

**PROSES PEMBUATAN PRODUK KOMPOSIT *SANDWICH*
SERAT KARBON MENGGUNAKAN METODE
*VACUUM INFUSION***

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Rival Dinur

No. Mahasiswa : 11525010

NIRM : 2011010554

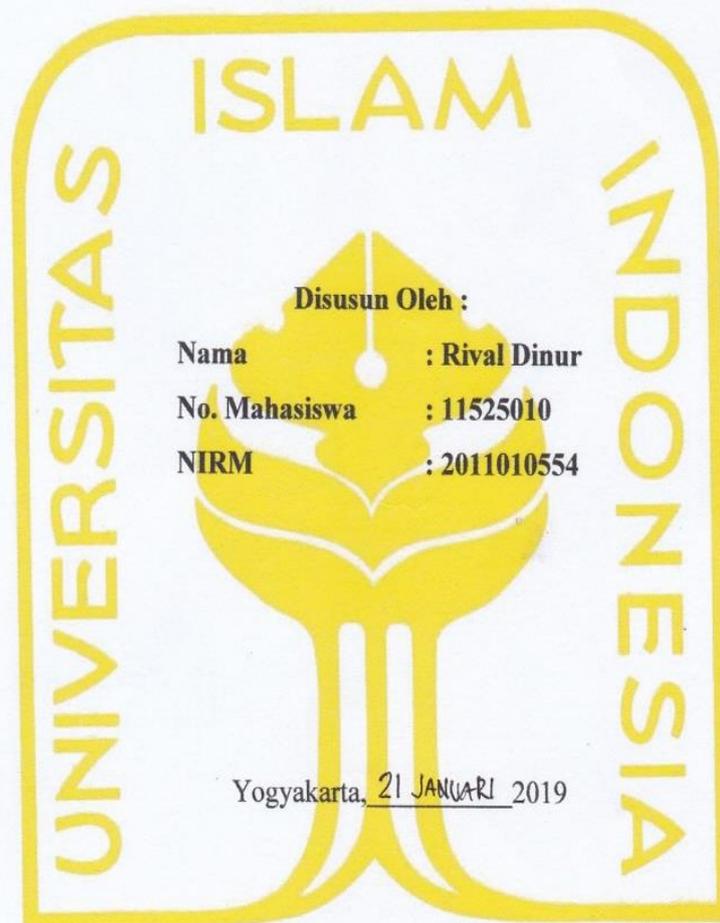
**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2019

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PROSES PEMBUATAN PRODUK KOMPOSIT *SANDWICH*
SERAT KARBON MENGGUNAKAN METODE
*VACUUM INFUSION***

TUGAS AKHIR



Disusun Oleh :

Nama : Rival Dinur

No. Mahasiswa : 11525010

NIRM : 2011010554

Yogyakarta, 21 JANUARI 2019

Pembimbing I

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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PROSES PEMBUATAN PRODUK KOMPOSIT SANDWICH SERAT KARBON MENGGUNAKAN METODE *VACUUM INFUSION*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Rival Dinur

No. Mahasiswa : 11525010

NIRM : 2011010554

Tim Penguji

Muhammad Ridlwan, ST, M.T

Ketua

Tanggal : 21 Februari 2019

Yustiasih Purwaningrum, ST, MT

Anggota I

Tanggal : 19 Februari 2019

Faisal Arif Nurgesang, ST, M.Sc

Anggota II

Tanggal : 27 Februari 2019

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

“Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan orang lain untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam penulisan naskah ini dan disebutkan sebagai referensi. Apabila kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, saya sanggup menerima hukuman atau sanksi apapun sersuai hukum yang berlaku.”

Yogyakarta, 22 Februari 2019

Penulis



Rivaldinur

HALAMAN PERSEMBAHAN

Laporan tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

Papa Syamsinur dan mama Nurliani atas doa dan nasihat yang telah diberikan kepada saya.

Orang tua saya juga selama menjalani pendidikan di Jambi (Alm) Pakwo Syahrul Zainuddin atas limpahan kasih sayang semasa hidupnya dan menjadi semangat saya selama ini, dan Makwo Nurmaleni yang tiada henti memberikan doa yang tulus agar penulisan tugas akhir ini selesai.

Kakak saya Riko, Wilna, Ryan dan adik saya Ines yang selalu menjadi penyemangat.

HALAMAN MOTTO

“Apakah kamu tidak memperhatikan orang-orang yang keluar dari kampung halaman mereka, sedang mereka beribu-ribu (jumlahnya) karena takut mati, maka

Allah berfirman kepada mereka : “Matilah kamu”, kemudian Allah menghidupkan mereka. Sesungguhnya Allah mempunyai karunia terhadap manusia tetapi kebanyakan manusia tidak bersyukur. Dan berperanglah kamu sekalian di jalan Allah, dan ketahuilah sesungguhnya Allah Maha Mendengar lagi Maha Mengetahui”.

