

**PENGARUH PROSES KOMPOSIT SANDWICH METODE
VACUUM INFUSION TERHADAP 3D PRINTED CORE
GEOMETRI KOMPLEKS
(Studi Kasus Helm Sepeda)**

TUGAS AKHIR

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



**Ahmad Dja'far Baraja
15525036**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2021**

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING
PENGARUH PROSES KOMPOSIT SANDWICH METODE
VACUUM INFUSION TERHADAP 3D PRINTED CORE
GEOMETRI KOMPLEKS
(Studi Kasus Helm Sepeda)

TUGAS AKHIR

Disusun oleh:

Nama : Ahmad Dja'far Baraja

No. Mahasiswa : 15525036

NIRM 2015030408

Yogyakarta, 16 Desember 2021

Pembimbing I,



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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI
PENGARUH PROSES KOMPOSIT SANDWICH METODE
VACUUM INFUSION TERHADAP 3D PRINTED CORE
GEOMETRI KOMPLEKS
(Studi Kasus Helm Sepeda)

TUGAS AKHIR

Disusun oleh:

Nama : Ahmad Dja'far Baraja

No. Mahasiswa : 15525036

NIRM 2015030408

Tim Penguji,

Muhammad Ridlwan S.T., M.T.

Ketua

Tanggal : 2/01/2022

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

Anggota I

Tanggal : 12/01/22

Faisal Arif Nurgesang S.T., M.Sc.

Anggota II

Tanggal : 11/01/2022

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Risdiyono S.T., M.T.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan, pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui sebagai tulisan saya sendiri atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis lainnya.

Yogyakarta, 16 Desember 2021

Yang membuat pernyataan,



Ahmad Dja'far Baraja

15525036

HALAMAN PERSEMBAHAN



Tugas akhir ini saya persembahkan kepada dua orang hebat dalam hidup saya, Ayahanda dan Ibunda. Keduanya lah yang membuat segalanya menjadi mungkin sehingga saya bisa sampai pada tahap di mana tugas akhir ini akhirnya selesai. Terima kasih atas segala pengorbanan, nasihat dan doa baik yang tidak pernah berhenti kalian berikan kepadaku



HALAMAN MOTTO

Barang siapa bertakwa kepada Allah maka Dia akan menjadikan jalan keluar baginya, dan memberinya rezeki dari jalan yang tidak ia sangka, dan barang siapa yang bertawakal kepada Allah maka cukuplah Allah baginya, Sesungguhnya Allah melaksanakan kehendak-Nya, Dia telah menjadikan untuk setiap sesuatu kadarnya.

(Q.S. Ath-Thalaq ayat 2-3)

Rasulullah bersabda: Barangsiapa menempuh jalan untuk mendapatkan ilmu, Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga.

(HR. Muslim)

Tiga tahap dalam pendidikan dasar: pertama, mengalami sebab akibat; kedua, memahami sebab akibat, dan ketiga merancang sebab akibat.

(Toto Rahardjo)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alamiin, puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat, Taufik serta Hidayah-Nya Shalawat beserta salam selalu terlimpah curahkan kepada junjungan Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat serta pengikut beliau hingga *yaumul akhir*. Dengan ini, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Pengaruh Proses Komposit Sandwich Metode Vacuum Infusion Terhadap 3d Printed Core Geometri Kompleks (Studi Kasus Helm Sepeda). Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Muhmmad Ridlwan S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo M.T. selaku dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Eng. Risdiyono S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak dan Ibu penulis tercinta yang telah memberikan dukungan secara moril dan materiil serta tak henti-hentinya memanjatkan doa untuk kelancaran dan kesuksesan penulis,
5. Rania, istriku yang selalu memberi dukungan dan motivasi sejak pertama tugas akhir ini disusun hingga selesai,
6. Sobat bang do, Rizal, Anggit dan Iqbal yang selalu menghibur untuk mengurangi kejenuhan,

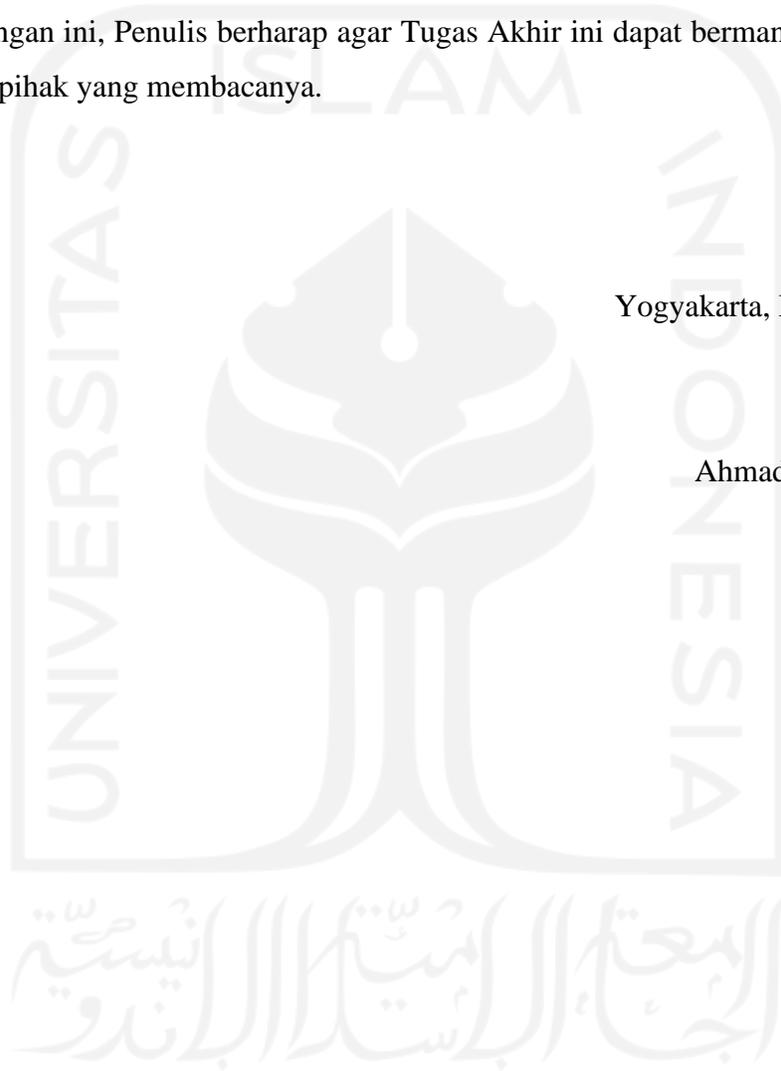
7. Gufron, Julianto, Fadhil, Galang, Ashfan, Haidar dan Erik mahasiswa bimbingan bapak Muhammad Ridlwan atas dukungan dan bantuannya dalam mengerjakan proses tugas akhir saya.

Dengan ini, Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, Desember 2021

Ahmad Dja'far Baraja

15525036



ABSTRAK

Seiring dengan pesatnya perkembangan dunia teknologi membuat manusia membuat terobosan-terbosoan yang mempercepat suatu proses, diantaranya adalah proses manufaktur. Permasalahan proses manufaktur diantaranya adalah panjangnya proses pembuatan dan harga jual yang tinggi jika hanya untuk membuat satu produk saja. Penelitian ini bertujuan untuk membuat satu buah produk dengan mempersingkat waktu. Proses pembuatan yang digunakan adalah menggabungkan proses *3D Printing* dengan komposit *sandwich*. Komposit *sandwich* adalah komposit yang berisi tiga lapis, yaitu *skin*, *core*, dan *skin*. Dalam proses penelitian ini, produk hasil *3D Printing* sebagai cetakan sekaligus sebagai *core*. Produk yang akan dibuat adalah helm sepeda, karena memiliki geometri yang kompleks.

Langkah pertama helm sepeda dicetak menggunakan mesin 3D Printing. Kemudian helm sepeda hasil cetak *3D Printing* dilakukan proses komposit *sandwich* dengan menggunakan proses *Vacuum Infusion*. Setelah resin kering plastik helm dibuka dan helm sepeda sudah jadi. Setelah helm sepeda selesai dilakukan proses komposit *sandwich*, dilakukan proses *scanning* pada helm sepeda, kemudian hasil *scanning* dicocokkan dengan desain utama hasil helm sepeda untuk dilihat apakah ada perubahan dimensi pada helm sepeda setelah dilakukan proses komposit *sandwich* metode *vacuum infusion*. Hasil scan menunjukkan adanya perubahan dimensi pada helm sepeda sebesar 6 sampai 7 mm dari desain utamanya.

Kata Kunci : *3D Printing*, komposit *sandwich*, *Vacuum Infusion Process*, *3D scanning*

ABSTRACT

Along with the rapid development of the world of technology, humans make breakthroughs that speed up a process, including the manufacturing process. Problems with the manufacturing process include the length of the manufacturing process and the high selling price if only to make one product. This study aims to make one product by shortening the time. The manufacturing process used is to combine the 3D Printing process with sandwich composites. Sandwich composites are composites that contain three layers, namely skin, core, and skin. In the process of this research, the 3D Printing product is used as a print as well as a core. The product to be made is a bicycle helmet, because it has a complex geometry.

