

**PERANCANGAN *SOFT MOLD* YANG DIBUAT
MENGUNAKAN *FUSED FILAMENT FABRICATION*
BERMATERIAL *THERMOPLASTIC POLYURETHANE*
SEBAGAI PERBAIKAN PADA PROSES *VACUUM INFUSION***

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Teknik Mesin



Disusun Oleh :

Nama : Kemal Ali

No. Mahasiswa : 18525001

NIRM : 2018010005

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

2022

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PERANCANGAN *SOFT MOLD* YANG DIBUAT
MENGUNAKAN *FUSED FILAMENT FABRICATION*
BERMATERIAL *THERMOPLASTIC POLYURETHANE*
SEBAGAI PERBAIKAN PADA PROSES *VACUUM INFUSION***

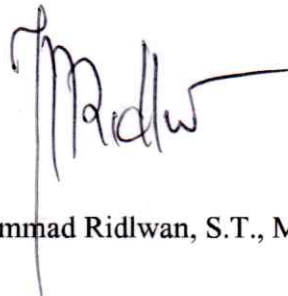
TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Kemal Ali
No. Mahasiswa : 18525001
NIRM : 2018010005

Yogyakarta, 15 Desember 2022

Pembimbing,



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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**PERANCANGAN *SOFT MOLD* YANG DIBUAT
MENGUNAKAN *FUSED FILAMENT FABRICATION*
BERMATERIAL *THERMOPLASTIC POLYURETHANE*
SEBAGAI PERBAIKAN PADA PROSES *VACUUM INFUSION***


TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :


Nama : Kemal Ali
No. Mahasiswa : 18525001
NIRM : 2018010005

Tim Penguji

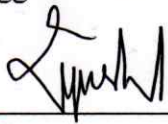
Muhammad Ridwan, S.T., M.T.
Ketua


Tanggal : 10-1-2023

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


Tanggal : 5-01-2023


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


Tanggal : 5-01-2023

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin




Dr. H. Muhammad Khafid, S.T., M.T., IPP

PERNYATAAN KEASLIAN

Penulis dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiasi atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib yang berlaku di Universitas Islam Indonesia

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak dipaksakan.

Yogyakarta, 15 Desember 2022



Kemal Ali

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya yang telah memberikan segala nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini saya persembahkan :

Untuk kedua orang tua saya bapak Bintoro dan ibu Rina Suharni yang senantiasa memberikan doa dan dukungan limpahan kasih sayang. Dan semoga Allah SWT selalu melindungi dan membalas beribu kebaikan bapak dan ibu.

Kepada bapak Muhammad Ridlwan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing, penguji, dan dosen pengajar yang selama ini telah membimbing, membantu, dan ikhlas dalam memberikan ilmunya. Serta teman-teman dari program studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia dan teman-teman lainnya yang selalu memberikan dukungan baik waktu, tempat, dan motivasi kepada saya sehingga membuat saya terbantu dan termotivasi untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik.

HALAMAN MOTTO

“Hanya ada satu jalan menuju kebahagiaan, yaitu berhenti mengkhawatirkan hal-hal yang berada di luar kendali kita.”

- Epictetus

“Ibarat mesin, raga manusia hanyalah instrumen, pikiranlah yang mengendalikan seluruh sistem operasinya.”

- George Santayana

“I know where I'm going and I know the truth, and I do not have to be what you want to be. I am free to be what I want.”

- Muhammad Ali

الجامعة الإسلامية
الاستد بالاندية

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Asslamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Perancangan Soft Mold Yang Dibuat Menggunakan Fused Filament Fabrication Bermaterial Thermoplastic Polyurethane Sebagai Perbaikan Pada Proses Vacuum Infusion”. Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan akademik guna menyelesaikan Pendidikan jenjang Sarjana Strata-1 di Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia. Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapat dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT karena atas segala berkah dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua penulis, Bapak Bintoro dan Ibu Rina Suharni yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan, dan doanya sehingga penulis tetap dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T., IPU, ASEAN.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Muhammad Ridlwan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan dukungan dan bimbingan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir.
6. Saudara-saudara seperjuangan Teknik Mesin, Abbiyyu Wibisono, Abdi Haritz Pratama, S.T., Abdul Aziz Salimi, Aldo Susanto, S.T., Alif Daffa Fauzan Hidayatullah, S.T., Arif Rahman Hakim, S.T., David Yade Hinanda Putra, S.T., Faris Iza Mahendra, Feryan Taruna Syaputra, Ilyas Witanto, M. Alfaarisi Maulana Kasim, S.T., M. Rizal Gifari, M. Zuhayr

Adriansyah Laodja, R. Bagus Raihan Rato, Reezcky Noer Allamsyah Santoso, S.T., Rhizado Fachri Pratama, S.T., Rio Ari Sandika, S.T., Risky Erianto, S.T., Shafly Ath Thaariq, dan seluruh saudara-saudara Teknik Mesin 2018 yang tidak tercantum. Terima kasih atas dukungan dalam mengerjakan Tugas Akhir.

7. Gufran Rahardi Mukhlis, S.T., selaku kating Teknik Mesin 2016. Terima kasih atas saran, masukan, dan dukungan kepada penulis.
8. Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu dan pengalaman dalam berorganisasi.
9. Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis meminta maaf yang sedalam-dalamnya atas kekurangan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, and I wanna thank me for never quitting for just being me at all times.*

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 15 Desember 2022

Penulis

ABSTRAK

Komposit banyak digunakan sebagai bahan utama pembuatan sebuah material dengan kriteria yang diinginkan. Pembuatan komposit salah satunya dengan metode *vacuum infusion*. Penelitian ini merancang *soft mold* sebagai cetakan yang dapat mengurangi limbah plastik dan dapat digunakan berulang kali pada proses *vacuum infusion*. *Soft mold* ini dicetak menggunakan 3D *Print* dengan filamen TPU (*Thermoplastic Polyurethane*). Penelitian ini dimulai dengan pembuatan desain menggunakan *software* Solidworks, lalu mencetak desain tersebut menjadi prototipe dengan 3D *print*. Setelah mendesain dan mencetak maka dilanjutkan ke tahap proses *vacuum infusion* untuk menjadi sebuah produk komposit, proses *vacuum infusion* dilakukan 3 kali percobaan. Setelah melakukan percobaan, hasil produk komposit dipindai atau dilakukannya proses 3D *scanning* menggunakan alat 3D *scan*. Hasil scan tersebut dari dipindah ke solidworks untuk dilakukannya penelitian geometri dari hasil produk dengan membandingkan terhadap desain *soft mold*. Hasil penelitian, *soft mold* dapat dilakukan berulang kali percobaan pada proses *vacuum infusion*. Hasil scan atau penelitian geometri, ada perubahan geometri atau terjadinya deformasi pada produk yang dihasilkan.

Kata kunci : Komposit, *Vacuum infusion*, *Molding*, TPU, Geometri.

ABSTRACT

Composites are widely used as the main ingredient in the manufacture of a material with the desired criteria. One way to make composites is by using the vacuum infusion method. This study designed a soft mold as a mold that can reduce plastic waste and can be used repeatedly in the vacuum infusion process. This soft mold is printed using 3D Print with TPU (Thermoplastic Polyurethane) filament. This research began with making a design using Solidworks software, then printing the design into a prototype with 3D printing. After designing and printing, we proceed to the vacuum infusion process to become a composite product, the vacuum infusion process is carried out 3 times. After conducting the experiment, the composite product results are scanned or a 3D scanning process is carried out using a 3D scan tool. The scan results were transferred to Solidworks to carry out geometric research on the product results by comparing them to the soft mold design. The results of the study, soft mold can be repeated experiments in the vacuum infusion process. Scan results or geometry research, there is a change in geometry or deformation occurs in the resulting product.

Keywords : Composite, Vacuum infusion, Molding, TPU, Geometry.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Pernyataan Keaslian	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	vii
Abstrak	ix
<i>Abstract</i>	x
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xiv
Daftar Notasi	xvii
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	2
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	5
2.2.1 CAD (<i>Computer Aided Design</i>)	5
2.2.2 Komposit	5
2.2.3 <i>Vacuum Infusion</i>	6
2.2.4 <i>3D Printing</i>	7
2.2.5 <i>Moldingan</i>	8
2.2.6 <i>Filament Thermoplastic Polyurethane (TPU)</i>	9
2.2.7 <i>3D Scanning</i>	10

Bab 3 Metode Penelitian	11
3.1 Alur Penelitian	11
3.2 Peralatan dan Bahan.....	12
3.2.1 Perangkat Lunak.....	12
3.2.2 Alat dan Bahan Penelitian	12
3.3 Proses Pengerjaan	20
3.3.1 Desain Produk	20
3.3.2 Proses Pembuatan <i>Soft Mold</i> dengan Mesin 3D <i>Print</i>	21
3.3.3 Proses <i>Vacuum Infusion</i>	21
3.3.4 Proses 3D <i>Scanning</i>	22
Bab 4 Hasil dan Pembahasan	24
4.1 Kriteria Perancangan.....	24
4.2 Proses Desain <i>Soft Mold</i>	24
4.3 Proses Pencetakan <i>Soft Mold</i>	31
4.4 Percobaan Proses <i>Vacuum Infusion</i>	32
4.4.1 Percobaan <i>Soft Mold</i> Tanpa Menggunakan <i>Vacuum Bag</i>	33
4.4.2 Percobaan <i>Soft Mold</i> Dengan Menggunakan <i>Vacuum Bag</i>	35
4.4.3 Percobaan Tanpa Menggunakan <i>Soft Mold</i>	37
4.5 Hasil Komposit	39
4.5.1 Hasil Komposit Dengan Menggunakan <i>Soft Mold</i>	39
4.5.2 Hasil Komposit Tanpa Menggunakan <i>Soft Mold</i>	40
4.6 Analisis dan Pembahasan.....	41
4.6.1 Kondisi <i>Soft Mold</i>	41
4.6.2 Analisis Geometri Produk	42
4.6.3 Pembahasan	49
Bab 5 Penutup.....	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya	54
Daftar Pustaka	55

DAFTAR TABEL

Tabel 4- 1 Kriteria Perancangan Soft Mold49

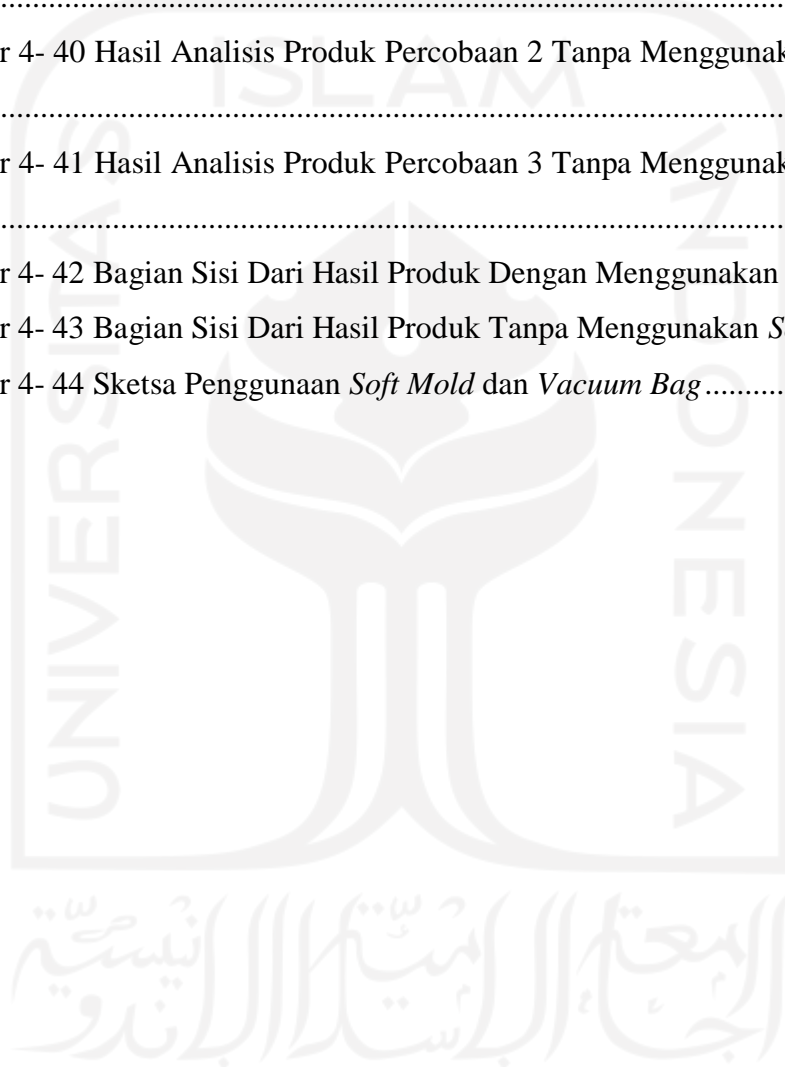


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2- 1 Susunan Komposit.....	6
Gambar 2- 2 Skema Proses <i>Vacuum Infusion</i>	7
Gambar 2- 3 Proses 3D <i>Printing</i>	8
Gambar 2- 4 Skema Proses 3D <i>Printing</i> FDM.....	8
Gambar 2- 5 Hasil Produk TPU	9
Gambar 2- 6 Proses 3D <i>Scanning</i>	10
Gambar 3- 1 Diagram Alir	11
Gambar 3- 2 Mesin 3D <i>Print</i>	12
Gambar 3- 3 <i>Thermoplastic Polyurethane</i> (TPU).....	12
Gambar 3- 4 <i>Vacuum Pump</i>	13
Gambar 3- 5 <i>Resin Trap</i>	13
Gambar 3- 6 Timbangan.....	14
Gambar 3- 7 <i>Vacuum Bag</i>	14
Gambar 3- 8 Serat Kaca	15
Gambar 3- 9 <i>Peel Ply</i>	15
Gambar 3- 10 <i>Flow Mesh</i>	16
Gambar 3- 11 <i>Butyl Sealant Tape</i>	16
Gambar 3- 12 Resin.....	17
Gambar 3- 13 Katalis.....	17
Gambar 3- 14 Selang.....	18
Gambar 3- 15 <i>Release Agent</i>	18
Gambar 3- 16 Alat 3D <i>Scan</i>	19
Gambar 3- 17 <i>Rotating Table</i>	19
Gambar 3- 18 Gambar Teknik Desain Produk	20
Gambar 3- 19 Gambar 3D Produk.....	20
Gambar 3- 20 Proses <i>Printing Soft Mold</i>	21
Gambar 3- 21 Proses <i>Vacuum Infusion</i> Pembuatan Produk	21
Gambar 3- 22 Proses 3D <i>Scanning</i>	23
Gambar 4- 1 Desain Produk	24
Gambar 4- 2 Proses Membuat <i>Parting Line</i>	25

