PENGGABUNGAN METODE *3D PRINTING* DAN *HAND LAY UP* UNTUK PEMBUATAN KOMPOSIT PADA PRODUK *COVER VELG* MOBIL MIKRO

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin

Disusun Oleh :

Nama : Wari Sandi
No. Mahasiswa : 14525071
NIRM : 2014060720

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2019

PERNYATAAN ORISINALITAS TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini, Wari Sandi menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul "Penggabungan Metode 3D Printing dan *Hand Lay Up* Untuk Pembuatan Komposit Pada Produk Cover Velg Mobil Mikro" adalah hasil dari tulisan 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 atau pendapat atau pemikirian dari penulis lain, yang saya akui sebagai tulisan saya sendiri atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya.

Yogyakarta, 18 Juli 2019

Penulis,

Wari Sandi

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

PENGGABUNGAN METODE 3D PRINTING DAN *HAND LAY UP* UNTUK PEMBUATAN KOMPOSIT PADA PRODUK COVER VELG MOBIL MIKRO

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama	**: Wari Sandi**
No. Mahasiswa	**: 14525071**
NIRM	**: 2014060720**

Yogyakarta, 18 Juli 2019

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Muhammad Ridlwan S.T., M.T.	**Faisal Arif Nurgesang S.T., M.Sc.**

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PENGGABUNGAN METODE *3D PRINTING* DAN *HAND LAY UP* UNTUK PEMBUATAN KOMPOSIT PADA PRODUK *COVER VELG* MOBIL MIKRO

Disusun Oleh :

Nama : Wari Sandi

No. Mahasiswa : 14525071

NIRM : 2014060720

Tim Penguji

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

Ketua — Tanggal : 9 September 2019

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng

Anggota I — Tanggal : 6 September 2019

Dr. Muhammad Khafidh, ST, MT

Anggota II — Tanggal : 4 September 2019

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin

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

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

HALAMAN PERSEMBAHAN

Laporan Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada keluarga saya tercinta terutama untuk ibu, kakak dan perempuan yang selalu memberikan doa, pembelajaran, kebahagian, serta dukungan setiap saat dan juga untuk generasi penerus bangsa.

HALAMAN MOTTO

"Rintangan tidak akan bisa dilewati jika kita hanya diam berpikir tampa melakukan apapun"

Wari Sandi

"Barang siapa yang keluar untuk mencari ilmu maka ia berada dijalan Allah hingga ia pulang"

HR. Turmudzi

"Bergeraklah, baik berat ataupun ringan karena disetiap langkah akan indah pada waktunya"

Wari Sandi

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa memberikan kepada kita kenikmatan dan kemudahan, sehingga kita masih terus bisa berkarya dan mengabdi kepada-Nya.Salawat serta salam semoga tetap tercurah kepadanya Nabi Muhammad SAW, segenap keluarga, para sahabat dan seluruh umatnya.

Berkat Pertolongan Allah SWT, akhirnya penulis laporan tugas akhir yang berjudul "Penggabungan Metode 3D Printing dan *Hand Lay Up* Untuk Pembuatan Komposit Pada Produk *Cover Velg* Mobil Mikro" ini dapat diselesaikan dengan baik. Meskipun demikian, penyusun adalah manusia biasa, oleh sebab itu tidak lepas dari kekurangan dan kesalahan. Maka dari itu kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan.

Penyusun menyadari bahwa dalam penulisan laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh sebab itu pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah S.W.T. atas segala limpahan nikmat, rahmat dan hidayah-Nya.
2. Ketua program studi Teknik Mesin UII, Bapak Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng.
3. Dosen pembimbing I Bapak Muhammad Ridlwan S.T., M.T. dan Dosen pembimbing II Bapak Faisal Arif Nurgesang S.T., M.Sc. yang telah memberikan banyak saran serta masukan selama pengerjaan tugas akhir ini berlangsung.
4. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia Rekan tugas akhir Rian Nur Adiyatama dan Yahya Tata Imansyah yang telah bekerja sama dan membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
5. Seluruh keluarga yang selalu memberikan perhatian dan dorongan semangat kepada saya.

6. Ibu Nelma Wati orangtua yang sangat aku cintai, sayangi dan banggakan. Beliau yang selalu memberikan semangat, dukungan ridho, do'a, moril dan materil. Terimakasih ibu yang selalu membimbing, membina dan memberikan semangat tak terhingga sampai selesainya tugas akhir ini.
7. Kakak Irma Febriyani yang selalu memberi semangat serta mendukungku secara moril dan materil, yang selalu memberikan nasihat, dukungan serta semangat tak terhingga sampai selesainya tugas akhir ini.
8. Terimaksih kepada Rama Dona Febrica, Zhafira Febrianindita Arsandi, Zhakiyya Chairunissa Arsandi yang selalu memberikan dukungan serta semangat tak terhingga sampai selesainya tugas akhir ini.
9. Teman Kos Martha Yk, terimakasih atas bantuan maupun saran yang telah diberikan.
10. Seluruh keluarga Teknik Mesin yang telah memberikan bantuan maupun saran ketika proses pengerjaan tugas akhir berlangsung.

Akhirnya, semoga Allah SWT memberikan imbalan yang sepantasnya dan meridhai amal kita semua. Penyusun berharap laporan tugas akhir ini dapat dimanfaatkan oleh banyak pihak. Aamiin.

Yogyakarta, 18 Juli 2019
Penyusun,

Wari Sandi
14525071

ABSTRAK

Pembuatan produk komposit cover velg mobil mikro dapat dilakukan dengan menggabungkan dua metode yaitu 3D printing dan hand lay-up. Metode 3D printing adalah metode yang mampu membuat berbagai macam bentuk produk dengan sangat mudah dan waktu yang singkat, sedangkan metode hand lay-up adalah metode yang mudah untuk dilakukan dalam pembuatan komposit dengan biaya pembuatan yang murah serta menghemat biaya pembuatan produk. Penggabungan metode 3D printing dan hand lay-up bertujuan untuk memperoleh waktu yang optimal serta mempercepat proses pembuatan produk yang selama ini masih memerlukan waktu yang lama dan proses yang panjang. Pembuatan produk berupa cover velg mobil mikro, dibuat sebanyak empat bagian dengan susunan layer yang berbeda guna untuk mendapatkan produk yang kuat, ringan yang sesuai dengan kriteria dalam perancangan. Dari proses pembuatan yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa dengan penggabungan kedua metode waktu yang dibutuhkan adalah 24 jam. Proses ini lebih cepat dari proses cetakan terbuka (open mold process) yang membutuhkan waktu 72 jam. Berdasarkan dari pengujian produk D memiliki nilai kekuatan lebih baik dengan F.max sebesar 774.995 N dan σ Max sebesar 24.46 Mpa.

Kata kunci : komposit, hand lay-up, 3D printing

ABSTRACT

The manufacture of micro car alloy cover composite products can be done by combining two methods namely 3D printing and hand lay-up. The 3D printing method is a method that is able to make various forms of products very easily and in a short time, while the hand lay-up method is an easy method to do in making composites with low manufacturing costs and saving the cost of making products. The merging of 3D printing and hand lay-up methods aims to obtain optimal time and accelerate the process of making products that have long needed a long time and a long process. Manufacture of products in the form of micro car alloy cover, made as many as four parts with different layers in order to get a product that is strong, lightweight that matches the criteria in the design. From the manufacturing process that has been done, the result is that by combining the two methods the time taken is 24 hours. This process is faster than the open mold process that takes 72 hours. Based on product D testing, it has a better strength value with F. max of 774,995 N and σ Max of 24.46 Mpa.

Keywords: composite, hand lay-up, 3D printing

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Pernyataan Orisinalitas Tugas Akhir i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji iii
Halaman Persembahan iv
Halaman Motto v
Kata Pengantar vi
Abstrak viii
Daftar Isi x
Daftar Tabel xii
Daftar Gambar xiii
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 *3D Printing* 5
2.2.2 PLA (Poly Lactic Acid) Filament 6
2.2.3 Komposit 6
2.2.4 *Hand Lay up Process* 9
2.2.5 Sambungan 10
2.2.6 *Fiberglass* 12
2.2.7 *Lantor Soric* 12
2.2.8 Resin Unsaturated Polister 13
2.2.9 Katalis *Metyl Etyl Keton Peroksida* (MEKPO) 13

Bab 3 Metode Penelitian 15
3.1 Alur Penelitian 15
3.2 Peralatan dan Bahan 16
3.3 Observasi 18
3.4 Kriteria Perancangan 19
3.5 Proses Pembuatan Produk 19
3.5.1 Desain Produk 19
3.5.2 Proses 3D Printing 21
3.5.3 Proses Cetakan Terbuka (*open mold prosess*) 22
3.5.4 Proses Pembuatan Komposit Penggabungan Dua Metode 24
3.5.5 Komposisi Campuran Komposit 3D Printing 27
Bab 4 Hasil dan Pembahasan 28
4.1 Hasil Proses Cetakan Terbuka (*open mold prosess*) 28
4.2 Hasil 3D Printing Cover Velg 29
4.3 Hasil Pembuatan Komposit Penggabungan Dua Metode 30
4.3.1 Pengaruh Susunan Layer Pada Komposit 30
4.3.2 Hasil Dari Proses *Finishing* 36
Bab 5 Penutup 39
5.1 Kesimpulan 39
5.2 Saran 39
Daftar Pustaka ..... **Error! Bookmark not defined.**
Lampiran 41

DAFTAR TABEL

Tabel 3-1 Tabel alat yang digunakan 16
Tabel 3-2 Tabel bahan yang digunakan 17
Tabel 3-3 Komposisi campuran komposit 27
Tabel 4-1 Massa akhir produk 37
Tabel 4-2 Waktu dalam proses pembuatan produk 38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mesin 3D *printing* 5
Gambar 2.2 *Filament* PLA 6
Gambar 2.3 Pembagian komposit berdasarkan penguat 7
Gambar 2.4 Stuktur komposit *sandwich* 8
Gambar 2.5 Proses *hand la up* 9
Gambar 2.6 Sambungan bibir lurus 10
Gambar 2.7 Sambungan bibir lurus berkait 11
Gambar 2.8 Sambungan lidah dan alur 11
Gambar 2.9 *Fiberglass* 12
Gambar 2.10 *Lantor soric* 12
Gambar 2.11 Resin polister 13
Gambar 2.12 Katalis 14
Gambar 3.1 Alur penelitian 15
Gambar 3.2 Observasi pembuatan komposit di karyatama 18
Gambar 3.3 Desain mobil mikro 19
Gambar 3.4 Desain produk *cover velg* 20
Gambar 3.5 Desain hasil modifikasi sambungan 20
Gambar 3.6 Pengaturan *printer* dengan *software ultimate cura* 21
Gambar 3.7 Proses pencetakan 22
Gambar 3.8 Proses pembuatan master cetakan dengan mesin bubut CNC 22
Gambar 3.9 Proses pembuatan cetakan 23
Gambar 3.10 Proses pembuatan produk 24
Gambar 3.11 Produk A 24
Gambar 3.12 Produk B 24
Gambar 3.13 Produk C 25
Gambar 3.14 Produk D 25
Gambar 3.15 Pemotongan *fiberglass* dan *lantor soric* 26
Gambar 3.16 Penimbangan resin dan *fiberglass* 26
Gambar 4. 1 Desain 2D tutup velg oleh Rustamaji 28
Gambar 4.2 Hasil 3D printing cover velg 29