The first step is to print a bicycle helmet using a 3D Printing machine. Then the 3D Printed bicycle helmet is carried out with a sandwich composite process using the Vacuum Infusion process. After the resin is dry, the plastic helmet is opened and the bicycle helmet is finished. After the bicycle helmet is finished, the sandwich composite process is carried out, a scanning process is carried out on the bicycle helmet, then the scanning results are matched with the main design of the bicycle helmet to see if there is a change in the dimensions of the bicycle helmet after the sandwich composite process with the vacuum infusion method is carried out. The scan results show a change in the dimensions of the bicycle helmet by 6 to 7 mm from the main design.

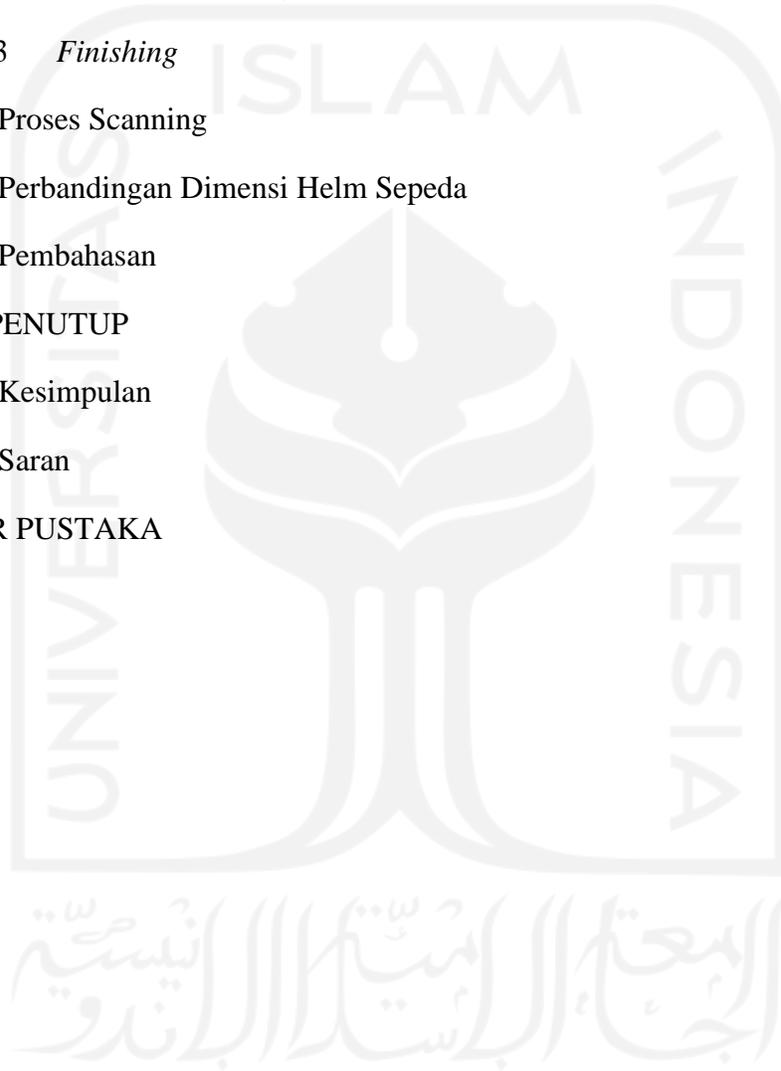
Keywords : *3D Printing, composite sandwich, vacuum infusion, 3D Scanning*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Dasar teori	5

2.2.1	Komposit	5
2.2.2	3D Print	6
2.2.3	<i>Vacuum Infusion</i>	7
2.2.4	<i>3D Scanner</i>	8
BAB III LANDASAN TEORI		10
3.1	Alur Penelitian	10
3.2	Desain Helm Sepeda	11
3.3	Alat dan Bahan	13
3.3.1	Laptop	13
3.3.2	Mesin <i>3D Print</i>	13
3.3.3	3D Scan Sense	13
3.3.4	<i>Software Autodesk Inventor</i>	14
3.3.5	Tabung Vakum	14
3.3.6	<i>Vacuum Pump</i>	15
3.3.7	PLA	16
3.3.8	Resin dan Katalis	16
3.3.9	Serat Kaca	17
3.3.10	Filter Resin	18
3.3.11	<i>Vacuum Bagging Film</i>	19
3.3.12	Sealing Tape	19
3.3.13	Kain <i>Peel Ply</i>	20
3.3.14	Kain Jaring	20
3.3.15	Selang Spiral	21

3.3.16 Selang Angin	21
BAB 4 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Proses Pembuatan Produk	22
4.1.1 Proses Cetak Menggunakan Mesin <i>3D Print</i>	22
4.1.2 Proses <i>Vacuum Infusion</i>	26
4.1.3 <i>Finishing</i>	32
4.2 Proses Scanning	34
4.3 Perbandingan Dimensi Helm Sepeda	36
4.4 Pembahasan	39
BAB V PENUTUP	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komposit <i>sandwich</i>	5
Gambar 2.2 Proses <i>Vacuum Infusion</i>	8
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	10
Gambar 3.2 Desain helm sepeda pertama tampak samping.....	11
Gambar 3.3 Desain helm sepeda pertama tampak depan.....	12
Gambar 3.4 Desain helm sepeda kedua tampak depan	12
Gambar 3.5 Desain helm sepeda kedua tampak belakang	12
Gambar 3.6 Mesin 3D <i>Print</i> Creality cr10s Pro.....	13
Gambar 3.7 Alat 3D Scan Sense	14
Gambar 3.8 Tabung Vakum.....	15
Gambar 3.9 <i>Vacuum Pump</i>	15
Gambar 3.10 PLA CCTREE	16
Gambar 3.11 Resin 2668 wnc	17
Gambar 3.12 Katalis Mepoxe	17
Gambar 3.13 Serat Kaca atau <i>Fiberglass</i>	18
Gambar 3.14 Filter Resin	18
Gambar 3.15 <i>Vacuum Bagging Film</i>	19
Gambar 3.16 <i>Sealing Tape</i>	19
Gambar 3.17 Kain <i>Peel Ply</i>	20
Gambar 3.18 Kain Jaring	20
Gambar 3.19 Selang Spiral	21
Gambar 3.20 Selang Angin.....	21
Gambar 4.1 Desain Helm Pertama.....	22
Gambar 4.2 Proses Cetak 3D <i>Print</i> Helm Pertama	23
Gambar 4.3 Hasil Cetak 3D <i>Print</i> Helm Pertama	23
Gambar 4.4 Desain Helm Kedua	24
Gambar 4.5 Proses Cetak 3D <i>Print</i> Helm Kedua.....	25

Gambar 4.6 Hasil Cetak 3D <i>Print</i> Helm Kedua.....	25
Gambar 4.7 Proses <i>Vacuum Infusion</i> Bagian Luar Helm Sepeda	27
Gambar 4.8 Hasil Proses <i>Vacuum Infusion</i> Bagian Luar Helm Sepeda.....	27
Gambar 4.9 Proses <i>Vacuum Infusion</i> Bagian Dalam Helm Sepeda.....	28
Gambar 4.10 Hasil Proses <i>Vacuum Infusion</i> Bagian Dalam Helm Sepeda	29
Gambar 4.11 Proses <i>Vacuum Infusion</i> Helm Sepeda Desain Kedua	30
Gambar 4.12 Proses <i>Vacuum Infusion</i> Helm Sepeda Desain Kedua	30
Gambar 4.13 Hasil Proses <i>Vacuum Infusion</i> Helm Sepeda Desain Kedua.....	31
Gambar 4.14 Hasil Proses <i>Vacuum Infusion</i> Helm Sepeda Desain Kedua.....	31
Gambar 4.15 Hasil <i>Finishing</i> Helm Sepeda Desain Pertama.....	32
Gambar 4.16 Hasil <i>Finishing</i> Helm Sepeda Desain Pertama.....	33
Gambar 4.17 Hasil <i>Finishing</i> Helm Sepeda Desain Kedua	33
Gambar 4.18 Hasil <i>Finishing</i> Helm Sepeda Desain Kedua	34
Gambar 4.19 Hasil <i>Scan</i> Helm Setelah Proses Cetak 3D <i>Print</i>	35
Gambar 4.20 Hasil <i>Scan</i> Helm Setelah Proses Komposit <i>Sandwich Vacuum Infusion</i>	35
Gambar 4.21 Helm Sepeda Setelah Proses Cetak 3D <i>Print File STEP</i>	36
Gambar 4.22 Helm Sepeda Setelah Proses Komposit <i>Sandwich Vacuum Infusion File</i> <i>STEP</i>	36
Gambar 4.23 Perbandingan Helm Setelah Proses Cetak 3D <i>Print</i> Dengan Desain Aslinya	37
Gambar 4.24 Perbandingan Helm Setelah Proses Komposit Dengan Desain Aslinya	38

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada zaman sekarang sudah sangat pesat, salah satunya pada teknologi proses manufaktur atau proses pembuatan produk. Perkembangan pada proses manufaktur ini membawa pada terobosan atau lompatan proses sehingga proses membuat produk menjadi lebih cepat dan lebih murah dibanding dengan proses sebelumnya. Salah satu terobosan proses pembuatan produk adalah dengan menggunakan *3D printing* dan komposit *sandwich*.

