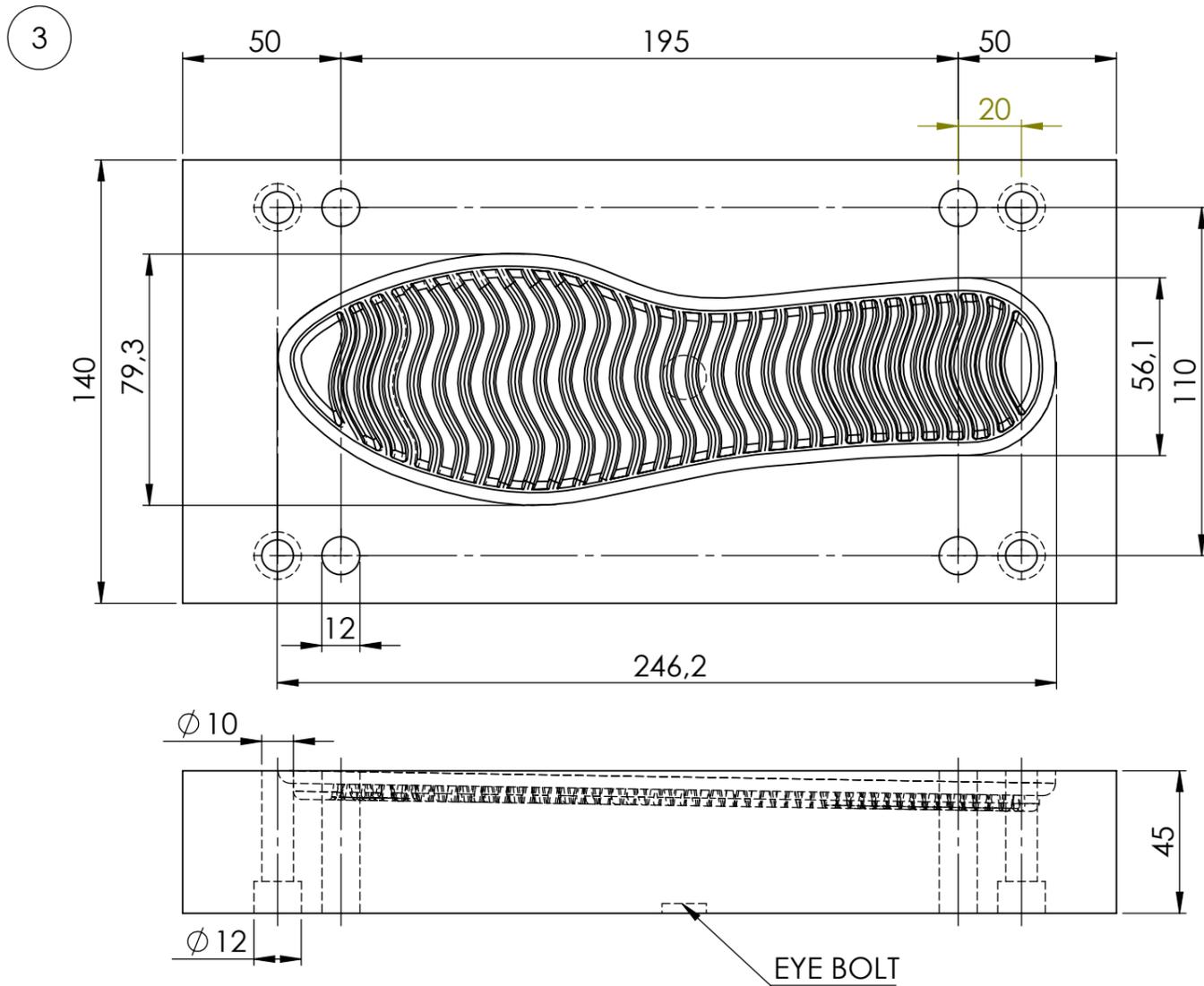
SKALA 1:2

2

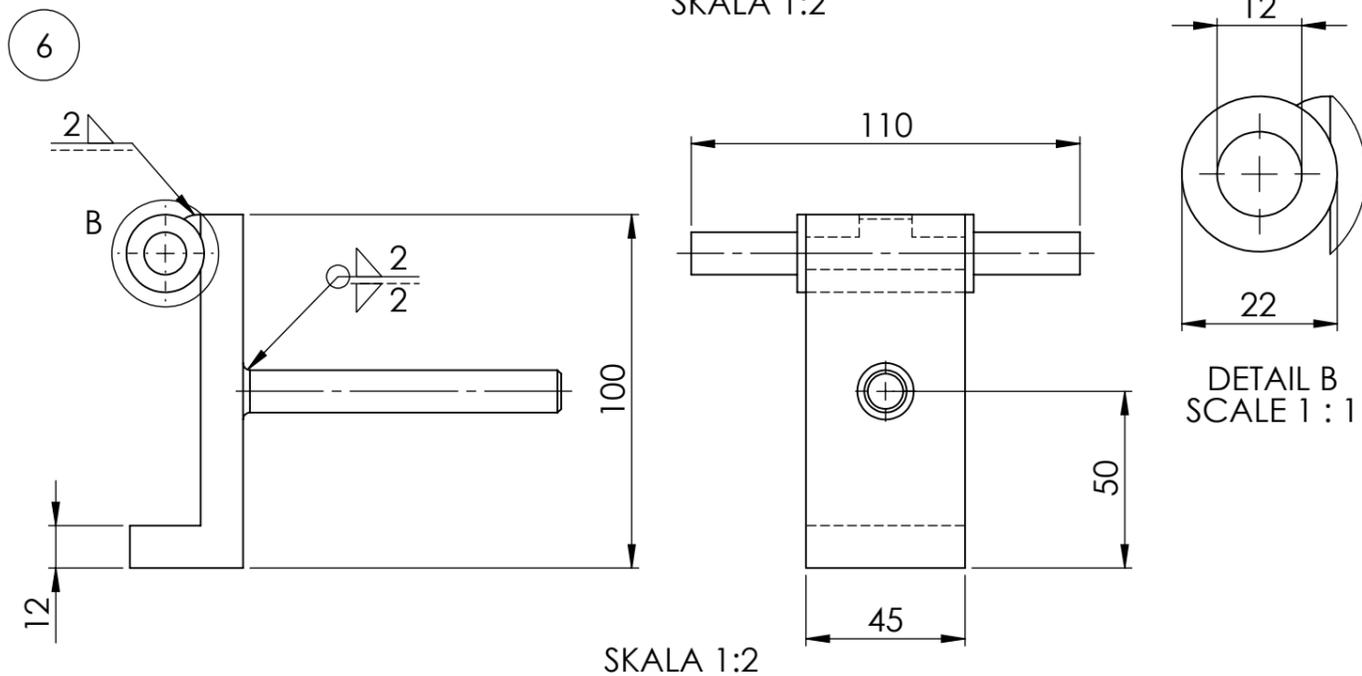


SKALA 1:1

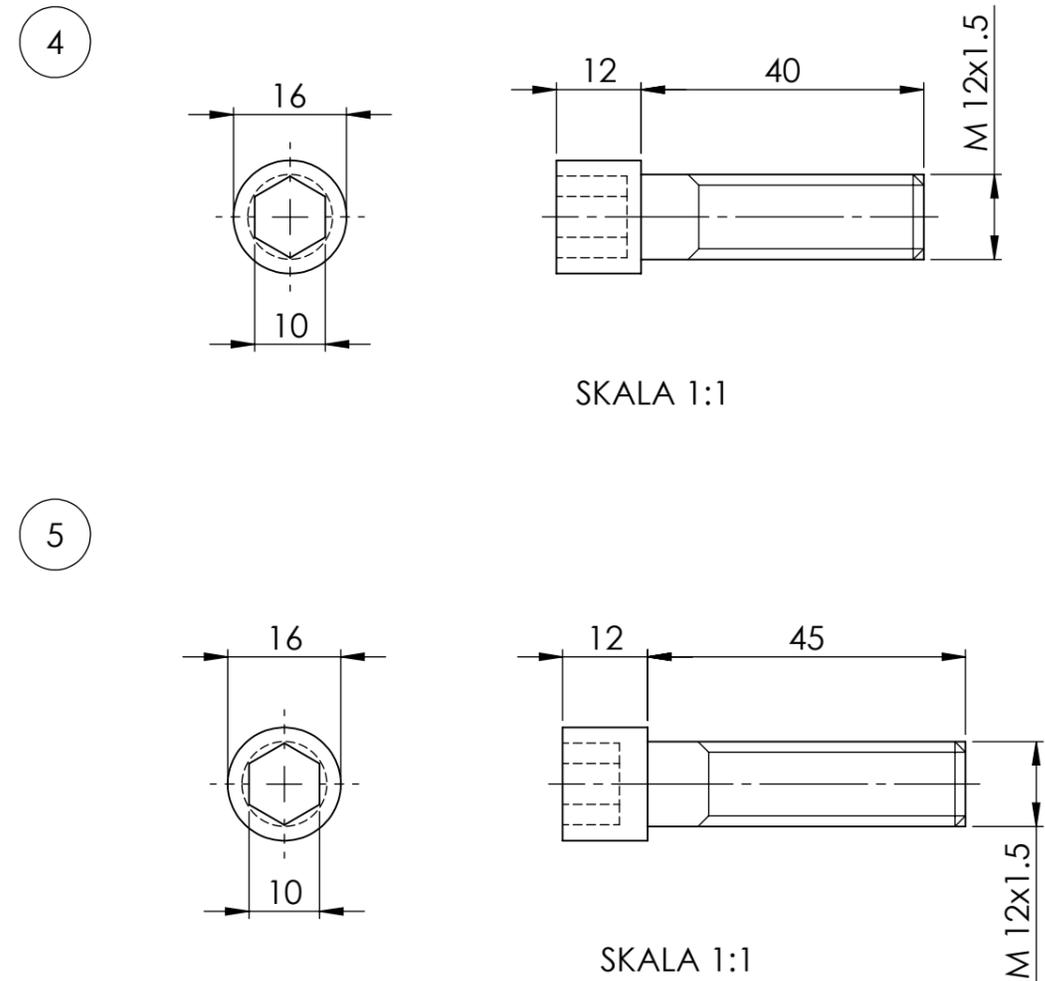
2	Guide Pin	Steel		4	
1	Bottom Plate	Iron		1	
ITEM NO.	NAMA BAGIAN	BAHAN	UKURAN	JUMLAH	KETERANGAN
	SKALA :	DIGAMBAR : ARNANDA METRIKA F		KETERANGAN :	
	UKURAN : mm	NRP : 1021150000079			
	TANGGAL : 12-07-18	DILIHAT : Ir. HARI SUBIYANTO. M,Sc.			
DEPT. T. MESIN ITS		PART LIST DETAIL DRAWING		NO	A3



