

**Aplikasi Pembuatan Cetakan *Vacuum Infusion* Komposit
Menggunakan *Additive Manufacturing Fused Filament
Fabrication (FFF)* dengan Material *Polyactic Acid (PLA)***

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Aldo Susanto

No. Mahasiswa : 18525049

NIRM : 2018040147

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2022**

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**Aplikasi Pembuatan Cetakan *Vacuum Infusion* Komposit
Menggunakan *Additive Manufacturing Fused Filament
Fabrication (FFF)* Dengan Material *Polyactic Acid (PLA)***

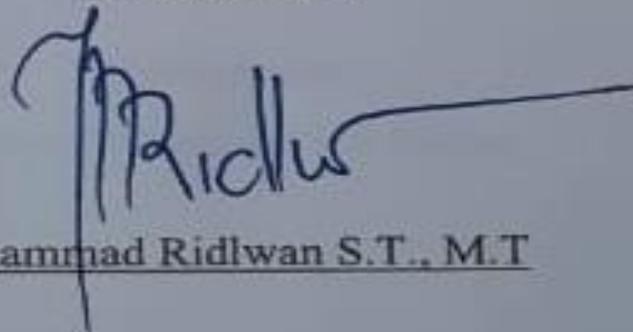
TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Aldo Susanto
No. Mahasiswa : 18525049
NIRM : 2018040147

Yogyakarta, _____ 20__

Pembimbing I,



Muhammad Ridwan S.T., M.T

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**Aplikasi Pembuatan Cetakan *Vacuum Infusion* Komposit
Menggunakan *Additive Manufacturing Fused Filament
Fabrication (FFF)* dengan Material *Polyactic Acid (PLA)*
TUGAS AKHIR**

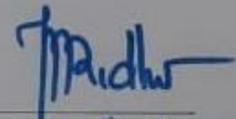
Disusun Oleh :

Nama : Aldo Susanto
No. Mahasiswa : 18525049
NIRM : 2018040147

Tim Penguji

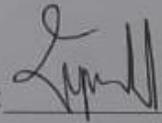
Muhammad Ridhwan, S.T., M.T.
Ketua Penguji

Tanggal :


30/11/2022

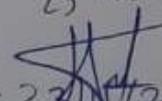
Yustiasih Purwaningrum, S.T., M.T.
Anggota I

Tanggal :


29 Nov 2022

Ir. Donny Suryawan, S.T., M.Eng.,
IPP
Anggota II

Tanggal :


28/11/2022

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin




Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya Dengan ini saya yang bertanda tangan dibawah ini, Aldo Susanto selaku penulis Tugas Akhir yang berjudul “Aplikasi Pembuatan Cetakan *Vacuum Infusion* Komposit Menggunakan *Additive Manufacturing Fused Filament Fabrication* (FFF) dengan Material *Polyactic Acid* (PLA)” menyatakan bahwa karya tulis ilmiah yang saya buat merupakan karya sendiri bukan hasil plagiarisme dari karya tulis yang dibuat oleh orang lain. Semua referensi dan kutipan yang saya tulis pada karya tulis ini saya cantumkan sitasi dan sumber pustakanya. Apabila dikemudian hari saya dianggap melakukan pelanggaran hak kekayaan intelektual dan yang saya tulis pada karya ilmiah ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi dan hukuman yang berlaku.

Yogyakarta, 21 November 2022



Aldo Susanto

HALAMAN PERSEMBAHAN



Segala puji kehadiran Allah SWT atas segala anugerah, cinta dan karunia-Nya yang telah memberikan segala nikmat dan menjadikanku orang yang beriman, berilmu dan berakal sehat sehingga dapat terselesainya Tugas Akhir ini. Saya berharap keberhasilan ini akan menjadi langkah awal bagi saya untuk mencapai tujuan saya di masa depan.

Disini saya mendedikasikan karya ini untuk Ayah, Ibu, dan Keluarga. Teruntuk Ayah dan Ibu terima kasih atas seluruh kasih dan sayang yang diberikan sejak lahir hingga saat ini dengan segala kelebihan dan kekurangannya tetapi selalu mencoba dalam memberikan yang terbaik untuk anak-anaknya. Beserta keluarga lainnya termasuk tante, paman dan khususnya adik yang selalu menjadi teman bertukar cerita sekaligus sahabat yang selalu memberikan motivasi dan semangat dalam hidup saya.

Terima kasih kepada Bapak/Ibu dosen pembimbing dan pengajar atas waktu yang diluangkan dalam memberikan ilmu, didikan, bimbingan dan pengalaman yang sangat berarti bagi saya untuk menjadi pribadi yang lebih baik serta terus memiliki semangat dalam menuntut ilmu.

Terima kasih juga kepada seluruh teman-teman seperjuangan Teknik Mesin khususnya angkatan 2018 atas segala dukungan, semangat, serta kritik dan saran yang membangun agar senantiasa tak lupa dalam mengoreksi diri.

terima kasih yang sebesar-besarnya, akhir kata saya persembahkan tugas akhir ini kepada kalian dan orang-orang tersayang. semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan berguna untuk siapapun yang membacanya dan memberikan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

HALAMAN MOTTO

“Kegagalan Hanyaalah Kesempatan Untuk Memulai Lagi. Kali Ini Lebih Cerdas”

- Henry Ford

“Dimanapun Engkau Berada Selalulah Menjadi Yang Terbaik Dan Berikan Yang Terbaik Dari Yang Bisa Kita Berikan”.

- B. J Habibie

“Pendidikan Adalah Senjata Paling Ampuh Untuk Mengubah Dunia”.

- B. J Habibie

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamiin, puji dan syukur kita panjatkan kepada ALLAH SWT, karena berkat rahmat, hidayah dan inayah-Nya, penulis bisa menyelesaikan pembuatan Tugas Akhir dengan **Aplikasi Pembuatan Cetakan Vacuum Infusion Komposit Menggunakan Additive Manufacturing Fused Filament Fabrication (FFF) dengan Material Polyactic Acid (PLA)**.

Tugas Akhir ini disusun untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 pada Jurusan Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesia. Tugas Akhir ini merupakan salah satu mata kuliah yang bertujuan untuk mengaplikasikan pengetahuan dan pemahaman ilmu yang telah didapat dalam bangku perkuliahan.

Selama pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis sudah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih atas bantuannya baik langsung maupun tidak langsung, khususnya kepada :

1. Allah SWT, *Rabb* semesta alam yang telah memberikan nikmat iman dan Islam kepada penulis dan Nabi paling mulia Muhammad SAW juga atas segenap keluarga, para sahabat, para tabi'in dan tabi'in-tabi'in serta para pengikutnya hingga akhir zaman.
2. Ayah, Ibu dan Adekku yang saya cintai.
3. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh ,S.T., M.T., IPP selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin
4. Bapak Muhammad Ridlwan.,S.T.,M.T selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan waktu luangnya untuk membimbing penulis. Terimakasih atas saran, masukan dan nasihat yang membangun untuk penyempurnaan tugas akhir ini.
5. Ibu Umi dan Bapak Sukirna selaku *Front Office* Jurusan Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesia yang telah banyak membantu.
6. Amien Tri Hartanto, Rio Ari, Reezcky Noer ,Kemal Ali , David Yade, Abdi Haritz, Satria Mahasiswa bimbingan Bapak Muhammad Ridlwan, S.T., M.T. atas dukungan dan bantuan dalam mengerjakan proses tugas

akhir saya.

7. Gufran Rahardi Mukhlis S.T. atas dukungan dan bantuan dalam mengerjakan proses tugas akhir saya
8. Seluruh mahasiswa Teknik Mesin FTI UII dan untuk semua pihak yang telah membantu yang tidak bisa disebutkan satu persatu oleh penulis.
9. Rizka Indah Ramadina, S. Ked. yang selalu menyemangati saya dalam mengerjakan tugas akhir dari awal sampai akhir.
10. Teman-teman Jogja Brutal yang telah mendukung saya dalam mengerjakan tugas akhir ini.
11. Teman-teman Kost Asagraha yang telah mendukung dalam proses mengerjakan tugas akhir ini.

Semoga amal kebaikan yang telah diberikan akan mendapat balasan dari Allah SWT.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penyusunan laporan berikutnya dan semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan untuk orang lain.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 11 November 2022



Aldo Susanto

ABSTRACT

Mold or Molding is a tool used to print materials. Molds with the fiberglass mold method are made by several stages. The process has disadvantages including the stages needed quite a lot and the process still uses a lot of human intervention so that the printout is not optimal. An alternative solution to this problem is to use a print with a master 3D printing Fused Filament Fabrication (FFF) which is expected to shorten the stages in the work process and has results the more maximal. In this study, the expected special purpose is to be able to find out the manufacture of prints using master 3D printing Fused Filament Fabrication (FFF) and measure the ability of the mold after it has been done the vacuum infusion process is based on predetermined design criteria. The flow of mold making in this study is product selection, scanning process, mold design process, 3D Printing process, mold finishing process, vacuum infusion process and product finishing process. The results obtained after the vacuum infusion process based on the design criteria show that the print can be used using master 3D printing Fused Filament Fabrication (FFF) to print products and can be used repeatedly at least 4 times. The next result was found that the spread of resin during the vacuum infusion process can spread evenly and there is no failure in the product, especially in the mold pattern with a maximum failure percentage of 25%.

Keywords : Vacuum Infusion, Print, 3D print, PLA, Composite.