Komposit adalah kombinasi dari dua material atau lebih, yang memiliki sifat yang berbeda dari material penyusunnya (Abdurrahman & Marta, 2018). Sedangkan komposit *sandwich* adalah komposit yang terdiri dari tiga lapis, yaitu *skin* (kulit permukaan) pada permukaan atas dan bawah dan *core* (bagian inti) pada bagian tengahnya. Produk hasil komposit *sandwich* memiliki kelebihan kuat. Akan tetapi proses pembuatannya masih secara tradisional yang memiliki beberapa kelemahan, diantaranya proses pembuatannya lama dan akan menjadi mahal jika hanya untuk membuat satu produk saja. Sedangkan *3D Printing* memiliki kelebihan cepat dalam membuat produk, akan tetapi kekuatan yang dimiliki produk hasil *3D Printing* sangat rendah sehingga biasanya produk hasil *3D Printing* hanya digunakan untuk *prototype* atau purwarupa saja.

Pada penelitian ini mencoba membuat produk dengan geometri yang kompleks menggunakan hasil *3D Printing* sebagai cetakan sekaligus sebagai core dan diperkuat dengan menggunakan komposit *sandwich*. Komposit *sandwich* pada penelitian ini menggunakan proses *vaccum infusion*, yaitu proses pelapisan resin dengan memanfaatkan kevakuman atau kekedapan udara. Penelitian ini akan membuktikan apakah proses pembuatan produk menggunakan hasil *3D Printing* dan komposit *sandwich* mampu menghasilkan produk dengan geometri yang kompleks. Produk hasil *3D Printing* dan

komposit *sandwich* akan memiliki kelebihan bisa *custom*, lebih cepat dan lebih murah untuk pembuatan satu produk saja.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang bisa diidentifikasi dari latar belakang yang telah disampaikan diatas sebagai berikut:

1. Apakah membuat produk geometri kompleks dengan memanfaatkan proses 3D *Printing* dan komposit *sandwich* metode *vacuum infusion* dapat dilakukan?
2. Apakah ada perubahan dimensi produk setelah dilakukan proses *vacuum infusion*?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah supaya kajian tidak menyimpang dari tujuan penelitian tersebut, diantaranya:

1. Filamen 3D *Print* menggunakan PLA
2. Komposit *sandwich* menggunakan metode *vacuum infusion*
3. Tidak membahas desain
4. Tidak membahas sifat mekanik

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Membuat produk dengan geometri kompleks menggunakan proses hasil 3D *Print* yang digabungkan dengan komposit *sandwich* dengan metode *vacuum infusion*.
2. Melakukan pengukuran terhadap produk hasil 3D *Print* yang digabungkan dengan komposit *sandwich* dengan metode *vacuum infusion* untuk mengetahui apakah ada perubahan dimensi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dengan melakukan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui apakah produk dengan geometri kompleks dapat dibuat dengan menggunakan proses *3D Print* yang digabungkan komposit *sandwich* metode *vacuum infusion*.
2. Mengetahui apakah ada perubahan dimensi geometri produk setelah dilakukan proses *vacuum infusion*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab, yaitu:

1. Bab 1. Pendahuluan yang berisi latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan yang digunakan pada laporan tugas akhir tersebut.
2. Bab 2. Tinjauan pustaka yang berisi kajian pustaka dan dasar teori yang akan digunakan pada penelitian tersebut.
3. Bab 3. Metode penelitian yang berisi alur penelitian, alat dan bahan serta tahapan-tahapan yang dilakukan pada proses pembuatan produk
4. Bab 4. Hasil dan pembahasan, berisi proses pembuatan produk, hasil serta pembahasan proses pembuatan produk tersebut.
5. Bab 5. Penutup yang berisi kesimpulan yang didapat setelah melakukan penelitian dan saran untuk penelitian berikutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Struktur *sandwich* adalah konstruksi integral yang memiliki kekuatan tarik dan tekan yang tinggi, yang dihasilkan dari susunan dua lapisan kulit (*skin*) atau lebih, dengan bagian inti (*core*) ditengah yang dapat menambahkan kekuatan geser (Fansuri, Hamzah, 2019).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Fansuri, Hamzah, 2019) tersebut dilakukan proses penggabungan antara produk hasil 3D *Print* dengan komposit *sandwich*. Metode yang digunakan adalah *hand lay-up*. Peneliti melakukan pengujian tarik terhadap beberapa specimen, yaitu 3D *Print* saja, 3D *Print* digabungkan dengan resin, 3D *Print* digabungkan dengan *fiberglass* dan 3D *Print* digabungkan dengan komposit *sandwich*. Hasilnya 3D *Print* yang digabungkan dengan komposit *sandwich* memiliki tegangan tarik paling tinggi (Fansuri, Hamzah, 2019).

Pembuatan *prototype* produk *aquatic caravan* dengan menggunakan hasil 3D *Print* yang digabungkan dengan komposit *sandwich* dilakukan oleh (Nanda dan Zikri, 2019). Pada penelitian tersebut, produk dicetak dengan bentuk puzzle yang kemudian disusun sehingga membentuk *aquatic caravan* dan dilakukan proses komposit *sandwich* dengan metode *hand lay-up*. Hasil *prototype aquatic caravan* tergolong berhasil setelah diletakkan diatas air untuk melakukan pengujian kebocoran dan tidak didapatkan ada kebocoran pada *aquatic caravan* tersebut (Nanda dan Zikri, 2019).

Pembuatan produk *frame drone* dilakukan oleh (Mukhlis, Gufron, 2021) dengan penggabungan hasil cetak 3D dengan komposit *sandwich* metode *vacuum infusion*. Dari penelitian tersebut menunjukkan hasil bahwa *frame drone* yang telah dilapisi komposit *sandwich* memiliki lendutan lebih kecil daripada *frame drone* yang tidak dilakukan pelapisan komposit *sandwich*. *frame drone* yang telah dilakukan pelapisan komposit *sandwich* dimensinya bertambah sebesar 1 mm dan beratnya bertambah sebesar 50,5 gram (Mukhlis, Gufron, 2021).

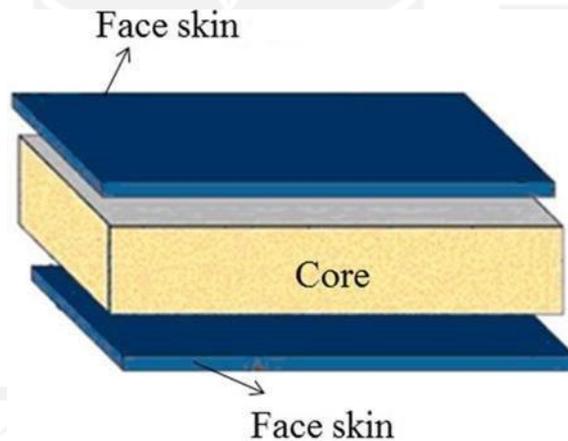
2.2 Dasar teori

2.2.1 Komposit

Komposit adalah sebuah material yang terdiri atas dua atau lebih material yang berbeda. Komposit yang baik adalah komposit yang dapat meningkatkan kinerja dari bahan penyusunnya. Komposit dianggap sebagai optimasi desain struktural dan optimasi dimensi dari level yang berbeda (Xiao Su Yi dan Shanyi Du, n.d.).

Manfaat yang didapatkan dari penggunaan komposit adalah kombinasi sifat kekuatan dan kekakuan yang tinggi serta berat jenis yang ringan. Hal tersebut didapat dengan memilih kombinasi material penguat dan material matriks yang tepat, sehingga didapat sebuah material komposit dengan sifat yang tepat sesuai dengan sifat produk tersebut (Widodo, 2008).

Komposit *sandwich* adalah sebuah material komposit yang terdiri atas dua buah *skin* yang terdapat *core* diantara kedua buah *skin* tersebut (Fansuri, Hamzah, 2019).



Gambar 2.1 Komposit *sandwich*

Skin berfungsi untuk menahan *tensile stress* dan *compressive stress*. Bagian *skin* biasanya diambil dari material yang mempunyai tingkat kekakuan atau rigidity yang rendah. Material konvensional seperti aluminium, baja juga stainless steel bisa dipakai untuk material *skin* ini, akan tetapi material serat gelas dan fiber lebih tepat untuk digunakan karena bahan tersebut mudah untuk digabungkan, bentuk permukaan yang baik serta desain yang mudah dirancang sesuai kebutuhan (Hidayat, Yudo, Manik, Perkapalan, 2016).

Core merupakan salah satu bagian terpenting dalam komposit *sandwich*. Bagian *core* harus kaku supaya jarak antar permukaan terjaga. Kekakuan *core* dimaksudkan untuk menahan geseran agar tidak terjadi slide pada permukaan. *Core* harus menggunakan bahan dengan kekakuan yang tidak rendah supaya kekakuan pada komposit *sandwich* tidak berkurang atau hilang. *Core* memiliki beberapa syarat, yaitu kuat, memiliki densitas rendah, tingkat kadar air, *buckling*, umur panjang dan lain sebagainya (Hidayat et al., 2016).

Adhesive merupakan zat perekat yang digunakan untuk mengikat *core* dan *skin*. *Adhesive* yang juga bisa disebut matriks, berfungsi untuk mengikat antara partikel-partikel dari serat penguat karena *adhesive* harus mampu mentransfer gaya geser antara *core* dan *skin* supaya kekuatan komposit *sandwich* tetap terjaga (Fansuri, Hamzah, 2019).