Gambar 4.3 Proses penghalusan pada bagian sambungan 29
Gambar 4.4 Penyambungan komponen menjadi satu bagian 30
Gambar 4.5 Hasil produk komposit 3D *printing* bagain A 31
Gambar 4.6 Pengukuran ketebalan produk A 31
Gambar 4.7 Hasil produk komposit 3D printing bagain B 32
Gambar 4.8 Pengukuran ketebalan produk bagian B 32
Gambar 4.9 Hasil produk komposit 3D printing bagain C 33
Gambar 4.10 Rembesan resin 33
Gambar 4.11 Pengukuran ketebalan produk C 34
Gambar 4.12 Hasil produk komposit 3D printing bagain D 34
Gambar 4.13 Pengukuran ketebalan produk D 35
Gambar 4.14 Proses pendempulan 36
Gambar 4.15 Produk setelah dilakukan pengecatan 37
Gambar 4.16 Pemasangan produk pada velg 38

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di masa sekarang ini, komposit sudah mulai banyak digunakan sebagai salah satu inovasi dalam industri otomotif, aplikasi di bidang otomotif tidak hanya terbatas pada bagian interior tetapi juga pada bagian exterior. Keuntungan yang dapat diambil dari komposit adalah memiliki kekuatan serta kekakuan yang tinggi dan memiliki berat yang ringan (Saleh, 2019).

Pada tahun 2019 Imansyah melakukan penelitian pembuatan desain bodi kendaraan mobil mikro. Pada penelitian tersebut desain yang dibuat memiliki bentuk visual yang bagus dan memiliki *cover velg*. Pada umumnya, *cover velg* pada mobil berbahan plastik yang dibuat menggunakan proses injeksi molding. Karena proses tersebut terlalu mahal untuk pembuatan prototipe *cover velg*, maka pada penelitian ini material *cover velg* diganti menggunakan komposit (Imansyah, 2019).

Terdapat beberapa metode untuk membuat produk komposit dan yang paling mudah dan murah adalah dengan menggunakan metode *hand lay-up*. Selain lebih kuat dibandingkan plastik, proses ini juga lebih murah. Namun proses pembuatan komposit yang selama ini dilakukan memiliki kekurangan yaitu membutuhkan waktu yang relatif lama. (Mattews, 1994).

Salah satu proses yang membutuhkan waktu melalui metode *hand lay up* adalah pembuatan master cetakan. Untuk itu, agar mempersingkat proses pembuatan komposit, master cetakan dibuat langsung menggunakan teknologi 3D *printing*. Kelebihan teknologi 3D *printing* adalah mampu membuat berbagai macam bentuk produk dengan sangat mudah dan waktu yang singkat. Namun produk 3D *printing* memiliki kekurangan yaitu nilai kekuatan yang rendah serta dimensi yang terbatas (Putra, 2018).

Melihat dari kelebihan metode *hand lay up* dan 3D *printing*, maka penelitian ini mencoba untuk menggabungkan kedua metode tersebut sehingga

dapat menciptakan produk komposit yang singkat dan memiliki kekuatan yang baik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diambil suatu rumusan masalah yaitu bagaimana cara membuat *cover velg* mobil mikro agar memperoleh waktu yang efektif dari gabungan kedua metode 3D printing dan hand lay up?

1.3 Batasan Masalah

Agar perancangan ini dapat fokus, maka pembatasan masalah dalam perancangan ini meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Produk yang dibuat yaitu *cover velg* mobil mikro.
2. Bahan pembuatan produk 3D printing yaitu PLA.
3. Tebal dari produk *3D printing* adalah 2 mm.
4. Serat yang digunakan yaitu *fiberglass*.
5. Tidak melakukan pengujian kekuatan material.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Tujuan dari penelitian atau perancangan ini adalah mempercepat waktu dalam proses pembuatan produk cover velg mobil mikro dengan penggabungan metode *3D printing* dan *hand lay-up*.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

1. Memberikan pemahaman baru mengenai topik yang berkaitan dengan metode dalam pembuatan produk komposit.
2. Dapat digunakan sebagai referensi untuk membuat produk komposit.
3. Memberikan pengetahuan tentang sambungan dalam proses 3D *printing* pada produk yang dibagi menjadi beberapa bagian.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada penulisan laporan tugas akhir ini ini terdiri dari beberapa bagian,yang bertujuan memudahkan dalam memahami laporan tugas akhir ini. Penulisan laporan tugas akhir ini dibagi menjadi lima bab yaitu: Bab I PENDAHULUAN

Bagian ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan. Bab II TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini berisi kajian pustaka dan menjelaskan dasar teori yang yang digunakan dalam penelitian dan perancangan yang dilakukan. Bab III METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian dan metode penelitian yang digunakan.

Bab IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi tentang hasil dan pembahasan berdasarkan penelitian dan perancangan yang telah dilakukan.

Bab V PENUTUP

Bagian ini berisi tentang kesimpulan dari pembahasan yang dilakukan serta saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Yahya Tata Imansyah pada tahun 2019 melakukan penelitian tentang perancangan mobil mikro dengan judul "Perancangan Bodi Mobil Penumpang Tunggal (Mobil Mikro)". Penelitian tersebut berisi tentang perancangan bodi mobil mulai dari tahap desain hingga pemodelan. Pada penelitian tersebut didesain salah satu komponen bagian luar dari mobil yaitu *cover velg* (Imansyah, 2019).

Penelitian tentang pembuatan cover velg mobil sebelumnya penah dilakukan oleh Rustamaji tahun 2013. Penelitian tersebut membahas proses pembuatan komposit berpenguat serat *fiberglass* dengan metode *hand lay up* mulai dari proses pembuatan master cetakan *cover velg* sampai proses *fhinising* (Rustamaji, 2013).

Selain itu, telah dilakukan penelitian oleh Putra tahun 2018 tentang pemanfaatan 3D printing dalam proses pembuatan produk gaya hidup seperti sepatu dan aksesoris perhiasan. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan hasil antara lain menghemat waktu, biaya serta menyederhanakan proses menjadi lebih singkat. Namun penggunaan 3D printing memiliki Batasan yaitu hanya produk-produk yang memiliki dimensi relative kecil (Putra, 2018).

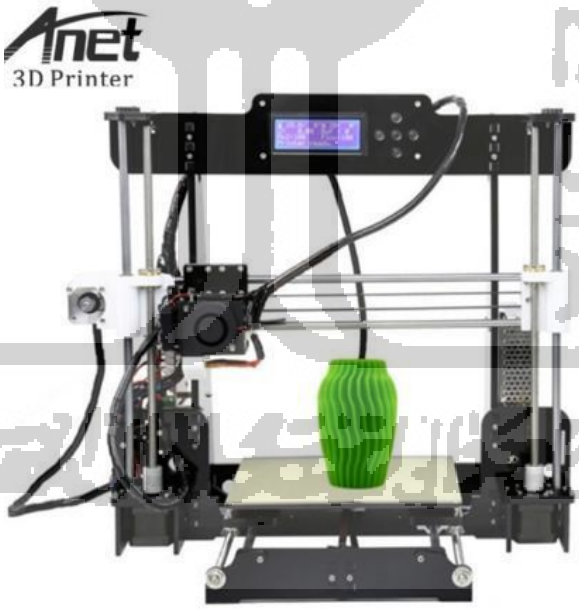
Penelitian tentang proses 3D *printing* yang berukuran besar dari kapasitas mesin 3D printing sudah dilakukan oleh Artaya tahun 2015 dengan judul "Eksplorasi Kemampuan Dan Kapasitas Mesin 3D Printing Dalam Pengembangan Modul Rakitan Dan Komponen Uji". Penelitian tersebut berisi tentang kajian kemampuan dan mengetahui kapasitas dari mesin 3D *printing* terkait dengan peran mesin 3D *printing* untuk membuat produk yang melebihi kapasitas dari mesin, serta teknik-teknik dalam perakitan 3D *printing* (Arthaya, 2015). Namun yang menjadi perhatian penulis adalah teknik dalam perakitan hanya pada bidang datar dan tegak lurus tidak adanya perakitan dengan bidang yang berkontur.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 *3D Printing*

Pada tahun 1986, seseorang bernama Charles W. Hull memiliki hak paten dengan teknologi *stereolithography*. Teknologi ini merupakan teknologi untuk membuat objek 3D. 3D *printer* atau dikenal juga sebagai *Additive Layer Manufacturing* merupakan proses pembuatan benda padat tiga dimensi dari sebuah desain secara digital menjadi bentuk 3D yang tidak hanya dapat dilihat tapi juga dipegang dan memiliki volume. 3D *printing* dicapai dengan menggunakan proses aditif, dimana sebuah obyek dibuat dengan meletakkan lapisan yang berurut dari bahan baku (Exell, 2013).

3D *printing* dapat mencetak pemodelan, dan tidak membutuhkan waktu yang lama dalam proses pembuatan suatu produk namun 3D printing juga memiliki kekurangan yaitu kekuatan yang rendah serta dimensi dari produk yang terbatas (Putra, 2018). Salah satu mesin 3D printing dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Mesin 3D *printing*
(sumber: https://picclick.com)

2.2.2 PLA (Poly Lactic Acid) Filament

PLA merupakan salah satu jenis plastik polimer yang terbuat dari bahan-bahan yang dapat terurai, seperti tepung jagung, tepung tapioka, atau olahan tebu. Karena terbuat dari bahan yang mudah terurai, PLA ramah lingkungan. Hal inilah yang membuat bahan ini semakin banyak mendapatkan popularitas. PLA dapat menghasilkan cetakan yang kuat dan sangat rapi (Putra, 2018). *Filament PLA* dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Gambar 2.2 *Filament* PLA

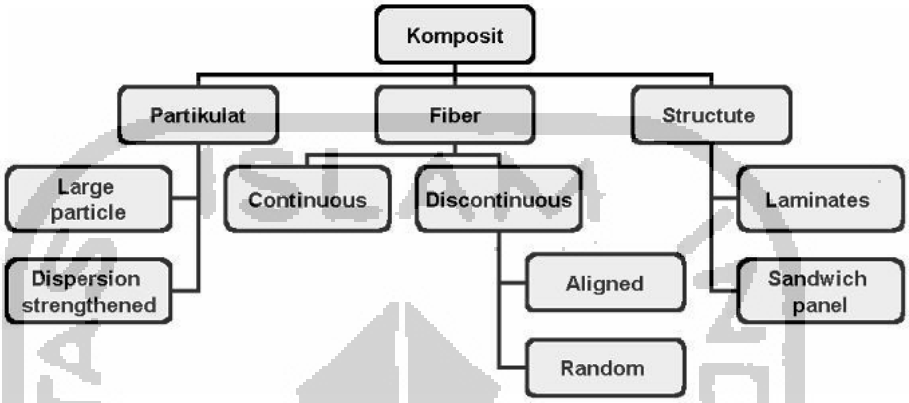
(Sumber: https://www.creativemechanisms.com)

2.2.3 Komposit

Komposit merupakan suatu struktur material yang tersusun dari dua kombinasi atau lebih konstituen yang dikombinasikan secara makroskopik yang mana keduanya tidak saling melarutkan dan menghasilkan material baru dengan sifat yang berbeda dari sifat dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing - masing material penyusun. Konstituen yang pertama disebut *reinforcing phase* sedangkan konstituen yang kedua dalam hal ini mengelilingi disebut matrik (Mattews, 1994).