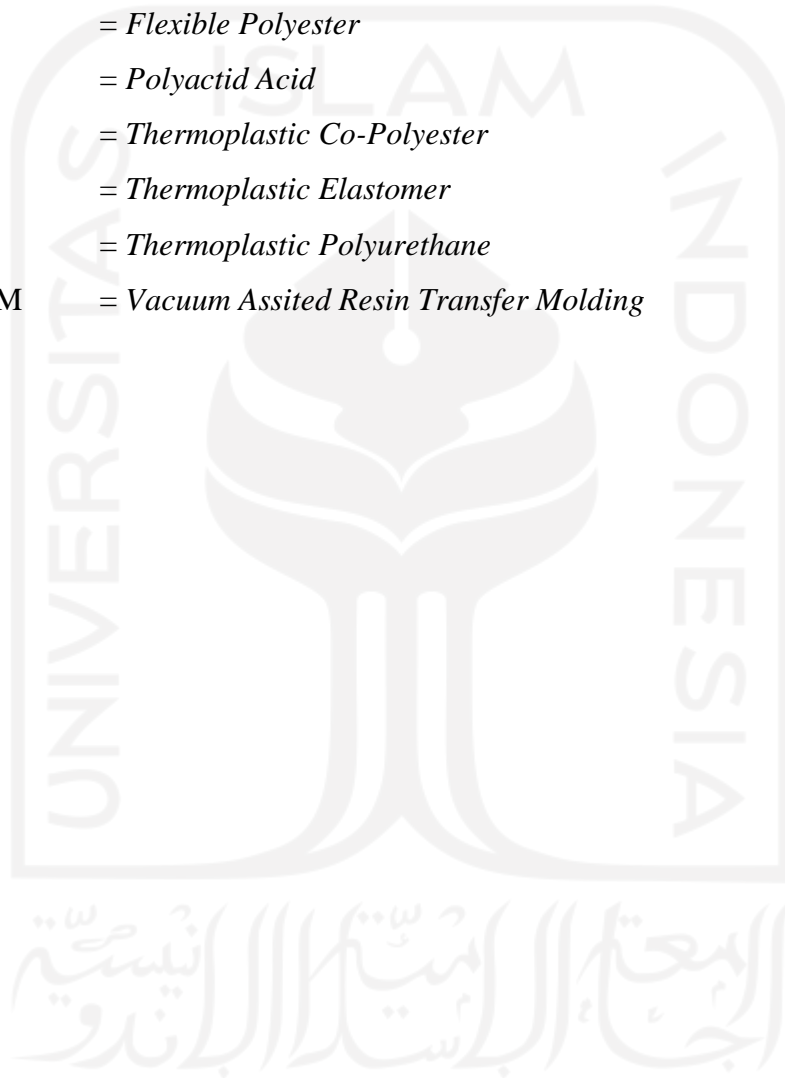
Gambar 4- 3 Posisi <i>Parting Line</i>	25
Gambar 4- 4 Proses Membuat <i>Parting Surface</i>	26
Gambar 4- 5 <i>Parting Surface</i>	26
Gambar 4- 6 Proses Menu <i>Tooling Split</i>	27
Gambar 4- 7 <i>Block Tooling Split</i>	27
Gambar 4- 8 Part <i>Tooling Split</i> Cetakan <i>Soft Mold</i>	28
Gambar 4- 9 Proses Membuat Pengganti Selang Spiral.....	28
Gambar 4- 10 Proses Fitur <i>Shell</i> pada <i>Soft Mold</i>	29
Gambar 4- 11 Pembuatan <i>Inlet Resin</i>	29
Gambar 4- 12 Desain Cetakan Bawah.....	30
Gambar 4- 13 Desain <i>Soft Mold</i>	30
Gambar 4- 14 Gambar Teknik Desain <i>Soft Mold</i>	31
Gambar 4- 15 Hasil Pencetakan <i>Soft Mold</i>	31
Gambar 4- 16 <i>Soft Mold</i> Tampak Atas.....	32
Gambar 4- 17 <i>Soft Mold</i> Tampak Bawah	32
Gambar 4- 18 Pelapisan <i>Soft Mold</i> Dengan Menggunakan Plastisin	34
Gambar 4- 19 Hasil Percobaan Tanpa Menggunakan <i>Vacuum Bag</i>	34
Gambar 4- 20 Proses <i>Vacuum Infusion</i> Dengan Menggunakan <i>Vacuum Bag</i>	36
Gambar 4- 21 Hasil Produk Komposit Dengan Menggunakan <i>Vacuum Bag</i>	36
Gambar 4- 22 Proses <i>Vacuum Infusion</i> Tanpa Menggunakan <i>Soft Mold</i>	38
Gambar 4- 23 Hasil Produk Komposit Tanpa Menggunakan <i>Soft Mold</i>	38
Gambar 4- 24 Hasil Produk Percobaan 1 Dengan Menggunakan <i>Soft Mold</i>	39
Gambar 4- 25 Hasil Produk Percobaan 2 Dengan Menggunakan <i>Soft Mold</i>	39
Gambar 4- 26 Hasil Produk Percobaan 3 Dengan Menggunakan <i>Soft Mold</i>	40
Gambar 4- 27 Hasil Produk Percobaan 1 Tanpa Menggunakan <i>Soft Mold</i>	40
Gambar 4- 28 Hasil Produk Percobaan 2 Tanpa Menggunakan <i>Soft Mold</i>	41
Gambar 4- 29 Hasil Produk Percobaan 3 Tanpa Menggunakan <i>Soft Mold</i>	41
Gambar 4- 30 Kondisi Luar <i>Soft Mold</i>	42
Gambar 4- 31 Kondisi Dalam <i>Soft Mold</i>	42
Gambar 4- 32 Proses <i>Scanning</i> Hasil Produk Komposit.....	43
Gambar 4- 33 Proses Pengolahan Hasil <i>Scanning</i>	43
Gambar 4- 34 Hasil Proses <i>Mesh to Solid Body</i>	44

Gambar 4- 35 Hasil Penggabungan Produk Komposit Dengan Desain Produk Aslinya.....	44
Gambar 4- 36 Hasil Analisis Produk Percobaan 1 Menggunakan <i>Soft Mold</i>	45
Gambar 4- 37 Hasil Analisis Produk Percobaan 2 Menggunakan <i>Soft Mold</i>	46
Gambar 4- 38 Hasil Analisis Produk Percobaan 3 Menggunakan <i>Soft Mold</i>	46
Gambar 4- 39 Hasil Analisis Produk Percobaan 1 Tanpa Menggunakan <i>Soft Mold</i>	47
Gambar 4- 40 Hasil Analisis Produk Percobaan 2 Tanpa Menggunakan <i>Soft Mold</i>	48
Gambar 4- 41 Hasil Analisis Produk Percobaan 3 Tanpa Menggunakan <i>Soft Mold</i>	48
Gambar 4- 42 Bagian Sisi Dari Hasil Produk Dengan Menggunakan <i>Soft Mold</i>	50
Gambar 4- 43 Bagian Sisi Dari Hasil Produk Tanpa Menggunakan <i>Soft Mold</i> ...	51
Gambar 4- 44 Sketsa Penggunaan <i>Soft Mold</i> dan <i>Vacuum Bag</i>	51



DAFTAR NOTASI

3D	= <i>Three Dimensional</i>
CAD	= <i>Computer Aided Design</i>
FDM	= <i>Fused Deposition Modelling</i>
FFF	= <i>Fused Filament Fabrication</i>
FPE	= <i>Flexible Polyester</i>
PLA	= <i>Polyactid Acid</i>
TPC	= <i>Thermoplastic Co-Polyester</i>
TPE	= <i>Thermoplastic Elastomer</i>
TPU	= <i>Thermoplastic Polyurethane</i>
VARTM	= <i>Vacuum Assited Resin Transfer Molding</i>



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini perkembangan teknologi mengalami kemajuan dan pengaruh besar terhadap dunia manufaktur. Komposit adalah salah satu teknologi material maju yang saat ini masih terus dikembangkan. Komposit adalah kombinasi dari dua atau lebih material dengan sifat yang berbeda dari material penyusunnya (Bakir et al, 2013). Komposit banyak digunakan sebagai bahan utama pembuatan badan motor, mobil, pesawat, dan kapal laut (Yeung et al, 2014).

Pembuatan komposit salah satunya menggunakan metode *vacuum infusion*. *Vacuum infusion* itu sendiri adalah proses pembuatan komposit dengan memanfaatkan kevakuman udara, yang mana tekanan udara dihisap menggunakan *vacuum pump*, agar nantinya resin dihisap dan masuk ke dalam cetakan dengan keadaan kedap udara. Kelebihan dari proses ini adalah distribusi resin yang merata ke semua bidang dan juga hasil yang bagus. Namun kekurangan pada proses ini membutuhkan beberapa peralatan yang jarang ada di pasaran dan biaya yang diperlukan cenderung tinggi.

Proses *vacuum infusion* memerlukan beberapa peralatan atau bahan yaitu plastic atau *vacuum bag*, *butyl tape*, selang, dan selang spiral. Peralatan atau bahan tersebut hanya bisa digunakan sekali pakai dalam sekali proses *vacuum infusion*, dan itu membuat sampah plastik semakin banyak terbuang. Serta kekurangan yang lainnya dari proses *vacuum infusion* adalah hasilnya sulit untuk menyerupai bentuk yang diinginkan. Hal tersebut termasuk dalam kekurangan dari proses *vacuum infusion* tersebut, dan hal tersebut juga beberapa peneliti melakukan inovasi dalam pengurangan penggunaan plastik pada proses tersebut.

Perancangan dilakukan berdasarkan masalah di atas, yaitu merancang *soft mold* untuk mengurangi penyimpangan geometri pada produk komposit hasil proses *vacuum infusion* sebagai upaya perbaikan pada proses *vacuum infusion*. Pembuatan *soft mold* dapat dicetak menggunakan proses *3D printing* dengan menggunakan filamen TPU. *3D printing* adalah proses membuat objek 3 dimensi

atau prototipe dari model digital, salah satu teknologi 3D *printing* adalah *Fused Filament Fabrication* (FFF) atau juga dikenal dengan *Fused Deposition Modelling* (FDM) yang dapat membuat produk prototipe dengan akurat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, berikut adalah rumusan masalah, yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana rancang desain *soft mold* yang dapat digunakan pada proses *vacuum infusion*?
2. Bagaimana perbandingan bentuk geometri antara desain produk dengan hasil produk setelah dilakukannya proses *vacuum infusion*?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah untuk mempermudah penelitian, batasan masalah sebagai berikut :

1. Hanya membahas desain dari *soft mold* dan hasil produk komposit.
2. Material *soft mold* yang digunakan adalah *Filament Thermoplastic Polyurethane* (TPU).
3. Tidak membahas proses *vacuum infusion* dan parameter 3D *printing*

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Tujuan dari penelitian atau perancangan ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat rancang desain *soft mold* yang dapat digunakan pada proses *vacuum infusion*.
2. Mengukur perbedaan bentuk geometri antara desain produk dengan hasil produk setelah dilakukannya proses *vacuum infusion*.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Manfaat dari penelitian atau perancangan ini adalah memberikan wawasan dan inovasi pada proses *vacuum infusion* dengan memanfaatkan 3D *print* sebagai upaya perbaikan proses *vacuum infusion*.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada bagian ini dituliskan urutan dan sistematika penulisan yang dilakukan. Berikan ringkasan mengenai isi masing-masing bab.

BAB I Pendahuluan

Pada bab pendahuluan ini menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Pada bab tinjauan pustaka ini berisikan kajian pustaka dan dasar teori yang mendasari dari perancangan *soft mold*.

BAB III Metode Penelitian

Pada bab metode penelitian ini berisikan diagram alir penelitian, peralatan dan bahan, dan proses pengerjaan dari perancangan *soft mold*.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Pada bab hasil dan pembahasan ini berisikan proses pembuatan desain *soft mold*, analisa hasil produk dan pembahasan dari penelitian *soft mold* pada proses *vacuum infusion*.

BAB V Penutup

Pada bab penutup ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya terkait perancangan *soft mold*.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Kajian pustaka yang pertama digunakan sebagai dasar dalam penelitian ini berjudul “Perancangan dan Pembuatan Cetakan Komposit Untuk Metode *Vacuum Infusion* Menggunakan Penekan *Elastometer Bag*” oleh (Triyono, 2019). Penelitian tersebut membahas tentang perancangan dan membuat cetakan yang dapat digunakan secara berulang dengan produk cetakan *winshield* sepeda motor. Pada penelitian ini menggunakan bahan lateks sebagai cetakan dengan pengolesan atau lapisan sebanyak 5 lapis yang bertujuan untuk mendapat cetakan yang tebal dan tidak mudah sobek pada saat proses *vacuum infusion*. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah cetakan tidak berubah bentuk setelah melakukan percobaan pembuatan produk dan hasil produk dari cetakan tersebut memiliki permukaan yang halus.

Kajian pustaka yang kedua yaitu berjudul “Pengaruh Komposit *Sandwich* Metode *Vacuum Infusion* Terhadap 3D *Printed Core* Geometri Kompleks (Studi Kasus Helm Sepeda)” oleh (Baraja, 2021). Pada penelitian ini membahas tentang pembuatan produk dengan menggabungkan hasil cetak 3D *print* dan komposit *sandwich* dengan metode *vacuum infusion*. Pada penelitian ini produk yang digunakan sebagai studi kasus adalah helm sepeda yang memiliki geometri kompleks, dan didapat bahwa produk yang memiliki lubang tidak cocok dilakukan pada proses *vacuum infusion*. Kemudian hasil dari produk yang telah dilakukan proses *vacuum infusion* akan dilakukan analisis geometri dengan membandingkan hasil percobaan dengan desain produk utama, dan didapat hasil deformasi produk pada hasil percobaan yang disebabkan *core* atau cetakan hasil 3D *print* tidak kuat menahan panas dari resin dan *core* berubah bentuk setelah dilakukan proses *vacuum infusion*.

Kajian pustaka yang ketiga yaitu berjudul “*Molds with Advanced Materials for Carbon Fiber Manufacturing with 3D Printing Technology*” oleh (Ferretti et al, 2021). Pada penelitian ini membahas tentang pembuatan produk

komposit dengan metode *vacuum infusion* dengan menggunakan cetakan yang dibuat dari proses FDM (*Fused Deposition Modelling*). Pada penelitian ini menjelaskan bahwa membuat cetakan dari proses FDM dapat membuat cetakan yang berkualitas tinggi dan dapat menghemat biaya, dengan cetakan tersebut dapat membuat hasil produk komposit dengan geometri yang relatif sederhana untuk prototipe atau produk yang diproduksi dalam jumlah kecil.

2.2 Dasar Teori

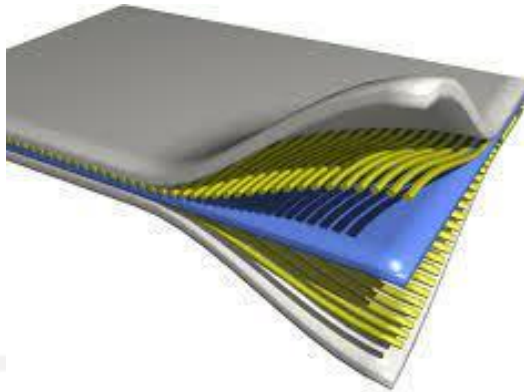
2.2.1 CAD (*Computer Aided Design*)

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

CAD merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membuat sebuah produk secara virtual. Produk virtual yaitu produk yang berupa data CAD. Pembuatan gambar pada perangkat lunak CAD dapat didasarkan pada produk yang tersebar di pasaran atau pengembangan produk yang benar-benar baru (Ningsih, 2005).

2.2.2 Komposit

Komposit (*Composite*), berasal dari kata kerja “*tocompose*” yang berarti menyusun atau menggabung, jadi secara sederhana komposit adalah suatu bahan yang merupakan penggabungan dari dua atau lebih material yang berbeda sebagai suatu kombinasi yang menyatu. Komposit adalah kombinasi dari dua atau lebih material dengan sifat berbeda dari material penyusunnya (Bakir et al, 2013).



Gambar 2- 1 Susunan Komposit

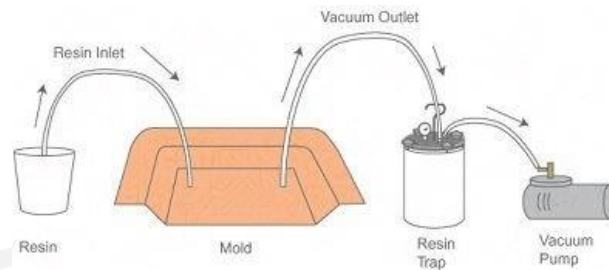
Pada pembuatan komposit serat, untuk menyatukan susunannya menggunakan pengikat serat yang disebut sebagai resin. Resin yang termasuk kedalam termoseting diantaranya *epoxy* dan *polyester*. Komposit biasa diproduksi guna keperluan komersial dengan menggunakan matriks polimer dengan menggunakan penguat serat tekstil seperti *glass*, aramid, dan karbon (Goren et al, 2008).

Pada pembuatan komposit terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam proses pembuatannya seperti metode *hand lay up*, *vacuum bagging*, *vacuum infusion*, *resin transfer moulding*, *prepreg autoclave*, dan sebagainya. Beberapa tahun terakhir ini, proses pembuatan yang sangat populer yaitu proses *vacuum infusion* untuk manufaktur struktur komposit dengan matriks polimer. Dibanding dengan teknik manufaktur *autoclave*, proses *vacuum infusion* adalah alternatif pembuatan dengan biaya yang lebih rendah dibanding dengan teknik *autoclave*. Dengan menggunakan proses *vacuum infusion* dapat memungkinkan untuk memproduksi komposit dengan bentuk yang kompleks dengan sifat mekanik yang sangat baik (Wang et al., 2011).

2.2.3 Vacuum Infusion

Vacuum infusion adalah memanfaatkan kevakuman udara untuk proses pembuatan komposit yang disebut juga dengan proses cetakan tertutup, karena cetakan tersebut akan ditutup dengan *vacuum bag* yang diberi lem perekat (*Sealing-tape*) guna udara dalam cetakan tervakum, setelah tervakum masuk proses pengaliran resin yang akan mengisi cetakan tersebut. Proses ini digunakan

dengan tujuan mengurangi atau meminimalisir gelembung udara yang ada pada cetakan dan resin yang berlebihan pada cetakan (Salamun, 2017).



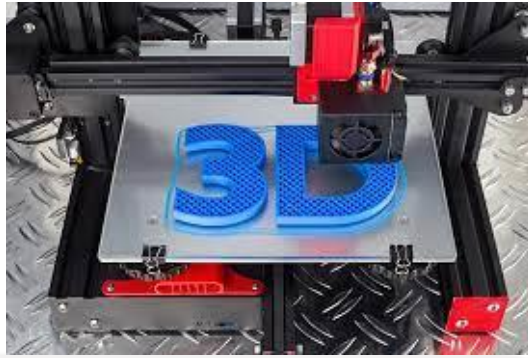
Gambar 2- 2 Skema Proses *Vacuum Infusion*

Penggunaan pompa vakum pada proses ini untuk menghisap udara yang ada pada cetakan yang telah diletakkan komposit untuk proses pembuatan. Setelah dilakukan vakum pada cetakan, udara diluar vacuum bag akan menekan ke arah dalam dan menyebabkan udara pada cetakan akan diminimalisir. Proses *vacuum infusion* ini dibandingkan dengan metode *hand lay-up* dan *vacuum bagging*, proses ini memberi penguatan konsentrasi yang lebih tinggi dan adhesi yang lebih baik antara lapisan.

Tekanan vakum atau tekanan yang di dalam cetakan lebih rendah daripada tekanan di luar cetakan, tekanan vakum tersebut yang berperan untuk proses pembuatan komposit dengan metode *vacuum infusion* dan tekanan tersebut menentukan bentuk dari benda yang dihasilkan. Pada metode *vacuum infusion* ini terdapat kelebihan darin proses pembuatannya, karena pada proses pembuatannya tidak memerlukan tenaga manusia yang banyak. Pada metode ini manusia hanya menyiapkan beberapa bahan dan memantau kerja dari alat tersebut (Hidayat, 2020).