2.2.2 3D Print

Fabrikasi aditif adalah penambahan bahan lapis demi lapis untuk membuat suatu objek fisik. Teknologi fabrikasi aditif memiliki beberapa nama yang berbeda, yaitu *3D Print*, fabrikasi bentuk bebas padat, manufaktur berlapis, pembuatan prototipe cepat dan lain-lain. Seniman, insinyur, arsitek, pengrajin dan ilmuwan serta masyarakat umum sering menyebutnya dengan *3D Print* (Nurkholis, Aqis, 2021).

3D Print atau printer 3 dimensi adalah printer yang menampilkan data dalam bentuk cetak 3 dimensi. Dengan teknologi *3D Print* memungkinkan perusahaan untuk membuat prototipe sebuah produk tanpa harus menghabiskan banyak waktu, tenaga dan uang. Desain yang telah diselesaikan oleh desainer dapat langsung dibuat prototipenya dengan mencetak pada alat *3D Print* tersebut dan desainer dapat langsung mengetahui bentuk asli produknya dan mengetahui kekurangan pada produk yang telah didesainnya.

Mesin *3D Print* memiliki cara kerja yang secara umum dibagi tiga cara, desain produk, proses *printing* atau cetak dan penghalusan. Desain produk dapat dilakukan dengan beberapa *software* pada komputer atau dengan melakukan *scanning* terhadap suatu produk nyata dengan alat *3D Scanner* dan kemudian bentuk dan penampilannya

dimodelkan tiga dimensi pada software yang digunakan. Proses *printing* atau cetak menggunakan *additive layer* atau fabrikasi aditif sebagai prinsip dasar dan proses mesin membaca model 3 dimensi dan mulai menyusun lapisan demi lapisan yang digabungkan secara otomatis untuk membentuk susunan yang sesuai desainnya. Keunggulan utama mesin 3D *Print* adalah mesin 3D *Print* dapat mencetak produk dengan geometri yang kompleks.

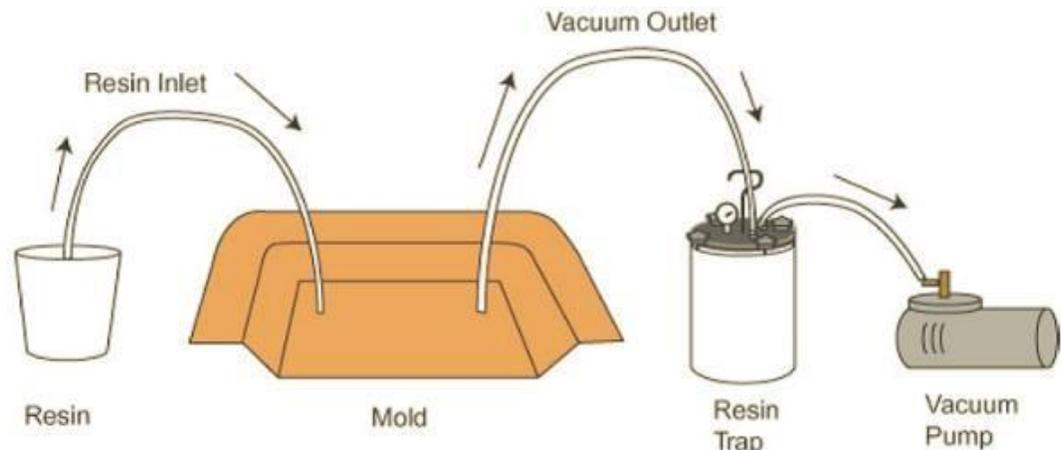
2.2.3 *Vacuum Infusion*

Vacuum Infusion pada komposit *sandwich* merupakan salah satu metode yang terdapat pada proses komposit modern yang dapat menggantikan metode *spray up* dan *hand lay up* pada proses pembuatan komposit. Penggunaan metode *Vacuum Infusion* memiliki kelebihan yaitu meminimalisir kemungkinan udara yang terperangkap pada komposit tersebut sehingga hasil komposit dengan metode *Vacuum Infusion* mempunyai kekuatan yang lebih baik dibandingkan dengan metode *hand lay up* (Lega Putri Utami et al., 2019).

Metode *Vacuum Infusion* dilakukan dengan memasukkan resin kedalam cetakan yang dibantu dengan pompa vakum. Metode ini memiliki kelebihan dapat mendistribusikan resin kedalam cetakan dengan merata akibat daya tarik yang disebabkan oleh pompa vakum sehingga terjadi kevakuman yang maksimal pada cetakan yang menghasilkan peningkatan sifat mekanik pada hasil komposit tersebut. Metode pembuatan pada komposit ini berpengaruh pada pada sifat material komposit tersebut.

Metode pembuatan komposit yang konvensional seperti *spray up* dan *hand lay up* lebih mudah untuk dilakukan, akan tetapi hasil komposit dengan metode konvensional cenderung memiliki rongga dikarenakan udara yang terperangkap pada saat pembuatan komposit. Metode *Vacuum Infusion* merupakan salah satu metode modern pada proses pembuatan komposit yang dapat menggantikan metode konvensional. Metode *Vacuum Infusion* memiliki beberapa kelemahan, salah satunya ketika dilakukan proses vakum, resin dialirkan melalui selang menuju cetakan. Ketika proses resin dialirkan, durasi menjadi sangat penting. Apabila proses vakum terlalu

lama maka resin akan mengeras sebelum seluruh bagian cetakan terlapisi resin. Maka dari itu, dibutuhkan penelitian yang meneliti perbandingan penambahan lapisan penguat terhadap waktu proses *Vacuum Infusion* (A.H. Saputro & G. Setyarso, n.d.).



Gambar 2.2 Proses *Vacuum Infusion*

Pada gambar 2.2 menunjukkan proses pembuatan komposit dengan metode *Vacuum Infusion*. Tanda panah menunjukkan arah aliran resin yang ditarik oleh pompa vakum. Pada pompa vakum, tekanannya lebih rendah daripada tekanan diluar pompa vakum sehingga tekanan ini yang membuat proses pembuatan komposit dan yang menentukan kualitas hasil proses komposit tersebut (Mukhlis, Gufron, 2021).

2.2.4 3D Scanner

Sistem pemindai tiga dimensi atau pemindaian 3D adalah sebuah proses pemodelan 3D dari suatu objek dengan menjadikan objek sebagai data yang diambil.

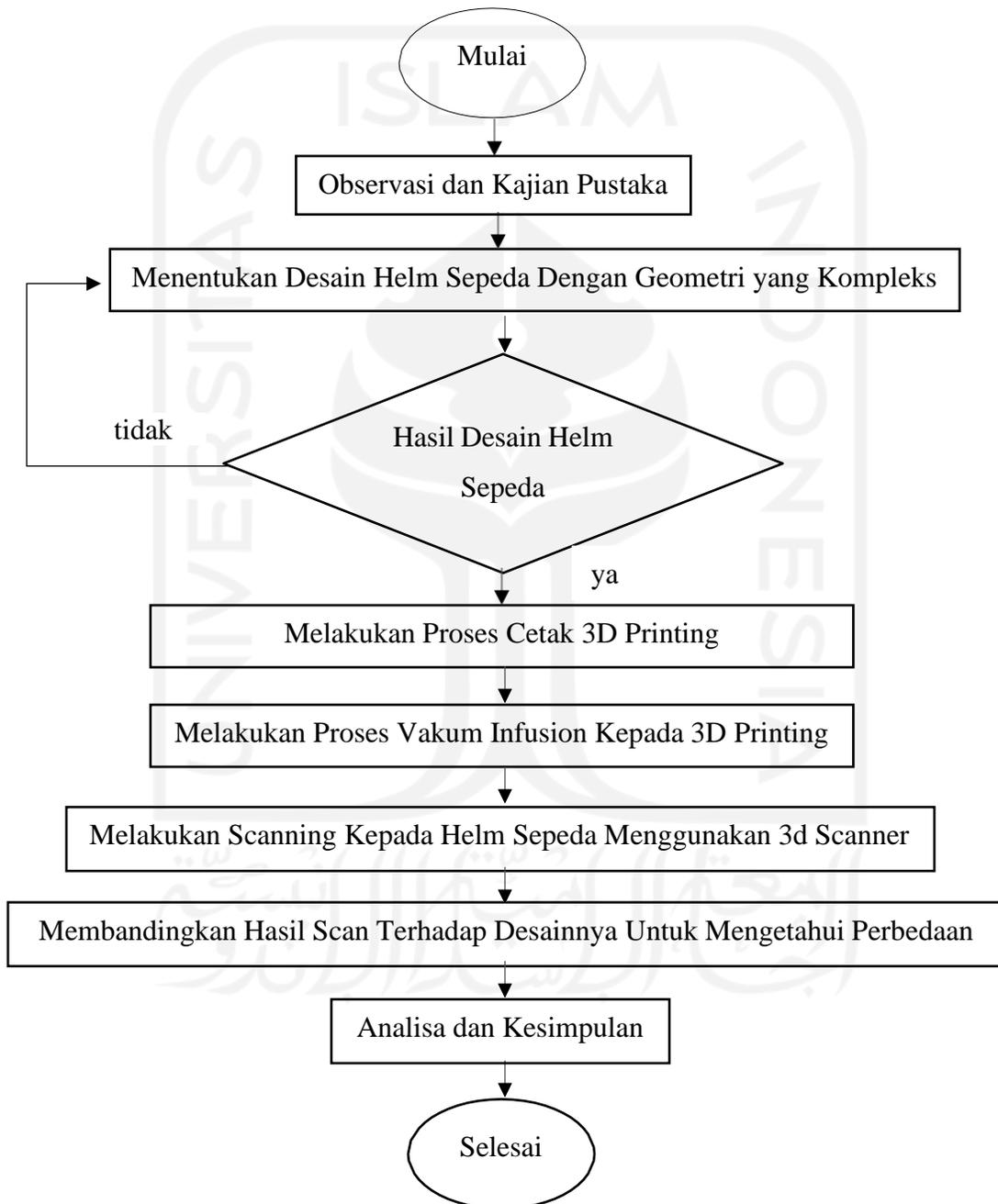
Scanner mulai dikembangkan pada tahun 1975 oleh Ray Kurzweil dan timnya, ketika menciptakan Kurzweil Reading Machine dan *software*-nya *Omni-Font Optical Character Recognition*. *Software Omni-Font Optical Character Recognition* berfungsi mengenali teks pada sebuah objek yang dipindai dan menerjemahkannya menjadi sebuah data dalam bentuk teks. Dari situlah awal mula perkembangan teknologi *scanner* hingga saat ini teknologi *scanner* dapat memindai objek tiga dimensi (Armansyah, Hidayatullah & Herliana, 2018).