SKALA 1:2

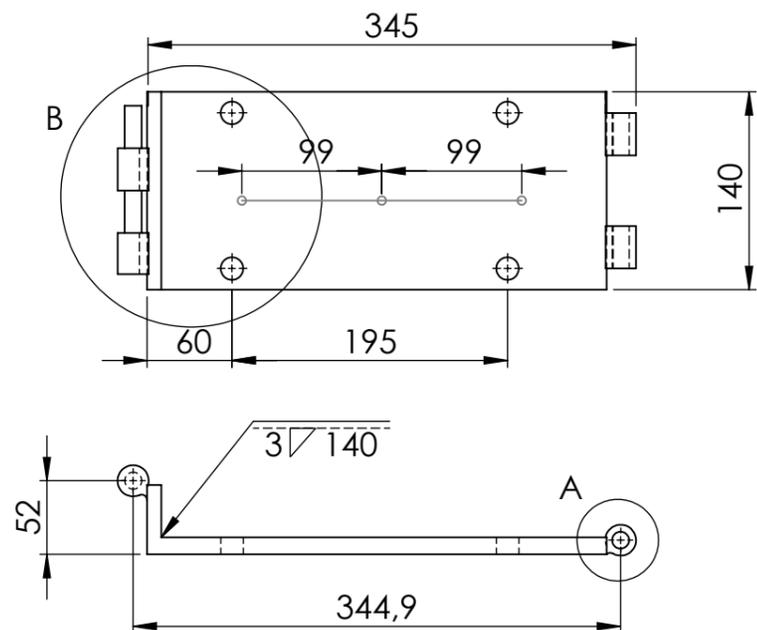


SKALA 1:2

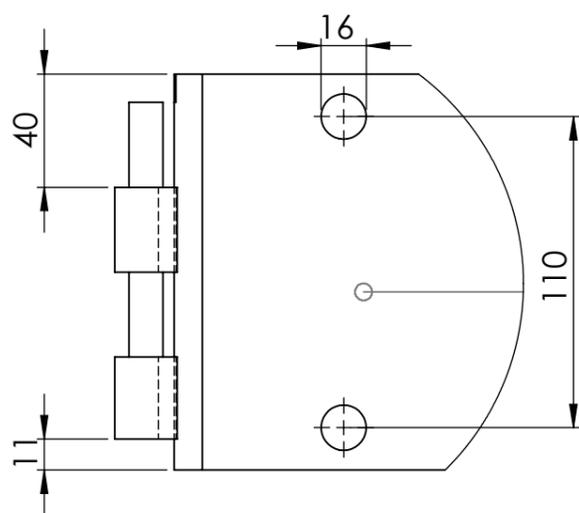


6	Pengunci & Engsel	Iron		1	
5	Socket Bolt	Alloy Steel		4	
4	Socket Bolt	Alloy Steel		4	
3	Cavity Plate	Aluminium ADC12		1	
ITEM NO.	NAMA BAGIAN	BAHAN	UKURAN	JUMLAH	KETERANGAN
	SKALA :	DIGAMBAR : ARNANDA METRIKA F		KETERANGAN :	
	UKURAN : mm	NRP : 1021150000079			
	TANGGAL : 12-07-18	DILIHAT : Ir. HARI SUBIYANTO, M.Sc.			
DEPT. T. MESIN ITS		PART LIST DETAIL DRAWING		NO	A3