ABSTRAK

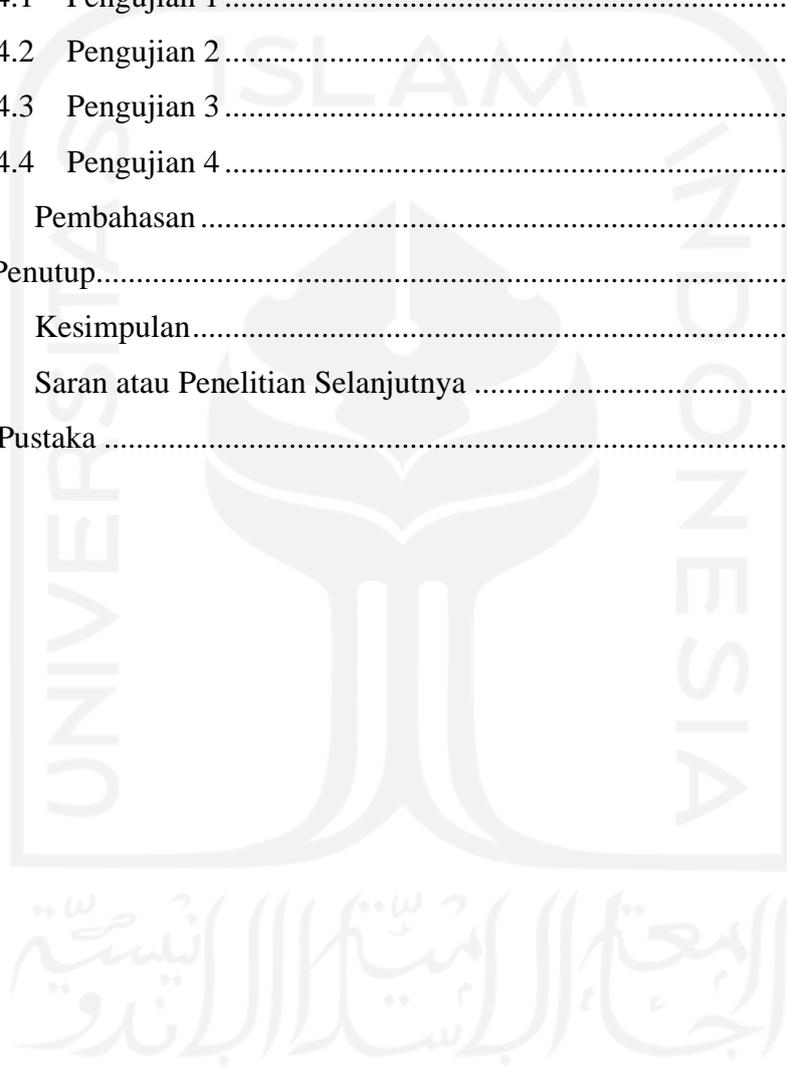
Cetakan atau *Molding* merupakan alat bantu yang digunakan untuk mencetak material. Cetakan dengan metode *fiberglass mold* dibuat dengan beberapa tahap. Proses tersebut memiliki kekurangan diantaranya tahapan yang dibutuhkan cukup banyak dan proses masih banyak menggunakan campur tangan manusia sehingga hasil cetakan kurang maksimal. Alternatif solusi dalam permasalahan tersebut yaitu menggunakan cetakan dengan *master 3D printing Fused Filament Fabrication (FFF)* yang diharapkan dapat mempersingkat tahapan dalam proses pengerjaannya. dan memiliki hasil yang lebih maksimal. Dalam penelitian ini tujuan khusus yang diharapkan yaitu dapat mengetahui pembuatan cetakan menggunakan *master 3D printing Fused Filament Fabrication (FFF)* serta mengukur kemampuan pada cetakan setelah dilakukan proses *vacuum infusion* berdasarkan kriteria perancangan yang telah ditentukan. Alur pembuatan cetakan dalam penelitian ini yaitu pemilihan produk, proses *scanning*, proses desain cetakan, proses *3D Printing*, proses *finishing* cetakan, proses *vacuum infusion* dan proses *finishing* produk. Hasil yang didapatkan setelah proses *vacuum infusion* berdasarkan kriteria perancangan menunjukkan bahwa cetakan dapat digunakan menggunakan *master 3D printing Fused Filament Fabrication (FFF)* untuk mencetak produk dan dapat digunakan secara berulang minimal 4 kali. Hasil selanjutnya yaitu ditemukan bahwa penyebaran resin pada saat proses *vacuum infusion* dapat menyebar secara merata dan tidak terjadi kegagalan pada produk terutama pada bagian pola cetakan dengan persentase kegagalan maksimal 25%.

Kata Kunci : *Vacuum Infusion*, Cetakan, *3D printing* , PLA, Komposit.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	vii
<i>Abstract</i>	ix
Abstrak	x
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xiv
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan	3
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
Bab 2 Tinjauan Pustaka	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	6
Bab 3 Metode Penelitian	11
3.1 Alur Penelitian	11
3.2 Peralatan dan Bahan	12
Bab 4 Proses Pengerjaan dan Hasil pembahasan	23
4.1 Pembuatan Desain Cetak	23
4.1.1 Pemilihan Produk	23
4.1.2 Proses <i>Scanning</i>	24
4.1.3 Proses Desain Cetak	25
4.2 Proses Pembuatan Cetak	26

4.2.1	Proses <i>3D Printing Fused Filament Fabrication (FFF)</i>	27
4.2.2	Proses <i>Finishing</i> Cetakan	31
4.3	Proses Pengujian Cetakan.....	32
4.3.1	Proses Vacuum Infusion.....	33
4.3.2	Proses <i>Finishing</i> Produk.....	35
4.4	Hasil Pengujian.....	36
4.4.1	Pengujian 1	36
4.4.2	Pengujian 2	37
4.4.3	Pengujian 3	38
4.4.4	Pengujian 4	40
4.5	Pembahasan	42
Bab 5	Penutup.....	44
5.1	Kesimpulan.....	44
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya	44
Daftar Pustaka	45



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Kriteria Perancangan Cetakan Spion Motor.....42



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mesin <i>3D Printing Fused Filament Fabrication</i> (FFF)	7
Gambar 2.2 Metode <i>Vacuum Infusion</i>	9
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	12
Gambar 3.2 Pompa Vakum	12
Gambar 3.3 Tabung <i>Reservoir</i> (Catch Pot).....	13
Gambar 3.4 Timbangan.....	13
Gambar 3.5 <i>Vacuum Plastic Bag</i>	14
Gambar 3.6 Kain <i>Strimmin</i>	14
Gambar 3.7 <i>Peel Ply</i>	15
Gambar 3.8 Selang	15
Gambar 3.9 Selang Spiral.....	16
Gambar 3.10 <i>Sealant Tape</i>	16
Gambar 3.11 Resin dan Katalis	17
Gambar 3.12 <i>Polyactic Acid</i> (PLA).....	17
Gambar 3.13 Serat <i>Fiberglass</i> acak.....	17
Gambar 3.14 Isolasi Kertas	18
Gambar 3.15 <i>Molding Release Wax</i>	18
Gambar 3.16 Dempul	19
Gambar 3.17 Hardener	19
Gambar 3.18Amplas Bulat Tipe 80 & 120.....	20
Gambar 3.19 Amplas Persegi Tipe (280, 400, 800, 1000, & 2000).....	20
Gambar 3.20 Gelas Plastik	20
Gambar 3.21 Stik Eskrim	21
Gambar 3.22 Alat <i>3D Scan</i>	21
Gambar 3.23 Mesin <i>3D Print Fused Filament Fabrication</i> (FFF)	22
Gambar 3.24 Alat Putar Otomatis	22
Gambar 4.1 Spion Sepeda Motor	24
Gambar 4.2 Tampak atas hasil <i>scanning</i>	24
Gambar 4.3 Tampak bawah hasil <i>scanning</i>	25
Gambar 4.4 Tampak samping hasil <i>scanning</i>	25

Gambar 4.5 Tampak atas desain cetakan	26
Gambar 4.6 Tampak samping desain cetakan	26
Gambar 4.7 Tampak belakang desain cetakan	26
Gambar 4.8 Hasil desain setelah di convert ke STL untuk pembuatan parameter di <i>Crealiti Slicer 4.0</i>	27
Gambar 4.9 Hasil penentuan parameter <i>3D Printing Fused Filament Fabrication</i> (FFF) menggunakan aplikasi <i>Crealiti Slicer 4.0</i>	28
Gambar 4.10 Proses <i>3D printing Fused Filament Fabrication</i> (FFF) 1	29
Gambar 4.11 Proses <i>3D printing Fused Filament Fabrication</i> (FFF) 2	29
Gambar 4.12 Proses <i>3D printing Fused Filament Fabrication</i> (FFF) 3	30
Gambar 4.13 Proses <i>3D printing Fused Filament Fabrication</i> (FFF) 4	30
Gambar 4.14 Hasil <i>3D printing Fused Filament Fabrication</i> (FFF)	31
Gambar 4.15 Proses <i>finishing</i> menggunakan dempul	32
Gambar 4.16 Hasil <i>finishing</i>	32
Gambar 4.17 Proses tes kebocoran pada <i>vacuum infusion</i>	34
Gambar 4.18 Proses infus resin	34
Gambar 4.19 Hasil produk sebelum proses <i>finishing</i>	35
Gambar 4.20 Hasil produk setelah proses <i>finishing</i>	35
Gambar 4.21 Hasil Pengujian Pertama pada Cetakan	36
Gambar 4.22 Hasil Produk pertama	37
Gambar 4.23 Hasil pengujian kedua pada cetakan.....	38
Gambar 4.24 Hasil produk kedua.....	38
Gambar 4.25 Hasil pengujian ketiga pada cetakan.....	39
Gambar 4.26 Hasil Produk Ketiga.....	39
Gambar 4.27 Dempul melekat pada produk ketiga	39
Gambar 4.28 Tampak depan hasil cetakan percobaan 4	40
Gambar 4.29 Tampak belakang hasil cetakan percobaan 4.....	40
Gambar 4.30 Tampak samping kiri hasil cetakan percobaan 4.....	41
Gambar 4.31 Tampak samping kanan hasil cetakan percobaan 4.....	41
Gambar 4.32 Hasil Produk keempat.....	41

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi di Indonesia sekarang berkembang dengan pesat, Salah satunya yaitu perkembangan teknologi pada proses manufaktur pembuatan produk. Perkembangan pada proses manufaktur membawa terobosan baru dan membuat prosesnya menjadi lebih mudah, cepat dan efisien. Salah satu alternatif proses pembuatan produk yaitu dengan menggunakan material komposit dan *3D printing Fused Filament Fabrication (FFF)*.

Molding atau cetakan adalah alat bantu yang digunakan dalam mencetak material atau produk dalam industri manufaktur (Budi Pratiknyo, 2012). Pada penelitian ini cetakan dibuat menggunakan proses *3D printing Fused Filament Fabrication (FFF)* dengan bahan *Polylactic Acid (PLA)*. Keunggulan cetakan pada penelitian ini yaitu dibuat menggunakan mesin *3D printing Fused Filament Fabrication (FFF)* sebagai *master* karena dapat memproduksi produk dengan ukuran yang besar dan skala produksi kecil yang diharapkan dapat mempersingkat tahapan pada proses pembuatan cetakan.

Komposit merupakan penggabungan antara dua material atau lebih untuk menghasilkan produk yang lebih bernilai dan berkualitas. Keunggulan menggunakan material komposit adalah kekuatan yang lebih tinggi, memiliki berat yang lebih ringan dan tahan korosi sehingga lebih unggul dibanding material yang lain (Abdurohman & Marta, 2016).

Salah satu material komposit yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan *fiberglass* acak sebagai prototipe untuk studi kasus spion pada sepeda motor. Alasan penggunaan *fiberglass* acak dalam penelitian karena material yang mudah didapatkan.

Cetakan dengan metode *fiberglass mold* dibuat dengan beberapa tahap. Proses tersebut memiliki kekurangan diantaranya tahapan yang dibutuhkan cukup banyak dan proses masih banyak menggunakan campur tangan manusia sehingga hasil cetakan kurang maksimal (Sudbury et al., 2017). Kekurangan lainnya yaitu

sulitnya memberikan inovasi pada metode *fiberglass mold* untuk memudahkan proses *vacuum infusion* karena pada umumnya dibentuk dengan menggunakan banyak campur tangan manusia. Penelitian ini berupaya untuk membuat cetakan dengan menggunakan *master 3D printing Fused Filament Fabrication (FFF)* yang bertujuan untuk mengetahui keunggulan serta kekurangannya dengan menggunakan metode *vacuum infusion*.

Vacuum infusion merupakan salah satu metode pengerjaan komposit dengan memanfaatkan kevakuman udara dengan memanfaatkan *vacuum plastic bag* yang direkatkan dengan *sealant tape* untuk mengurung udara dan mencetak komposit yang dibantu dengan resin dan katalis. Diperlukan penelitian untuk menguji cetakan menggunakan *vacuum infusion* sebanyak empat kali untuk mengetahui apakah cetakan dapat digunakan berulang kali serta meminimalisir kegagalan resiko pada produk ataupun cetakan. Kemudian penyebaran resin secara merata pada saat proses *vacuum infusion* sesuai dengan yang diharapkan menggunakan *master 3D printing Fused Filament Fabrication (FFF)* dengan bahan filamen *Polyactic Acid (PLA)*. Kemudian diperlukan penelitian untuk mengetahui proses pembuatan cetakan menggunakan *master 3D printing Fused Filament Fabrication (FFF)* dengan filamen *Polyactic Acid (PLA)*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan inti permasalahan yang didapatkan dalam latar belakang maka dapat diambil perumusan masalah yaitu :

1. Bagaimana pembuatan cetakan menggunakan *master 3D printing Fused Filament Fabrication (FFF)* untuk studi kasus : spion pada sepeda motor?
2. Bagaimana kemampuan pada cetakan setelah dilakukan proses *vacuum infusion* berdasarkan kriteria perancangan yang telah ditentukan untuk studi kasus : spion pada sepeda motor?