(Q.S. Al Baqarah : 243 - 244)

“Sesungguhnya di balik kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan) maka kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain. Dan hendaklah hanya kepada tuhanmulah kamu berharap”

(Qs. Al-Insyirah 6-8)

“ Every single day is a new chance to try again ”

(Toall)

“Lebih baik terlambat dari pada tidak wisuda sama sekali”

(11525010)

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kita ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan tanpa hambatan yang berarti. Dan tak lupa pula shalawat beriring salam kita haturkan kehadirat kita yakni nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kita kejalan kebenaran dan penuh dengan ilmu pengetahuan sampai saat ini.

Laporan tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Islam Indonesia yang berjudul “Proses Pembuatan Produk Komposit *Sandwich* Serat Karbon Menggunakan Metode *Vacuum Infusion*”.

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

1. Allah SWT, yang telah memberi nikmat iman dan islam kepada penulis.
2. Dr.Eng. Risdiyono, S.T, M.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Muhammad Ridlwan, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan waktu luangnya untuk membimbing, mengarahkan serta memberikan masukan banyak dari perencanaan hingga selesainya penelitian ini.
4. Seluruh dosen Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Univesitas Islam Indonesia, yang telah berperan dalam mendidik dan memberikan ilmunya.
5. Mbak Indah, Ibu Umi, dan Pak Sukirno selaku *front office* Jurusan Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesia yang telah banyak membantu untuk semua urusan administrasi selama pengerjaan hingga penyelesaian tugas akhir ini.
6. Keluarga dan Saudara-saudara yang telah banyak memberi dorongan dan bantuan kepada penulis untuk menyelesaikan studi ini.
7. Untuk orang terdekat saya Galuh Mentari yang tiada henti memberikan semangat.

8. Sahabat yang sudah seperti keluarga, Triyono “Panda”, Dwi Ichsan “Ibam”, Mushlikh Afandi “Gepeng”, Faiz Aryana, dan Anton “Jumanto”
9. Teman seperjuangan Ahmad Fathoni “Otong” dan Ridho Akmal yang sudah saling membantu dan memberikan semangat selama pengerjaan tugas akhir ini.
10. Teman-teman *Green Kost Solidarity* atas canda tawa dan semangatnya.
11. Untuk Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu selama ini, semoga kalian mendapat imbalan yang setimpal dari Allah SWT. Aamiin dari Allah SWT. .

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dalam penelitian ini. Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi penulis dan untuk orang lain.

“Wabillahaufiq walhidayah,

“Wassalamu’alaikum Warahmatullahi Wabarakatuhu”

Yogyakarta, _____ 2019

Penulis



Rival Dinur

NIM. 11525010

ABSTRAK

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari dua lapisan yang tipis (skin) dan kaku. Kekuatan skin dipisahkan suatu ketebalan bersifat ringan yaitu inti (core). Core dan skin terikat bersama-sama dengan perekat (adhesive). Core berfungsi mendistribusikan beban geser, sedangkan skin sebagai pelindung dan menahan beban bending.

Serat karbon adalah serat penguat paling kaku dan kuat untuk komposit polimer yang paling banyak digunakan. Dewasa ini penggunaan material komposit serat karbon mulai banyak digunakan dalam berbagai sektor industri. Karena memiliki sifat-sifat yang mampu memenuhi tuntutan teknologi, seperti ringan, tahan fatik, dan tahan terhadap temperatur tinggi.

Produk komposit pada umumnya berat dan hanya terbatas pada bentuk produk yang memiliki permukaan datar dan tidak memiliki sudut atau lengkungan. Sudah dilakukan penelitian untuk menghasilkan produk yang permukaan lengkung dengan metode vacuum infusion.

Vacuum infusion adalah salah satu metode pembuatan material komposit. Prinsip kerja dari Vacuum Infusion adalah memanfaatkan tekanan atmosfer sebagai alat penekanan. Vacuum Infusion memiliki saluran masuk (in late) dan saluran keluar (out late) dengan jumlah sesuai kebutuhan. Pada saluran in late digunakan sebagai aliran masuk resin, sedangkan saluran out late digunakan sebagai aliran keluar resin.

Dari penelitian yang dilakukan terciptalah produk komposit yang sudah memiliki bentuk permukaan lengkung, ringan, penyebaran resin merata, dan permukaan produk halus.

