

**PEMBUATAN POLA CETAKAN (*PATTERN MOLDING*)
KOMPOSIT DENGAN 3D *PRINTER* BERBASIS
FUSED DEPOSITION MODELLING (FDM)
(Studi Kasus *Kitchen Sink*)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

Nama : Tito Pandyarukma

No. Mahasiswa : 17525118

NIRM : 2017023652

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2023

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

PEMBUATAN POLA CETAKAN (*PATTERN MOLDING*)
KOMPOSIT DENGAN 3D *PRINTER* BERBASIS
FUSED DEPOSITION MODELLING
(Studi Kasus *Kitchen Sink*)

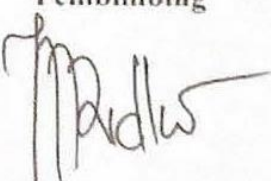
TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Tito Pandyarukma
No. Mahasiswa : 17525118
NIRM : 2017023652

Yogyakarta, 20 September 2023

Pembimbing



Ir. Muhammad Ridlwan, S.T., M.T., IPP

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PEMBUATAN POLA CETAKAN (*PATTERN MOLDING*) KOMPOSIT DENGAN 3D *PRINTER* BERBASIS *FUSED DEPOSITION MODELLING* (Studi Kasus *Kitchen Sink*)

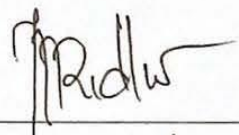
TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

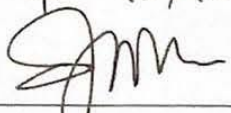
Nama : Tito Pandyarukma
No. Mahasiswa : 17525118
NIRM : 2017023652

Tim Penguji

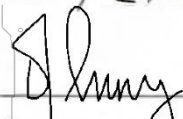
Ir. Muhammad Ridlwan, S.T., M.T., IPP
Ketua


Tanggal : 15/12/2023

Ir. Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M. IPP
Anggota I


Tanggal : 20/12/2023

Finny Pratama Putera, S.T., M.Eng.
Anggota II


Tanggal : 20/12/2023

Mengetahui

Teknik Mesin



Dr. Ir. Nurhidayah K. Hafidh, S.T., M.T., IPP

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Tito Pandyarukma

NIM : 17525118

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Fakultas Teknologi Industri

Judul Skripsi : Pembuatan Pola Cetakan (*Pattern Molding*) Komposit Dengan 3D Printer Berbasis *Fused Deposition Modelling* (Studi Kasus *Kitchen Sink*)

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan skripsi ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari skripsi ini merupakan hasil plagiasi atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia bertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan serta tata tertib yang berlaku di Universitas Islam Indonesia.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak dipaksakan.

Yogyakarta, 20 September 2023



Tito Pandyarukma

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah atas berkah, rahmat, dan limpahan nikmat-Nya berupa kesehatan dan kesempatan, penulis diberikan kemudahan untuk menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Oleh karena itu, Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan dan ucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Segenap keluarga terutama kedua orang tua penulis yang senantiasa memberikan dukungan dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak dan Ibu dosen yang telah senantiasa memberikan ilmu serta membimbing penulis sehingga dapat menjadi seorang Sarjana.
3. Teman-teman penulis baik itu teman satu angkatan maupun teman dari satu daerah. Terimakasih teman-teman yang telah senantiasa memberikan semangat, menemani, juga membantu penulis.

HALAMAN MOTTO

"Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan."

(QS Al Insyirah: 5)

“Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan mudahkan baginya jalan menuju surga.”

(HR Muslim)

"Berilmulah sebelum kamu berbicara, beramal, atau beraktivitas."

(HR Bukhari)

“Ketahuilah Bahwa Kemenangan Bersama Kesabaran, Kelapangan Bersama Kesempitan, Dan Kesulitan Bersama Kemudahan.”

(HR Tirmidzi)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah puji syukur kita panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan judul “Pembuatan Pola Cetakan (*Pattern Molding*) Komposit Dengan 3D *Printer* Berbasis *Fused Deposition Modelling* (Studi Kasus *Kitchen Sink*)” Tugas akhir ini merupakan salah syarat wajib yang harus ditempuh dalam Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, oleh sebab itu penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia
2. Bapak Ir. Muhammad Ridlwan, S.T., M.T., IPP selaku Dosen Pembimbing dalam menyelesaikan penulisan dan pembuatan tugas akhir ini.
3. Bapak Faisal Arif Nurgesang S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memandu dalam menghadapi dinamika perkuliahan selama menjalani studi di program studi Teknik mesin Universitas Islam Indonesia.
4. Kepada seluruh dosen dan laboran Program studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
5. Kepada keluarga, kerabat dan teman-teman seperjuangan saya yang tiada hentinya selalu berdoa dan berupaya membantu peneliti dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlimbah, rahmat, kurnia dan kelapangan hati kepada pihak-pihak yang telah banyak memberikan doa dan supportnya kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih ada kekurangan, untuk itu penulis mohon kritik, saran dan masukan yang bersifat membangun demi penulisan yang lebih baik dimasa yang akan datang. Akhir kata, semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. *Aamiin*.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 20 September 2023

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping, stylized strokes that form a unique, somewhat abstract representation of the name.

Tito Pandyarukma

ABSTRAK

Pola (*pattern*) merupakan bagian penting dalam proses manufaktur komposit sebagai acuan dalam pembuatan master cetakan (*molding*). Untuk memangkas biaya produksi, pada proses pembuatan pola cetakan komposit konvensional umumnya menggunakan *styrofoam*, *polyurethane foam*, hingga triplek yang disusun dan dibentuk secara manual sesuai desain yang diperlukan. Material tersebut dipilih karena terjangkau serta mudah untuk didapat, namun demikian proses pembuatan pola secara konvensional seringkali menghasilkan limbah. Dalam penelitian ini akan digunakan *3D printer* sebagai sarana untuk mengatasi masalah tersebut.

Langkah pertama dilakukan proses desain dengan menggunakan *software* Autodesk Inventor. Kemudian desain pola cetakan dibagi menjadi bagian kecil menyesuaikan kapasitas cetak *3D printer*. Untuk selanjutnya setiap komponen/*part* pola cetakan dilakukan proses *slicing* sehingga didapat *file G-Code*. Proses pencetakan dilakukan dengan parameter *printing* yang meliputi *infill pattern Triangles*, dengan kerapatan sebesar 10%, temperatur *nozzle* 220°C, temperatur *bed* 60 °C dan mengatur kecepatan *nozzle* pada pengaturan standar. Setelah seluruh komponen selesai dicetak maka dilakukan proses *puzzling* serta *finishing*.

Proses *3D scanning* dilakukan untuk mengetahui deviasi dimensi antara produk dengan desain. Diketahui bahwa produk mengalami penyusutan dimensi dengan penyimpangan terbesar hingga -12,26 mm pada pengukuran **D2** dan penyimpangan terkecil terdapat pada pengukuran **B1** sebesar -1,03 mm.

Kata Kunci: *Pattern*, Pola Cetakan, *Fused Deposition Modelling*, FDM, *3D Printing*, Komposit, *Puzzling*, *3D Scanning*

ABSTRACT

Patterns are an important part of the composite manufacturing process as a reference in making master molds. To cut production costs, the process of making conventional composite mold patterns generally uses styrofoam, polyurethane foam, and plywood which are arranged and shaped manually according to the required design, this material was chosen because it is cheap and easy to obtain. However, the conventional pattern making process often produces waste. In this research, a 3D printer will be used as a means to overcome this problem.

The first step is the design process using Autodesk Inventor software. Then the printed pattern design is divided into small parts according to the printing capacity of the 3D printer. Next, each component/part of the printed pattern is subjected to a slicing process to obtain a G-Code file. The printing process is carried out with printing parameters which include Triangles infill pattern, with a density of 10%, nozzle temperature of 220 °C, bed temperature of 60 °C and setting the nozzle speed to standard settings. After all components have been printed, the puzzling and finishing process is carried out.

*The 3D scanning process is carried out to determine dimensional deviations between the product and the design. It is known that the product experienced dimensional shrinkage with the largest deviation of up to -12,26 mm in measurement **D2** and the smallest deviation in measurement **B1** of -1,03 mm.*

Keywords: Pattern, Pattern Molding, Fused Deposition Modeling, FDM, 3D Printing, Composite, Puzzling, 3D Scanning

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Lembar Pernyataan Keaslian	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar.....	vii
Abstrak	ix
<i>Abstract</i>	x
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar	xiv
BAB 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan	4
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 Tinjauan Pustaka	6
2.1 Kajian Pustaka	6
2.2 Dasar Teori	8
2.2.1 <i>Computer-Aided Design (CAD)</i>	8
2.2.2 <i>Additive Manufacturing</i>	9
2.2.3 <i>Fused deposition modeling (FDM)</i>	10
2.2.4 <i>Stereo Lithography (STL)</i>	11
2.2.5 <i>3D Scan</i>	12
2.2.6 <i>Puzzling</i>	13

2.2.7	<i>Meshmixer</i>	13
2.2.8	PLA+ (<i>Polylactic Acid</i>)	14
BAB 3	Metode Penelitian.....	15
3.1	Alur Penelitian	15
3.2	Peralatan dan Bahan.....	17
3.2.1	Peralatan	17
3.2.2	Bahan	22
3.3	Kriteria Desain	25
BAB 4	Hasil dan Pembahasan.....	26
4.1	Proses Desain <i>Kitchen Sink</i>	26
4.2	Proses Produksi.....	27
4.2.1	<i>Kitchen Sink</i>	27
4.2.2	<i>Adjustable Stand/Support</i>	36
4.2.3	<i>Puzzling</i>	37
4.3	<i>Finishing</i>	38
4.4	Proses 3D <i>Scanning</i>	40
4.4.1	<i>Scanning</i>	40
4.4.2	<i>Merging</i>	41
4.5	Analisis dan Pembahasan.....	44
4.5.1	<i>Body Compare</i>	44
4.5.2	Dimensi.....	46
BAB 5	Penutup.....	49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	49
Daftar Pustaka	50
Lampiran	54

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Kelompok Bagian <i>Bottom</i>	28
Tabel 4.2 Kelompok Bagian <i>Top</i>	33
Tabel 4.3 Potongan Gambar	47
Tabel 4.4 Rata-Rata Pengukuran <i>Sampling</i>	48
Tabel 4.5 Deviasi Dimensi	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pola Konvensional Menggunakan <i>Polyurethane Foam</i>	2
Gambar 1.2 Pola Konvensional Dengan Papan Susun	3
Gambar 2.1 Proses Manufaktur Subtraktif (A) dan Aditif (B).....	6
Gambar 2.2 <i>Computer-Aided Design (CAD)</i>	8
Gambar 2.3 <i>Additive Manufacturing (AM)</i>	9
Gambar 2.4 Ilustrasi Dasar FDM	11
Gambar 2.5 Cara Kerja 3D <i>Scanner</i>	12
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian	16
Gambar 3.2 Laptop	17
Gambar 3.3 Logo <i>Software</i> Desain.....	17
Gambar 3.4 Creality Ender 3 Pro	18
Gambar 3.5 <i>Interface</i> Creality Slicer.....	18
Gambar 3.6 SensPro Handheld Scanner.....	19
Gambar 3.7 <i>Interface Handy Studio</i>	19
Gambar 3.8 Jangka Sorong.....	20
Gambar 3.9 <i>Mini Die Grinder</i>	20
Gambar 3.10 Neraca <i>Digital</i>	20
Gambar 3.11 Skrap besi (kiri) dan Plastik (Kanan).....	21
Gambar 3.12 Klem C (Kiri) dan Klem <i>Spring</i> (Kanan)	21
Gambar 3.13 <i>Velcro Sanding Pad</i> (Kiri) dan Mesin Bor (Kanan)	22
Gambar 3.14 Filamen eSUN PLA+.....	22
Gambar 3.15 Avian Non-Sag <i>Epoxy</i>	23
Gambar 3.16 <i>Thinner</i>	23
Gambar 3.17 <i>Sanding Pad</i>	23
Gambar 3.18 Cat Semprot	24
Gambar 3.19 Pipa PVC	24
Gambar 3.20 <i>Extender</i> Pipa.....	25
Gambar 3.21 Sambungan Siku 3 (Kiri) dan Siku 4 (Kanan).....	25
Gambar 4.1 Tampak <i>Isometric</i> Desain <i>Kitchen Sink</i>	26
Gambar 4.2 Tampak Depan Desain <i>Kitchen Sink</i>	26

Gambar 4.3 Tampak Atas Desain <i>Kitchen Sink</i>	27
Gambar 4.4 Pembagian komponen tampak <i>isometric</i>	28
Gambar 4.5 Skema Pembagian Komponen Tampak Depan	35
Gambar 4.6 Skema Pembagian Komponen Tampak Atas	36
Gambar 4.7 Hasil Cetak Komponen E1 _{top}	36
Gambar 4.8 Desain <i>Extender Stand</i>	37
Gambar 4.9 <i>Assembly Extender Stand</i>	37
Gambar 4.10 Proses <i>Puzzling</i> Bagian A, B, C 1-3 _{bottom}	38
Gambar 4.11 Pola Cetakan Tampak Bawah	38
Gambar 4.12 Pola Cetakan Tampak Samping Bawah Setelah Proses Dempul ...	39
Gambar 4.13 Pola Cetakan Tampak Bawah Setelah proses <i>Sanding</i>	39
Gambar 4.14 Hasil <i>Scanning</i> ½ Bagian Belakang	40
Gambar 4.15 Hasil <i>Scanning Mid-Bottom</i> Tampak Bawah	41
Gambar 4.16 Hasil <i>Scanning Back-Top</i> Tampak Bawah	41
Gambar 4.17 Hasil <i>Merging</i> Tampak Depan.....	42
Gambar 4.18 Hasil <i>Merging</i> Tampak Bawah.....	42
Gambar 4.19 Hasil <i>Merging</i> Tampak Kanan.....	42
Gambar 4.20 Tampak Depan Hasil <i>Finishing</i>	43
Gambar 4.21 Tampak Atas Hasil <i>Finishing</i>	43
Gambar 4.22 Tampak Kanan Hasil <i>Finishing</i>	43
Gambar 4.23 Hasil <i>Solid Surface</i> Tampak <i>Isometric</i>	44
Gambar 4.24 <i>Body Compare</i> Tampak Depan.....	44
Gambar 4.25 <i>Body Compare</i> Tampak Kanan.....	45
Gambar 4.26 <i>Body Compare</i> Tampak Belakang.....	45
Gambar 4.27 <i>Body Compare</i> Tampak Kiri.....	45
Gambar 4.28 <i>Body Compare</i> Tampak Bawah.....	46
Gambar 4.29 <i>Body Compare</i> Tampak Atas.....	46

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan 3D *Printing* dimanfaatkan untuk mengembangkan prototipe dan komponen final dengan melalui penambahan bahan baku lapis demi lapis dalam bentuk cairan, serbuk, atau lembaran. Proses ini dimulai dengan model CAD dari suatu komponen, yang dapat berasal dari desain asli atau hasil rekayasa ulang dari pemindaian 3D. Selanjutnya, model tersebut diubah menjadi file digital yang kompatibel dengan 3D *Printer*, biasanya berupa file stereolitografi (STL). *Software slicer* akan membaca geometri dan menghasilkan file kode mesin yang berisi informasi yang akan dijalankan oleh 3D *printer* lapis demi lapis untuk menciptakan komponen yang telah dirancang. Program ini menghasilkan *G-code* sebagai *input* pada mesin 3D *printer* yang berisi mengenai model yang akan dicetak sesuai dengan pengaturan yang telah ditentukan. Terdapat berbagai jenis teknologi 3D *printing* dan untuk menentukan yang paling sesuai untuk proses yang diperlukan dapat menjadi tugas yang menantang. Berbagai teknik dan material pada 3D *printing* memiliki penerapan yang berbeda-beda. Setiap teknik pemrosesan memiliki variasi dalam akurasi dimensi, kehalusan permukaan, dan persyaratan pasca-pemrosesan. (Rani et al., 2021)

Perkembangan proses manufaktur komposit mengalami kemajuan pesat dari yang cara konvensional. Seperti proses *hand lay-up* hingga proses modern seperti *filament winding*, *resin transfer molding*, dan *pultrusion*. Semua proses telah diterapkan dalam pembuatan komposit. (Nugroho et al., 2016)

Pembuatan pola bisa dibuat dari bermacam-macam bahan, seperti pada serat glass yang diletakan pada permukaan kaca yang kemudian diberi resin cair yang sudah dicampur dengan katalis. Setelah serat glass kering dan menjadi lembaran-lembaran serat yang siap untuk dipotong dengan bentuk yang diinginkan. Tahap awal pembuatan pola ini dimaksudkan untuk mendapatkan master moluding untuk membuat produk ini. (Destya, 2012)

Pola (*pattern*) merupakan bagian penting dalam proses manufaktur komposit sebagai acuan dalam pembuatan master cetakan (*molding*).

Proses pembuatan pola cetakan komposit konvensional umumnya menggunakan *styrofoam*, *polyurethane foam*, hingga triplek yang disusun dan dibentuk secara manual sesuai desain yang diperlukan, material tersebut dipilih karena mudah untuk didapat. Namun demikian proses pembuatan pola secara konvensional seringkali menghasilkan limbah. Pembuatan pola (*pattern*) konvensional menggunakan *polyurethane foam* dapat dilihat pada gambar 1.1 di berikut ini.



Gambar 1.1 Pola Konvensional Menggunakan *Polyurethane Foam*

Sumber: <https://media.easycomposites.co.uk/contentimages/medium/airbox-pattern-how-to-make-an-accurate-composite-pattern-by-hand-tutorial-icon.jpg>

Oleh karena itu dalam penelitian ini akan memanfaatkan metode FDM serta sebagai sarana pembuatan pola *kitchen sink* dengan tumpuan/*support* yang dapat diatur tinggi rendahnya menyesuaikan bentuk pola (*adjustable*), sehingga dapat menggantikan metode papan/*polyurethane foam* (konvensional). Dengan demikian pola dapat digunakan berulang, meminimalisir limbah, serta hasil produk yang lebih efisien dibandingkan dengan cara konvensional dengan rangka papan seperti pada gambar 1.2 berikut.



Gambar 1.2 Pola Konvensional Dengan Papan Susun

Sumber: <https://media.easycomposites.co.uk/contentimages/medium/making-a-large-composite-pattern-by-hand.jpg>

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana merancang dan membuat pola cetakan komposit dengan mesin 3D *printer*?
2. Bagaimana perbandingan geometry dan dimensi antara desain dengan produk pola cetakan komposit?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Penelitian menggunakan mesin *3D Printing* merk Creality Ender 3 Pro dengan filamen (PLA+) merk eSUN.
2. Desain hanya fokus pada sisi negatif dari produk.
3. Produk dicetak menjadi 27 bagian dengan dimensi menyesuaikan kapasitas area cetak *3D printer*.
4. Penelitian menggunakan mesin *3D Scanner* merk Senspro Hand Held.
5. *3D scanning* dilakukan pada bagian bagian tertentu yang kemudian digabungkan dengan bantuan *software*.

6. Penentuan nilai dimensi didapat dengan metode sampling dari 5 titik pengukuran.
7. Penelitian berfokus pada prosedur pembuatan pola cetakan dan tidak membahas lebih lanjut mengenai fungsionalitas produk yang telah dibuat.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu:

1. Membuat pola cetakan dengan 3D *printer* berbasis FDM.
2. Mengetahui nilai deviasi dimensi antara desain dan produk yang dibuat.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Manfaat yang diharapkan tercapai dalam penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui prosedur pembuatan pola cetakan komposit dengan 3D *printer* berbasis FDM.
2. Mampu menunjukkan nilai deviasi dimensi antara desain dan produk yang dibuat.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini dibagi menjadi lima bab guna mempermudah dalam pembahasan dan penjelasan, diantaranya sebagai berikut:

1. BAB 1 : PENDAHULUAN

Pada bagian ini membahas terkait latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

2. BAB 2: TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini membahas terkait teori-teori dasar komponen yang digunakan dalam penelitian dan perancangan tugas akhir.