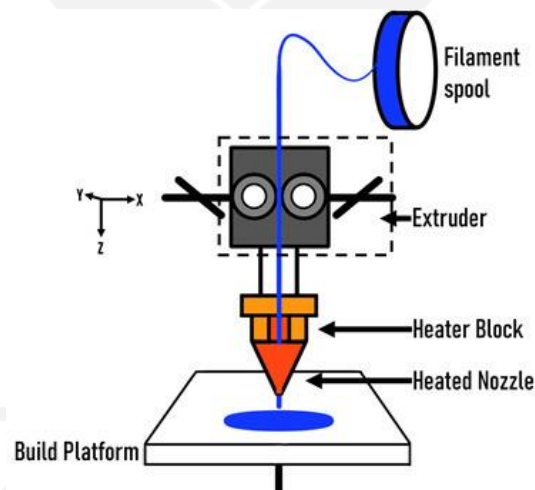
2.2.4 3D Printing

3D printing adalah pencetakan tiga dimensi atau membuat objek tiga dimensi dengan di bawah kontrol komputer untuk proses pembuatannya, disebut juga dengan *prototyping* cepat atau manufaktur aditif (Jacobs, 1992). *3D printing* atau juga disebut dengan *additive layer manufacturing* adalah proses membuat tiga dimensi dari model digital. Cara kerja mesin 3D printing sama dengan cara kerja printer laser yaitu dengan dimulai dari sejumlah lapisan yang dicetak di atas lapisan lainnya (Excell, 2013).



Gambar 2- 3 Proses 3D *Printing*

Fused filament fabrication (FFF) adalah salah satu teknologi 3D printing yang paling terkenal dan terjangkau dari segi biaya, teknologi ini biasa dikenal dengan *fused deposition modelling* (FDM). Prinsip kerja dari teknologi tersebut adalah cara keluarnya *thermoplastic* melalui *nozzle* yang panas pada suhu leleh, yang selanjutnya *part* dibuat *layer by layer*. 3D *printing* FDM adalah teknologi 3D *printing* yang mampu membuat produk duplikat atau prototipe yang paling akurat (B. Satyanarayana dan Kode Jaya Prakash, 2015).



Gambar 2- 4 Skema Proses 3D *Printing* FDM

2.2.5 *Moldingan*

Cetakan atau disebut dengan *mold* adalah alat yang digunakan untuk membuat produk sesuai dengan desain atau hasil bentuk yang diinginkan, pada cetakan memiliki rongga yang memiliki bentuk sesuai desain (Siregar, R Arief dan Rangkuti, A Ridwan., 2018).

Proses pembuatan komposit dengan metode *vacuum infusion* dengan menggunakan cetakan salah satunya adalah metode *vacuum assisted resin transfer molding* (VARTM). Metode VARTM ini adalah metode pembuatan komposit dengan cetakan tertutup yang memanfaatkan kevakuman udara, pada metode ini pompa vakum menghisap resin untuk masuk ke dalam cetakan melalui selang dari resin trap atau pot resin, kemudian didiamkan dan dikunci dengan tekanan hingga cetakan mengeras. Metode VARTM memiliki kelebihan yaitu dapat membuat produk komposit dengan skala besar, material cetakan yang mudah dipilih, pencampuran katalis dan resin yang dapat dicampur sebelum proses dilakukan, biaya yang relatif terjangkau, serta penggunaan *vacuum bag* yang transparan untuk mempermudah penglihatan pada resin yang masuk ke dalam cetakan. Akan tetapi metode tersebut memiliki kekurangan yaitu *vacuum bag*, *sealing tape* atau *butyl tape*, dan selang resin yang hanya dapat digunakan sekali pakai pada proses tersebut, serta adanya kemungkinan terjadi bocor dari *vacuum bag* pada awal persiapan sebelum proses dilakukan (Hsiao, 2012).

2.2.6 *Filament Thermoplastic Polyurethane (TPU)*

Thermoplastic Polyurethane adalah salah satu *flexible filament* yang dapat digunakan pada proses *3D printing* dengan teknologi *fused filament fabrication* (FFF) atau juga dikenal dengan *fused deposition modelling* (FDM). Ada beberapa jenis *flexible filament* lainnya seperti *thermoplastic elastomer* (TPE), *thermoplastic co-polyester* (TPC), *flexible polyactid acid* PLA, dan *flexible polyester* (FPE).



Gambar 2- 5 Hasil Produk TPU

Kekurangan atau permasalahan pada teknologi 3D *printing* dalam mencetak *flexible filament* karena *jam extruder* (macet pada ekstruder). Pada saat melakukan proses pencetakan *flexible filament* ada dua hal penting yaitu keseimbangan antara *flexibility (softness)* dan kemampuan cetak (*printability*). Material filamen semakin *flexible* maka semakin sulit untuk dicetak, dan semakin keras material filamen semakin mudah untuk dicetak. (Hasdiansah dan Herianto, 2018).

2.2.7 3D Scanning

3D *Scanning* adalah proses pemindaian objek nyata menjadi gambar tiga dimensi. Pemindaian dilakukan dengan alat 3D *Scan*, dari alat tersebut didapatkan data geometri, dimensi, dan data lainnya dalam bentuk data yang sangat akurat dengan objek nyata (Armansyah dkk., 2018).



Gambar 2- 6 Proses 3D *Scanning*

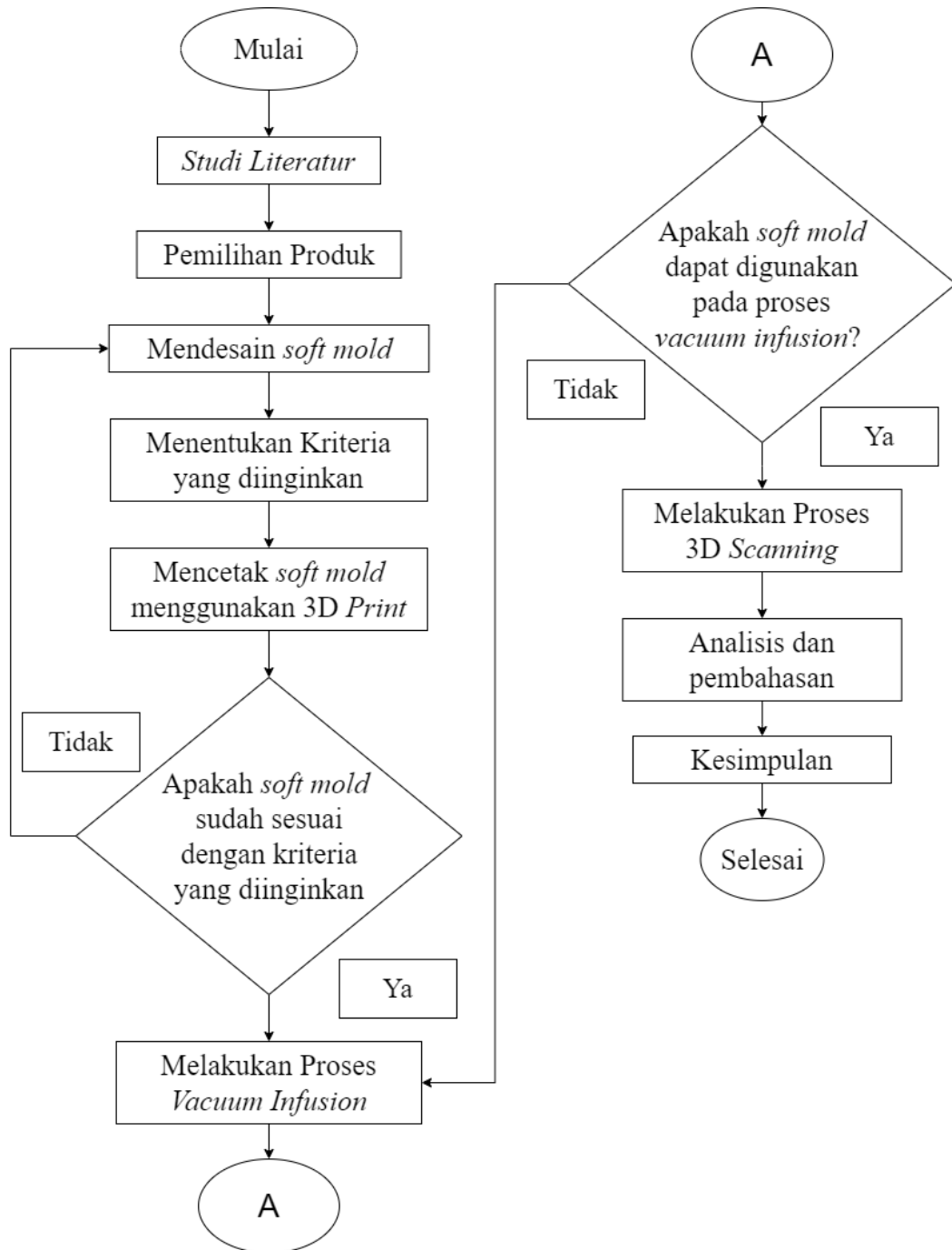
3D *Scanning* adalah cara membuat objek dengan tampilan tiga dimensi yang menggunakan 3D *infrared scanning* atau 3D *laser scanning*. Cara kerja 3D *scanning* adalah dengan menampung informasi atau data jarak pada objek yang dipindai atau *scan* (Alamsyah, 2017).

Scanner 3D adalah salah satu teknologi untuk memindai objek nyata untuk mendapatkan bentuk, ukuran, dan fitur lainnya yang dapat menghasilkan gambar akurat pada layar komputer (Nair & Thomas, 2016).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



Gambar 3- 1 Diagram Alir

3.2 Peralatan dan Bahan

3.2.1 Perangkat Lunak

1. *Software CAD Solidworks*
2. *Software 3D Scan Handy Scan*
3. *Software Autodesk Fusion 360*

3.2.2 Alat dan Bahan Penelitian

1. *Mesin 3D Print*



Gambar 3- 2 Mesin 3D Print

Mesin 3D *Print* yang digunakan adalah Ender CR-10S Pro yang berfungsi untuk mencetak produk dari desain *soft mold*.

2. TPU



Gambar 3- 3 *Thermoplastic Polyurethane (TPU)*

Thermoplastic Polyurethane (TPU) adalah bahan *filament* yang digunakan untuk bahan cetakan komposit *sandwich*. Filamen TPU yang digunakan merupakan merk dari Sunlu dengan diameter 1.75 mm.

3. *Vacuum Pump*



Gambar 3- 4 *Vacuum Pump*

Vacuum pump adalah pompa vakum yang digunakan untuk membantu proses *vacuum infusion* yang berfungsi untuk menghisap udara.

4. *Resin Trap*



Gambar 3- 5 *Resin Trap*

Resin trap adalah tempat yang digunakan untuk menampung resin yang berasal dari cetakan. *Resin trap* juga berfungsi untuk mengontrol terhadap tekanan vakum pada cetakan.

5. Timbangan



Gambar 3- 6 Timbangan

Timbangan digunakan untuk menakar campuran resin dan katalis, agar perbandingannya sesuai dengan yang diharapkan.

6. *Vacuum Bag*



Gambar 3- 7 *Vacuum Bag*

Vacuum bag adalah plastik yang digunakan untuk tempat cetakan yang akan divakum untuk proses *vacuum infusion*. *Vacuum bag* ini berfungsi untuk menjaga perbedaan tekanan yang berada di dalam cetakan atau yang di luar cetakan.

7. Serat Kaca



Gambar 3- 8 Serat Kaca

Serat kaca atau *fiber glass* adalah serat yang digunakan sebagai serat penguat dalam komposit. Serat kaca adalah suatu material yang dapat diresapi dengan resin sehingga menjadi bahan yang kuat dan tahan korosi.

8. *Peel Ply*



Gambar 3- 9 *Peel Ply*

Peel ply adalah kain tenunan berasal dari bahan polyester yang mempunyai karakter tidak melekat dengan resin. *Peel ply* berfungsi sebagai media pemisah antara serat *fiber* dengan jaring *flow mesh*.

9. *Flow Mesh*



Gambar 3- 10 *Flow Mesh*

Flow mesh adalah jaring atau media yang digunakan untuk mempermudah aliran resin. *Flow mesh* berfungsi untuk mengalirkan resin ke seluruh permukaan laminasi pada proses *vacuum infusion*.

10. *Butyl Sealant Tape*



Gambar 3- 11 *Butyl Sealant Tape*

Butyl sealant tape adalah lem yang digunakan sebagai perekat vacuum bag untuk proses vacuum infusion. *Butyl sealant tape* berfungsi untuk menahan udara masuk ke dalam *vacuum bag*.

11. Resin



Gambar 3- 12 Resin

Resin adalah bahan yang diperkuat serat. Resin berfungsi sebagai pengikat antara serat yang satu dengan serat yang lainnya, sehingga menghasilkan ikatan yang kuat terbentuk material komposit.

12. Katalis



Gambar 3- 13 Katalis

Katalis adalah bahan yang dicampurkan dengan resin. Katalis adalah bahan yang memungkinkan terjadinya proses curing, yaitu proses pengerasan terhadap resin.

13. Selang



Gambar 3- 14 Selang

Selang adalah alat yang membantu mengalirkan resin dan katalis dari wadah ke dalam *vacuum bag*, dan membantu mengalirkan resin dan katalis dari *vacuum bag* menuju resin *trap*.

14. Release Agent



Gambar 3- 15 Release Agent

Release agent adalah benda yang berbentuk lilin. *Release agent* berfungsi untuk membantu pelepasan fiber dari cetakan.

15. Alat 3D Scan



Gambar 3- 16 Alat 3D Scan

Alat 3D Scan yang digunakan SensePro yang berfungsi sebagai alat pemindai produk. Alat 3D scanner SensePro dengan spesifikasi akurasi pemindaian tunggal 0,3 mm dengan rentang 210 mm x 130 mm, akurasi volume 0,5 mm/m dengan rentang *minimum scan* 50 mm x 50 mm x 50 mm, dan jarak kerja pemindaian 200-800 mm. Software yang digunakan untuk alat 3D scanner SensePro yaitu Handy Scan untuk proses pemindaian dengan format *output* file (fuse.) dan Handy Studio untuk proses pengolahan hasil pemindaian dengan format file (STL, PLY, OBJ). Terdapat 3 metode pemindaian yaitu pemindaian tetap, pemindaian penanda, dan pemindaian fitur.

16. Rotating Table

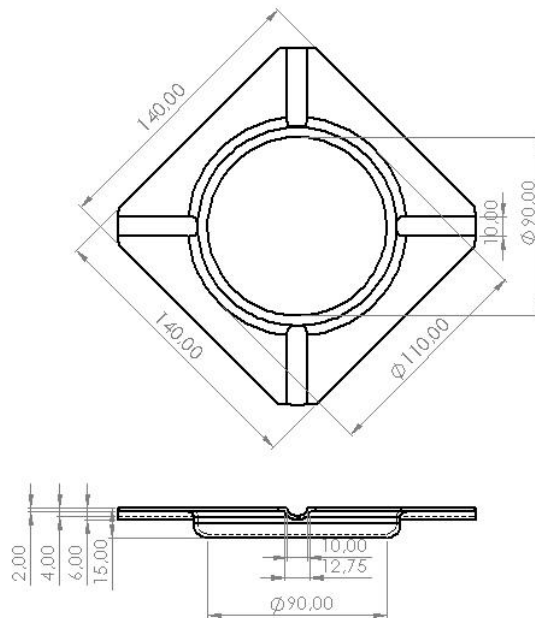


Gambar 3- 17 Rotating Table

Rotating table adalah meja berukuran kecil untuk tempat produk yang digunakan sebagai alat bantu untuk proses 3D *Scanning*. Alat tersebut dapat berputar otomatis.

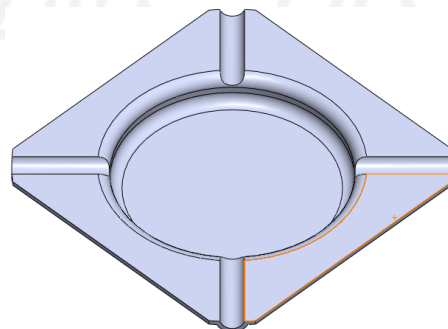
3.3 Proses Pengerjaan

3.3.1 Desain Produk



Gambar 3- 18 Gambar Teknik Desain Produk

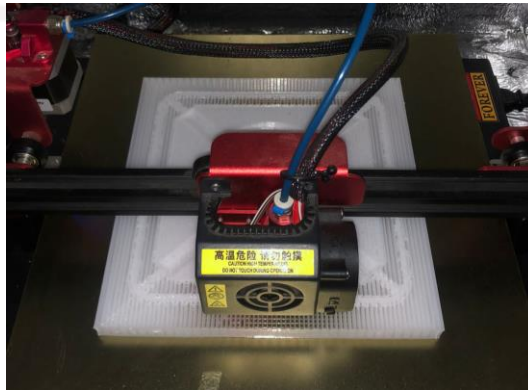
Pada gambar 3- 18 adalah gambar teknik dari desain produk yang akan digunakan sebagai studi kasus untuk percobaan pembuatan soft mold. Produk cetakan tersebut memiliki dimensi dan ukuran seperti pada gambar tersebut. Produk yang digunakan sebagai studi kasus ini berukuran 140 mm x 140 mm x 15 mm.