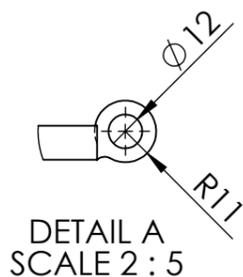
7



SKALA 1 : 5

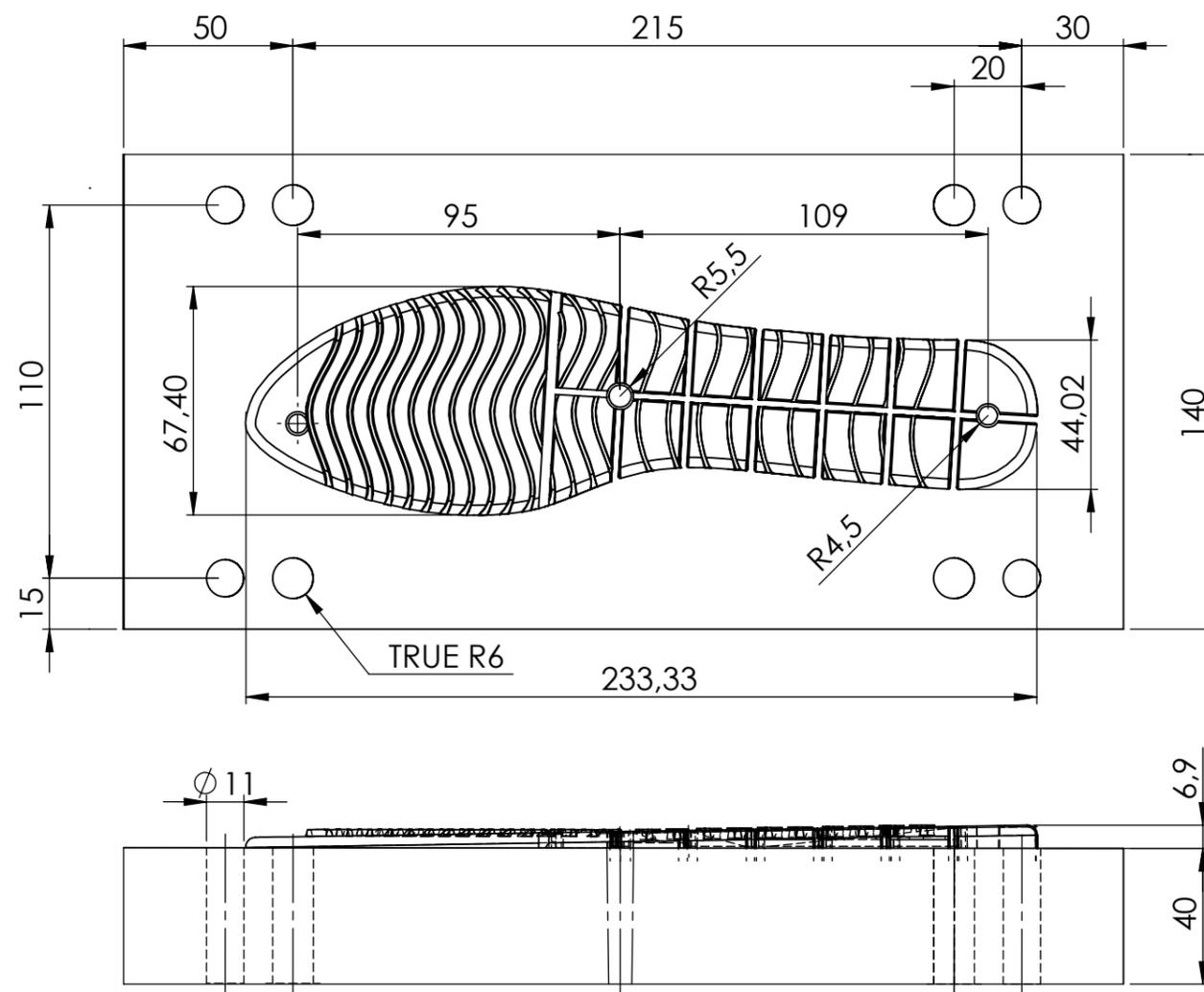


DETAIL B
SCALE 2 : 5