3. BAB 3: METODE PENELITIAN

Pada bagian ini pembahasan mengenai langkah-langkah dan metode yang digunakan dalam penelitian dan perancangan tugas akhir.

4. BAB 4: HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian membahas terkait hasil penelitian dan perancangan yang telah dilakukan.

5. BAB 5: KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bagian ini berisikan kesimpulan yang diperoleh dari pengerjaan tugas akhir dan juga saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

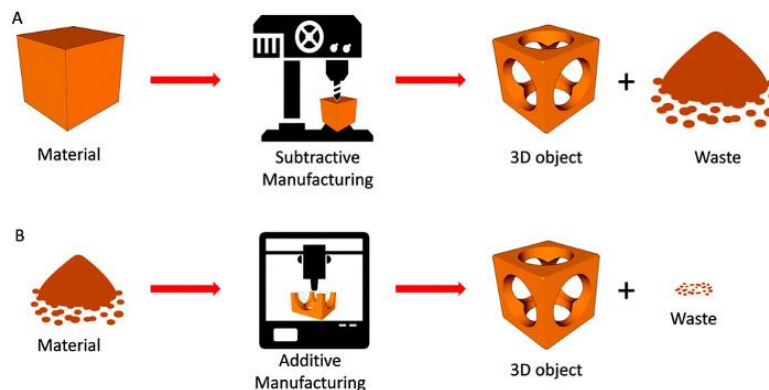
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Pada jurnal *Manufacturing and Industrial Engineering* oleh (Equbal et al., 2015) yang berjudul *Rapid Tooling: A Major Shift In Tooling Practice* dijelaskan bahwa *Rapid tooling* (RT) adalah perkembangan dari *rapid prototyping* (RP). RT adalah seni memproduksi komponen langsung dari model CAD. Para ahli teknologi yang terlibat dalam pengembangan RT bertujuan untuk mengurangi waktu tunggu dan biaya pengembangan melalui pembuatan peralatan produksi tambahan melalui RP. Dua pendekatan dasar digunakan seperti pada gambar 2.1:

1. Proses aditif di mana fabrikasi bentuk bebas cepat (FFF) digunakan untuk membangun objek yang diinginkan lapis demi lapis, dan
2. Proses subtraktif dimana teknologi pemesinan kontrol numerik komputer (CNC) digunakan untuk membuat objek yang diinginkan dengan menghilangkan material dari benda kerja.



Gambar 2.1 Proses Manufaktur Subtraktif (A) dan Aditif (B)
<https://www.3dnatives.com/en/wp-content/uploads/sites/2/CNC-vs-3D-4.jpg>

Kedua pendekatan ini digerakkan oleh database digital dan menggunakan teknik CAD/CAM modern untuk membuat komponen dengan cepat dan akurat. Ada berbagai cara dimana teknologi CNC dan FFF dapat digunakan untuk membuat komponen. Hal ini setidaknya mencakup hal-hal berikut:

1. Pembuatan cetakan dan pola secara langsung dengan pemesinan CNC dengan bahan yang sesuai dengan proses dan jumlah produksi yang dibutuhkan.
2. Pembuatan pola atau cetakan secara langsung menggunakan proses FFF yang sesuai.
3. Pembuatan cetakan yang dapat digunakan untuk mencetak pola produksi atau cetakan. Hal ini memerlukan penerjemahan geometri yang diinginkan ke dalam representasi negatif yang mungkin juga mencakup rancangan dan tunjangan penyusutan sesuai kebutuhan, dan
4. Pembuatan pola positif pada cetakan yang dicetak. Cetakan dapat digunakan untuk memproduksi perkakas produksi.

Dalam prosiding seminar *Pelatihan Pembuatan Molding Panel Komposit Pada Teknisi Bengkel Body Sekitar Kampus Unnes* yang dilakukan oleh (Roziqin et al., 2018) menjelaskan bahwa pembuatan desain dapat menentukan hasil akhir produk yang akan di buat, selain itu pembuatan desain menentukan tahapan pembuatan pola *molding* sebagai dasar dalam pemotongan pola. Setelah desain selesai dibuat, masih terdapat beberapa tahapan dalam pembuatan *molding* antara lain: Pembuatan pola, Pemotongan pola, Penyatuan pola, Pembentukan *molding*, Pemasangan serat *fiberglass* pada pola.

Pada penelitian oleh (Bhandari & Lopez-Anido, 2016) dengan judul *Feasibility Of Using 3D Printed Thermoplastic Molds For Stamp Forming Of Thermoplastic Composites* menjelaskan bahwa ukuran maksimum *molding* yang bisa diproduksi ditentukan oleh kapasitas cetak mesin 3D *printer* yang digunakan. Jika membutuhkan *molding* dengan ukuran lebih besar dari kapasitas cetak 3D *printer*, strategi yang berbeda harus diterapkan. Salah satu strategi tersebut adalah dengan membagi model komputer untuk *molding* menjadi bagian-bagian yang lebih kecil yang dapat digabungkan seperti *puzzle*.

Dalam Jurnal *Innovative Science and Research Technology* oleh (Akhouri et al., 2021) yang berjudul *Various Infill Patterns and their Effect in 3D Printable Materials (A Review Report on the Effect of Different Infill Patterns in 3D Printable Materials)* dijelaskan bahwa *Triangular infill* merupakan pola *infill* terkuat karena, segitiga berada dalam bentuk yang paling kuat. Bagian yang dicetak

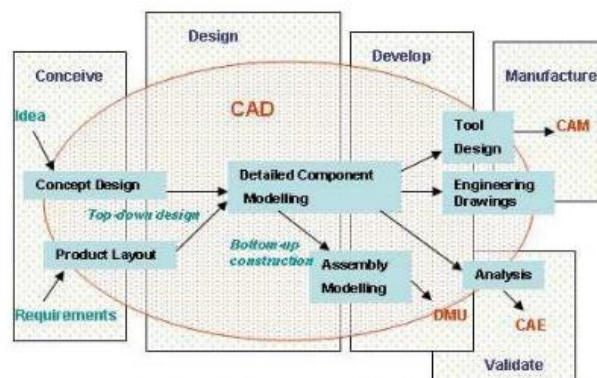
dengan pengisi segitiga tidak mudah berubah bentuk dan memberikan dukungan terbaik di balik dinding bagian tersebut.

Selain itu penelitian yang dilakukan oleh (Baraja, 2021) dengan judul *Pengaruh Proses Komposit Sandwich Metode Vacuum Infusion Terhadap 3D Printed Core Geometri Kompleks (Studi Kasus Helm Sepeda)* dalam penelitian tersebut dilakukan proses scanning untuk memindai bagian luar helm sepeda. Hasil scanning akan digunakan untuk membandingkan dimensi bagian luar helm sepeda hasil cetak 3D *Print* dan setelah proses komposit *sandwich* metode *vacuum infusion* dengan desain aslinya.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Computer-Aided Design (CAD)

Computer-aided design (CAD) atau *computer-aided design and drafting (CADD)*, merupakan satu bentuk otomatisasi yang membantu perancang untuk memperbaiki gambar, spesifikasi, dan elemen-elemen yang berhubungan dengan perancangan yang menggunakan efek grafik khusus dan perhitungan program-program komputer. Teknologi yang digunakan untuk bermacam produk dalam lingkungan dan arsitektur, elektronik, dan aerodinamika (ilmu dinamika udara), teknik otomotif dan desain produk. Walaupun sistem CAD biasanya tidak selalu menggambar otomatis, biasanya meliputi pemodelan 3 dimensi dan model operasi simulasi computer seperti ditunjukkan pada gambar 2.2. (Fauzi, 2022; Handayani & Ningsih, 2005)

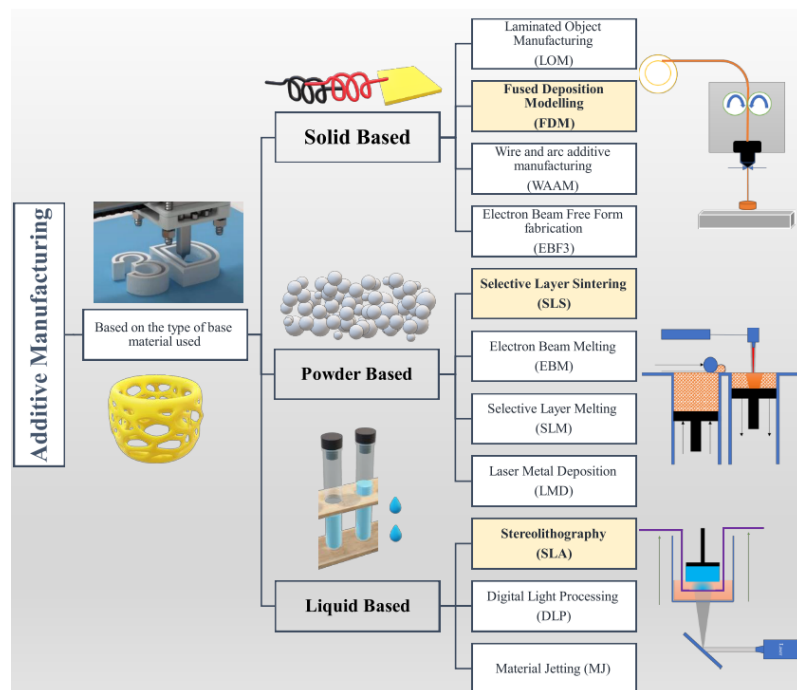


Gambar 2.2 *Computer-Aided Design (CAD)*

Sumber: (Handayani & Ningsih, 2005)

Computer-Aided Design (CAD) digunakan secara luas di perangkat yang berbasis komputer yang membantu insinyur teknik, arsitek, profesional perancangan yang banyak bekerja dengan aktivitas rancangan. Perangkat otoritas utama geometri dalam proses Siklus hidup Manajemen Produksi yang meliputi perangkat lunak dan perangkat keras. Paket yang ada dari vektor 2 Dimensi berdasarkan gambaran sistem ke permukaan parametrik 3 Dimensi dan pemodelan perancangan solid. (Handayani & Ningsih, 2005)

2.2.2 Additive Manufacturing



Gambar 2.3 Additive Manufacturing (AM)

Sumber: (Kafle et al., 2021)

Additive manufacturing (AM) atau *3D printing* adalah proses manufaktur digital dan menawarkan peluang yang hampir tak terbatas untuk mengembangkan struktur/objek dengan menyesuaikan komposisi material, kondisi pemrosesan, dan geometri secara teknis di setiap titik dalam suatu objek seperti ditunjukkan pada gambar 2.3. FDM adalah teknik pencetakan 3D berbasis padat yang paling konvensional dan banyak digunakan untuk membuat komponen polimer. Di sisi lain, SLS adalah teknik AM yang menonjol untuk memproduksi bagian polimer menggunakan bubuk polimer sebagai bahan dasar, sedangkan teknik berbasis tong

(berisi material cair), SLA, adalah teknik AM lain yang banyak digunakan dan diadopsi awal untuk membuat bagian polimer dengan memproses cairan polimer sebagai sebuah bahan dasar.(Kafle et al., 2021)

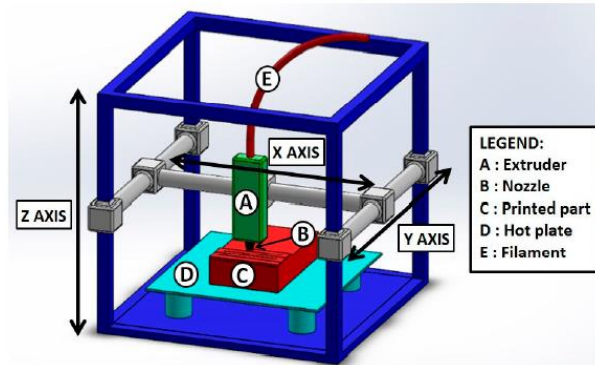
Additive manufacturing (AM) adalah sebuah teknik membuat objek tiga dimensi dengan cara menambahkan material sehingga membentuk produk yang diinginkan. Terdapat beberapa teknik AM, salah satunya yaitu teknik *fused depositon modelling* (FDM). S. Scott Crump di akhir tahun 1980, mengembangkan teknik FDM 3D (*three dimensional*) *printer*, mulai dipasarkan pada 1990 oleh Stratasys. Kini FDM menjadi teknik 3D *printing* yang paling banyak digunakan dibanding dengan teknik lain. Kemudahan pengoperasian, biaya operasional yang murah, serta sifatnya yang ramah lingkungan merupakan beberapa alasan teknik FDM lebih digemari dibanding Teknik lainnya. Keuntungan tersebut meningkatkan pengembangan berbagai macam bentuk dasar dari suatu produk, proses manufaktur dan juga dalam berbagai penerapan di bidang industri. (Fauzi Hanafi et al., 2020)

2.2.3 Fused deposition modeling (FDM)

Fused deposition modeling (FDM) adalah salah satu metode yang digunakan dalam 3D *printing*. Teknik ini merupakan salah satu metode manufaktur di bawah kelas teknik manufaktur aditif, yang mendapatkan popularitas di kalangan peneliti dan industri untuk dipelajari dan dikembangkan. Teknik manufaktur aditif dapat menciptakan berbagai bentuk dan struktur kompleks sekaligus mengelola material dengan baik, sehingga menghasilkan lebih sedikit limbah dan berbagai keunggulan lainnya dibandingkan manufaktur konvensional, sehingga semakin populer. (Carneiro et al., 2015; Kristiawan et al., 2021; Ngo et al., 2018)

Fungsi dasar FDM diilustrasikan pada Gambar 2.4 dimana filamen termoplastik secara terus menerus dimasukkan ke dalam ruang kecil yang dipanaskan di mana ia meleleh, menjadi cairan yang sangat kental, seperti tipikal polimer cair, yang merupakan bahan dengan berat molekul tinggi. Lelehan kemudian diekstrusi melalui nosel dan kemudian diendapkan berlapis-lapis di atas meja yang dipanaskan, mengikuti pola yang dihitung oleh perangkat lunak kontrol

printer yang akan mereproduksi geometri objek yang diinginkan, yang dapat dimasukkan sebagai *file* CAD, biasanya dalam format *Stereo Lithography* (STL).(Mazzanti et al., 2019)



Gambar 2.4 Ilustrasi Dasar FDM

Sumber: (Mazzanti et al., 2019)

2.2.4 *Stereo Lithography* (STL)

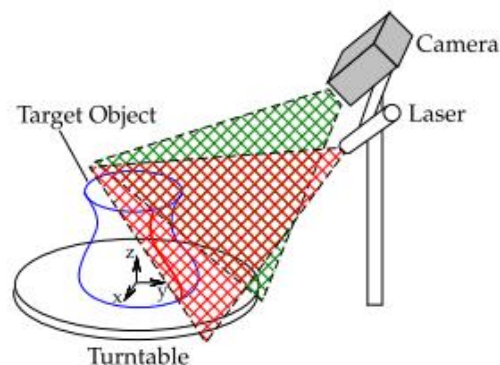
Dalam *Additive Manufacturing*, model 3-D pertama kali dimodelkan dalam sistem CAD dan didapatkan *file* STL. *File* STL adalah model permukaan yang *tessellated* (triangulasi). STL identik dengan model bahasa segitiga standar. Fadel & Kirschman (1996) menyatakan bahwa meskipun banyak format lain telah dibuat untuk *rapid prototyping*, tidak ada yang dapat diadopsi secara universal seperti STL oleh berbagai pengembang paket CAD. *File* STL kemudian diproses dengan prosedur *slicing* yang menghasilkan pembuatan jalur alat dari informasi ini. Informasi yang dihasilkan oleh proses pengirisan disimpan sebagai *file* instruksi *computer numerical control* (CNC) yang digunakan oleh 3D *printer* untuk menghasilkan prototipe. *G-code* adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan *file* teks yang berisi perintah untuk menjalankan mesin CNC atau 3D *printer*. (Brown, Andrew C. & Brown., 2014)

Proses *Slicing* file STL merupakan peran penting dalam metode *additive manufacturing*. Format *file* STL telah diteliti dengan baik dan cocok untuk pengguna teknologi profesional dan non-profesional. Format *file* STL adalah format *file* yang paling banyak diterima di industri RP (*Rapid Prototyping*). Choi dan Kwok (1999) menyatakan bahwa alasan popularitas ini adalah kesederhanaan format dan kemudahan pembuatan file tanpa melibatkan perangkat lunak CAD

yang sangat rumit. Choi dan Kwok (2002) juga membahas algoritma *slicing* yang cukup toleran untuk mengatasi kendala memori komputer dan masalah komputasi. Orientasi pembangunan yang berbeda untuk model CAD akan mempengaruhi kualitas permukaan, waktu pembangunan, kompleksitas struktur pendukung dan jumlah total lapisan irisan. Orientasi bangunan sering kali ditentukan berdasarkan persyaratan tinggi dan kualitas permukaan model STL. (Brown, Andrew C. & Brown., 2014)

2.2.5 3D Scan

3D *scanner* digunakan untuk memindai objek fisik apa pun dalam tiga dimensi dan menyediakan data pindaian ke dalam format digital yang dapat digunakan untuk proses desain, pengembangan, analisis, dan pengembangan. *File* CAD digital dapat diekspor ke berbagai format *file*. Itu juga dapat mengekspor *file* dalam format *Standard Triangulate Language* (STL) dan menghasilkan prototipe menggunakan 3D *printer*. Di sini, granularitas data pemindaian secara signifikan mengurangi waktu manual yang diperlukan untuk menghasilkan model yang kuat. Di fase awal *reverse engineering*, pengembangan fiile CAD berkualitas tinggi secara signifikan meningkatkan hasil melalui mitigasi waktu dan devaluasi dari data yang tidak tepat. 3D *scanning* memungkinkan item apa pun dipelajari lebih mendalam (Du et al., 2017; Javaid et al., 2021; Taubin et al., 2014; Yin et al., 2014). Berikut ditunjukkan ilustrasi dari proses 3D *scanning* pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Cara Kerja 3D *Scanner*

Sumber: (Taubin et al., 2014)

Output pemindaian 3D adalah awan titik (*cloud point*). Untuk pemanfaatan lebih lanjut, diperlukan penyesuaian titik cloud melalui perangkat lunak CAD menjadi bagian atau bidang padat. *Cloud point* ini sebagian besar terlalu besar, jadi untuk *output* data terbaik perlu dilakukan beberapa pengeditan. (Dúbravčík & Kender, 2012)

2.2.6 *Puzzling*

Pencetakan 3D memiliki keterbatasan intrinsik: printer 3D tidak dapat langsung mencetak objek yang ukurannya lebih besar dari volume kerja printer. Keterbatasan ini baru-baru ini ditunjukkan oleh Luo (2012), yang mengusulkan solusi untuk mempartisi objek 3D tertentu menjadi beberapa bagian untuk pencetakan 3D dan kemudian merakit bagian-bagian yang dicetak tersebut untuk merekonstruksi objek tersebut.