Gambar 3- 19 Gambar 3D Produk

3.3.2 Proses Pembuatan *Soft Mold* dengan Mesin 3D Print

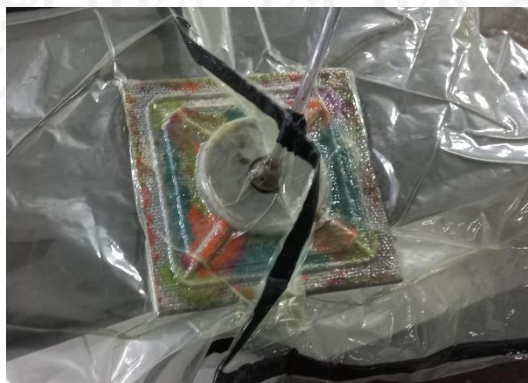
Pada tahap proses pembuatan *soft mold* ini menggunakan proses 3D *printing* atau pencetakan tiga dimensi. Teknologi yang digunakan 3D *printing* pada pembuatan *soft mold* ini adalah menggunakan teknologi *fused filament fabrication* (FFF) atau *fused deposition modelling* (FDM). Pembuatan *soft mold* dengan mesin 3D *print* ini menggunakan mesin 3D *print* Creality CR-10S Pro.



Gambar 3- 20 Proses *Printing Soft Mold*

Proses pembuatan *soft mold* ini menggunakan fleksibel filamen yaitu filamen *thermoplastic polyurethane*. Pada proses pencetakan ini memerlukan waktu selama 4 hari dengan pengaturan layer height sebesar 0,1 mm, *infill density* 50% dengan jenis *infill lines*, penambahan *support*, serta kecepatan *printing* yang digunakan adalah 20 mm/s agar meminimalisir terjadinya kegagalan pencetakan, karena jika menggunakan kecepatan yang lebih tinggi dapat menyebabkan kegagalan proses pencetakan.

3.3.3 Proses *Vacuum Infusion*



Gambar 3- 21 Proses *Vacuum Infusion* Pembuatan Produk

Pada tahap proses *vacuum infusion* ini adalah proses untuk membuat produk komposit dengan menggunakan *soft mold* sebagai cetakan, serta pengujian *soft mold* yang digunakan pada saat proses *vacuum infusion* berlangsung. Pada proses *vacuum infusion* ini, terdapat tiga variabel percobaan yang digunakan untuk proses pembuatan produk komposit, yaitu variabel pertama adalah proses *vacuum infusion* menggunakan *soft mold* tanpa menggunakan *vacuum bag*, yang kedua adalah proses *vacuum infusion* menggunakan *soft mold* serta menggunakan *vacuum bag*, dan yang ketiga adalah proses *vacuum infusion* tanpa menggunakan *soft mold*. Berikut adalah langkah-langkah percobaan pada proses *vacuum infusion*, yaitu sebagai berikut :

1. Melapisi *release agent* pada cetakan.
2. Meletakkan serat gelas pada cetakan.
3. Meletakkan *flow mesh* pada *soft mold*.
4. Menyusun *peel ply*.
5. Membuat *vacuum bag*.
6. Menyusun cetakan dan *soft mold* menjadi 1 cetakan utuh.
7. Meletakkan cetakan ke dalam *vacuum bag*.
8. Mencampurkan resin dan katalis.
9. Melakukan pengujian vakum pada *vacuum bag*.
10. Melakukan proses *vacuum infusion*.

3.3.4 Proses 3D Scanning

Proses 3D *Scanning* ini dilakukan dengan menggunakan alat 3D *scanner* SensePro dengan spesifikasi akurasi pemindaian tunggal 0,3 mm dengan rentang 210 mm x 130 mm, akurasi volume 0,5 mm/m dengan rentang *minimum scan* 50 mm x 50 mm x 50 mm, dan jarak kerja pemindaian 200-800 mm. Proses 3D *Scanning* ini digunakan untuk memindai produk hasil komposit dari proses *vacuum infusion* yang telah dilakukan untuk melihat bentuk geometri dari hasil komposit tersebut. Sebelum dilakukannya proses 3D *scanning*, produk dilapisi terlebih dahulu dengan stiker atau cat berwarna putih agar dapat memperjelas bentuk produk serta mempermudah pemindaian, sensor pada alat 3D *scan* tersebut tidak dapat memindai benda yang berwarna hitam karena warna hitam

pada benda tersebut menyerap cahaya, sedangkan warna putih memantulkan cahaya. Oleh karena itu, pada proses *scanning* benda yang hendak dilakukan pemindaian harus dilapisi dengan stiker atau cat yang berwarna terang seperti putih.



Gambar 3- 22 Proses 3D *Scanning*

Pada proses *scanning* ini menggunakan metode pemindaian tetap yang mana alat 3D *scan* tidak bergerak, namun yang bergerak adalah produk yang dipindai dengan alat bantu *rotating table*. Langkah-langkah dalam melakukan proses 3D *scanning* yaitu meletakkan produk di atas *rotating table* yang dapat berputar otomatis, kemudian memulai pemindaian secara perlahan mengeliling produk tersebut dengan menggunakan aplikasi *handyscan* untuk melihat hasil proses *scanning* produk. Jika hasil *scanning* belum maksimal, maka dilakukan pengulangan proses *scanning* yang bertujuan untuk mendapatkan hasil *scanning* lebih maksimal.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

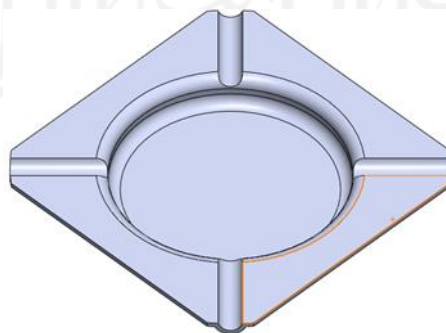
4.1 Kriteria Perancangan

Kriteria perancangan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Soft mold* dapat digunakan pada proses *vacuum infusion*.
2. *Soft mold* memiliki sifat fleksibel.
3. Terdapat pengganti selang spiral.
4. *Soft mold* dapat mengurangi penyimpangan geometri produk dari bentuk yang diinginkan.

4.2 Proses Desain *Soft Mold*

Proses desain soft mold dilakukan menggunakan *software* SolidWorks 2018 dengan menggunakan fitur *mold tools* pada aplikasi. Hal pertama yang dilakukan pada tahap ini adalah memasukkan desain produk yang digunakan sebagai studi kasus pada penelitian ini di dalam aplikasi. Langkah berikutnya adalah membuat *parting line* dari desain produk tersebut yang berfungsi untuk memisahkan antara bagian atas dengan bawah dari produk, setelah itu menggunakan menu *shut-off surface* untuk bagian yang berlubang. Langkah selanjutnya adalah menggunakan menu *parting surface* untuk membuat *surface* yang lebih besar dari produk tersebut, kemudian membuat cetakan bawah dan cetakan atas dengan menggunakan menu *tooling split* untuk membuat *block* atau *part* dengan membuat skala ukuran cetakan berdimensi 200mm x 200mm.

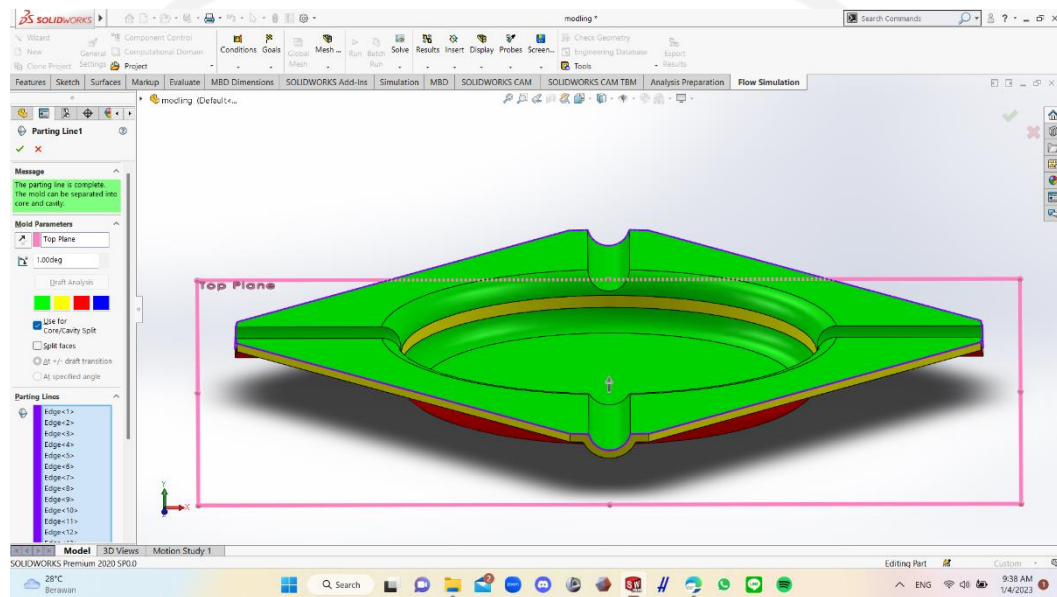


Gambar 4- 1 Desain Produk

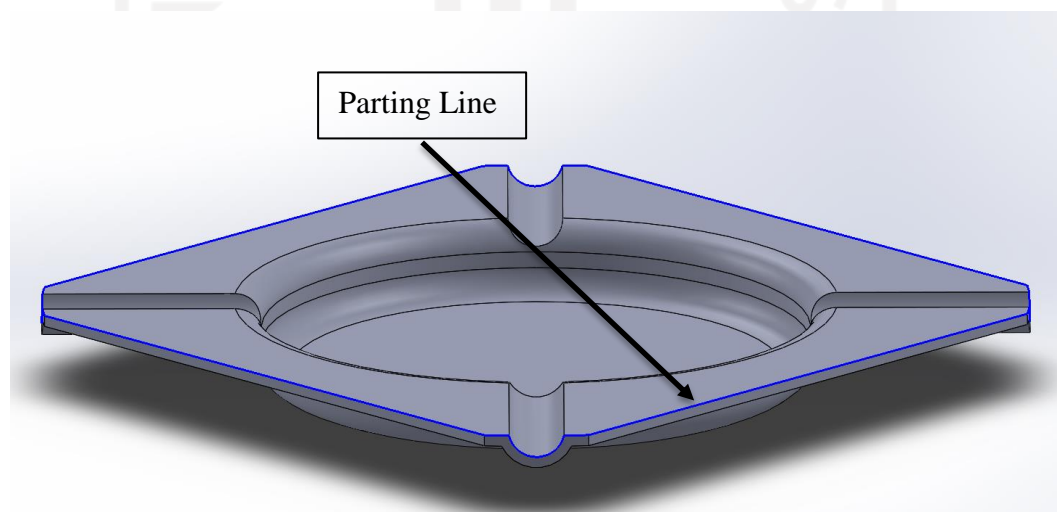
Berikut adalah langkah dari proses pembuatan desain *soft mold*, sebagai berikut :

1. Membuat *Parting Line*

Menu *parting line* berfungsi untuk memisahkan bagian positif berwarna hijau dan negatif berwarna merah, *parting line* ini adalah garis bertemunya kedua bagian mold atau juga bagian persimpangan antara bagian positif dan bagian negatif.



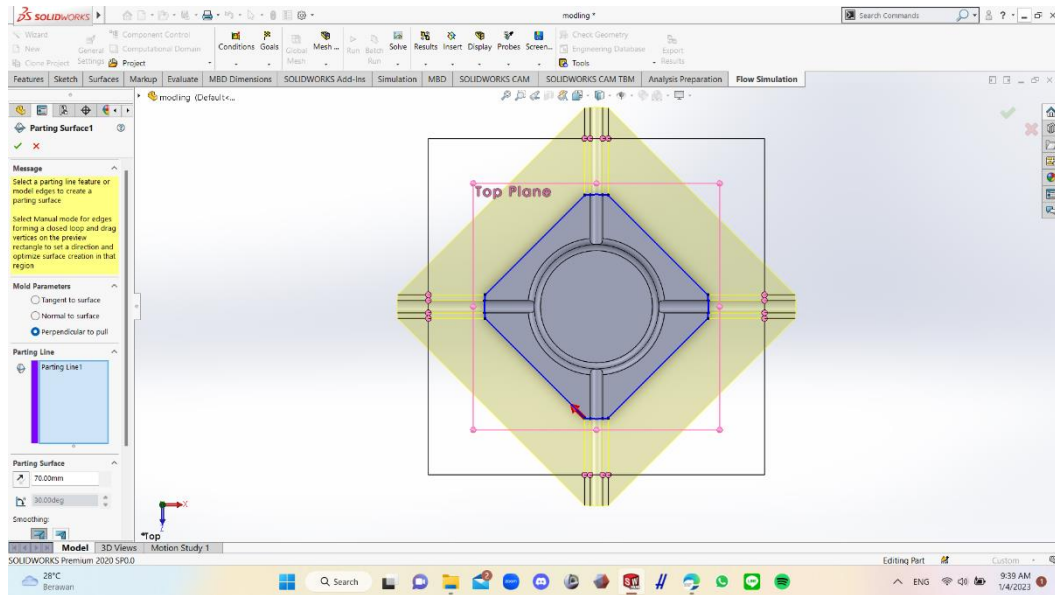
Gambar 4- 2 Proses Membuat *Parting Line*



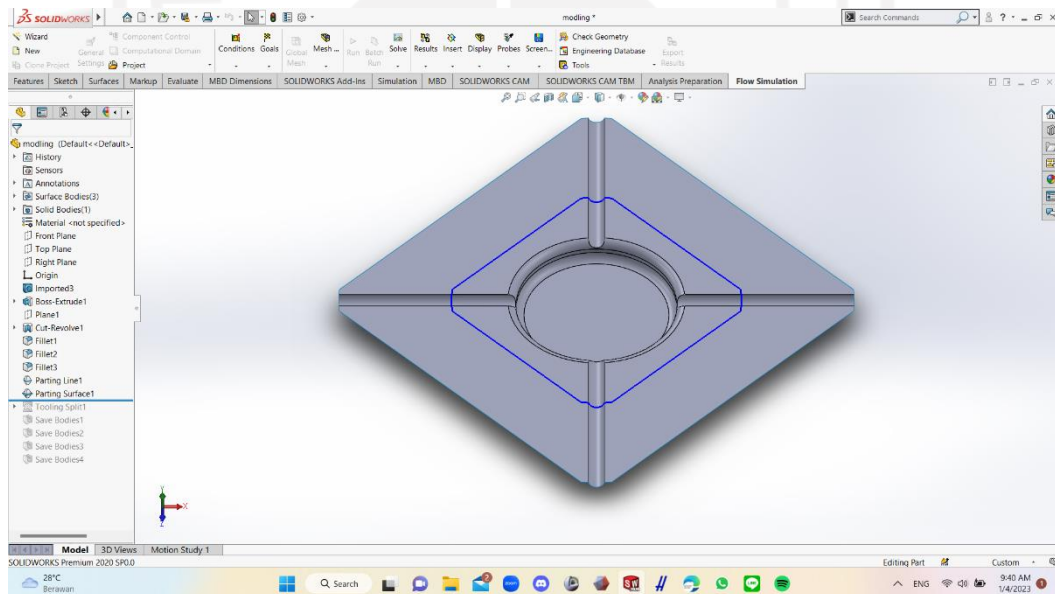
Gambar 4- 3 Posisi *Parting Line*

2. Membuat *Parting Surface*

Parting surface digunakan untuk membuat permukaan cetakan yang lebih besar dimensinya daripada bagian part.



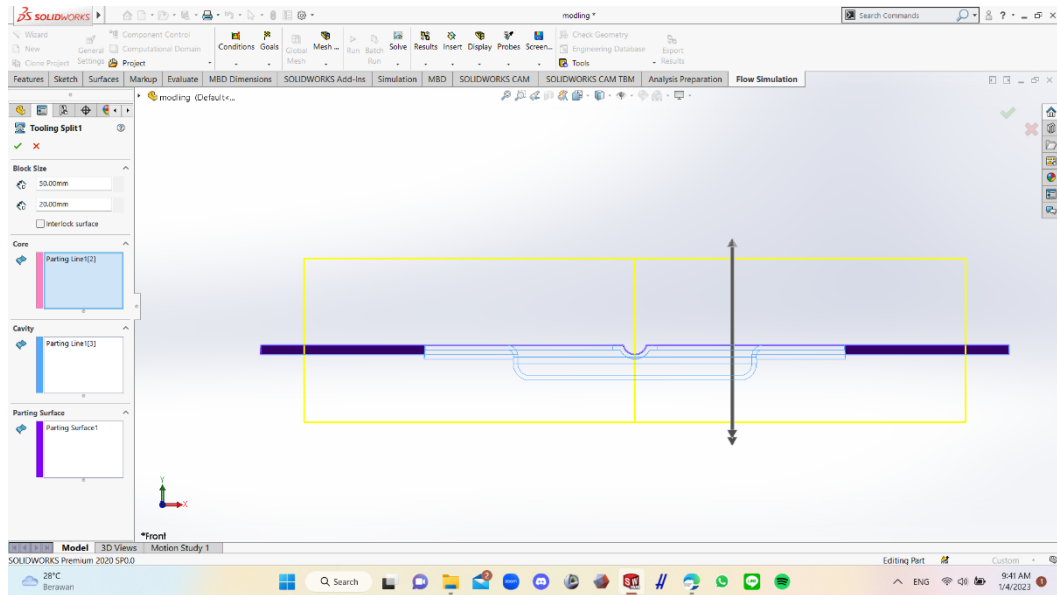
Gambar 4- 4 Proses Membuat *Parting Surface*



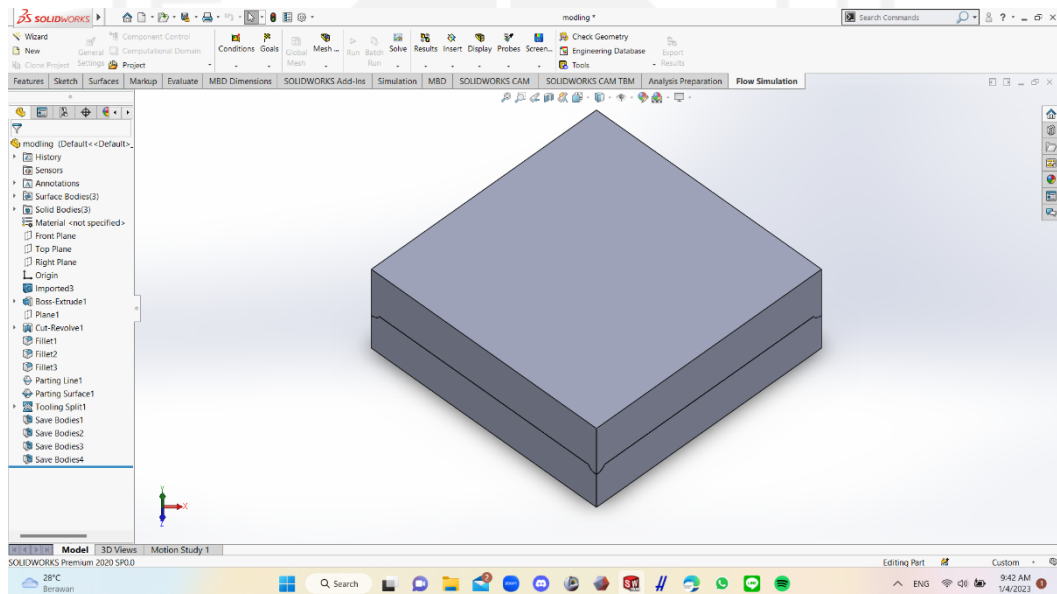
Gambar 4- 5 *Parting Surface*

3. Menggunakan Menu *Toolong Split* untuk Memisahkan *Soft Mold* dengan Cetakan Bawah

Menu *tooling split* digunakan untuk memisahkan *soft mold* dengan cetakan bawah dengan membuat *block* yang ada pada parameter menu *tooling split*. *Tooling Split* membagi 3 part, yaitu part cetakan bawah, part produk, dan part atas yaitu *soft mold*.