1.3 Batasan Masalah

Untuk mencapai tujuan dan menghindari meluasnya permasalahan yang ada, maka dalam penelitian ini akan diberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Pembuatan *Molding* atau cetakan menggunakan mesin *3D printing Fused Filament Fabrication* (FFF) menggunakan filamen *Polyactic Acid* (PLA) dengan kriteria yaitu *infill grid* dan *infill density* sebesar 30%, *nozzle printing temperature* 230 °C , *Build Template Temperature* 60 °C, *Printing speed* 50 mm/s dan *support density* 10%
2. Proses *Vacuum infusion* hanya menggunakan peralatan yang berada di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin UII.
3. Material komposit yang digunakan untuk pembuatan prototipe produk dalam studi kasus : spion sepeda motor menggunakan *fiber glass* acak sebanyak 4 lapis dan untuk resin menggunakan jenis SW 2668 WNC dan katalis.
4. Proses *3D scan* pada penelitian ini hanya berfokus untuk membantu dalam pembuatan pola pada saat proses desain cetakan.
5. Proses *vacuum infusion* dalam penelitian ini dilakukan sebanyak empat kali dikarenakan pertimbangan waktu dan biaya pada proses penelitiannya.
6. Penelitian ini hanya membahas tentang proses pembuatan cetakan dan mengukur kemampuan pada cetakan menggunakan metode *vacuum infusion* untuk studi kasus : spion pada sepeda motor.
7. Hasil produk yang dibuat menggunakan cetakan *3D Printing Fused Filament Fabrication* (FFF) dengan bahan *Polyactic Acid* (PLA) hanya membahas bagian sisi luar produk.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat cetakan menggunakan *master 3D printing Fused Filament Fabrication* (FFF) untuk studi kasus : spion pada sepeda motor.
2. Mengukur kemampuan pada cetakan setelah dilakukan proses *vacuum infusion* berdasarkan kriteria perancangan yang telah ditentukan.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Berdasarkan tujuan penelitian yang ingin dicapai manfaat yang didapatkan dalam penelitian ini yaitu diharapkan dapat mengetahui proses

pembuatan cetakan menggunakan *master 3D Printing Fused Filament Fabrication (FFF)* dan dapat mengetahui hasil dari tiap proses *vacuum infusion* pada cetakan yang diharapkan dapat mempersingkat tahapan dalam proses pengerjaannya dan dapat memberikan inovasi pada cetakan serta bentuk yang lebih baik kualitasnya untuk studi kasus : spion pada sepeda motor.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada bagian ini dituliskan urutan dan sistematika penulisan yang dilakukan. Berikan ringkasan mengenai isi masing-masing bab. Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini terdiri dari lima bab, yaitu :

1. BAB 1. Pendahuluan, yang berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan
2. Bab 2. Kajian pustaka dan teori-teori yang akan dipakai pada penggunaan metode ini.
3. Bab 3. Metodologi penelitian, berisikan alur penelitian, alat dan bahan yang digunakan untuk proses pembuatan *molding* atau cetakan dalam studi kasus : spion pada sepeda motor.
4. Bab 4. Proses Pengerjaan dan Hasil Pembahasan, berisikan pembuatan desain cetakan, pembahasan proses pembuatan produk serta hasil pengujian cetakan menggunakan metode *vacuum infusion*.
5. Bab 5. Kesimpulan dan saran, berisikan kesimpulan dari hasil pembuatan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Kajian Pustaka yang pertama untuk digunakan sebagai dasar dalam penelitian ini berjudul “Pemanfaatan Teknologi *3D Printing* Dalam Proses Desain Produk Gaya Hidup” oleh (Putra & Sari, 2018). dalam penelitian ini membahas tentang penggunaan mesin *3D Printing* untuk pemanfaatan pemenuhan gaya hidup manusia sehari-hari.

Kajian Pustaka yang kedua untuk digunakan sebagai dasar dalam penelitian ini berjudul “*An Assessment of Additive Manufactured Molds For Hand Laid Fiber Reinforcement Composites*” oleh (Sudbury, T. Z., Springfield, R., Kunc, V., & Duty, C, 2017). Dalam penelitian ini membahas tentang perbandingan tahapan pada proses pembuatan cetakan menggunakan *master fiberglass mold* dan *master 3D printing* dengan bahan *ABS*. didapatkan hasil bahwa menggunakan *master 3D printing* lebih mempersingkat tahapan pada proses pembuatan cetakan dan hasil cetakan dan produk yang maksimal.

Kajian Pustaka yang ketiga untuk digunakan sebagai dasar dalam penelitian ini berjudul “*Mechanical Properties Limbah Plastik*” oleh (Yani et al., 2019) dalam penelitian ini membahas tentang rekayasa material yaitu komposit resin epoxy yang diperkuat serat plastik. Serat plastik yang digunakan menggunakan limbah cup minuman jenis polypropelen dari pengepul. Limbah cup plastik dipotong-potong sampai ukuran serat. rasio antara serat dan resin adalah 0,25%:99,55%; 0,5%:99,5% dan 0,75%:99,25%. Spesimen uji dibuat dengan cara penuangan ke dalam cetakan menurut ASTM D1621-00 dan selanjutnya dilakukan pengujian kekuatan tekan statik. Dari hasil pengujian tekan statik dan analisa data dengan cara perhitungan pada 4 buah spesimen uji, dengan rasio komposisi serat : resin = 0,25% : 99,75% diperoleh nilai rata-rata tegangan sebesar 44,59 MPa, komposisi serat : resin = 0,5% : 99,5% diperoleh nilai tegangan sebesar 17,04 MP. dan komposisi serat : resin = 0,75% : 99,25% diperoleh nilai tegangan sebesar 12,26 MPa.

Kajian Pustaka yang keempat untuk digunakan sebagai dasar dalam penelitian ini berjudul “ *Vacuum infusion equipment design and the influence of reinforcement layers addition to the resin infusion time* “ oleh (Saputra & Setyarso, 2016) dalam penelitian ini membahas tentang pengaruh penambahan lapisan penguat terhadap waktu infus resin diperlukan. Peralatan yang digunakan untuk proses vakum yang dirancang terdiri dari : 1x1m kaca sebagai cetakan, 1L PVC tube untuk wadah resin, 1L glass tube untuk perangkap resin, dan pompa vakum HP dengan kecepatan vakum 7 CFM. Resin yang digunakan dalam penelitian ini adalah unsaturated polyester resin (UPR) dan serat yang digunakan sebagai penguat adalah fiber glass. Hasil penelitian bahwa semakin banyak jumlah lapisan penguat, semakin lama waktu infus resin. Waktu infus resin (dalam detik) dari dua hingga enam lapisan masing-masing untuk area 15x20cm adalah: 88, 115, 145, 174, 196; untuk luas 15x25cm adalah : 119, 142, 168, 198, 235; dan untuk luas 15x35cm adalah : 181, 203, 235, 263, 303. Lapisan tulangan maksimum yang dapat ditampung untuk setiap luasan 15x20cm, 15x25cm, dan 15x35cm berturut-turut adalah 31 lapisan, 29 lapisan, dan 25 lapisan.

2.2 Dasar Teori

2.2.1. 3D Printing

3D printing Fused Filament Fabrication (FFF) merupakan suatu proses aditif dalam satu waktu untuk membentuk suatu produk lapis demi lapis untuk menghasilkan produk. Teknologi dalam *3D Printing Fused Filament Fabrication* (FFF) mempunyai berbagai macam bentuk dengan manfaat dan keterbatasan sesuai dengan kebutuhan. Kelebihan dari mesin *3D printing Fused Filament Fabrication* (FFF) adalah verifikasi pembuatan dalam pengembangan prototipe dan lebih akurat dengan bagian volume produksi yang rendah, tetapi terdapat kelemahan dalam penggunaan mesin *3D Printing Fused Filament Fabrication* (FFF) yaitu ketidakmampuan menghasilkan prototipe atau produk dengan sifat material yang setara dengan yang dibuat menggunakan *3D printing Fused Filament Fabrication* (FFF) (Putra & Sari, 2018).



Gambar 2.1 Mesin 3D Printing *Fused Filament Fabrication* (FFF)

2.2.2. *Molding* atau Cetakan

Molding atau cetakan adalah alat bantu yang digunakan dalam mencetak material atau produk dalam industri manufaktur (Budi Pratiknyo, 2012). Pada umumnya cetakan diisi dengan material cair seperti plastik, gelas, logam atau cairan lainnya yang nantinya akan mengeras sesuai dengan bentuk rongga di dalam cetakan. Beberapa tipe cetakan diantaranya adalah *injection molding*, *compression molding*, *transfer molding*, *extrusion molding*, *blow molding*, *rotational molding*, *reaction injection molding*, *laminating*, *vacuum assisted resin transfer molding* (VARTM), dan jenis lainnya dengan berbagai macam proses dan metode pembuatannya sesuai dengan kebutuhannya masing masing

Dalam penelitian ini metode yang dipakai adalah metode *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding* (VARTM) yang merupakan proses pembuatan komposit polimer dengan metode cetakan tertutup dimana resin dihisap oleh pompa vakum untuk masuk kedalam melalui selang dari pot resin dan mengalir ke cetakan yang sebelumnya telah diisi dengan *fiberglass* acak.

Dalam proses *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding* (VARTM) khususnya pada pembuatan cetakan cetakan dapat dibuat menggunakan bahan *fiberglass* acak. Terdapat kekurangan pada proses ini yaitu membutuhkan waktu yang cukup lama pada proses pembuatan cetakan serta kualitas pembentukan kurang maksimal dan tidak dapat menambahkan fitur fitur yang diperlukan pada proses *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding* (VARTM). Hasil pengujian

menggunakan *fiberglass* acak sebanyak 6 lapis menunjukkan bahwa hasil cetakan menggunakan bahan *3D printing Fused Filament Fabrication* (FFF) dengan bahan *ABS* memiliki keuntungan dibandingkan *fiberglass* acak karena cetakan menggunakan bahan *fiberglass* acak membutuhkan waktu berminggu minggu untuk menyelesaikannya serta kualitas yang kurang maksimal dibandingkan dengan cetakan berbahan *3D printing Fused Filament Fabrication* (FFF) (Sudbury et al., 2017).

2.2.3. Komposit

Komposit merupakan metode penggabungan antara dua material atau lebih untuk menghasilkan produk yang lebih bernilai dan berkualitas. Biasanya pencampuran material komposit yaitu antara pengisi dan matrik yang terdiri dari berbagai macam kombinasi. Bagian pengisi terdiri dari berbagai macam serat atau partikel kecil. Dengan adanya perbedaan dari material penyusunnya maka komposit antar material harus berikatan dengan kuat, sehingga perlu adanya penambahan *wetting agent* (Yani et al., 2019).

Kelebihan komposit khususnya dalam penelitian ini yaitu kemampuan material yang dapat dibentuk sesuai yang diharapkan. Kelebihan lainnya yaitu material yang kuat ringan, dan tahan korosi sehingga material komposit cocok digunakan untuk penelitian ini. Selain kelebihan terdapat kekurangan dari komposit yaitu kurang elastis pada saat proses pencampuran matrik selesai dilakukan dan bersifat getas (Wardani, 2015).