Untuk menyambungkan komponen cetakan 3D, ada beberapa pendekatan umum, misalnya dengan konektor pria dan wanita (Lo et al., 2009; Luo et al., 2012) dan dengan lem. Untuk konektor *male* dan *female*, meskipun umumnya praktis, konektor tersebut mungkin tidak memberikan kekuatan struktural yang cukup untuk menopang sambungan bagian-bagiannya. Terlebih lagi, untuk fitur cetakan kecil ini, fitur tersebut mungkin mudah rusak selama perakitan objek atau pengangkutan. Untuk kasus lem, meskipun dapat menyatukan bagian-bagian cetakan 3D dengan erat, lem merupakan sambungan permanen, sehingga tidak disarankan untuk dipasang kembali, perawatan dan konfigurasi ulang yang hemat biaya. Sebaliknya, kami mengambil pendekatan interlocking 3D (Song et al., 2012; Xin et al., 2011) untuk membuat dan menghubungkan bagian-bagian 3D yang dicetak untuk membentuk suatu rakitan objek. Dengan ini, kita dapat mengatasi permasalahan yang disebutkan di atas. (Song et al., 2015)

2.2.7 *Meshmixer*

Meshmixer adalah sebuah aplikasi perangkat lunak CAD yang berbasis jala (*mesh*) yang digunakan untuk berbagai fungsi seperti penghalusan (*smoothing*), deformasi (*deforming*), penggabungan (*combine*), dan parameterisasi (*parameterization*). Dengan metode *drag and drop*, aplikasi CAD ini dapat

dioperasikan selayaknya sebuah tanah liat yang dapat dibentuk sesuka hati seperti sedang memahat/mematung (*sculpting*). (Schmidt & Singh, 2010; Waluyo, 2020)

2.2.8 PLA+ (*Polylactic Acid*)

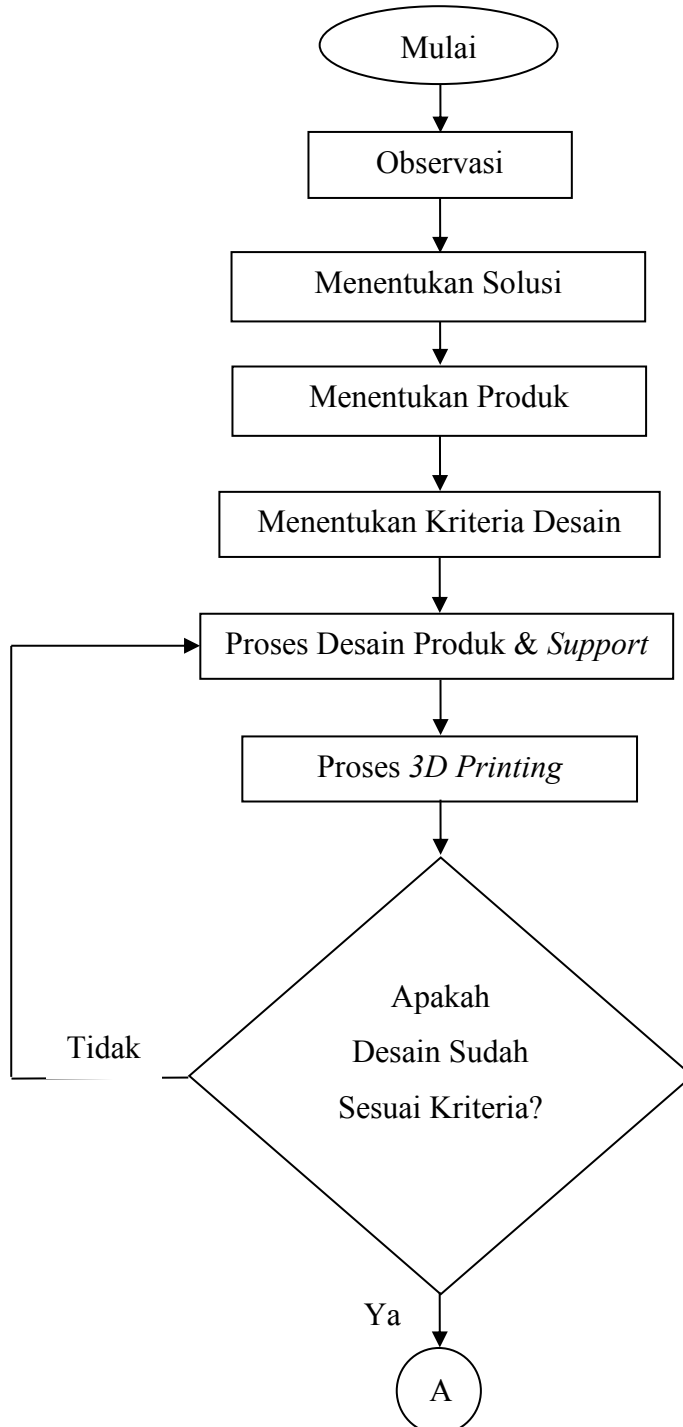
Bahan material yang digunakan untuk cetak 3D adalah PLA (*Polylactic Acid*) berbahan plastik *biodegradable thermoplastic aliphatic polyester* yang terkuat dari tepung jagung tapioka, atau bisa juga dengan tebu. Makanan cepat saji biasanya menggunakan filament PLA sebagai kemasannya dikarenakan bahan dengan jenis ini mudah dalam penyerapan kelembapan udara. Disamping itu *fillament* jenis ini memiliki ukuran dengan diameter 1,75 mm dan 3,00 mm batas ekstruder. Pada suhu 190 °C hingga 230 °C *fillament* PLA dilelehkan dengan suhu tersebut dan dapat di-*print* tanpa harus dipanaskan terlebih dahulu ataupun merusak bagian alas 3D *printer*. (Tsania, 2021)

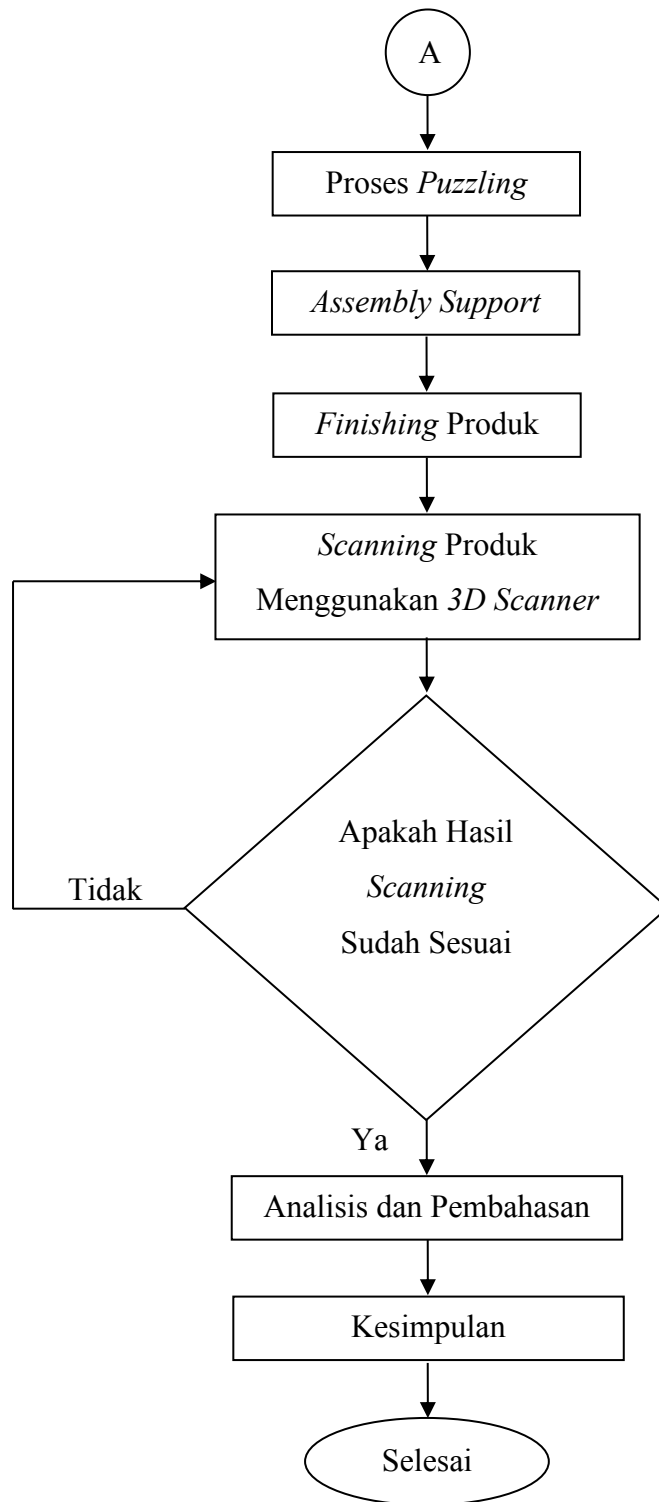
BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan sesuai dengan alur penelitian yang telah ditentukan. Alur penelitian tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 3.1 berikut.





Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.2 Peralatan dan Bahan

Pada penelitian ini dibutuhkan beberapa peralatan dan bahan yang digunakan untuk menunjang berlangsungnya penelitian. Peralatan dan bahan tersebut diantaranya sebagai berikut:

3.2.1 Peralatan

1. Laptop

Laptop memiliki peranan penting dalam penelitian, karena merupakan alat utama untuk menunjang berbagai kegiatan seperti membuat desain, mengakses 3D *printer* dan 3D *Scanner*.



Gambar 3.2 Laptop

2. *Software* Desain

Pada penelitian ini menggunakan beberapa software seperti: Autodesk inventor untuk membuat desain dalam format file inventor part. Autodesk MeshMixer berfungsi untuk mengolah file Mesh hasil 3D *scanning*. Sedangkan Solidworks digunakan untuk memproses perbandingan antara dimensi desain dengan hasil 3D *scanning*



Gambar 3.3 Logo *Software* Desain

3. Mesin 3D *Printing*

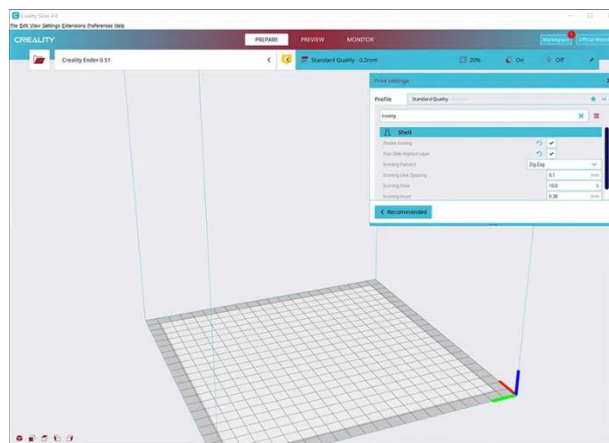
Mesin 3D *printing* yang digunakan pada penelitian ini adalah Creality Ender 3 Pro dengan teknologi *fused deposition modeling* dan dimensi cetak maksimal sebesar 220 x 220 x 250 mm.



Gambar 3.4 Creality Ender 3 Pro

4. *Software Printing/Slicer*

Sebelum mencetak produk dengan menggunakan 3D *printer*, perlu dilakukan pengaturan parameter-parameter tertentu seperti: jenis *infill*, persentase *infill*, *layer height*, orientasi pencetakan, dsb. Seluruh hal tersebut dapat diatur menggunakan *software* Creality Slicer.



Gambar 3.5 *Interface* Creality Slicer

5. Mesin 3D *Scanner*

Mesin 3D *scanner* yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Sense Pro Handheld Scanner* dengan teknologi *dual camera infrared structured light* dan akurasi hingga 0.3 mm/m.



Gambar 3.6 SensPro Handheld Scanner

6. Software Scanning

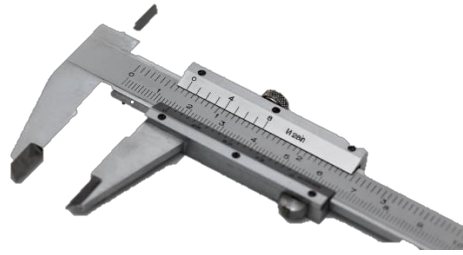
Software scanning yang digunakan pada penelitian ini yaitu Handy Studio yang merupakan software dari mesin 3D Scanner. Pada software ini dapat menampilkan hasil dari proses *scanning*, merubah format menjadi mesh, bahkan hingga menggabungkan dua buah part menjadi satu.



Gambar 3.7 Interface Handy Studio

7. Jangka Sorong

Pada penelitian ini jangka sorong diperlukan untuk memantau dimensi hasil 3D *printing* apakah sesuai dengan desain yang direncanakan.



Gambar 3.8 Jangka Sorong

8. *Hand Grinder*

Pada penelitian ini digunakan *grinder* dari RYU dengan model RDG 3.2 yang memiliki berbagai macam mata bor dengan beberapa tingkat pengaturan *power*. *Mini grinder* ini digunakan untuk melakukan pengamplasan pada bagian *overlap* yang akan diaplikasikan dengan *epoxy resin* saat proses *puzzling* agar dapat menyatu dengan kuat ke bagian lainnya.



Gambar 3.9 Mini Die Grinder

9. *Neraca Digital*

Neraca digital perlu digunakan untuk mempermudah proses menakar komposisi *hardener* dengan resin. Karena dengan komposisi *epoxy resin* yang tepat akan didapat hasil yang maksimal.



Gambar 3.10 Neraca Digital

10. Skrap

Pada penelitian ini digunakan dua macam skrap yaitu skrap besi dan plastik. Skrap besi pada penelitian ini digunakan untuk proses pengadukan resin dengan *hardener* agar dapat tercampur dengan sempurna. Sedangkan skrap plastik pada penelitian ini digunakan untuk mengaplikasikan *epoxy* resin pada produk, baik saat proses *puzzling* hingga proses dempul. Alat ini digunakan karena memiliki jangkauan yang lebih baik dan fleksibel dibandingkan dengan skrap besi.



Gambar 3.11 Skrap besi (kiri) dan Plastik (Kanan)

11. Klem

Pada penelitian ini digunakan dua macam klem. Klem C digunakan untuk menjangkau posisi yang tidak terjangkau oleh klem *spring* pada saat proses *puzzling*.



Gambar 3.12 Klem C (Kiri) dan Klem *Spring* (Kanan)

12. Bor dengan *sanding pad connector*

Mesin bor yang dipadukan dengan *connector velcro sanding pad* digunakan pada proses *finishing*. Sehingga dempul dapat terkikis dengan lebih cepat dan rapi.



Gambar 3.13 *Velcro Sanding Pad* (Kiri) dan Mesin Bor (Kanan)

3.2.2 Bahan

1. *Filament 3D Print*

Pada penelitian ini digunakan filamen dari merek eSUN dengan jenis PLA+ sebagai bahan dasar *3D Printing*. Jenis ini merupakan filamen yang ramah lingkungan karena terbuat dari biomaterial dan telah tersertifikasi oleh FDA (*Food and Drug Administration*).



Gambar 3.14 Filamen eSUN PLA+

2. *Epoxy Resin*

Pada penelitian ini digunakan Avian Non-Sag *Epoxy* yang terdiri dari dua komponen yaitu *Epoxy Resin* dan *Hardener* yang mengandung *filler*. Sehingga dapat digunakan sebagai dempul/*putty* sekaligus perekat.



Gambar 3.15 Avian Non-Sag Epoxy

3. *Thinner*

Penggunaan *thinner* diperlukan untuk melarutkan campuran *epoxy* resin agar tidak terlalu kental dan pekat sehingga lebih mudah untuk diaplikasikan pada saat proses *puzzling* maupun dempul.



Gambar 3.16 *Thinner*

4. *Sanding pad*

Sanding pad digunakan pada bor dengan *connector* pada saat proses *finishing*.



Gambar 3.17 *Sanding Pad*

5. Cat Semprot

Cat semprot berwarna putih diaplikasikan pada sisi produk yang akan di-*scan* setelah proses *finishing* untuk mempermudah pembacaan 3D *scanner*.



Gambar 3.18 Cat Semprot

6. Pipa PVC

Pada penelitian ini digunakan 2 macam ukuran yaitu pipa berukuran 5/8 in dan 1/2 in sebagai *adjustable stand* untuk mempertahankan bentuk pola cetakan komposit, sebagai pengganti *foam*/triplek pada metode pembuatan pola konvensional.



Gambar 3.19 Pipa PVC

7. *Extender Connector* Pipa

Extender Connector digunakan sebagai pengunci dan penghubung antara pipa ukuran 5/8 in dengan pipa ukuran 1/2 in sehingga dapat diatur tinggi rendahnya menyesuaikan dengan bentuk pola yang ditopangnya.



Gambar 3.20 *Extender* Pipa

8. Sambungan Siku Pipa

Sambungan pipa siku digunakan sebagai kaki dan penghubung antara beberapa *adjustable stand*, sehingga dapat kokoh untuk menopang pola cetakan komposit.



Gambar 3.21 Sambungan Siku 3 (Kiri) dan Siku 4 (Kanan)

3.3 Kriteria Desain

Adapun kriteria desain dari pola cetakan komposit *kitchen sink* yang dibuat adalah sebagai berikut:

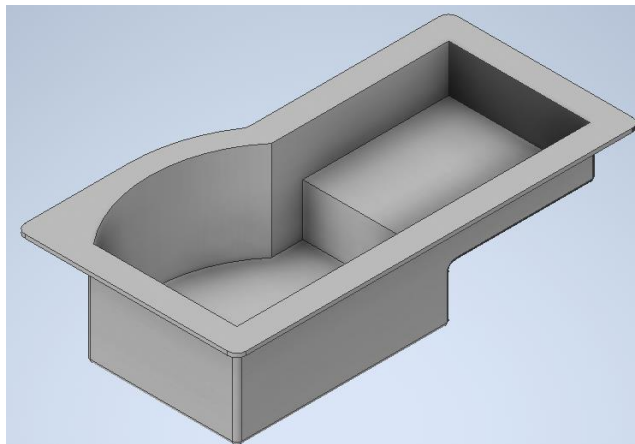
1. Pola cetakan komposit dibuat menggunakan *3D printing* dengan filamen PLA+ (*Polyactic Acid+*).
2. Pola cetakan komposit dicetak menjadi beberapa potongan kecil menyesuaikan kapasitas cetak *printer* yang digunakan sehingga dapat disusun dengan metode *puzzling*.
3. Pola cetakan komposit pada setiap potongan memiliki bagian *overlap* sebagai media pengaplikasian perekat.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Desain *Kitchen Sink*

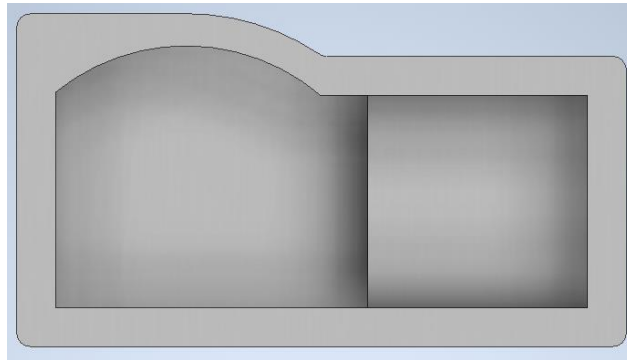
Pada penelitian ini desain dibuat dengan menggunakan *software* Autodesk Inventor, desain hanya fokus pada sisi negatif agar selanjutnya dapat dibuat produk *split mold*-nya. Produk *kitchen sink* dipilih karena memiliki dimensi yang cukup besar untuk pengaplikasian proses *puzzling* dan *adjustable stand* serta geometri yang tidak terlalu rumit. Sehingga prosedur pembuatan pola cetakan *kitchen sink* dapat dimengerti dengan mudah dan jelas seperti ditunjukkan pada gambar 4.1, 4.2 dan 4.3 berikut.



