



**TUGAS AKHIR - TM 145502**

**RANCANG BANGUN PROSES PEMBUATAN CETAKAN  
SOL SEPATU MELALUI METODE PENGECORAN LOGAM**

**ADDINA WAHYU SAFITRI**  
**NRP 10211500000082**

**Dosen Pembimbing**  
**Ir. Hari Subiyanto, M.Sc**  
**NIP 19600623 198803 1 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III**  
**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI**  
**Fakultas Vokasi**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2018**



**TUGAS AKHIR - TM 145502**

**RANCANG BANGUN PROSES PEMBUATAN CETAKAN  
SOL SEPATU MELALUI METODE PENGECORAN LOGAM**

ADDINA WAHYU SAFITRI  
NRP 1021150000082

Dosen Pembimbing  
Ir. Hari Subiyanto, M.Sc  
NIP 19600623 198803 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA III  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



**FINAL PROJECT - TM 145502**

**DESIGN AND BUILDING THE PROCESS OF  
MOLDING SOLE SHOES THROUGH METAL  
CASTING METHOD**

**ADDINA WAHYU SAFITRI  
NRP 1021150000037**

**COUNSELOR LECTURER  
Ir. Hari Subiyanto, M.Sc  
NIP 19600623 198803 1 002**

**Diplome III Program  
Industrial Mechanical Engineering Departement  
Faculty Of Vocation  
Sepuluh Nopember Institute Of Technology  
Surabaya 2018**

# **RANCANG BANGUN PROSES PEMBUATAN CETAKAN SOL SEPATU MELALUI METODE PENGECORAN LOGAM**

**Nama Mahasiswa** : Addina Wahyu Safitri  
**NRP** : 10211500000082  
**Departemen** : Teknik Mesin Industri FV-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Hari Subiyanto, M.Sc

## **Abstrak**

*Aluminium telah dipergunakan secara luas oleh masyarakat bukan saja untuk peralatan rumah tangga, tetapi juga digunakan pada industri manufaktur perseorangan yang kini semakin banyak. Aluminium banyak digunakan pada industri manufaktur karena mudah untuk di daur ulang. Dalam pembuatan material insert cetakan yang digunakan pada rotary injection molding machine ini adalah Aluminium ADC 12 melalui proses pengecoran. Karena jika pada Aluminium murni memiliki kekuatan dan kekerasan yang rendah. Oleh sebab itu, ditambah unsur paduan untuk meningkatkan kekuatan mekanisnya. Unsur-unsur paduan tersebut adalah tembaga, silisium, magnesium, mangan, nikel dan sebagainya, yang dapat mengubah sifat sifat paduan aluminium.*

*Dalam penelitian dilakukan proses pembuatan cetakan logam dari penggipsuman hingga pengecoran logam. Pola yang digunakan adalah pola pejal yang merupakan hasil dari produk sol sepatu. Selain itu, dalam penelitian ini juga menganalisa pengaruh temperature penuangan, system saluran ideal yang digunakan pada saat menuangkan logam cair kedalam cetakan, serta pengaruh penyusutan pada cavity terhadap hasil cetakan logam fix plate. Kemudian dilakukan penggipsuman rongga cetak atas dengan menggunakan alas cetakan logam fix plate yang diasumsikan sejajar sehingga didapatkan hasil dimensi yang sama dengan cetakan logam fix plate. Terakhir yaitu proses menggabungkan fix plate dan moving plate dengan koreksi menggunakan plastisin pada core dan cavity.*

*Dari penelitian ini didapatkan waktu tuang logam cair kedalam cetakan fix plate selama 7,4 detik. Sedangkan pada moving plate selama 7,1 detik. Jenis saluran turun efektif menggunakan bottom gating system dimana tinggi penuangan ideal kedalam rongga cetak sebesar 7,6 cm. sedangkan pada moving plate sebesar 7,3 cm. Presentase penyusutan logam cair pada fix plate sebesar 0,48 % dan pada moving plate sebesar 0,5 %. sehingga dilakukan pengkoreksian dimensi pada cavity dan core akibat penyusutan cetakan logam. Kemudian tidak dilakukan penambahan adonan gipsum pada proses penggipsuman pola atas, melainkan proses tersebut dilakukan pada cetakan resin atas. Setelah cetakan moving plate jadi maka proses penggabungan dilakukan dengan mengkoreksi dimensi core dan cavity dengan menggunakan plastisin.*

**Kata kunci :** *Aluminium ADC 12, Moving Plate, Fix Plate, Cetakan, Logam Cair.*

# DESIGN AND BUILDING THE PROCESS OF MOLDING SOLE SHOES THROUGH METAL CASTING METHOD

**Name** :Addina Wahyu Safitri  
**ID** :1021150000082  
**Department** :Industrial Mechanical Engineering  
**Advisor Lecturer** :Ir. Hari Subiyanto, M.Sc

## **Abstract**

*Aluminum has been used extensively by society not only for household appliances, but also used in more and more individual manufacturing industries. Aluminum is widely used in the manufacturing industry because it is easy to recycle. In the manufacture of mold insert material used in the rotary injection molding machine is Aluminum ADC 12 through the casting process. Because if on pure Aluminum has low strength and hardness. Therefore, plus alloying elements to increase its mechanical strength. The elements of the alloy are copper, silicium, magnesium, manganese, nickel and so on, which can change the properties of aluminum alloy properties.*

*In the research, the process of making metal mold from gypsum process to metal casting. The pattern used is the solid pattern which is the result of the shoe sole product. In addition, in this study also analyzed the influence of pouring temperature, ideal line system used when pouring molten metal into the mold, and the effect of shrinkage on the cavity to the fix plate. Then done the gypsum process top pattern by using output of fix plate that is assumed parallel to get the output of dimension same as fix plate. Finally, the process of combining fix plates and moving plates with correction using plastisin on core and cavity.*

*From this study, is get the total cast time metal liquid into mold fix plate for 7.4 seconds. While on the moving plate for 7.1 seconds. This type of line down is effective using a bottom gating system where the ideal casting height into the mold is 7.6 cm. while on the moving plate of 7.3 cm. The percentage of liquid metal shrinkage on the fix plate is 0.48% and the moving plate is 0.5%. so that the dimensional correction on the cavity and core due to shrinkage metal molds. Then no addition of gypsum dough on the process of making pattern above, but the process is done on the top resin mold. After the mold moving plate done then the process of merging is done by correcting the core and cavity dimensions by using plasticine.*

*Keywords: Aluminum ADC 12, Moving Plate, Fix Plate, Mold, Liquid Metal.*

## LEMBAR PENGESAHAN

### RANCANG BANGUN PROSES PEMBUATAN CETAKAN SOL SEPATU MELALUI METODE PENGECORAN LOGAM

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Ahli Madya Teknik Mesin Industri  
Pada Bidang Studi Manufaktur  
Program Studi Diploma III  
Departemen Teknik Mesin Industri  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh:

**Addina Wahyu Safitri**  
**NRP. 1021150000082**



Surabaya, Juli 2018



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji dan syukur dipanjatkan kehadirat ALLAH SWT karena atas rahmat dan karunia-NYA, sehingga penulis mampu menyelesaikan salah satu syarat wajib bagi mahasiswa untuk menyelesaikan pendidikan pada departemen teknik mesin industri, fakultas vokasi, ITS-Surabaya.

Tugas akhir ini berjudul : **“Rancang Bangun Pembuatan Cetakan Sol Sepatu Melalui Metode Pengecoran Logam”**

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis berusaha menerapkan ilmu yang didapat selama menjalani perkuliahan di Departemen Teknik Mesin Industri. Kiranya penulis tidak akan mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini tanpa bantuan, saran, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Hari Subiyanto, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, saran dan masukan saat mengerjakan Tugas Akhir ini sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini tepat pada waktunya.
2. Bapak Ir. Suhariyanto, M.T. selaku koordinator TA Departemen Teknik Mesin Industri.
3. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, M.T. selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri yang selalu memberikan bantuan dan motivasi.
4. Bapak Dr. Ir. Bambang Sampurno, M.T. selaku dosen wali yang selalu sabar dalam memberikan pengarahan disetiap perwalian.
5. Tim dosen penguji yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam rangka perbaikan tugas akhir ini.
6. Segenap Bapak/Ibu Dosen Pengajar dan Karyawan di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS, yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan selama penulis menuntut ilmu di kampus ITS.
7. Ayah dan Ibu penulis terimakasih untuk segalanya. Rasanya tak cukup apa yang bisa ananda berikan untuk Ayah dan Ibu.

8. Segenap Keluarga Besar Penulis yang telah memberikan segalanya bagi penulis.
9. Bapak Taufiq Rohman selaku ayah sekaligus pemilik **“Bengkel Matras Jaya”** beserta rekan-rekan pekerja yang telah banyak membantu pada seluruh proses dari pembuatan rongga cetak gipsum, pengecoran matras hingga menjadi cetakan yang siap dikirim ke perusahaan.
10. Teman-teman seangkatan D3mits 2015 dan My Queen 2015.
11. Nogogeni ITS Team 2017/2018 selaku keluarga kedua yang selalu mensupport kegiatan non akademis dan akademis selama di D3 Mesin Industri ITS.
12. Arnanda Metrika Faradini selaku partner tugas akhir.
13. Sahabatku Oriza, fiya, nindi, alfi, nadia, friska, mila, ambar, Adiet’s Angel, Tujuh Serangkai, serta member GS yang telah memberi semangat serta dukungan membara untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
14. Baqir, anam, mas haped, rohmadoni, adiet, senna, bagus bima yang telah membantu memberikan semangat, dukungan serta motivasi untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.
15. Sahabat-sahabat yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang selalu menghibur dikala suka dan duka.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>Cover</b> .....	<b>ii</b>
<b>Lembar Pengesahan</b> .....	<b>iv</b>
<b>Abstrak</b> .....	<b>vi</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>viii</b>
<b>Kata Pengantar</b> .....	<b>x</b>
<b>Daftar Isi</b> .....	<b>xii</b>
<b>Daftar Gambar</b> .....	<b>xvi</b>
<b>Daftar Tabel</b> .....	<b>xviii</b>
<b>BAB 1 Pendahuluan</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
1.6. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.1. Pola .....	7
2.1.1. Bahan-Bahan Membuat Pola .....	7
2.1.2. Macam-Macam Pola .....	8
2.1.3. Hal Yang Perlu Diperhatikan Dalam Membuat Pola..	10
2.1.4. Pola Yang Digunakan Dalam Penelitian .....	10
2.2. Rongga Cetak .....	11
2.2.1. Gypsum .....	12
2.3. Pasir Cetak .....	12
2.3.1. Syarat Bagi Pasir Cetak .....	12
2.3.2. Macam Pasir Cetak .....	14
2.3.3. Susunan Pasir Cetak .....	14
2.3.4. Sifat-Sifat Pasir Cetak .....	15
2.3.5. Pasir Resin .....	15
2.4. Lapisan Cetakan .....	17
2.4.1. Lapisan Cetakan Untuk Cetakan Pasir Resin Basah ..	17
2.4.2. Lapisan Cetakan Untuk Cetakan Pasir Resin Kering..	18
2.5. Penentuan Berat Benda Coran .....	18

2.6. Penentuan Waktu Tuang .....	19
2.7. Penentuan Tinggi Saluran Efektif .....	19
2.8. Pengecoran Logam .....	21
2.9. Aluminium ADC 12 .....	21
2.10. Paduan Al-Si-Cu .....	23
2.10.1. Paduan Aluminium-Tembaga .....	23
2.10.2. Paduan Aluminium-Silisium .....	24
2.10.3. Paduan Aluminium-Magnesium .....	24
2.10.4. Paduan Aluminium Tahan Panas .....	25
2.10.5. Pengaruh Unsur Paduan .....	25
2.11. Faktor Penting Dalam Penuangan Logam Cair .....	27
2.11.1. Penentuan Tambahan Penyusutan .....	27
2.11.2. Penentuan Tambahan Penyelesaian Mesin .....	28
2.11.3. Kemiringan Pola .....	29
2.11.4. Tebal Dinding Minimum Coran .....	29
2.11.5. Sudut Siku dan Tajam .....	30
2.12. Proses Solidifikasi .....	30
2.13. Penyusutan dan Toleransinya .....	31
2.14. Prosentase Perhitungan Penyusutan Logam .....	33
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>35</b>
3.1. Flow Chart Penelitian .....	35
3.2. Observasi Lapangan .....	38
3.3. Studi Literatur .....	38
3.4. Identifikasi Masalah .....	38
3.5. Persiapan Alat dan Bahan .....	39
3.5.1. Bahan Yang Digunakan dalam Penelitian .....	39
3.5.2. Alat Yang Digunakan dalam Penelitian .....	39
3.6. Langkah-Langkah Penelitian .....	40
3.6.1. Persiapan Pola .....	40
3.6.2. Pembuatan Mal Pada Pola .....	40
3.6.3. Proses Penggipsuman Pertama .....	40
3.6.4. Proses Penggipsuman Kedua .....	40
3.6.5. Pembuatan Cetakan Resin Bawah .....	44
3.7. Proses Pengecoran .....	47
3.7.1. Proses Peleburan Logam Aluminium .....	48

3.7.2.	Proses Penuangan Logam Cair .....	50
3.7.3.	Proses Pembongkaran Cetakan .....	54
3.7.4.	Proses Machining .....	54
3.8.	Pembuatan Moving Plate .....	55
3.8.1.	Pola .....	55
3.8.2.	Rongga Cetak Moving Plate .....	55
3.8.3.	Cetakan Resin Pada Moving Plate .....	57
3.8.4.	Penuangan Logam Cair Pada Moving Plate .....	58
3.9.	Proses Penggabungan Moving Plate dan Fix Plate .....	60
	<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>61</b>
4.1.	Perancangan Cetakan Bawah .....	61
4.1.1.	Perancangan Pola .....	61
4.2.	Data Hasil Pengecoran .....	63
4.3.	Penyusutan Pada Fix Plate .....	64
4.4.	Proses Koreksi Fix Plate dengan Menggunakan Mal .....	64
4.5.	Perancangan Cetakan Atas .....	65
4.5.1.	Perancangan Pola .....	65
4.6.	Penggipsuman Pada Moving Plate .....	67
4.7.	Proses Pembuatan Cetakan Resin Atas .....	68
4.8.	Penyusutan Pada Moving Plate .....	69
4.9.	Proses Koreksi Dimensi Pada Moving Plate .....	70
4.10.	Proses Menggabungkan Fix Plate dan Moving Plate .....	70
	<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>71</b>
5.1.	Kesimpulan .....	71
5.2.	Saran .....	72
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>73</b>
	<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>75</b>
	<b>BIODATA PENULIS .....</b>	<b>93</b>

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pola Tunggal.....	9
Gambar 2.2. Pola Belahan .....	9
Gambar 2.3. Pola Belahan Banyak .....	10
Gambar 2.4. Pola .....	11
Gambar 2.5. Gypsum .....	12
Gambar 2.6. Bentuk Butir Pasir Cetak .....	14
Gambar 2.7. Pasir Resin .....	16
Gambar 2.8. Top Gating System .....	19
Gambar 2.9. Bottom Gating System .....	20
Gambar 2.10. Parting Line Gating System .....	20
Gambar 2.11. Coran Paduan Al-Si-Cu .....	24
Gambar 2.12. Coran Paduan Al-Mg <sub>2</sub> Si .....	25
Gambar 2.13. Tambahan Penyelesaian Mesin .....	28
Gambar 2.14. Contoh Kemiringan Pola .....	29
Gambar 2.15. Pertemuan L .....	30
Gambar 2.16. Proses Solidifikasi .....	31
Gambar 3.1. Flow Chart Penelitian .....	38
Gambar 3.2. Pola Sol Sepatu Sisi Bawah .....	40
Gambar 3.3. Meja Untuk Proses Penggipsuman .....	41
Gambar 3.4. Kerangka Cetakan .....	41
Gambar 3.5. Kerangka Cetak Gypsum .....	42
Gambar 3.6. Proses Pencampuran Gypsum dengan Air .....	42
Gambar 3.7. Proses Penggipsuman Pertama .....	43
Gambar 3.8. Proses Penggipsuman Kedua .....	44
Gambar 3.9. Hasil Rongga Cetak Gypsum Bawah .....	44
Gambar 3.10. Kerangka Cetakan Resin .....	45
Gambar 3.11. Proses Pembuatan Cetakan Resin .....	45
Gambar 3.12. Proses Pemanasan Pasir Resin .....	46
Gambar 3.13. Cetakan Negatif dari Resin .....	46
Gambar 3.14. Proses Coating Pada Cetakan .....	47
Gambar 3.15. Hasil Cetakan Resin .....	47
Gambar 3.16. Cetakan Terbuka .....	48
Gambar 3.17. Aluminium ADC 12 .....	48
Gambar 3.18. Tanur Sederhana .....	49
Gambar 3.19. Proses Peleburan .....	49
Gambar 3.20. Termometer Infrared .....	50

Gambar 3.21. Meja Untuk Proses Penuangan .....	51
Gambar 3.22. Rangka Cetak Baja .....	51
Gambar 3.23. Proses Pencekaman .....	52
Gambar 3.24. Proses Logam Cair Saat Akan Dituangkan .....	52
Gambar 3.25. Logam Cair Yang Telah Dituang .....	53
Gambar 3.26. Proses Pendinginan .....	53
Gambar 3.27. Proses Pembongkaran Fix Plate .....	54
Gambar 3.28 Proses Machining Fix Plate .....	54
Gambar 3.29. Pola Sisi Atas .....	55
Gambar 3.30. Pemasangan Pola Pada Fix Plate.....	55
Gambar 3.31. Kerangka Cetakan Penggipsuman Moving Plate ..	56
Gambar 3.32. Hasil Rongga Cetak Gypsum Atas .....	57
Gambar 3.33. Hasil Penggipsuman Pada Moving Plate .....	57
Gambar 3.34. Proses Pembuatan Cetakan Resin .....	57
Gambar 3.35. Hasil Cetakan Resin Atas .....	58
Gambar 3.36. Penuangan Logam Cair .....	59
Gambar 3.37. Cetakan Aluminium Bagian Atas .....	59
Gambar 3.38. Assembly Top Plate dan Moving Plate .....	60
Gambar 3.39. Alat Yang Digunakan Saat Membuat Motif.....	60
Gambar 4.1. Dimensi Pola Bawah.....	61
Gambar 4.2. Dimensi Pola Atas .....	65
Gambar 4.3. Proses Penggipsuman Fix Plate .....	67
Gambar 4.4. Hasil Rongga Cetak Gypsum Atas .....	67
Gambar 4.5. Gypsum Yang Patah Saat Pelepasan Pola .....	68
Gamabr 4.6. Penggabungan Fix Plate dan Moving Plate.....	69



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sistem Satuan Ukuran Sepatu .....	11
Table 2.2. Komposisi Paduan Aluminium Menurut Standart JIS H5302.....	21
Tabel 2.3. Sifat Mekanik Paduan Aluminium Menurut Standart JIS H5302.....	22
Tabel 2.4. Aplikasi Atau Kegunaan Material Menurut Standar ASM Handbook Vol.15 1992 .....	22
Table 2.5. Tambahan Penyusutan Yang Disarankan .....	28
Table 2.6 Ketebalan Dinding Minimum Dari Pengecoran Pasir .	29
Table 2.7 Toleransi Penyusutan Logam Yang Di Cor Dalam Cetakan Pasir	

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Aluminium telah dipergunakan secara luas oleh masyarakat bukan saja untuk peralatan rumah tangga, tetapi juga digunakan pada industri manufaktur perseorangan yang kini semakin banyak. Aluminium banyak digunakan pada industri manufaktur karena mudah untuk di daur ulang.

Pengecoran logam adalah suatu proses manufaktur yang menggunakan logam cair dan cetakan untuk menghasilkan bentuk yang mendekati bentuk geometri akhir produk jadi. Jika ditinjau dari perkembangannya, teknik pengecoran logam dengan menggunakan material aluminium banyak dipilih karena merupakan logam yang ringan dan memiliki ketahanan korosi yang baik, serta mampu menghantarkan listrik yang baik.

Pada penelitian ini, Aluminium yang digunakan adalah aluminium paduan ADC 12. Karena pada Aluminium murni memiliki kekuatan dan kekerasan yang rendah. Oleh sebab itu, ditambah unsur paduan untuk meningkatkan kekuatan mekanisnya. Unsur-unsur paduan tersebut adalah tembaga, silisium, magnesium, mangan, nikel dan sebagainya, yang dapat mengubah sifat sifat paduan aluminium.

Berdasarkan pengamatan lapangan yang dilakukan di bengkel pembuatan cetakan sol sepatu di daerah Jombang Jawa Timur dilakukan proses pembuatan cetakan sol sepatu dan metode yang digunakan adalah merubah pola yang sudah ada, dengan menggunakan gipsium sebagai rongga cetak, kemudian rongga cetak diubah ke dalam bentuk pasir resin untuk mendapatkan bentuk yang sesuai dan selanjutnya pasir resin diubah menjadi cetakan logam melalui proses pengecoran logam yang pada akhirnya didapatkan cetakan logam bawah atau disebut dengan *fix plate* dan cetakan logam atas (*moving plate*). Pada proses pembuatan cetakan, sol sepatu digunakan pola yang kemudian akan dirubah menjadi cetakan logam melalui proses pengecoran

logam aluminium. Namun, pada pembuatan cetakan logam sol sepatu, terdapat beberapa permasalahan seperti saat menyinkronkan antara cetakan bawah (*fix plate*) dan cetakan atas (*moving plate*) agar tidak bergeser saat ditangkupkan.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengetahui cara penyelesaian masalah tersebut dari awal proses pembuatan cetakan rongga cetak gipsum yang didapat dari pola sol sepatu dan dijadikan sebagai master untuk membuat rongga cetak gipsum sisi bawah dan atas. Selanjutnya dilakukan proses membuat cetakan resin bawah dan atas untuk mendapatkan dimensi yang sama seperti rongga cetak gipsum. Pada proses pembuatan cetakan resin dilakukan dengan menggunakan pasir resin yang dikeraskan dengan cara pemanasan untuk mendapatkan bentuk yang sesuai rongga cetak. Kemudian dilakukan proses pengecoran menggunakan logam Aluminium ADC 12 (Tatanama menurut JIS/Japan Industri Standard). Proses pengecoran menggunakan metode *open casting* (cetakan terbuka) dengan bantuan plat pembatas baja untuk mendapatkan bentuk yang sesuai. Tahapan pengecoran logam dilakukan dari *fix plate* kemudian dilanjutkan dengan *moving plate*.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Dari uraian singkat dan latar belakang, maka diperoleh perumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh temperature tuang terhadap cetakan logam.
2. Bagaimana pengaruh system saluran turun efektif terhadap tinggi penuangan logam cair
3. Bagaimana pengaruh penyusutan yang terjadi pada cetakan logam *fix plate* terhadap *cetakan moving plate*.
4. Bagaimana pengaruh pelepasan pola dari rongga cetak gipsum sisi atas saat terjadi patah pada bagian lengkungan pola sol sepatu.
5. Bagaimana pengaruh cetakan resin pada sisi atas akibat rongga cetak gipsum yang patah pada saat dilepaskan dari pola.

6. Bagaimana cara menyinkronkan antara *fix plate* dan *moving plate* agar *cavity* dan *core* memiliki kesimetrisan dimensi saat ditangkupkan.

### **1.3. Batasan Masalah**

Beberapa batasan dan asumsi yang diajukan pada penelitian ini guna menyederhanakan permasalahan dan lebih memfokuskan ke arah penelitian adalah sebagai berikut:

- 1) Pola yang digunakan adalah pola bentuk gelombang dengan ukuran kaki kiri nomor 38.
- 2) Pasir cetak yang digunakan memiliki komposisi dan permeabilitas yang seragam (homogen).
- 3) Temperatur ruangan dianggap konstan.
- 4) Temperatur tuang logam cair dianggap konstan.
- 5) Komposisi kimia bahan coran sama.
- 6) Digunakan alat ukur untuk koreksi pola pada *fix plate* dan *moving plate*.
- 7) Digunakan plat kayu dan plat baja sebagai kerangka cetakan.

### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang didapat dari penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui pengaruh temperature penuangan pada saat logam cair dituangkan kedalam cetakan.
2. Mengetahui pengaruh system saluran turun yang ideal terhadap tinggi penuangan logam cair.
3. Mengetahui pengaruh penyusutan cetakan logam *fix plate* terhadap proses pembuatan *moving plate*.
4. Mengetahui cara mengatasi permasalahan rongga cetak gipsum yang patah akibat proses pelepasan pola pada sisi atas karena terdapat banyak lubang pada pola sisi atas.
5. Mengetahui cara mengatasi permasalahan pada cetakan resin sisi atas akibat pelepasan gipsum yang patah pada rongga cetak.

6. Mengetahui cara menyinkronkan antara *fix plate* dan *moving plate* agar mendapatkan kesesuaian dimensi pada *cavity* dan *core* saat ditangkupkan.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

- 1) Dapat mengetahui pengaruh temperature penuangan logam cair kedalam cetakan
- 2) Dapat mengetahui pengaruh penyusutan cetakan *fix plate* terhadap proses pembuatan cetakan *moving plate*.
- 3) Dapat mengetahui cara penyelesaian masalah pada proses penggipsuman pola sisi atas, dimana rongga cetak gipsum patah saat dilakukan pelepasan pola dari cetakan.
- 4) Dapat mengetahui cara penyelesaian masalah pada cetakan resin akibat dari pelepasan gipsum pada pola sisi atas yang patah.
- 5) Dapat mengetahui cara menyinkronkan antara *fix plate* dan *moving plate* dengan menggunakan koreksi mal sebagai alat ukur go not go serta jangka sorong terhadap pola agar mendapatkan kesimetrisan dimensi.

#### **1.6. Sistematika Penulisan**

Laporan penelitian ini disusun secara sistematis dan dibagi menjadi lima bab dengan perincian sebagai berikut :

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini berisikan penjelasan latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika laporan.

##### **BAB II DASAR TEORI**

Bab ini berisikan teori-teori yang dipakai sebagai dasar untuk melakukan rujukan dan pembahasan permasalahan yang diangkat pada penelitian ini.

##### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Sedangkan pada bab ini berisi uraian-uraian urutan proses pengerjaan penelitian ini yang meliputi diagram alir, material dan peralatan penelitian, dan prosedur yang diperlukan pada penelitian ini.

#### BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi analisa data dan pembahasan mengenai pengaruh temperature tuang pada cetakan, pengaruh saluran turun efektif terhadap ketinggian penuangan logam cair, pengaruh penyusutan cetakan *fix plate* terhadap proses pembuatan *moving plate*, dan bagaimana mendapatkan kesimetrian dimensi antara *fix plate* dan *moving plate*.

#### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi uraian kesimpulan dari hasil penelitian dan saran bagi pengembangan penelitian berikutnya.

*Hal ini sengaja dikosongkan*



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Pola**

Pola yang dipergunakan untuk pembuatan cetakan benda coran dapat digolongkan menjadi pola logam dan pola kayu (termasuk pola plastik). Pola logam digunakan agar dapat menjaga ketelitian ukuran benda coran, terutama dalam masa produksi, sehingga unsur pola bisa lebih lama dan produktivitas lebih tinggi.

Bahan dari pola logam bisa bermacam macam sesuai dengan penggunaannya. Sebagai contoh, logam tahan panas seperti : besi cor , baja cor dan paduan tembaga adalah cocok untuk untuk pola pada pembuatan cetakan kulit. Sedangkan untuk paduan ringan adalah mudah diolah dan dipilih untuk pola yang dipergunakan dalam masa produksi dimana pembuatan cetakan dilakukan dengan tangan.

Hal pertama yang dilakukan dalam pembuatan pola adalah megubah gambar perencanaan menjadi gambar untuk pengecoran. Dalam hal ini dipertimbangkan bagaimana membuat coran yang baik, bagaimana menurunkan biaya pembuatan cetakan, bagaimana membuat pola yang mudah, bagaimana mempermudah pembongkaran cetakan, kemudian menetapkan arah kup dan drag, posisi permukaan pisah, bagian yang dibuat oleh cetakan utama dan oleh cetakan inti. Selanjutnya menetapkan tambahan penyusutan, tambahan untuk penyelesaian dengan mesin, kemiringan pola, dan seterusnya dan dibuat gambar untuk pengecoran yang kemudian diserahkan kepada pembuat pola.

##### **2.1.1. Bahan- Bahan Membuat Pola**

Bahan bahan yang dipakai untuk pola yaitu kayu, resin, atau logam.

##### **A. Pola Kayu**

Kelebihan bahan pola dari kayu yaitu :

- Digunakan untuk pola yang ukurannya rumit.
- Mudah didapat.
- Mudah dikerjakan.

- Harganya murah.
- Kekurangan bahan dari pola kayu yaitu :
- Tidak bisa mengerjakan produksi massal
  - Sering terjadi penyusutan

### **B. Resin Sintesis Epoxy**

Resin sintesis epoxy merupakan resin yang banyak dipakai karena memiliki sifat penyusutan yang kecil pada waktu mengeras, tahan aus yang tinggi. Selain resin epoksi juga dipakai sebagai resin resin polistirena akan tetapi pola ini tidak dapat menahan penggunaan yang berulang ulang sebagai pola.

### **C. Pola Logam**

Bahan yang lazim dipakai untuk pola logam adalah besi cor. Biasanya dipakai besi cor kelabu karena sangat tahan aus, tahan panas dan tidak mahal. Paduan tembaga juga biasa dipakai untuk pola cetakan kulit agar dapat memanaskan bagian cetakan yang tebal secara merata.

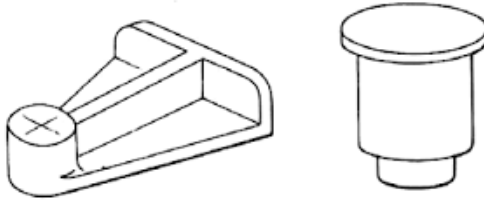
## **2.1.2. Macam Pola**

Pola mempunyai berbagai macam bentuk seperti yang diuraikan dibawah ini. Pada pemilihan macam pola harus diperhatikan produktivitas, kualitas coran dan harga pola.

### **1. Pola Pejal**

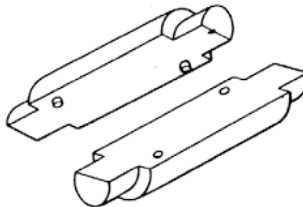
Pola pejal adalah pola yang biasa dipakai yang bentuknya hampir serupa dengan bentuk coran. Pola ini dibagi menjadi beberapa macam antara lain :

- a) Pola tunggal biasanya dibentuk serupa dengan corannya dan bentuk lebih sederhana, kadang-kadang dibuat juga menjadi satu dengan telapak inti.



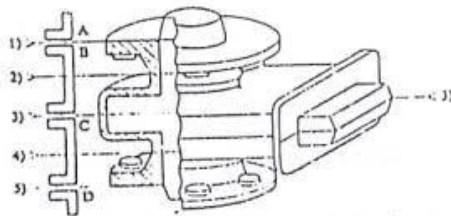
**Gambar 2.1** Pola Tunggal

- b) Pola belahan ini dibelah ditengah untuk memudahkan pembuatan cetakan. Pola dipakai bila bentuknya berupa silinder.



**Gambar 2.2** Pola Belahan

- c) Pola belahan banyak dimana dalam hal ini pola dibagi menjadi tiga belah atau lebih untuk memudahkan penarikan dari cetakan dan untuk penyederhanaan pemasangan inti.



1), 2), 3), 4), 5): Permukaan pisah dari pola.  
A), B), C), D): Permukaan penutup dari rangka.

### Gambar 2.3 Pola Belahan Banyak

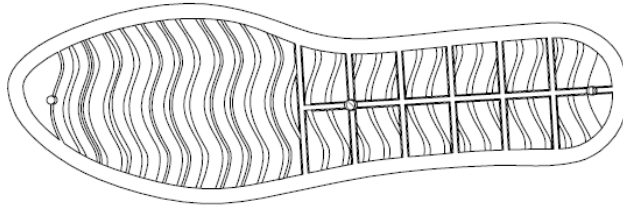
#### 2.1.3. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan pola.

Pada proses pembuatan pola ada beberapa hal penting yang harus diperhatikan, yaitu :

1. Permukaan pola harus baik dan halus agar tidak merusak cetakan pada proses pelepasan pola.
2. Dimensi dari pola benda coran harus dibuat penambahan  $\pm 5\text{mm}$  dari ukuran sebenarnya untuk mencegah penyusutan yang terjadi dan untuk proses finishing dari benda coran.
3. Penentuan tambahan penyelesaian mesin setelah pengecoran harus dibuat dengan kelebihan tebal seperlunya. Kelebihan tebal ini berbeda menurut bahan, ukuran, arah kup dan drag, dan keadaan pekerjaan mekanik.
4. Faktor kemiringan pola juga diperlukan, hal ini bertujuan agar memudahkan pengangkatan pola dari cetakan sehingga tidak merusak cetakan.

#### 2.1.4. Pola Yang digunakan Pada Penelitian

Pola yang digunakan pada penelitian ini menggunakan sol sepatu berbentuk gelombang dengan ukuran 38.



**Gambar 2.4** Pola

Angka tersebut merupakan satuan ukuran panjang sepatu menurut Satuan System Eropa atau biasa disebut dengan *Paris Stick* dimana 1 PS=0,6436 cm. Jadi sepatu ukuran 38 PS = 24,5 cm.

**Tabel 2.1** Tabel 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	10	10.5	12	13	14	15.5	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 3/8	10 1/2	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		

## 2.2. Rongga Cetakan

Rongga cetakan (*cavity*) merupakan ruangan untuk tempat logam cair yang dituang ke dalam cetakan. Bentuk rongga cetak ini sama dengan benda kerja yang akan dicor. Rongga cetakan dibuat dengan menggunakan pola.

Rongga cetak yang digunakan pada penelitian ini menggunakan gipsum sebagai bahan baku agar mendapatkan rongga cetakan yang sama dengan bentuk pola yang telah ada.

### 2.2.1. Gipsum

Gipsum merupakan mineral dengan senyawa kimia  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Bentuknya berupa kristal warna putih dan berwarna kuning, abu-abu, jingga atau hitam. Kadar kalsium mendominasi mineralnya. Gipsum termasuk dalam kelompok jenis material keramik *cements*. Material *cements* umumnya digunakan dengan cara dicampur air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Jumlah air sangat berpengaruh dalam campuran ini. Pemakaian gipsum harus memperhatikan daya serap terhadap air. Pada penelitian ini jenis gipsum yang dipakai *gypsum mould casting*. Jenis gipsum ini dipilih karena bahan pola terbuat dari plastik sehingga untuk mendapatkan bentuk yang sesuai pola maka rongga cetak dibuat dari gipsum. Selain itu ketahanan panas dari gipsum tersebut mencapai  $1000^\circ\text{C}$ .



**Gambar 2.5** Gipsum

## 2.3. Pasir Cetak

### 2.3.1. Syarat Bagi Pasir Cetak

Pasir cetak yang digunakan pada penelitian ini harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Mempunyai sifat mampu bentuk sehingga mudah dalam pembuatan cetakan dengan kekuatan yang cocok. Cetakan yang dihasilkan harus kuat sehingga tidak rusak karena dipindah-pindah dan dapat

menahan logam cair waktu dituang ke dalamnya. Karena itu kekuatannya pada temperatur kamar dan kekuatan panasnya sangat diperlukan.

2. Permeabilitas yang cocok. Dikuatirkan bahwa hasil coran mempunyai cacat seperti rongga penyusutan, gelembung gas atau kekasaran permukaan, kecuali jika udara atau gas yang terjadi dalam cetakan waktu penuangan disalurkan melalui rongga-rongga di antara butir-butir pasir keluar dari cetakan dengan kecepatan yang cocok.
3. Distribusi besar butir yang cocok. Permukaan coran diperhalus kalau coran dibuat di dalam cetakan yang berbutir halus. Tetapi kalau butir pasir terlalu halus, gas dicegah keluar dan membuat cacat, yaitu gelembung udara. Distribusi besar butir harus cocok mengingat dua syarat tersebut.
4. Tahan terhadap temperatur logam yang dituang. Temperatur penuangan yang biasa untuk bermacam-macam coran dinyatakan dalam tabel berikut :

<b>Macam Coran</b>	<b>Temperatur Penuangan (°C)</b>
Paduan Ringan	650-750
Brons	1100-1250
Kuningan	950-1100
Besi Cor	1250-1450
Baja Cor	1500-1550

Pasir dan pengikat harus mempunyai derajat tahan api tertentu terhadap temperatur tinggi, kalau logam cair dengan temperatur ini dituang ke dalam cetakan.

5. Komposisi yang cocok. Butir pasir bersentuhan dengan logam yang dituang mengalami peristiwa kimia dan fisika karena logam cair mempunyai temperatur yang tinggi. Bahan-bahan yang tercampur mungkin menghasilkan gas atau larut dalam logam adalah tidak dikehendaki.

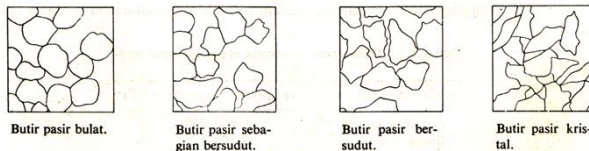
6. Mampu pakai. Pasir harus dipakai berulang-ulang agar ekonomis.
7. Pasir harus murah.

### 2.3.2. Macam Pasir Cetak

Pasir silika, dalam beberapa hal didapat dari gunung dengan keadaan alamiah atau bisa juga dengan jalan memecah kwarsit. Semuanya mempunyai bagian utama  $\text{SiO}_2$ , dan terkandung kotoran-kotoran seperti mika atau felspar. Pasir pantai dan pasir kali terutama berisi kotoran seperti ikatan organik yang banyak. Kotoran ini diinginkan sekecil mungkin. Pasir silika alam dan pasir silika buatan kwarsit yang dipecah berisi sedikit kotoran. Terutama yang terakhir ini mempunyai sedikit kotoran dan jumlah  $\text{SiO}_2$  lebih dari 95%.

### 2.3.3. Susunan pasir cetak

- 1) Bentuk butir pasir dari pasir cetak digolongkan menjadi beberapa jenis yaitu butir pasir buldar, butir pasir sebagian tersudut, butir pasir bersudut, butir pasir kristal, dan sebagainya.



**Gambar 2.6** Bentuk Butir Pasir Cetak

Jenis butir pasir buldar baik sebagai pasir cetak, karena memerlukan jumlah pengikat yang lebih sedikit untuk mendapat kekuatan dan permeabilitas tertentu., serta mampu alirnya baik sekali. Pasir berbutir kristal kurang baik untuk pasir cetak, sebab akan pecah menjadi butir-butir kecil pada pencampuran serta memberikan ketahanan api dan permeabiliti yang buruk pada cetakan, dan selanjutnya membutuhkan pengikat dalam jumlah banyak.



- 2) Untuk coran yang besar dan cetakan pasir kering, dipakai pasir silika yang telah dicampur dengan tanah lempung yang mempunyai derajat tahan api tinggi. Kadang kadang dibuthkan bentonit, yaitu satu jenis dari tanah lempung. Bentonit terdiri dari butir-butir halus dari 10 sampai  $0,01\mu$  yang fasa penyusun utamanya ialah monmorilonit ( $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ ). Keplastisan terjadi karena pengelembungan dengan menambahkan air padanya.

#### **2.3.4. Sifat-Sifat Pasir Cetak**

- 1) Sifat sifat-sifat cetakan yang berubah selama antara pembuatan cetakan dan penuangan disebut sifat penguatan oleh udara. Umumnya hal itu disebabkan oleh pergerakan air dalam cetakan dan penguapan air dari permukaan cetakan. Hal terakhir meninggikan kekerasan permukaan cetakan. Derajat kenaikan kekerasan tergantung pada sifat campuran pasir, derajat pemadatan atau keadaan sekeliling cetakan (temperatur udara luar, kelembaban, dan seterusnya). Penguapan air membuat permukaan cetakan dari pasir yang dicampur bentonit menjadi getas. Karena itu laju penguapan air harus diatur.
- 2) Sifat sifat kering  
Pasir dengan pengikat lempung yang dikeringkan mempunyai permeabilitas dan kekuatan yang meningkat dibandingkan dengan dalam keadaan basah, karena air bebas dan air yang diabsorpsi pada permukaan butir tanah lempung dihilangkan. Faktor yang memberikan pengaruh sangat besar pada sifat-sifat kering adalah kadar air sebelum pengeringan.
- 3) Sifat sifat panas  
Cetakan mengalami temperatur tinggi dan tekanan tinggi dari logam cair pada waktu penuangan. Sehingga kekuatan panas, pmuaian panas, dan sebagainya harus diketahui sebelumnya.

- 4) Sifat-sifat sisa  
Sifat-sifat cetakan yang dibutuhkan ketika coran diambil dari cetakan setelah penuangan disebut sifat sisa. Untuk pembongkaran, perlu sifat mampu ambruk yang baik. Sifat mampu ambruk dari pasir cetak dengan mudah dapat disingkirkan dari permukaan coran.

### 2.3.5. Pasir Resin

Pasir cetak yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir resin. Pasir resin digunakan karena memiliki inti ikatan resin yang menciptakan bentuk internal yang diinginkan. Titik fusi Silika yang tinggi ( $1760^{\circ}\text{C}$ ) dan laju ekspansi termal yang rendah menghasilkan cetakan yang stabil sesuai dengan semua suhu dan sistem paduan penuang. Kemurnian kimianya juga membantu mencegah interaksi dengan katalis atau tingkat pengawetan pengikat kimia.



**Gambar 2.7** Pasir Resin

Pada penelitian ini, pasir resin yang digunakan adalah jenis pasir Resin *Coated Sand*. Pasir resin jenis ini memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Pemadatan tidak diperlukan.
2. Pengerasan dicapai dengan pemanasan dengan temperatur  $200^{\circ}\text{C}$ .

3. Kekuatan maksimal langsung dicapai setelah pengerasan.
4. Dapat disimpan lama sebelum pengecoran.
5. Kualitas permukaan coran sangat baik.
6. Kemampuan hancur setelah pengecoran sangat baik.
7. kekurangan dari pasir resin jenis ini yaitu tidak dapat di daur ulang.

#### **2.4. Lapisan Cetakan**

Setelah pola ditarik dari cetakan , grafit atau bubuk mika yang dicampur air, dicatkan atau disemprotkan pada permukaan cetakan dengan maksud sebagai berikut :

- 1) Mencegah fusi an penetrasi logam
- 2) Mendapatkan permukaan coran yang halus
- 3) Membuang pasir inti dan pasir cetak dengan mudah pada waktu pembongkaran
- 4) Meniadakan cacat cacat yang disebabkan pasir, umpamanya sirip.

Untuk mencapai maksud tersebut diatas bahan pelapis harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- 1) Sifat tahan panas untuk dapat menerima temperatur penuangan
- 2) Pelapis setelah kering harus cukup kuat, tidak rusak karena logam cair.
- 3) Tebal pelapis yang cukup agar dapat mencegah penetrasi logam.
- 4) Gas yang ditimbulkan harus sedikit.

##### **2.4.1. Lapisan Cetakan untuk Cetakan Pasir Basah**

Untuk pelapis cetakan pasir basah dipakai grafit, bubuk mika atau talek yang murni. Bahan ini ditaburkan atau dicatkan dengan kuas pada permukaan cetakan basah. Cara pelapisan sebagai berikut :

- 1) Dalam hal penaburan, bubuk yang dimasukkan dalam kantong kain katun, pertama harus ditaburkan pada permukaan bidang cetakan yang tegak.

- 2) Dalam hal pengecatan, bubuk pada ujung kuas dicat pada permukaan tegak dari bawah ke atas.
- 3) Bubuk cenderung untuk menumpuk di dasar rongga, ia harus disapu atau ditiup keluar.

#### **2.4.2. Lapisan cetakan untuk cetakan pasir kering**

Pelapisan cetakan pasir kering dilakukan sebagai berikut :

- 1) Periksa konsentrasi cat pelapis sebelum pelapisan.
- 2) Pelapisan dilakukan sebelum pengeringan pertama bagi cetakan yang akan dikeringkan satu kali, dan setelah pengeringan pertama bagi cetakan yang akan dikeringkan dua kali.
- 3) Pelapisan dilakukan dengan penyemprotan atau pengecatan.
- 4) Pelapisan pada permukaan tegak dilakukan dengan menyapu dari bawah ke atas.
- 5) Dalam hal pelapisan cetakan yang sudah kering, cetakan lebih baik dibasahi dulu dengan air dicampur lempung.
- 6) Setelah penyemprotan atau pengecatan, lapisan cetakan dihaluskan dengan spatula, kalau perlu.
- 7) Perlu diketahui bahwa lapisan cetakan dapat rontok pada waktu penuangan, hal ini bisa terjadi jika cat pelapis dicat lagi pada permukaan cetakan yang telah dilapisi dan dikeringkan.

#### **2.5. Penentuan Berat Benda Coran**

Karena berat benda coran tidak dapat ditimbang sebelum melakukan pengecoran, maka untuk menghitung berat benda coran digunakan perumusan sebagai berikut :

$$\text{Berat benda } (W) = V \cdot \rho \quad (\text{Pers 2.1.})$$

Dimana :

$W$	= Berat benda coran (lb)
$V$	= Volume benda (in <sup>3</sup> )
$\rho$	= Densitas logam cair (lb/in <sup>3</sup> )

## 2.6. Penentuan Waktu Tuang

Penentuan waktu tuang untuk coran dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Pouring time } (t) = f \cdot \sqrt{W} \quad (\text{Pers. 2.2})$$

Dimana,

W = Berat total benda cor (lb)

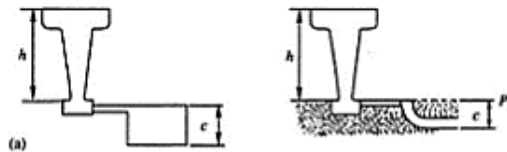
t = waktu tuang (second)

nilai konstanta  $f$  bervariasi dari 0,9-2,6

## 2.7. Penentuan Tinggi Saluran Turun Efektif

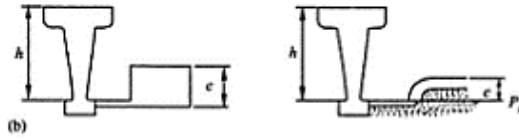
Ada tiga jenis sistem saluran yang umum digunakan dan pada penelitian ini menjadi variasi utama untuk diteliti perbedaan dan keunggulannya dilihat dari hasil benda coran dan cacat yang dihasilkan yakni *top gating system*, *parting line gating system*, dan *bottom gating system*.

Pada *top gating system* logam cair masuk pada bagian atas rongga cetak. Metode ini menaikkan *directional solidification* dari bawah menuju atas pada produk coran. Akan tetapi, metode ini hanya cocok untuk produk coran yang rata dan relatif sederhana. Selain itu, ada kemungkinan kerusakan (erosi) yang terjadi pada rongga cetak karena efek jatuh bebas dari logam cair selama proses pengisian.



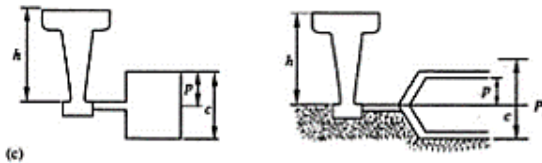
Gambar 2.8 Top Gating System

*Bottom gating system* memiliki karakteristik yang berlawanan dengan *top gating system* dimana logam cair masuk pada bagian bawah rongga cetak secara perlahan dengan gangguan yang lebih kecil. Metode ini direkomendasikan untuk produk coran yang tinggi. Selain itu efek jatuh bebas yang terjadi pada *top gating system* dapat dihindari.



**Gambar 2.9** Bottom Gating System

*Parting line gating system* mengkombinasikan karakteristik *top* dan *bottom gating system*. Pada kasus ini, logam cair masuk pada rongga cetak pada level yang sama. Logam cair masuk melalui sprue dan mencapai *parting surface* yang menghubungkan *runner* dan *ingate* secara horisontal.



**Gambar 2.10** Parting Line Gating System

Dimana,

H = Tinggi saluran efektif (in)

h = Tinggi saluran turun (in)

c = Tinggi rata rata benda coran (in)

p = Separuh tinggi rata rata benda coran (in)

Sehingga saluran turun efektif masing-masing jenis gating system dapat mengikuti rumus berikut :

a. *Top Gating System*

Saluran turun efektif :  $H = h$  (pers.2.3.)

b. *Parting-Line Gating System*

Saluran turun efektif :  $H = \frac{2hc-p^2}{2c}$  (pers.2.4.)

c. *Bottom Gating System*

Saluran turun efektif :  $H = h - \frac{c}{2}$  (pers. 2.5.)

## 2.8. Pengecoran Logam

Pengecoran logam adalah proses manufaktur logam dengan cara mencairkan logam sampai dengan suhu temperatur lelehnya. Kemudian logam cair dituangkan ke dalam rongga cetakan, sehingga akan dihasilkan suatu bentuk yang diinginkan sesuai dengan bentuk rongga cetak. Proses-proses yang dilakukan dalam pengecoran adalah pembuatan cetakan, pencairan logam, penuangan logam cair ke dalam cetakan, pembongkaran cetakan, dan pembersihan cetakan.

## 2.9. Aluminium ADC 12

Aluminium murni mempunyai sifat mampu cor dan sifat mekanis yang jelek. Oleh karena itu dipergunakan paduan aluminium karena sifat-sifat mekanisnya akan diperbaiki dengan menambahkan tembaga, silisium, magnesium, mangan, nikel, dan sebagainya. Coran paduan Aluminium adalah ringan dan merupakan penghantar panas yang baik sekali yang dipergunakan apabila sifat-sifat tersebut diperlukan seperti terlihat pada tabel berikut :

**Tabel 2.2** Komposisi paduan Aluminium menurut Standar JIS H5302

Paduan	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ni	Zn
JIS ADC12	84.2 0	9.6 to 12.0	<1.3	1.5 to 3.5	<0.5	<0.3	<0.5	<1.0

Sumber : Pengujian di POLMAN Ceper Klaten

Menurut Bambang Suharno, 2006, Aluminium paduan ADC12 (Al-12% Si) merupakan aluminium yang memiliki kemampuan alir baik , dapat dipakai pada proses *high pressure die casting*. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah temperature tuang (700°C, 750°C, dan 800°C).

**Tabel 2.3** Sifat mekanik paduan aluminium menurut JIS H5302

JIS							Brinell Hardness				
		Tensile strength Rm Mpa min.			Yield strength Rp 0,2 Mpa min.			HB		HRB	
	Average	$\sigma$	ASTM	Average	$\sigma$	ASTM	Average	$\sigma$	ASTM	Average	$\sigma$
ADC1	250	46	290	172	22	130	71.2	3.5	72	36.2	5.5
ADC3	279	48	320	179	35	170	71.4	1.8	76	36.7	2.2
ADC5	(213)	65	310	145	26	190	64.4	2.4	74	(30.1)	3.7
ADC6	266	61	280	172	23		64.7	2.3	67	27.3	3.9
ADC10	241	34	320	157	18	160	73.6	2.4	83	39.4	3.0
<b>ADC12</b>	<b>228</b>	<b>41</b>	<b>310</b>	<b>154</b>	<b>14</b>	<b>150</b>	<b>74.1</b>	<b>1.5</b>	<b>86</b>	<b>40.0</b>	<b>1.8</b>
ADC14	193	28	320	188	31	250	76.8	1.7	108	43.1	2.1

Paduan aluminium ADC 12 ini memiliki kesetaraan dengan paduan aluminium 384.0-F dan 383.0-F (ASM Handbook vol.15,1992). Menurut standar klasifikasi AA, aluminium jenis ini termasuk ke dalam paduan Al-Si-Cu. Seperti terlihat pada tabel berikut :

**Tabel 2.4** Aplikasi Atau Kegunaan Material Menurut Standar ASM Handbook Vol 15 1992

Paduan	Perwakilan Aplikasi
308.0	coran cetakan tujuan umum permanen, kisi-kisi hias dan reflektor
319.0	Engine crankcases; bensin dan tangki minyak, panci minyak; frame mesin tik; bagian-bagian mesin
332.0	Otomotif dan piston, puli,
333.0	Gas meter dan bagian regulator; blok gigi; coran otomotif umum; piston
354.0	Premium-kekuatan coran untuk industri kedirgantaraan
355.0	Pasir: piston kompresor udara; cetak bedplates pers; jaket air; crankcases. Tetap: impeller, fitting pesawat udara; timinggears; kasus mesin jet kompresor
356.0	Pasir: roda gila tuang; kasus transmisi otomotif, panci minyak; badan pompa. Tetap: mesin bagian alat; roda pesawat udara; badan pesawat tuang; pagar jembatan
A356.0	Struktural bagian yang membutuhkan kekuatan tinggi; bagian mesin, truk bagian chassis



357.0	Tahan korosi dan aplikasi tekanan-ketat
359.0	kekuatan coran untuk industri kedirgantaraan
360.0	bagian motor tempel, peralatan tas, pelat penutup, coran laut dan pesawat
A360.0	Cover piring, peralatan tas, bagian-bagian sistem irigasi; bagian motor tempel; engsel
380.0	rumah untuk mesin pemotong rumput dan pemancar radio; udara coran rem; kasus gigi
A380.0	Aplikasi membutuhkan kekuatan pada suhu tinggi
<b>384.0</b>	<b>Pistons dan aplikasi layanan lainnya; transmisi otomatis</b>
390.0	Piston dengan mesin pembakaran dalam, blok, manifold, dan kepala silinder
413.0	Arsitektur, hias, laut, dan makanan dan aplikasi peralatan susu
A413.0	piston motor tempel, peralatan gigi, frame mesin tik; jalan perumahan lampu
443.0	Cookware; pipa fitting, fitting laut; cetakan ban; badan karburator
514.0	Alat kelengkapan untuk kimia dan penggunaan limbah; susu dan makanan peralatan penanganan; cetakan ban

## 2.10. Paduan Al – Si – Cu

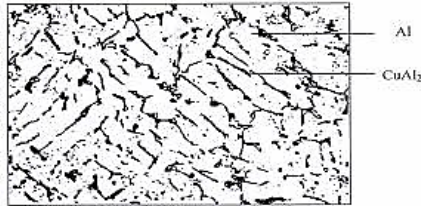
Aluminium dipakai sebagai paduan daripada sebagai logam murni, sebab tidak kehilangan sifat ringan dan sifat-sifat mekanisnya dan mampu coranya diperbaiki dengan menambah unsur-unsur lain. Unsur-unsur paduan itu adalah tembaga, silisium, magnesium, mangan, nikel dan sebagainya, yang dapat mengubah sifat-sifat paduan aluminium.