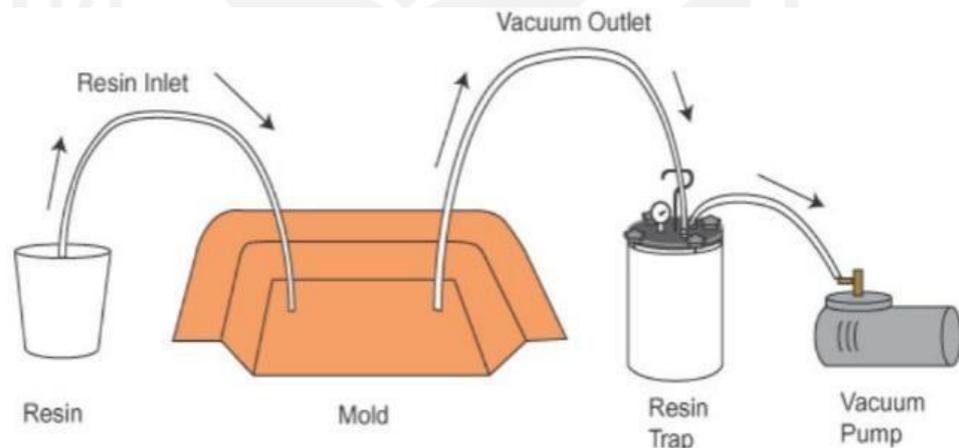
2.2.4. Vacuum Infusion

Vacuum Infusion merupakan salah satu metode pengerjaan komposit dengan memanfaatkan kevakuman udara dengan memanfaatkan *vacuum plastic bag* yang direkatkan dengan *sealant tape* untuk mengurung udara dan mencetak komposit yang dibantu dengan resin dan katalis. *Vacuum Infusion* merupakan salah satu metode pembuatan komposit modern dan mempunyai kekuatan yang lebih baik dibanding metode *hand lay up* (Schuster et al., 2015).

Metode *Vacuum Infusion* dilakukan dengan merekatkan *vacuum plastic bag*, pipa, selang spiral dan produk dengan *sealant tape* dan dihisap menggunakan pompa vakum hingga udara dalam *vacuum plastic bag* tersedot dan membentuk sesuai bentuk yang diinginkan kemudian memasukkan resin kedalam

cetakan dengan bantuan pompa vakum. Proses distribusi resin dengan menggunakan metode *vacuum infusion* dapat meminimalisir *void* sehingga dapat dialirkan secara merata dan meningkatkan sifat mekanik dari komposit itu sendiri. Dalam pengerjaan metode *vacuum infusion* durasi perlu diperhatikan karena campuran perekat yang membuat resin mudah mengeras yang dapat membuat resin terhambat sehingga proses *vacuum infusion* harus dilakukan seefisien mungkin pada saat memasukkan resin kedalam cetakan.

Metode *fiberglass mold* memiliki kekurangan yaitu cenderung memiliki rongga udara di dalamnya karena udara yang terperangkap selama proses pembuatan sehingga proses pencetakan tidak maksimal sehingga metode *vacuum infusion* menjadi pengganti metode tersebut. Permasalahan yang dihadapi pada saat proses *vacuum infusion* adalah Ketika waktu infus resin menjadi lebih lama karena penambahan penguat lapisan. Sehingga perpaduan antara campuran dengan resin harus sesuai dengan kebutuhan. Untuk mengatasi masalah ini terdapat penelitian yang mengamati pengaruh terhadap waktu infus resin diperlukan (Saputra & Setyarso, 2016).



Gambar 2.2 Metode *Vacuum Infusion*

Dapat dilihat pada Gambar 2.2 terdapat panah yang menunjukkan skema aliran resin pada saat di infus oleh mesin *vacuum pump*. Tekanan yang terdapat dalam *vacuum pump* lebih rendah dibanding tekanan diluar atau tekanan atmosfer. Proses tersebut yang membuat komposit lebih mudah dibentuk sesuai yang diinginkan.

Keunggulan serta manfaat dari proses *vacuum infusion* adalah manusia tidak banyak campur tangan dalam prosesnya dan manusia hanya menyiapkan dan memantau kinerja alat tersebut.

2.2.5. Matrik

Matrik merupakan salah satu bahan komposit yang terbesar yang bertujuan untuk meningkatkan sifat mekaniknya. Harapan dari matrik sebagai bahan utama yaitu dapat meningkatkan *reinforcement* dengan baik. Matrik pada umumnya berbahan sintesis. Bahan komposit yang biasa digunakan untuk proses komposit polimer berpenguat serat dikelompokkan menjadi dua diantaranya :

1. *Thermoset*

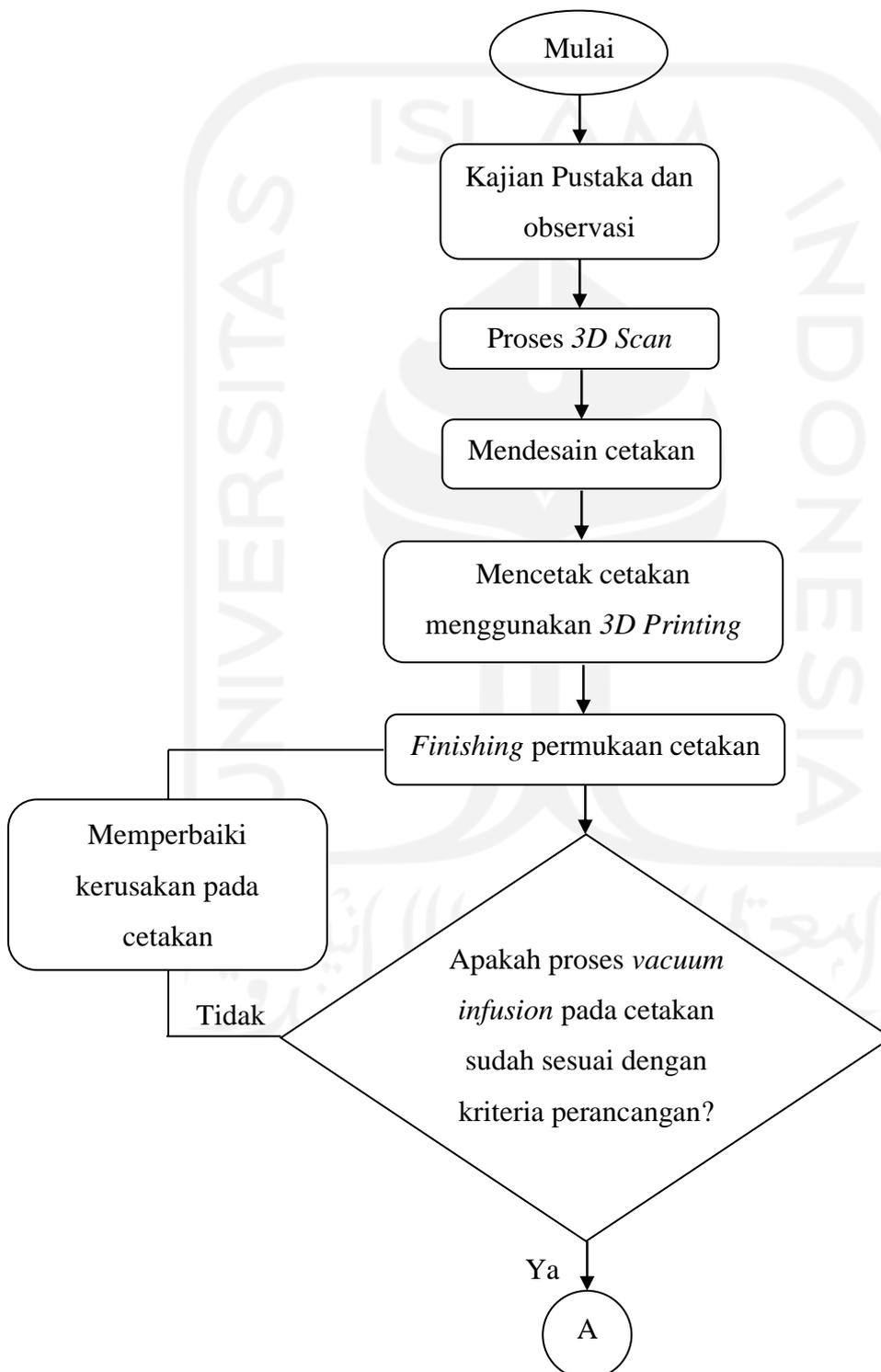
Polimer yang tidak dapat mengikuti perubahan suhu merupakan *Thermoset*. Apabila terjadi proses pengerasan pada polimer maka polimer tersebut tidak dapat dilunakkan kembali. Proses yang dapat menyebabkan kerusakan pada polimer biasanya dapat membentuk arang dan terurai apabila dipanaskan dengan suhu tinggi. Contoh dari polimer *thermoset* adalah resin *epoxy* dan *polyester*.

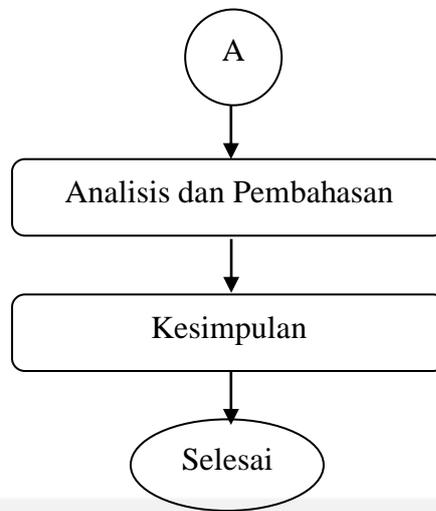
2. *Thermoplastic*

Pada umumnya *thermoplastic* merupakan bahan yang digunakan untuk penguat plastik. Plastik jenis ini memiliki kestabilan struktur kimia yang relatif rendah karena memiliki ikatan linear dengan monomer – monomer penyusunnya. *Thermoplastic* dapat mengikuti perubahan suhu dan minim mengalami kerusakan. Contoh dari *thermoplastic* yaitu resin *polyethylene* (PE), resin *polystyrene* (PS), dan resin *polypropylene* (PP).

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian





Gambar 3.1 Alur Penelitian

3.2 Peralatan dan Bahan

Dalam Penelitian ini terdapat dua perangkat yang digunakan yaitu perangkat keras dan perangkat lunak. Untuk perangkat lunak menggunakan Laptop yang berfungsi untuk mendesain dan membuat *gcode 3D printing Fused Filament Fabrication (FFF)* untuk proses pencetakan *molding*. Untuk perangkat keras yang digunakan dapat dilihat seperti berikut :

1. Pompa Vakum

Pompa Vakum yang digunakan adalah merk Krisbow dengan tenaga $\frac{1}{2}$ HP. Fungsi pompa vakum adalah menghisap udara pada saat proses *vacuum infusion* dilakukan. Bentuk pompa vakum dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Pompa Vakum

2. Tabung *Reservoir (Catch Pot)*

Tabung *Reservoir (Catch Pot)* mempunyai 2 *input*. *Input 1* berfungsi untuk menampung sisa resin saat resin mengisi cetakan yang sudah di vakum dan mencegah sisa resin masuk dan merusak pompa, sedangkan *input 2* berfungsi

untuk membaca tekanan saat melakukan proses vakum. Bentuk Tabung *Reservoir* (*Catch Pot*) dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Tabung *Reservoir* (*Catch Pot*)

3. Timbangan

Timbangan adalah alat untuk mengukur berat resin dan katalis untuk digunakan pada saat proses vakum. Bentuk Timbangan dapat dilihat pada gambar

3.4.