Gambar 4.1 Tampak *Isometric* Desain *Kitchen Sink*



Gambar 4.2 Tampak Depan Desain *Kitchen Sink*



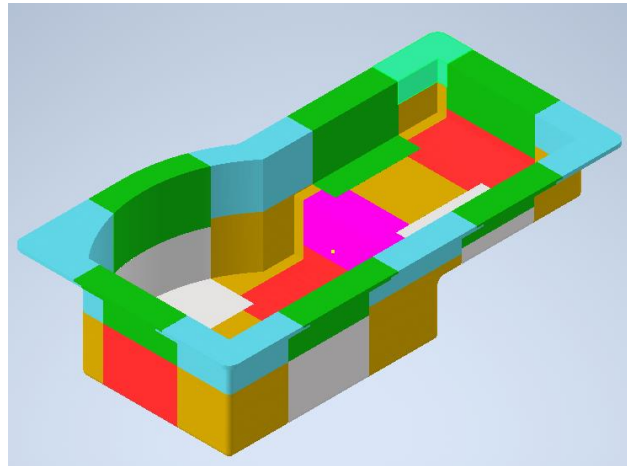
Gambar 4.3 Tampak Atas Desain *Kitchen Sink*

4.2 Proses Produksi

4.2.1 *Kitchen Sink*

Dalam penelitian ini produk akan dibuat dengan menggunakan 3D *printer* Creality Ender 3 Pro berbasis FDM dengan kapasitas cetak maksimum XYZ 220 mm × 220 mm × 250 mm. Untuk filamen yang digunakan yaitu eSUN PLA+ (*Polylactic Acid*+) yang merupakan peningkatan dari filamen PLA (*Polylactic Acid*). Dipilihnya filamen PLA+ karena tidak mudah mengalami *warping & stringing* sehingga produk yang dihasilkan akan lebih maksimal. Langkah pertama yang dilakukan ialah merubah *file* desain menjadi *file* STL untuk dilakukan proses *slicing* menggunakan *software* 3D *Print*, kemudian mengatur parameter *printing* yang meliputi *infill pattern Triangles*, dengan kerapatan sebesar 10%, temperatur *nozzle* 220°C, temperatur *bed* 60°C dan mengatur kecepatan *nozzle* pada pengaturan standar serta mengatur orientasi pencetakan. Selanjutnya dilakukan simulasi pada *slicer* dan jika telah sesuai dapat di-*export* menjadi *file* G-code untuk dieksekusi oleh 3D *printer*. Ketika komponen telah dicetak, kemudian komponen dapat diberi label untuk memudahkan dalam proses *puzzling*.

Namun produk *kitchen sink* yang akan dicetak memiliki dimensi $p \times l \times t$ 860 mm × 470 mm × 218 mm, sehingga pencetakan produk perlu dibagi menjadi 27 bagian untuk menyesuaikan dengan kapasitas cetak dari mesin 3D *printer* seperti ditunjukkan pada gambar 4.4 berikut.

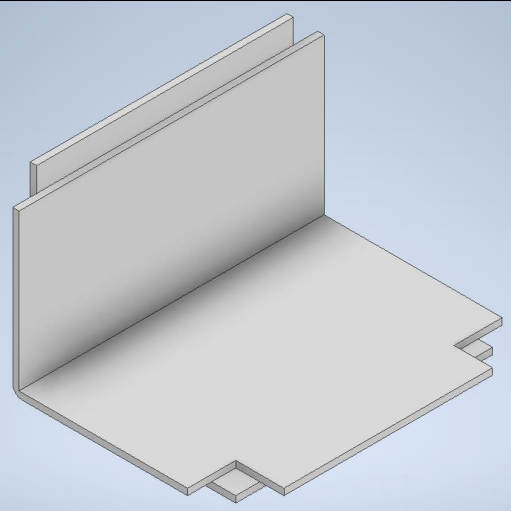
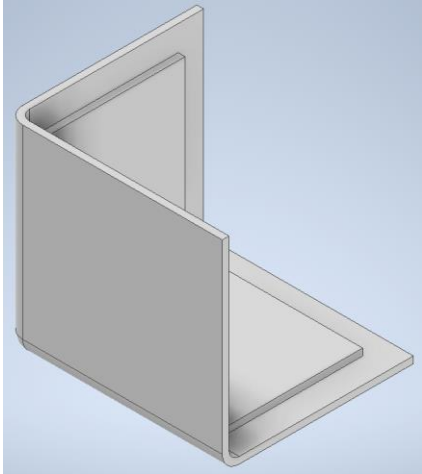
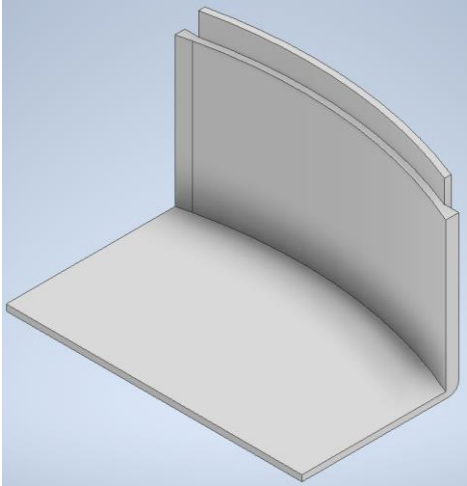


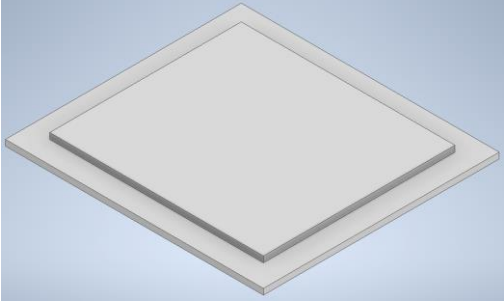
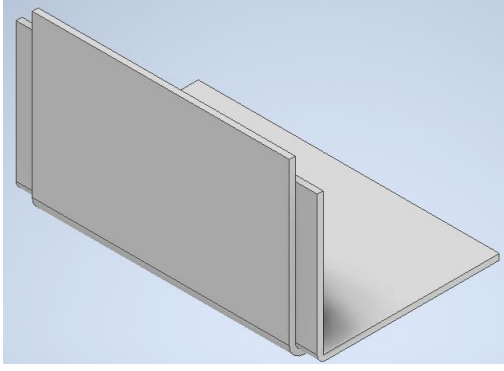
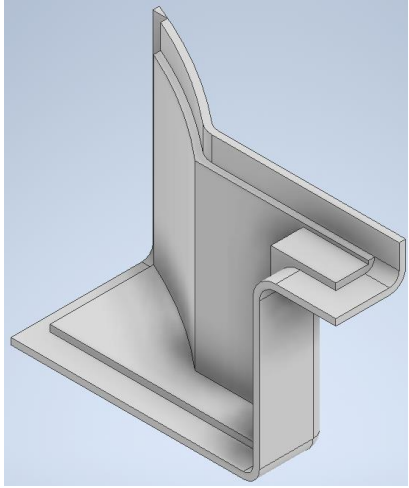
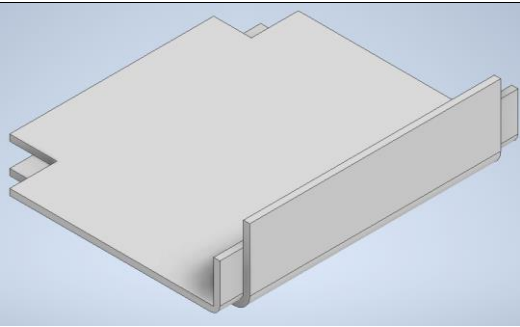
Gambar 4.4 Pembagian komponen tampak *isometric*

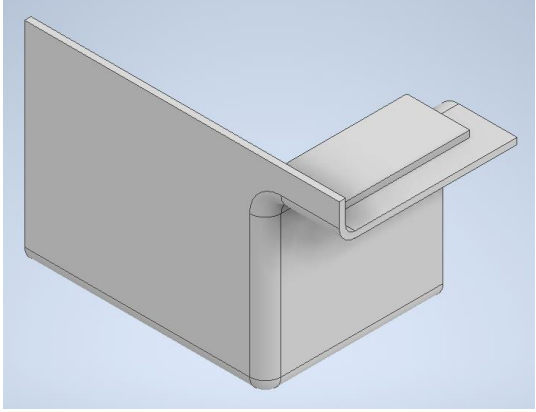
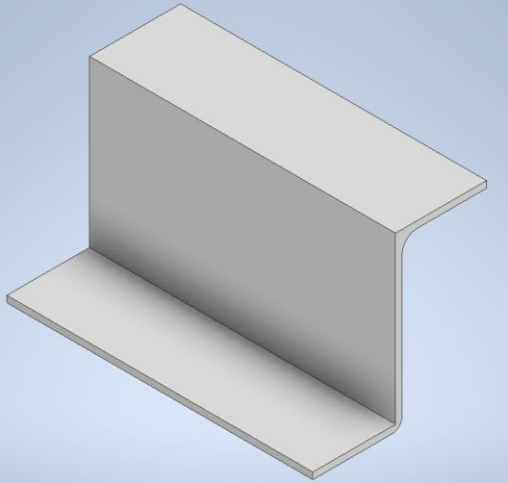
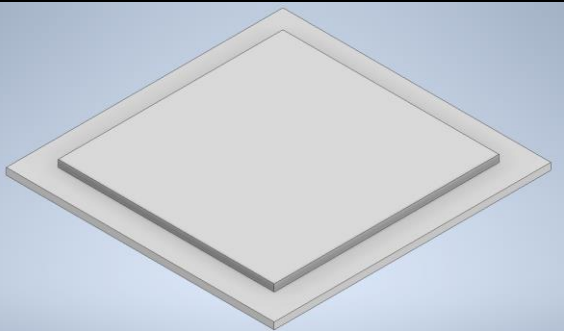
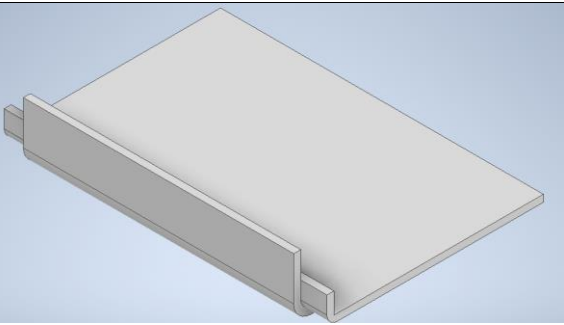
Pembagian produk dilakukan dengan dimensi yang bervariasi juga untuk meminimalisir *support* yang akan digunakan. Produk akan dibagi menjadi 5 (lima) kelompok (A, B, C, D, E) dan 2 (dua) sub-kelompok (*Top & Bottom*) seperti ditunjukkan pada tabel 4.1 dan 4.2 serta gambar 4.5, 4.6 dan 4.7.

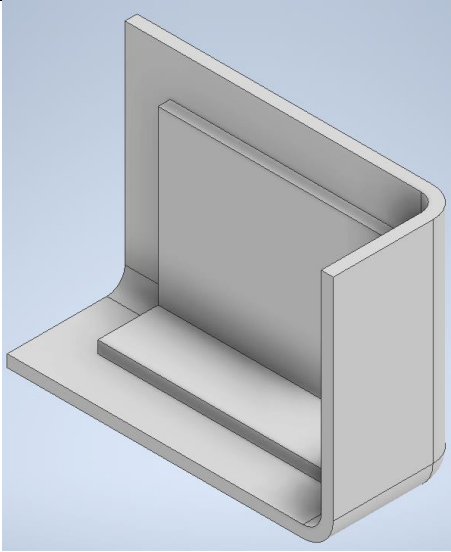
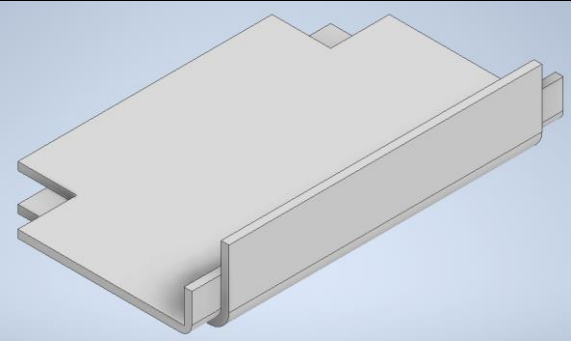
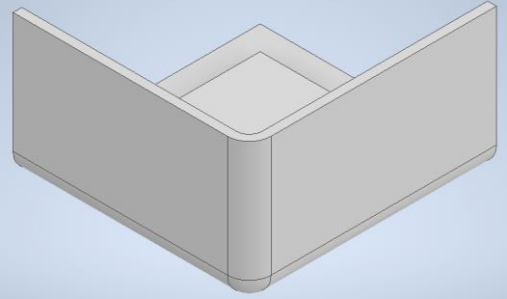
Tabel 4.1 Kelompok Bagian *Bottom*

Kelompok	Nomor	Gambar	Keterangan
A	1		A1 _{bottom}

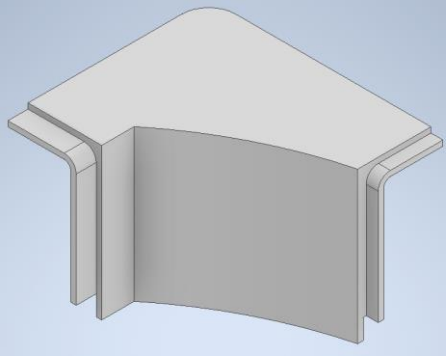
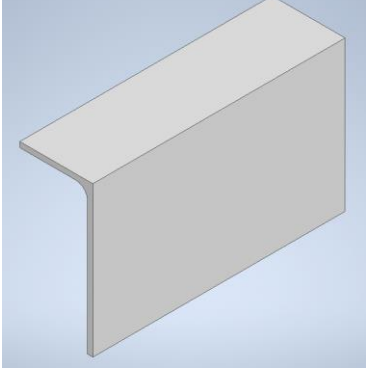
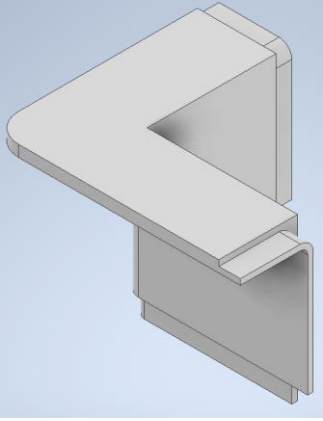
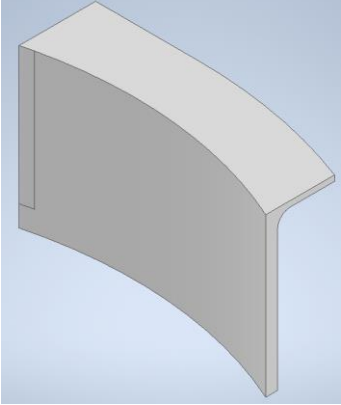
A	2		A2 _{bottom}
A	3		A3 _{bottom}
B	1		B1 _{bottom}

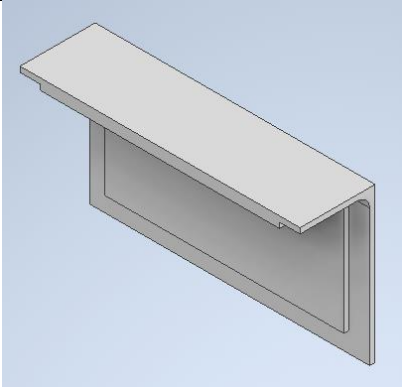
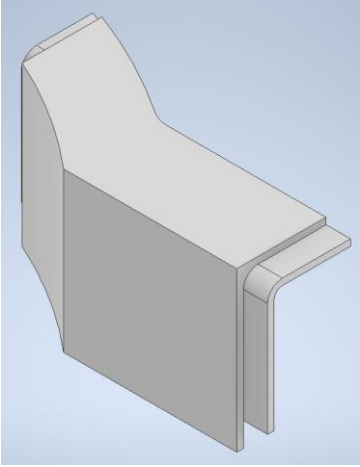
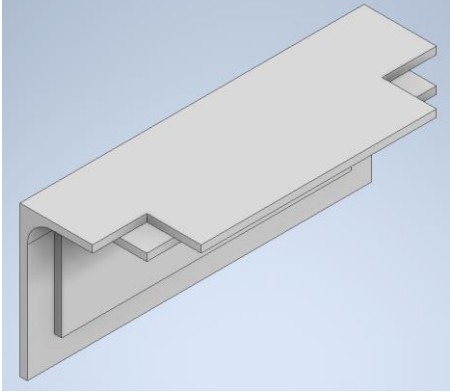
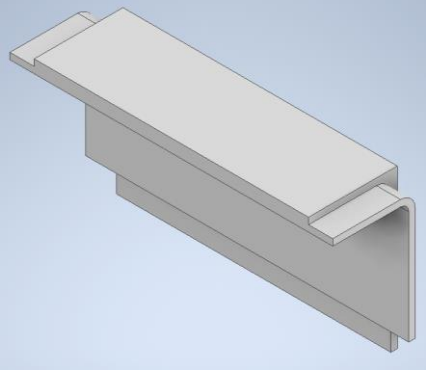
B	2		B2 _{bottom}
B	3		B3 _{bottom}
C	1		C1 _{bottom}
C	2		C2 _{bottom}

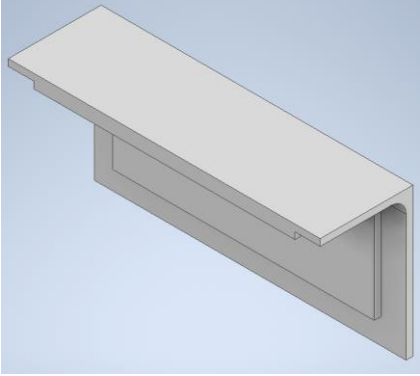
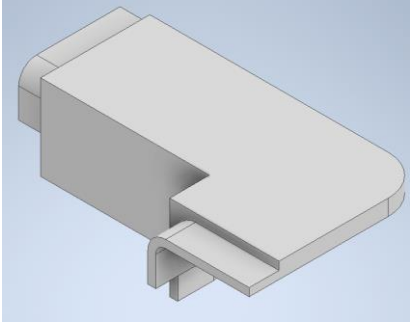
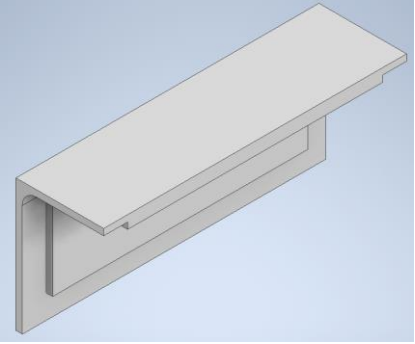
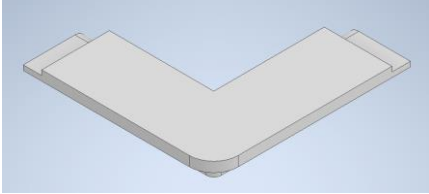
C	3		C3 _{bottom}
D	1		D1 _{bottom}
D	2		D2 _{bottom}
D	3		D3 _{bottom}

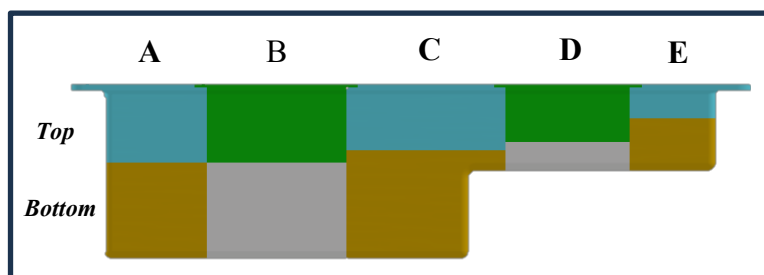
E	1		E1 _{bottom}
E	2		E2 _{bottom}
E	3		E3 _{bottom}
Total		15 Bagian	