Salah satu keuntungan material komposit adalah kemampuan material tersebut untuk diarahkan sehingga kekuatannya dapat diatur hanya pada arah tertentu yang kita kehendaki. Selain kuat, komposit juga ringan, kaku, tahan korosi serta memiliki ketahanan yang tinggi pula terhadap beban dinamis. Selain memiliki kelebihan komposit juga memiliki kekurangan antara lain kurang elastis dan lebih sulit dibentuk secara plastis serta tidak tahan dengan beban *shock* dan *crash* (Mattews, 1994).

Material komposit terbentuk dari beberapa unsur. Komponen ini dapat berupa unsur organik anorganik ataupun metalik dalam bentuk serat, serpihan, partikel dan lapisan. Bila dilihat dari material pembentuk komposit, maka komposit dapat dibedakan dalam beberapa bagian dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Pembagian komposit berdasarkan penguat
(Sumber: Nayiroh, 2013)

1. Partikel sebagai penguat (*Particulate composites*)

   Keuntungan dari komposit yang disusun oleh *reinforcement* berbentuk partikel:

   - Kekuatan lebih seragam pada berbagai arah.
   - Dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan meningkatkan kekerasan material.
   - Cara penguatan dan pengerasan oleh partikulat adalah dengan menghalangi pergerakan dislokasi.

2. Fiber sebagai penguat (*Fiber composites*)

   Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit (Nayiroh, 2013).

3. Fiber sebagai struktural

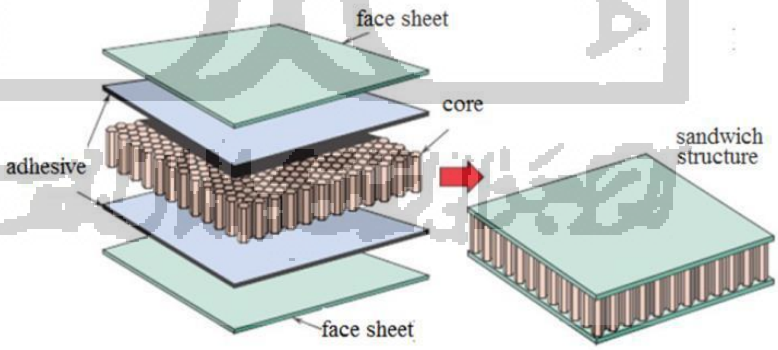
Komposit struktural dibentuk oleh *reinforce* yang memiliki bentuk lembaran-lembaran. Berdasarkan struktur, komposit dapat dibagi menjadi dua yaitu,

- *Laminate*

  Laminate adalah gabungan dari dua atau lebih lamina (satu lembar komposit dengan arah serat tertentu) yang membentuk elemen struktur secara integral pada komposit. Proses pembentukan lamina ini menjadi *laminate* dinamakan proses laminasi. Sebagai elemen sebuah struktur, lamina yang serat penguatnya searah saja pada umumnya tidak menguntungkan karena memiliki sifat yang buruk. Untuk itulah struktur komposit dibuat dalam bentuk lamina yang terdiri dari beberapa macam lamina atau lapisan yang diorientasikan dalam arah yang diinginkan dan digabungkan bersama sebagai sebuah unit struktur. Mikrostruktur lamina dan jenis-jenis dari arah serat (Nayiroh, 2013).

- *Sandwich Panels*

  Komposit *sandwich* merupakan komposit yang tersusun dari 3 lapisan yang terdiri dari *flat composite* atau *face sheet* sebagai *skin* serta *core* dibagian tengahnya stuktur *sandwich* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Stuktur komposit *sandwich*

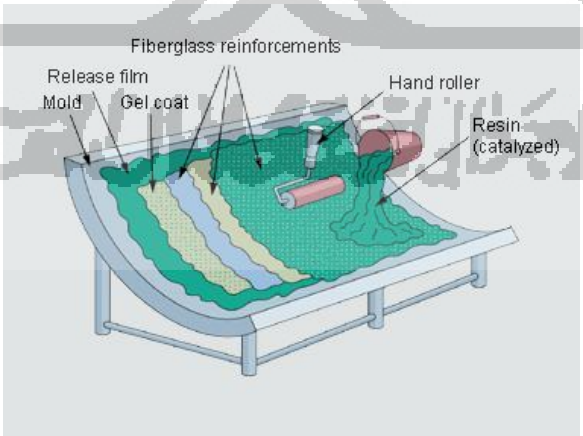
(Sumber: Nayiroh, 2013)

Skin befungsi untuk menahan *tensile* dan *compressive stress, skin* biasanya memiliki *rigidity* atau tingkat kekakuan yang rendah. *Core* merupakan bagian terpenting dari *sandwich, core* harus cukup kaku agar jarak antar permukaan tetap terjaga dan harus mampu menahan geseran agar tidak terjadi *slide* antar permukaan. Tidak hanya kuat dan mimiliki densitas rendah, *core* juga mempunyai sarat lain yaitu tingkat kadar air, *backling* dan memiliki umur yang panjang dan sebagainya. (Nayiroh, 2013).

2.2.4 *Hand Lay up Process*

Proses *hand lay-up* merupakan proses yang sangat mudah untuk dilakukan dalam pembuatan komposit. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar. Proses dari pembuatan dengan metode ini adalah dengan cara menuangkan resin dengan tangan kedalam serat berbentuk anyaman, rajuan atau kain, kemudian memberi takanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai (Nayiroh, 2013).

Proses *hand lay-up* sangat mudah dilakukan, cocok untuk komponen yang besar dan volume yang rendah Pada metoda *hand lay up* ini resin yang paling banyak di gunakan adalah *polyester* dan *epoxies*. Proses ini dapat kita lihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Proses *hand la up*

(Sumber: Nayiroh, 2013)

Keuntungan proses *hand lay-up*:

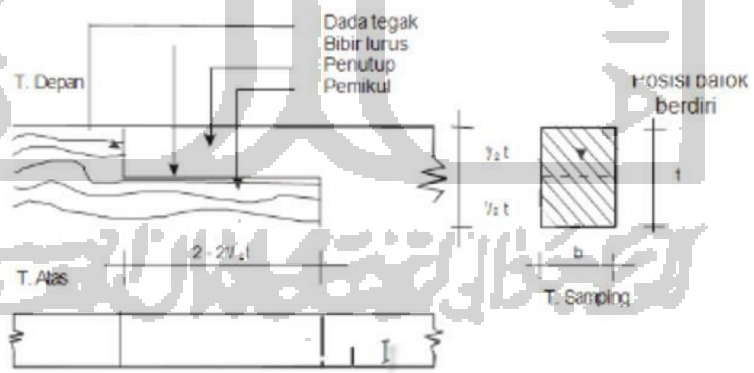
- Proses mudah dilakukan
- Menggunakan sedikit alat dan harga yang murah
- Kemudahan dalam bentuk dan desain produk
- Variasi ketebalan dan komposisi serat dapat diatur dengan mudah

2.2.5 Sambungan

Sambungan merupakan penyatuan dari beberapa bagian/konstruksi dengan menggunakan suatu cara tertentu. Sambungan sangat diperlukan dalam proses penyatuan benda dimana awalnya benda tersebut terbagi hingga bagian tersebut dapat menyatu satu dengan yang lainnya. Ada beberapa macam contoh sambungan antara lain:

1. Sambungan Bibir Lurus

   Sambungan bibir lurus merupakan sambungan yang paling sederhana dan yang banyak digunakan namun sambungan ini memiliki kekuatan yang lemah karena sambungan ini hanya ditarik setengahnya. Sambungan ini biasanya digunakan untuk menyambung dengan arah lurus memanjang (Soemardjo, 2002). Sambungan bibir lurus dapat dilihat pada Gambar 2.6

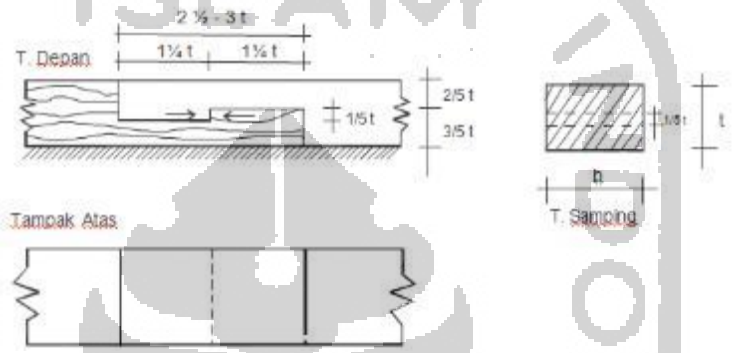


Gambar 2.6 Sambungan bibir lurus

(Sumber: Soemardjo, 2002)

2. Sambungan Bibir Lurus Berkait

Sambungan bibir lurus berkait hampir sama dengan sambungan bibir lurus hanya sambungan bibir lurus berkait terdapat gaya tarik pada batang sehingga permukaan batang tertahan, hal tersebut membuat sambungan bibir lurus berkait lebih baik dari sambungan bibir lurus dalam kekuatan Tarik (Soemardjo, 2002). Sambungan bibir lurus berkait dapat dilihat pada Gambar 2.7.