Gambar 3.4 Timbangan

4. *Vacuum Plastic Bag*

Vacuum Plastic Bag berfungsi sebagai wadah diletakkannya cetakan *3D printing Fused Filament Fabrication* (FFF) komposit yang akan dilakukan proses *vacuum infusion*. Fungsi lainnya yaitu untuk mencegah udara keluar masuk pada saat proses *vacuum infusion*. Bentuk dari *Vacuum Plastic Bag* dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 *Vacuum Plastic Bag*

5. *Kain Strimmin*

Kain Strimmin berfungsi sebagai media untuk membantu menyebarkan resin dan katalis agar dapat berjalan dengan lancar dan sesuai dengan bentuk produk. Bentuk dari *Kain Strimmin* dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 *Kain Strimmin*.

6. *Peel Ply*

Peel Ply berfungsi sebagai pembatas antara *Kain Strimmin* dengan *fiberglass* acak dan memudahkan untuk pelepasan produk dari cetakan. Bentuk dari *Peel Ply* dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 *Peel Ply*

7. Selang

Selang berfungsi untuk mengalirkan resin dari wadah ke dalam *vacuum plastic bag* dan membantu mengalirkan resin dan katalis dari *vacuum plastic bag* menuju *reservoir trap*. Jenis selang yang digunakan adalah diameter 8 mm dan 10 mm. Bentuk dari selang dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Selang

8. Selang Spiral

Kegunaan dari Selang spiral yaitu untuk membantu mengalirkan resin dan katalis ke dalam cetakan dan menyalurkan aliran tekanan dari *vacuum pump*. Bentuk dari selang spiral dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Selang Spiral

9. *Sealant Tape*

Sealant Tape berfungsi untuk merekatkan *vacuum plastic bag* pada saat proses *vacuum infusion*. Tujuannya untuk menghalangi udara keluar masuk pada saat proses *vacuum infusion*. Bentuk dari *Sealant Tape* dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 *Sealant Tape*

10. Resin dan Katalis

Resin berfungsi sebagai matriks atau pengikat *fiberglass* acak agar menjadi kaku. Sedangkan katalis berfungsi sebagai campuran resin untuk mempercepat proses reaksi menjadi kering. Bentuk dari Resin dan Katalis dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Resin dan Katalis

11. *Polyactic Acid* (PLA)

Polyactic Acid (PLA) berfungsi sebagai bahan untuk pembuatan cetakan produk. Bentuk dari *Polyactic Acid* (PLA) dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 *Polyactic Acid* (PLA)

12. Serat *Fiberglass* acak

Serat *fiberglass* acak pada penelitian ini berfungsi sebagai prototipe produk dalam media cetakan. Serat *fiberglass* acak yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 Serat *Fiberglass* acak

13. Isolasi Kertas

Isolasi Kertas berfungsi untuk membantu merekatkan selang, selang spiral, dan kain *strimmin* agar tidak bergeser dan tetap di tempat pada saat proses *vacuum infusion* serta membantu merekatkan selang setelah proses *vacuum infusion* selesai agar *vacuum plastic bag* tidak memasukkan ataupun mengeluarkan udara. Isolasi Kertas yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14 Isolasi Kertas

14. *Molding Release Wax*

Molding Release Wax berfungsi untuk membantu mengeluarkan *fiberglass* acak dari cetakan. *Molding Release Wax* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.15.



Gambar 3.15 *Molding Release Wax*.

15. Dempul dan *Hardener*

Dempul berfungsi untuk menghaluskan permukaan cetakan sehingga prototype produk yang dihasilkan lebih halus dan lebih rapi. Fungsi lainnya yaitu

untuk memperkuat cetakan sehingga tidak mudah rusak. Sedangkan *Hardener* berfungsi untuk mempercepat proses reaksi pengeringan Dempul. Dempul dan *Hardener* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.16 dan Gambar 3.17.



Gambar 3.16 Dempul



Gambar 3.17 Hardener

16. Amplas

Amplas berfungsi untuk menghaluskan dan merapikan hasil dempul dan prototipe produk setelah kering. Jenis Amplas yang digunakan untuk penelitian ini yaitu amplas bulat (80 & 120) dan amplas persegi tipe (280, 400, 800, 1000, & 2000). Bentuk dari Amplas bulat dan Amplas Persegi dapat dilihat pada Gambar 3.18 dan Gambar 3.19.



Gambar 3.18 Amplas Bulat Tipe 80 & 120



Gambar 3.19 Amplas Persegi Tipe (280, 400, 800, 1000, & 2000)

17. Gelas Plastik

Gelas Plastik berfungsi sebagai wadah resin dan katalis. Bentuk dari Gelas Plastik dapat dilihat pada gambar 3.20.



Gambar 3.20 Gelas Plastik

18. Stik Eskrim

Stik Eskrim berfungsi untuk mengaduk resin dan katalis pada saat proses pencampuran keduanya. Bentuk dari stik eskrim dapat dilihat pada gambar 3.21.



Gambar 3.21 Stik Eskrim

19. Alat *3D Scan*

Alat *3D Scanner* yang digunakan adalah *3D Scanner* bermerk *Sense Pro*. Alat ini memiliki spesifikasi volume pemindaian minimal 200 mm x 200 mm x 200 mm dan maksimal 2000 x 2000 x 2000 mm dengan rentang operasi minimal 450 mm, maksimal 1600 mm dan bidang pandang horizontal 45° , vertikal 57,5° dan diagonal 69° . Bentuk dari alat *3D Scan* dapat dilihat pada gambar 3.22.



Gambar 3.22 Alat *3D Scan*

20. Mesin *3D Print Fused Filament Fabrication (FFF)*

Mesin *3D Print Fused Filament Fabrication (FFF)* yang digunakan adalah mesin *3D Print Creality cr10s Pro*. Software yang digunakan mengikuti kebutuhan mesin *3D Print Creality cr10s Pro* tersebut.



Gambar 3.23 Mesin 3D Print *Fused Filament Fabrication* (FFF)

21. Alat Putar Otomatis

Alat Putar Otomatis digunakan untuk membantu memindai produk pada saat proses *scanning* dengan cara memutar produk. Bentuk dari alat putar otomatis dapat dilihat pada gambar 3.24.



Gambar 3.24 Alat Putar Otomatis

BAB 4

PROSES Pengerjaan dan Hasil Pembahasan

4.1 Pembuatan Desain Cetakan

Cetakan memiliki fungsi utama untuk mencetak material atau produk sesuai dengan kebutuhan. Terdapat beberapa tahapan dalam proses pembuatan cetakan menggunakan *master 3D Printing Fused Filament Fabrication* (FFF) salah satunya pembuatan desain cetakan. Dalam pembuatan desain cetakan diperlukan kriteria perancangan. Kriteria Perancangan merupakan suatu target yang ingin dicapai dalam penelitian ini. Berikut merupakan kriteria perancangan dari cetakan.

1. Cetakan dibuat menggunakan *master 3D printing Fused Filament Fabrication* (FFF) dengan filament *Polyactic Acid* (PLA).
2. Cetakan dapat digunakan berulang kali (minimal 4 kali).
3. Penyebaran resin secara merata tanpa menggunakan *vacuum block*.
4. Meminimalisir kegagalan produk ataupun cetakan dengan persentase kegagalan maksimal 25% pada saat proses *vacuum infusion*.

Setelah kriteria perancangan telah ditentukan maka diperlukan proses pemilihan produk, proses *scanning* dan proses desain cetakan yang akan dijelaskan dalam sub bab berikut.

4.1.1 Pemilihan Produk

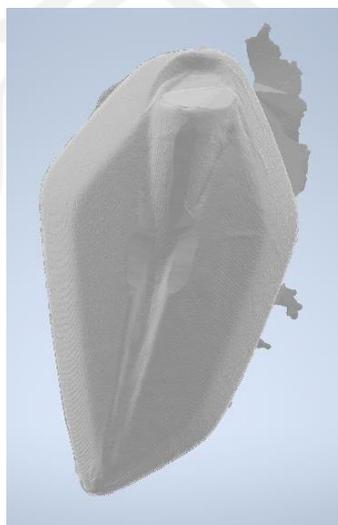
Proses pembuatan cetakan memiliki beberapa tahapan untuk proses pembuatannya yaitu diawali dengan pemilihan produk sebagai studi kasus untuk percobaan cetakan. Prototipe produk cetakan yang digunakan yaitu spion pada sepeda motor. Pemilihan prototipe produk spion dalam penelitian ini karena spion tidak memiliki sudut dibawah 90° sehingga memudahkan untuk proses pelepasan prototipe produk dan tidak merusak cetakan. Prototipe produk tersebut memiliki dimensi dan ukuran seperti pada gambar 4.1.



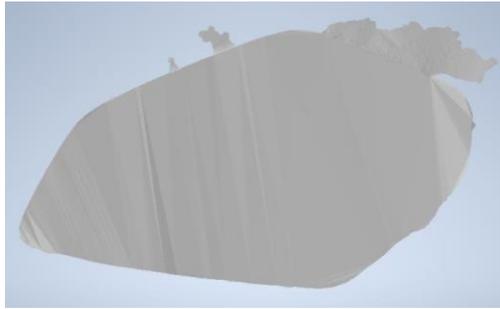
Gambar 4.1 Spion Sepeda Motor

4.1.2 Proses *Scanning*

Proses *scanning* digunakan untuk memindai bagian luar spion pada sepeda motor. Hasil *scanning* digunakan untuk proses pembuatan pola pada cetakan. Cara melakukan proses *scanning* adalah dengan melapisi spion sepeda motor dengan stiker berwarna putih. Setelah seluruh bagian luar spion terlapisi kemudian meletakkan spion pada tempat yang terang kemudian memulai memindai dengan alat *scanning* dengan sangat perlahan dari bagian depan spion menuju kebagian belakang spion dan kembali kebagian depan spion lagi menggunakan alat pemutar otomatis. Fungsi dari pengulangan dalam proses *scanning* adalah agar hasil *scanning* spion sepeda motor lebih maksimal. Hasil pada proses *scanning* dalam *software handy studio* di simpan dengan format STL untuk dilakukan proses desain cetakan. Berikut adalah gambar hasil proses *scanning* spion pada sepeda motor.



Gambar 4.2 Tampak atas hasil *scanning*



Gambar 4.3 Tampak bawah hasil *scanning*

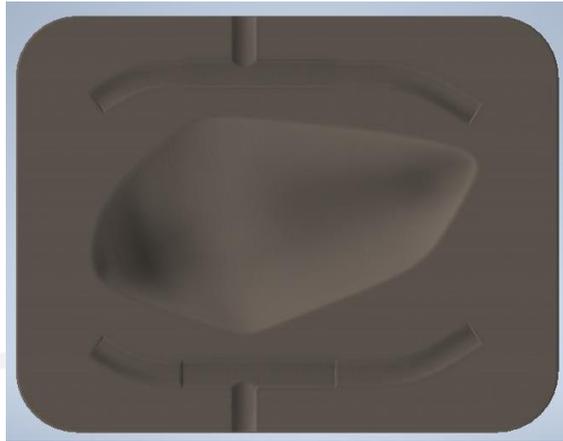


Gambar 4.4 Tampak samping hasil *scanning*

4.1.3 Proses Desain Cetakan

Proses desain cetakan dibuat menggunakan hasil dari proses *scanning* yang digunakan sebagai acuan dalam pembuatan pola pada cetakan. Cetakan yang dibutuhkan untuk membentuk suatu produk memiliki keunggulan diantaranya terdapat tempat selang dan selang spiral yang berfungsi untuk membantu menyebarkan resin secara merata dan memudahkan pada saat proses pemasangan selang dan selang spiral pada saat proses *vacuum infusion* sehingga memudahkan pengguna pada saat proses *vacuum infusion*.