3D *scanner* atau pemindai tiga dimensi juga dapat diartikan sebagai sebuah alat yang dapat digunakan untuk memindai sebuah objek yang nyata untuk memodelkan bentuk, ukuran dan fitur lainnya supaya memberikan model yang akurat serta memberikan informasi yang akurat dari objek tersebut pada layer computer (Nair & Thomas, 2016).

Terdapat dua jenis pemindai, pemindai kontak dan pemindai non kontak. Pemindai kontak adalah pemindai yang mengambil informasi dengan menyentuh objeknya. Probe 3D menyentuh beberapa titik objek. Pemindai atau *scanner* menggunakan poin atau titik yang dikumpulkan mendigitalkan objek dan memodelkan 3d objek tersebut. Sedangkan pemindai non kontak adalah pemindai yang menggunakan cahaya terstruktur atau laser untuk melewati objek. Pemindai atau scanner mengukur waktu yang diperlukan cahaya atau laser untuk melewati sebuah objek dan memantul kembali ke pemindai. Kumpulan data ini sebagai poin atau titik dan hasilnya adalah pemodelan 3D dari permukaan objek yang dipindai (Mongeon, 2016).

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Alur Penelitian

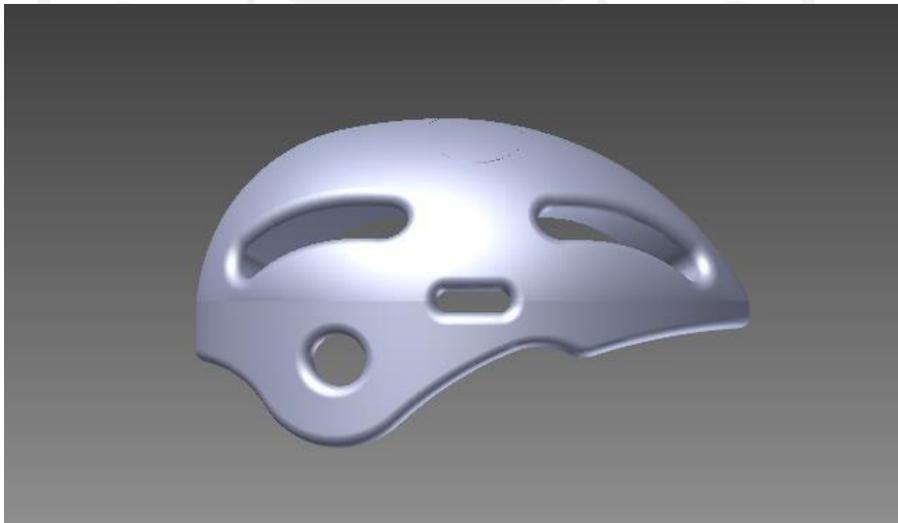


Gambar 3.1 Alur Penelitian

3.2 Desain Helm Sepeda

Helm sepeda memiliki fungsi utama sebagai pelindung kepala bagi seorang pengendara sepeda. Kriteria desain yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah helm sepeda memiliki geometri yang kompleks. Kompleksitas geometri helm sepeda memiliki dua tujuan, yaitu untuk mengetahui apakah proses pengerjaan komposit dengan metode *vacuum infusion* dapat mengerjakan benda yang kompleks dan apakah ada perubahan dimensi yang signifikan setelah dilakukannya proses *vacuum infusion*. Ada dua helm sepeda yang dipilih karena kedua desain helm sepeda tersebut sudah mewakili daripada kriteria desain yang dibutuhkan pada penelitian ini. Berikut desain helm sepeda yang dipilih untuk penelitian ini.

- Desain pertama



Gambar 3.2 Desain helm sepeda pertama tampak samping



Gambar 3.3 Desain helm sepeda pertama tampak depan

- Desain kedua



Gambar 3.4 Desain helm sepeda kedua tampak depan



Gambar 3.5 Desain helm sepeda kedua tampak belakang

3.3 Alat dan Bahan

Penelitian ini memiliki beberapa alat dan bahan yang dibutuhkan, termasuk juga perangkat keras serta perangkat lunaknya. Berikut alat dan bahan yang dibutuhkan.

3.3.1 Laptop

Laptop merupakan salah satu alat yang paling penting dalam penelitian ini, karena laptop berfungsi untuk mendesain, melakukan cetak 3D dan melakukan *scanning* pada helm sepeda. Spesifikasi laptop yang digunakan adalah Acer Aspire E 14 dengan sistem operasi Windows 10 dan RAM 4 GB.

3.3.2 Mesin 3D Print

Mesin 3D Print yang digunakan adalah mesin 3D *Print* Creality cr10s Pro. *Software* yang digunakan mengikuti kebutuhan mesin 3D *Print* Creality cr10s Pro tersebut.



Gambar 3.6 Mesin 3D *Print* Creality cr10s Pro

3.3.3 3D Scan Sense

Alat 3D *Scanner* yang digunakan adalah 3D *Scanner* bermerk Sense. 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°.



Gambar 3.7 Alat 3D Scan Sense

3.3.4 *Software* Autodesk Inventor

Software Autodesk Inventor yang digunakan adalah Autodesk Inventor 2015. *Software* ini digunakan untuk mendesain dan mencocokkan hasil *scanning* dengan desain utamanya.

3.3.5 Tabung Vakum

Tabung vakum adalah tabung yang berfungsi untuk menampung tekanan udara agar saat proses *vacuum infusion* daya hisap menjadi lebih tinggi.



Gambar 3.8 Tabung Vakum

3.3.6 *Vacuum Pump*

Vacuum pump atau pompa vakum adalah pompa yang menghisap udara yang berfungsi untuk menghisap resin masuk kedalam cetakan dan menghisap udara pada plastik sehingga terjadi kevakuman atau kekedapan udara pada plastik. *Vacuum pump* yang digunakan bermerk Krisbow dengan daya $\frac{1}{2}$ hp.



Gambar 3.9 *Vacuum Pump*

3.3.7 PLA

PLA atau *Polyactic Acid* adalah bahan dasar pembuatan pada mesin 3D *Print*. Produk hasil 3D *Print* dibuat dengan bahan PLA sebagai *core* sekaligus cetakan pada proses *vacuum infusion* ini. PLA yang digunakan bermerk CCTREE.



Gambar 3.10 PLA CCTREE

3.3.8 Resin dan Katalis

Resin adalah senyawa kimia yang berfungsi sebagai perekat pada komposit *fiberglass* dan juga komposit *sandwich*. Pada penelitian ini, resin digunakan untuk merekatkan *fiberglass* dan *core*-nya. Resin membutuhkan katalis agar dapat mempercepat terjadinya reaksi pengerasan pada resin. Resin yang digunakan adalah resin dengan jenis 2668 wnc. Sedangkan katalis yang digunakan adalah katalis Mepoxe.



Gambar 3.11 Resin 2668 wnc



Gambar 3.12 Katalis Mepoxe

3.3.9 Serat Kaca

Serat kaca atau *fiberglass* digunakan pada penelitian ini sebagai penguat untuk komposit *sandwich*-nya sehingga hasil akhir memiliki kekuatan yang diinginkan dari produk tersebut.



Gambar 3.13 Serat Kaca atau *Fiberglass*

3.3.10 Filter Resin

Filter resin memiliki fungsi untuk menahan resin yang dihisap supaya tidak masuk kedalam tabung vakum. Filter resin berupa pipa paralon berisi besi spiral yang dilapisi kawat jaring dan diberi tisu pada lapisan kawat jaringnya sehingga resin menempel pada tisu. Resin yang masuk kedalam filter menempel pada tisu sehingga filter lebih mudah dibersihkan.



Gambar 3.14 Filter Resin

3.3.11 Vacuum Bagging Film

Plastik *vacuum bagging film* berfungsi sebagai tempat *core* dilapisi resin. Plastik tersebut juga berfungsi mencegah adanya udara yang masuk saat proses pelapisan dan proses pengeringan sehingga hasil komposit *sandwich* lebih maksimal.