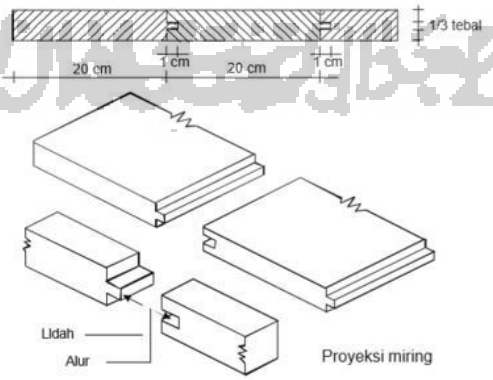


Gambar 2.7 Sambungan bibir lurus berkait

(Sumber: Soemardjo, 2002)

4. Sambungan Lidah Dan Alur

Sambungan lidah dan alur biasanya digunkan untuk menyambung bentuk yang melebar dimana pada salah satu bagian sisinya dibuat alur yang menonjol keluar sedangkan bagian lainnya dibuat lidah kedalam sehingga kedua sisi disatukan akan menyatu dengan baik (Soemardjo, 2002). Sambungan lidah dan alur dapat dilihat pada Gambar 2.8

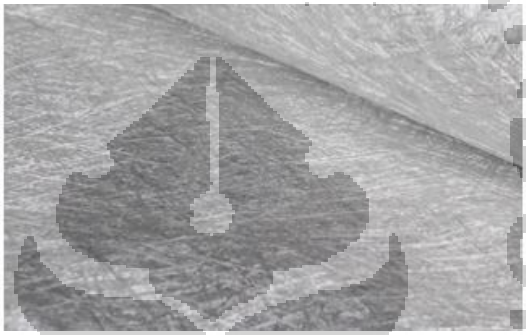


Gambar 2.8 Sambungan lidah dan alur

(Sumber: Soemardjo, 2002)

2.2.6 *Fiberglass*

Fiberglass mulai berkembang pada tahun 1930 yang merupakan bahan paduan atau campuran beberapa bahan kimia yang bereaksi dan mengeras dalam waktu tertentu. Bahan ini mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan bahan logam, di antaranya yaitu lebih ringan, lebih mudah dibentuk dan harganya lebih murah. Fiberglass memiliki sifat-sifat yang memenuhi syarat untuk bahan industri, seperti kekuatannya tinggi, elastis dan tahan terhadap temperatur tinggi (Saleh, 2019). Dapat dilihat pada Gambar 2.9 dibawah ini.

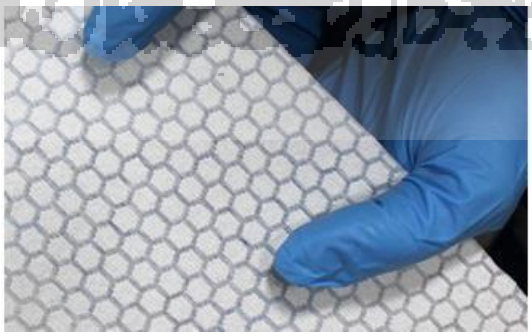


Gambar 2.9 *Fiberglass*

(Sumber: https://www.fibreglast.com)

2.2.7 *Lantor Soric*

Lantor soric merupakan salah satu *core* atau inti dari komposit *sandwich* yang ringan serta memiliki kekuatan yang baik, *lantor soric* terbuat dari bahan *non-woven* yang tahan terhadap tekanan, sehingga diperoleh kombinasi bahan yang kaku, kuat tetapi ringan (Saleh, 2019). *Lantor soric* dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 *Lantor soric*

(Sumber: https://www.fibreglast.com)

2.2.8 Resin Unsaturated Polister

Resin adalah polimer dalam komposit sebagai matrik, yang mempunyai fungsi sebagai pengikat, sebagai pelindung struktur komposit, memberi kekuatan pada komposit dan bertindak sebagai media *transfer* tegangan yang diterima oleh komposit serta melindungi serat dari abrasi dan korosi. Resin yang popular digunakan yaitu *epoxy* dan *polyester*. *Polyester* berupa resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis dan harganya relative lebih terjangkau dari pada *epoxy* (Fathoni, 2019). Resin *polyester* dapat dilihat pada Gambar 2.11.

Gambar 2.11 Resin polister
(Sumber: https://www.mbfg.co.uk)

2.2.9 Katalis *Metyl Etyl Keton Peroksida* (MEKPO)

Katalis terbuat dari bahan kimia termasuk dalam senyawa polimer dengan bentuk cair dam berwarna bening, katalis memiliki peran yang sangat penting dalam proses pembekuan matrik, katalis dapat diatur dalam proses pembekuan matriknya semakin banyak pemberian katalis semakin cepat proses pembekuan yang terjadi. Baiknya penggunaan katalis sesuai dengan yang dibutuhkan (Saleh, 2019).

Untuk pengukuran massa katalis dilakukan menggunakan pipet tetes 1 tetes katalis = 0,026 g (Fathoni, 2019). Berdasarkan penelitian sebelumnya penggunakaan persentase katalis 1% terhadap resin memiliki sifat mekanik material yang baik (Hadmi, 1998). Katalis dapat dilihat pada Gambar 2.12.

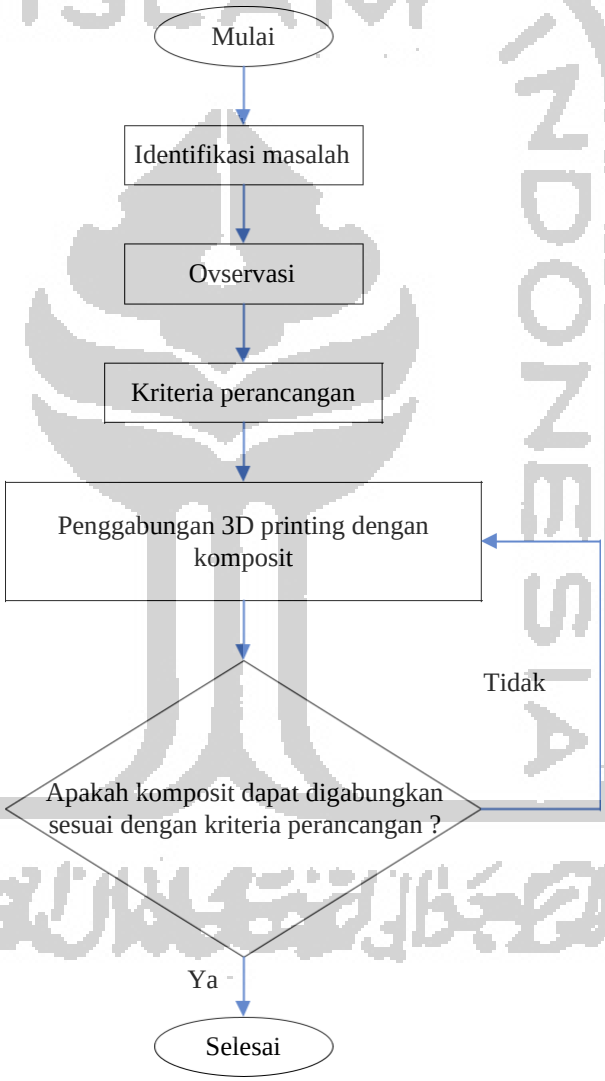
Gambar 2.12 Katalis

(Sumber: https://www.mbfg.co.uk)

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Untuk mempermudah dalam melakukan penelitian maka dibuatlah diagram alur penelitian seperti yang terdapat pada gambar *flow chart* seperti gambar 3.1 dibawah ini.

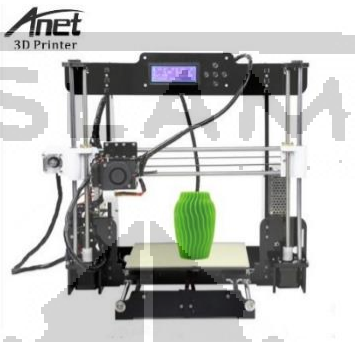


Gambar 3.1 Alur penelitian

3.2 Peralatan dan Bahan

Adapun peralatan dan bahan yang digunakan pada perancangan ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3-1 Tabel alat yang digunakan

No	Nama Alat	Gambar Alat	Fungsi
1	3D *Printing*		Untuk membuat produk 3D
2	Timbangan		Untuk mengukur massa produk
3	Kuas		Untuk mengoles resin pada saat proses pembuatan produk
4	Gunting		Untuk memotong *Fiberglass* dan *lantor soric*

Tabel 3-2 Tabel bahan yang digunakan

No	Nama Bahan	Gambar Bahan	Fungsi
1	PLA		Untuk membuat produk 3D
2	Resin		Untuk pengikat dalam pembuatan komposit
3	katalis		Untuk pengeras resin pada saat proses pembuatan produk
4	*Fiberglass*		Untuk laminasi pada komposit
5	*Lantor soric*		Untuk core pada komposit

3.3 Observasi

Untuk mencapai tujuan peneliatian ini, maka perlu dilakukan observasi. Kegiatan observasi ini merupakan tahap pengumpulan data dan referensi, hal ini dilakukan melalui studi literatur atau kepustakaan yang relevan dengan topik penelitian ataupun datang langsung ke lokasi tempat pembuatan komposit. Tempat yang didatangi untuk melakukan observasi yaitu di CV. Karyatama komposit yang berlokasi di jalan Tanjungsari, Dusun Kencuran, Desa Sukoharjo, Kab. Sleman, Yogyakarta.

Observasi tersebut mendapatkan pengetahuan tentang proses serta tahapan yang dilakukan untuk membuat suatu produk komposit yaitu pertama melakukan proses pembuatan master cetakan selanjutnya membuat cetakan setelah cetakan dibuat selanjutnya melakukan proses pembuatan produk. Dari hasil observasi yang bertanya langsung pada pekerja di tempat tersebut didapatkan data bahwa untuk membuat produk cover velg mobil dengan ukuran diameter 140mm dan ketebalan 3mm waktu yang dibutuhkan yaitu 5 hari atau ±60 jam mulai dari proses pembuatan master cetakan, pembuatan cetakan, pembuatan produk hingga proses fhinishing. Dokumentasi dari hasil observasi dapat dilihat pada Gambar 3.2.