Proses desain cetakan dibuat menggunakan *software Autodesk Inventor 2022*. Proses desain cetakan diawali dengan *import file* hasil *scanning* ke dalam *software Autodesk Inventor 2022* untuk melakukan desain ulang hasil *scanning*. Dalam desain cetakan terdapat fitur fitur yang dibutuhkan untuk memudahkan pada saat proses *vacuum infusion* seperti tempat selang dan selang spiral. Desain dibuat seefisien mungkin untuk mengurangi penggunaan filamen *3D printing Fused Filament Fabrication (FFF)* dan mengurangi waktu pengerjaan pada *3D print Fused Filament Fabrication (FFF)*. Ukuran cetakan yaitu sebesar 170 x 220 x 38,97 mm dan tebal 5 mm.



Gambar 4.5 Tampak atas desain cetakan



Gambar 4.6 Tampak samping desain cetakan



Gambar 4.7 Tampak belakang desain cetakan

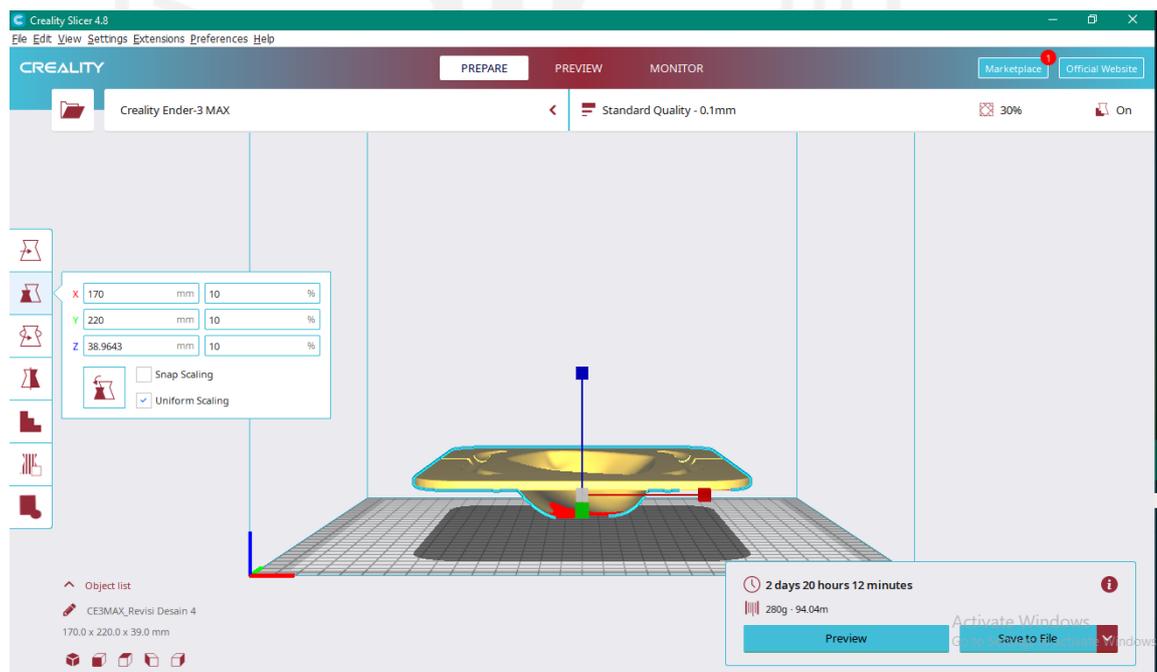
4.2 Proses Pembuatan Cetakan

Setelah pembuatan desain cetakan selesai proses selanjutnya adalah pembuatan cetakan menggunakan *3D printing Fused Filament Fabrication* (FFF). Setelah proses *3D printing Fused Filament Fabrication* (FFF) selesai langkah selanjutnya yaitu proses *finishing* cetakan untuk menghaluskan permukaan cetakan yang akan dijelaskan dalam sub bab berikut.

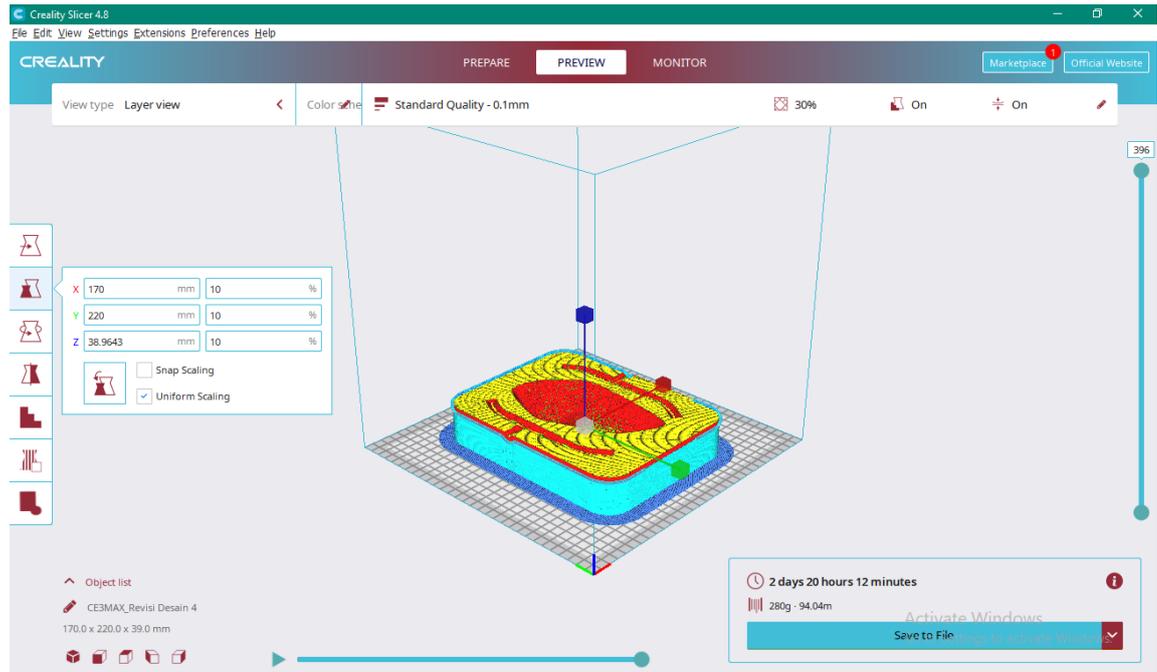
4.2.1 Proses 3D Printing Fused Filament Fabrication (FFF)

Proses 3D Printing Fused Filament Fabrication (FFF) digunakan sebagai *master* dalam pembuatan cetakan. Penggunaan 3D Printing Fused Filament Fabrication (FFF) sebagai *master* dalam pembuatan cetakan karena mempersingkat tahapan dalam proses pembuatan serta dapat memproduksi produk dengan ukuran yang besar dengan skala produksi kecil. Filamen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Polyactic Acid* (PLA) karena filamen ini sering digunakan pada proses 3D printing Fused Filament Fabrication (FFF) dan proses pembuatan yang mudah. Proses 3D printing Fused Filament Fabrication (FFF) diawali dengan pembuatan desain cetakan kemudian di *export* dengan format STL untuk digunakan di aplikasi *creality slicer 4.0*.

Langkah selanjutnya yaitu pembuatan parameter 3D printing Fused Filament Fabrication (FFF). Parameter 3D printing Fused Filament Fabrication (FFF) yang digunakan yaitu jenis *infill grid* dan *infill density* sebesar 30%, *nozzle printing temperature* 230 °C, *Build Template Temperature* 60 °C, *Printing speed* 50 mm/s dan *support density* 10% jenis *infill grid* dan *infill density* sebesar 30%. Untuk detail parameter dan proses pengerjaan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.8 Hasil desain setelah di convert ke STL untuk pembuatan parameter di *Creality Slicer 4.0*

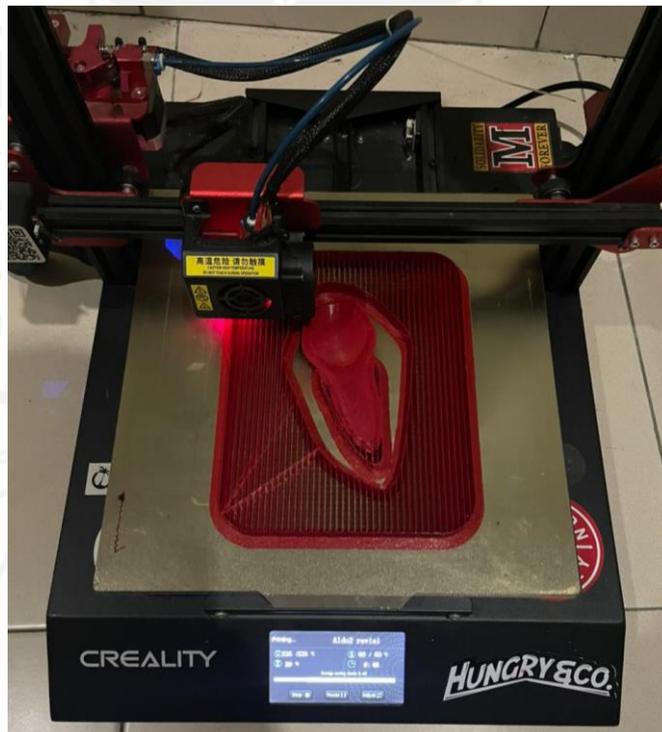


Gambar 4.9 Hasil penentuan parameter *3D Printing Fused Filament Fabrication* (FFF) menggunakan aplikasi *Creality Slicer 4.0*

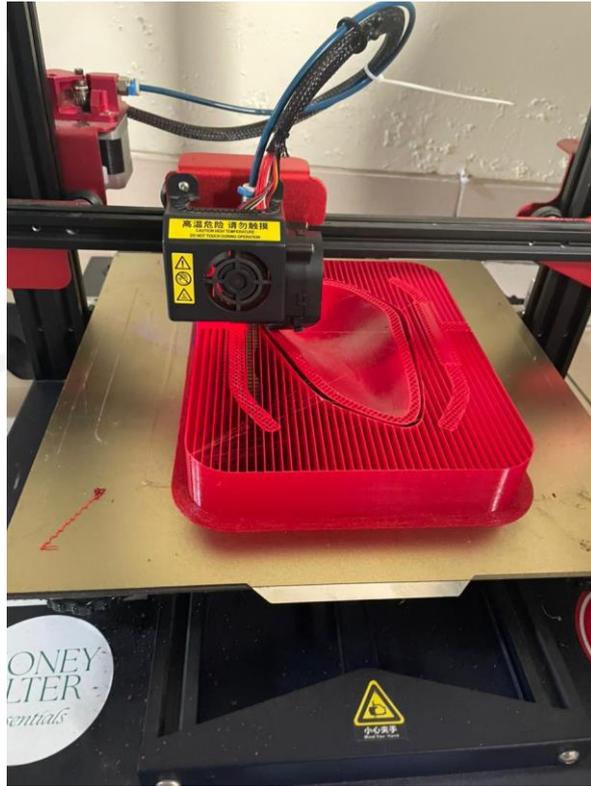
Setelah menentukan parameter *3D printing Fused Filament Fabrication* (FFF) maka proses selanjutnya adalah proses *3D printing Fused Filament Fabrication* (FFF). Proses *3D printing Fused Filament Fabrication* (FFF) menggunakan mesin *Creality CR 10S Pro*. Berikut merupakan proses pembuatan cetakan menggunakan *master 3D Print Fused Filament Fabrication* (FFF).