### 2.10.1. Paduan Aluminium – Tembaga

Paduan aluminium-tembaga adalah paduan aluminium yang mengandung tembaga 4,5% memiliki sifat-sifat mekanik dan mampu mesin yang baik sedangkan mampu coranya agak jelek.

Paduan aluminium-tembaga-silisium dibuat dengan menambah 4-5% silisium pada paduan aluminium-tembaga untuk memperbaiki mampu coranya, paduan ini

disebut “lताल”, adalah salah satu dari paduan aluminium yang terutama. Paduan ini dipakai untuk bagian bagian dari motor mobil, meteran dan rangka utama dari katup-katup.



(Sumber : Surdin, T.; Chijiwa, K., 1976)

**Gambar 2.11** Coran Paduan Al-Si-Cu (100x)

### 2.10.2. Paduan Aluminium – Silisium

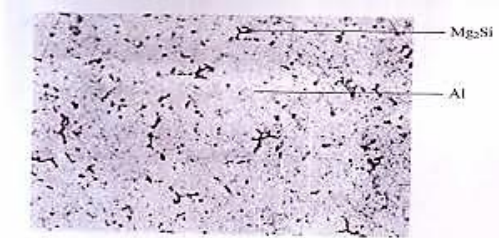
Paduan eutektik dari aluminium dan silisium sekitar 2% disebut silumin yang memiliki mampu cor yang baik, sehingga terutama dipakai untuk bagian-bagian mesin biasa. Tetapi paduan yang biasa dicor mempunyai sifat mekanik yang buruk karena butir-butir silisium yang besar, sehingga ia dicor dengan tambahan natrium dan agitasi dari logam cair untuk membuat kristal halus dan memperbaiki sifat mekaniknya. Tetapi cara ini tidak efektif untuk coran tebal.

Paduan aluminium-silisium diperbaiki dalam sifat-sifat mekaniknya dengan menambahkan magnesium, tembaga, atau mangan, dan selanjutnya diperbaiki dengan perlakuan panas. Paduan aluminium dengan Si 7-9 % dan Mg 0,3-1,7 % dikeraskan dengan pengerasan presipitasi dimana terjadi presipitasi  $Mg_2Si$ , sehingga sifat-sifat mekaniknya dapat diperbaiki.

### 2.10.3. Paduan Aluminium – Magnesium

Paduan aluminium yang mengandung magnesium sekitar 4% atau 10 % mempunyai ketahanan korosi dan sifat-sifat mekanik yang baik. Ia mempunyai kekuatan tarik diatas  $30 \text{ kgf/mm}^2$  dan perpanjangan diatas

12 % setelah perlakuan panas. Paduan ini disebut hidronalium dan dipakai untuk bagian-bagian dari alat industri kimia, kapal laut, kapal terbang, dan sebagainya, yang membutuhkan ketahanan korosi.



(Sumber : Sardin, T.; Chijiwa, K., 1976)

**Gambar 2.12** Coran Paduan Al-Mg<sub>2</sub>Si

#### **2.10.4. Paduan Aluminium Tahan Panas**

Paduan Y ialah paduan Al-Cu-Ni-Mg yang kekuatannya tidak berubah sampai 200°C dan sangat tinggi walaupun pada temperatur 300°C, sehingga paduan ini dipergunakan untuk torak atau tutup silinder.

Lo-Ex adalah paduan Al-Si-Cu-Ni-Mg, yang mempunyai koefisien muai rendah dan kekuatan panasnya tinggi, sehingga ia dipakai untuk torak dan sebangsanya.

#### **2.10.5. Pengaruh Unsur Paduan Utama Minor Terhadap Sifat Mekanik dan Karakteristik Paduan Aluminium.**

##### **a. Silisium (Si)**

Unsur Si dalam paduan aluminium mempunyai pengaruh positif :

- Meningkatkan sifat mampu alir (*High Fluidity*).
- Mempermudah sifat pengecoran
- Meningkatkan daya tahan terhadap korosi
- Memperbaiki sifat-sifat dan karakteristik coran
- Menurunkan penyusutan dalam hasil cor

- Tahan terhadap *Hot Tear* (perpatahan pada metal casting pada saat solidifikasi karena adanya kontraksi yang merintang)
- Pengaruh negatif yang ditimbulkan Si berupa:
- Penurunan kuletan terhadap beban kejut jika kandungan silikon terlalu tinggi.

**b. Tembaga (Cu)**

Pengaruh baik yang dapat timbul oleh unsur Cu dalam paduan Aluminium :

- Meningkatkan kekerasan bahan dengan membentuk presipitat
  - Memperbaiki kekuatan tarik
  - Mempermudah proses pengerjaan mesin
- Pengaruh buruk yang ditimbulkan oleh unsur Cu :

- Menurunkan daya tahan terhadap korosi
- Mengurangi kuletan bahan
- Menurunkan kemampuan dibentuk dan dirol

**c. Unsur Magnesium (Mg)**

Magnesium memberikan pengaruh baik yaitu:

- Mempermudah proses penuangan
- Meningkatkan kemampuan pengerjaan mesin
- Meningkatkan daya tahan terhadap korosi
- Meningkatkan kekuatan mekanis
- Menghaluskan butiran kristal secara efektif
- Meningkatkan ketahanan beban kejut
- Atau impak

Pengaruh buruk yang ditimbulkan oleh unsur Mg :

- Meningkatkan kemungkinan timbulnya cacat pada hasil pengecoran

**d. Unsur Besi (Fe)**

Pengaruh baik yang dapat ditimbulkan oleh Fe adalah :

- Mencegah terjadinya penempelan logam cair pada cetakan
- Pengaruh buruk yang dapat ditimbulkan unsur paduan ini adalah :
- Penurunan sifat mekanis
  - Penurunan kekuatan tarik
  - Timbulnya bintik keras pada hasil coran
  - Peningkatan cacat porositas.

## **2.11. Faktor-faktor penting dalam proses penuangan logam cair**

Faktor-faktor penting yang harus diperhatikan dalam proses pembuatan produk pengecoran adalah bahwa perubahan temperatur pada bahan produk penuangan tersebut akan mengakibatkan pula perubahan terhadap bentuk dari produk itu sendiri, dengan keragaman dimensional produk akan terjadi perbedaan ketebalan bahan sehingga proses pendinginan pun tidak akan merata, dengan demikian terjadi tegangan yang tidak merata pula, maka deformasi pun tidak dapat dihindari, akibatnya benda kerja akan mengalami perubahan bentuk secara permanen di samping dapat merugikan sifat mekanik dari bahan tersebut. Oleh karena itu tindakan preventif harus dilakukan, antara lain :

### **2.11.1. Penentuan tambahan penyusutan**

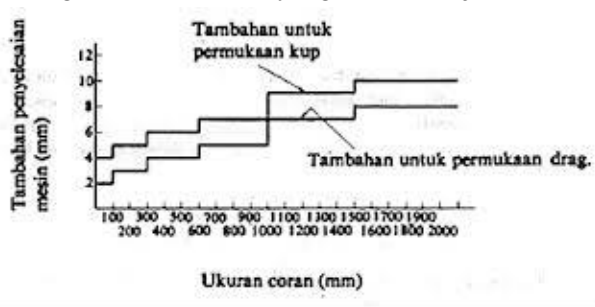
Tambahan ukuran bahan diberikan pada saat pembuatan cetakan yang direncanakan sejak pembuatan model, walaupun tidak sangat akurat penambahan ukuran ini dapat dianalisis dari bentuk dimensi produk tersebut melalui bentuk model yang kita buat dapat ditentukan besarnya kelebihan ukuran yang harus dilebihkan, dimana penyusutan pada bahan yang tipis akan berbeda pada bahan yang lebih tebal. Untuk itu 2.4. berikut dapat dijadikan acuan dalam menentukan kelebihan ukuran (*allowance*) terhadap kemungkinan terjadinya penyusutan.

**Tabel 2.5** Tambahan penyusutan yang disarankan

<b>Tambahan Penyusutan</b>	<b>Bahan</b>
8/1000	Besi cor, baja cor tipis
9/1000	Besi cor, baja cor tipis yang banyak menyusut
10/1000	Sama dengan atas dan aluminium
12/1000	Paduan aluminium, bromns, baja cor (5-7)
14/1000	Kuningan kekuatan tinggi, baja cor
16/1000	Baja cor (tebal lebih dari 10 mm)
20/1000	Coran baja yang besar
25/1000	Coran baja besar dan tebal

### 2.11.2. Penentuan tambahan penyelesaian mesin

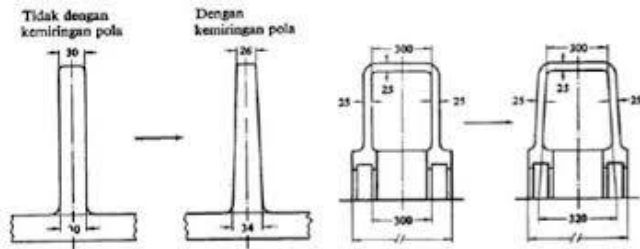
Pada beberapa produk bagian tertentu dari produk penguangan diperlukan permukaan dengan kualitas tertentu sehingga dipersyaratkan penyelesaian dengan pekerjaan pemesinan (*machining*). Berikut merupakan gambar dan table pekerjaan mesin yang menunjukkan harga-harga acuan dalam memberikan ukuran tambahan pada cetakan sesuai dengan ukuran benda yang akan dikerjakan.



**Gambar 2.13** Tambahan Penyelesaian Mesin Untuk Coran Paduan bukan besi

### 2.11.3. Kemiringan Pola

Permukaan-permukaan tegak dari pola dimiringkan mulai dari pisah, untuk memudahkan pengangkatan pola dari cetakan, meskipun dalam menggunakan pola logam, pola ditarik dengan pengaruh pena pena dan membutuhkan kemiringan 20/1000, pola kayu membutuhkan 1/30 sampai 1/200.



**Gambar 2.14** Contoh Kemiringan Pola

### 2.11.4. Tebal Dinding Minimum Coran

Ukuran coran harus ditentukan sehingga coran mudah dibuat, dinding yang sangat tipis menyebabkan cacat salah alir dan coran tidak baik. Maka tebal minimum harus dipilih sesuai dengan bahannya.

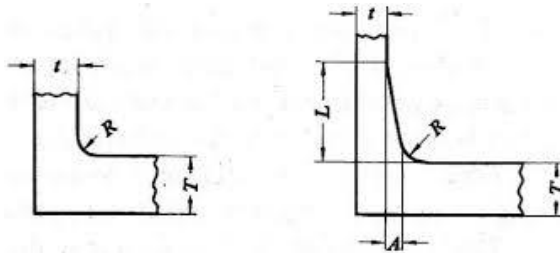
**Tabel 2.6** Ketebalan dinding minimum dari pengecoran pasir

Bahan	Ukuran Coran (mm)					
	Kurang dari 200	200-400	400-800	800-1250	1250-2000	2000-3200
Besi cor kelabu	3	4	5	8	8	10
Besi cor mutu tinggi	4-5	5-6	6-8	8-10	10-12	12-16
Besi cor bergrafit bulat	5-6	6-8	8-10	10-12	12-16	16-20
Baja cor	5	6	8	10	12	16
Baja tahan karat	8	10	12	16	20	25
Brons dan kuningan	2	2.5	3	4	5	6

Kuningan tegangan tinggi	3	4	5	6	8	10
Paduan aluminium	2-3	2.5-4	3-5	4-6	5-8	6-10

### 2.11.5. Sudut Siku dan Tajam

Bagian yang bersudut siku dan tajam pada coran harus mempunyai radius di sudut dalamnya, kecuali dalam hal-hal khusus karena sudut yang tajam mengakibatkan adanya cacat crack atau pun cacat penyusutan, sehingga perbandingan tebal dari kedua dinding sambungan L lebih kecil dari 1:1,5, maka sudut di dalamnya cukup mempunyai radius  $r = T/3$  ( $T$ = tebal dinding), dimana kalau perbandingan lebih dari itu, bagian dari kedua dinding harus mempunyai sudut.



Gambar 2.15 Pertemuan L

$$L=4(T-t)$$

$$A=(T-t)$$

Dimana :

$T$  = ukuran dinding tebal

$t$  = ukuran dinding tipis

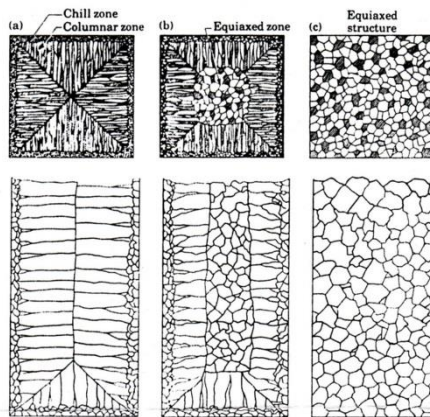
dalam hal ini sudut dari gradient adalah  $15^\circ$ . Radius dari sudut harus  $R= T/3$ .

### 2.12. Proses Solidifikasi

Proses solidifikasi adalah proses transformasi logam cair ke wujud padatnya (solid), disaat itu pula tumbuh inti padatan (*nuclei*). Inti tersebut tumbuh biasanya dibawah temperatur *melting*



nya, setelah terbentuknya *nuclei* maka terjadi pertumbuhan solidifikasi, atom-atom yang menempel pada *nuclei* akan tersolidifikasi dan seterusnya. Solidifikasi dari atom-atom logam ini akan membentuk suatu struktur yang biasa disebut dendrit. Dendrit akan tumbuh ke segala arah sehingga cabang-cabang akan saling bertemu dan bersentuhan. Pertemuan antara dendrit disebut batas butir. Setelah itu, batas butir antar tiap dendrit membeku seiring dengan penurunan suhu. Sehingga proses solidifikasi pada pengecoran berakhir.



**Gambar 2.16** Proses Solidifikasi

Pada umumnya logam cair dituang kedalam cetakan pasir kecuali untuk tujuan tertentu. Cetakan pasir merupakan konduktor panas yang jelek sehingga laju solidifikasinya terhambat dan menghasilkan stuktur logam yang *coarseness* dan *fineness*. *Gradient* panas selama pembekuan juga mempengaruhi terjadinya mikro porositas dalam paduan.

### 2.13. Penyusutan dan Toleransinya

Penyusutan yang terjadi selama solidifikasi berlangsung melalui 3 tahap, yaitu: logam cair berkontraksi selama pendinginan, penyusutan akibat perubahan fasa dari cairan menjadi

padat atau *solidification shrinkage*, dan penyusutan saat pendinginan padatan hingga temperatur kamar. Mula-mula ketinggian logam cair menurun karena adanya kontraksi selama pendinginan. Kemudian material dari berbagai sisi saling tarik menarik dalam membentuk padatan. Daerah terakhir yang memadat biasanya sudah kehabisan logam cair sehingga akan membentuk rongga. Nilai matematis penyusutan adalah kebalikan dari koefisien muai logam (Groover, 2010).

Toleransi penyusutan diperlukan untuk menghindari rongga penyebab retak pada logam selama pembekuan. Titik potong antarbagian dalam hasil coran dapat menimbulkan tegangan terpusat. Tegangan ini memicu retak dan dapat dihindari dengan memuluskan sudut dan geometrinya. Pola atau *pattern* juga harus didesain dengan mempertimbangkan penyusutan logam saat solidifikasi. Toleransi penyusutan atau lebih dikenal sebagai *patternmaker's shrinkage allowanes* biasanya berkisar pada rendah 10-20 mm/m. Tabel 2.5 menunjukkan toleransi penyusutan normal beberapa logam yang umum menggunakan *sand casting* (Kalpakjian, 2009).

**Tabel 2.7** Toleransi Penyusutan Logam yang dicor dalam Cetakan Pasir (Kalpakjian, 2009)

No	Logam	Toleransi Penyusutan (%)
1	Besi tuang kelabu	0,83-1,3
2	Besi tuang putih	2,1
3	Besi tuang mampu tempa	0,78-1,0
4	Paduan aluminium	1,3
5	Paduan magnesium	1,3
6	Kuningan	1,3-1,6
7	Perunggu fosfor	1,0-1,6
8	Aluminium fosfor	2,1
9	Baja Mangan	2,6

#### **2.14. Prosentase Perhitungan Penyusutan Logam**

Febriantoko (2011) menyatakan nilai prosentase penyusutan secara kualitatif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$S = \frac{(V \text{ Cetakan} - V \text{ Produk})}{V \text{ Cetakan}} \times 100 \%$$

dimana:

S = Prosentase Penyusutan

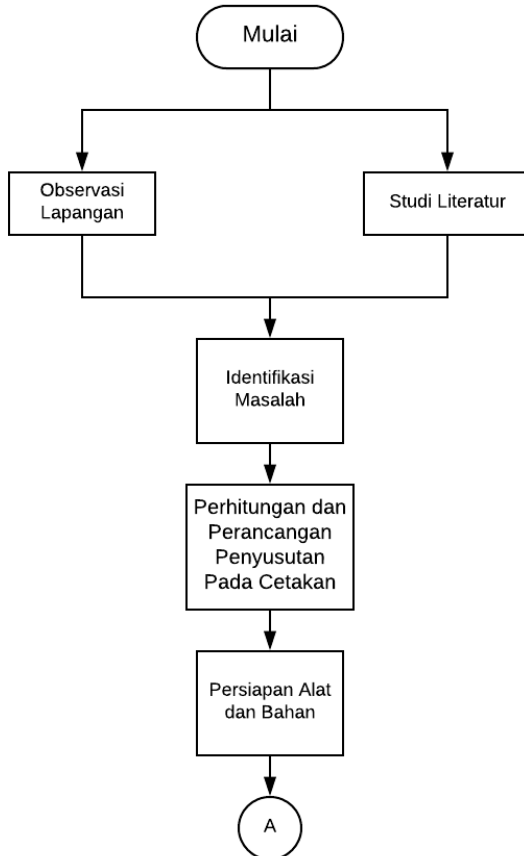
V<sub>cetakan</sub> = Volume Cetakan

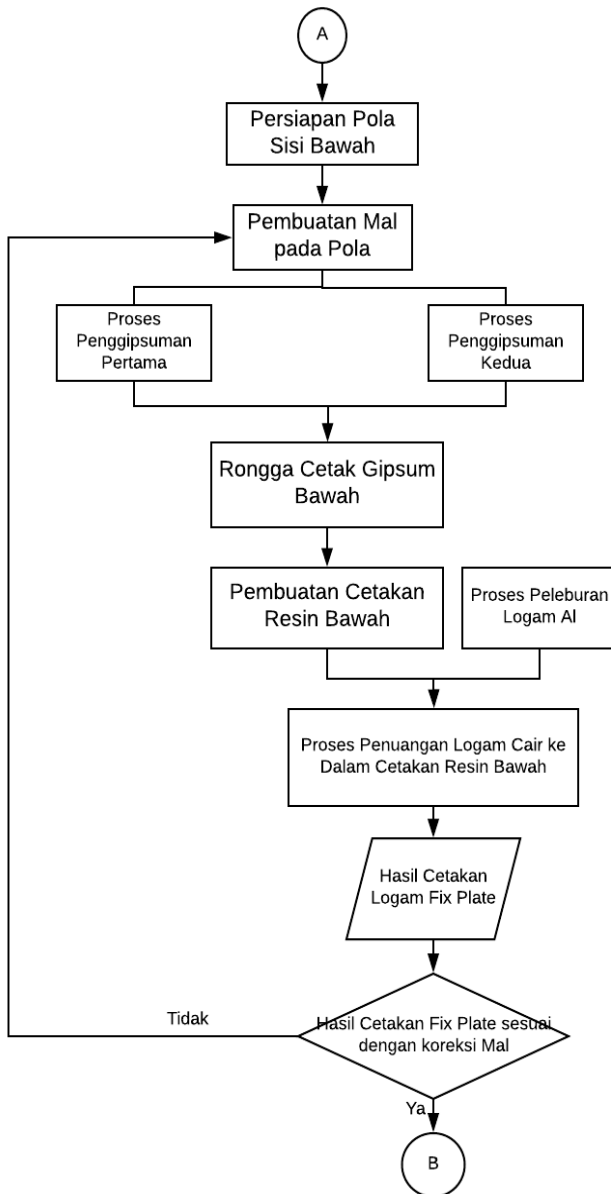
V<sub>produk</sub> = Volume Produk

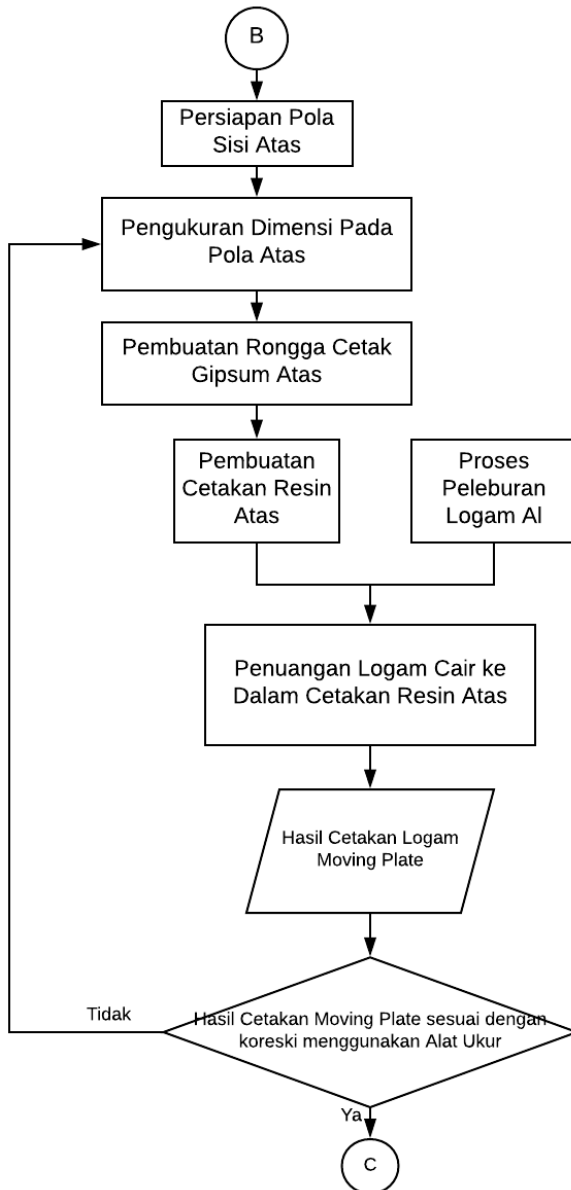
*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

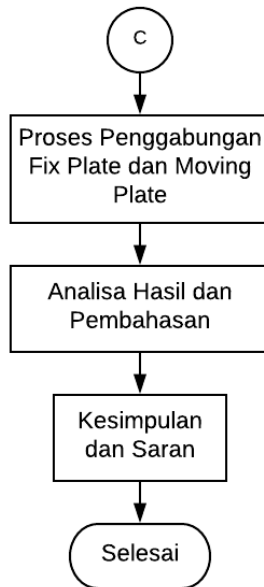
# BAB III METODOLOGI

## 3.1. Flow Chart Penelitian









**Gambar 3.1** Flow Chart Penelitian

### **3.2. Observasi Lapangan**

Pengamatan lapangan dilakukan dibengkel pembuatan cetakan sol sepatu untuk memperoleh suatu kasus yang berkaitan dengan proses pengecoran, yang kemudian akan dijadikan bahan untuk penelitian.

### **3.3. Studi Literatur**

Studi Literatur ini meliputi kegiatan mencari dan mempelajari bahan pustaka yang berkaitan dengan segala permasalahan mengenai proses pembuatan cetakan logam melalui proses pengecoran. Studi literatur ini diperoleh dari berbagai sumber diantaranya buku/*text book*, publikasi-publikasi ilmiah, tugas akhir dan penelitian yang berkaitan dan media internet.



### **3.4. Identifikasi Masalah**

Pada tahapan awal identifikasi dilakukan pengamatan terhadap masalah yang dirumuskan menjadi tujuan dari penelitian. Permasalahan tersebut yaitu bagaimana pengaruh temperature tuang terhadap cetakan, pengaruh penyusutan pada *fix plate* terhadap proses pembuatan *moving plate*, pengaruh pelepasan pola saat terjadi patah pada *core plate*, dan bagaimana cara menyinkronkan antara *fix plate* dan *moving plate* agar didapatkan kesesuaian dimensi antara *core* dan *cavity*.