Gambar 3.15 Vacuum Bagging Film

3.3.12 Sealing Tape

Sealing tape pada penelitian ini berfungsi sebagai perekat untuk menutup plastik *vacuum bagging film*. *Sealing tape* juga berfungsi untuk menambal plastik, selang dan filter resin apabila terdapat kebocoran angin.



Gambar 3.16 Sealing Tape

3.3.13 Kain *Peel Ply*

Kain *peel ply* memiliki fungsi sebagai pembatas serat kaca atau *fiberglass* dengan apa yang ada di atasnya seperti kain jaring dan plastik sehingga ketika komposit telah kering, kain jaring dan plastik tidak menempel pada *fiberglass*.



Gambar 3.17 Kain *Peel Ply*

3.3.14 Kain Jaring

Kain jaring atau *streaming* berfungsi sebagai media agar terdapat jarak antara *fiberglass* dan plastik sehingga memudahkan aliran resin kepada *core* tanpa adanya hambatan.



Gambar 3.18 Kain Jaring

3.3.15 Selang Spiral

Selang berbentuk spiral dengan banyak rongga berfungsi untuk menyalurkan aliran udara hisap yang dihisap oleh *vacuum pump* sehingga membantu resin untuk melapisi *core* secara menyeluruh.



Gambar 3.19 Selang Spiral

3.3.16 Selang Angin

Selang angin atau selang *pneumatic* pada penelitian ini digunakan untuk saluran yang menghisap resin menuju *core* dan sebagai saluran untuk menghisap udara sehingga menyebabkan kevakuman pada plastik yang terdapat *core* dan resin didalamnya.



Gambar 3.20 Selang Angin

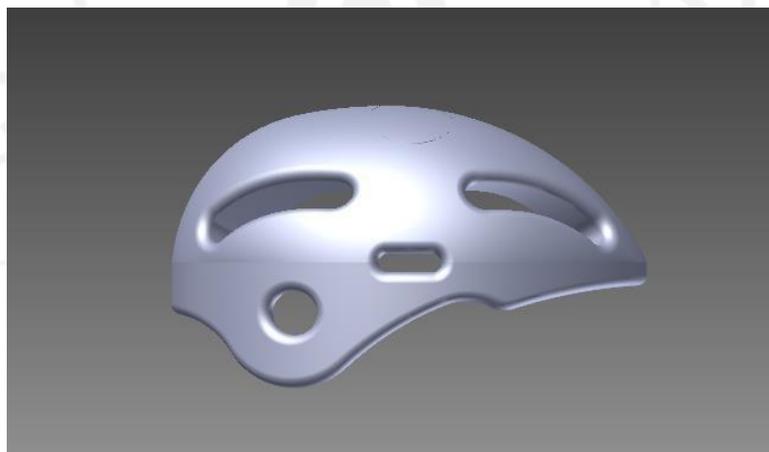
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Pembuatan Produk

4.1.1 Proses Cetak Menggunakan Mesin 3D Print

Proses pengerjaan desain pertama dimulai dengan proses cetak pada mesin 3D *Print*. Hasil 3D *Print* ini akan digunakan sebagai *mold* (cetakan) sekaligus *core* (inti) pada proses komposit *sandwich* nantinya, sehingga akan menyederhanakan proses pembuatan karena pembuatan *mold* dan *core* menjadi satu.

Pada proses cetak 3D *Print* ini, *filament* yang digunakan adalah PLA, hal ini dikarenakan *filament* PLA yang mudah dicari dan harganya paling terjangkau dibandingkan dengan jenis *filament* yang lainnya. Langkah pertama yang dilakukan adalah meng-*import* desain helm sepeda yang pertama yang berbentuk *file* STL kedalam *software* 3D *Print*, kemudian mengatur parameter *infill hexagonal* dengan kerapatan sebesar 20%, suhu *nozzle* 250° *celcius*, suhu bed 50° *celcius* dan mengatur kecepatan *nozzle* pada pengaturan standar serta mengatur posisi peletakan benda yang akan dicetak.



Gambar 4.1 Desain Helm Pertama



Gambar 4.2 Proses Cetak 3D *Print* Helm Pertama



Gambar 4.3 Hasil Cetak 3D *Print* Helm Pertama

Pada desain yang kedua, proses yang dilakukan sama persis dengan proses yang dilakukan pada desain pertama. *Filament* yang digunakan adalah PLA. Langkah yang dilakukan juga sama, yaitu meng-*import* desain dengan *file* STL kedalam *software* 3D *Print*, menggunakan parameter yang sama dengan yang digunakan pada desain pertama dengan *infill* berbentuk *hexagonal* dengan kerapatan 20% dengan suhu *nozzle* 250° *celcius* dan suhu bed 50° *celcius*.



Gambar 4.4 Desain Helm Kedua



Gambar 4.5 Proses Cetak 3D *Print* Helm Kedua



Gambar 4.6 Hasil Cetak 3D *Print* Helm Kedua

4.1.2 Proses *Vacuum Infusion*

Proses *vacuum infusion* pada desain pertama helm sepeda hasil 3D *Print* ini menggunakan alat dan bahan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Pada proses ini dilakukan dua kali pengerjaan, pengerjaan bagian luar dan bagian dalam. Hal ini dimaksudkan agar lubang pada helm sepeda tidak terisi resin yang menyebabkan susahnya ketika lubang tersebut dilubangi.

Langkah pertama adalah menyiapkan *vacuum pump* dan tabung vakum. *Vacuum pump* dipanaskan sehingga udara pada tabung vakum terisi. Kemudian helm sepeda diberi dua lembar *fiberglass* yang menutup semua bagian luar helm, termasuk bagian lubangnya. Berikutnya satu lembar kain *peel-ply* diberikan diatas *fiberglass* dan kain jaring diberikan diatas kain *peel-ply* tersebut. Langkah berikutnya membungkus helm yang telah diberi *fiberglass*, kain *peel-ply* dan kain jaring dengan plastik *vacuum bagging film*. Plastik *vacuum bagging film* dibungkuskan dengan rapat dan direkatkan dengan *sealing tape* pada bagian sampingnya sehingga udara tidak dapat masuk atau keluar dari plastik. Plastik kemudian diberi dua buah selang angin, *inlet* dan *outlet*. Selang *inlet* digunakan untuk memasukkan resin kedalam komposit sandwich dan selang *outlet* digunakan untuk menghisap resin sekaligus udara sehingga resin dapat mengenai seluruh permukaan helm dan udara dapat dihisap maksimal sehingga terjadi kevakuman didalam plastik *vacuum bagging film*. Resin yang digunakan adalah resin jenis 2668 wnc dengan katalis dengan perbandingan 1:100. Setelah resin merata pada permukaan helm dan terjadi kevakuman udara pada plastik, kedua selang ditutup dan ditunggu hingga resin pada helm mengeras.



Gambar 4.7 Proses *Vacuum Infusion* Bagian Luar Helm Sepeda

Setelah resin mengeras, plastik dibuka dan kain jaring serta kain *peel-ply* dilepas. Proses terakhir adalah melubangi bagian lubang yang tertutup dengan resin dan *fiberglass*.



Gambar 4.8 Hasil Proses *Vacuum Infusion* Bagian Luar Helm Sepeda

Proses pengerjaan berikutnya adalah melapisi komposit bagian dalam helm sepeda desain yang pertama. Langkah kerja yang dilakukan sama dengan langkah kerja pada pelapisan komposit bagian luar helm tersebut. *Fiberglass* yang digunakan adalah dua lembar yang diposisikan merata pada bagian dalam helm, lalu diletakan satu lembar kain *peel-ply* dan satu lembar kain jaring. Kemudian komposit *sandwich* helm tersebut dibungkus dengan plastik *vacuum bagging film* dan direkatkan dengan *sealing tape*. Dua buah selang angin dipasang sebagai *inlet* dan *outlet* sama seperti pada pengerjaan bagian luar helm sepeda. Jenis resin yang digunakan juga sama, yaitu resin 2668 wnc dengan katalis dengan perbandingan yang sama, yaitu 1:100. Kemudian resin dialirkan kedalam plastik dan ditunggu hingga resin mengeras lalu plastik, kain jaring dan kain *peel-ply* dibuka. Langkah terakhir adalah melubangi lubang yang tertutup oleh resin dan *fiberglass*.



Gambar 4.9 Proses *Vacuum Infusion* Bagian Dalam Helm Sepeda



Gambar 4.10 Hasil Proses *Vacuum Infusion* Bagian Dalam Helm Sepeda

Pada desain yang kedua, dilakukan proses komposit *vacuum infusion* dengan cara sama dengan proses pengerjaan desain pertama. Yang menjadi perbedaan adalah proses pengerjaan bagian luar dan bagian dalam desain kedua dilakukan secara bersamaan. Langkah pengerjaannya adalah memberikan dua lembar *fiberglass* pada bagian dalam helm sepeda, memberikan satu lembar kain *peel-ply* diatas *fiberglass* dan satu lembar kain jaring diatas kain *peel-ply*. Bagian luar helm sepeda diberikan dua lembar *fiberglass*, satu lembar kain *peel-ply* diatas *fiberglass* dan satu lembar kain jaring diatas kain *peel-ply*. Kemudian helm dengan lapisan komposit *sandwich* tersebut dibungkus dengan plastik *vacuum bagging film* dan direkatkan dengan *sealing tape*. Inlet dari resin menuju helm diberikan dua buah, satu untuk bagian luar helm dan satu untuk bagian dalam helm. Outlet diberikan satu buah menuju tabung vakum. Jenis resin yang digunakan pada proses pengerjaan ini sama dengan resin yang digunakan pada proses pengerjaan desain pertama, yaitu resin 2668 wnc dengan katalis dengan perbandingan 1:100.