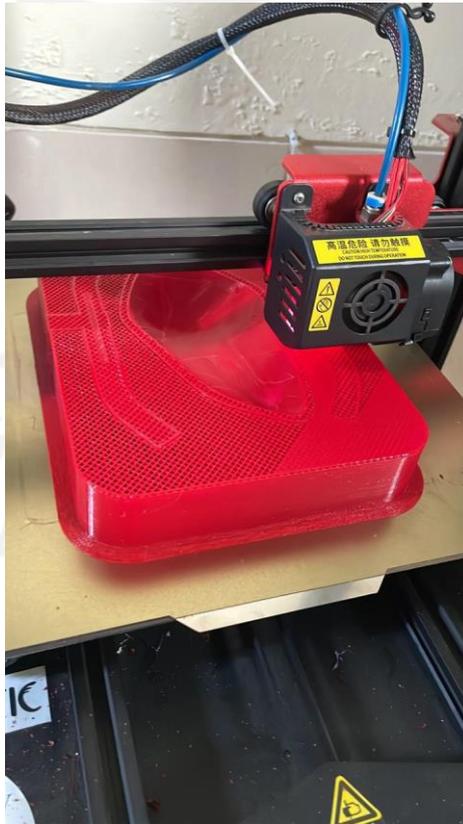
Gambar 4.10 Proses 3D printing *Fused Filament Fabrication* (FFF) 1



Gambar 4.11 Proses 3D printing *Fused Filament Fabrication* (FFF) 2



Gambar 4.12 Proses 3D printing *Fused Filament Fabrication* (FFF) 3



Gambar 4.13 Proses 3D printing *Fused Filament Fabrication* (FFF) 4



Gambar 4.14 Hasil *3D printing Fused Filament Fabrication (FFF)*

4.2.2 Proses *Finishing* Cetakan

Proses *finishing* diperlukan karena hasil dari *3D printing Fused Filament Fabrication (FFF)* mempunyai permukaan yang tidak halus sehingga diperlukan proses *finishing*. Proses *finishing* menggunakan dempul dengan jenis dempul plastik. Proses dempul dilakukan sebanyak 3 kali sampai lapisan paling atas dempul menjadi halus dan dapat digunakan untuk mencetak produk. Berikut merupakan gambar hasil pendempulan cetakan.



Gambar 4.15 Proses *finishing* menggunakan dempul



Gambar 4.16 Hasil *finishing*

4.3 Proses Pengujian Cetakan

Dalam proses pengujian cetakan diperlukan proses *vacuum infusion* untuk proses pengujian pada cetakan. Setelah hasil *vacuum infusion* selesai diperlukan proses *finishing* pada produk untuk merapikan *fiberglass* acak yang berlebih pada produk. Proses *vacuum infusion* dilakukan sebanyak 4 kali untuk mengetahui kelayakan pada cetakan sesuai dengan kriteria perancangan yang telah ditentukan.

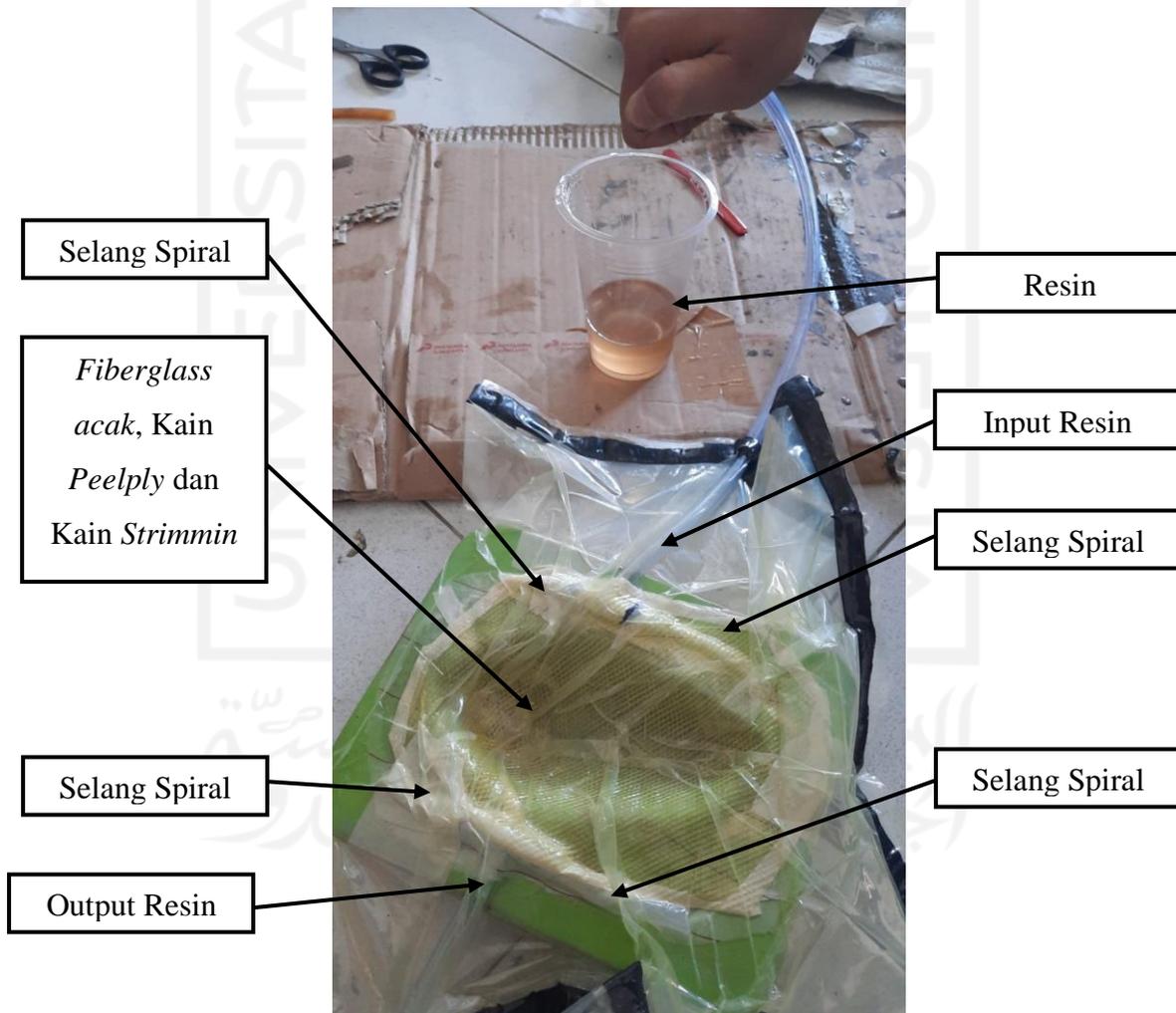
4.3.1 Proses Vacuum Infusion

Proses *Vacuum Infusion* merupakan salah satu metode pengerjaan komposit dengan memanfaatkan kevakuman udara dengan memanfaatkan *vacuum plastic bag* yang direkatkan dengan *sealant tape* untuk mengurung udara dan mencetak komposit yang dibantu dengan resin dan katalis. Dalam penelitian ini proses *vacuum infusion* dilakukan sebanyak empat kali yang bertujuan untuk mengetahui apakah cetakan dapat digunakan berulang kali dalam proses ini serta dapat mengetahui apakah terdapat kerusakan pada cetakan saat dilakukan proses *vacuum infusion*.

Proses *vacuum infusion* cetakan spion dengan menggunakan alat pompa vakum dan tabung reservoir (*catch pot*) diawali dengan pemotongan bahan *fiberglass* acak sebanyak 4 lapis karena dalam proses pembuatan produk hanya digunakan sebagai prototipe dalam pengujian cetakan dan tidak ada pengaruh signifikan dalam lapisan yang digunakan dalam proses *vacuum infusion* kemudian penggunaan *kain peelply* dan *kain strimmin* masing masing 1 lapis sesuai dengan bentuk cetakan. Langkah selanjutnya yaitu pemotongan selang dan selang spiral sesuai dengan tempat selang dan selang spiral pada cetakan untuk nantinya dipasang pada saat proses infus resin. Langkah selanjutnya adalah proses pembentukan *fiberglass* acak dengan cara dipotong sesuai dengan bentuk cetakan spion. Proses terakhir pada pencetakan produk yaitu menggabungkan komposisi menjadi satu di dalam *vacuum plastic bag* setelah itu ditutup dan dilakukan proses tes kebocoran kemudian proses infus resin. Komposisi resin yang digunakan yaitu dengan perbandingan 100 gram resin : 1 gram katalis. Selama proses infus resin dibutuhkan waktu dengan kisaran satu sampai satu setengah menit.



Gambar 4.17 Proses tes kebocoran pada *vacuum infusion*



Gambar 4.18 Proses infus resin

Beberapa aspek yang perlu diperhatikan untuk pengoptimalan proses *vacuum infusion* diantaranya :

1. Kebocoran pada saat proses *vacuum infusion*
2. Penempatan selang spiral
3. Pemilihan resin yang bersifat encer

4.3.2 Proses *Finishing* Produk

Dalam proses *finishing* produk dilakukan proses pemotongan, dan pengamplasan pada bagian sisi luar produk untuk merapikan *fiberglass* acak yang berlebih pada produk.



Gambar 4.19 Hasil produk sebelum proses *finishing*



Gambar 4.20 Hasil produk setelah proses *finishing*

4.4 Hasil Pengujian

Proses Pengujian dilakukan dengan cara membuat prototipe produk spion motor. menggunakan cetakan yang telah dibuat menggunakan proses *vacuum infusion*. Langkah pengujian dilakukan sesuai dengan yang telah dijelaskan pada bab 4.3. Cetakan dinyatakan berhasil apabila telah memenuhi kriteria perancangan yang telah ditentukan.

4.4.1 Pengujian 1

Dalam pengujian pertama resin yang digunakan menyebar sesuai dengan alur *strimmin* dan selang spiral karena *vacuum plastic bag* yang berwarna transparan sehingga dapat terlihat pada saat proses infus resin serta hasil produk pada sisi luar tidak ditemukan *fiberglass* acak yang tidak terisi resin kemudian resin tidak menempel pada cetakan setelah resin mengeras kemudian pada *vacuum plastic bag* tidak ditemukan kebocoran dan *sealant tape* tidak mengotori cetakan tetapi pada proses pelepasan prototipe produk cukup sulit karena kurangnya *molding release wax* pada cetakan pada saat proses *vacuum infusion*.



Gambar 4.21 Hasil Pengujian Pertama pada Cetakan



Gambar 4.22 Hasil Produk pertama

Pada hasil *vacuum infusion* pertama terdapat permasalahan yaitu kurangnya pemberian *molding release wax* pada cetakan pada saat proses *vacuum infusion* karena percobaan baru dilakukan pertama kali dan dirasa sesuai dengan yang dibutuhkan. Berdasarkan masalah yang ditemukan dilakukan solusi yaitu memperbanyak penggunaan *molding release wax* pada cetakan pada saat proses *vacuum infusion* agar mempermudah pelepasan prototipe produk.

4.4.2 Pengujian 2

Dalam pengujian kedua resin yang digunakan menyebar sesuai dengan alur *strimmin* dan selang spiral karena *vacuum plastic bag* yang berwarna transparan sehingga dapat terlihat pada saat proses infus resin serta hasil produk pada sisi luar tidak ditemukan *fiberglass* acak yang tidak terisi resin kemudian resin tidak menempel pada cetakan setelah resin mengeras kemudian pada *vacuum plastic bag* tidak ditemukan kebocoran dan *sealant tape* tidak mengotori cetakan. Hasil prototipe produk mudah dilepas karena pemberian *molding release wax* dilebihkan.