### **3.5. Persiapan Alat Dan Bahan**

#### **3.5.1. Bahan yang digunakan dalam penelitian**

1. Batang alumunium
2. Pasir resin
3. Gypsum
4. Air
5. Tinta pewarna
6. Sol sepatu
7. Cat tembok

#### **3.5.2. Alat yang digunakan dalam penelitian**

1. Dapur peleburan logam
2. Meja
3. Jangka sorong
4. Penggaris
5. Waterpass
6. Ladle
7. Alat pemanas (oven)
8. Termometer *infrared*
9. Kerangka cetakan kayu
10. Kerangka cetakan baja
11. Palu
12. Bor Tangan
13. Pahat
14. Gerinda
15. Amplas

16. *Drilling Machine*

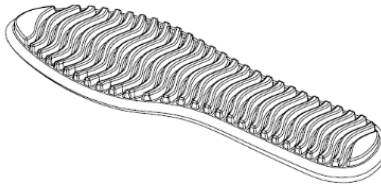
17. *Milling Machine*

### 3.6. Langkah-Langkah Penelitian

Berikut merupakan langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini:

#### 3.6.1. Persiapan Pola

Pada penelitian ini pola yang digunakan termasuk ke dalam jenis pola pejal. Pola yang digunakan untuk membuat cetakan *fix plate* yaitu pola pada sisi bawah. Pola di dapatkan dari sol sepatu kaki kiri ukuran 38.



**Gambar 3.2** Pola Sol Sepatu Sisi Bawah

#### 3.6.2. Pembuatan Mal Pada Pola

Pola sol sepatu dibuatkan mal sesuai dengan dimensi asli dari pola tersebut. Mal berfungsi sebagai alat ukur Go Not Go. Mal terbuat dari plat lembaran Zn dengan ketebalan 0,5 mm. Proses pembuatan mal dilakukan sebelum proses penggipsuman pertama dari sol sepatu sisi bawah.

#### 3.6.3. Proses Penggipsuman Pertama

Pada proses penggipsuman pertama dilakukan untuk mendapatkan sisi tepi pola dari rongga cetak gipsum. Berikut urutan proses penggipsuman pertama dalam mempersiapkan rongga cetak gipsum bawah diawali dengan:

1. Siapkan meja datar berukuran 600 mm x 400 mm sebagai tempat meletakkan kerangka cetakan kayu

(*flask*) dan pola pada saat proses penggipsuman pertama.



**Gambar 3.3** Meja untuk proses penggipsuman

2. Siapkan kerangka cetakan (*flask*) yang terbuat dari kayu dengan ukuran  $302\text{ mm} \times 145\text{ mm} \times 30\text{ mm}$  dengan ketebalan kayu 20 mm.



**Gambar 3.4** Kerangka Cetakan

3. Kemudian pola diletakkan di bagian tengah dari *flask* dengan diberi 2 pemberat dengan beban masing-masing 500 gr. Tujuannya agar bentuk pola tetap pada posisinya pada saat dilakukan proses penggipsuman pertama. Pola diletakkan pada meja datar yang telah di pasang kerangka cetakan. Pola diletakkan dengan jarak masing-masing 30 mm dari depan, belakang, kiri, dan kanan. Kemudian kerangka cetakan di clamp agar tidak bergeser saat gipsium dituangkan.



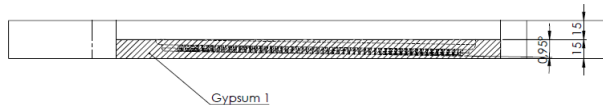
**Gambar 3.5** Kerangka Cetak Gypsum

4. Setelah kerangka cetakan siap, maka gipsium dan air dimasukkan ke dalam ember dengan perbandingan 4:3. Kemudian tuangkan gipsium perlahan-lahan ke dalam air dan biarkan terendam dalam air selama 1-2 menit. Setelah itu aduk dengan rata hingga tidak ada yang menggumpal dan dapat mencapai kekentalan yang diinginkan. Proses pengadukkan harus cepat karena gipsium hanya mampu bertahan 15 menit sebelum mulai mengeras.



**Gambar 3.6** Proses Pencampuran gipsium dengan air

5. Setelah itu adonan gipsum dituangkan secara perlahan kedalam rangka cetak dan tekan untuk mencegah gelembung udara. Lalu ratakan adonan dalam cetakan agar lubang terisi semua oleh adonan gipsum. selanjutnya biarkan beberapa menit sampai mulai mengeras, kemudian setelah mengeras lepaskan dari kerangka cetakan dan didapatkan hasil dari bagian tepi pola pada proses penggipsuman yang pertama. Tebal gipsum pada proses pertama didapatkan ukuran 15 mm.



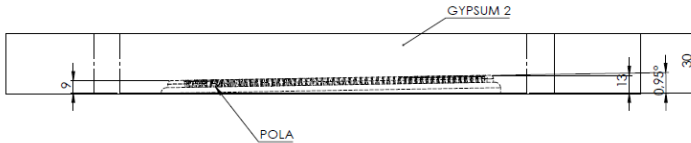
**Gambar 3.7** Proses Penggipsuman Pertama

#### **3.6.4. Proses Penggipsuman Kedua**

Setelah didapatkan hasil dari proses penggipsuman yang pertama, kemudian dilakukan proses penggipsuman yang kedua dengan menggunakan adonan gipsum yang dicampur air dengan perbandingan yang sama seperti proses penggipsuman pertama. Penggipsuman kedua bertujuan untuk mendapatkan bentuk pola bawah. Namun sebelum dilakukan proses penggipsuman kedua, pastikan pola telah dibersihkan dahulu dari proses penggipsuman yang pertama hingga pola asli nampak pada permukaan.

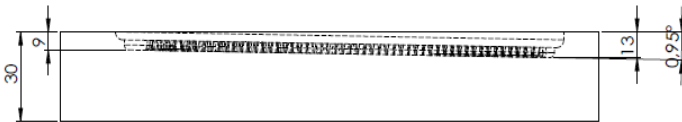
Pada proses penggipsuman yang kedua, rongga cetak gipsum dibalik kemudian dipasang kerangka cetakan (*flask*) pada keempat sisi. Selanjutnya adonan gipsum dituangkan

sampai permukaan rongga cetak. Total dimensi rongga cetak gipsum adalah 302 mm x 145 mm x 30 mm.



**Gambar 3.8** Proses Penggipsuman Yang Kedua

Setelah proses penggipsuman yang kedua selesai maka ditunggu hingga gipsum mengeras. Selanjutnya kerangka cetak (*flask*) yang digunakan pada saat proses penggipsuman dilepaskan dengan hati-hati. Kemudian pola dilepaskan dari rongga cetak gipsum. Pelepasan pola sol sepatu dilakukan secara manual dengan dicongkel menggunakan ujung pisau yang runcing.



**Gambar 3.9** Hasil Rongga Cetak Gipsum Bawah

### 3.6.5. Pembuatan Cetakan Resin Bawah

Setelah rongga cetak gipsum telah siap maka diaplikasikan dengan menggunakan pasir resin. Pada proses pembuatan cetakan resin, juga menggunakan kayu sebagai kerangka cetakan (*flask*). Kayu tersebut digunakan sebagai pembatas agar pasir resin dapat mengikuti bentuk dari rongga cetak gipsum. Berikut merupakan urutan proses membuat cetakan resin bawah:

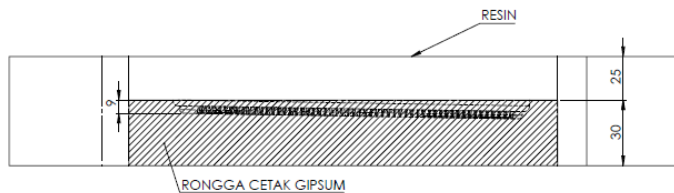
1. Pertama, siapkan meja datar berukuran 500 mm x 400 mm, kemudian rongga cetak gipsum diletakkan diatas meja datar. Setelah itu kayu dengan ketebalan 20 mm sebagai kerangka cetak sekaligus pembatas dipasang

mengelilingi rongga cetak gipsum hingga membentuk dimensi 302 mm x 145 mm x 55 mm.



**Gambar 3.10** Kerangka Cetakan Resin

2. Rongga cetak gipsum bawah diletakkan pada meja datar dan diberi kerangka cetakan (*flask*) dengan ketinggian 55 mm. Kemudian pasir resin yang dituangkan ada dua jenis. Pertama, untuk mengisi *cavity* pada rongga cetak gipsum digunakan pasir resin kering. Kedua, untuk menutup seluruh permukaan rongga cetak gipsum digunakan pasir resin basah untuk menghindari kerusakan pada saat kerangka cetakan dilepaskan.



**Gambar 3.11** Proses pembuatan cetakan resin

3. Pada bagian belakang motif sengaja diberi cekungan agar proses pemanasan resin merata. Selanjutnya kerangka cetakan dilepaskan dengan hati hati dan

cetakan resin yang masih menempel pada rongga cetak gipsum dipanaskan pada oven hingga mencapai temperatur 200°C agar resin dapat berikatan dengan sempurna.



**Gambar 3.12** Proses Pemanasan Pasir Resin

4. Saat cetakan resin telah mengeras dan dikeluarkan dari oven, kemudian rongga cetak gipsum dilepaskan dari cetakan resin. Caranya dengan dipukul dengan palu pada sisi rongga cetak gipsum.



**Gambar 3.13** Cetakan Negatif dari Resin

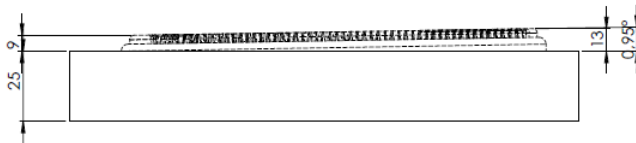
5. Setelah cetakan resin dipisahkan dari rongga cetak gipsum selanjutnya cetakan resin dilapisi dengan lapisan *coating*. Lapisan *coating* bertujuan untuk menutup pori-pori pada cetakan agar mendapatkan hasil permukaan cetakan yang halus.





**Gambar 3.14** Proses Coating pada Cetakan

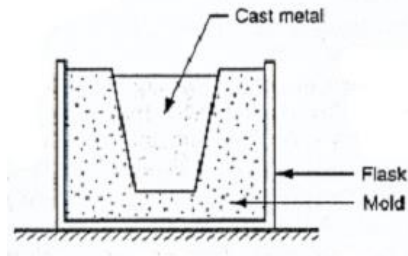
Berikut merupakan hasil dari cetakan resin:



**Gambar 3.15** Hasil Cetakan Resin

### 3.7. Proses Pengecoran

Setelah tahap persiapan yakni pembuatan rongga cetak gipsum, cetakan resin, dengan alat dan bahan yang tersedia, langkah selanjutnya adalah melakukan proses pengecoran. Pada proses pengecoran logam dilakukan peleburan logam batang aluminium ADC 12 dengan berat 60 kg yang dipanaskan pada tanur sederhana hingga mencapai temperatur *melting* 700°C. Waktu yang diperlukan hingga logam aluminium mencair seluruhnya dengan kapasitas drum 90 kg sekitar  $\pm 3.5$  jam. Proses pengecoran logam pada penelitian ini menggunakan metode *open casting* (cetakan terbuka). Pada cetakan terbuka logam cair dituangkan kedalam rongga cetak hingga memenuhi rongga yang terbuka.



**Gambar 3.16** Cetakan Terbuka

Proses pengecoran pada penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap proses antara lain adalah sebagai berikut :

### **3.7.1. Proses Peleburan Logam Aluminium**

Proses pertama, siapkan batang aluminium yang akan digunakan pada peleburan logam. Aluminium yang digunakan sekitar 60 kg.



**Gambar 3.17** Aluminium ADC 12

Kemudian persiapkan tanur yang akan digunakan pada proses peleburan. Tanur dinyalakan dengan bahan

bakar kayu. Kemudian aluminium batangan dimasukkan ke dalam tanur dengan kapasitas 90 kg.



**Gambar 3.18** Tanur Sederhana yang Digunakan pada Proses Peleburan Logam Cair

Proses peleburan dilakukan selama  $\pm 3.5$  jam hingga mencapai temperatur *melting*  $\pm 700^{\circ}\text{C}$ . Pengukuran temperatur dilakukan dengan alat bantu yaitu *thermometer infrared*.



**Gambar 3.19** Proses Peleburan

Setelah dilakukan proses peleburan yang memakan waktu hingga  $\pm 3.5$  jam, maka pastikan suhu telah mencapai temperature *melting* dari aluminium yaitu  $700^{\circ}\text{C}$ . Dan

temperatur ditingkatkan menjadi  $731^{\circ}\text{C}$  agar suhunya tetap stabil ketika logam cair dituangkan ke dalam cetakan.

Pada saat aluminium sudah mencair dan mencapai suhu  $\pm 731^{\circ}\text{C}$  dilakukan proses fluxing. Proses fluxing adalah proses pembersihan kotoran yang terdapat dalam aluminium cair, dan berguna juga untuk mengangkat udara/turbulensi yang terjebak di dalamnya.



**Gambar 3.20** Termometer Infrared

### **3.7.2. Proses Penuangan Logam Cair**

Sebelum dilakukan penuangan logam cair, maka disiapkan meja datar yang terbuat dari plat baja dengan ketebalan 25 mm. Kemudian digunakan empat buah plat baja dengan ketebalan plat 25 mm yang digunakan sebagai kerangka cetakan pada proses penuangan logam cair.



**Gambar 3.21** Meja untuk proses penuangan logam cair

Keempat bagian dari plat baja dipasang pada meja baja dan didapatkan ukuran dimensi kerangka cetakan baja sebesar 302 mm x 145 mm x 90 mm. Kerangka cetakan baja telah dipasang *screw clamp* dengan menggunakan bentuk ulir.



**Gambar 3.22** Rangka Cetak Baja

Sebelum dilakukan proses penuangan logam cair, cetakan resin diletakkan pada meja plat baja untuk mempermudah proses penuangan dan mendapatkan hasil serta dimensi yang sesuai dengan rongga cetak gipsum. Kemudian empat bagian plat baja pembatas dipasang mengelilingi cetakan resin. Logam cair dituangkan dengan

ketinggian 10 cm karena sistem salurannya menggunakan *top gating system*.



**Gambar 3.23** Proses Pencekaman

Penuangan logam cair dilakukan menggunakan *ladle*. Peranan *ladle* ini cukup penting karena berhubungan dengan turunnya temperatur logam cair sebelum penuangan. Pada saat proses penuangan logam dilakukan, temperature *pouring* merupakan salah satu variable penting dalam proses pengecoran logam cair. Jika temperature *pouring* terlalu rendah, maka rongga cetakan tidak akan terisi penuh. Karena logam cair akan membeku terlebih dulu. Maka temperatur *tapping* dan *pouring* harus diperhatikan. Temperatur *pouring* mencapai  $731^{\circ}\text{C}$ .



**Gambar 3.24** Proses Logam Cair Pada Saat akan Dituangkan kedalam cetakan

Pada saat penuangan logam harus dilakukan secara cepat untuk menghindari penurunan temperatur yang terlalu cepat, hal ini dapat menyebabkan logam cair tidak mengisi ke dalam rongga cetakan secara sempurna. Waktu total penuangan logam cair untuk mengisi penuh rongga cetakan kurang lebih selama 30,7 detik.



**Gambar 3.25** Logam Cair yang Telah Dituang ke dalam Cetakan

Setelah aluminium mengalami solidifikasi, maka segera lepaskan pembatas plat baja dan segera dilakukan proses pendinginan. Benda hasil coran diangkat kemudian diguyur dengan air hingga mencapai temperatur ruang.



**Gambar 3.26** Proses Pendinginan

### 3.7.3. Proses Pembongkaran Cetakan

Setelah cetakan mencapai temperatur ruang, kemudian dilakukan proses pembongkaran cetakan. Pembongkaran cetakan dilakukan dengan melepaskan bagian cetakan resin terhadap cetakan aluminium dengan cara dipukul menggunakan palu hingga hancur. Cetakan Al tersebut kemudian disebut sebagai *fix plate*.



**Gambar 3.27** Proses Pembongkaran Cetakan

### 3.7.4. Proses Machining

Setelah dilakukan pembongkaran, maka dilakukan *machining* menggunakan mesin *frais* untuk menghilangkan cacat flash pada permukaan benda hasil coran. *Machining* dilakukan untuk meratakan permukaan benda hasil cor pada cetakan *fix plate*.



**Gambar 3.28** Proses *Machining* *Fix plate*

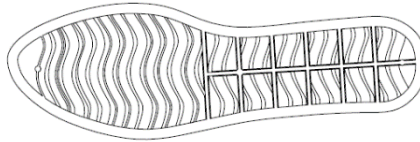


Setelah dilakukan *machining* pada *fix plate* maka didapatkan dimensi 296 mm x 141 mm x 46 mm.

### 3.8. Pembuatan Moving Plate

#### 3.8.1. Pola

Pada proses pembuatan *moving plate*, pola yang digunakan adalah pola pada sisi atas dari sol sepatu.

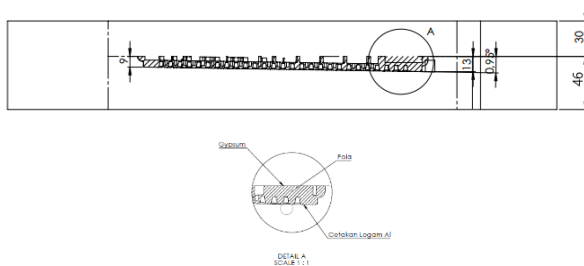


Gambar 3.29 Pola Sisi Atas

#### 3.8.2. Rongga Cetak *Moving Plate*

Pada penelitian ini, dilakukan proses penggipsuman pada pola bagian atas dengan cara sebagai berikut:

1. Rongga cetak menggunakan benda hasil coran (*fix plate*) yang telah digerinda pada permukaannya.
2. Kemudian *fix plate* disisipi pola hingga sesuai kedalaman pola sisi bawah.



Gambar 3.30 Pemasangan pola pada *fix plate*

3. Selanjutnya kerangka cetakan dengan ukuran 296 mm x 141 mm x 76 mm dipasang pada keliling cetakan logam yang telah dipasang pola. Kemudian di clamping agar kerangka tidak bergeser. Pada permukaan pola, diberi pelumas agar saat proses pelepasan gipsum dari aluminium dapat dilakukan dengan mudah dan tidak lengket.



**Gambar 3.31** Kerangka Cetakan Pada Penggipsuman Moving Plate

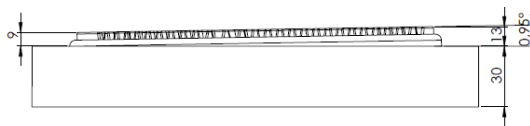
4. Setelah itu, gipsum dan air dituangkan ke dalam ember dengan perbandingan 4:3. Kemudian tuangkan gipsum perlahan-lahan ke dalam air dan biarkan terendam dalam air selama 1-2 menit. Setelah itu aduk dengan rata hingga tidak ada yang menggumpal dan dapat mencapai kekentalan yang diinginkan. Proses pengadukkan harus cepat karena gipsum hanya mampu bertahan 15 menit sebelum mulai mengeras.
5. Setelah mengeras, lepaskan rongga cetak gipsum dengan kerangka cetakan. Kemudian gipsum dilepaskan dengan cara dihangatkan dengan temperature  $\pm 30^{\circ}\text{C}$  agar plastik yang terpasang pada cetakan dapat terangkat dengan

mudah. Pada saat mengangkat cetakan harus dilakukan dengan hati-hati.

Berikut merupakan hasil dari pelepasan gipsium pada cetakan:



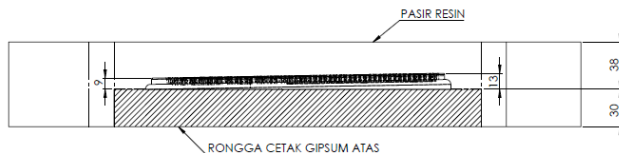
**Gambar 3.32** Hasil Rongga Cetak Gipsium Atas



**Gambar 3.33** Hasil Penggipsuman Pada Moving Plate

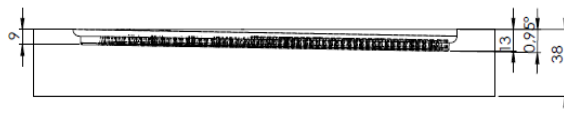
### 3.8.3. Cetakan Resin Pada *Moving Plate*

Proses pembuatan cetakan resin pada *moving plate* sama halnya dengan proses pembuatan cetakan resin pada *fix plate*. Berikut merupakan proses pembuatan cetakan resin untuk *moving plate*:



**Gambar 3.34** Proses Pembuatan Cetakan resin

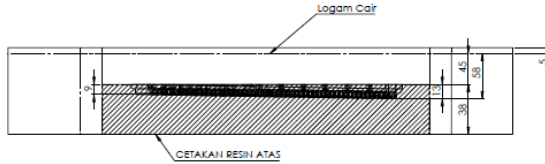
1. Rongga cetak gipsum atas diletakkan pada meja datar dan dipasang kerangka cetakan mengelilingi rongga cetak gipsum dengan dimensi 296 mm x 141 mm x 68 mm.
2. Pasir resin dituangkan pada kerangka cetak hingga menutupi bentuk *core* pada rongga cetak gipsum. Pasir resin yang digunakan untuk menutup *core* adalah pasir resin kering. Setelah itu digunakan pasir resin basah untuk menutup seluruh permukaan rongga cetak gipsum.
3. Lepaskan kerangka cetak pada pasir resin, kemudian dilakukan pemanasan menggunakan oven dengan temperature  $\pm 200$  °C selama  $\pm 4$  jam.



**Gambar 3.35** Hasil cetakan resin atas

#### **3.8.4. Penuangan Logam Cair Pada *Moving Plate***

Proses penuangan logam cair pada *moving plate* dilakukan sama halnya dengan penuangan logam cair pada *fix plate*. Cetakan resin diletakkan pada meja yang terbuat dari plat baja dan dipasang 4 plat baja yang mengelilingi cetakan resin. Kemudian plat baja pembatas di clempt dengan *screw clamp* agar plat baja tidak bergeser saat dilakukan proses penuangan logam cair. Kemudian setelah kerangka cetakan siap maka logam cair dituangkan kedalam cetakan dengan temperature 731°C.

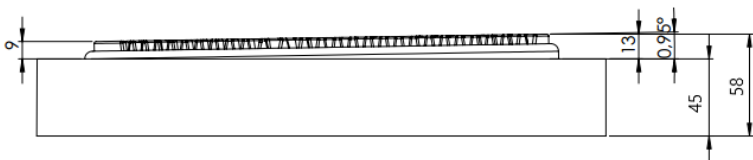


**Gambar 3.36** Penuangan logam cair

Waktu penuangan logam cair untuk mengisi penuh rongga cetakan kurang lebih selama 28,8 detik.

Setelah logam cair dituang ke dalam cetakan tunggu beberapa menit hingga aluminium mulai mengalami solidifikasi. Kemudian cetakan hasil coran yang kemudian disebut sebagai *moving plate* segera dilepaskan dari plat baja yang telah dipasang pada keliling benda cor dan segera dilakukan proses pendinginan. Proses pendinginan dilakukan dengan air hingga mencapai temperatur ruang. Hasil coran *moving plate* diasumsikan sejajar dengan *fix plate*. Karena pada saat dilakukan proses penggipsuman pola bagian atas, masih menggunakan cetakan *fix plate*.

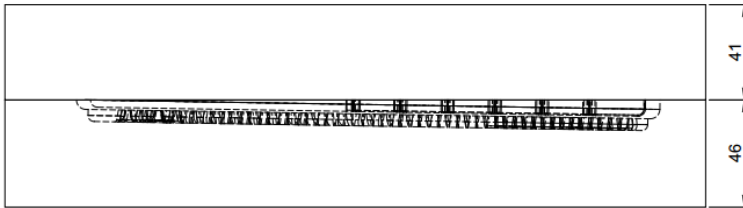
Kemudian dilakukan pembongkaran cetakan. Benda hasil coran kemudian di *machining* untuk menghilangkan slag sekaligus meratakan permukaan



**Gambar 3.37** Cetakan Aluminium bagian atas (*moving plate*)

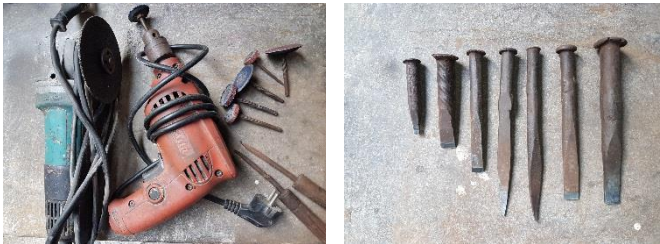
### 3.9. Proses Penggabungan *Moving Plate* dan *Fix Plate*

Berikut merupakan gambar *assembly* dari *fix plate* dan *moving plate*.



**Gambar 3.38** *Assembly Top Plate dan Moving Plate*

Pada penelitian ini, proses menggabungkan antara *fix plate* dan *moving plate* dilakukan setelah *finishing* terhadap pola dengan menggunakan alat bantu seperti pahat, palu, bor tembak, kikir dan gerinda. *Finishing* pada pola dilakukan akibat rongga cetak gipsum atas yang patah, sehingga memiliki dimensi yang lebih besar saat menjadi cetakan resin, oleh karena itu perlu di pahat untuk mendapatkan ukuran yang tepat saat di tangkupkan pada *fix plate*.



**Gambar 3.39** Alat yang Digunakan Saat Membuat Motif

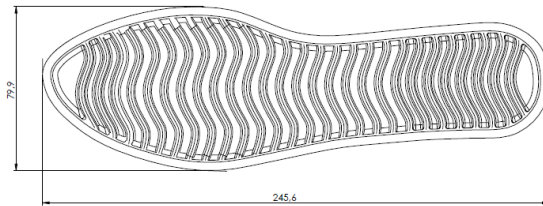
## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Perancangan Cetakan Bawah

##### 4.1.1. Perancangan Pola

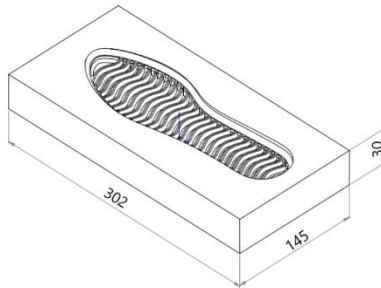
Pola yang digunakan pada penelitian ini adalah pola berbentuk sol sepatu dengan penambahan ukuran untuk toleransi dan *finishing*. Tambahan penyusutan untuk paduan aluminium sebesar 12/1000 dan untuk penambahan penyelesaian mesin pada drag sebesar 3 mm.