Gambar 3.2 Observasi pembuatan komposit di karyatama

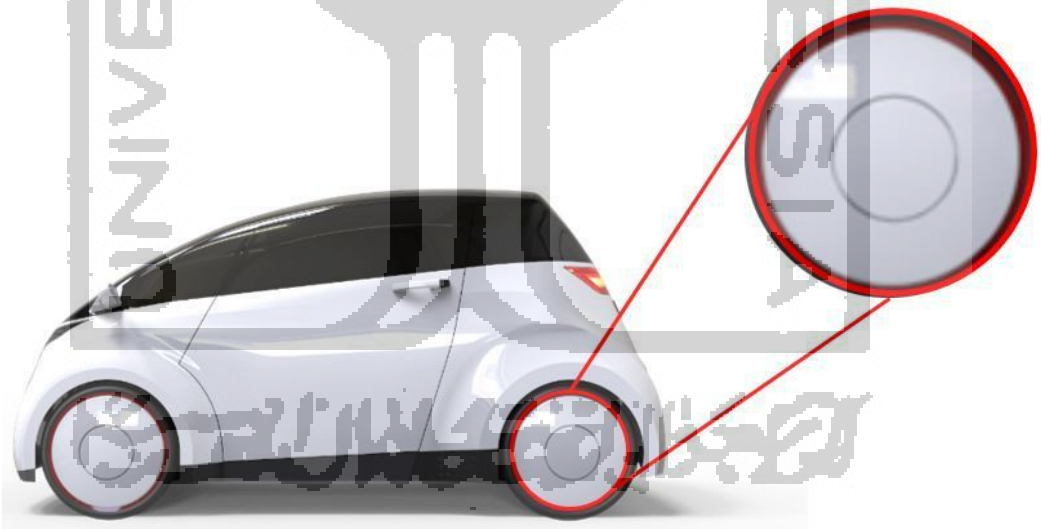
3.4 Kriteria Perancangan

Kriteria perancangan yang diharapkan pada produk ini yaitu kedua metode dapat disatukan dengan baik sehingga mendapatkan produk yang kuat, ringan dan memperoleh waktu yang efektif dalam pembuatan produk serta produk yang dihasilkan memiliki geometri yang sama pada desain sehingga dapat digunakan pada *velg* mobil mikro.

3.5 Proses Pembuatan Produk

3.5.1 Desain Produk

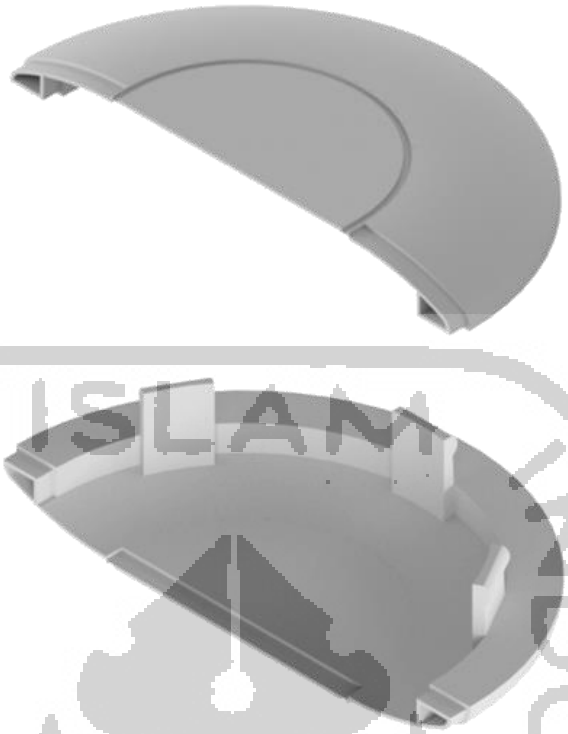
Produk yang dibuat yaitu cover velg mobil berpenumpang tunggal yang sebelumnya telah didesain oleh Yahya Tata Imansyah dalam tugas akhir "Perancangan Mobil Berpenumpang Tunggal (Mobil Mikro)". Produk yang dibuat bersekala 1:2, dibawah ini merupakan gambar desain mobil mikro yang telah di buat dan gambar desain cover velg mobil mikro seperti dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Desain mobil mikro

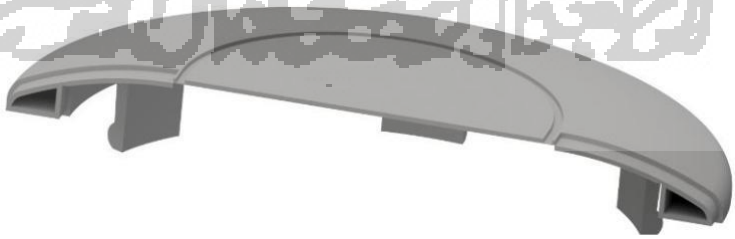
(Sumber: Imansyah, 2019)

Untuk memudahkan dalam proses pembuatan produk, desain *cover velg* dibagi menjadi dua bagian karena mempertimbangkan kapasitas dari dimensi mesin 3D *printing* yang digunakan dalam penelitian. Desain produk yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Desain produk *cover velg*

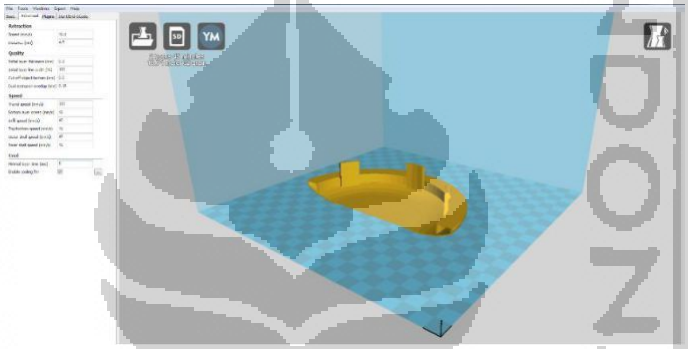
Ketika proses desain produk dilakukan, jenis sambungan yang dibuat menyerupai jenis sambungan bibir lurus, sambungan ini menyatukan 2 bagian produk dari depan guna untuk menahan gaya dari depan dan samping namun sambungan ini jika diberikan gaya dari atas akan membuat pergeseran pada sambungan. Untuk itu, desain produk telah dimodifikasi dengan menyatukan dua bagian dari atas dan bawah agar produk dapat menahan gaya jika mendapatkan gaya dari atas, bawah serta samping seperti dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Desain hasil modifikasi sambungan

3.5.2 Proses 3D Printing

Setelah melakukan proses desain produk langkah selanjutnya yaitu proses pengeprinan dengan menggunakan mesin 3D *printing* Anet A8, proses pengeprinan dibagi menjadi dua bagian karena produk yang dibuat cukup besar untuk dilakukan proses pengeprinan, sebelum melakukan proses cetak terlebih dahulu melakukan pengaturan kualitas di *software Ultimate Cura*. Dalam *software* ini yang paling penting untuk dilakukan pengaturan adalah terkait waktu dan juga material *support* yang berfungsi untuk menekan biaya dan juga bahan baku. Proses pengaturan *software Ultimate Cura* dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Pengaturan *printer* dengan *software ultimate cura*

Dari gambar 3.6 di atas dapat diketahui bahwa waktu yang digunakan dalam mencetak adalah 2 jam 42 menit termasuk dengan waktu cetak untuk material *support*. Untuk *support* dipilih pola *lines* karena cukup kuat untuk menopang dan juga untuk menghemat bahan baku, *Infill* yang merupakan komposisi kekosongan dalam material sebesar 40% yang artinya material di antara dinding terdalam dan terluar tidak terlalu ada jarak. Suhu yang digunakan standar dengan suhu *nozzle* 220°C. Setelah proses pengaturan pada *Ultimate Cura* selesai, selanjutnya produk dapat dilakukan proses cetak. Proses cetak dibagi dua yang kemudian akan digabungkan kembali. Proses cetak dapat dilihat pada Gambar 3.7.

Gambar 3.7 Proses pencetakan

3.5.3 Proses Cetakan Terbuka (*open mold prosess*)

Dalam pembuatan produk komposit ada dua metode yang dapat dilakukan yaitu proses cetakan terbuka (*open mold prosess*) dan proses cetakan tertutup (*closed mold prosess*) langkah–langkah yang harus dilakukan untuk memperoleh sebuah produk sesuai dengan yang diinginkan antara lain:

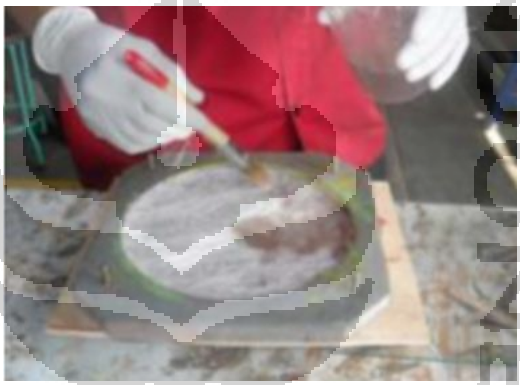
1. Pembuatan Master Produk

   Proses pembuatan master produk merupakan langkah awal yang dilakukan dalam pembuatan produk. Terdapat beberapa cara dalam pembuatan master produk salah satunya dengan menggunakan CNC *Router* dan *milling*. Pada saat proses pembutan master cetakan hal yang harus diperhatikan adalah permukaan dari master tersebut harus mulus dan halus agar dalam proses pembuatan cetakan produk tidak terjadi cacat pada permukaan cetakan. Proses pembuatan master dapat dilihat pada gambar 3.8.

Gambar 3.8 Proses pembuatan master cetakan dengan mesin bubut CNC (Sumber: Rustamaji, 2013)

2. Pembuatan Cetakan

Proses pembuatan cetakan dilakukan setelah proses pembuatan master produk dilakukan, proses pembuatan cetakan salah satunya dapat dilakukan dengan metode *hand lay up*. Adapun proses dari pembuatan dengan metode ini adalah dengan cara menuangkan resin dengan tangan ke dalam serat berbentuk anyaman, rajutan atau kain, kemudian memberi takanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Rasio perbandingan resin dan katalis yaitu 1%. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai.. Proses pembuatan cetakan dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Proses pembuatan cetakan
(Rustamaji, 2013)

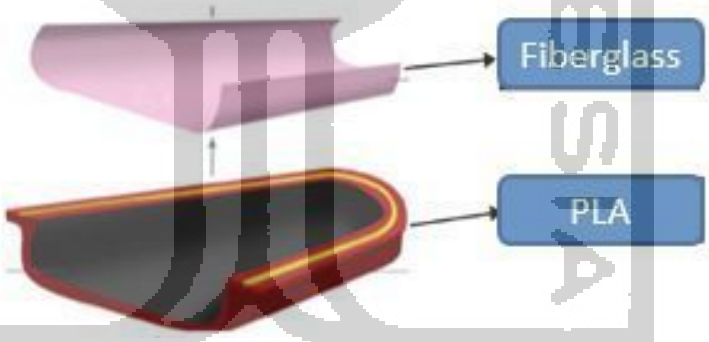
3. Pembuatan Produk

Setelah cetakan selesai maka produk dapat dibuat dengan menggunakan cetakan tersebut. Proses pembuatan produk sama halnya dengan proses pembuatan cetakan yang membekan cetakan produk bisa saja dibagi menjadi beberapa bagian agar kemudahan dalam proses melepaskan cetakan dari produk yang telah dibuat. Proses pembuatan produk dapat dilihat pada Gambar 3.10.