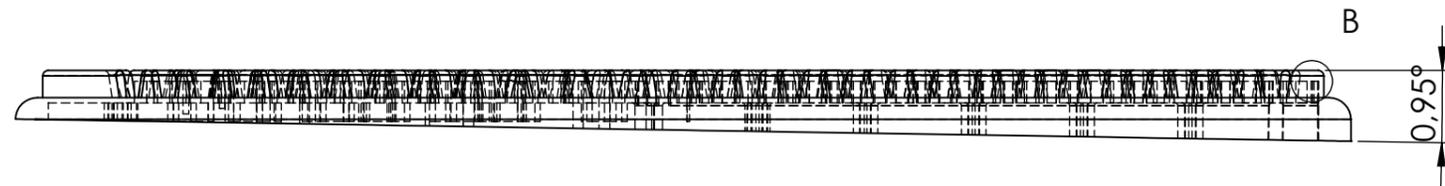
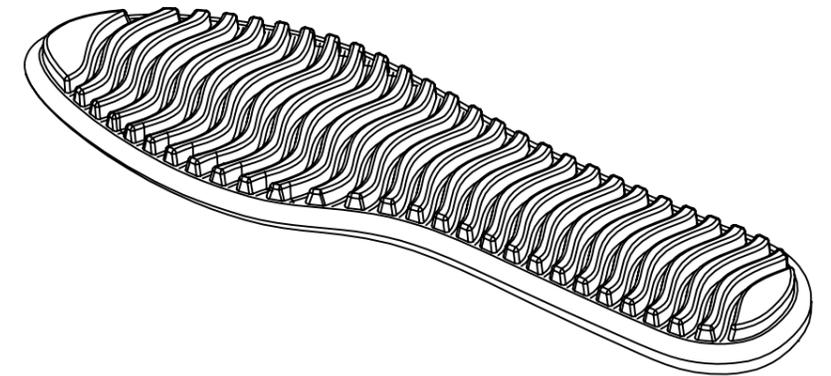
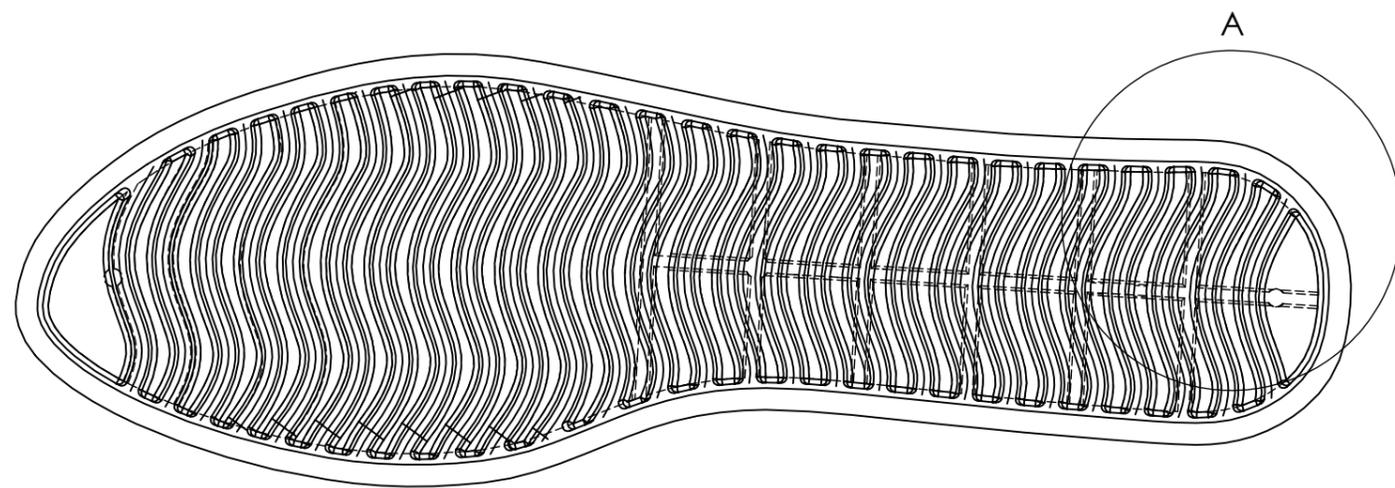
DETAIL A
SCALE 2 : 5