Tabel 4.2 Kelompok Bagian *Top*

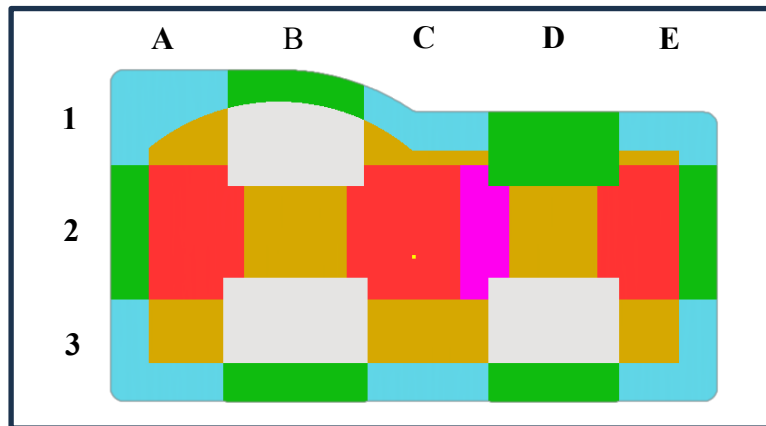
Kelompok	Nomor	Gambar	Keterangan
A	1		A1 _{top}
A	2		A1 _{top}
A	3		A3 _{top}
B	1		B2 _{top}

B	3		B3 _{top}
C	1		C1 _{top}
C	2		C2 _{top}
C	3		C3 _{top}

D	3		D3 _{top}
E	1		E1 _{top}
E	2		E2 _{top}
E	3		E3 _{top}
Total		12 Bagian	



Gambar 4.5 Skema Pembagian Komponen Tampak Depan



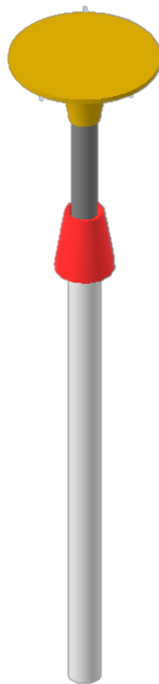
Gambar 4.6 Skema Pembagian Komponen Tampak Atas



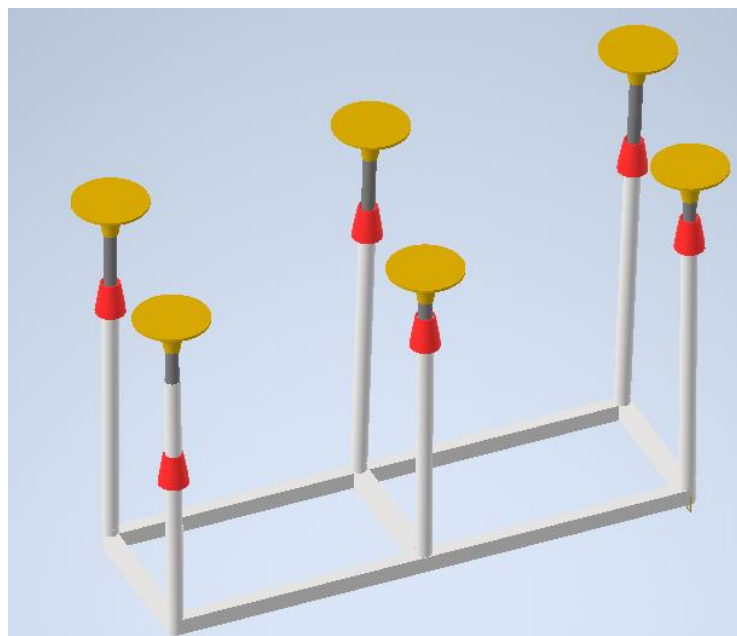
Gambar 4.7 Hasil Cetak Komponen $E1_{top}$

4.2.2 *Adjustable Stand/Support*

Pada proses pembuatan *stand* pertama dilakukan pemotongan pada kedua pipa yaitu ukuran 5/8 in dan 1/2 in dengan Panjang yang sama yaitu 40cm. Kemudian Kedua pipa hasil pemotongan dihubungkan dengan menggunakan *extender* yang telah tersedia sebanyak 6 *stand*. Selanjutnya ke-enam *stand* tersebut dirakit menggunakan penyiku pada bagian bawah sebagai penopangnya. Terakhir pada bagian atas *stand* dipasang *Cap* sebagai penahan antara *stand* dengan Pola cetakan yang seperti pada gambar 4.8 dan 4.9 berikut.



Gambar 4.8 Desain *Extender Stand*



Gambar 4.9 *Assembly Extender Stand*

4.2.3 *Puzzling*

Setelah seluruh komponen selesai dicetak, komponen disusun satu-persatu secara berurutan seperti ditunjukkan pada gambar 4.10 dan 4.11. Setiap komponen disatukan menyesuaikan *over-lap* yang telah dibuat pada setiap bagian yang

kemudian diaplikasikan *epoxy* resin sebagai perekatnya kemudian dipasang klem agar posisi *over-lap* tidak bergeser ataupun terlepas. Untuk bagian *over-lap* yang masih terdapat sisa *support* dilakukan pemotongan/pengikisan menggunakan *die grinder* agar proses *puzzling* dapat terpasang dengan tepat.



Gambar 4.10 Proses *Puzzling* Bagian A, B, C 1-3_{bottom}



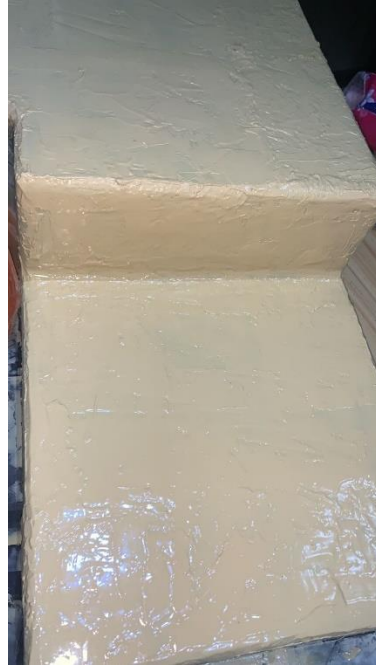
Gambar 4.11 Pola Cetakan Tampak Bawah

4.3 *Finishing*

Proses selanjut yaitu *finishing*, pada proses ini digunakanlah *support/adjustable stand* sebagai penopang produk *kitchen sink* ketika diaplikasikan *epoxy*. Penggunaan *support* ini bertujuan untuk mempertahankan bentuk dari produk *kitchen sink* agar tidak terjadi deformasi selama proses *finishing*.

Dalam proses *finishing* ini dilakukan untuk meratakan permukaan/dempul pada bagian yang bergelombang serta menutup bagian-bagian sambungan antar komponen yang masih terdapat celah. Dalam proses ini digunakan *epoxy* resin

yang merupakan material yang sama seperti yang digunakan untuk melakukan proses *puzzling*. Karena filamen PLA+ merupakan monomer termoplastik, maka dempul diaplikasikan cukup tebal agar produk tidak mengalami deformasi ketika proses *sanding*. Hasil dari proses dempul ditunjukkan pada gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12 Pola Cetakan Tampak Samping Bawah Setelah Proses Dempul

Setelah dempul diaplikasikan, maka proses *sanding* dapat dilakukan menggunakan bor dan *sanding pad*. Proses ini perlu dilakukan bertahap dan perlahan karena gesekan dari amplas terhadap dempul menyebabkan panas yang dapat melunakkan kembali material PLA+ yang digunakan. Hasil dari proses *sanding* ditunjukkan pada gambar 4.13 berikut.



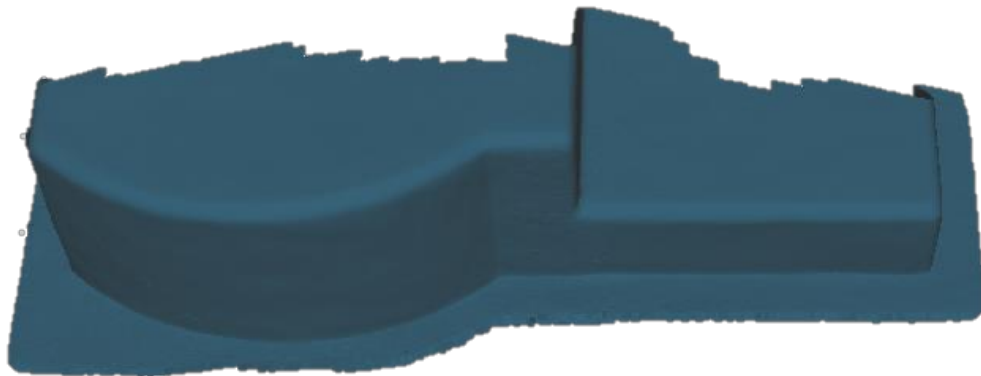
Gambar 4.13 Pola Cetakan Tampak Bawah Setelah proses *Sanding*

Proses selanjutnya dalam *finishing* yaitu pengaplikasian cat berwarna putih, proses pengecatan bertujuan untuk memberikan warna yang kontras sehingga 3D *scanner* dapat memindai produk dengan tepat.

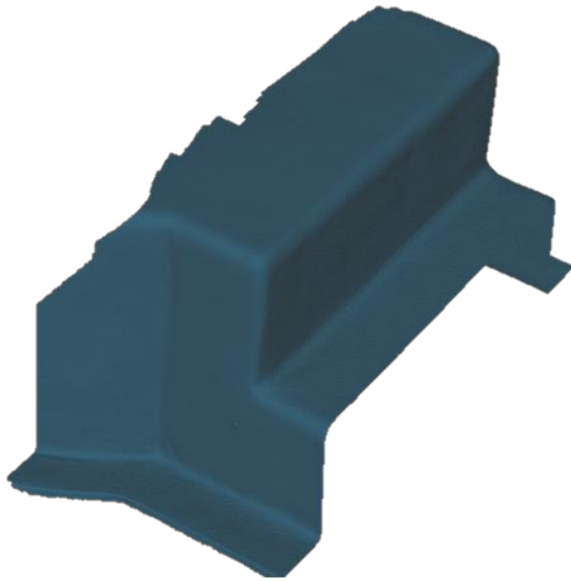
4.4 Proses 3D Scanning

4.4.1 Scanning

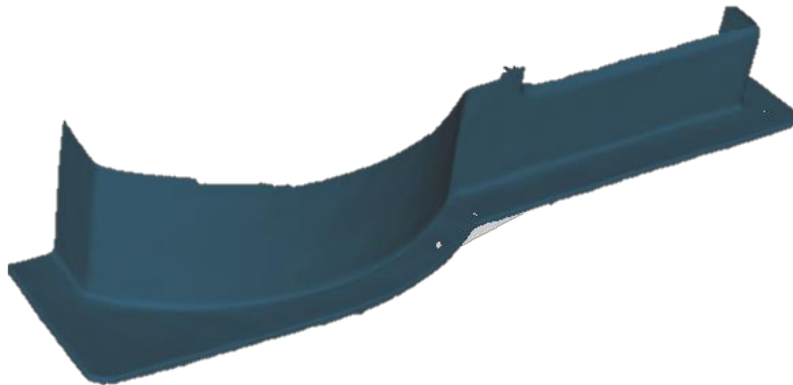
Proses *scanning* dilakukan dengan menggunakan Sense Pro HandHeld 3D *Scanner*. Namun, karena dimensi produk *kitchen sink* yang cukup besar proses *scanning* dilakukan secara manual. Produk diletakan pada meja, kemudian dilakukan pemindaian dengan alat 3D *scanner* secara manual menggunakan tangan. Dalam proses *scanning* dilakukan secara bertahap pada setiap bagian secara melintang. Beberapa hasil pemindaian dapat dilihat seperti pada gambar 4.14, 4.15 dan 4.16 berikut.



Gambar 4.14 Hasil *Scanning* ½ Bagian Belakang



Gambar 4.15 Hasil *Scanning Mid-Bottom* Tampak Bawah



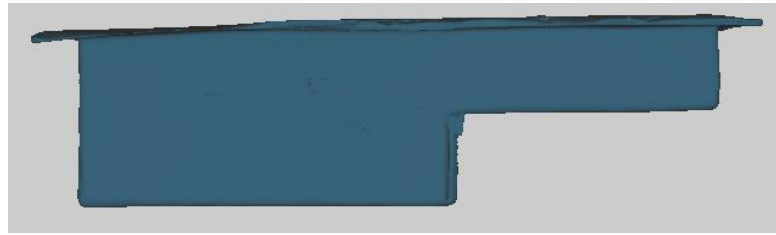
Gambar 4.16 Hasil *Scanning Back-Top* Tampak Bawah

4.4.2 *Merging*

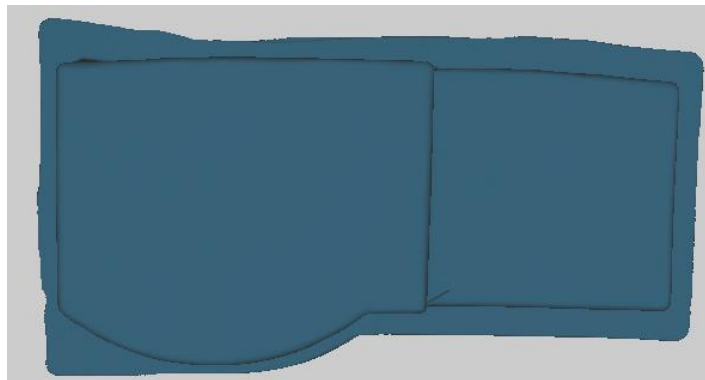
Proses selanjutnya yaitu penggabungan (*merging*) dari beberapa hasil pemindaian bagian pola cetakan menjadi sebuah pola cetakan yang utuh. Proses ini dilakukan dengan bantuan *software* seperti HandyStudio, MeshMixer dan Autodesk Inventor.

Pertama data *raw (point cloud)* pemindaian dirubah menjadi *Mesh* data. Kemudian dapat dilakukan *merging* menggunakan HandyStudio. *Merging* dilakukan secara berulang dan bertahap dengan menggabungkan hasil demi hasil pemindaian yang kecil hingga menjadi utuh. Setelah proses penggabungan selesai

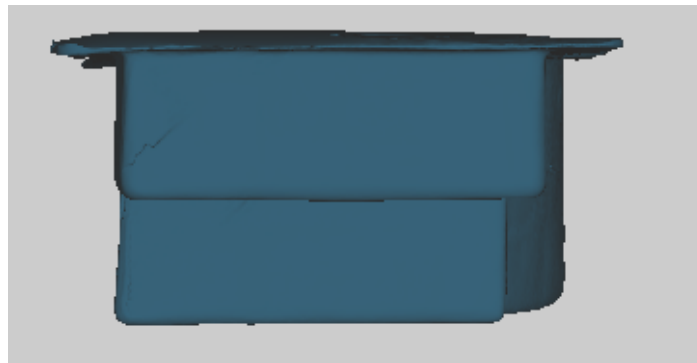
seperti ditunjukkan pada gambar 4.17, 4.18 dan 4.19 maka file di-*export* menjadi format (.STL) dari yang sebelumnya berbentuk (.PLY).



Gambar 4.17 Hasil *Merging* Tampak Depan

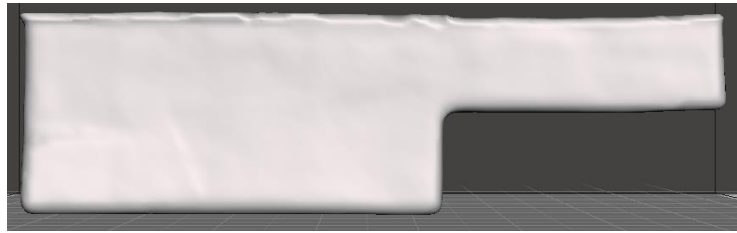


Gambar 4.18 Hasil *Merging* Tampak Bawah

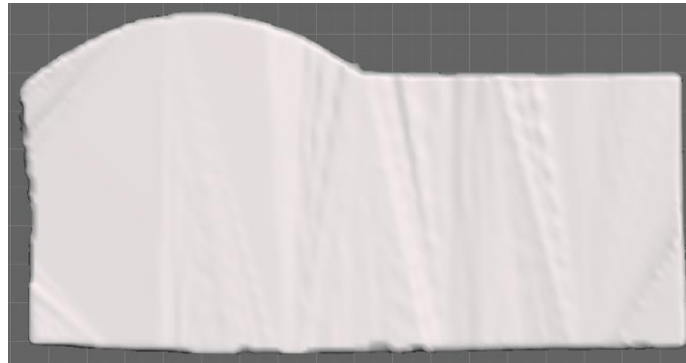


Gambar 4.19 Hasil *Merging* Tampak Kanan

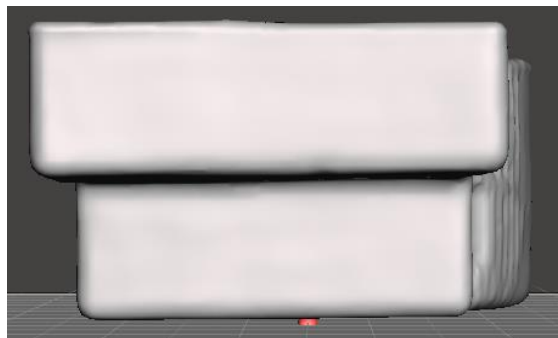
Kedua dilakukan proses *finishing* menggunakan MeshMixer, proses ini dilakukan untuk menghapus bagian yang tidak diperlukan sehingga hasil *merging* menjadi lebih rapi seperti ditunjukkan pada gambar 4.20, 4.21, dan 4.22. Selain itu langkah ini diperlukan untuk mengurangi jumlah *Mesh* agar proses komputasi dapat dijalankan dengan lebih ringan dan cepat.



Gambar 4.20 Tampak Depan Hasil *Finishing*

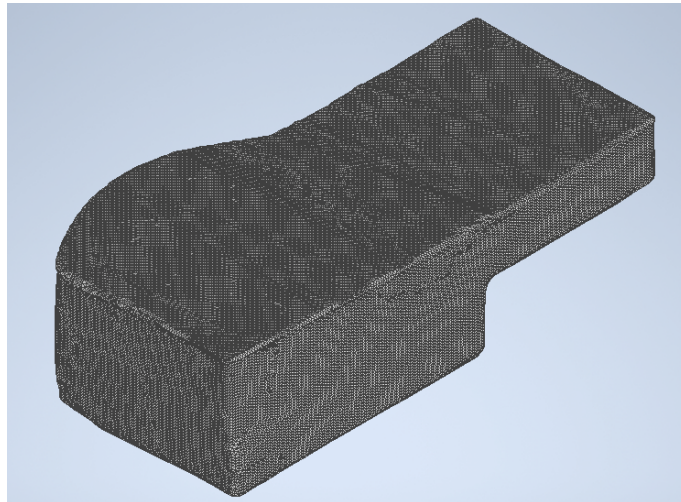


Gambar 4.21 Tampak Atas Hasil *Finishing*



Gambar 4.22 Tampak Kanan Hasil *Finishing*

Setelah *finishing* dengan menggunakan *MeshMixer*, selanjutnya digunakan *software* Inventor untuk merubah data yang masih berbentuk *Mesh* menjadi *Solid Surface* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.23. Dengan format *Solid Surface* maka hasil pemindaian dapat dilakukan proses pengukuran dimensinya.