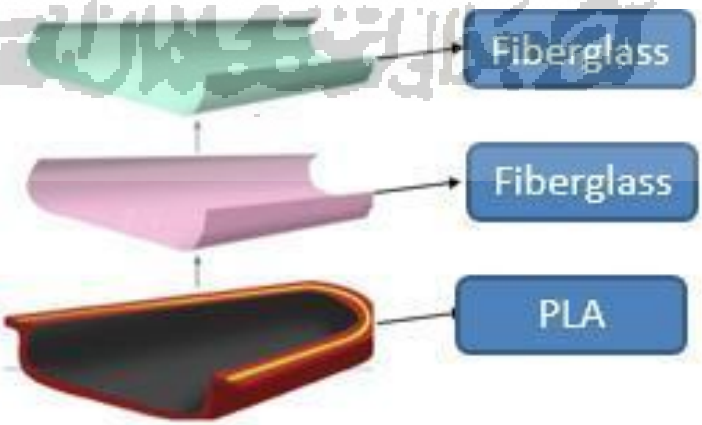
Gambar 3.10 Proses pembuatan produk
(Rustamaji, 2013)

3.5.4 Proses Pembuatan Komposit Penggabungan Dua Metode

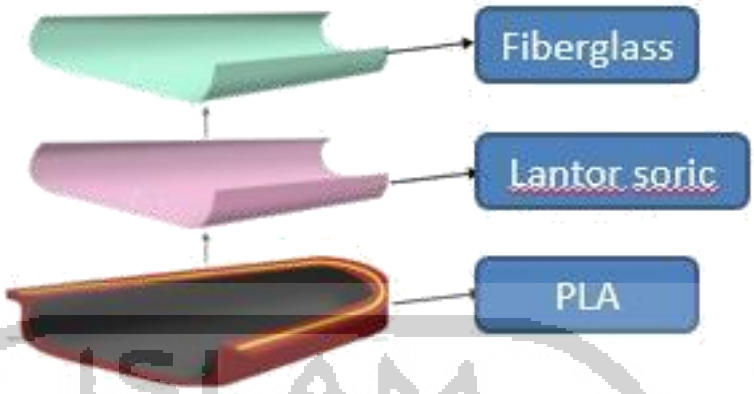
Pada proses pembuatan produk komposit penggabungan dua metode akan dibagi menjadi 4 bagian, hal tersebut guna untuk mendapatkan material yang kuat, kaku serta ringan, dimana masing - masing bagian memiliki susunan yang berbeda, untuk susunan dari masing-masing produk dapat dilihat pada Gambar 3.11-3.14 di bawah ini.



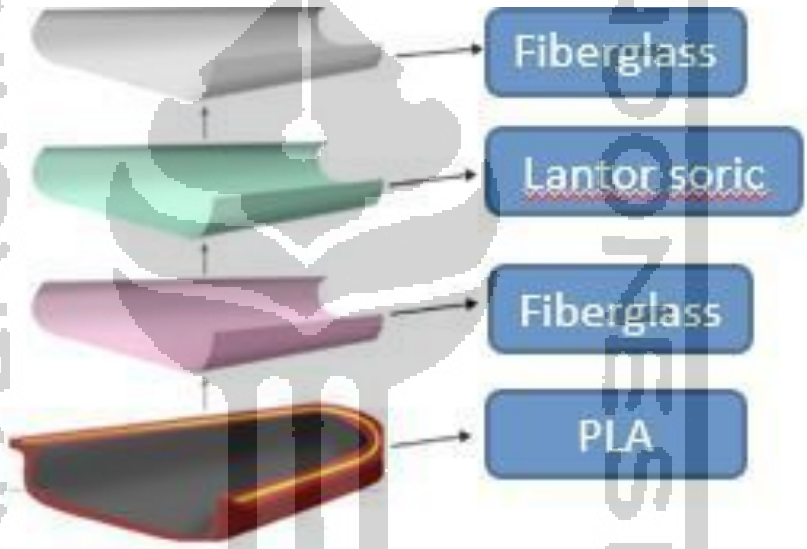
Gambar 3.11 Produk A



Gambar 3.12 Produk B



Gambar 3.13 Produk C



Gambar 3.14 Produk D

Produk komposit dibuat dengan *metode hand lay-up*. Secara umum, proses pembuatan komposit dilakukan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut.

1. Pemotongan Pada *Fiberglass* dan *Lantor Soric*

   Pemotongan *Fiberglass* dan *lantor soric* dilakukan dengan mengikuti bentuk hasil 3D *printing*. seperti dapat dilihat pada Gambar 3.15 berikut ini.

Gambar 3.15 Pemotongan *fiberglass* dan *lantor soric*

2. Penimbangan *Fiberglass* dan Resin.

Penimbangan dilakukan menggunakan timbangan digital pada masing-masing bahan yang digunakan sesuai dengan komposisi yang direncanakan. Proses penimbangan dapat dilihat pada Gambar 3.16 berikut ini.

Gambar 3.16 Penimbangan resin dan *fiberglass*

3. Pencampuran Resin dan Katalis

Sebelum dimulai proses pencetakan, resin dan katalis terlebih dahulu dicampur dan diaduk sesuai dengan takaran yang sudah ditentukan.

4. Proses Pembuatan

Berikut ini adalah tahapan yang dilakukan dalam pembuatan produk cover velg.

- Mengoleskan resin pada bagian dalam produk 3D printing dengan menggunakan kuas hiangga rata.

- Meletakkan *fiberglass* diatas resin yang sudah dioleskan pada produk 3D printing tadi.
- Mengoleskan kembali resin pada *fiberglass* dengan menggunakan kuas hiangga rata.
- Meletakkan *lantor soric* diatas resin yang sudah dioleskan pada *fiberglass*.
- Mengoleskan kembali resin pada bagian atas *lantor soric* dengan menggunakan kuas hiangga rata dan proses selesai.

5. Proses *finishing*

Tahap ini merupakan tahap akhir dalam pembuatan komposit. *Finishing* dilakukan untuk merapikan produk dengan cara merapikan bagian sisi dari material yang bukan bagian dari produk.

3.5.5 Komposisi Campuran Komposit 3D Printing

Tabel 3.3 berikut ini adalah komposisi campuran yang digunakan pada produk komposit. Proses pengukuran massa resin, katalis, *lantor soric* dan *fiberglass* dilakukan dengan menggunakan timbangan digital. Katalis yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan masing - masing adalah 5, 8, 10 dan 13 tetes yang memiliki massa masing-masing 0.130, 0.208, 0,60, 0.038 g. Persentase penggunaan katalis yaitu 1% dari resin seperti yang tercantum pada Tabel 3-3.

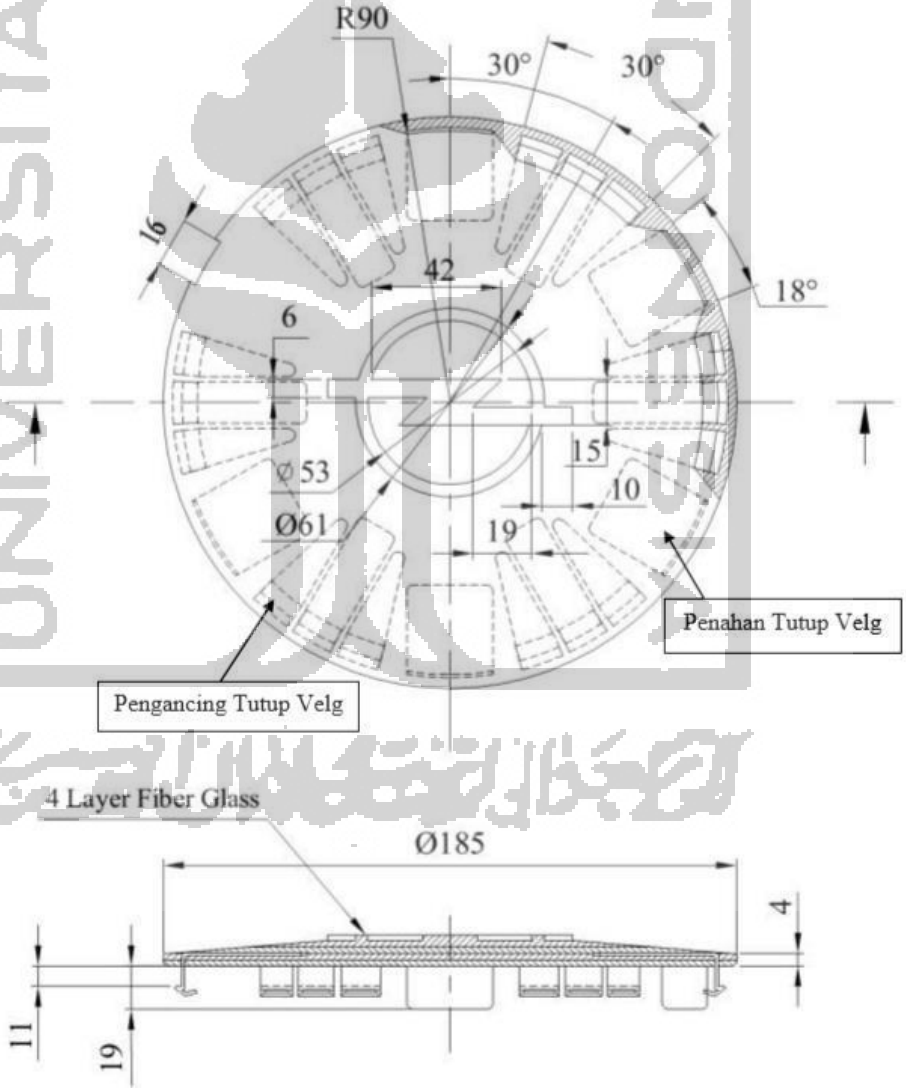
Tabel 3-3 Komposisi campuran komposit

No	Resin (gr)	Katalis (gr)	3D print (gr)	Lantorsoric(gr)	*Fiberglass* (gr)
1	15	0.156	58	-	2
2	20	0.208	58	-	4
3	25	0.260	57	2	2
4	30	0.338	56	2	4

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Proses Cetakan Terbuka (*open mold prosess*)

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Rustamaji tahun 2013 dengan judul "Modifikasi dan Pembuatan Tutup Velg Opel Blazer DOHC LT" waktu yang dibutuh untuk proses pembuatan produk komposit yaitu 6 hari atau 72 jam dimulai dari proses pembuatan cetakan hingga proses pembuatan produk untuk melihat gambar 2D yang dibuat oleh Rustamaji dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Desain 2D tutup velg oleh Rustamaji

(Sumber: Rustamaji, 2015)

4.2 Hasil 3D Printing Cover Velg

Gambar 4.1 berikut ini adalah hasil cetakan cover velg menggunakan 3D printing.