Gambar 4.11 Proses *Vacuum Infusion* Helm Sepeda Desain Kedua



Gambar 4.12 Proses *Vacuum Infusion* Helm Sepeda Desain Kedua

Setelah resin mengeras, plastik, kain *peel-ply* dan kain jaring pada bagian dalam dan luar helm sepeda dibuka. Kemudian lubang-lubang yang tertutup oleh resin dan fiberglass dilubangi.



Gambar 4.13 Hasil Proses *Vacuum Infusion* Helm Sepeda Desain Kedua



Gambar 4.14 Hasil Proses *Vacuum Infusion* Helm Sepeda Desain Kedua

Proses pengerjaan komposit sandwich pada desain pertama dan kedua memiliki kelebihan dan kekurangan. Pada proses pengerjaan desain pertama, kelebihan adalah proses melubangi tidak terlalu sulit dikarenakan lubang tidak terisi penuh dengan resin. Akan tetapi proses pengerjaan harus dua kali, bagian luar dan bagian dalam helm sepeda. Proses pengerjaan desain yang kedua memiliki kelebihan lebih cepat dikarenakan pengerjaan bagian dalam dan bagian luar helm sepeda menjadi satu. Akan tetapi proses melubangi sangat sulit karena lubang terisi penuh oleh resin.

4.1.3 *Finishing*

Kedua buah helm yang telah selesai dibuat, dilakukan proses *finishing* supaya tampilan lebih menarik. Proses *finishing* meliputi proses amplas, dempul, epoxy dan cat. Helm sepeda desain pertama diberi warna cat *gray*. Berikut gambar helm desain pertama setelah proses *finishing*.



Gambar 4.15 Hasil *Finishing* Helm Sepeda Desain Pertama



Gambar 4.16 Hasil *Finishing* Helm Sepeda Desain Pertama

Helm sepeda desain kedua diberi warna cat putih. Pemilihan warna putih dikarenakan helm yang akan di-*scan* adalah helm sepeda desain yang kedua dan alat *scanning* yang digunakan memiliki spesifikasi lebih optimal dalam proses *scanning* ketika objek memiliki warna putih. Berikut hasil finishing helm sepeda desain yang kedua.



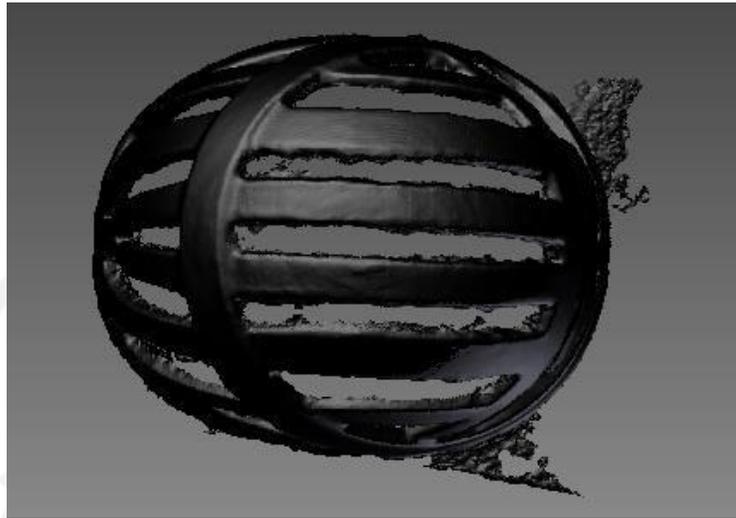
Gambar 4.17 Hasil *Finishing* Helm Sepeda Desain Kedua



Gambar 4.18 Hasil *Finishing* Helm Sepeda Desain Kedua

4.2 Proses Scanning

Proses *scanning* digunakan untuk memindai bagian luar helm sepeda. Hasil *scanning* akan digunakan untuk membandingkan dimensi bagian luar helm sepeda hasil cetak 3D *Print* dan setelah proses komposit sandwich metode *vacuum infusion* dengan desain aslinya. Helm sepeda yang akan dilakukan proses *scanning* adalah helm sepeda yang kedua saja. Cara melakukan proses *scanning* adalah meletakkan helm sepeda pada tempat yang terang kemudian memulai memindai dengan alat *scanning* dengan sangat perlahan dari bagian depan helm menuju kebagian belakang helm dan kembali kebagian depan helm lagi. Fungsi dari pengulangan dalam proses *scanning* adalah agar hasil *scanning* helm sepeda lebih maksimal. Berikut adalah gambar hasil proses *scanning* helm sepeda desain kedua setelah proses cetak 3D *Print* dan setelah proses komposit *sandwich vacuum infusion*.



Gambar 4.19 Hasil *Scan* Helm Setelah Proses Cetak 3D *Print*



Gambar 4.20 Hasil *Scan* Helm Setelah Proses Komposit *Sandwich Vacuum Infusion*

File hasil *scanning* berbentuk *stl*. *File stl* perlu diubah menjadi STEP agar dapat dibandingkan dengan desain aslinya menggunakan *software* Solidwork. Proses perubahan *file stl* menjadi STEP disebut proses *modelling*. Proses *modelling* dilakukan dengan mengimpor *file* hasil *scanning* yang berbentuk *stl* kedalam *software* Autodesk Fusion 360. Proses yang dilakukan adalah dengan membentuk *surface* pada hasil *scanning* sesuai dengan *mesh file stl* pada *software* Autodesk Fusion 360. Setelah *file* berbentuk STEP, baru dapat dibandingkan dengan desain aslinya.



Gambar 4.21 Helm Sepeda Setelah Proses Cetak 3D *Print File STEP*



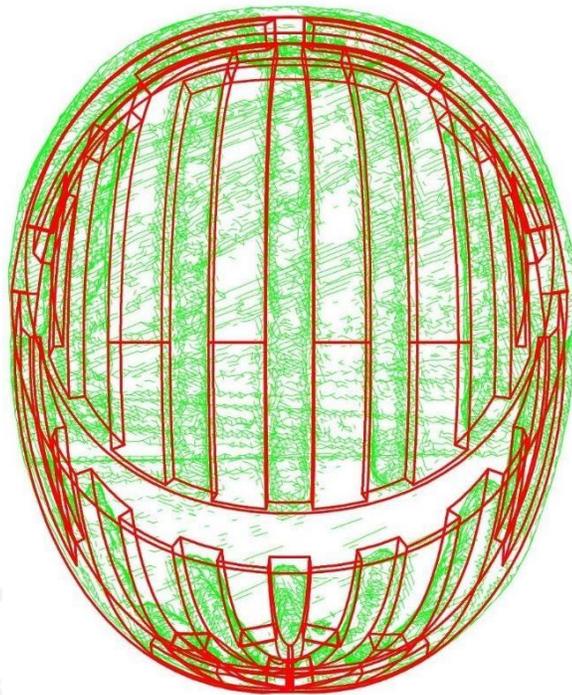
Gambar 4.22 Helm Sepeda Setelah Proses Komposit *Sandwich Vacuum Infusion File STEP*

4.3 Perbandingan Dimensi Helm Sepeda

Setelah didapat *file* dengan ekstensi STEP, dimensi helm sepeda dapat dibandingkan dengan desain aslinya. Perbandingan helm sepeda dilakukan hanya bagian luar helm sepeda untuk melihat apakah ada deformasi atau perubahan bentuk maupun dimensi pada helm sepeda setelah dilakukan proses cetak 3D *Print* dan proses komposit vacuum infusion. Cara membandingkan dimensi helm sepeda ini dengan cara

memberikan warna yang berbeda pada masing-masing file tersebut. Desain utama helm sepeda diberi warna merah, hasil *scan* cetak 3D *Print* diberi warna hijau dan hasil *scan* setelah proses komposit *sandwich* diberi warna biru. Setelah masing-masing diberi warna, kemudian hasil *scan* ditumpuk dengan desain aslinya dan dilihat apakah garis warna sesuai atau ada pergeseran garis warna dibandingkan dengan warna merah atau desain aslinya.

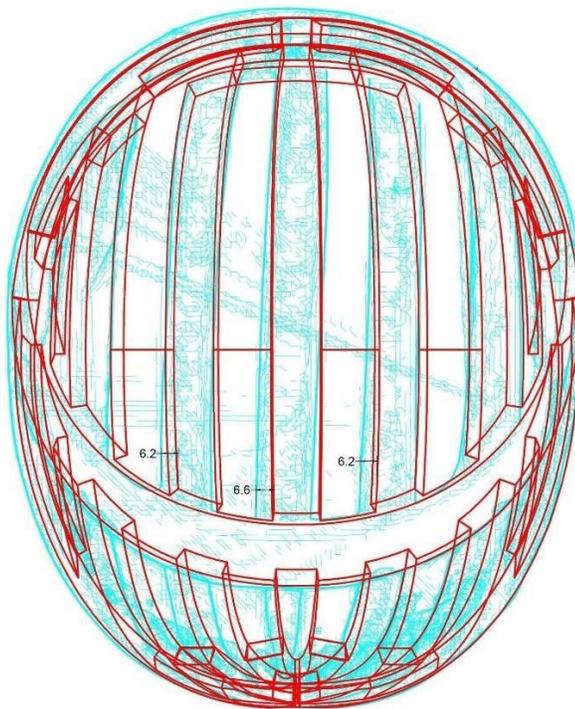
Perbandingan pertama adalah membandingkan hasil *scan* setelah proses cetak 3D *Print* dengan desain aslinya untuk melihat apakah ada perubahan bentuk setelah proses cetak 3D *Print*.