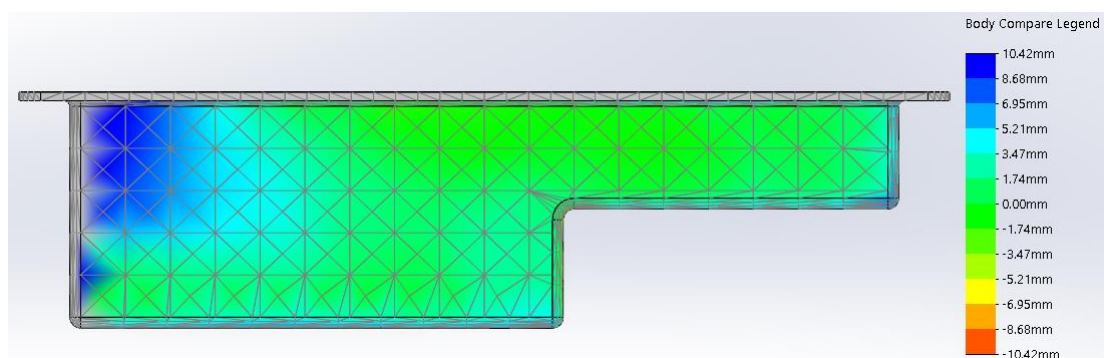


Gambar 4.23 Hasil *Solid Surface* Tampak *Isometric*

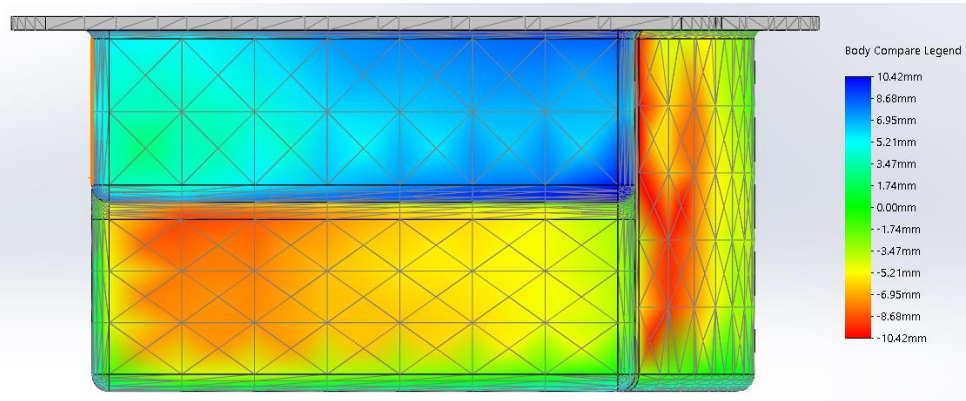
4.5 Analisis dan Pembahasan

4.5.1 *Body Compare*

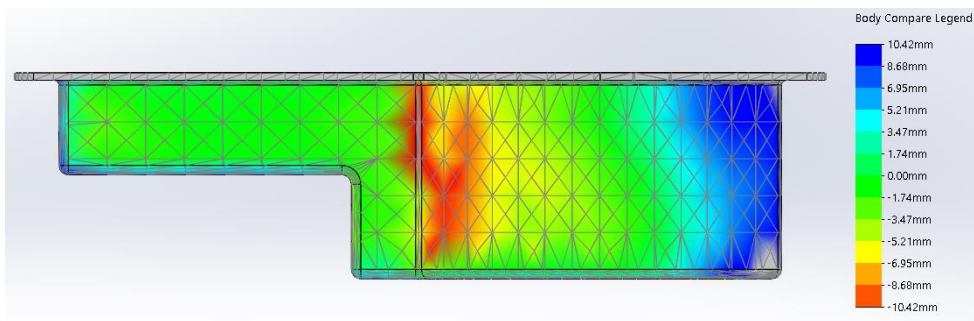
Perbandingan geometri dilakukan dengan menggunakan *software* SolidWorks. Hasil pemindaian dibandingkan dengan desain *kitchen sink* untuk menunjukkan penyimpangan geometri yang terjadi, dengan input 3D *scanned* sebagai *sources bodies* dan *master design* sebagai *compare bodies*. Hasil perbandingan ditunjukkan pada gambar 4.24 hingga gambar 4.29 berikut.



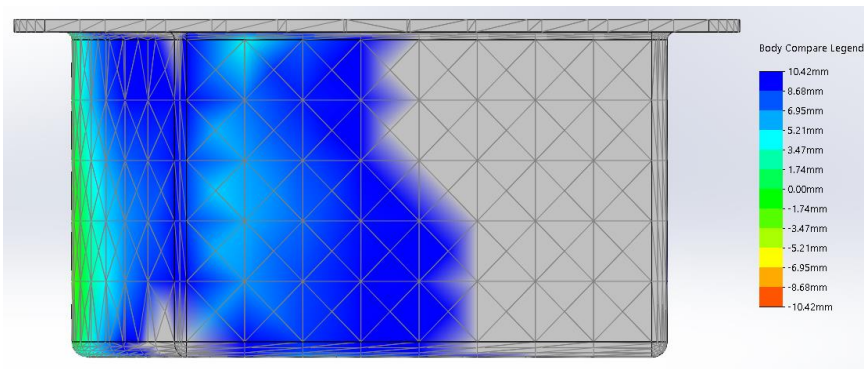
Gambar 4.24 *Body Compare* Tampak Depan



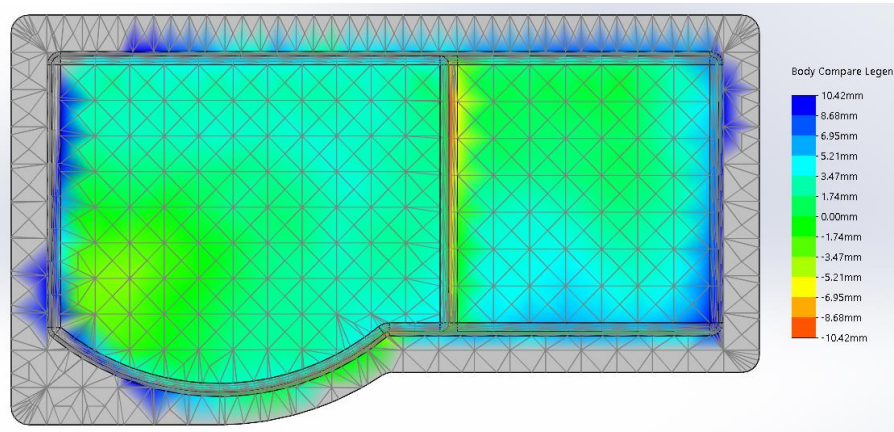
Gambar 4.25 *Body Compare* Tampak Kanan



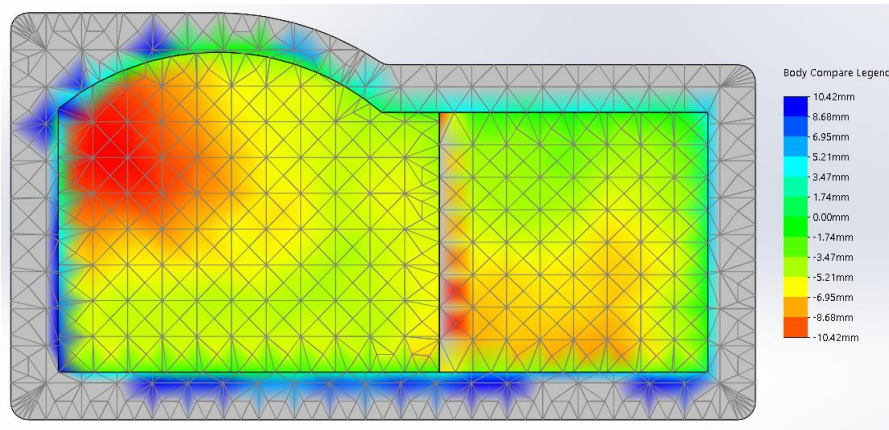
Gambar 4.26 *Body Compare* Tampak Belakang



Gambar 4.27 *Body Compare* Tampak Kiri



Gambar 4.28 *Body Compare* Tampak Bawah



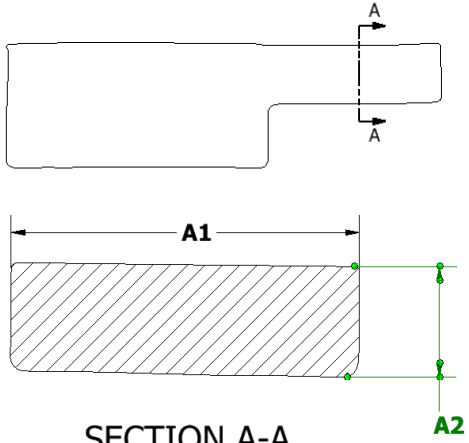
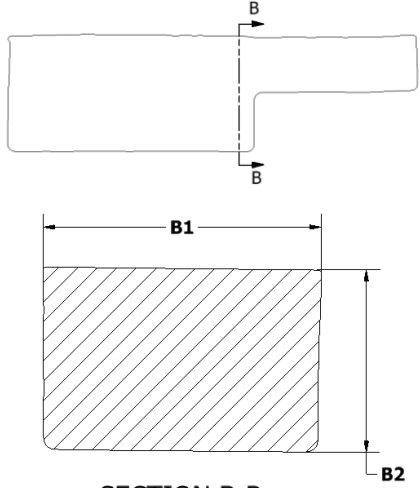
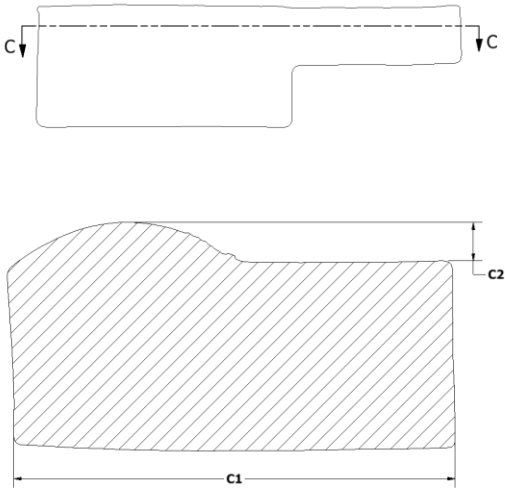
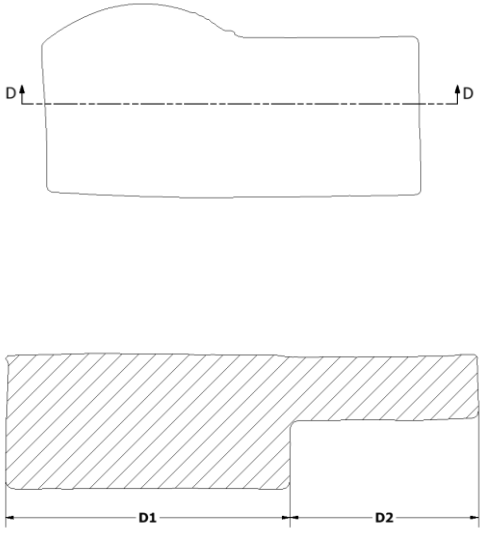
Gambar 4.29 *Body Compare* Tampak Atas

Dari hasil perbandingan antara desain dengan hasil 3D *scanning* diatas maka dapat diketahui bahwa penyimpangan terbesar terjadi pada bagian bawah dan belakang produk. Dengan penyimpangan berwarna merah sebesar -10.42 mm. Sedangkan pada bagian kiri dan kanan produk mengalami penyusutan hingga lebih dari 10.42 mm.

4.5.2 Dimensi

Pengukuran dimensi dilakukan pada empat (4) potongan gambar, pada setiap gambar terdapat 2 titik pengukuran, serta setiap titik pengukuran dilakukan lima (5) kali pengambilan data. Potongan gambar dan hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 4.3, 4.4 dan 4.4 berikut.

Tabel 4.3 Potongan Gambar

Potongan Gambar A	Potongan Gambar B
 <p data-bbox="427 840 641 918">SECTION A-A SCALE 1:5</p>	 <p data-bbox="991 884 1160 952">SECTION B-B SCALE 1:5</p>
Potongan Gambar C	Potongan Gambar D
 <p data-bbox="502 1691 622 1736">SECTION C-C SCALE 1:5</p>	 <p data-bbox="1077 1668 1173 1736">SECTION D-D SCALE 1:5</p>

Tabel 4.4 Rata-Rata Pengukuran *Sampling*

n	Gambar A		Gambar B		Gambar C		Gambar D	
	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2
1	314.84	99.78	316.85	208.70	749.10	67.57	450.69	298.63
2	314.80	99.04	315.25	208.48	744.83	67.37	449.75	298.37
3	314.73	98.97	314.78	208.30	744.05	67.22	449.29	297.77
4	314.63	97.93	314.29	208.22	743.43	67.20	448.15	297.10
5	314.50	97.55	313.71	208.22	743.15	66.47	446.70	296.83
Rata-Rata (mm)	314.7	98.65	314.97	208.38	744.91	67.16	448.91	297.74

Tabel 4.5 Deviasi Dimensi

mm	Gambar A		Gambar B		Gambar C		Gambar D	
	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2
Rata-Rata	314.7	98.65	314.97	208.38	744.91	67.16	448.91	297.74
Dimensi Desain	316	100	316	210	750	69.55	456	310
Deviasi	-1.3	-1.35	-1.03	-1.62	-5.09	-2.39	-7.09	-12.26

Dari tabel 4.5 deviasi terlihat bahwa hasil keseluruhan bernilai negatif, sehingga dapat disimpulkan bahwa produk hasil *scanning* memiliki dimensi lebih kecil dari desain. Pengukuran **D2** merupakan penyimpangan terbesar hingga -12,26 mm dan penyimpangan terkecil terdapat pada pengukuran **B1** sebesar -1,03 mm.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Membuat pola cetakan komposit dengan 3D *printer* berbasis FDM dapat dilakukan.
2. Terdapat deviasi dimensi antara desain dan produk yang dibuat. Sehingga diketahui bahwa produk mengalami penyusutan dimensi dari desain awal, dengan nilai penyimpangan terbesar -12,26 mm dan terkecil -1,03 mm.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan, maka saran untuk penelitian berikutnya adalah:

1. Pada penelitian selanjutnya diharap dapat memperhatikan nilai penyusutan yang mungkin terjadi sehingga produk memiliki dimensi dan geometri yang sesuai dengan desain.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat diperhatikan desain *over-lap* atau pengunci pada tiap komponen/*part* untuk *puzzling* agar setiap komponen dapat terkunci dengan lebih kuat dan presisi.

DAFTAR PUSTAKA

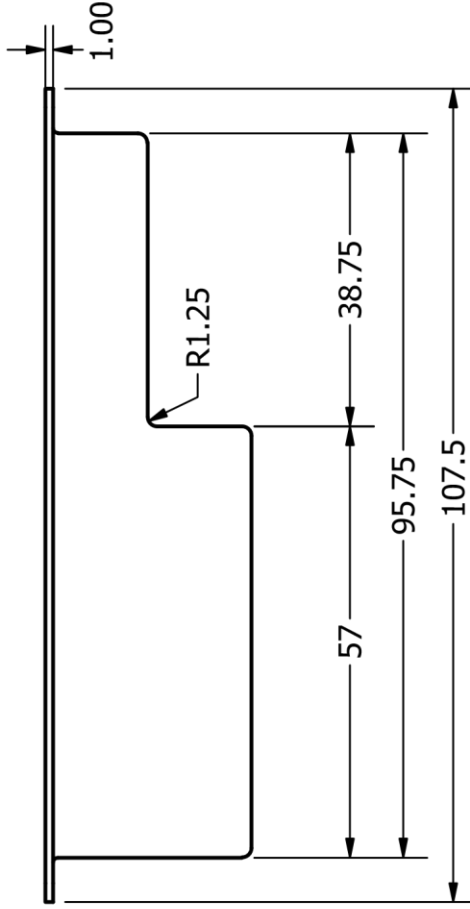
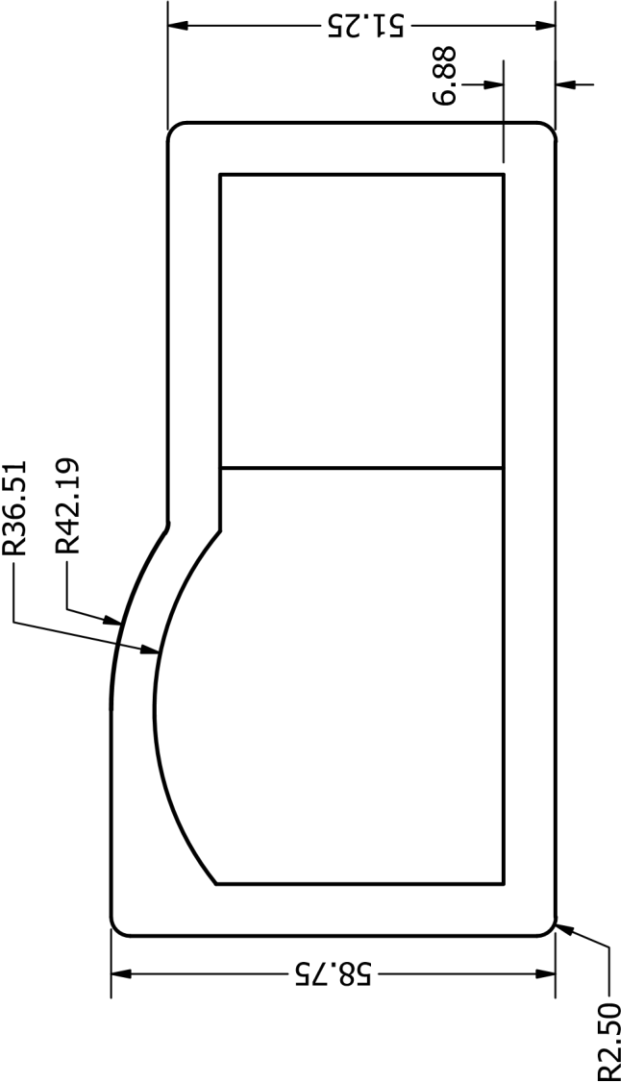
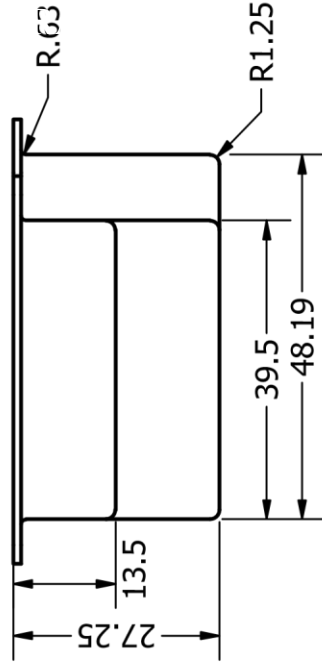
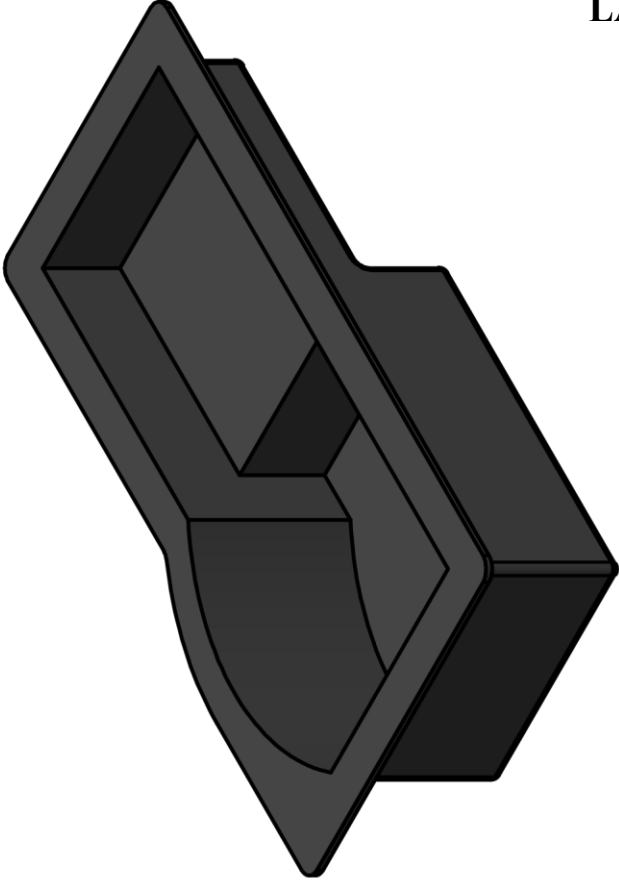
- Akhouri, D., Karmakar, D., Banerjee, D., & Mishra, S. (2021). Various Infill Patterns and their Effect in 3D Printable Materials A Review Report on the Effect of Different Infill Patterns in 3D Printable Materials. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 6(9), 538–542. www.ijisrt.com
- Baraja, A. D. (2021). *PENGARUH PROSES KOMPOSIT SANDWICH METODE VACUUM INFUSION TERHADAP 3D PRINTED CORE* Ahmad Dja ' far Baraja *FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI PENGARUH PROSES KOMPOSIT SANDWICH METODE VACUUM INFUSION TERHADAP 3D PRINTED CORE.*
- Bhandari, S., & Lopez-Anido, R. (2016). Feasibility of using 3D printed thermoplastic molds for stamp forming of thermoplastic composites. *CAMX 2016 - Composites and Advanced Materials Expo.*
- Brown, Andrew C., A., & Brown. (2014). Development of a stereolithography (STL) slicing and G-code output algorithm for an entry level 3D printer / Andrew C. Conradie, P., Promoter. De Beer, Deon, Promoter. *Vaal University of Technology.*
- Carneiro, O. S., Silva, A. F., & Gomes, R. (2015). Fused deposition modeling with polypropylene. *Materials and Design*, 83, 768–776. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.06.053>
- Choi, S. H., & Kwok, K. T. (1999). A Memory Efficient Slicing Algorithm for Large STL Files. *Proceedings of Solid Freeform Fabrication Symposium*, 155–162. <https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/73593>
- Choi, S. H., & Kwok, K. T. (2002). A tolerant slicing algorithm for layered manufacturing. *Rapid Prototyping Journal*, 8(3), 161–179. <https://doi.org/10.1108/13552540210430997>
- Destya, Y. (2012). *Proses Pembuatan Body Kit (Bumper) Mobil Dari Komposit Serat Tebu Dengan Matriks.*