**Gambar 4.1** Dimensi Pola Bawah

##### a. Volume Rongga Cetak

Perhitungan volume dilakukan dengan melakukan pendekatan volume benda sebenarnya. Diasumsikan bahwa  $V_{\text{rongga cetak}} = V_{\text{balok}}$  karena menghitung volume pola dari sol sepatu adalah rumit karena bentuknya tidak beraturan. Selain itu asumsi tersebut juga merupakan tambahan yang diberikan untuk mencegah kurangnya logam cair yang masuk kedalam rongga cetak.



$$\begin{aligned}
 V_{\text{rongga cetak}} &= p \times l \times t \\
 &= 302 \text{ mm} \times 145 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} \\
 &= 1.313.700 \text{ mm}^3 \\
 &= 1313,7 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

b. Berat Benda Coran

Massa jenis dari Al ADC 12 = 2,75 gr/cm<sup>3</sup>

$$\begin{aligned}
 W &= \rho \times V \\
 &= 2,75 \text{ gr/cm}^3 \times 1313,7 \text{ cm}^3 \\
 &= 3612,675 \text{ gr} \\
 &= 8 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

c. Waktu Tuang

Dengan nilai konstanta,  $f = 2,6$

$$\begin{aligned}
 t &= f \cdot \sqrt{W} \\
 &= 2,6 \cdot \sqrt{8} \text{ lb} \\
 &= 7,4 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

d. Saluran Turun Efektif (H)

Diketahui:  $c = 46 \text{ mm} = 1,794 \text{ in}$

$P = 23 \text{ mm} = 0,897 \text{ in}$

$$H = h = 10 \text{ cm} = 3,9 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{2hc - p^2}{2c} \\
 &= \frac{2 \times 3,9 \times 1,794 - 0,897^2}{2 \times 1,794} \\
 &= 3,7 \text{ in} = 9,3 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 H &= h - \frac{c}{2} \\
 &= 3,9 - \frac{1,794}{2} \\
 &= 3 \text{ in} = 7,6 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Pada proses penuangan logam cair, waktu tuang pertama yang dibutuhkan logam cair untuk mengisi cetakan adalah 7,4 detik. Akan tetapi karena digunakan proses pengecoran terbuka dan menggunakan penambahan material logam cair sebagai pengganti riser untuk memastikan rongga terisi penuh oleh logam cair, maka dilakukan penuangan logam cair berulang hingga mencapai ketinggian yang ditentukan. Sehingga waktu tuang total logam cair yaitu selama 30,7 detik.

#### 4.2. Data Hasil Pengecoran

Berikut merupakan data hasil pengecoran logam pada cetakan *fix plate*:

1. Tinggi Penuangan : 10 cm
2. Temp. Melting Logam Cair : 731°C
3. Temp. Penuangan Logam : 731°C
4. Temp. Solidus : 577°C
5. Temp. Liquidus : 660°C
6. Waktu Penuangan : 30,7 detik
7. Waktu Pendinginan : 1,57 menit
8. Temp. Ruang : 39°C

Karena pada penelitian ini digunakan metode pengecoran logam dengan cetakan terbuka (*open casting*), proses solidifikasi dilakukan penuangan secara berulang hingga mencapai batas ketinggian tertentu. System saluran turun ideal yang digunakan pada saat penuangan logam cair kedalam cetakan untuk menghindari masuknya terak, buih, dross, dan erosi pasir yang terbentuk ke dalam rongga cetakan serta untuk menghindari terjadinya aspirasi udara atau gas dari cetakan ke aliran logam cair yang masuk, maka digunakan *bottom gating system* dimana ketinggian efektif logam cair pada saat dituang yaitu 7,6 cm.

### 4.3. Penyusutan pada Fix Plate

Pada *fix plate* terjadi proses penyusutan logam akibat perubahan temperature dari tinggi ke temperature ruang. Prosentase penyusutan logam dapat diketahui sebagai berikut:

$$S = \frac{\text{Volume Cetakan} - \text{Volume Produk}}{\text{Volume Cetakan}}$$

$$\begin{aligned} V \text{ cetakan} &= p \times l \times t \\ &= 302 \text{ mm} \times 145 \text{ mm} \times 90 \text{ mm} \\ &= 3941100 \text{ mm}^3 \\ &= 3941,1 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ produk} &= p \times l \times t \\ &= 296 \text{ mm} \times 141 \text{ mm} \times 49 \text{ mm} \\ &= 2045064 \text{ mm}^3 \\ &= 2045,064 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{(3941,1 - 2045,064)}{3941,1} \times 100\% \\ &= 0,48 \% \end{aligned}$$

Penyusutan yang terjadi pada *cavity* cetakan Al bawah adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P \text{ awal} &= 245,6 \text{ mm} \\ L \text{ awal} &= 79,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ setelah penyusutan} &= 244,42 \text{ mm} \\ L \text{ setelah penyusutan} &= 79,51 \text{ mm} \end{aligned}$$

### 4.4. Proses Koreksi Fix Plate dengan Menggunakan Mal

Dari data tersebut diketahui bahwa hasil cetakan logam *fix plate* terjadi perubahan dimensi sebesar 244,42 mm x 79,51 mm pada *cavity* akibat proses penyusutan logam.

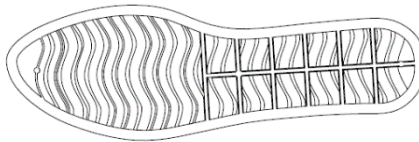
Oleh sebab itu, cetakan logam aluminium bawah pada bagian *cavity* dilakukan proses koreksi pola menggunakan mal yang telah dibuat pada awal proses. Penambahan dimensi pada

*cavity* dilakukan dengan cara manual menggunakan kikir hingga sesuai dengan mal. Sehingga *cavity* yang terbentuk, sesuai dengan ukuran mal. Setelah dilakukan proses koreksi mal, cetakan logam baru akan digunakan untuk membuat proses selanjutnya yaitu proses pembuatan *fix plate*.

#### 4.5. Perancangan Cetakan Atas

##### 4.5.1. Perancangan Pola

Pola yang digunakan pada penelitian ini adalah pola berbentuk sol sepatu dengan penambahan ukuran untuk toleransi dan *finishing*. Tambahan penyusutan untuk paduan aluminium sebesar 12/1000 dan untuk penambahan penyelesaian mesin pada kup sebesar 4 mm.



**Gambar 4.2** Dimensi Pola Atas

##### a. Volume Rongga Cetak

Perhitungan volume dilakukan dengan melakukan pendekatan volume benda sebenarnya. Diasumsikan bahwa  $V_{\text{rongga cetak}} = V_{\text{balok}}$  karena menghitung volume pola dari sol sepatu adalah rumit karena bentuknya tidak beraturan. Selain itu asumsi tersebut juga merupakan tambahan yang diberikan untuk mencegah kurangnya logam cair yang masuk kedalam rongga cetak.

$$\begin{aligned} V_{\text{rongga cetak}} &= p \times l \times t \\ &= 296 \text{ mm} \times 141 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} \\ &= 1252080 \text{ mm}^3 \\ &= 1252,08 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

- b. Berat Benda Coran  
 Massa jenis dari Al ADC 12 = 2,75 gr/cm<sup>3</sup>  

$$W = \rho \times V$$

$$= 2,75 \text{ gr/cm}^3 \times 1252,08 \text{ cm}^3$$

$$= 3443,22 \text{ gr}$$

$$= 7,6 \text{ lb}$$
- c. Waktu Tuang  
 Dengan nilai konstanta,  $f = 2,6$   

$$t = f \cdot \sqrt{W}$$

$$= 2,6 \cdot \sqrt{7,6} \text{ lb}$$

$$= 7,1 \text{ detik}$$
- d. Saluran Turun Efektif (H)  
 Diketahui:  $c = 41 \text{ mm} = 1,59 \text{ in}$   
 $P = 20,5 \text{ mm} = 0,79 \text{ in}$

$$H = h = 10 \text{ cm} = 3,9 \text{ in}$$

$$H = \frac{2hc - p^2}{2c}$$

$$= \frac{2 \times 3,9 \times 1,59 - 0,79^2}{2 \times 1,59}$$

$$= 3,7 \text{ in} = 9,3 \text{ cm}$$

$$H = h - \frac{c}{2}$$

$$= 3,9 - \frac{1,59}{2}$$

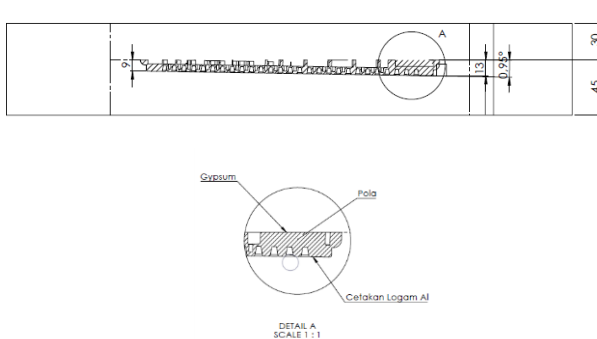
$$= 3,1 \text{ in} = 7,8 \text{ cm}$$

Pada proses penuangan logam cair untuk cetakan atas, waktu tuang pertama yang dibutuhkan logam cair untuk mengisi cetakan adalah 7,1 detik. Akan tetapi karena digunakan proses pengecoran terbuka dan menggunakan penambahan material logam cair sebagai pengganti riser untuk memastikan rongga terisi penuh oleh logam cair, maka dilakukan penuangan logam cair berulang hingga mencapai ketinggian yang ditentukan. Sehingga waktu tuang total logam cair yaitu selama 28,8 detik. Waktu tuang total dari cetakan

atas (*moving plate*) lebih cepat dibandingkan pada waktu tuang total *fix plate*. Hal itu disebabkan karena perbedaan ketebalan benda cor yang dibutuhkan untuk membuat *fix plate* dan *moving plate*.

#### 4.6. Penggipsuman Pada Moving Plate

Pada saat proses penggipsuman *moving plate*, dilakukan dengan cara menggipsum cetakan *fix plate* yang telah di pasang pola dan batasi dengan kayu sejajar dengan cetakan *fix plate*. Kemudian didapatkan hasil rongga cetak gipsum sisi atas.



**Gambar 4.3** Proses Penggipsuman Fix Plate

Pada rongga cetak gipsum atas terdapat banyak patahan pada bentuk motif *core* dari rongga cetak gipsum akibat lubang yang terlalu kecil pada pola sol sepatu. Sehingga pada bagian *core* rongga cetak tidak membentuk pola yang sesuai dengan master.



**Gambar 4.4.** Hasil Rongga Cetak Gipsum Atas



**Gambar 4.5** Gypsum Yang Patah Pada Saat Proses Pelepasan.

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa terdapat gipsium yang patah saat pelepasan pola yang dipasang pada cetakan. Sehingga bentuk pola pada rongga cetak gipsium atas tidaklah sesuai akibat patah yang terjadi di beberapa titik. Bentuk pola yang patah berdasarkan gambar 4.4 terjadi pada cekungan pola. Hal tersebut dapat ditanggulangi dengan menambah gipsium pada bentuk pola yang patah. Atau bisa ditanggulangi pada saat proses membuat cetakan resin. Pada kasus ini, maka cara menanggulangnya dengan mengikis cetakan pola yang terbentuk pada cetakan resin. Karena tidak memungkinkan untuk menambah adonan gipsium ke dalam rongga cetak yang sudah kering.

#### **4.7. Proses Pembuatan Cetakan Resin Atas**

Saat cetakan resin atas telah mengeras, kemudian rongga cetak gipsium dilepaskan dari cetakan resin. Pada bagian *core* dari cetakan resin yang tidak terbentuk sempurna akibat proses pelepasan rongga cetak gipsium yang patah, kemudian dilakukan pembentukan pola secara manual dengan cara mengikis permukaan yang tertutup agar dapat berbentuk seperti pola atas sol sepatu.

Kemudian setelah dilakukan pembentukan pola secara manual maka proses pengecoran dapat dilakukan.

#### 4.8. Penyusutan pada Moving Plate

Pada *moving plate* terjadi proses penyusutan logam akibat perubahan temperature dari tinggi ke temperature ruang. Prosentase penyusutan logam dapat diketahui sebagai berikut:

$$S = \frac{\text{Volume Cetakan} - \text{Volume Produk}}{\text{Volume Cetakan}}$$

$$\begin{aligned} V \text{ cetakan} &= p \times l \times t \\ &= 296 \text{ mm} \times 141 \text{ mm} \times 90 \text{ mm} \\ &= 3756240 \text{ mm}^3 \\ &= 3756,24 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ produk} &= p \times l \times t \\ &= 296 \text{ mm} \times 141 \text{ mm} \times 45 \text{ mm} \\ &= 1878120 \text{ mm}^3 \\ &= 1878,12 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{(3756,24 - 1878,12)}{3756,24} \times 100\% \\ &= 0,5 \% \end{aligned}$$

Penyusutan yang terjadi pada *core* cetakan Al atas adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P \text{ awal} &= 247 \text{ mm} \\ L \text{ awal} &= 74,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

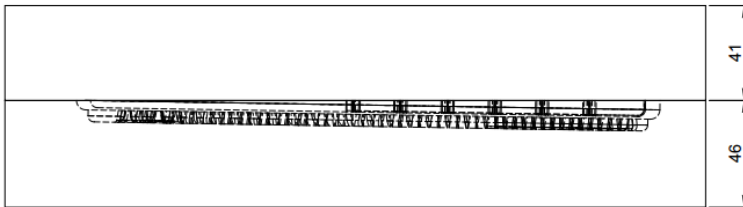
$$\begin{aligned} P \text{ setelah penyusutan} &= 245,7 \text{ mm} \\ L \text{ setelah penyusutan} &= 74,53 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 4.9. Proses Koreksi Dimensi Pada Moving Plate

Setelah *moving plate* jadi, maka selanjutnya dilakukan proses koreksi *core* pada *moving plate* dengan menggunakan alat ukur jangka sorong. Dimensi disesuaikan dengan pola awal sisi atas. Setelah koreksi pola pada cetakan *moving plate* usai maka dapat dilakukan penggabungan antara *fix plate* dan *moving plate*.

#### 4.10. Proses Menggabungkan Fix Plate dan Moving Plate

Setelah cetakan logam (*moving plate*) jadi maka selanjutnya dilakukan proses penggabungan antara *fix plate* dan *moving plate*. Untuk mengetahui apakah *core* dan *cavity* pada *moving plate* dan *fix plate* sesuai maka digunakan cat bewarna dengan plastisin sebagai penanda bahwa antara *moving plate* dan *fix plate* telah presisi. Kemudian jika antara *moving plate* dan *fix plate* belum presisi maka dilakukan *finishing* kembali untuk memperkecil bagian pola. Hal tersebut dilakukan berulang hingga mencapai kepresisian antara *moving plate* dan *fix plate*.



**Gambar 4.6** Penggabungan Fix Plate dan Moving Plate



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada rancang bangun proses pembuatan cetakan sol sepatu melalui metode pengecoran logam dapat disimpulkan antara lain:

1. Penelitian ini menggunakan metode *open casting* dimana temperatur penuangan logam cair dilakukan secara berulang hingga logam mengalami solidifikasi pada ketinggian yang telah ditentukan. Waktu tuang pertama yang dibutuhkan logam cair untuk mengisi cetakan *fix plate* adalah 7,4 detik. waktu tuang total logam cair pada cetakan *fix plate* selama 30,7 detik. Sedangkan pada *moving plate* 7,1 detik. Dan waktu tuang total 28,8 detik
2. Saluran Tinggi Efektif ideal yang digunakan pada penelitian adalah jenis saluran *bottom gating system* dimana tinggi penuangan adalah 7,6 cm pada cetakan *fix plate*. Sedangkan pada *moving plate* tinggi penuangan ideal 7,3 cm.
3. Presentase penyusutan cetakan logam pada *fix plate* sebesar 0,48 %. Sehingga dimensi pada cetakan *fix plate* mengecil. Oleh karena itu digunakan mal sebagai alat ukur Go Not Go untuk mengkoreksi dimensi *cavity* dari cetakan *fix plate*. Sedangkan pada *moving plate* penyusutan yang terjadi sebesar 0,5 %.
4. Proses penambahan gipsium pada rongga cetak tidak dilakukan karena menambah adonan gipsium terhadap rongga cetak yang telah kering sulit. Maka dari itu, proses pembentukan pola dilakukan pada cetakan resin atas.
5. Dilakukan pembentukan pola secara manual pada cetakan resin atas akibat rongga cetak gipsium yang patah. Hal tersebut mengakibatkan bentuk pola tidak sesuai dengan dimensi asli. Sehingga pada saat cetakan logam jadi, maka perlu di repair jika terjadi ketidak sesuaian dimensi antara *fix plate* dan *moving plate*.
6. Proses penggabungan cetakan logam *fix plate* dan *moving plate* menggunakan plastisin untuk mengkoreksi rongga cetak agar sesuai antara *core* dan *cavity*.

## 5.2. Saran

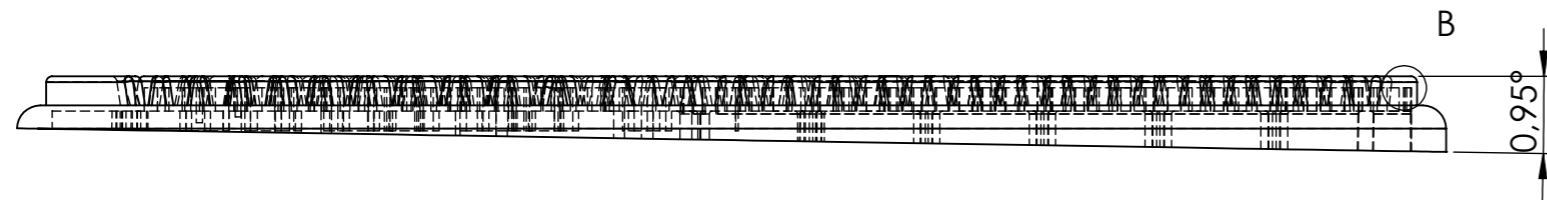
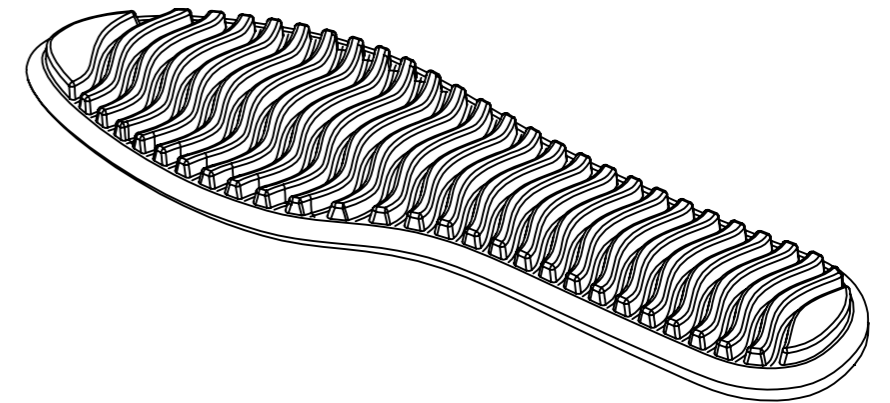
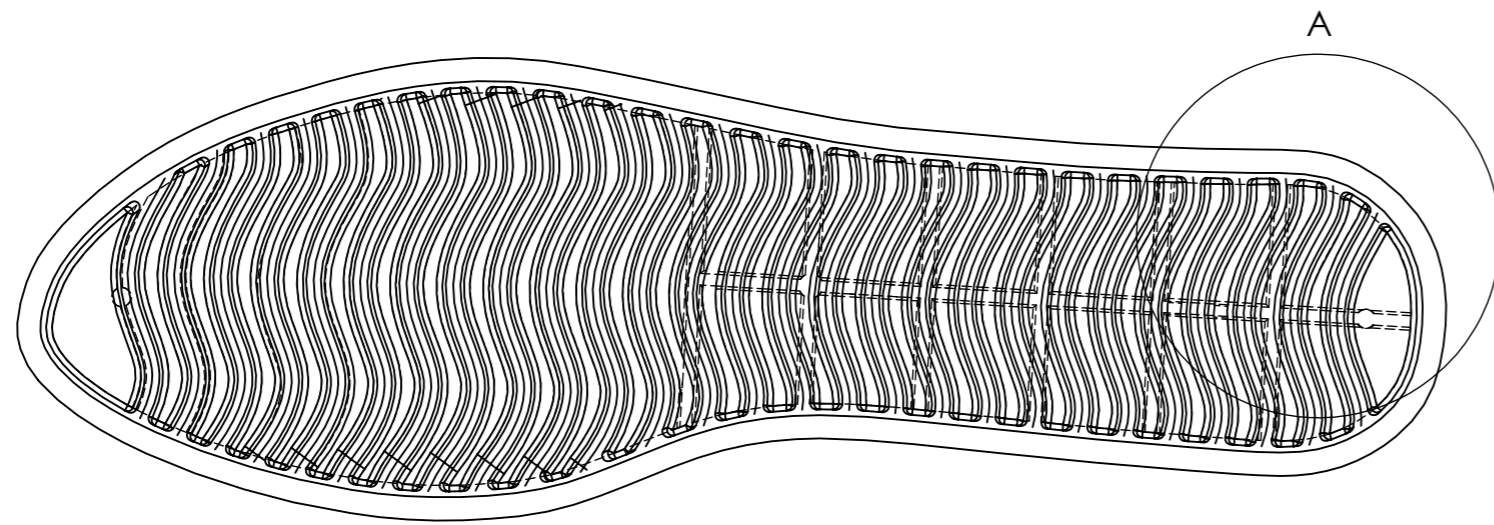
Saran-saran yang berkenan dengan proses pembuatan rongga cetak gipsium sebagai berikut :

1. Sebelum dilakukan proses penggipsuman rongga cetak gipsium sisi atas, cetakan logam yang digunakan sebagai alas untuk membuat rongga cetak gipsium, ada baiknya cetakan logam Al bawah dilakukan *drilling* terlebih dahulu sedalam 7 mm. Sehingga pada hasil rongga cetak gipsium atas terdapat semacam bulatan yang muncul ke permukaan pada empat titik. Saat dirubah menjadi cetakan logam Al atas ke empat bulatan muncul. Hal tersebut dapat membantu memudahkan saat proses penggabungan *fix plate* dan *moving plate* karena antara *cavity* dan *core* sudah sejajar

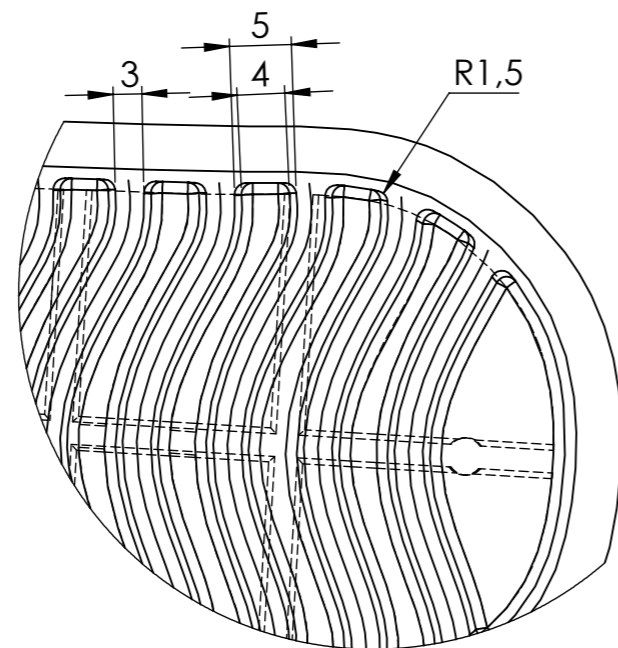
## DAFTAR PUSTAKA

1. ASM Handbook Committee. 1992. *ASM Metals Handbook 9th Edition Vol 2 : Properties and Selection : Non Ferrous Alloys and Special-Purpose Materials*. Ohio, Amerika : ASM Internasional
2. ASM Handbook Committee. 1992. *ASM Metals Handbook 9th Edition Vol.15 : Casting*. Ohio, Amerika : ASM Internasional
3. Mahendra, Rizal P. 2012. “Studi Eksperimen Pengaruh Jenis Saluran Pada Aluminium *Sand Casting* Terhadap Porositas Produk *Toroidal Piston*”. Tugas Akhir. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
4. Prayoga, Bayu. 2015.”Rancang Bangun dan Analisa Simulasi Sistem Saluran Terhadap Cacat Penyusutan (*Shrinkage*) Pada Pembuatan Kepala Silinder (*Cylinder Head*) Sinjai (Mesin Jawa Timur) 650 CC Material Aluminium ADC 12 Dengan Pengecoran Pasir (*Sand Casting*). Tugas Akhir. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
5. Suprpto, Wahyono. 2017. **Teknologi Pegecoran Logam**. Malang : UB Press
6. Surdia, Tata. 2006. **Teknik Pengecoran Logam. 9th Edition**. Jakarta : PT. Pradnya Paramita

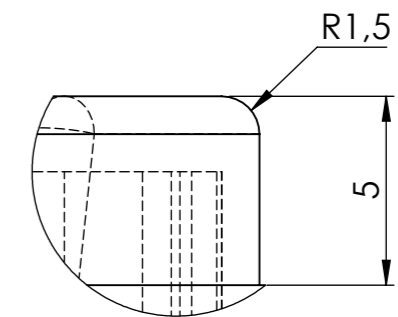
*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