Gambar 4.2 Hasil 3D printing cover velg

Proses mencetak komponen diatas membutuhkan waktu selama 2 jam 4 menit. Pada komponen tersebut, terdapat penambahan dimensi ±0,5 mm antara produk yang tercetak dan desain yang dibuat sehingga mengalami kesulitan ketika menggabungkan kedua bagian tersebut. Oleh karena itu, perlunya dilakukan proses penghalusan pada bagian sambungan agar sambungan dapat digabungkan satu dengan lainnya seperti dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Gambar 4.3 Proses penghalusan pada bagian sambungan

Setelah proses penghalusan selesai dilakukan, kedua bagian tersebut akhirnya dapat disatukan. Namun demikian, terdapat sedikit celah yang terlihat akibat dari penambahan dimensi dibagian sambungan pada proses pencetakan seperti dapat dilihat pada Gambar 4.3.

a. Bagian Bawah b. Bagian Atas

Gambar 4.4 Penyambungan komponen menjadi satu bagian

Lamanya waktu yang dibutuhkan dari proses 3D printing yaitu 5 jam mulai dari proses pembuatan g-code hingga proses penghalusan. Hal yang perlu diperhatikan sebelum melakukan proses mencetak produk menggunakan 3D printing adalah pemberian *support* karena jika terlalu banyak dan tebal akan membuat massa dari produk akan bertambah dan susah untuk dilepaskan.

Untuk menggabungkan dua komponen menjadi satu, jenis sambungan yang digunakan pada pembuatan produk ini yaitu jenis sambungan bibir lurus. Sambungan bibir lurus dipilih karena jenis sambungan ini sangat cocok digunakan untuk produk yang berkontur. Sambungan pada produk dilakukan dengan memodifikasi dari jenis sambungan bibir lurus yang ada dengan penambahan bagian atas dan bawah pada masing-masing bagian dari produk. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan produk yang kuat menahan gaya dari atas, depan dan samping.

4.3 Hasil Pembuatan Komposit Penggabungan Dua Metode

4.3.1 Pengaruh Susunan Layer Pada Komposit

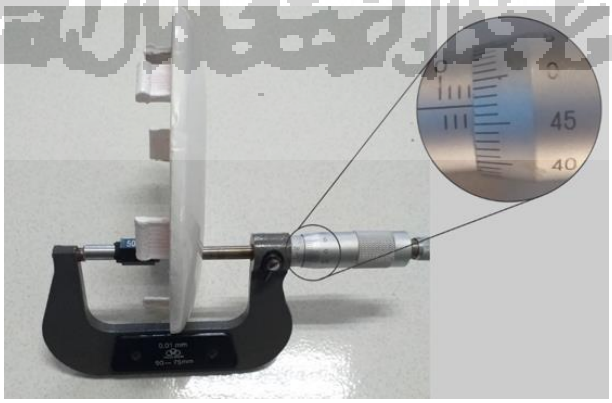
Untuk mengetahui hasil dalam pembuatan komposit 3D printing serta mengetahui pengaruh susunan layer pada komposit dijelaskan sebagai berikut.

4.3.1.1 Produk A

Pada produk A, susunan layer terdiri dari PLA dan *fiberglass.* Hasil pembuatan produk A dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Gambar 4.5 Hasil produk komposit 3D *printing* bagain A

Pada produk A, produk yang dihasilkan terlihat lebih tipis dibandingkan dengan yang lain karena hanya menggunakan 1 l*ayer fiberglass*. Waktu yang dibutuhkan dalam proses pembuatan produk ini yaitu ±6 jam dimulai dari persiapan alat dan bahan hingga proses pengeringan. Proses pengeringan dilakukan diruang terbuka agar produk dapat kering dengan cepat. Massa dari produk ini adalah 76 g serta ketebalannya adalah 3,47 mm hasil ini didapat dari 3x percobaaan. Gambar 4.5 dibawah ini merupakan hasil pengukuran ketebalan produk bagian A.



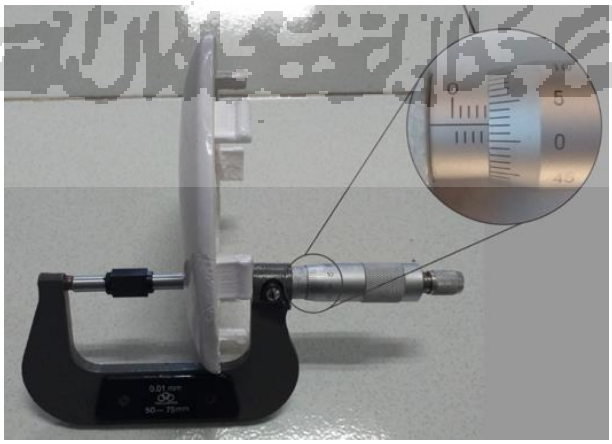
Gambar 4.6 Pengukuran ketebalan produk A

4.3.1.2 Produk B

Pada produk B, susunan layer terdiri dari PLA dan dua layer *fiberglass.* Untuk hasil produk B dapat dilihat pada Gambar 4.6 dibawah ini.

Gambar 4.7 Hasil produk komposit 3D printing bagain B

Seperti dapat dilihat pada gambar 4.6 diatas, produk yang dihasilkan lebih tebal karena menggunkan dua layer *fiberglass.* Waktu yang dibutuhkan dalam proses ini yaitu ±6 jam mulai dari persiapan alat dan bahan sampai proses pengeringan, proses pengeringan dilakukan diruang terbuka agar produk dapat kering dengan cepat, massa dari produk B yaitu 78 g serta ketebalan produk B yaitu 4,4 mm hasil ini didapat dari 3x percobaaan. Gambar 4.7 merupakan proses pengukuran ketebalan produk B.



Gambar 4.8 Pengukuran ketebalan produk bagian B

4.3.1.3 Produk C

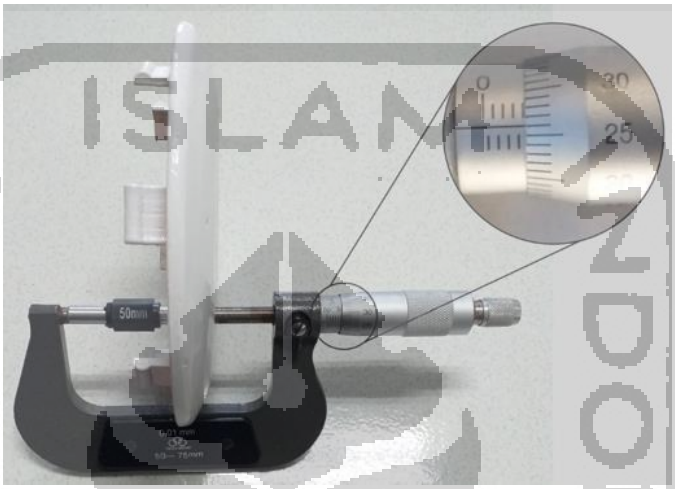
Pada produk C, susunan *layer* yaitu PLA, *fiberglass*, dan *lantor soric* untuk hasil dari pada produk B dapat dilihat pada Gambar 4.8.

Gambar 4.9 Hasil produk komposit 3D printing bagain C

Seperti dapat dilihat pada gambar diatas, produk yang dihasilkan lebih tebal dibandingkan dua produk sebelumnya. Produk C merupakan komposit *sandwich* yang memiliki massa cukup ringan namun nilai kekuatannya sangat baik. Pada permukaan atas produk tidak mengalami cekung kearah dalam akibat panas yang ditimbukan oleh reaksi dari resin. Namun demikian, resin keluar dari celah sambungan pada bagian atas produk karena sambungan yang kurang rapat seperti dapat dilihat pada Gambar 4.9.

Gambar 4.10 Rembesan resin

Lamanya waktu yang dibutuhkan dalam proses ini yaitu ±6 jam mulai dari persiapan alat dan bahan sampai proses pengeringan. Proses pengeringan dilakukan diruang terbuka agar produk cepat kering. Massa dari produk C adalah 88 g serta ketebalannya adalah 5,26 mm hasil ini didapat dari 3x percobaaan. Gambar 4.20 dibawah ini merupakan proses pengukuran ketebalan produk C.



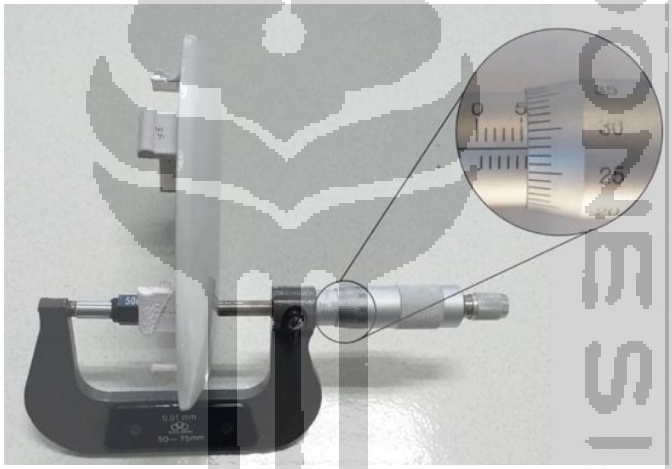
Gambar 4.11 Pengukuran ketebalan produk C

4.3.1.4 Produk D

Pada produk D, susunan layer yaitu PLA, *fiberglass*, *lantor soric* dan *fiberglass*. Untuk hasil produk D dapat dilihat pada Gambar 4.11 dibawah ini.

Gambar 4.12 Hasil produk komposit 3D printing bagain D

Seperti dapat dilihat pada gambar 4.11 diatas, produk D yang dihasilkan lebih tebal dan jika ditekuk kekuatan dari produk sangat kuat dibandingkan dengan produk lainnya. Hal tersebut dikerenakan jenis komposit yang dibuat yaitu komposit *sandwich* dengan 3 layer *fiberglass* dan *lantor soric* sebagai *core*. Produk ini merupakan komposit *sandwich* yang memiliki massa cukup ringan. Pada permukaan atas produk tidak mengalami cekung kearah dalam akibat panas yang ditimbukan oleh reaksi dari resin. Lamanya waktu yang dibutuhkan dalam proses ini yaitu ±6 jam mulai dari persiapan alat dan bahan sampai proses pengeringan, proses pengeringan dilakukan diruang terbuka agar produk dapat kering dengan cepat, massa dari produk D yaitu 87 g serta ketebalan produk D yaitu 5,75 mm hasil ini didapat dari 3x percobaaan. Gambar 4.12 merupakan proses pengukuran ketebalan produk D.



Gambar 4.13 Pengukuran ketebalan produk D

Pengaryuh susunan layer terhadap nilai kekuatan komposit yaitu semakin banyak layer yang digunakan semakin meningkatkan nilai kekuatan dari komposit, dari hasil pengujian tarik dan perhitungan nilai tegangan tarik yang dilakukan oleh (Fansuri, 2019). untuk produk 3DP+ *fiberglass*, F.max sebesar 529.74 N dan σ Max sebesar 24.46 Mpa, dengan penambahan *lantor soric* pada produk komposit nilai kekuatan dari produk semakin meningkat yaitu F.max sebesar 774.995 N dan σ Max sebesar 24.46 Mpa. Maka produk D merupakan produk dengan nilai kekuatan tarik paling besar dari produk yang lainnya yang mampu menahan beban maksimal sebesar 774.995 N.