- Du, H., Chen, X., Xi, J., Yu, C., & Zhao, B. (2017). Development and verification of a novel robot-integrated fringe projection 3D scanning system for large-scale metrology. *Sensors (Switzerland)*, *17*(12). <https://doi.org/10.3390/s17122886>
- Dúbravčík, M., & Kender, Š. (2012). Application of reverse engineering techniques in mechanics system services. *Procedia Engineering*, *48*, 96–104. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.09.491>
- Equbal, A., Sood, A. K., & Shamim, M. (2015). Rapid tooling: A major shift in tooling practice. *Manufacturing and Industrial Engineering*, *14*(3–4). <https://doi.org/10.12776/mie.v14i3-4.325>
- Fadel, G. M., & Kirschman, C. (1996). Accuracy issues in CAD to RP translations. *Rapid Prototyping Journal*, *2*(2), 4–17. <https://doi.org/10.1108/13552549610128189>
- Fauzi Hanafi, A., Finali, A., Rochmad Eko, dan P., Mesin, T., Negeri Banyuwangi, P., Raya Jember, J. K., & Manufaktur Kapal, T. (2020). Analisa perubahan temperature extruder dan heat bed terhadap sifat mekanik material produk 3d printer tipe fused deposition modelling (fdm) menggunakan filament pla+ esun. *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-6 ISAS Publishing Series: Engineering and Science*, *6*(1), 457–465.
- Fauzi, M. N. (2022). *PEMANFAATAN 3D PRINTING TIPE FDM UNTUK PEMBUATAN ALAT PERAGA MESIN JET TURBOPROP.*
- Handayani, D., & Ningsih, U. (2005). *Computer Aided Design / Computer Aided Manufactur [CAD / CAM] proses Siklus hidup Manajemen Produksi yang meliputi perangkat lunak dan.* *X*(3), 143–149.
- Javaid, M., Haleem, A., Pratap Singh, R., & Suman, R. (2021). Industrial perspectives of 3D scanning: Features, roles and it's analytical applications. *Sensors International*, *2*(May), 100114. <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2021.100114>
- Kafle, A., Luis, E., Silwal, R., Pan, H. M., Shrestha, P. L., & Bastola, A. K. (2021). 3D / 4D Printing of Polymers : Fused Deposition Modelling (FDM),. *Polymers*, *13*, 1–37. <https://doi.org/10.3390>

- Kristiawan, R. B., Imaduddin, F., Ariawan, D., Ubaidillah, & Arifin, Z. (2021). A review on the fused deposition modeling (FDM) 3D printing: Filament processing, materials, and printing parameters. *Open Engineering*, *11*(1), 639–649. <https://doi.org/10.1515/eng-2021-0063>
- Lo, K. Y., Fu, C. W., & Li, H. (2009). 3D Polyomino Puzzle. *ACM Transactions on Graphics*, *28*(5), 1–8. <https://doi.org/10.1145/1618452.1618503>
- Luo, L., Baran, I., Rusinkiewicz, S., & Matusik, W. (2012). Chopper: Partitioning models into 3D-printable parts. *ACM Transactions on Graphics*, *31*(6). <https://doi.org/10.1145/2366145.2366148>
- Mazzanti, V., Malagutti, L., & Mollica, F. (2019). FDM 3D printing of polymers containing natural fillers: A review of their mechanical properties. *Polymers*, *11*(7). <https://doi.org/10.3390/polym11071094>
- Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T. Q., & Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Composites Part B: Engineering*, *143*(February), 172–196. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012>
- Nugroho, G., Rafsan Jani, A. A., Trio Sadewo, R. R., & Satrio, M. (2016). Manufacturing Process and Flight Testing of an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) with Composite Material. *Applied Mechanics and Materials*, *842*(2001), 311–318. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.842.311>
- Rani, M., Choudhary, P., Krishnan, V., & Zafar, S. (2021). A review on recycling and reuse methods for carbon fiber/glass fiber composites waste from wind turbine blades. *Composites Part B: Engineering*, *215*(October 2020), 108768. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.108768>
- Roziqin, A., Maulana, S., & Aryadi, W. (2018). Seminar Nasional Kolaborasi Pengabdian Pada Masyarakat Pelatihan Pembuatan Molding Panel Komposit Pada Teknisi Bengkel Body Sekitar Kampus Unnes. *Seminar Nasional Kolaborasi Pengabdian Pada Masyarakat*, *1*, 128. <https://proceeding.unnes.ac.id/index.php/snkppm>

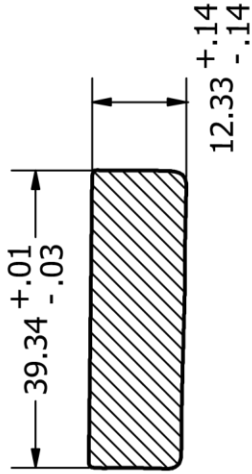
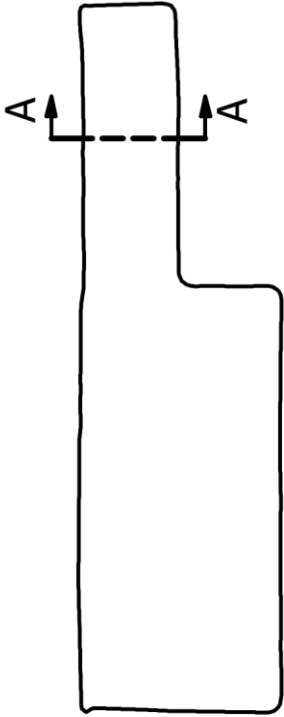
- Schmidt, R., & Singh, K. (2010). *Meshmixer*. 1–1.
<https://doi.org/10.1145/1837026.1837034>
- Song, P., Fu, C. W., & Cohen-Or, D. (2012). Recursive interlocking puzzles. *ACM Transactions on Graphics*, 31(6), 1–10.
<https://doi.org/10.1145/2366145.2366147>
- Song, P., Fu, Z., Liu, L., & Fu, C. W. (2015). Printing 3D objects with interlocking parts. *Computer Aided Geometric Design*, 35–36, 137–148.
<https://doi.org/10.1016/j.cagd.2015.03.020>
- Taubin, G., Moreno, D., & Lanman, D. (2014). 3D scanning for personal 3D printing: Build your own desktop 3D scanner. In *ACM SIGGRAPH 2014 Studio, SIGGRAPH 2014*. <https://doi.org/10.1145/2619195.2656314>
- Tsania, O. H. (2021). *Perancangan Dan Pembuatan Prototipe Fitting Lampu Dengan Fitur Modul Timer Otomatis Menggunakan 3D Print*. 22–66.
- Waluyo, D. A. (2020). *Pembuatan Orthosis Tangan Menggunakan Metode Reverse Engineering Dan Rapid Prototyping*.
- Xin, S., Lai, C. F., Fu, C. W., Wong, T. T., He, Y., & Cohen-Or, D. (2011). Making burr puzzles from 3D models. *ACM Transactions on Graphics*, 30(4), 1–8.
<https://doi.org/10.1145/1964921.1964992>
- Yin, S., Ren, Y., Guo, Y., Zhu, J., Yang, S., & Ye, S. (2014). Development and calibration of an integrated 3D scanning system for high-accuracy large-scale metrology. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 54, 65–76.
<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2014.04.009>

LAMPIRAN

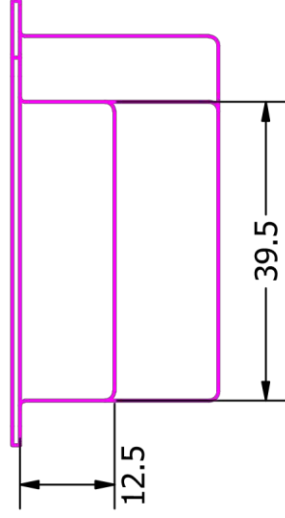
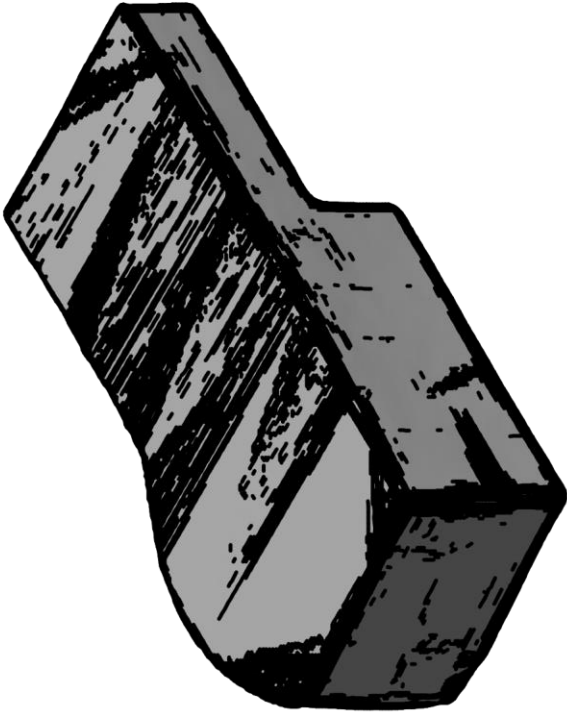


54

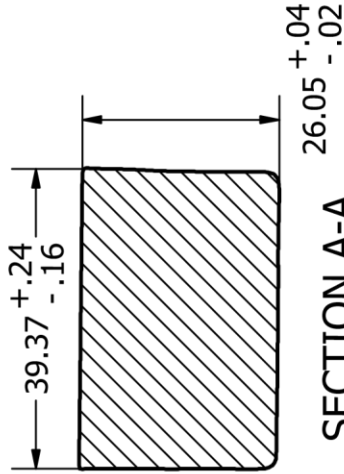
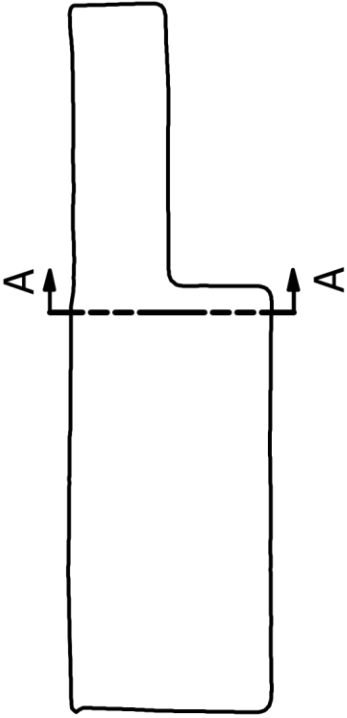
Color Code	Designed by	Checked by	Approved by	Date	Size
1. Master Design 2. 3D Scanned	Tito P	Muhammad Ridlwan, S.T., M.T.	Muhammad Ridlwan, S.T., M.T.	22/09/2023	A4
Teknik Mesin FTI UII			Kitchen Sink Master Design		
Title			Scale	Units	Sheet
			1 : 8	mm	1 OF 5



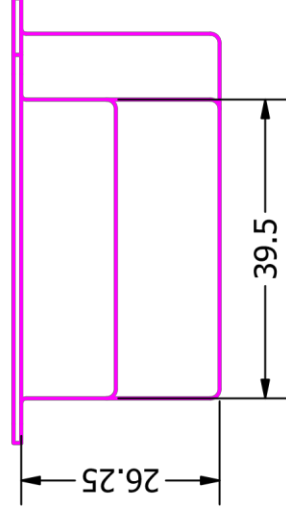
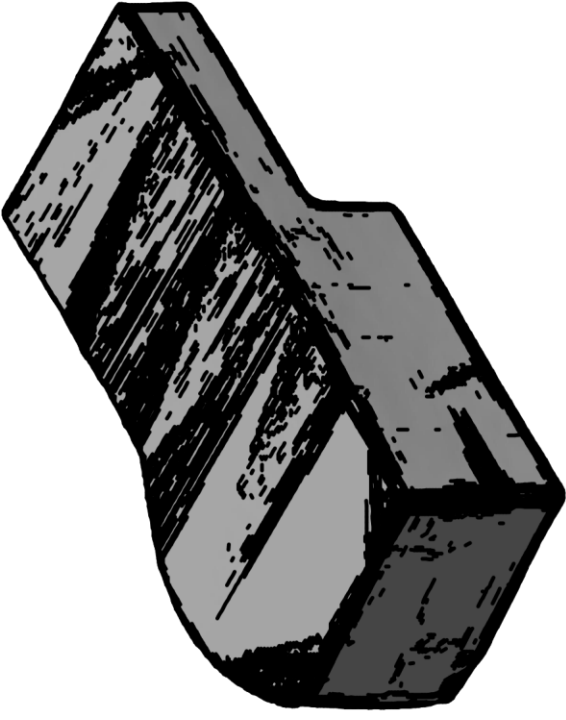
SECTION A-A
SCALE 1:8



Color Code	Designed by	Checked by	Approved by	Date	Size
1. Master Design 2. 3D Scanned	Tito P	Muhammad Ridlwan, S.T., M.T.	Muhammad Ridlwan, S.T., M.T.	22/09/2023	A4
Title			Scanned Right View		
Teknik Mesin FTI UII			Scale	Units	Sheet
			1 : 8	mm	2 OF 5



SECTION A-A
SCALE 1:8



Color Code

1. Master Design
2. 3D Scanned

Designed by

Tito P

Checked by

Muhammad Ridlwan, S.T., M.T.

Approved by

Muhammad Ridlwan, S.T., M.T.

Date

22/09/2023

Size

A4

1. Master Design
2. 3D Scanned

Title

Teknik Mesin FTI UII

Scanned Mid Right View

Scale

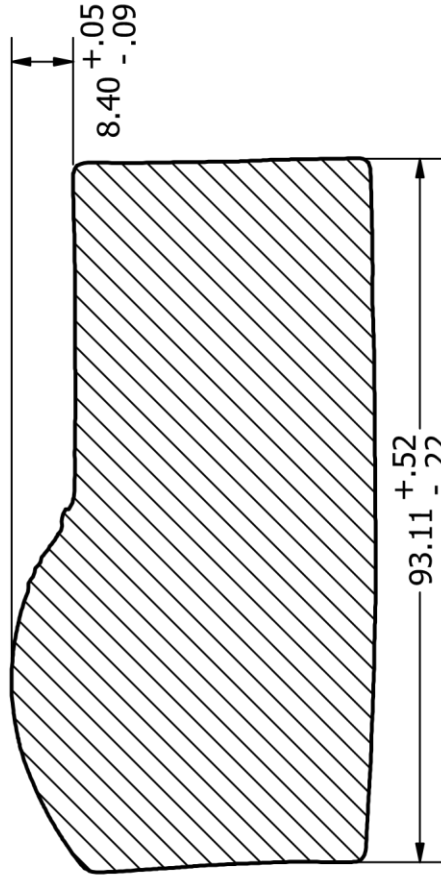
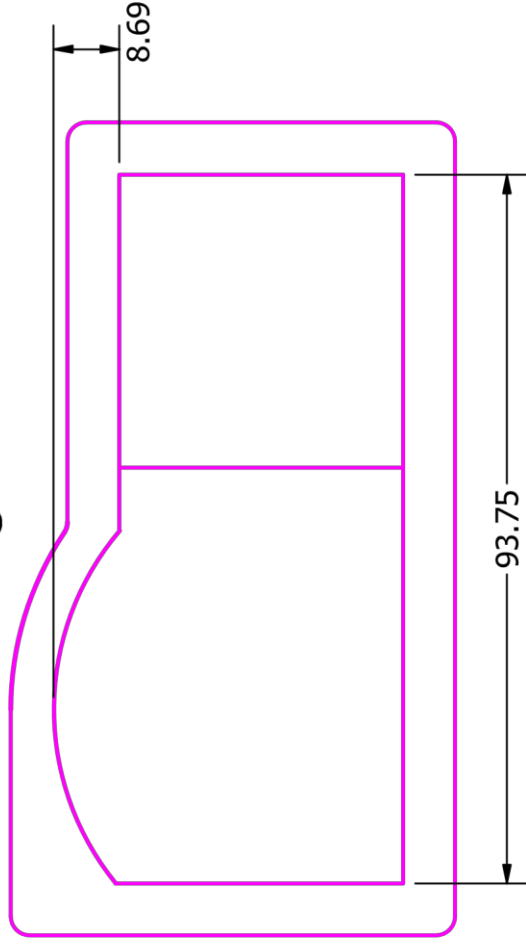
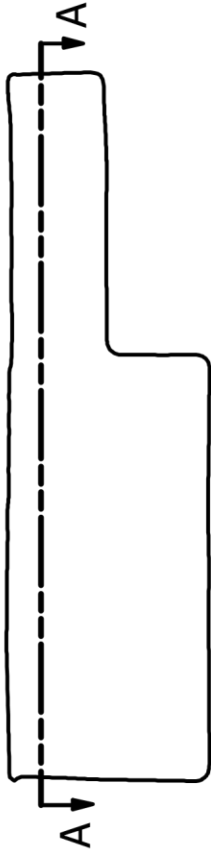
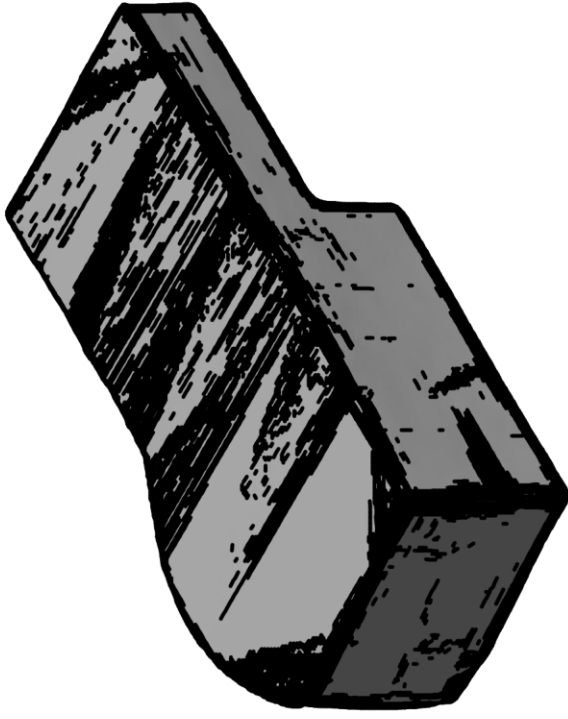
1 : 8