SKALA 1:1



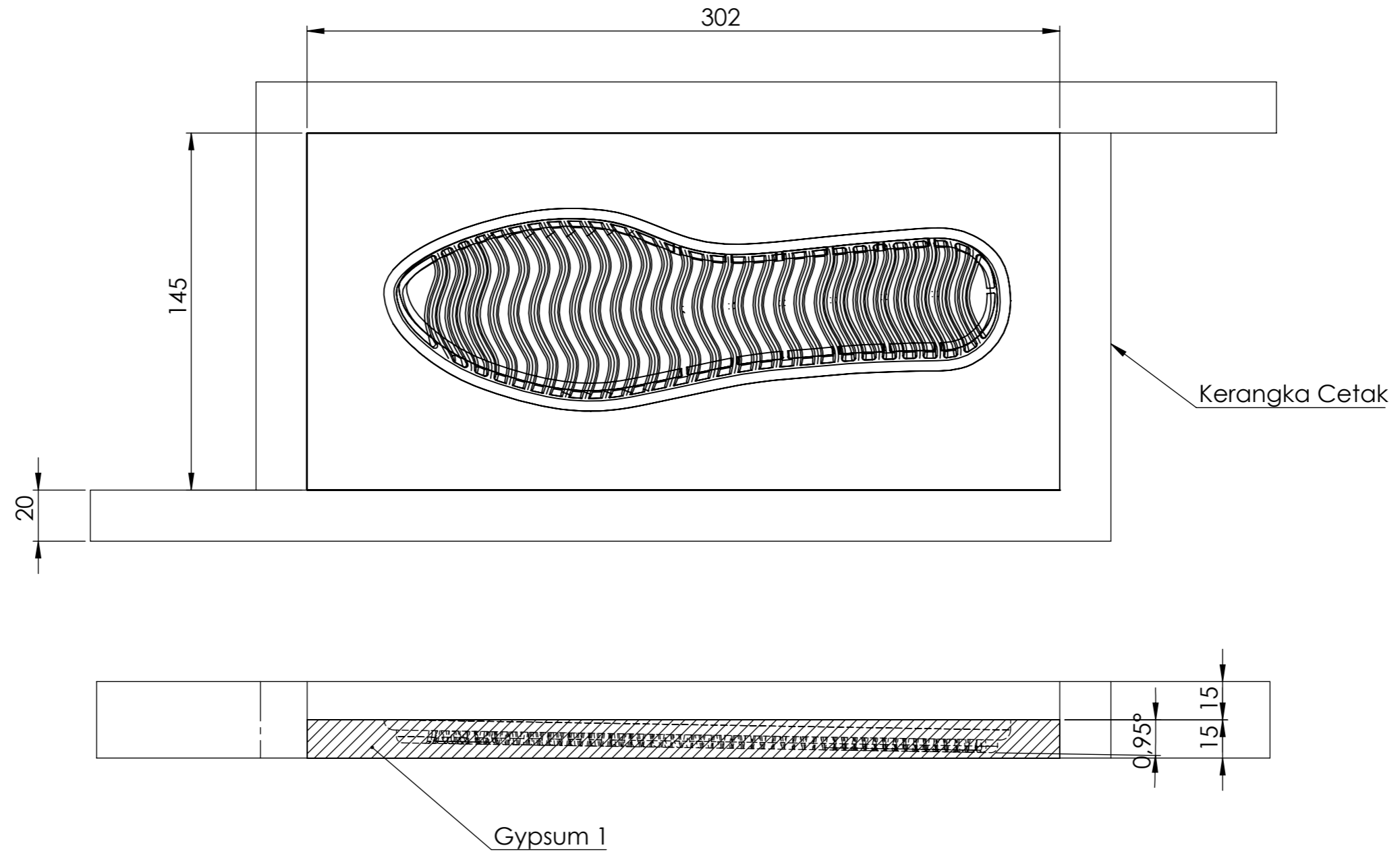
DETAIL A  
SKALA 2:1



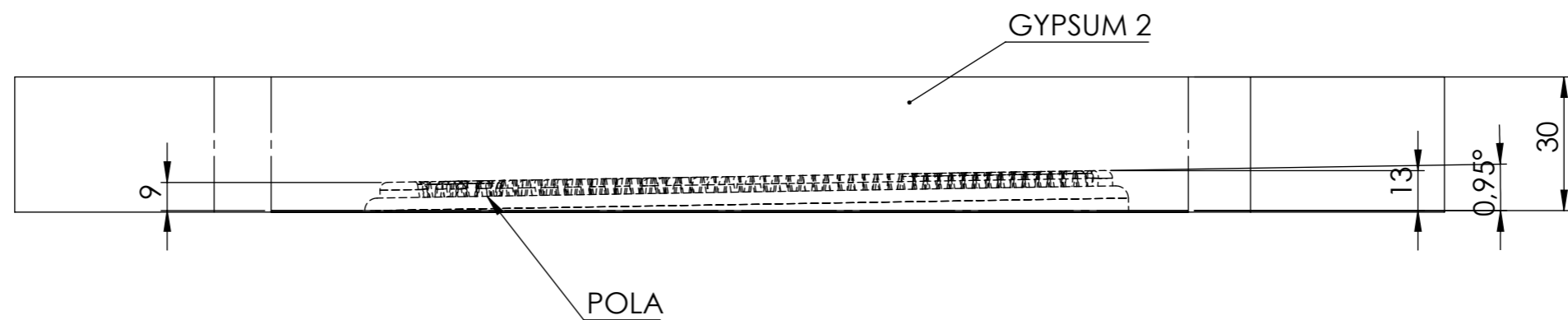
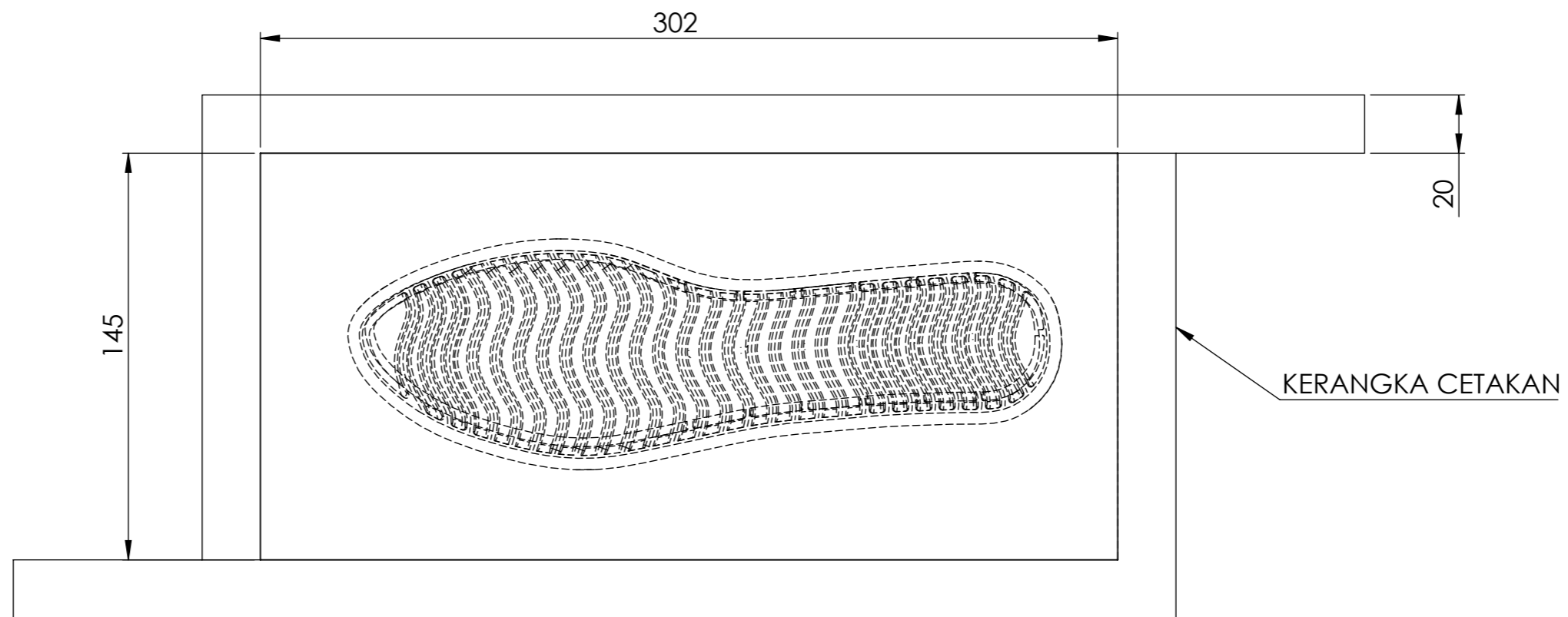
DETAIL B  
SCALE 5:1

1	HASIL PRODUK SOL	PVC		1	
ITEM NO.	NAMA BAGIAN	BAHAN	UKURAN	JUMLAH	KETERANGAN

	SKALA : 1 : 1	DIGAMBAR : ADDINA WAHYU S	KETERANGAN :	
	UKURAN : mm	NRP : 102115030082		
	TANGGAL : 11-07-18	DILIHAT : Ir. HARI SUBIYANTO, M.Sc		
D3 MESIN ITS	POLA BAWAH		NO	A3

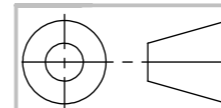
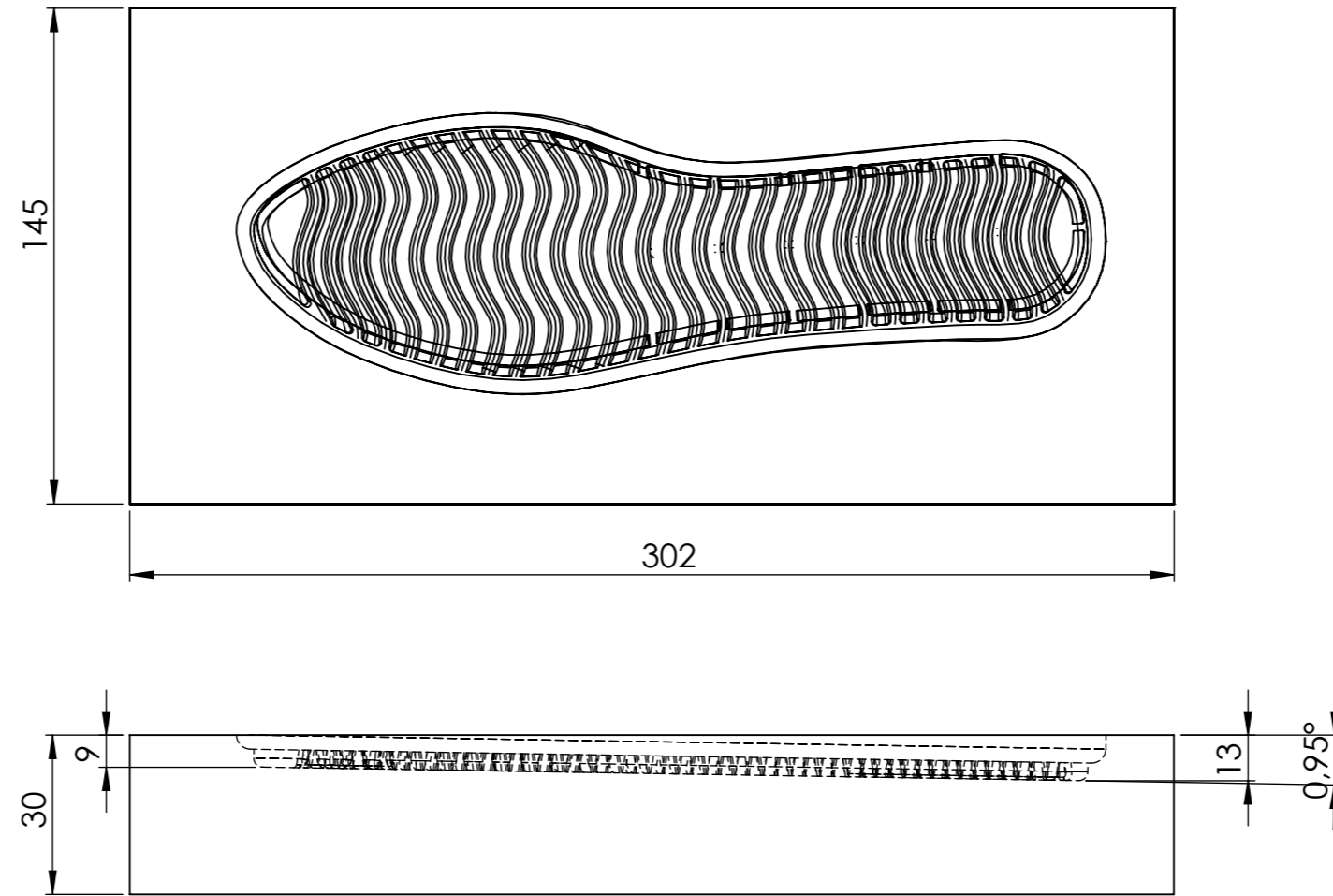


1	Kerangka Cetakan	KAYU	1	
ITEM NO.	NAMA BAGIAN	BAHAN	JUMLAH	KET
	SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : ADDINA WAHYU SAFITRI	KETERANGAN :	
	UKURAN : mm	NRP : 1021150000082		
	TANGGAL : 10-07-18	DILIHAT : Ir. HARI SUBIYANTO, MSc.		
D3 MESIN ITS	PENGGIPSUMAN PERTAMA	NO	A3	



2	POLA	PVC	1	
1	Kerangka Cetakan	KAYU	2	
NO.	NAMA BAGIAN	BAHAN	JUMLAH	KET.

	SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : ADDINA WAHYU SAFITRI	KETERANGAN :	
	UKURAN : mm	NRP : 1021150000082		
	TANGGAL : 10-07-18	DILIHAT : Ir. HARI SUBIYANTO, MSc.		
D3 MESIN ITS	PENGGIPSUMAN KEDUA	NO	A3	



SKALA : 1 : 2  
 UKURAN : mm  
 TANGGAL : 10-07-18

DIGAMBAR : ADDINA WAHYU SAFITRI  
 NRP : 1021150000082  
 DILIHAT : Ir. HARI SUBIYANTO, MSc.

KETERANGAN :

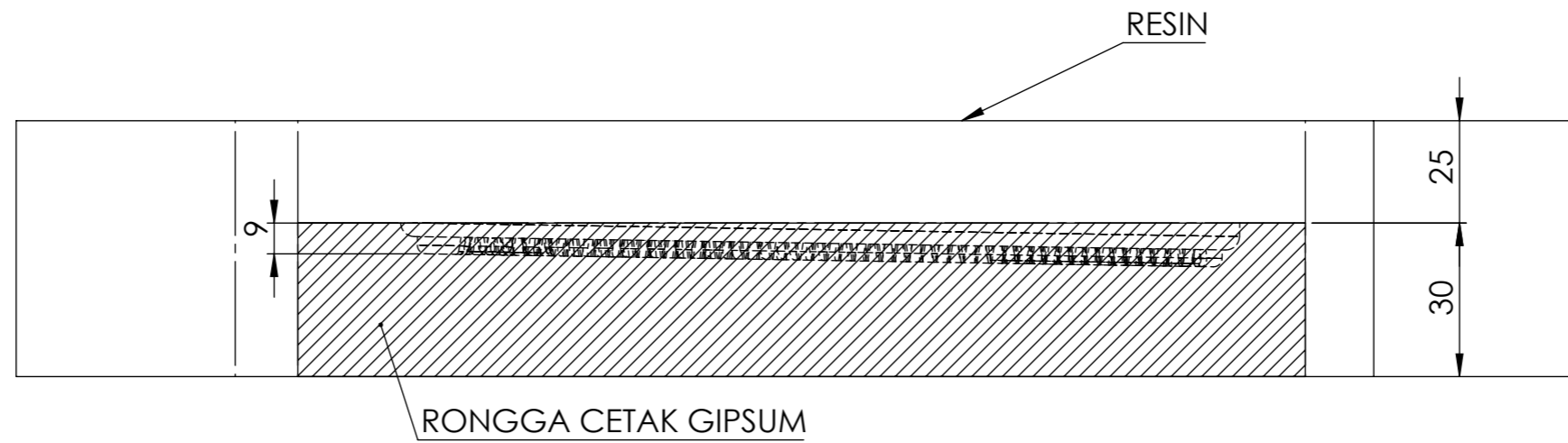
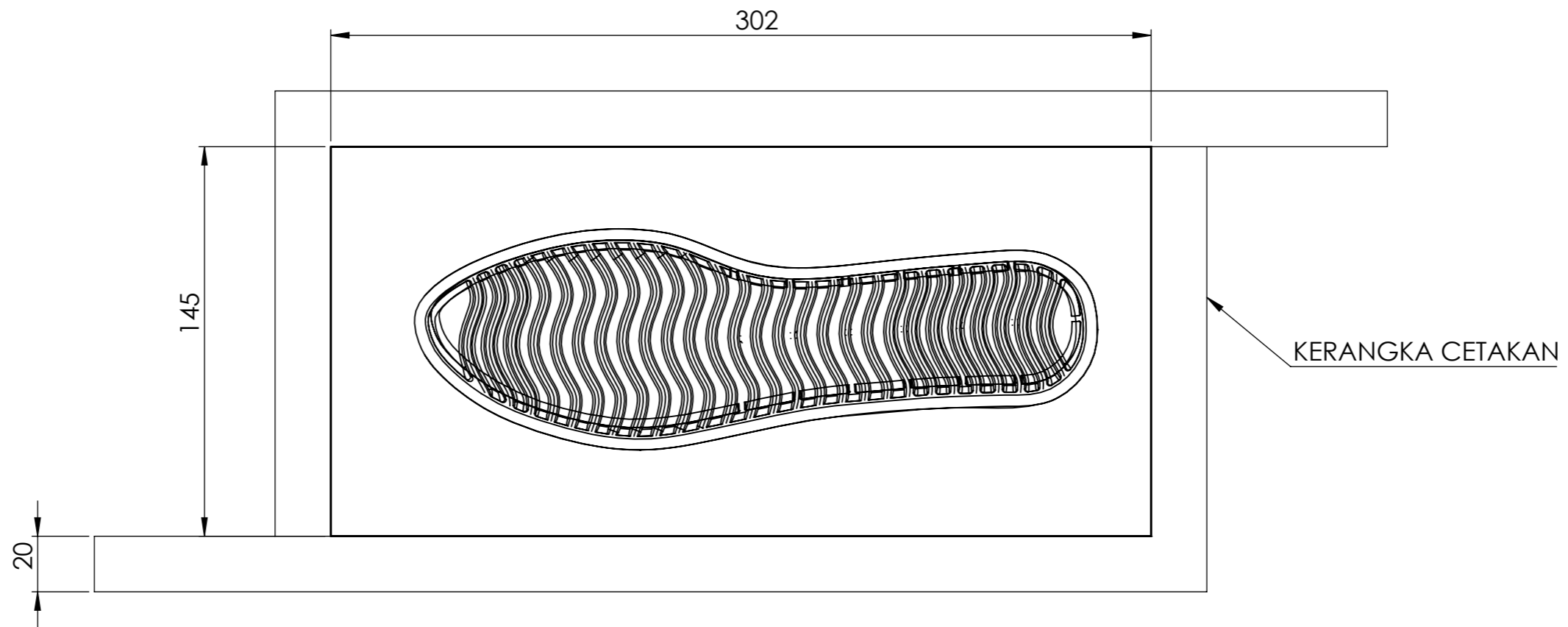
D3 MESIN ITS

HASIL RONGGA CETAK GYPSUM BAWAH

NO

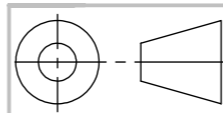
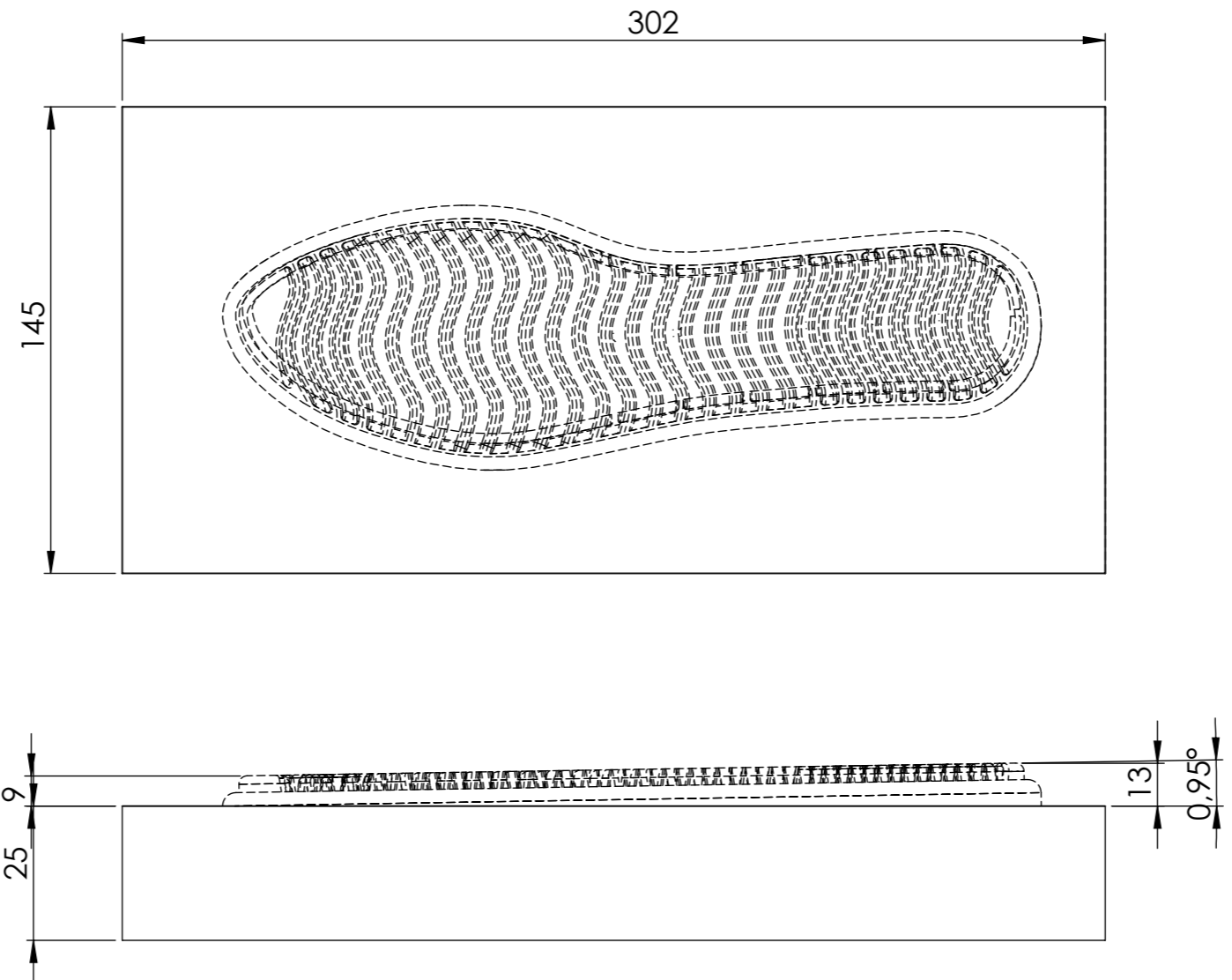
A3





NO	NAMA BAGIAN	BAHAN	JUMLAH	KET
1	Kerangka Cetakan	KAYU	2	

	SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : ADDINA WAHYU SAFITRI	KETERANGAN :	
	UKURAN : mm	NRP : 1021150000082		
	TANGGAL : 10-07-18	DILIHAT : Ir. HARI SUBIYANTO, MSc.		
D3 MESIN ITS	KERANGKA CETAK RESIN BAWAH	NO	A3	

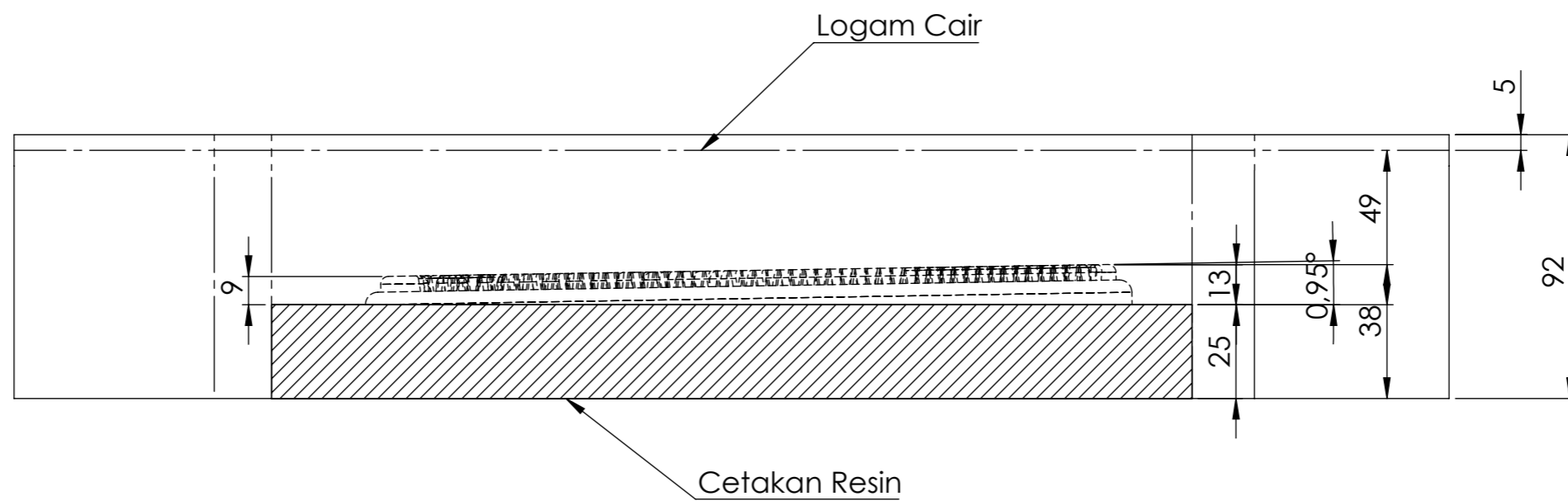
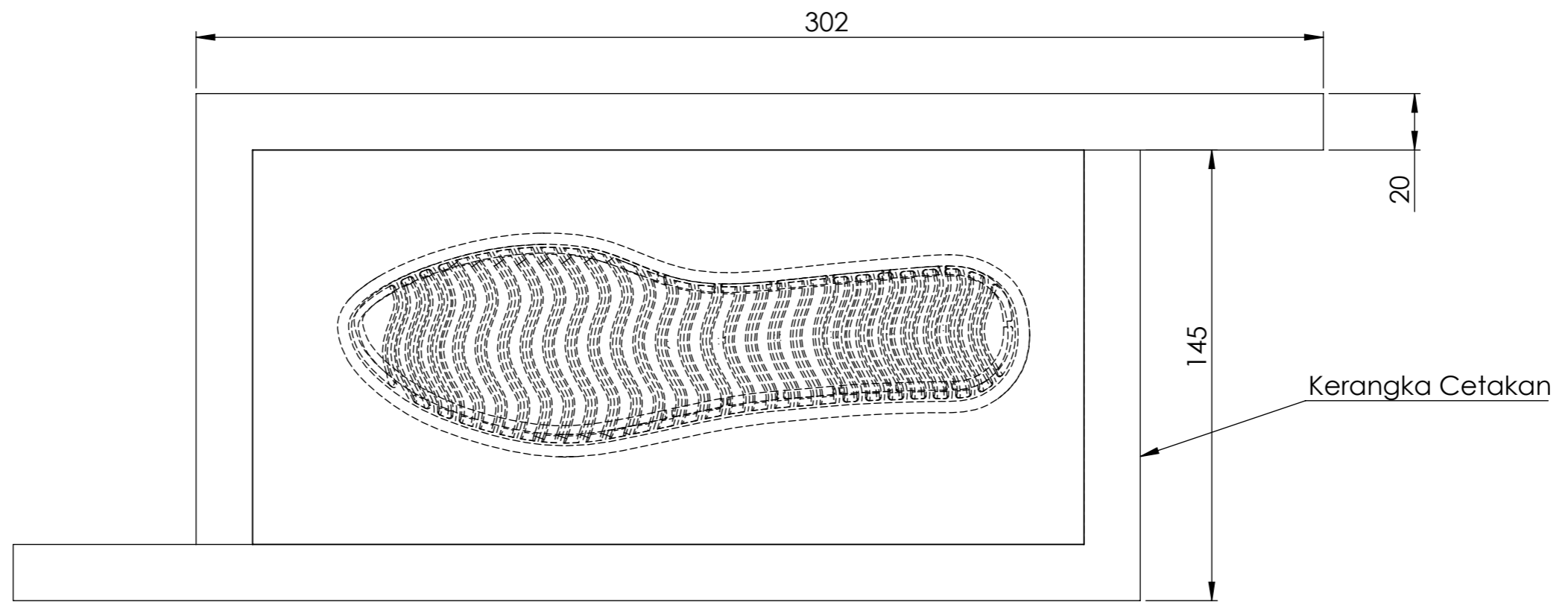


SKALA : 1 : 2  
 UKURAN : mm  
 TANGGAL : 10-07-18

DIGAMBAR : ADDINA WAHYU SAFITRI  
 NRP : 1021150000082  
 DILIHAT : Ir. HARI SUBIYANTO, MSc.