8

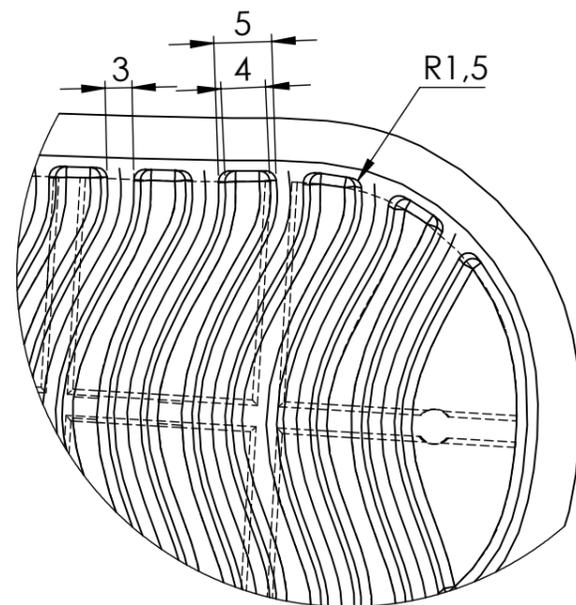


SKALA 1 : 2

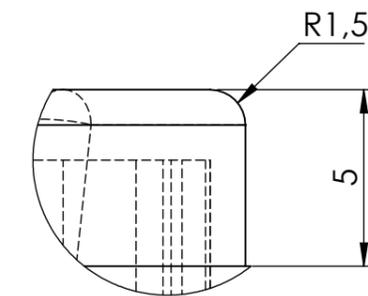
8	Core Plate	Alluminium ADC12		1	
7	Top Plate	Iron		1	
ITEM NO.	NAMA BAGIAN	BAHAN	UKURAN	JUMLAH	KETERANGAN
	SKALA :	DIGAMBAR : ARNANDA METRIKA F		KETERANGAN :	
	UKURAN : mm	NRP : 1021150000079			
	TANGGAL : 12-07-18	DILIHAT : Ir. HARI SUBIYANTO, M.Sc.			
D3 MESIN ITS		PART LIST DETAIL DRAWING		NO	A3