Units

mm

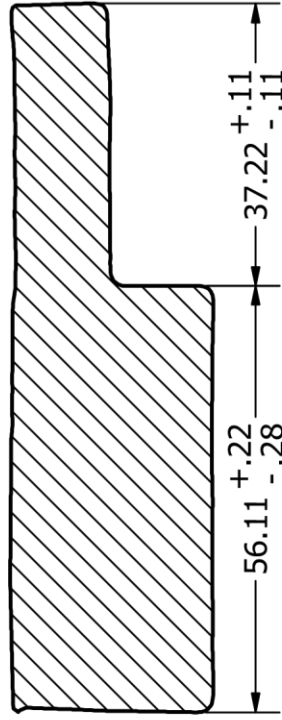
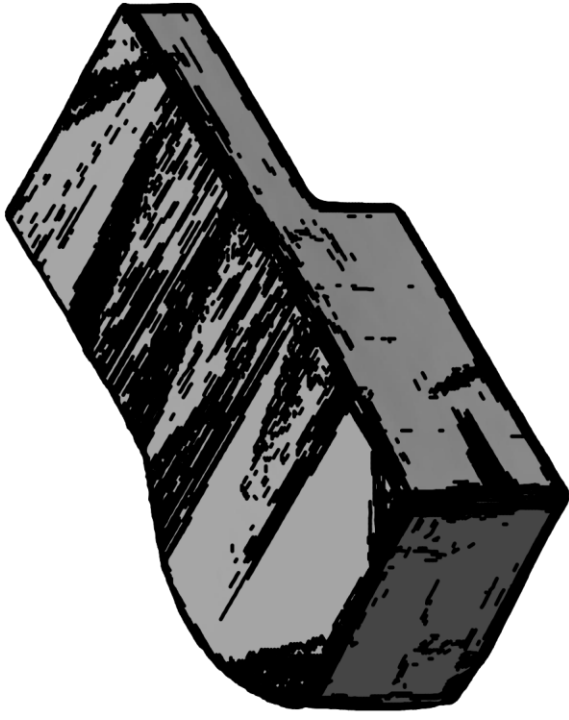
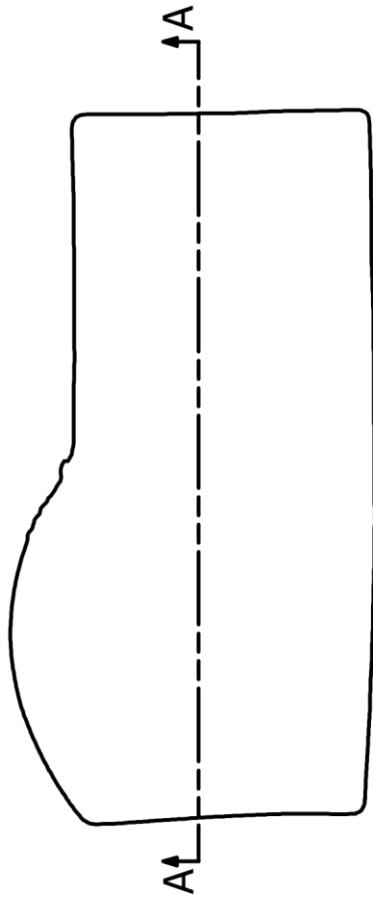
Sheet

3 OF 5

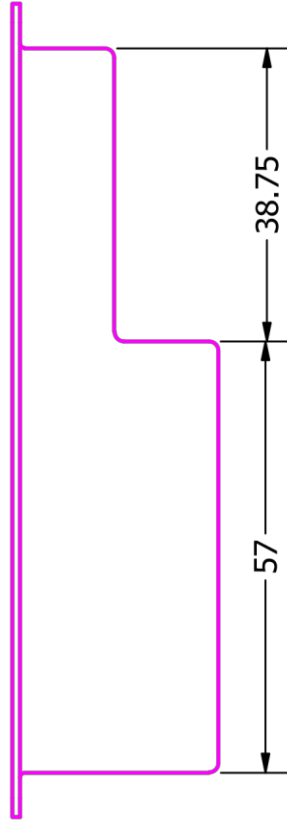


SECTION A-A
SCALE 1:8

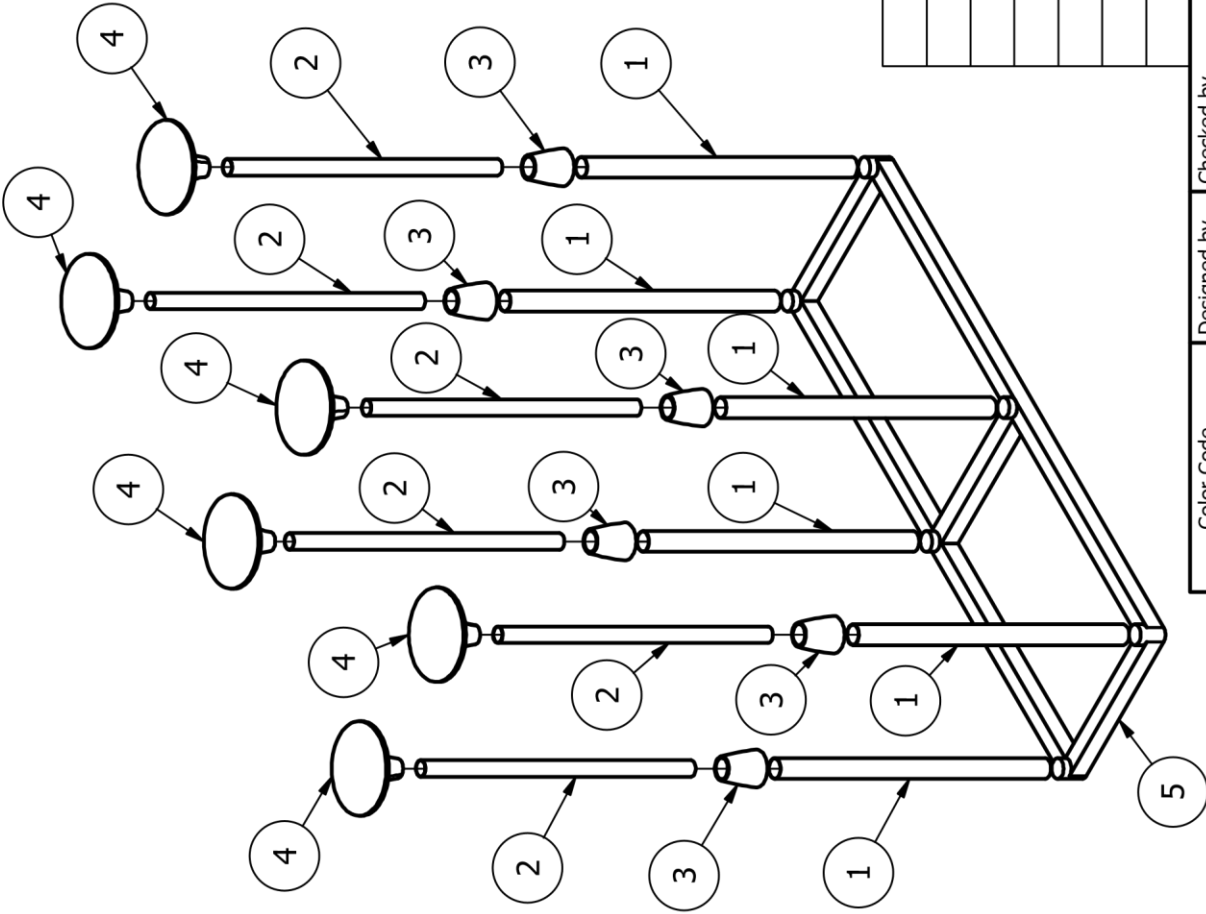
Color Code	Designed by	Checked by	Approved by	Date	Size
1. Master Design 2. 3D Scanned	Tito P	Muhammad Ridlwan, S.T., M.T.	Muhammad Ridlwan, S.T., M.T.	22/09/2023	A4
Title			Scanned Top View		
Teknik Mesin FTI UII			Scale	Units	Sheet
			1 : 8	mm	4 OF 5



SECTION A-A
SCALE 1:8



Color Code	Designed by	Checked by	Approved by	Date	Size
1. Master Design 2. 3D Scanned	Tito P	Muhammad Ridlwan, S.T., M.T.	Muhammad Ridlwan, S.T., M.T.	22/09/2023	A4
Title			Scanned Front View		
Scale			Units	Sheet	
			1 : 8	mm	5 OF 5



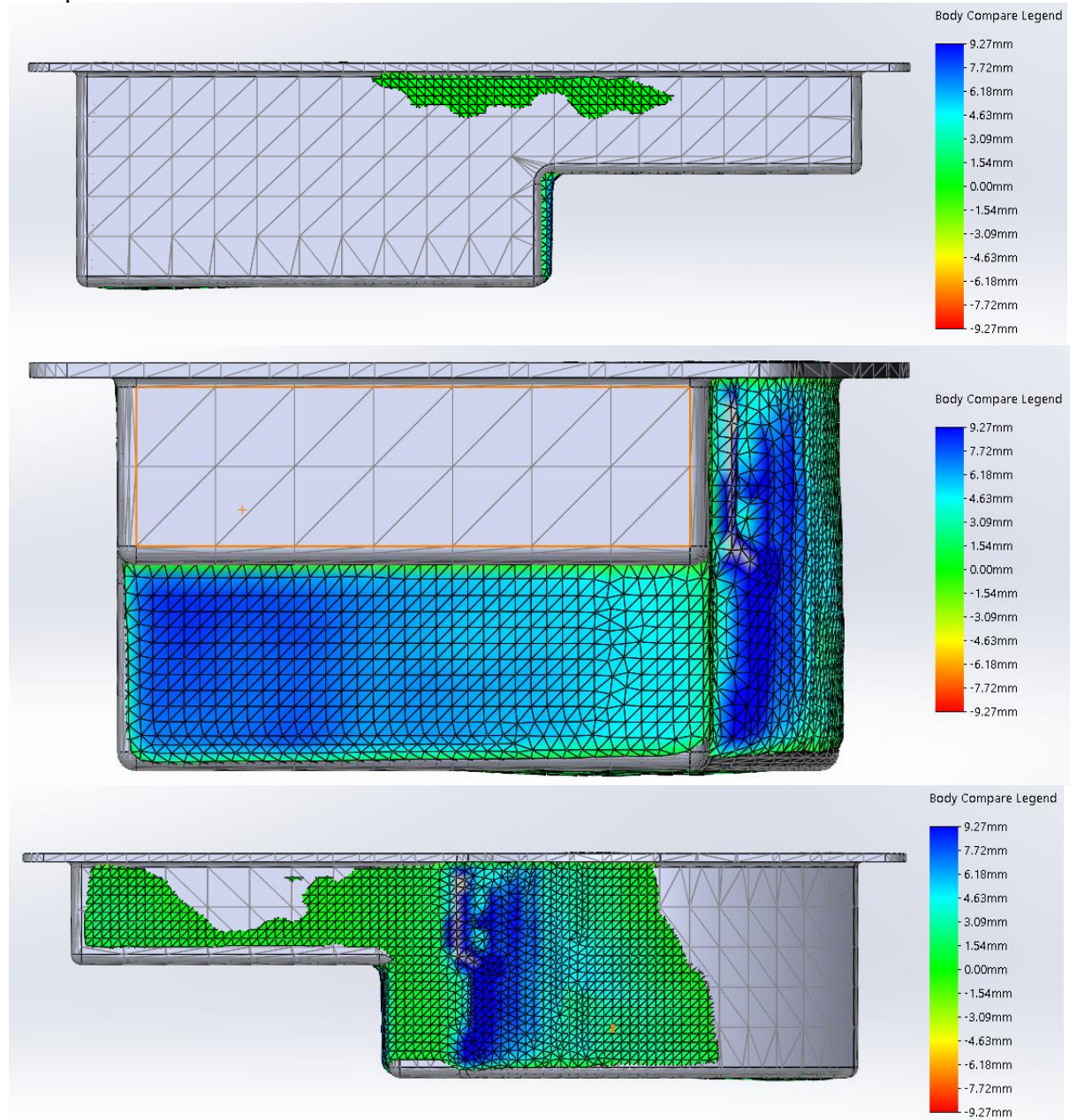
PARTS LIST

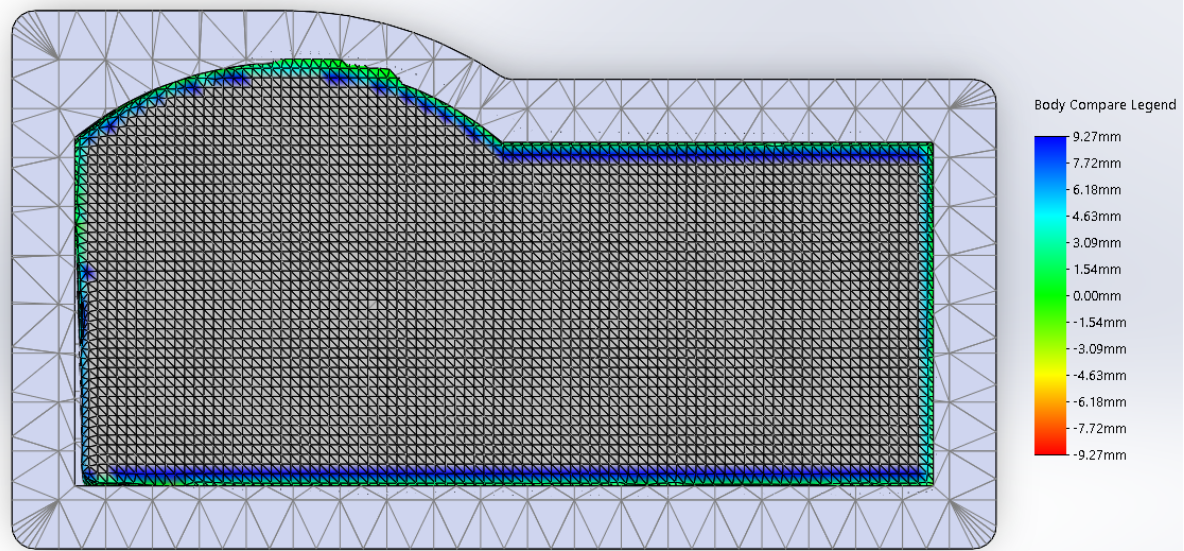
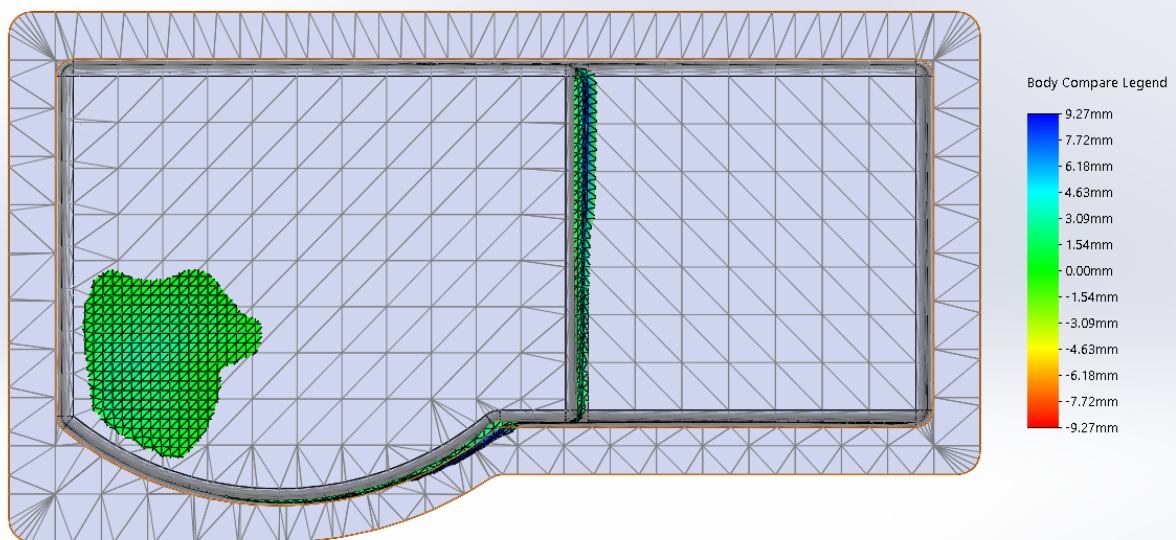
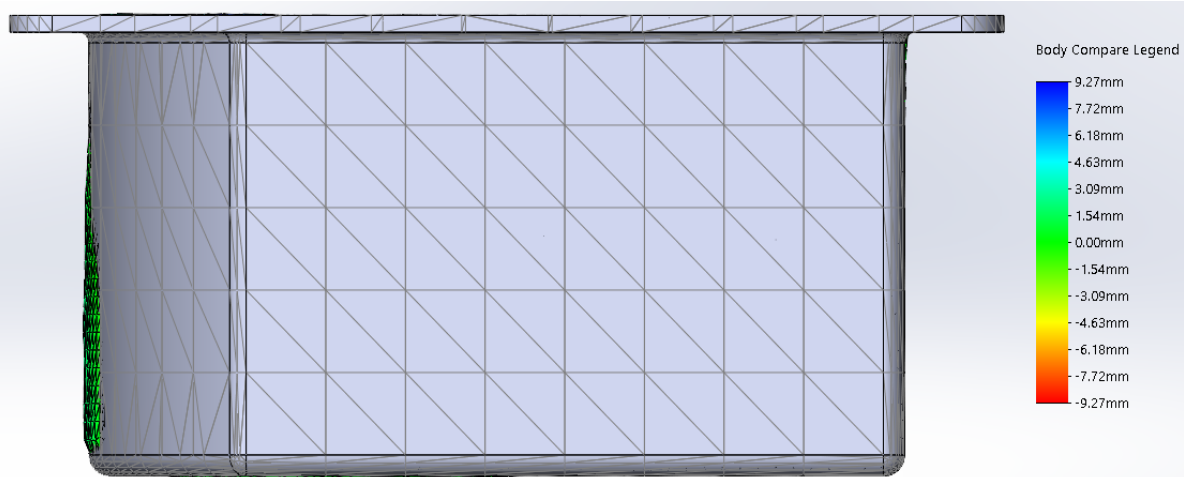
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	6	1/2 in x 40cm pipe	
2	6	5/8 in x 40cm pipe	
3	6	Extender	
4	6	Stand Cap	
5	1	Base Stand	

Color Code	Designed by	Checked by	Approved by	Date	Size
1. Master Design	Tito P	Muhammad Ridlwan, S.T., M.T.	Muhammad Ridlwan, S.T., M.T.	23/09/2023	A4
Teknik Mesin FTI UII			Title		
			Master Design Adjustable Stand		
Scale			Units	Sheet	
1:8			mm	1 OF 1	

Compare Body

Source Bodies : Master Design
Compare Bodies : 3D Scanned





Source Bodies : 3D Scanned
Compare Bodies : Master Design