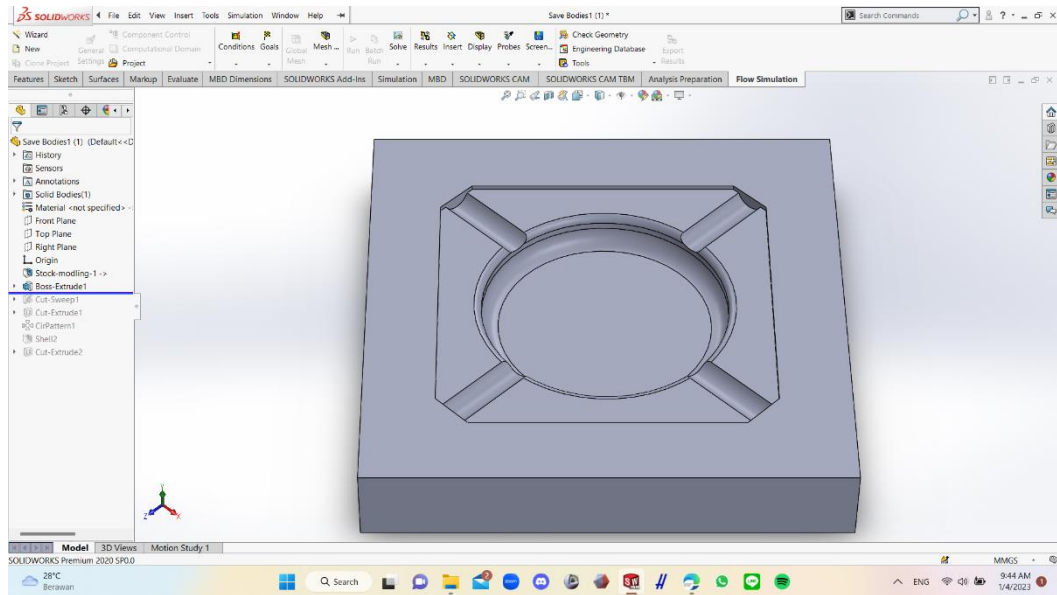
Gambar 4- 6 Proses Menu *Tooling Split*



Gambar 4- 7 *Block Tooling Split*

4. Memindahkan Bagian *Tooling Split* untuk Cetakan *Soft Mold*

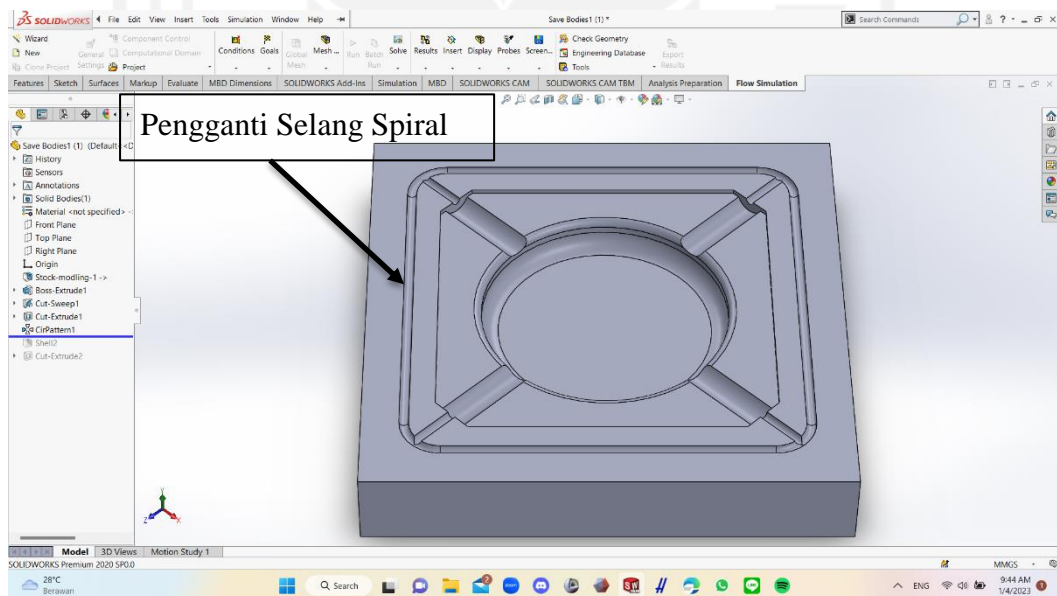
Memindahkan bagian *tooling split* untuk menjadi sebuah part yang utuh, yang digunakan untuk menjadi cetakan *soft mold*.



Gambar 4- 8 Part *Tooling Split* Cetakan *Soft Mold*

5. Membuat Pengganti Selang Spiral

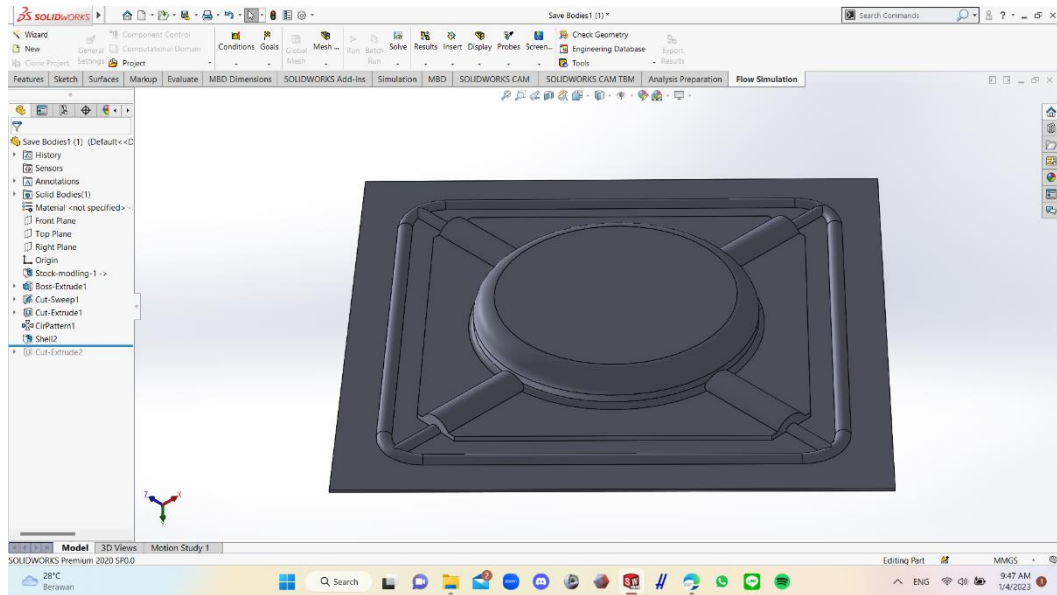
Pengganti selang spiral berfungsi untuk saluran keluar resin dari dalam cetakan, dengan bentuk mengelilingi *soft mold*.



Gambar 4- 9 Proses Membuat Pengganti Selang Spiral

6. Melakukan Pembuangan dengan Fitur *Shell*

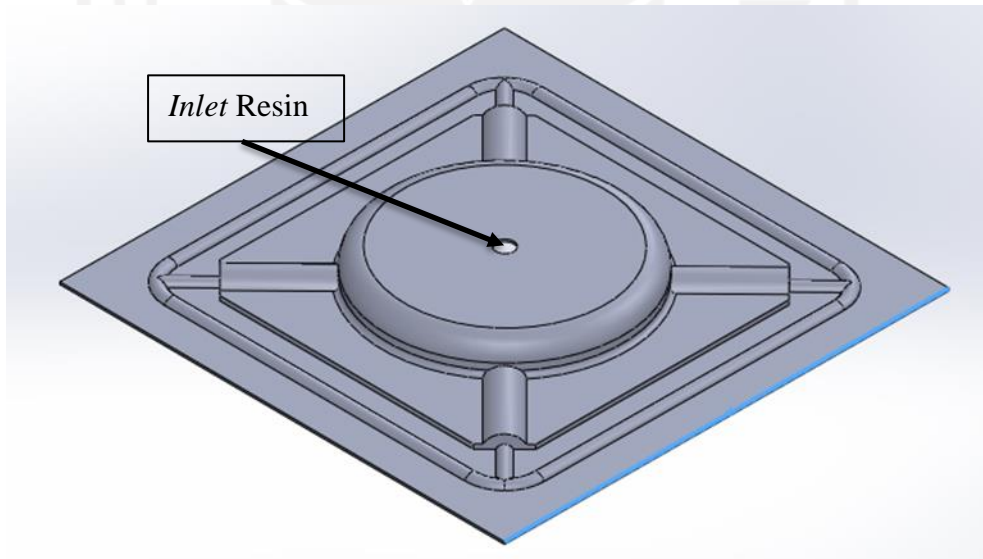
Melakukan pembuangan pada bagian luar atau kulit dari part *tooling split* untuk cetakan *soft mold* dengan sisa ketebalan 1 mm.



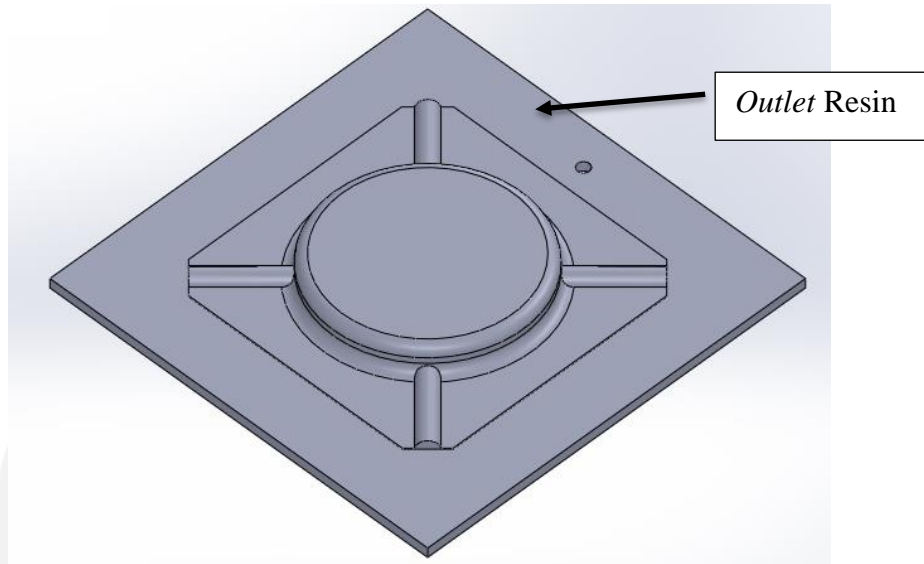
Gambar 4- 10 Proses Fitur *Shell* pada *Soft Mold*

7. Membuat *Inlet Resin*

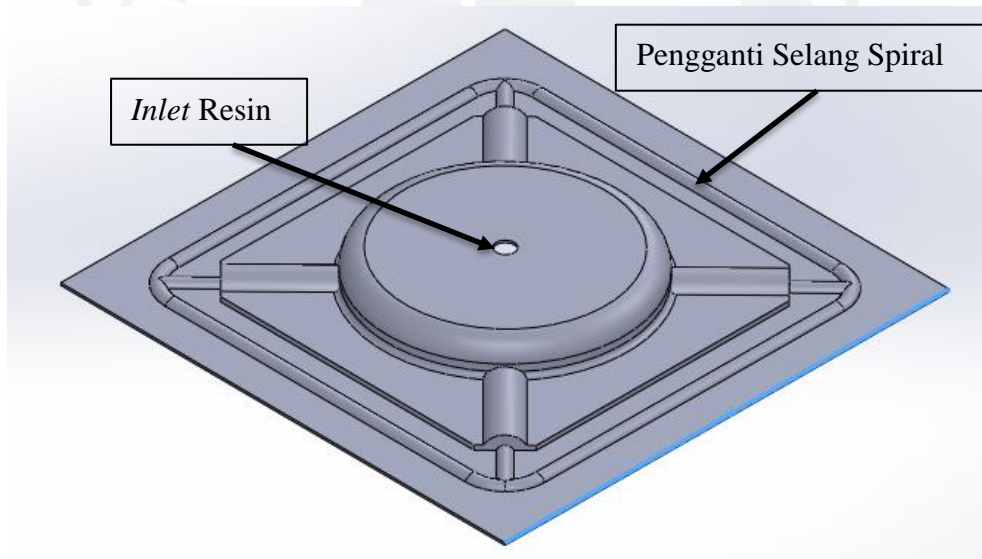
Membuat jalur masuk resin ke dalam cetakan yang terletak pada bagian atas dari cetakan *soft mold*.



Gambar 4- 11 Pembuatan *Inlet Resin*

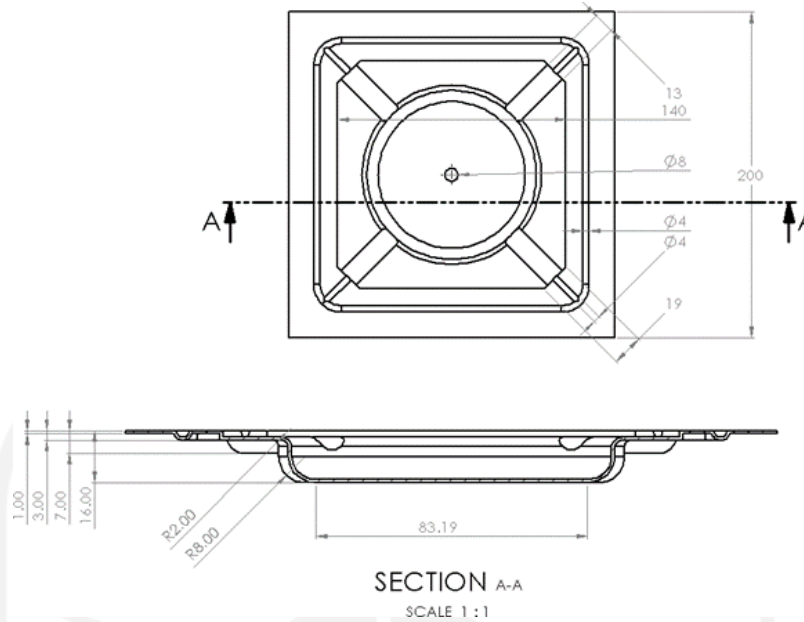


Gambar 4- 12 Desain Cetakan Bawah



Gambar 4- 13 Desain *Soft Mold*

Setelah mendapatkan hasil cetakan bawah dan cetakan atas, maka selanjutnya membuat lubang *output* pada cetakan bawah dan membuat jalur pengganti selang spiral atau jalur keluar resin pada cetakan atas, serta membuat lubang *input* resinnya. Pada desain cetakan ini, part yang dijadikan sebagai *soft mold* adalah cetakan atas.



Gambar 4- 14 Gambar Teknik Desain *Soft Mold*

4.3 Proses Pencetakan *Soft Mold*

Pada proses pencetakan *soft mold* pada penelitian menggunakan proses 3D *printing* dengan teknologi *fused filament fabrication* (FFF) atau dikenal dengan *fused deposition modelling* (FDM). Pencetakan menggunakan mesin 3D *print* Creality CR-10S Pro dengan menggunakan filamen *thermoplastic polyurethane* (TPU) bermerk SUNLU dengan *Shore A95* yang memerlukan waktu selama 4 hari. Strategi yang digunakan pada proses pencetakan ini yaitu *layer height* diatur sebesar 0,1 mm, *infill density* 50% dengan jenis *infill lines*, suhu *nozzle* 210°C, suhu *bed* 53°C, kecepatan *printing* 20 mm/s, dan penambahan *support*. *Soft Mold* memiliki bentuk sisi persegi dengan ukuran 200 mm x 200 mm dengan ketebalan 1 mm.