SKALA 1:1

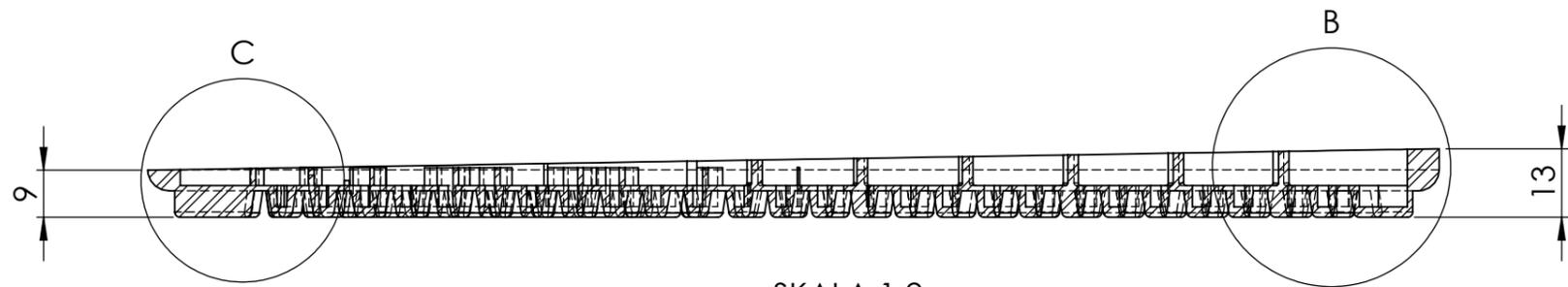
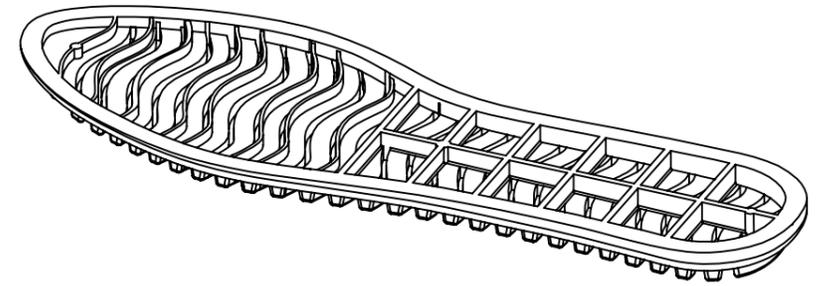
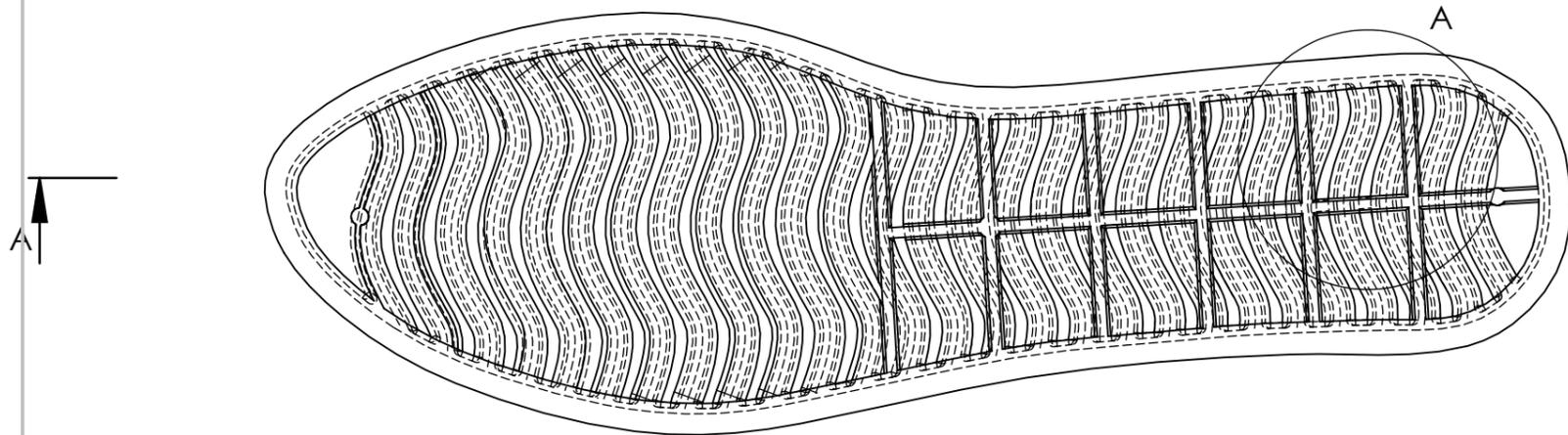