4.3.2 Hasil Dari Proses *Finishing*

Tahap selanjutnya dari proses pembuatan produk adalah melakukan *finishing* terhadap produk. Proses *finishing* yang dilakukan adalah proses pendempulan dan proses pengecatan. Hasil dari proses pendempulan dapat dilihat pada gambar 4.13.

Gambar 4.14 Proses pendempulan

Dari proses pendempulan yang dilakukan dibutuhkan waktu ±4 jam mulai dari proses pengolesan dempul pada produk proses pengeringan dempul hingga proses penghalusan. Pada proses penghalusan ini menggunakan 2 tipe amplas sebagai bahan untuk menghaluskan dempulan yaitu amplas 800 dan 1000. Setelah proses pendempulan selesai, tahap selanjutnya adalah melakukan proses pengecatan pada produk. Proses pengecatan menggunakan cat semprot kaleng atau pilox. Hasil dari proses pengecatan dapat dilihat pada Gambar 4.14.

Gambar 4.15 Produk setelah dilakukan pengecatan

Dari proses pengecatan yang dilakukan didapatkan waktu ±9 jam dimulai dari pengecatan dasar hingga proses pengeringan. Proses pengeringan dilakukan di bawah sinar matahari sehingga mempercepat proses pengeringan.

Setelah keseluruhan proses dilakukan maka didapatkan massa akhir dari produk yaitu dapat dilihat pada Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Massa akhir produk

Nama	Massa produk sebelum di *finishing* (gr)	Massa akhir produk setelah di *finishing* (gr)
Produk A	76	86
Produk B	78	85
Produk C	88	92
Produk D	87	91

Pada tabel 4-1 diatas terjadi penambahan massa yang didapat akibat dari proses pendempulan dan pengecatan. Pada produk A mengalami penambahan sebesar 10 g produk B mengalami penambahan sebesar 7 g produk C mengalami penambahan sebesar 4 g dan produk D mengalami penambahan sebesar 4 g. Pada produk A mengalami penambahan massa yang lebih banyak dari produk yang lain dikarenakan pada produk A terdapat cekungan pada bagian atas produk yang diakibatkan oleh reaksi dari resin sehingga dilakukan proses dempul untuk meratakan. Setelah keseluruhan proses selesai produk dipasang pada *velg* mobil yang dapat dilihat pada gambar 4.15.

Gambar 4.16 Pemasangan produk pada velg

Berdasarkan Gambar 4.15 diatas, hasil akhir dari produk menunjukkan hasil yang sesuai dengan desain dan dimensi yang telah didesain dan diukur pada *velg.*

Dari observasi yang dilakukan dilapangan tentang pembuatan produk komposit serta penelitian yang dilakukan oleh (Rustamaji, 2013). Tentang pembuatan produk *cover velg* mobil Opel Blazer DOHC LT" penelitian tersebut membahas proses pembuatan komposit berpenguat serat fiberglass dengan metode *hand lay up* mulai dari proses pembuatan cetakan *cover velg* sampai proses finishing lamanya waktu yang dibutuhkan dalam proses pembuatan produk komposit dengan metode cetakan terbuka tersebut ±72 jam.

Pada metode 3D printing waktu yang dibutuhkan dalam proses pembuatan produk yaitu ±5 jam dengan ketebalan 2 mm yang dimulai dari proses pembuatan g-code sampai pada proses finishing. Sedangkan pada proses penggabungan dua metode 3D printing dan *hand lay up* dibutuhkan waktu 24 jam, yaitu 5 jam dari proses yang dilakukan oleh 3D printing dan 19 jam dari proses *hand lay up* sampai proses finishing. Lamanya waktu yang dibutuhkan dalam proses pembuatan produk dapat dilihat pada Tabel 4-2.

Tabel 4-2 Waktu dalam proses pembuatan produk

No	Metode	Waktu
1	Cetakan terbuka (*open mold proses*)	72 jam
2	Gabungan 3D printing dan *Hand lay up*	24 jam

BAB 5
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari proses pengerjaan yang telah dilakukan pada penelitian ini maka ditarik kesimpulan yaitu dengan menggabungkan dua metode, waktu yang dibutuhkan dalam proses pembuatan produk menjadi singkat karena pada proses ini tidak lagi memerlukan master cetakan serta cetakan yang diperlukan dalam pembuatan produk tersebut digantikan oleh produk dari 3D *printing*. Lamanya waktu yang dibutuhkan dalam penggabungan kedua metode tersebut yaitu 24 jam. Metode ini lebih cepat dibandingkan dengan proses cetakan terbuka yang membutuhkan waktu ±72 jam. Produk D merupakan produk yang memiliki kekuatan lebih baik dari produk lainnya produk D mampu menahan beban tarik maksimal sebesar 774.995 N dan σ Max sebesar 24.46 Mpa.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian ini, lebih baik dapat dilanjutkan dengan penelitian dan pengujian yang dilakukan seperti pengujian tarik, pengujian *bending* dan lainnya sehingga dapat melengkapi pengetahuan kita tentang kekuatan dari produk yang menggabungkan 2 metode 3D *printing* dan *hand lay-up* serta pada bagian sambuangan dimensi dari desain dikurangi 1mm agar pada saat proses 3D *printing* dapat digabungkan tanpa melakukan penghalusan.

DAFTAR PUSTAKA

Arthaya, B. (2015). ekplorasi kemempuan dan kapasitas mesin 3D printing dalam pengembangan modul rakitan dan komponen uji. *Lppm unpar*, 1.

Exell. (2013). The rise of additive manufacturing. *The Engineer*.

Hadmi, P. W. (1998). Pengaruh Komposisi Katalis Pada Glass Reinforced Folyester terhadap sifat mekaniknya. 4.

Imansyah, Y. T. (2019). *Perancangan bodi mobil penumpang tunggal (mobil micro)*.

Mattews, F. d. (1994). Composite Material Engineering and Science. *chapman and hall*, 1.

Nayiroh, N. (2013). Teknologi material komposit. 16.

Putra, K. S. (2018). Pemanfaatan Teknologi 3D Printing Dalam Proses Desain Produk Gaya Hidup. *SENSITEK 2018*, 1.

Rustamaji, O. (2013). *Modifikasi dan pembuatan tutup velg opel blazer DOHT LT*, 6.

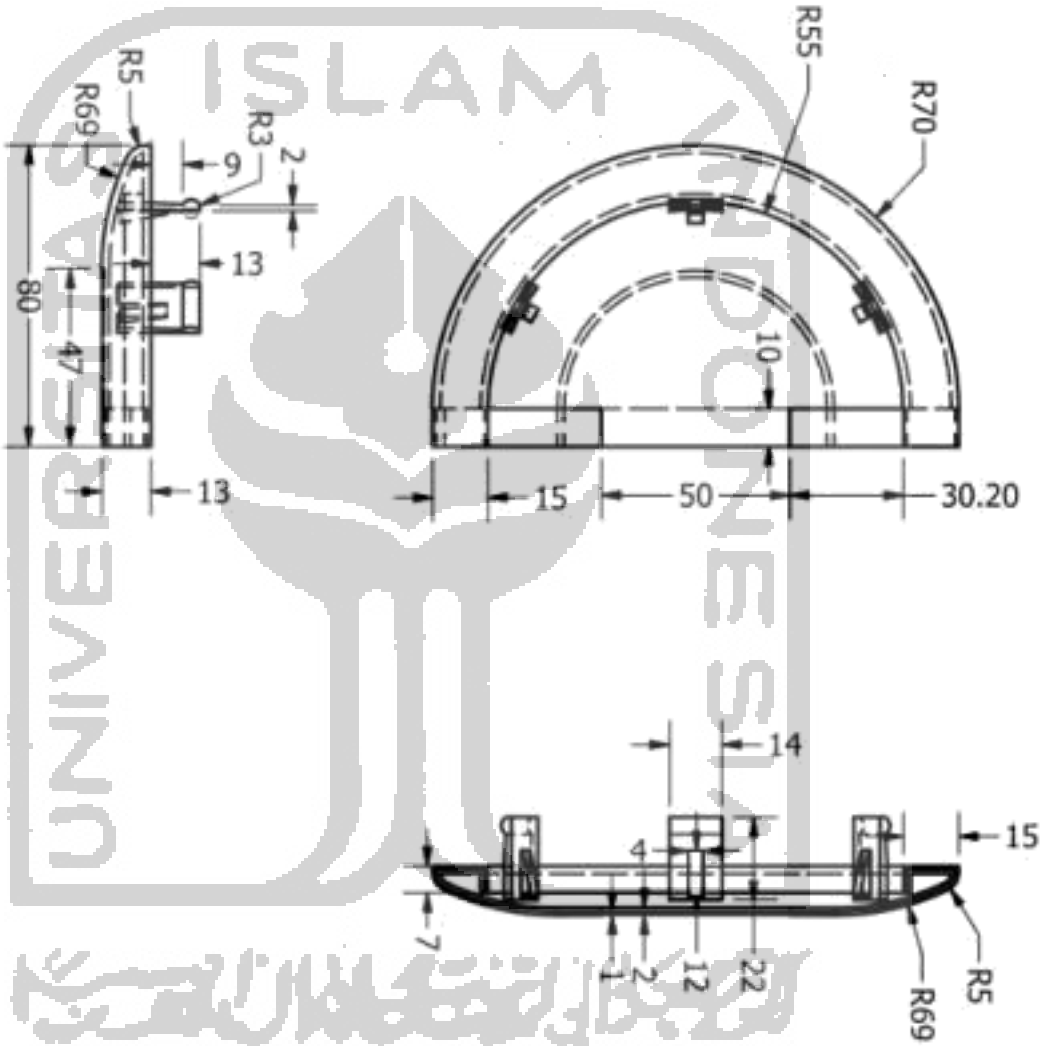
Saleh, R. A. (2019). Analisis kekuatan dan pengujian terhadap komposit sandwich bulu ayam. *Tugas Akhir*.

Soemardjo. (2002). Menggambar Sambungan Kayu.

Fansuri, M. H. (2019). Analisis Uji Tarik Komposit Sandwich Yang Digabungan Dengan 3D Printing. *Tugas Akhir*.

Fathoni, A. (2019). Pemanfaatan Limbah Bulu Ayam Untuk Pembuatan Komposit Sandwich Menggunakan Metode Vacuum Infusion. *Tugas Akhir*.

LAMPIRAN



Skala : 1:2	Nama : War Sandi		Keterangan :
Satuan : mm	Nim : 14525071		
Tanggal : 15/07/19	Diperiksa : Faisal Arif N S.T,M.Sc		
Teknik Mesin UII FTI UII	Cover Velg Mobil Mikro		A4