Gambar 4- 15 Hasil Pencetakan *Soft Mold*



Gambar 4- 16 *Soft Mold* Tampak Atas



Gambar 4- 17 *Soft Mold* Tampak Bawah

4.4 Percobaan Proses *Vacuum Infusion*

Pada proses *vacuum infusion* ini terdapat tiga variabel untuk percobaan proses *vacuum infusion* yang bertujuan untuk meneliti penggunaan *soft mold* sebagai perbaikan pada proses *vacuum infusion*. Variabel pertama adalah proses *vacuum infusion* menggunakan *soft mold* tanpa menggunakan *vacuum bag*, yang kedua adalah proses *vacuum infusion* menggunakan *soft mold* serta menggunakan

vacuum bag, dan yang ketiga adalah proses *vacuum infusion* tanpa menggunakan *soft mold*.

4.4.1 Percobaan *Soft Mold* Tanpa Menggunakan *Vacuum Bag*

Pada tahap percobaan tanpa menggunakan *vacuum bag* ini peran *soft mold* diharapkan dapat menggantikan plastik atau *vacuum bag* sebagai media penekan. Berikut adalah langkah-langkah percobaan tanpa menggunakan *vacuum bag*, sebagai berikut :

1. Melapisi *release agent* pada cetakan.
2. Meletakkan serat gelas pada cetakan.
3. *Soft mold* dipasang pada cetakan.
4. Pada bagian tepi cetakan diberi plastisin.
5. Menyalakan mesin vakum.
6. Setelah tekanan di dalam sudah negatif tekanan atmosfer, resin yang sudah dicampur dengan katalis dimasukkan ke dalam cetakan.
7. Pompa vakum terus dinyalakan hingga kondisi resin sudah menjadi gel karena cetakan yang masih terdapat kebocoran kecil.
8. Setelah resin sudah menjadi gel, cetakan didiamkan selama sehari agar resin menjadi keras dan kering.
9. Melepas *soft mold* dan mengangkat produk yang dihasilkan, lalu dilakukan analisis terkait hasil dan penyebab kegagalan pada percobaan tanpa *vacuum bag*.

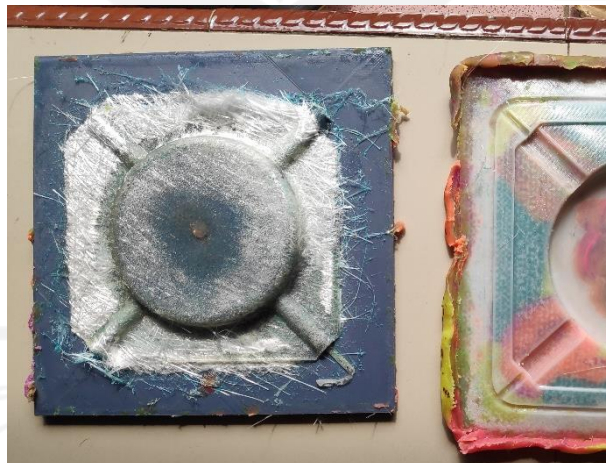
Pada percobaan tanpa menggunakan *vacuum bag*, hasil dari percobaan tersebut gagal. *Soft mold* tidak dapat menggantikan peran *vacuum bag* dengan baik. Hal ini dikarenakan terdapat rongga atau celah pada *soft mold* yang mengakibatkan kebocoran saat dilakukannya percobaan uji vakum, terdapat celah tersebut dikarenakan hasil dari 3D *printing* yang cara kerjanya adalah dengan memanaskan filamen yang terekstrusi pada *nozzle* lalu dibuat untuk mencetak produk *layer-by-layer*. Untuk mengatasi kebocoran yang terjadi pada *soft mold* yaitu dengan menambal *soft mold* menggunakan plastisin agar dapat menciptakan kondisi vakum pada cetakan tersebut. Penambalan pada *soft mold* diletakkan pada

bagian sudut bentuk produk serta bagian tepi *soft mold* yang dapat dilihat pada gambar 4- 18.



Gambar 4- 18 Pelapisan *Soft Mold* Dengan Menggunakan Plastisin

Setelah melakukan pelapisan pada *soft mold* dengan menggunakan plastisin, kebocoran udara tetap terjadi pada *soft mold*. Plastisin tidak dapat menutupi celah pada *soft mold* yang mengakibatkan kebocoran dengan maksimal, plastisin hanya mengurangi kebocoran udara dari celah pada *soft mold* tersebut.



Gambar 4- 19 Hasil Percobaan Tanpa Menggunakan *Vacuum Bag*

Pada gambar 4- 19 adalah hasil percobaan menggunakan *soft mold* tanpa *vacuum bag*. Pada gambar tersebut terlihat bahwa resin tidak menyebar secara merata pada seluruh bagian. Hal tersebut terjadi karena tidak menggunakan *flow mesh* pada cetakan yang mengakibatkan resin hanya mengalir pada daerah terdekat dari *inlet* resin.

4.4.2 Percobaan *Soft Mold* Dengan Menggunakan *Vacuum Bag*

Pada tahap percobaan *soft mold* dengan menggunakan *vacuum bag* ini adalah evaluasi dari percobaan *soft mold* tanpa menggunakan *vacuum bag*. Pada percobaan ini upaya untuk menghindari atau meminimalisir adanya kebocoran pada saat dilakukannya proses *vacuum infusion*. Terdapat penambahan bahan yang digunakan pada percobaan ini yaitu menggunakan *vacuum bag*, *butyl sealant tape*, *flow mesh*, dan *peel ply*. Berikut adalah langkah-langkah percobaan dengan menggunakan *vacuum bag*, sebagai berikut :

1. Melapisi *release agent* pada cetakan dan *soft mold*.
2. Meletakkan serat gelas pada cetakan.
3. Meletakkan *flow mesh* pada *soft mold*.
4. Meletakkan *peel ply* di atas *flow mesh* yang sudah diletakkan pada *soft mold*.
5. Membuat *vacuum bag*.
6. Menggabungkan *soft mold* dan cetakan menjadi 1 cetakan utuh.
7. Meletakkan cetakan ke dalam *vacuum bag*.
8. Menyalakan mesin pompa vakum hingga tekanan di dalam cetakan negatif tekanan atmosfer.
9. Setelah itu, mesin pompa vakum dimatikan dan *vacuum bag* didiamkan selama 10 menit untuk mengecek jika terdapat kebocoran.
10. Jika tidak terdapat kebocoran, menyalakan mesin pompa vakum kembali dan dilakukan *infusion* resin dari selang *inlet* hingga resin mengisi seluruh bagian cetakan yang ditandai resin keluar dari selang *outlet*.
11. *Vacuum bag* didiamkan selama 1 hari untuk proses pengeringan resin.
12. Pada hari berikutnya, melakukan pembongkaran dengan menggunting bagian tertentu untuk mengeluarkan cetakan dari *vacuum bag*.
13. Produk hasil *vacuum infusion* dilepaskan dari cetakan, dan dilakukan proses *finishing*.
14. Membersihkan cetakan dari sisa resin yang menempel untuk persiapan percobaan berikutnya.



Gambar 4- 20 Proses *Vacuum Infusion* Dengan Menggunakan *Vacuum Bag*

Pada Gambar 4- 20 adalah percobaan proses *vacuum infusion* dengan menggunakan *vacuum bag*, hasil dari percobaan tersebut berhasil. Dengan penambahan bahan tersebut pada proses percobaan yang telah dilakukan, bahwa proses *vacuum infusion* menggunakan *soft mold* serta penambahan *vacuum bag* dengan perekat *butyl sealant tape* dapat digunakan untuk proses pembuatan produk komposit. Penambahan *flow mesh* yang membuat resin dapat menyebar secara merata, serta *peel ply* yang digunakan untuk memisahkan serat kaca dengan *peel ply* sehingga hasil produk komposit yang dihasilkan dapat menjadi produk jadi yang dapat digunakan.



Gambar 4- 21 Hasil Produk Komposit Dengan Menggunakan *Vacuum Bag*

Pada Gambar 4- 21 hasil produk komposit dari percobaan tersebut, terlihat bahwa bentuk yang dihasilkan mengikuti atau membentuk sesuai dengan cetakan yang telah dibuat.

4.4.3 Percobaan Tanpa Menggunakan *Soft Mold*

Pada tahap percobaan proses *vacuum infusion* menggunakan *vacuum bag* tanpa menggunakan *soft mold* sebagai media penekan melainkan plastik atau *vacuum bag* tersebut yang jadi media penekan pada cetakan. Pada proses percobaan ini yang membedakan dengan proses percobaan sebelumnya adalah tidak menggunakan *soft mold* sebagai media penekan dan terdapat penambahan bahan yaitu selang spiral pada cetakan tersebut. Pada tahap percobaan ini bertujuan untuk meneliti hasil komposit percobaan proses *vacuum infusion* dengan tanpa menggunakan *soft mold*. Berikut adalah langkah-langkah percobaan dengan menggunakan *vacuum bag*, sebagai berikut :

1. Melapisi *release agent* pada cetakan.
2. Meletakkan serat gelas pada cetakan.
3. Meletakkan *peel ply* pada cetakan setelah peletakan serat gelas.
4. Menambahkan selang spiral agar tekanan di dalam cetakan merata.
5. Meletakkan *flow mesh*.
6. Membuat *vacuum bag*.
7. Meletakkan cetakan ke dalam *vacuum bag*.
8. Menambahkan selang untuk *inlet* resin, *outlet* resin, dan untuk menghubungkan *resin trap* dengan mesin pompa vakum.
9. Menyalakan mesin pompa vakum hingga tekanan di dalam cetakan negatif tekanan atmosfer.
10. Setelah itu, mesin pompa vakum dimatikan dan *vacuum bag* didiamkan selama 10 menit untuk mengecek jika terdapat kebocoran.
11. Jika tidak terdapat kebocoran, menyalakan mesin pompa vakum kembali dan dilakukan *infusion* resin dari selang *inlet* hingga resin mengisi seluruh bagian cetakan yang ditandai resin keluar dari selang *outlet*.
12. *Vacuum bag* didiamkan selama 1 hari untuk proses pengeringan resin.
13. Pada hari berikutnya, melakukan pembongkaran dengan menggunting bagian tertentu untuk mengeluarkan cetakan dari *vacuum bag*.
14. Produk hasil *vacuum infusion* dilepaskan dari cetakan, dan dilakukan proses *finishing*.

15. Membersihkan cetakan dari sisa resin yang menempel untuk persiapan percobaan berikutnya.

Pada



Gambar 4- 22 Proses *Vacuum Infusion* Tanpa Menggunakan *Soft Mold*

Pada Gambar 4- 22 adalah percobaan proses *vacuum infusion* tanpa menggunakan *soft mold*, hasil dari percobaan tersebut berhasil. Dengan penambahan bahan selang spiral pada cetakan, resin dapat mengalir secara merata pada cetakan dengan tanpa menggunakan *soft mold*.



Gambar 4- 23 Hasil Produk Komposit Tanpa Menggunakan *Soft Mold*

Pada Gambar 4- 23 hasil produk komposit dari percobaan tersebut, terlihat bahwa bentuk yang dihasilkan dari proses pembuatan komposit tanpa menggunakan *soft mold* memiliki kekurangan yaitu bentuk yang dihasilkan tidak dapat menyerupai bentuk produk yang diinginkan.

4.5 Hasil Komposit

Pada hasil komposit ini hanya terdapat hasil komposit dari dua variabel atau dua percobaan saja yang berhasil. Percobaan dengan pembuatan hasil komposit yang berhasil adalah percobaan proses *vacuum infusion* menggunakan *soft mold* serta *vacuum bag* dan percobaan proses *vacuum infusion* tanpa menggunakan *soft mold*.

4.5.1 Hasil Komposit Dengan Menggunakan *Soft Mold*

Pada hasil komposit percobaan proses *vacuum infusion* menggunakan *soft mold* serta *vacuum bag* ini dilakukan percobaan sebanyak tiga kali percobaan.



Gambar 4- 24 Hasil Produk Percobaan 1 Dengan Menggunakan *Soft Mold*



Gambar 4- 25 Hasil Produk Percobaan 2 Dengan Menggunakan *Soft Mold*



Gambar 4- 26 Hasil Produk Percobaan 3 Dengan Menggunakan *Soft Mold*

4.5.2 Hasil Komposit Tanpa Menggunakan *Soft Mold*

Pada hasil komposit percobaan proses *vacuum infusion* tanpa menggunakan *soft mold* namun menggunakan *vacuum bag* ini dilakukan percobaan sebanyak tiga kali percobaan.



Gambar 4- 27 Hasil Produk Percobaan 1 Tanpa Menggunakan *Soft Mold*



Gambar 4- 28 Hasil Produk Percobaan 2 Tanpa Menggunakan *Soft Mold*



Gambar 4- 29 Hasil Produk Percobaan 3 Tanpa Menggunakan *Soft Mold*

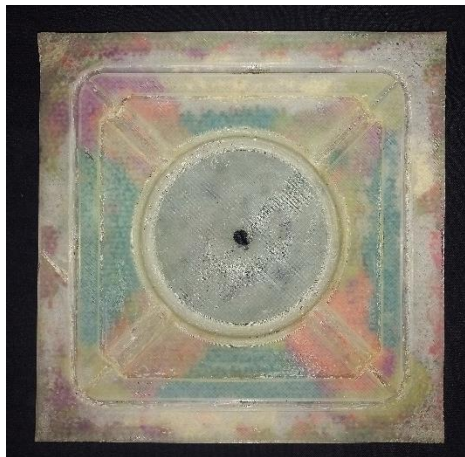
4.6 Analisis dan Pembahasan

4.6.1 Kondisi *Soft Mold*

Percobaan dengan menggunakan *soft mold* digunakan sebanyak tiga kali, dan setelah dilakukan percobaan ketiga ukuran *soft mold* menjadi berubah volumenya. Dari kondisi *soft mold* tersebut dapat dilihat bahwa *soft mold* masih dapat digunakan pada percobaan selanjutnya lagi.



Gambar 4- 30 Kondisi Luar *Soft Mold*



Gambar 4- 31 Kondisi Dalam *Soft Mold*

4.6.2 Analisis Geometri Produk

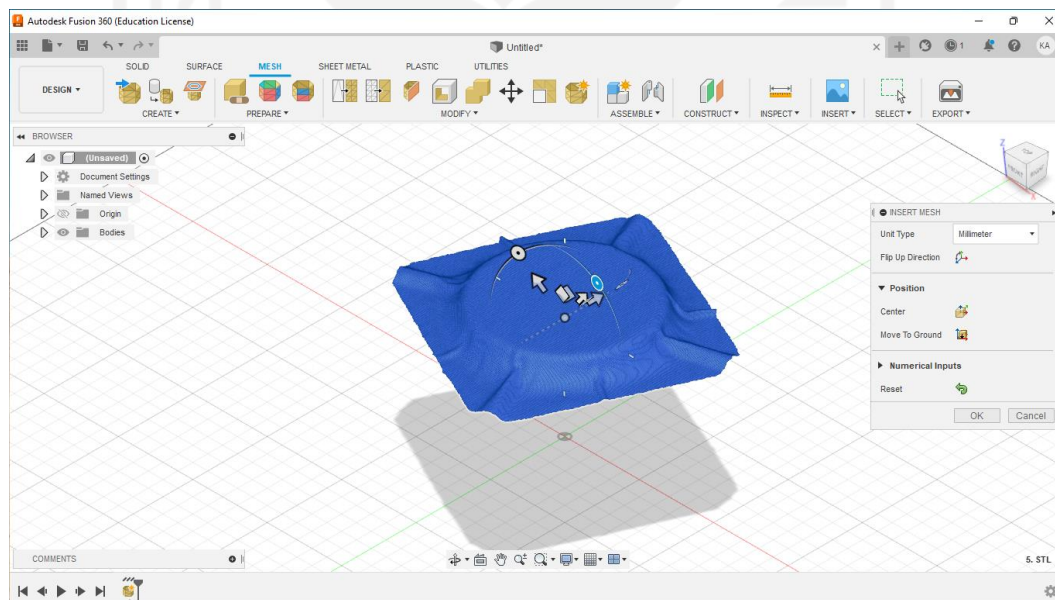
4.6.2.1 Proses Perbandingan Geometri Produk

Pada proses perbandingan geometri produk ini yaitu membandingkan produk hasil komposit dengan produk pada desain yang dijadikan studi kasus pada penelitian ini. Pada proses ini hasil komposit dari percobaan proses *vacuum infusion* dilakukan proses *scanning* atau pemindaian 3D *object* nyata menjadi gambar tiga dimensi digital melalui software 3D *scan* yaitu *handy scan* dengan format file STL.