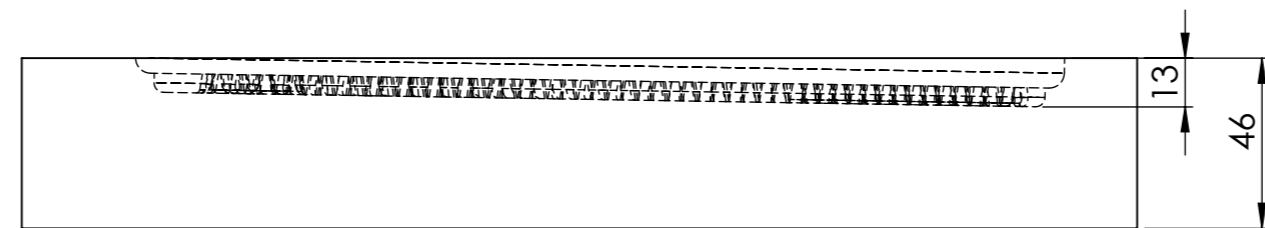
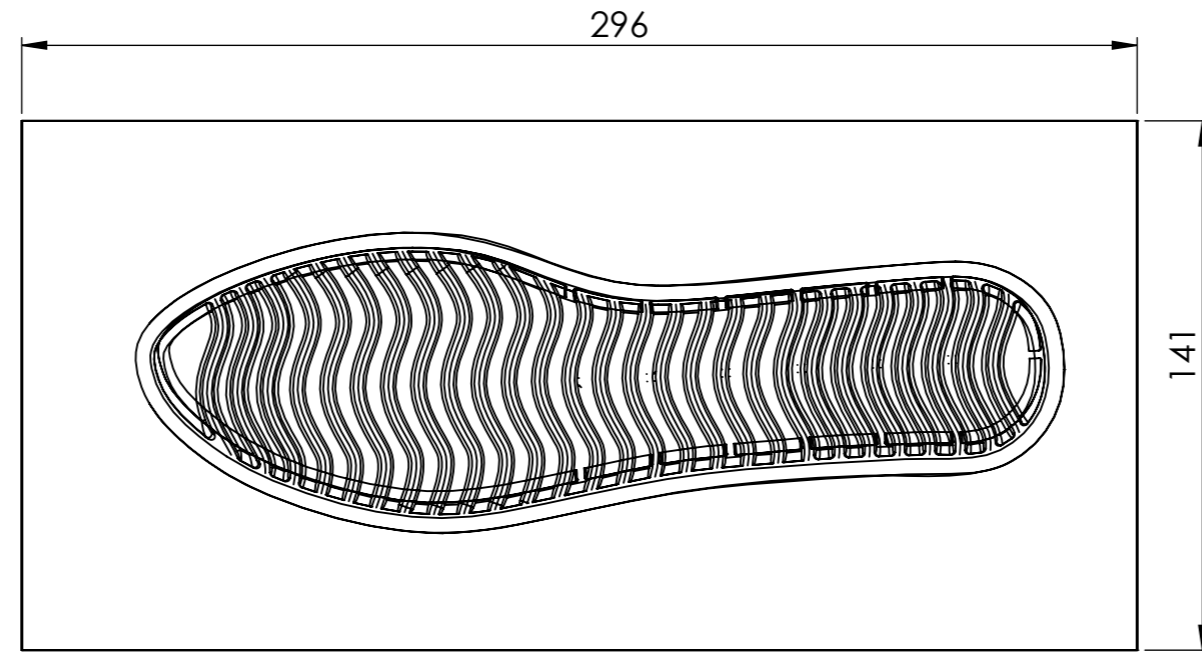
KETERANGAN :

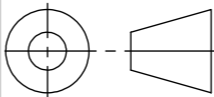
D3 MESIN ITS	HASIL CETAKAN RESIN BAWAH	NO	A3
--------------	---------------------------	----	----

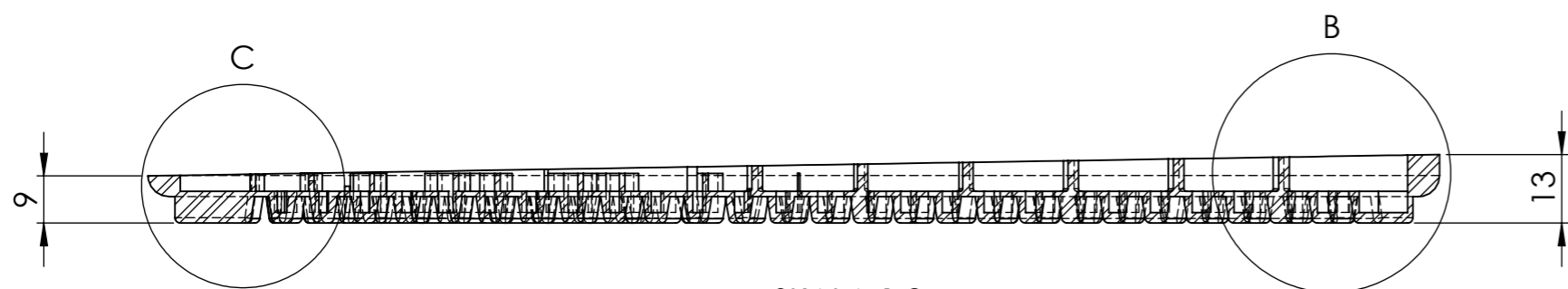
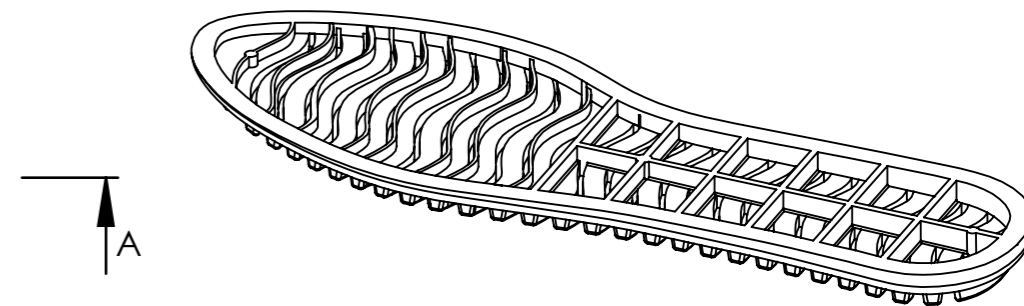
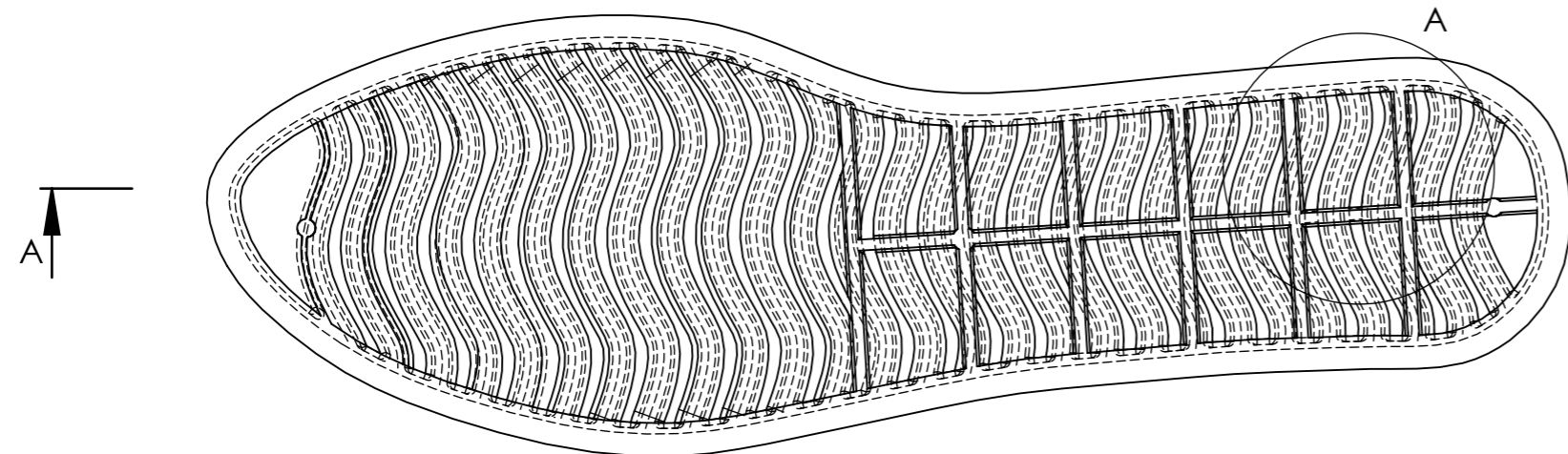


1	Kerangka Cetakan	Baja	4	
NO.	NAMA BAGIAN	BAHAN	JUMLAH	KET

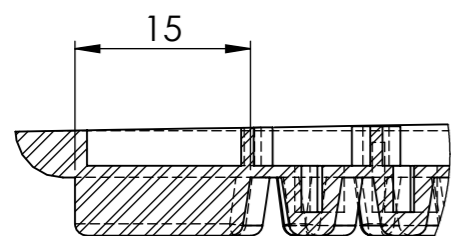
	SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : ADDINA WAHYU SAFITRI	KETERANGAN :
	UKURAN : mm	NRP : 1021150000082	
	TANGGAL : 10-07-18	DILIHAT : Ir. HARI SUBIYANTO, MSc.	
D3 MESIN ITS	KERANGKA CETAKAN LOGAM BAWAH	NO	A3



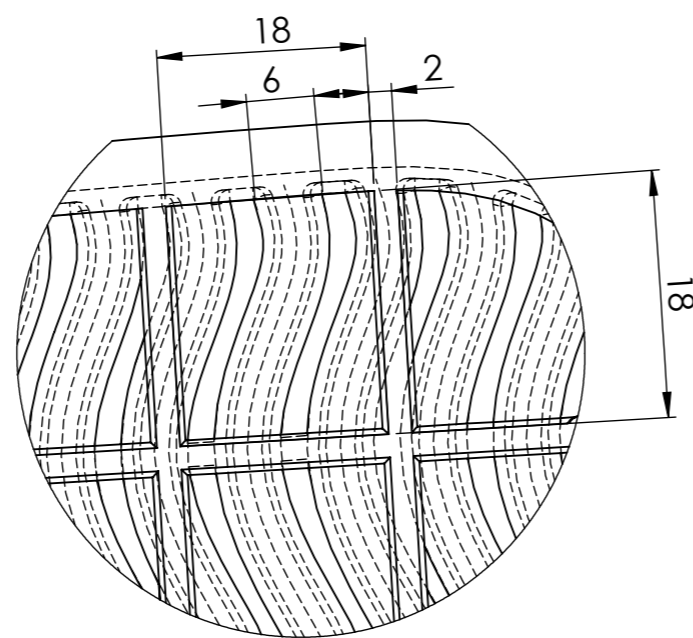
	SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : ADDINA WAHYU SAFITRI	KETERANGAN :	
	UKURAN : mm	NRP : 1021150000082		
	TANGGAL : 10-07-18	DILIHAT : Ir. HARI SUBIYANTO, MSc.		
D3 MESIN ITS	FIX PLATE	NO	A3	



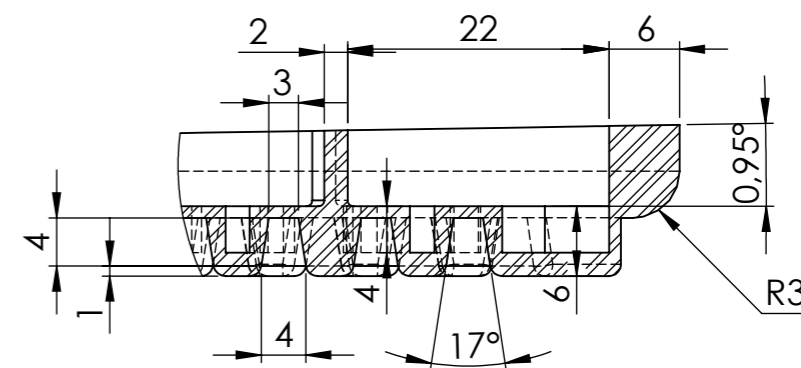
SKALA 1:2



DETAIL C  
SKALA 1:1



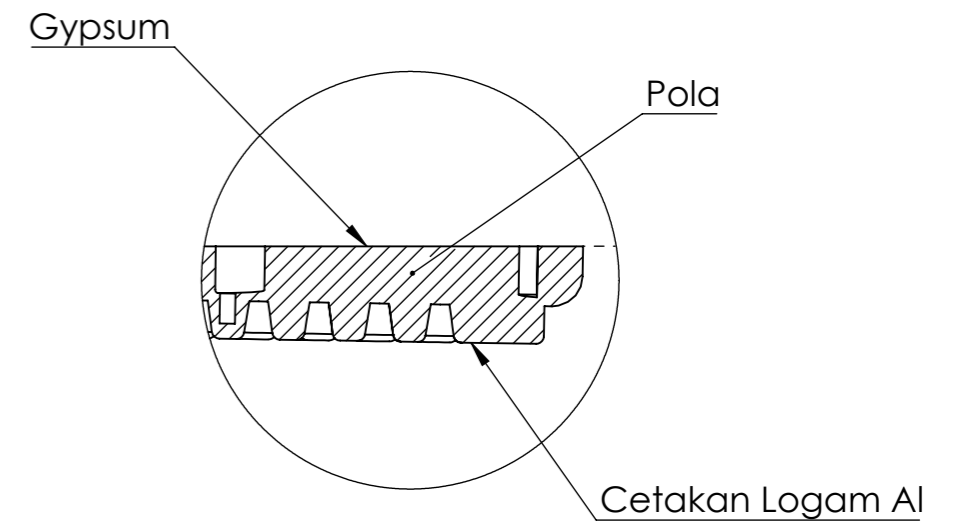
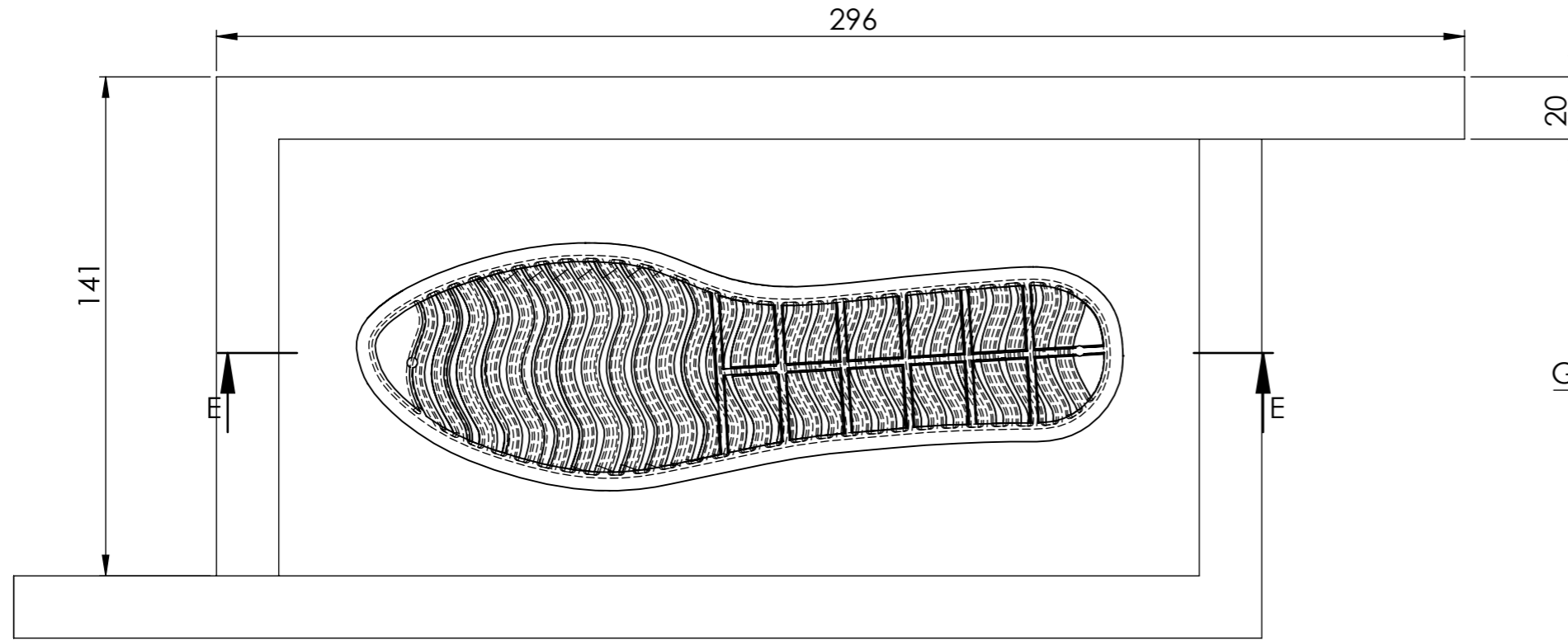
DETAIL A  
SKALA 1:1



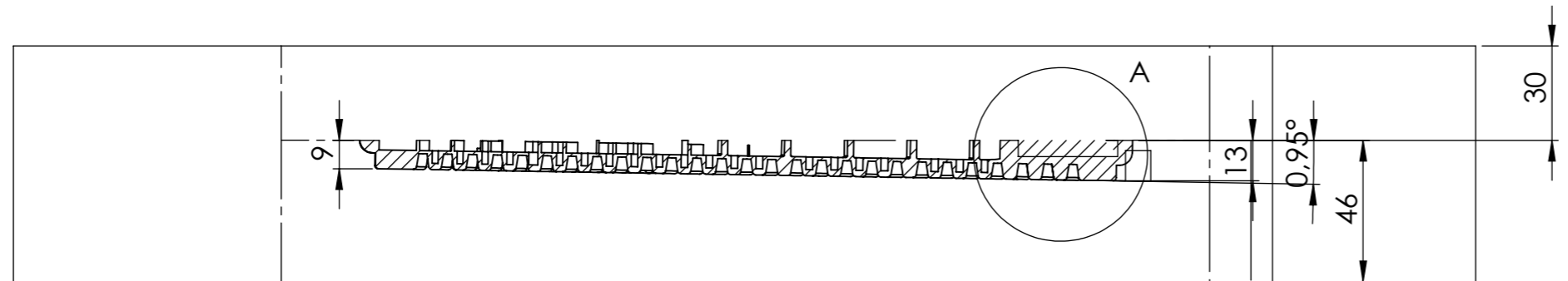
DETAIL B  
SKALA 1:1

ITEM NO.	NAMA BAGIAN	BAHAN	UKURAN	JUMLAH	KETERANGAN
1	HASIL PRODUK SOL	PVC		1	

	SKALA : 1 : 1	DIGAMBAR : ADDINA WAHYU S	KETERANGAN :	
	UKURAN : mm	NRP : 102115030082		
	TANGGAL : 11-07-18	DILIHAT : Ir. HARI SUBIYANTO, M.Sc		
D3 MESIN ITS	POLA ATAS		NO	A3

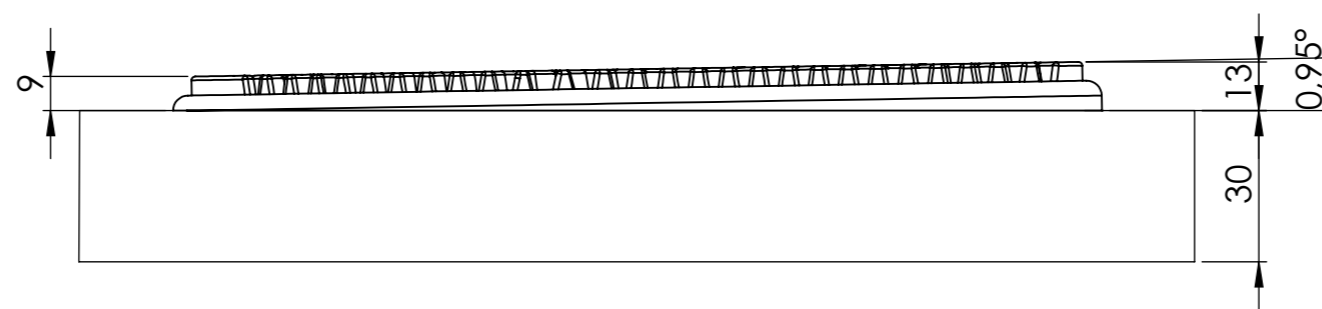
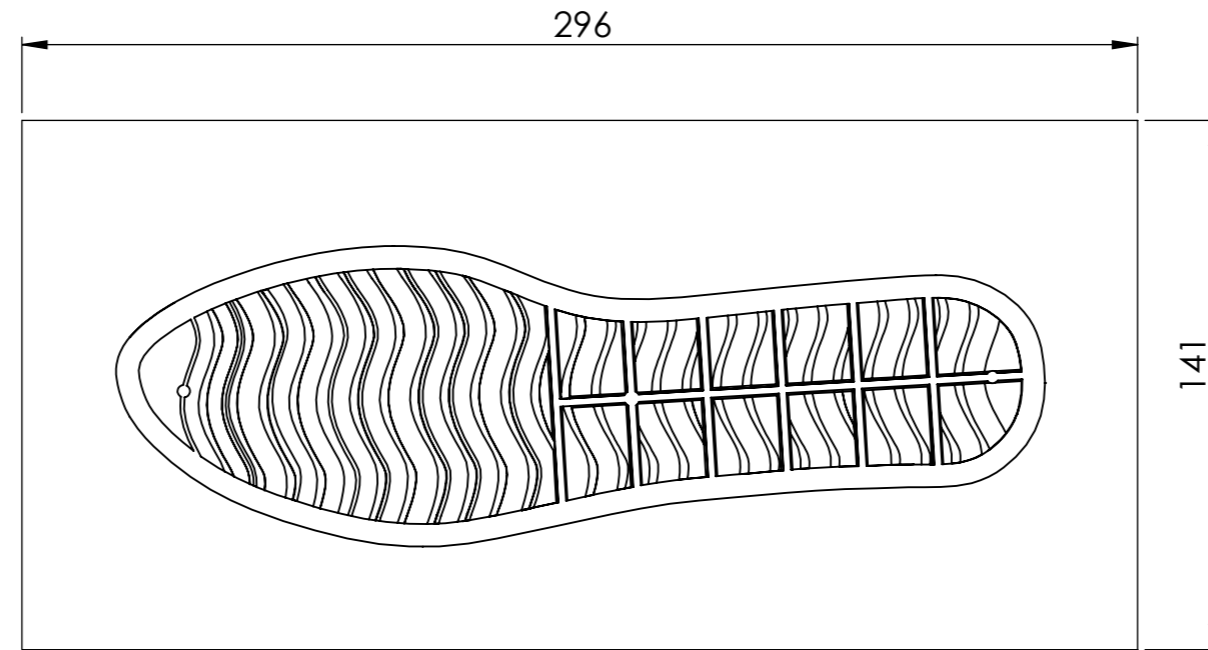