Gambar 4.23 Hasil pengujian kedua pada cetakan



Gambar 4.24 Hasil produk kedua

4.4.3 Pengujian 3

Dalam pengujian ketiga resin yang digunakan menyebar sesuai dengan alur *strimmin* dan selang spiral karena *vacuum plastic bag* yang berwarna transparan sehingga dapat terlihat pada saat proses infus resin serta hasil produk pada sisi luar tidak ditemukan *fiberglass* acak yang tidak terisi resin kemudian resin tidak menempel pada cetakan setelah resin mengeras kemudian pada *vacuum plastic bag* tidak ditemukan kebocoran dan *sealant tape* tidak mengotori cetakan tetapi terdapat kendala yaitu dempul yang terlepas dari cetakan dan melekat pada prototipe produk yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4.25 Hasil pengujian ketiga pada cetakan



Gambar 4.26 Hasil Produk Ketiga



Dempul melekat

Gambar 4.27 Dempul melekat pada produk ketiga

Dalam pengujian *vacuum infusion* ketiga ditemukan permasalahan yaitu dempul terlepas karena proses *vacuum infusion* komposit menimbulkan hawa panas dan kurangnya pemberian *molding release wax* sehingga dempul terlepas dari cetakan dan menempel pada prototipe produk.

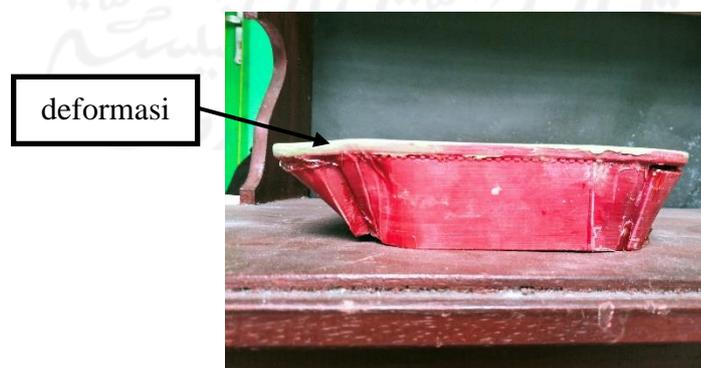
Berdasarkan masalah yang ditemukan dilakukan solusi yaitu melakukan proses dempul untuk memperbaiki cetakan dan memperbanyak penggunaan *molding release wax* pada cetakan pada saat proses *vacuum infusion* agar mempermudah pelepasan prototipe produk.

4.4.4 Pengujian 4

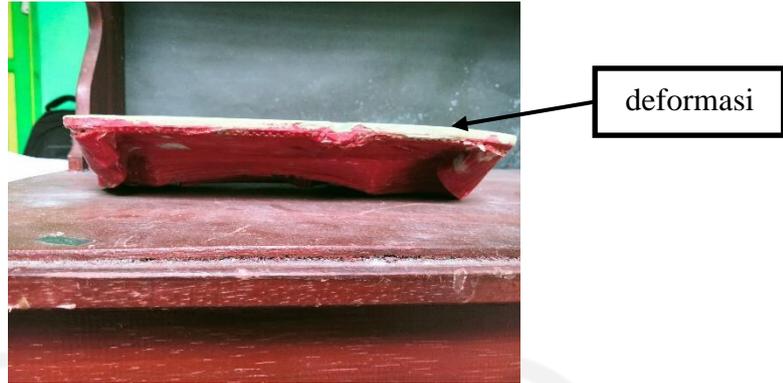
Dalam pengujian keempat resin yang digunakan menyebar sesuai dengan alur *strimmin* dan selang spiral karena *vacuum plastic bag* yang berwarna transparan sehingga dapat terlihat pada saat proses infus resin serta hasil produk pada sisi luar tidak ditemukan *fiberglass* acak yang tidak terisi resin kemudian dempul tidak menempel pada prototipe produk dan resin tidak menempel pada cetakan setelah resin mengeras kemudian pada *vacuum plastic bag* tidak ditemukan kebocoran dan *sealant tape* tidak mengotori cetakan tetapi terdapat kendala pada cetakan yaitu terjadi kerusakan kecil pada salah satu sudut cetakan karena mengikuti bentuk *vacuum plastic bag* pada saat proses *vacuum infusion*.



Gambar 4.28 Tampak depan hasil cetakan percobaan 4



Gambar 4.29 Tampak belakang hasil cetakan percobaan 4



Gambar 4.30 Tampak samping kiri hasil cetakan percobaan 4



Gambar 4.31 Tampak samping kanan hasil cetakan percobaan 4



Gambar 4.32 Hasil Produk keempat

Dalam pengujian *vacuum infusion* keempat ditemukan permasalahan yaitu pada cetakan yaitu terjadi kerusakan kecil pada salah satu sudut cetakan karena penggunaan *vacuum plastic bag* yang minim. Berdasarkan masalah yang ditemukan dilakukan solusi yaitu memperbesar ukuran *vacuum plastic bag* pada saat proses *vacuum infusion* agar tidak terjadi deformasi pada cetakan.

4.5 Pembahasan

Penelitian tentang proses pembuatan cetakan komposit dengan metode *vacuum infusion* telah mencapai target dan kriteria yang diinginkan seperti pada tabel 4.1. Pada proses pencapaian target dan kriteria penelitian tersebut banyak menemui masalah. Saat masalah diselesaikan maka kriteria penelitian juga ikut tercapai.

Tabel 4.1 Kriteria Perancangan Cetakan Spion Motor

No	Kriteria Cetakan	Hasil
1	Cetakan dibuat menggunakan <i>master 3D printing Fused Filament Fabrication</i> (FFF) berbahan <i>Polyactic Acid</i> (PLA)	Tercapai
2	Cetakan dapat digunakan secara berulang (minimal 4 kali)	Tercapai
3	Penyebaran resin secara merata tanpa menggunakan <i>vacuum block</i> .	Tercapai
4	Meminimalisir kegagalan produk ataupun cetakan dengan persentase kegagalan maksimal 25% pada saat proses <i>vacuum infusion</i> .	Tercapai

Setelah dilakukan proses *vacuum infusion* pada cetakan didapatkan hasil bahwa cetakan yang dibuat menggunakan *master 3D printing Fused Filament Fabrication* (FFF) dengan material *Polyactic Acid* (PLA) dapat digunakan. Hasil selanjutnya adalah cetakan dapat digunakan secara berulang minimal 4 kali dan dapat menyebarkan resin secara merata dalam proses *vacuum infusion*. Saat proses *vacuum infusion* ditemukan bahwa tidak terdapat kegagalan pada produk ataupun cetakan karena tidak terjadi kerusakan fatal seperti patah atau deformasi pada produk ataupun pada bagian pola cetakan.

Dalam penelitian ini kelebihan yang didapatkan dengan menggunakan cetakan *master 3D printing Fused Filament Fabrication* (FFF) adalah tidak menggunakan *vacuum block* pada saat proses *vacuum infusion* karena dalam cetakan terdapat tempat selang dan selang spiral untuk memudahkan pada saat

proses *vacuum infusion*. Kelebihan lainnya yaitu mempersingkat tahapan proses pembuatan cetakan karena pada pembuatan cetakan dengan metode *fiberglass mold* pada awal pembuatannya yaitu proses desain pola atau *master* dan membuat pola atau *master* kemudian proses mencetak cetakan menggunakan pola atau *master* yang dibuat. Setelah cetakan jadi maka proses selanjutnya yaitu proses *finishing* cetakan dan cetakan dapat digunakan, tetapi pada penelitian ini melewati proses pembuatan pola atau *master* sehingga alur pembuatan cetakan yaitu proses desain pola kemudian desain cetakan. Proses pembuatan cetakan menggunakan *master 3D printing Fused Filament Fabrication (FFF)* dan proses *finishing* pada cetakan sehingga mempersingkat tahapan dan proses pengerjaan pada pembuatan cetakan.



BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, hasil pengaplikasian pengujian cetakan komposit menggunakan *master 3D printing Fused Filament Fabrication* (FFF) dapat diketahui bahwa :

1. Pada penelitian ini telah berhasil membuat cetakan menggunakan *master 3D printing Fused Filament Fabrication* (FFF) dengan filamen *Polyactic Acid* (PLA) untuk studi kasus : spion pada sepeda motor.
2. Kemampuan pada cetakan setelah proses *vacuum infusion* berdasarkan kriteria perancangan telah tercapai, dengan kelebihan mempersingkat tahapan proses pembuatan cetakan dan tidak menggunakan *vacuum block* pada saat proses *vacuum infusion*.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

1. Pada proses *vacuum infusion*, *vacuum plastic bag* yang digunakan harus lebih besar agar tidak terjadi deformasi pada cetakan.
2. Pemberian *molding release wax* yang banyak sehingga produk mudah dilepaskan dan tidak merusak cetakan pada saat proses pelepasan produk.
3. Hasil dari sisi bagian dalam produk tidak memiliki bentuk sesuai yang diinginkan karena *vacuum plastic bag* terlipat lipatan dan penekanan yang kurang maksimal sehingga pembentukan produk tidak maksimal. Solusi dari permasalahan tersebut adalah membuat bagian atas cetakan menggunakan *master 3D printing Fused Filament Fabrication* (FFF) agar pembentukan produk lebih maksimal saat dilakukan proses *vacuum infusion*.
4. Membuat ruangan khusus untuk pengerjaan komposit yang disertakan meja untuk proses *vacuum infusion* untuk memudahkan dan tidak mengotori area sekitar pada saat proses *vacuum infusion*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurohman, K., & Marta, A. (2016). Kajian Eksperimental *Tensile Properties* Komposit Poliester Berpenguat Serat Karbon Searah Hasil Manufaktur *Vacuum Infusion* Sebagai Material Struktur Lsu. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 14(1), 61. <https://doi.org/10.30536/j.jtd.2016.v14.a2568>
- Budi Pratiknyo, Y. (2012). Penyiapan Sumber Daya Di Bidang Moulding Universitas Surabaya (UBAYA). https://www.ubaya.ac.id/2018/content/articles_detail/65/PENYIAPAN-SUMBER-DAYA-DI-BIDANG-MOULDING.html
- Putra, K. S., & Sari, U. R. (2018). Pemanfaatan Teknologi *3D Printing* Dalam Proses Desain Produk Gaya Hidup. Seminar Nasional Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi 2018, 1–6.
- Saputra, A. H., & Setyarso, G. (2016). *Vacuum Infusion Equipment Design And The Influence Of Reinforcement Layers Addition To The Resin Infusion Time*. *Iop Conference Series: Materials Science and Engineering*, 162(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/162/1/012015>
- Schuster, J., Kazmi, S. M. R., & Lutz, J. (2015). *Manufacturing And Testing Of Curved Fiber Composites Using Vacuum Assisted Resin Transfer Molding (Vartm)*. *ICCM INTERNATIONAL CONFERENCES ON COMPOSITE MATERIALS, 2015-July(Lm)*.
- Sudbury, T. Z., Springfield, R., Kunc, V., & Duty, C. (2017). *An Assessment Of Additive Manufactured Molds For Hand-Laid Fiber Reinforced Composites*. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90(5–8), 1659–1664. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9464-9>
- Wardani, D. K. (2015). Pengaruh Rasio Resin Dan Hardener *The Effect Of Resin And Hardener Ratio On The Mechanical Properties Of Composite Matrix Reinforced*. Tugas Akhir, 1–105.
- Yani, M., Suroso, B., & Rajali, R. (2019). *Mechanical Properties* Komposit Limbah Plastik. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 2(1), 74–83. <https://doi.org/10.30596/rmme.v2i1.3071>

LAMPIRAN