Gambar 4- 32 Proses *Scanning* Hasil Produk Komposit

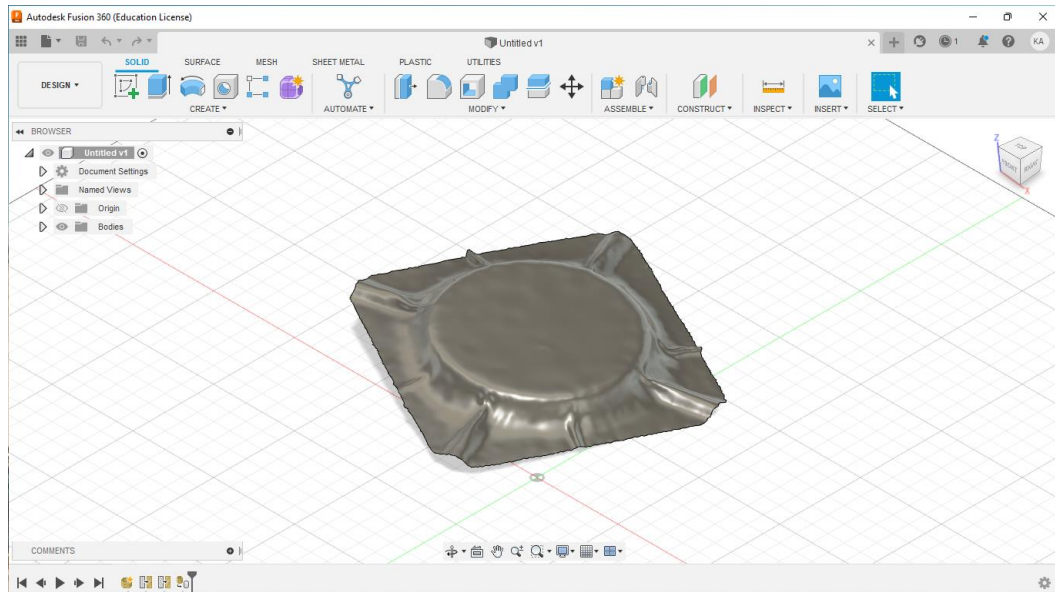
Setelah dilakukan proses *scanning*, hasil *scanning* akan diproses ataupun diolah lagi menjadi sebuah *part* atau *solid body* karena hasil dari *scanning* masih berbentuk *mesh* yang tidak dapat terbaca pada *software* solidworks karena format file STL, oleh karena itu diolah lagi agar menjadi file STEP.



Gambar 4- 33 Proses Pengolahan Hasil *Scanning*

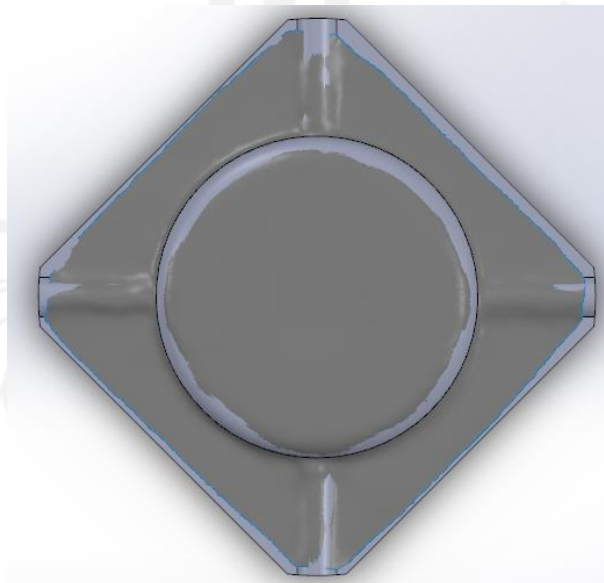
Proses menjadi sebuah *part* atau *solid body* dilakukan menggunakan *software* autocad fusion 360 dengan *feature mesh to solid* yang disimpan dengan format file STEP agar dapat dibandingkan dengan desain produk aslinya. Setelah

menjadi file STEP, maka kemudian dapat dibandingkan dengan desain aslinya yang dilakukan pada *software* Solidworks.



Gambar 4- 34 Hasil Proses *Mesh to Solid Body*

Setelah hasil *scanning* tersebut berubah dari *mesh* menjadi *mesh to solid body* yang dapat terbaca pada *software* Solidworks, maka kemudian menggabungkan hasil produk komposit dengan desain produk aslinya menggunakan fitur pada Solidworks yaitu *body compare*.



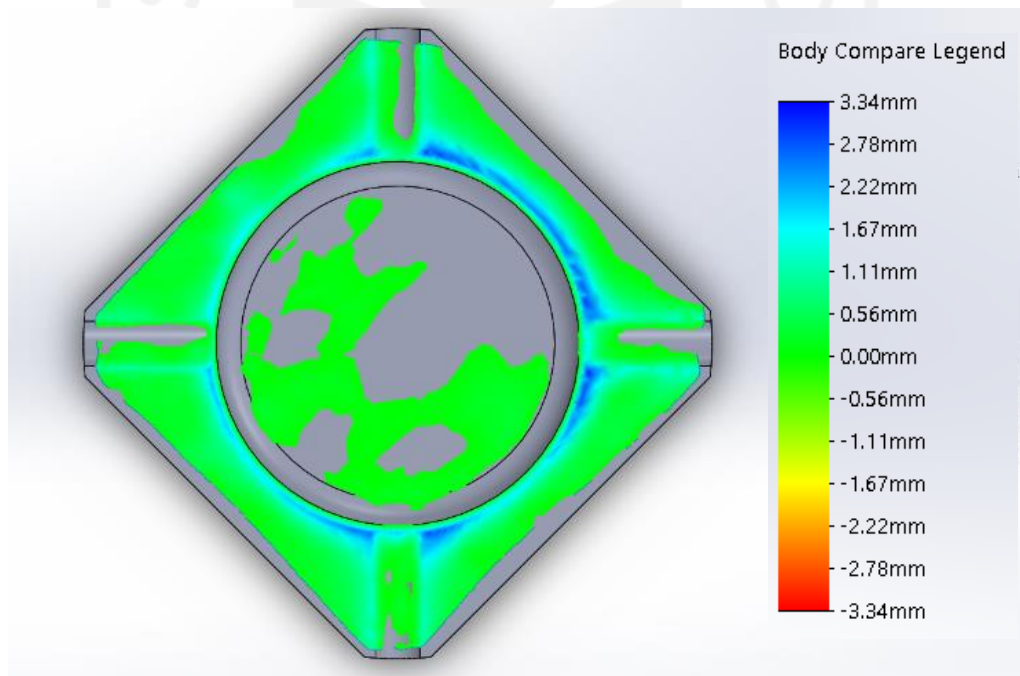
Gambar 4- 35 Hasil Penggabungan Produk Komposit Dengan Desain Produk Aslinya

4.6.2.2 Hasil Perbandingan Geometri Produk

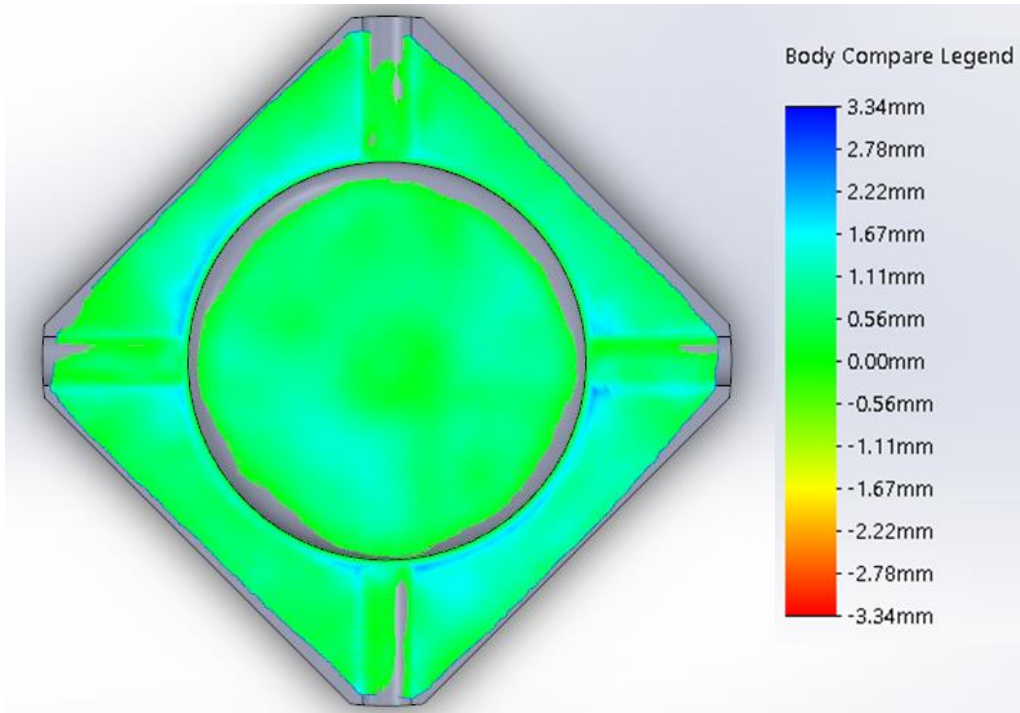
Hasil perbandingan geometri produk disini terdapat dua hasil yaitu hasil perbandingan geometri dari hasil komposit percobaan menggunakan soft mold dan hasil perbandingan geometri dari hasil komposit percobaan tanpa menggunakan *soft mold*. Diamati bahwa ukuran jika terjadinya penyimpangan warna yang ditampilkan pada hasil *body compare* tersebut pada rentang 1,11 mm sampai 3.34 mm dan berwarna merah dengan rentang (-1,11) mm hingga (-3.34) mm, jika lebih dari itu maka dianggap *miss* atau sudah terlalu jauh penyimpangan yang terjadi. Warna hijau pada rentang (-1,11) mm hingga 0,56 mm menandakan bahwa geometri yang terdapat pada produk hasil komposit tidak terjadi penyimpangan.

1. Hasil Analisis Produk Percobaan Menggunakan *Soft Mold*.

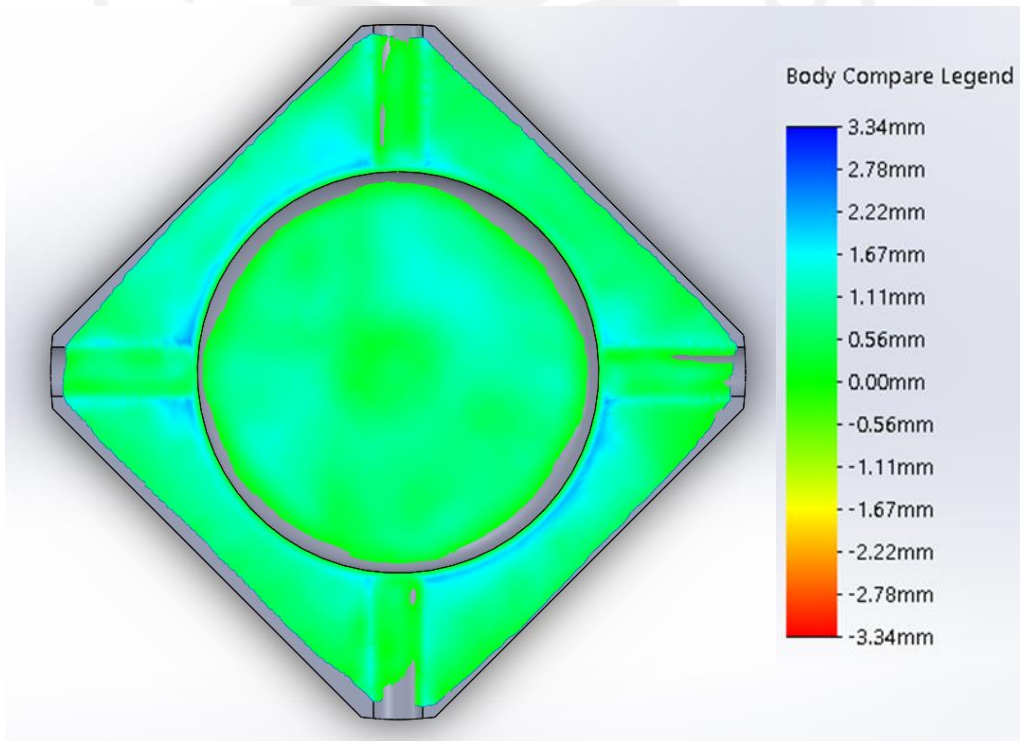
Berikut adalah hasil dari analisis produk percobaan dengan menggunakan *soft mold*.



Gambar 4- 36 Hasil Analisis Produk Percobaan 1 Menggunakan *Soft Mold*



Gambar 4- 37 Hasil Analisis Produk Percobaan 2 Menggunakan *Soft Mold*



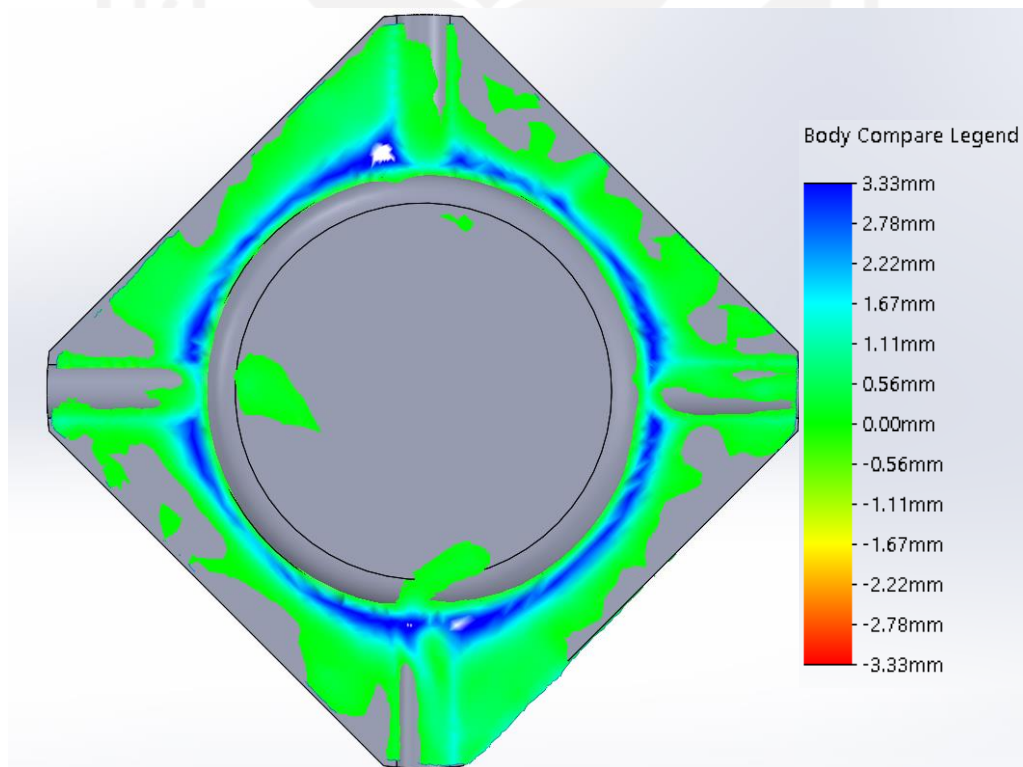
Gambar 4- 38 Hasil Analisis Produk Percobaan 3 Menggunakan *Soft Mold*

Pada tiga gambar di atas adalah hasil analisis dari hasil komposit percobaan menggunakan *soft mold*, terlihat bahwa dari hasil analisis tersebut menunjukkan dengan menggunakan *soft mold* dapat membuat hasil produk

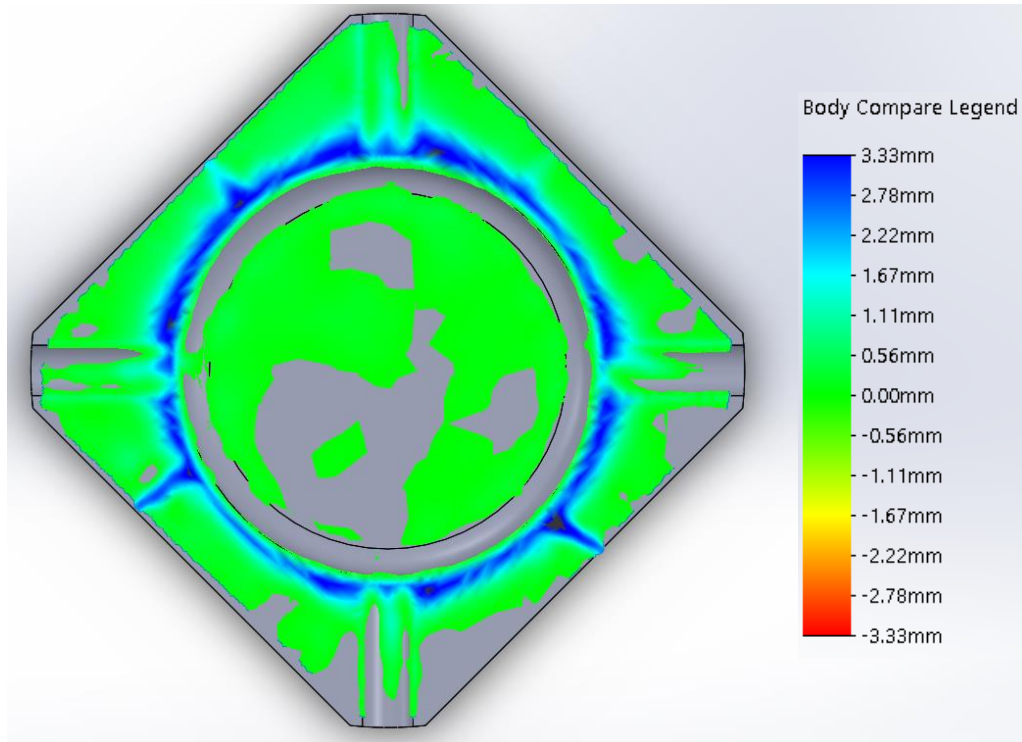
komposit yang bentuknya sesuai dengan bentuk dari desain produk yang diinginkan, dengan penyimpangan minimum berwarna biru muda pada rentang angka berkisar 1,11 mm hingga 1,67 mm, dan penyimpangan terbesarnya adalah *miss* atau melebihi ukuran desain produk aslinya yang berwarna abu-abu. Dari hasil tersebut dapat menjelaskan bahwa *soft mold* dapat mengurangi penyimpangan geometri dari hasil produk komposit dengan desain produk aslinya. Pada hasil analisis tersebut terdapat bagian yang *miss* atau penyimpangan yang begitu besar, bagian tersebut dapat berupa melewati atau tidak berbentuk dengan bentuk produk aslinya.