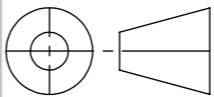
DETAIL A  
SCALE 1 : 1

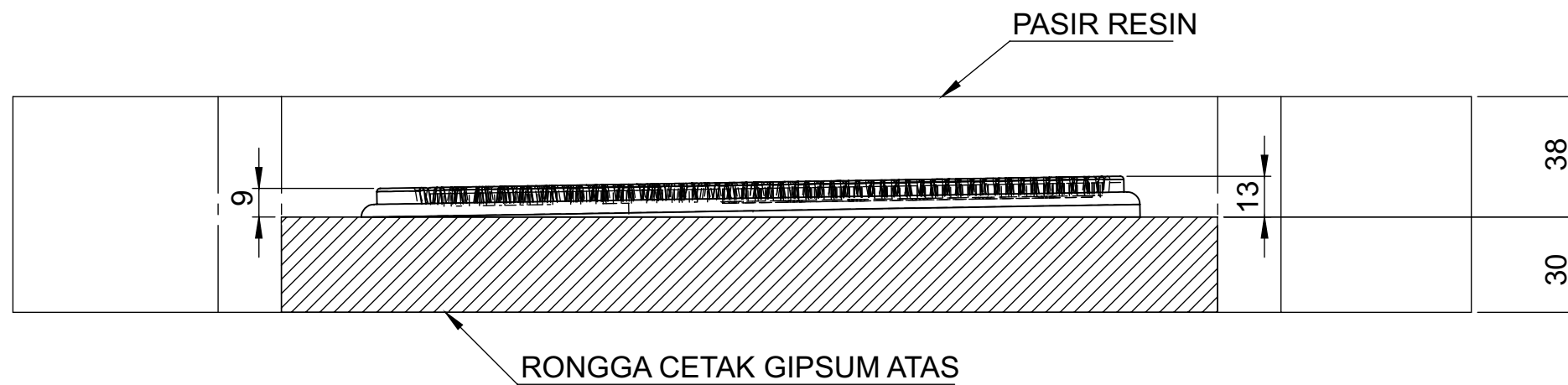
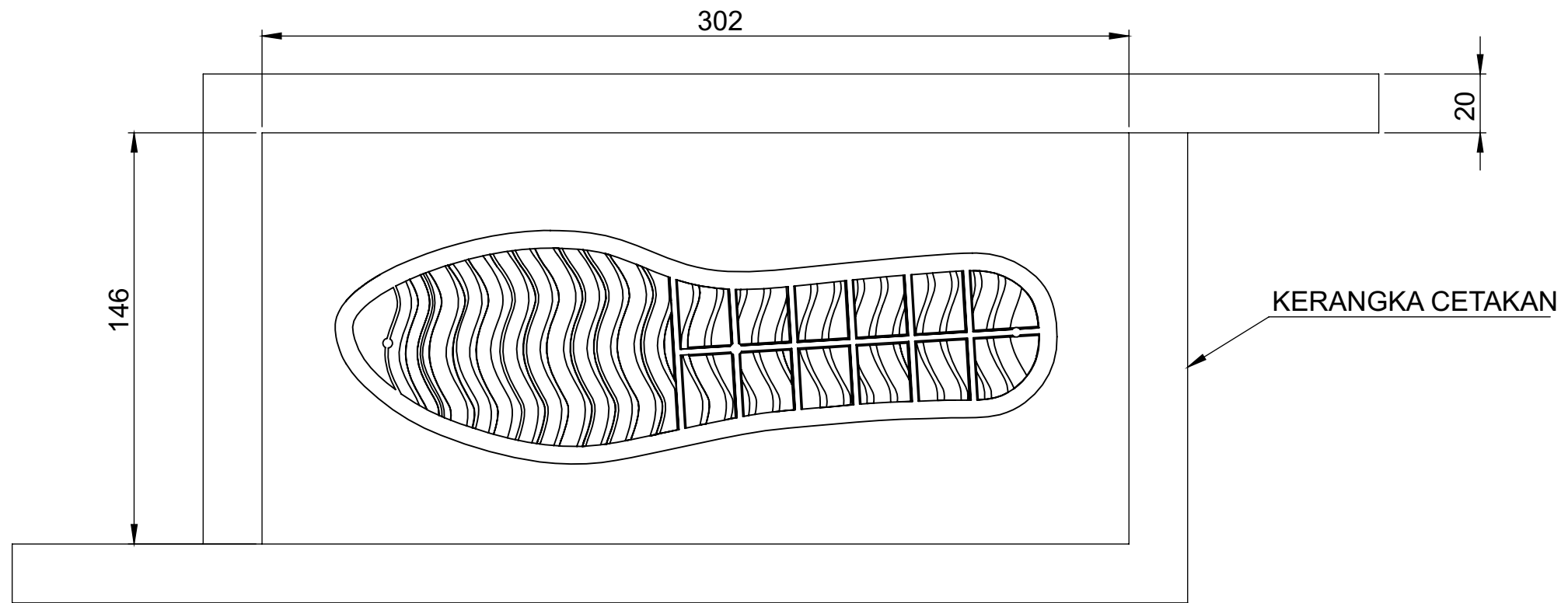


1	KERANGKA CETAKAN	BAJA	2	
NO.	NAMA BAGIAN	BAHAN	JUMLAH.	KETERANGAN

	SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : ADDINA WAHYU S.	KETERANGAN :	
	UKURAN : mm	NRP : 1021150000082		
	TANGGAL : 10-07-18	DILIHAT : Ir. Hari Subiyanto, M.Sc		
D3 MESIN ITS	KERANGKA CETAKAN GYPSUM ATAS	NO	A3	



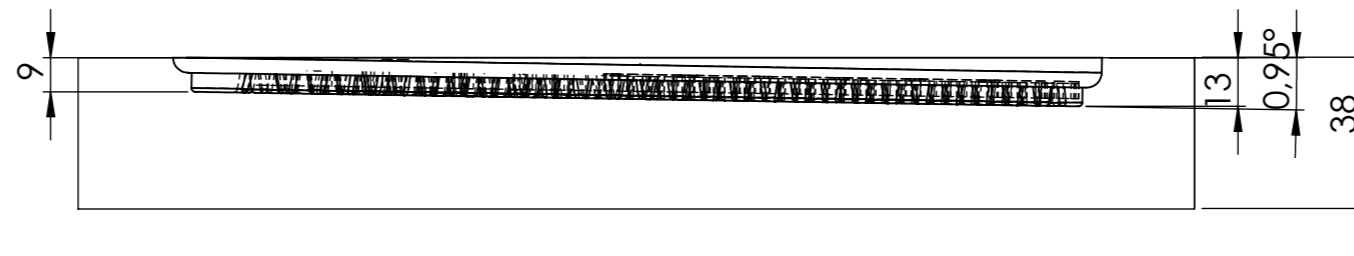
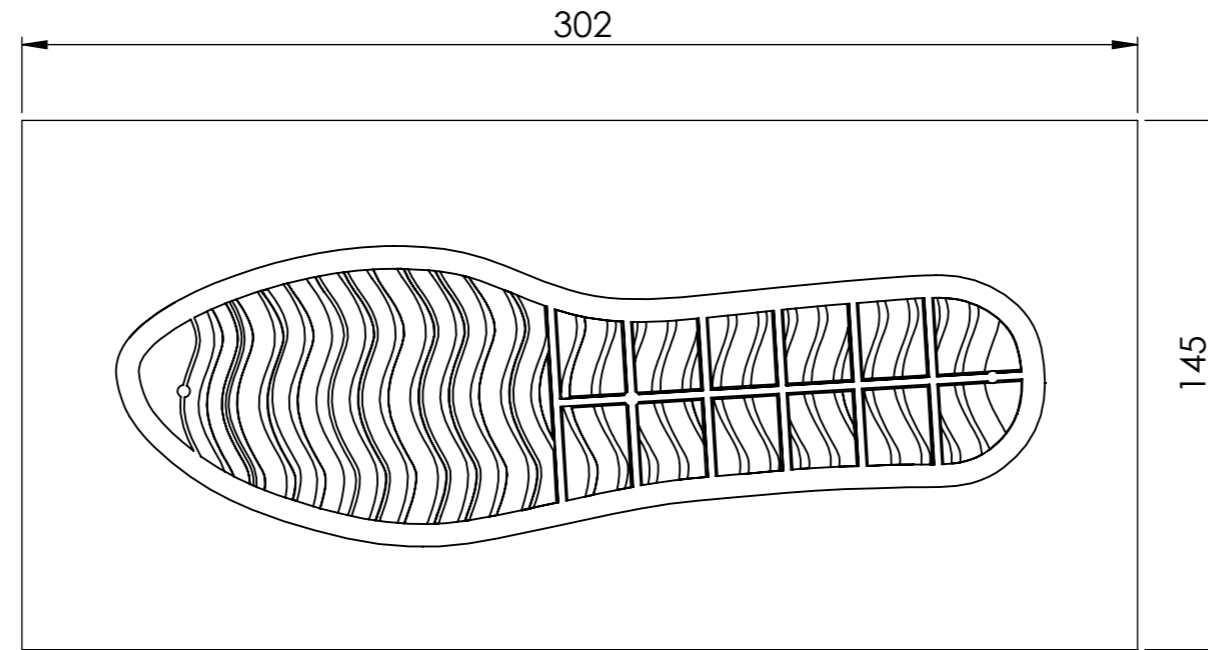
	SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : ADDINA WAHYU S.	KETERANGAN :	
	UKURAN : mm	NRP : 1021150000082		
	TANGGAL : 10-07-18	DILIHAT : Ir. Hari Subiyanto, M.Sc		
D3 MESIN ITS	HASIL RONGGA CETAK GIPSUM ATAS	NO	A3	



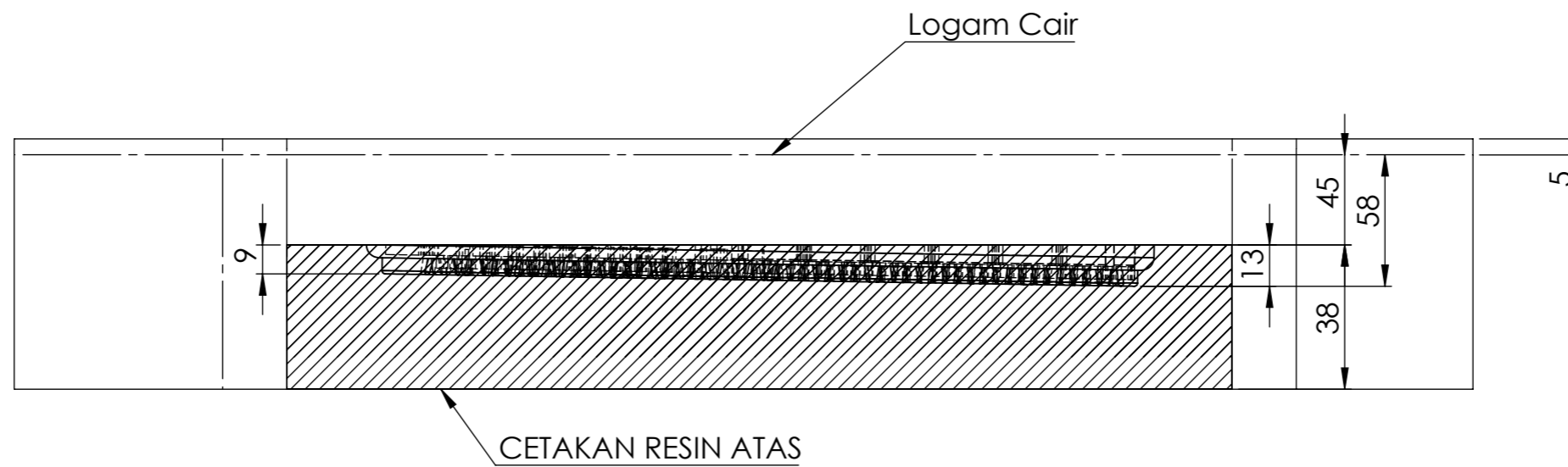
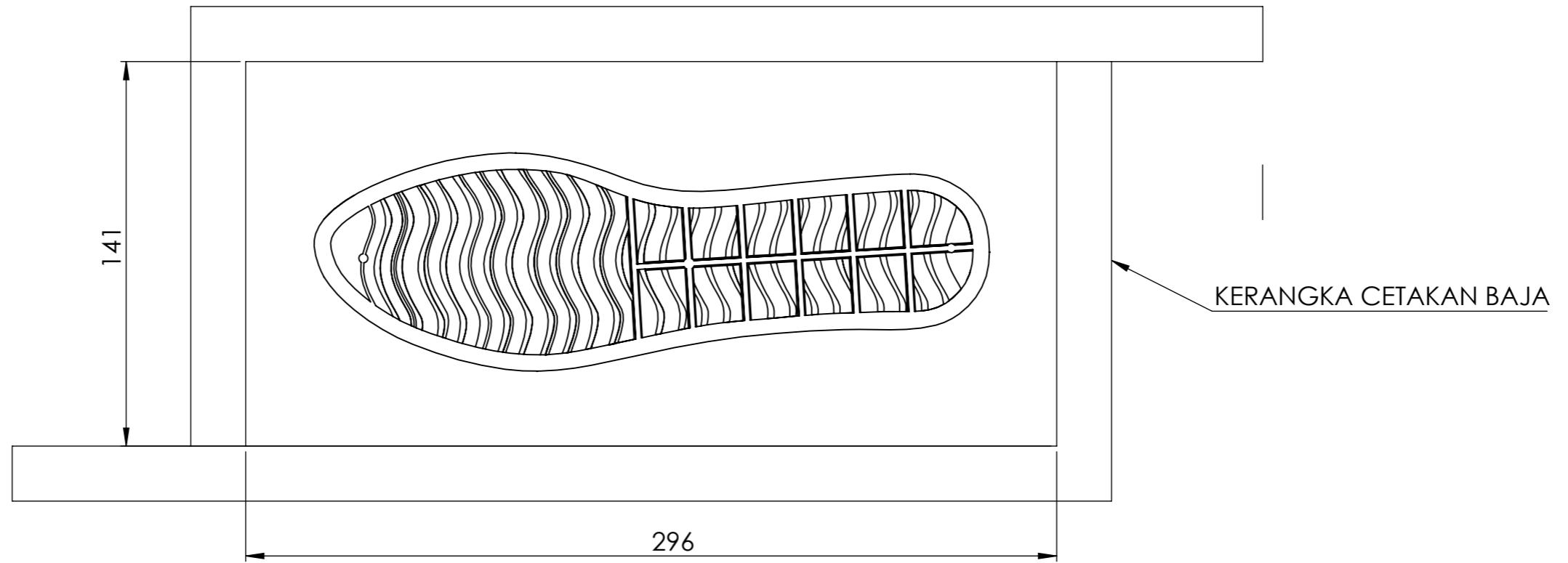
NO.	NAMA BAGIAN	BAHAN	JUMLAH.	KETERANGAN
1	KERANGKA CETAKAN	KAYU	2	

	SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : ADDINA WAHYU S.	KETERANGAN :	
	UKURAN : mm	NRP : 1021150000082		
	TANGGAL : 10-07-18	DILIHAT : Ir. Hari Subiyanto, M.Sc		
D3 MESIN ITS	KERANGKA CETAKAN RESIN ATAS	NO	A3	



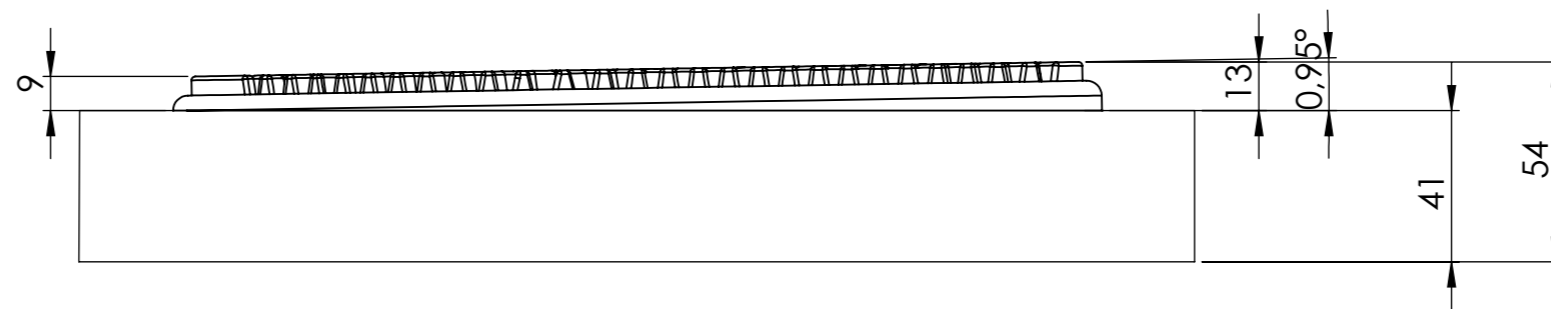
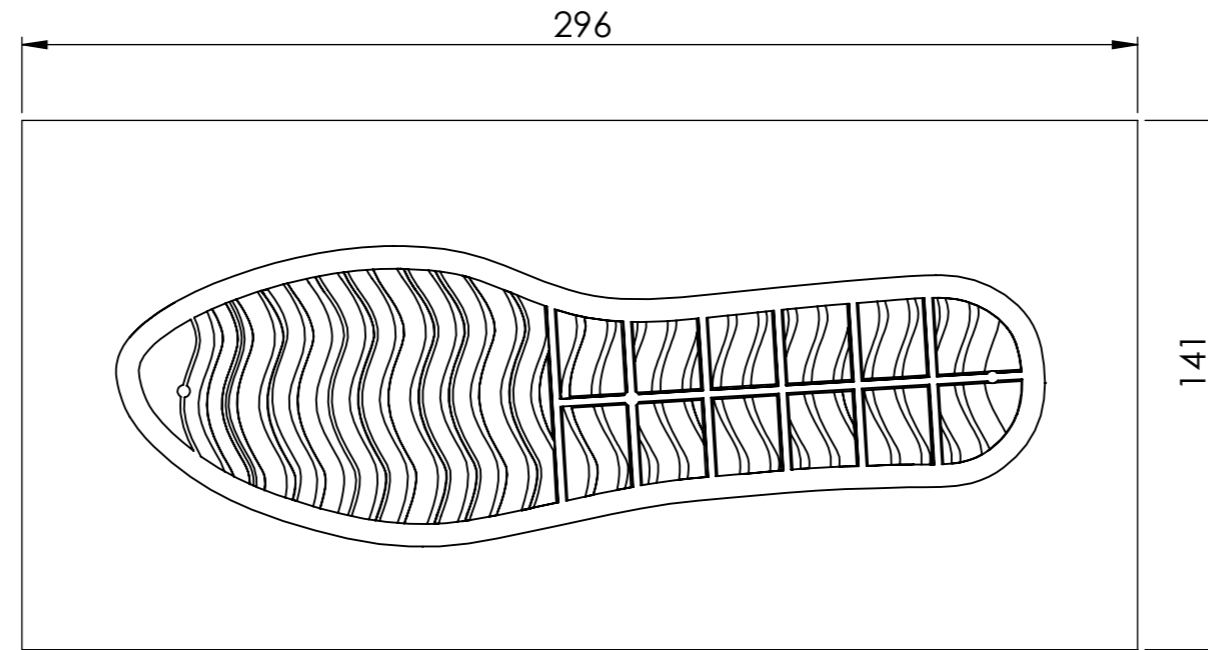


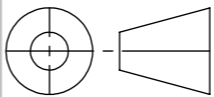
	SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : ADDINA WAHYU S.	KETERANGAN :	
	UKURAN : mm	NRP : 1021150000082		
	TANGGAL : 10-07-18	DILIHAT : Ir. Hari Subiyanto, M.Sc		
D3 MESIN ITS	CETAKAN RESIN ATAS	NO	A3	

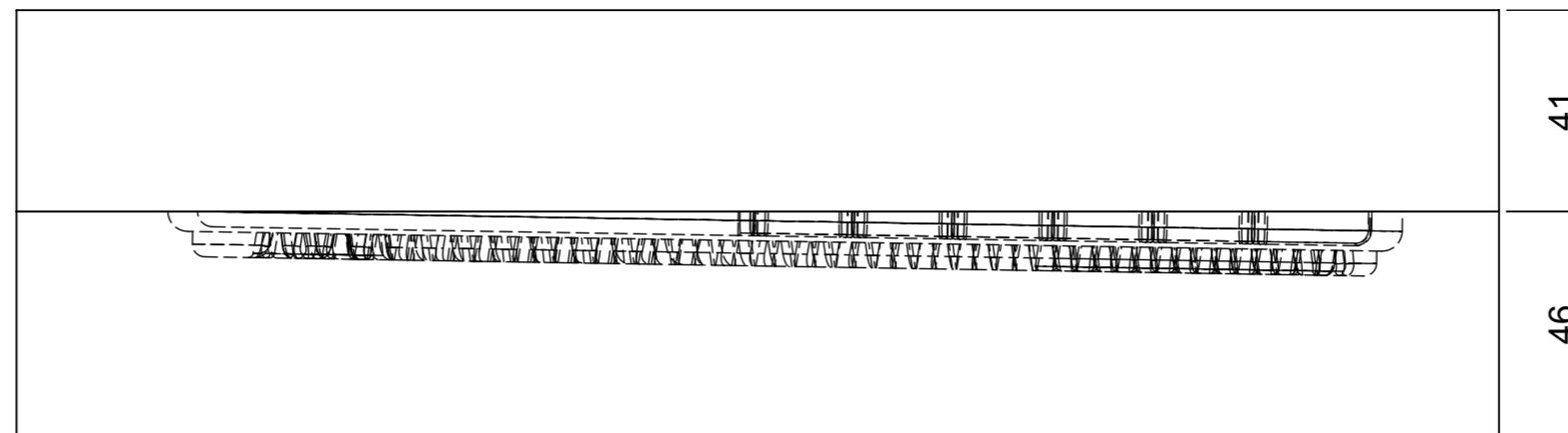
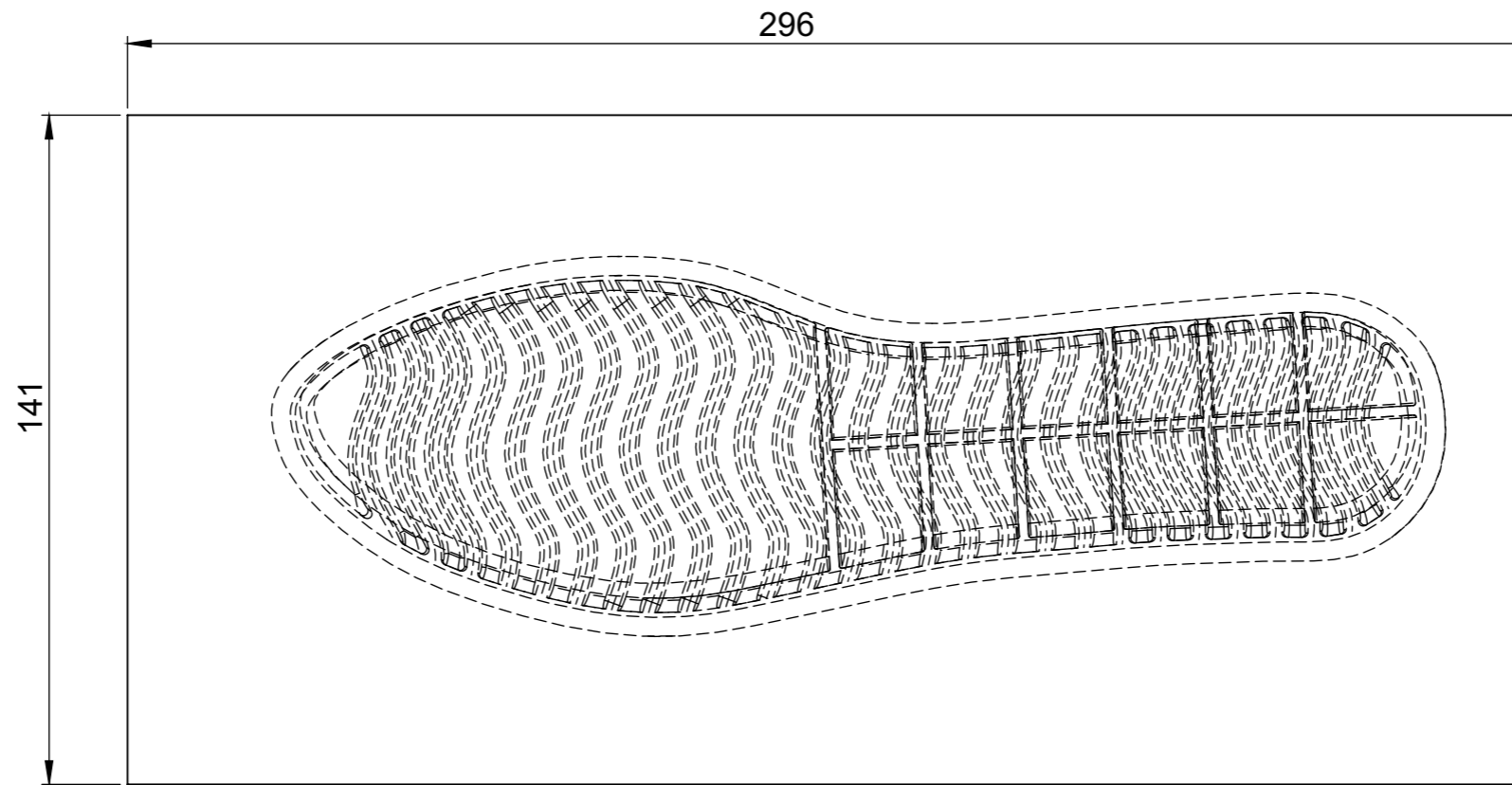


NO.	NAMA BAGIAN	BAHAN	JUMLAH	KET
1	KERANGKA CETAKAN	BAJA	4	

	SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : ADDINA WAHYU S.	KETERANGAN :	
	UKURAN : mm	NRP : 1021150000082		
	TANGGAL : 10-07-18	DILIHAT : Ir. Hari Subiyanto, M.Sc		
D3 MESIN ITS	PENGECORAN CETAKAN LOGAM ATAS	NO	A3	



	SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : ADDINA WAHYU S.	KETERANGAN :	
	UKURAN : mm	NRP : 1021150000082		
	TANGGAL : 10-07-18	DILIHAT : Ir. Hari Subiyanto, M.Sc		
D3 MESIN ITS	MOVING PLATE		NO	A3



	SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : Addina Wahyu Safitri	KETERANGAN :	
	UKURAN : mm	NRP : 1021150000082		
	TANGGAL : 10-07-18	DILIHAT : Ir. HARI SUBIYANTO. MSc.		
D3 MESIN ITS	MOVING PLATE DAN FIX PLATE	NO	A3	

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Jombang, 16 Desember 1996, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK RA Muslimat Carangrejo Jombang, SDN Carangrejo 01 Kesamben Jombang, SMPN 1 Sumobito Jombang dan SMAN Kesamben Jombang. Setelah lulus dari SMAN tahun 2015, Penulis mengikuti SMITS dan diterima di Jurusan D3 Teknik Mesin Industri FV-ITS pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 10211500000082. Di Jurusan D3 Teknik Mesin Industri ini Penulis mengambil bidang studi Manufaktur di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama duduk di bangku kuliah Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan pelatihan yang diselenggarakan oleh Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Mesin Industri (HMDM), antara lain: Pelatihan PKTI, Pelatihan Jurnalistik, Pelatihan LKMM Pra-TD FTI-ITS dan Pelatihan LKMM TD IX FTI ITS. Selain itu penulis aktif mengikuti organisasi. Adapun organisasi yang diikuti diantaranya : Anggota Divisi Sekertaris Mobil Listrik Nogogeni 2016/2017. Kemudian menjadi Sekertaris Nogogeni ITS Team 2017/2018, dan menjadi Juara 2 pada perlombaan Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) 2017 menjadi Juara 2 pada pelombaan Shell Eco Marathon Asia (SEM-Asia) 2018. Selain itu penulis juga pernah melakukan kerja praktik di PT.Barata Indonesia, Gresik, Jawa Timur.

Email : [addina.wahyusafitri96@gmail.com](mailto:addina.wahyusafitri96@gmail.com)