Gambar 4.23 Perbandingan Helm Setelah Proses Cetak 3D *Print* Dengan Desain Aslinya
Pada gambar 4.23, garis merah menunjukkan desain asli helm sepeda dan garis berwarna hijau menunjukkan hasil *scan* helm sebelum dilakukan proses komposit *sandwich vacuum infusion*. Pada gambar tersebut terlihat bagian garis hijau yang mengikuti pola garis merah dan garis hijau yang horizontal. Garis hijau yang horizontal adalah garis bagian dalam helm sepeda hasil *scan* yang muncul akibat dilakukannya proses *surface* saat merubah ekstensi *file* ke STEP. Garis hijau yang searah dengan

garis merah adalah bagian luar helm sepeda hasil *scan*. Maka yang jadi perhatian adalah garis hijau yang vertikal atau yang searah dengan garis merah. Pada gambar 4.23, terlihat garis merah dan garis hijau searah, hampir tidak ada garis hijau yang vertikal menabrak garis merah. Ini menunjukkan bahwa dimensi helm sepeda hasil cetak 3D *Print* memiliki dimensi yang sesuai dengan desain aslinya.

Perbandingan berikutnya adalah membandingkan hasil *scan* helm sepeda setelah dilakukan proses komposit *sandwich* metode *vacuum infusion* dengan desain aslinya. Cara yang sama dengan langkah pertama dilakukan pada langkah kedua, yaitu menumpuk hasil *scan* helm sepeda proses komposit *sandwich* metode *vacuum infusion* dengan desain aslinya. Warna hasil *scan* adalah biru.



Gambar 4.24 Perbandingan Helm Setelah Proses Komposit Dengan Desain Aslinya

Pada gambar 4.24, sama seperti pada gambar 4.23, garis biru yang horizontal adalah bagian dalam helm sepeda, sedangkan garis biru yang vertikal atau searah dengan garis merah adalah bagian luar helm sepeda. Maka garis yang searah dengan garis merah yang menjadi perhatian. Pada gambar 4.24, terlihat sebagian garis biru

yang vertikal menabrak garis merah. Hal ini menunjukkan adanya perubahan dimensi pada helm sepeda setelah dilakukannya proses komposit sandwich dengan metode *vacuum infusion*.

4.4 Pembahasan

Hasil proses pembuatan helm sepeda desain pertama dan kedua menunjukkan bahwa menggunakan hasil cetak 3D *Print* sebagai *core* sekaligus *mold* dengan proses komposit *sandwich* metode *vacuum infusion* dapat dilakukan. Akan tetapi pada hasil kedua helm sepeda tersebut terdapat perbedaan. Perbedaannya adalah hasil helm sepeda desain pertama lebih rapi daripada helm sepeda desain kedua. Hal ini disebabkan karena desain helm sepeda yang kedua memiliki banyak lubang sehingga ketika melubangi terjadi perubahan bentuk. Proses komposit tidak sesuai untuk produk-produk yang memiliki banyak lubang.

Penggunaan alat *scanning* 3D Sense memiliki beberapa kelemahan salah satunya adalah kualitas pengguna dalam menggunakan alat *scanning* mempengaruhi hasil *scan*. Pada proses *scanning* helm sepeda juga tidak terlepas dari kelemahan tersebut. Akan tetapi, pada proses *scanning* helm sepeda telah dilakukan dengan semaksimal mungkin sehingga menghasilkan hasil *scan* yang terbaik. Pada gambar 4.23, hampir tidak terlihat adanya garis hijau vertikal yang menabrak garis merah. Hasil cetak 3D *Print* helm sepeda memiliki dimensi yang sama dengan aslinya. Ini menunjukkan bahwa mesin cetak 3D *Print* yang digunakan, yaitu mesin 3D *Print* Creality cr10s Pro memiliki presisi yang bagus. Hingga tahap helm sepeda dicetak belum ada deformasi atau perubahan bentuk pada helm sepeda.

Pada gambar 4.24, garis biru vertikal terlihat menabrak garis merah. Hal ini menunjukkan adanya deformasi atau perubahan bentuk pada helm sepeda setelah dilakukannya proses komposit *sandwich* metode *vacuum infusion*. Pada gambar tersebut, diambil tiga titik kemudian diukur perubahan dimensinya. Hasil pengukurannya adalah 6,2 mm, 6,2 mm dan 6,6 mm. Hal tersebut menunjukkan perubahan dimensi pada helm sepeda setelah dilakukan proses komposit *sandwich vacuum infusion* adalah 6 sampai 7 mm.

Terdapat beberapa kemungkinan yang menyebabkan adanya deformasi atau perubahan bentuk pada helm sepeda. Pertama dikarenakan *core* helm sepeda hasil cetak 3D *Print* yang berbahan PLA tidak kuat menahan panasnya resin yang dapat menyebabkan adanya deformasi pada helm sepeda. Penyebab yang kedua adalah ketika proses *vacuum core* helm sepeda, terjadi penarikan yang kuat sehingga terjadi perubahan bentuk pada hasil helm sepeda. Penyebab ketiga adalah ketika proses melubangi yang tidak sempurna sehingga mempengaruhi dimensi pada helm sepeda yang menyebabkan dimensi helm sepeda berbeda dari desain aslinya. Deformasi juga dapat disebabkan oleh kombinasi dari ketiga penyebab diatas.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari proses pembuatan helm sepeda dengan metode komposit *sandwich vacuum infusion* dan proses *scanning* yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Membuat produk geometri kompleks dengan memanfaatkan hasil cetak 3D Print sebagai *mold* sekaligus *core* dan komposit *sandwich* dengan metode *vacuum infusion* dapat dilakukan.
2. Produk yang memiliki banyak lubang seperti desain helm sepeda yang kedua tidak cocok untuk dilakukan proses komposit.
3. Setelah dilakukan proses *scanning*, terlihat adanya perubahan bentuk atau deformasi pada helm sepeda setelah dilakukan proses komposit *sandwich vacuum infusion*.
4. Deformasi pada helm sepeda bisa disebabkan oleh *core* helm sepeda tidak kuat menahan panasnya resin, atau *core* berubah bentuk saat di-*vacuum*, atau proses melubangi yang tidak sempurna.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian berikutnya adalah sebagai berikut:

1. Diharapkan adanya penelitian yang fokus terhadap struktur helm sepeda tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurohman, K., & Marta, A. (2018). Kajian Eksperimental Tensile Properties Komposit Poliester Berpenguat Serat Karbon Searah Hasil Manufaktur Vacuum Infusion sebagai Material Struktur LSU. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 14(1), 61–72.
- Fansuri, Hamzah. (2019). Analisis Uji Tarik Komposit *Sandwich* Yang Digabungkan Dengan 3d Printing.
- Aulia, Zikri., & Wicaksono, Nanda., (2019). Pembuatan Produk Komposit Sandwich Tanpa Cetakan Menggunakan Inti Core Dari Hasil 3D Printing (Studi Kasus: Aquatic Caravan).
- Mukhlis, Gufron. (2021). Aplikasi Material Komposit *sandwich* Menggunakan *3d Printed Core* Dengan *Skin* Serat Kaca Pada *frame Drone*.
- Xiao-Su Yi & Shanyi Du. (n.d.). *Composite Materials Engineering, Volume 1: Fundamentals of Composite Materials* (Vol. 1).
- Widodo, B. (2008). Analisa sifat mekanik komposit epoksi dengan penguat serat pohon aren (ijuk) model lamina berorientasi sudut acak (random). *Jurnal Teknologi Technoscientia*.
- Hidayat, A., Yudo, H., Manik, P., & Perkapalan, T. (2016). *Analisa Teknis Komposit Sandwich Berpenguat Serat Daun Nanas Dengan Core Serbuk Gergaji Kayu Sengon Laut Ditinjau Dari Kekuatan Tekuk Dan Impak*. (1), 9.
- Nurkholis, Aqis. (2021). *Reverse Engineering* Pada Komponen Cover Radiator Sepeda Motor Matik Honda Vario 2016 Untuk Mengubah Estetika Produk.
- Lega Putri Utami, Delovita Ginting, Ahmad Kafrawi Nasution, & Budi Istana. (2019). *Perbandingan Nilai Kekuatan Tarik Komposit Menggunakan Metode Hand Lay Up Dan Metode Vari*. 9.

- A H Saputra & G Setyarso. (n.d.). *Vacuum infusion equipment design and the influence of reinforcement layers addition to the resin infusion time.*
- Armansyah, Arif., Hidayatullah, Syarif., & Herliana, Asti. (2018). Perancangan Dan Pembuatan Alat *Scanner 3D* Menggunakan Sensor *Kinect Xbox 360*.
- Mongeon, B. (2016). *3D Technology In Fine Art And Craft*. Burlington, MA: Focal Press.
- Nair, A., & Thomas, R. M. (2016). Infrared Sensor Based 3D Image Construction. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 2420-2424.