Pada gambar 4- 36 hasil percobaan pertama terdapat *miss* atau penyimpangan yang begitu besar, dikarenakan faktor dari penekanan *vacuum bag* terhadap *soft mold* yang kurang maksimal. Gambar 4- 37 adalah hasil percobaan kedua, terlihat bahwa hasil dari *soft mold* dapat mengurangi adanya penyimpangan geometri. Gambar 4-38 adalah percobaan terakhir menggunakan *soft mold*.

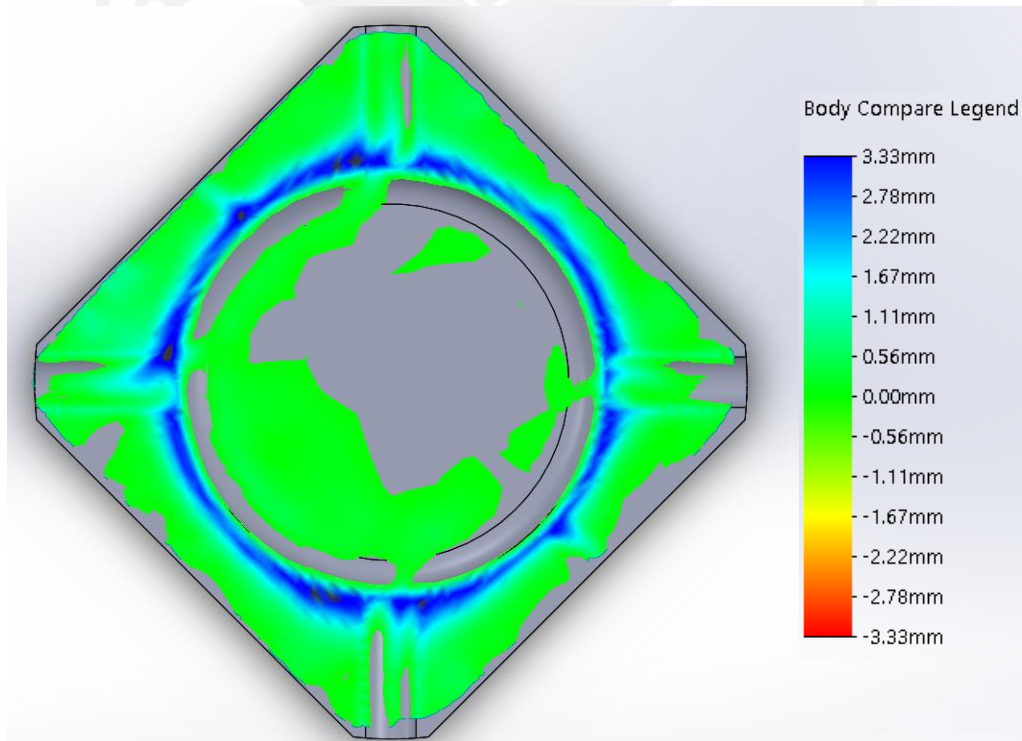
2. Hasil Analisis Produk Percobaan Tanpa Menggunakan *Soft Mold*.



Gambar 4- 39 Hasil Analisis Produk Percobaan 1 Tanpa Menggunakan *Soft Mold*



Gambar 4- 40 Hasil Analisis Produk Percobaan 2 Tanpa Menggunakan *Soft Mold*



Gambar 4- 41 Hasil Analisis Produk Percobaan 3 Tanpa Menggunakan *Soft Mold*

Pada tiga gambar di atas adalah hasil analisis dari hasil komposit percobaan tanpa menggunakan *soft mold*, terlihat bahwa penyimpangan yang terjadi cukup banyak, dan dapat menjelaskan bahwa hasil komposit tersebut

bentuknya tidak sesuai dengan bentuk dari desain produk yang diinginkan. Besar penyimpangan yang terjadi adalah *miss* atau melewati batas atau ukuran bentuk desain produk aslinya yang berwarna abu-abu, dan maksimum penyimpangan yang dapat terlihat berwarna biru tua dengan rentang angka 1,67 mm hingga 3,33 mm besar penyimpangan, serta minimum penyimpangan berwarna biru muda dengan rentang angka sebesar 1,11 mm hingga 1,67 mm besar penyimpangan yang terjadi. Pada analisis tersebut terlihat juga bahwa *miss* yang terjadi banyak yang dapat disimpulkan bahwa tanpa menggunakan *soft mold* tidak dapat mengikuti bentuk yang diinginkan karena terjadinya penyimpangan geometri yang besar.

Penyimpangan yang terjadi pada produk dengan menggunakan 3D *scanner* masih dalam rentang angka yang ditoleransi, serta faktor dari alat 3D scan yang digunakan memiliki spesifikasi akurasi pemindaian tunggal sebesar 0,3 mm dengan rentang pemindaian 210 mm x 130 mm, dan akurasi pemindaian volume sebesar 0,5 mm/m dengan rentang *minimum scan* 50 mm x 50 mm x 50 mm.

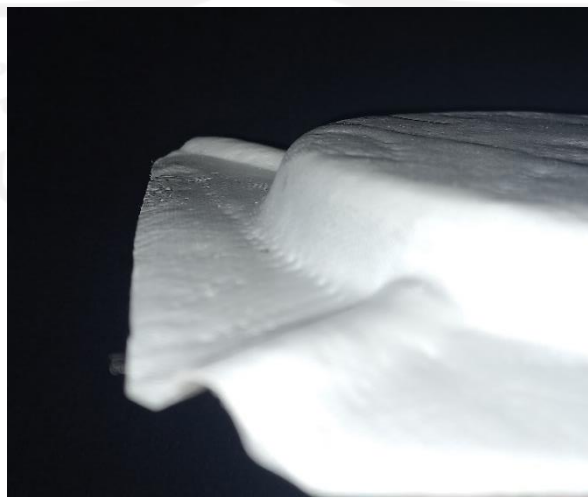
4.6.3 Pembahasan

Penelitian tentang perancangan *soft mold* yang dibuat menggunakan teknologi 3D *print fused filament fabrication* (FFF) dengan material *thermoplastic polyurethane* sebagai perbaikan pada proses *vacuum infusion* telah mencapai target dan kriteria perancangan yang diinginkan. Pada pembahasan ini terdapat tabel kriteria perancangan yang diinginkan pada perancangan *soft mold* ini.

Tabel 4- 1 Kriteria Perancangan Soft Mold

No	Kriteria <i>Soft Mold</i>	Hasil
1.	<i>Soft mold</i> dapat digunakan pada proses <i>vacuum infusion</i> .	Tercapai
2.	<i>Soft mold</i> memiliki sifat fleksibel.	Tercapai
3.	Terdapat pengganti selang spiral.	Tercapai
4.	<i>Soft mold</i> dapat mengurangi penyimpangan geometri produk dari bentuk yang diinginkan.	Tercapai

Dalam penelitian ini *soft mold* dapat digunakan pada proses *vacuum infusion* sebagai media penekan produk komposit agar bentuk geometri sesuai dengan bentuk yang diinginkan. *Soft mold* dibuat menggunakan *flexible filament* dengan teknologi *3D printing fused filament fabrication* (FFF) dengan menggunakan filamen yaitu *thermoplastic polyurethane* yang memiliki kelebihan mudah dalam proses mencetak menggunakan proses *3D print*. Pengurangan penggunaan limbah plastik pada perancangan ini yaitu dengan mengganti selang spiral dengan jalur *outlet* resin yang mengelilingi cetakan *soft mold* dan mengupayakan penggunaan *vacuum bag* berulang kali. Kelebihan dari penggunaan *soft mold* ini adalah dapat mengurangi penyimpangan geometri pada hasil produk komposit yang dibuat, *soft mold* dapat membuat hasil produk komposit jadi bentuk sesuai dengan apa yang diinginkan karena penggunaan *soft mold* dapat dilakukan pada proses *vacuum infusion*. Pada penelitian *soft mold* dengan sifat fleksibel dapat tercapai, sifat fleksibel disini adalah *soft mold* memiliki sifat lentur dan mudah untuk ditekuk, serta dengan menggunakan filamen TPU bersifat elastis yang dapat diregangkan dan kembali ke bentuk semula menjadikan *soft mold* dapat digunakan hingga beberapa kali percobaan. Pengganti selang spiral pada *soft mold* tersebut dirancang dengan tujuan sisa resin yang ada pada cetakan dapat keluar dan membuat resin mengalir secara merata. Setelah dilakukannya berbandingan geometri dari hasil menggunakan *soft mold* dan tanpa menggunakan *soft mold* dapat terlihat bahwa *soft mold* dapat membantu mengurangi penyimpangan geometri.



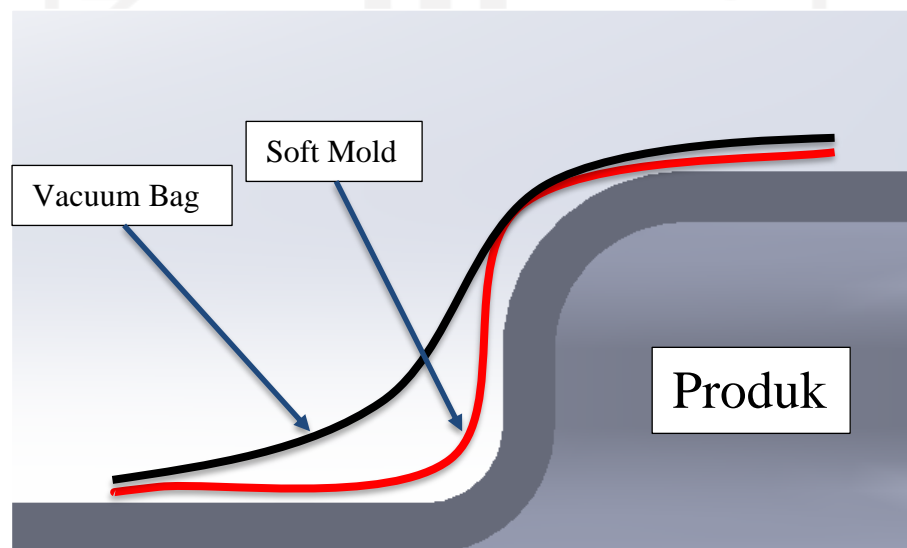
Gambar 4- 42 Bagian Sisi Dari Hasil Produk Dengan Menggunakan *Soft Mold*

Pada gambar 4- 42 terlihat hasil produk menggunakan *soft mold* dalam proses pembuatannya dapat membentuk produk mengikuti desain yang diinginkan. *Soft mold* membantu penekanan terhadap susunan komposit pada proses *vacuum infusion* yang dapat hasil produk dari proses *vacuum infusion* ini jadi lebih maksimal.



Gambar 4- 43 Bagian Sisi Dari Hasil Produk Tanpa Menggunakan *Soft Mold*

Pada gambar 4- 43 terlihat bahwa hasil produk tanpa menggunakan *soft mold* pada proses pembuatannya tidak dapat mengikuti bentuk produk desain yang diinginkan. Hanya mengandalkan *vacuum bag* sebagai penekan pada susunan komposit tidak dapat mengikuti bentuk yang diinginkan.



Gambar 4- 44 Sketsa Penggunaan *Soft Mold* dan *Vacuum Bag*

Pada gambar 4- 44 terdapat garis merah yang menunjukkan sketsa hasil produk jika menggunakan *soft mold*, yang dapat disimpulkan bahwa penggunaan

soft mold pada proses *vacuum infusion* dapat membuat hasil produk komposit mengikuti bentuk dari desain produk aslinya.

Pada gambar 4- 44 terdapat garis hitam yang menunjukkan sketsa hasil produk jika menggunakan *vacuum bag*, yang dapat disimpulkan bahwa menggunakan *vacuum bag* dan tanpa penggunaan *soft mold* pada proses *vacuum infusion* dapat membuat hasil produk komposit tidak mengikuti bentuk dari desain produk aslinya atau hasil produk komposit memiliki penyimpangan yang besar. Dari perbandingan kedua hasil produk tersebut bahwa kelebihan dari *soft mold* adalah dapat membantu penyimpangan geometri pada hasil produk agar hasil yang didapatkan lebih sesuai dengan bentuk benda yang diinginkan.



BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari hasil percobaan pada penelitian ini didapatkan beberapa kesimpulan, sebagai berikut :

1. Perancangan *soft mold* yang dibuat menggunakan teknologi *3D print fused filament fabrication* yang bermaterial *thermoplastic polyurethane* sebagai perbaikan pada proses *vacuum infusion* dapat digunakan pada proses *vacuum infusion*.
2. Dari hasil analisis perbandingan geometri antara produk hasil komposit dengan desain produk aslinya terdapat penyimpangan geometri. Terdapat dua perbandingan analisis geometri yaitu perbandingan hasil komposit proses *vacuum infusion* menggunakan *soft mold* dengan desain produk aslinya dan perbandingan hasil komposit proses *vacuum infusion* tanpa menggunakan *soft mold* dengan desain produk aslinya. Pada hasil analisis perbandingan hasil komposit proses *vacuum infusion* menggunakan *soft mold* didapatkan hasil penyimpangan minimum dengan angka yang berkisar 1,11 mm hingga 1,67 mm. Hasil analisis perbandingan hasil komposit proses *vacuum infusion* tanpa menggunakan *soft mold* didapatkan hasil penyimpangan minimum 1,12 mm hingga 1,68 mm dan penyimpangan terbesar adalah 1,68 mm hingga 3,36 mm besar penyimpangan yang terjadi. Dari hasil analisis geometri tersebut, didapat bahwa menggunakan *soft mold* dapat mengurangi penyimpangan geometri pada hasil komposit yang dibuat, dan kelebihan hasil dari komposit dengan menggunakan *soft mold* dapat mengikuti atau mirip dengan bentuk desain yang diinginkan.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Pada penelitian selanjutnya, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Mempertimbangkan jumlah penyusunan serat fiber agar hasil komposit yang didapatkan dari proses *vacuum infusion* menggunakan *soft mold* dapat mengikuti bentuk dari desain produk aslinya yang dijadikan sebagai studi kasus.
2. Pada saat proses analisis geometri hasil komposit, perlu adanya tanda atau titik pada beberapa sisi, agar memudahkan proses *scanning* produk dengan hasil yang lebih maksimal.



DAFTAR PUSTAKA

- Armansyah, A., Hidayatulloh, S., dan Herliana, A. (2018). *Perancangan dan Pembuatan Alat Scanner 3D Menggunakan Sensor Kinect Xbox 360*. Jurnal Informatika. 5(1): 128-136.
- B. Satyanarayana and Kode Jaya Prakash., 2015. *Component Replication using 3D Printing Technology*. Procedia Materials Science 10., p.263 – 269
- Bakir, B. dan H. Hasim, 2013. *Effect of Fiber Orientation for Fiber Glass Reinforced Composite Material on Mechanical Properties, International Journal of Mining, Metallurgy & Mechanical Engineering (IJMMME)* Volume 1, Issue 5 (2013) ISSN 2320-4052.
- Excell, Jon, *The rise of additive manufacturing*. The Engineer. 2013
- Ferretti, P.; Santi, G.M.; Leon-Cardenas, C.; Freddi, M.; Donnici, G.; Frizziero, L.; Liverani, A. *Molds with Advanced Materials for Carbon Fiber Manufacturing with 3D Printing Technology*. Polymers 2021, 13, 3700.
- Goren, A. dan Atas, C., 2011. *Manufacturing of Polymer Matrix Composites Using Vacuum Assisted Resin Infusion Molding, International Scientific Journal, World Academy of Materials and Manufacturing Engineering*, Volume 34 Issue 2, December 2008, Pages 117-120
- Hasdiansah dan Herianto. (2018). *Pengaruh Parameter Proses 3D Printing Terhadap Elastisitas Produk Yang Dihasilkan*. Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. 24 Februari 2018.
- Hidayat, Syarif. 2020. *Aplikasi Perangkat Vacuum Infusion Untuk Pembuatan Komponen Berbahan Komposit*. Kampus ITENAS. Desember 2020
- Hsiao, T. 2012. *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding (VARTM) in Polymer Matrix Composites*
- Jacobs, Paul Francis, *Rapid Prototyping & Manufacturing: Fundamentals of Stereolithography*. Society of Manufacturing Engineers. 1992
- Nair, A., & Thomas, R. M. (2016). *Infrared sensor based 3D image construction*. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 2420- 2424.

- Ningsih, Dewi Handayani Untari. 2005. *Computer Aided Design / Computer Aided Manufactur (CAD/CAM)*. Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK Volume X, No. 3, 2005 : 143-149
- S. B. Alamsyah, *Pembangunan Sistem Mekanik Pemindai Benda 3 Dimensi*, Bandung, 2017.
- Salamun, Bibit Ahmat. *Perancangan dan Pembuatan Alat Vacuum Infusion*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta : s.n., 2017.
- Siregar, R Arief dan Rangkuti, A Ridwan. 2018. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. 2018.
- Wang, P; Molimard, J; Drapier, S; Vautrin, A; and J.C. Minni, 2011. *Monitoring the Resin Infusion Manufacturing Processes Under Industrial Environment Using Distributed Sensors*, Journal of Composite Materials 46(6) 691-706.
- Yeung, K.K.H. and K.P. Rao, 2014. *Mechanical Properties of Boron and Kevlar-49 Reinforced Thermosetting Composites and Economic Implications*, Journal of Engineering Science, Vol. 10, 19–2

LAMPIRAN 1