DETAIL A
SKALA 2:1

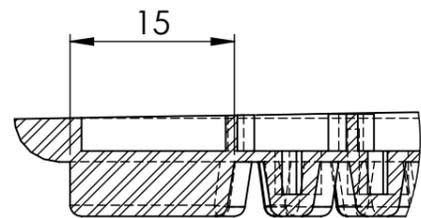


DETAIL B
SCALE 5:1

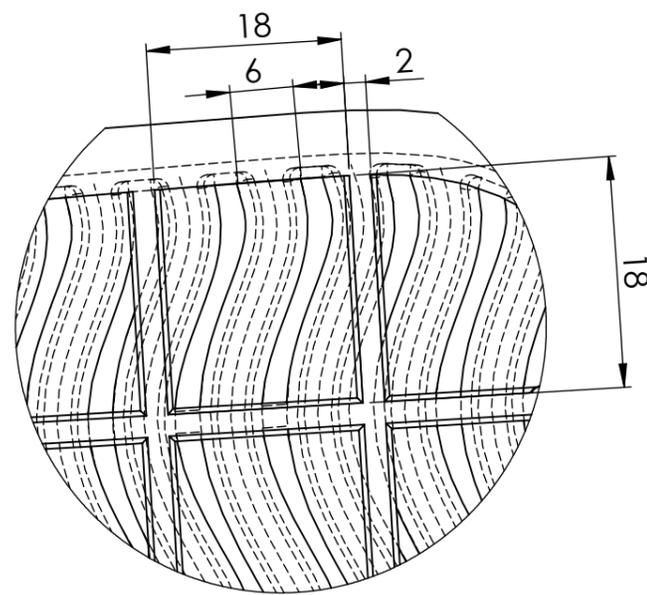
1	HASIL PRODUK SOL	PVC		1	
ITEM NO.	NAMA BAGIAN	BAHAN	UKURAN	JUMLAH	KETERANGAN
	SKALA : 1 : 1	DIGAMBAR : ARNANDA METRIKA F		KETERANGAN :	
	UKURAN : mm	NRP : 1021150000079			
	TANGGAL : 12-07-18	DILIHAT : Ir. HARI SUBIYANTO, M.Sc			
DEPT. T. MESIN ITS		POLA BAWAH		NO	A3



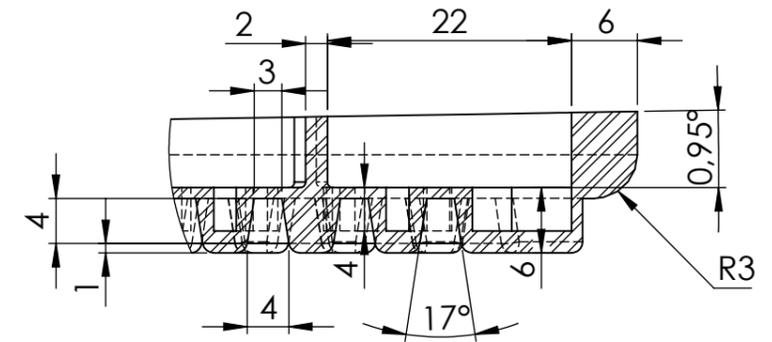
SKALA 1:2



DETAIL C
SKALA 1:1



DETAIL A
SKALA 1:1



DETAIL B
SKALA 1:1

1	HASIL PRODUK SOL	PVC		1	
ITEM NO.	NAMA BAGIAN	BAHAN	UKURAN	JUMLAH	KETERANGAN
	SKALA	: 1 : 1	DIGAMBAR : ARNANDA METRIKA F		KETERANGAN :
	UKURAN	: mm	NRP : 1021150000079		
	TANGGAL	: 12-07-18	DILIHAT : Ir. HARI SUBIYANTO, M.Sc		
DEPT. T. MESIN ITS		HASIL PRODUK SOL ATAS		NO	A3