Kata kunci: Komposit, Serat Karbon, Vacuum Infusion, Produk Komposit.

ABSTRACT

Composite is a material formed from two thin layers (skin) and rigid. The strength of the skin is separated by a thickness that is lightweight, namely the core. Cores and skins are bonded together with adhesive. The core functions to distribute shear loads, while the skin acts as a protector and barrier to bending loads.

Carbon fiber is the most rigid and strong reinforcing fiber for the most widely used polymer composites. Today, the use of carbon fiber composite materials is widely used in various industrial sectors. Because it has properties that are capable of meeting the demands of technology, such as light weight, fatigue resistance, and resistance to high temperatures.

Composite products are generally heavy and are limited to the shape of products that have a flat surface and do not have angles or curves. Research has been conducted to produce curved surface products using the vacuum infusion method.

Vacuum infusion is one method of making composite materials. The working principle of Vacuum Infusion is to utilize atmospheric pressure as an emphasis tool. Vacuum Infusion has an inlet and outlet with an amount as needed. In late channels are used as resin inflows, while late out channels are used as resin outflows.

From the research carried out a composite product was created which had curved, light surface shape, flat resin dispersion, and smooth product surface.

Keywords: Composite, Carbon Fiber, Vacuum Infusion, Composite Product.

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Pernyataan Bebas Plagiarisme.....	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto.....	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih.....	vii
Abstrak	ix
<i>Abstract</i>	x
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel.....	xiv
Daftar Gambar	xv
BAB 1 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 2 Tinjauan Pustaka	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	5
2.2.1 <i>Vacuum Infusion</i>	5
2.2.2 Komposit	6
2.2.3 <i>Core</i> (inti)	7
2.2.4 <i>Skin</i>	8
2.2.5 <i>Adhesive</i>	11
2.2.6 Lateks	12
2.2.7 Cetakan	12
BAB 3 Metodologi Penelitian	14

3.1	Alur Penelitian	14
3.2	Menentukan kriteria penelitian	15
3.3	Proses Pembuatan Cetakan	15
3.3.1	Pembuatan Pondasi (<i>support</i>)	15
3.3.2	Pembuatan Lis Pengunci Lateks	16
3.3.3	Pengolesan Wax	17
3.3.4	Pemotongan Serat Kaca Acak	17
3.3.5	Penuangan Resin Pada Master Cetakan	18
3.3.6	Penuangan Resin Tahap Pertama	19
3.3.7	Penuangan Resin Tahap Kedua	19
3.3.8	Pemisahan Cetakan	20
3.4	Proses Pembuatan Lateks	21
3.5	Proses Pembuatan Produk	23
3.5.1	Mempersiapkan Cetakan	23
3.5.2	Mempersiapkan Serat Komposit dan Foam	23
3.5.3	Pemasangan Lateks Pada Cetakan	25
3.5.4	Mempersiapkan Resin	25
3.5.5	Proses Pevakuman	26
3.5.6	Proses Pelepasan Hasil Produk	26
BAB 4 Hasil dan Pembahasan		28
4.1	Hasil Produk Komposit	28
4.2	Percobaan Pertama	29
4.2.1	Identifikasi Masalah Percobaan Pertama	29
4.2.2	Solusi Masalah Percobaan Pertama	30
4.3	Percobaan Kedua	30
4.3.1	Identifikasi Masalah Percobaan Kedua	31
4.3.2	Solusi Masalah Percobaan kedua	32
4.4	Percobaan Ketiga	32
4.5	Pembahasan	35
BAB 5 Penutup		37
5.1	Kesimpulan	37
5.2	Saran	37

Daftar Pustaka 38

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Komposisi Percobaan Pertama	29
Tabel 4. 2 Komposisi Percobaan Kedua.....	30
Tabel 4. 3 Komposisi Percobaan Ketiga	32
Tabel 4. 4 Pencapaian Kriteria Produk.....	35
Tabel 4. 5 Komposisi Percobaan	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Vacuum Infusion</i>	5
Gambar 2. 2 Struktur Komposit	6
Gambar 2. 3 <i>Foam</i>	7
Gambar 2. 4 Serat Karbon	9
Gambar 2. 5 Serat Kaca Acak	10
Gambar 2. 6 Resin	11
Gambar 2. 7 Sarung Tangan Berbahan Lateks	12
Gambar 2. 8 Cetakan	13
Gambar 3. 1 Alur Penelitian	14
Gambar 3. 2 Pembuatan Pondasi	16
Gambar 3. 3 Pembuatan Lis	16
Gambar 3. 4 Pengolesan Wax	17
Gambar 3. 5 Pemotongan Serat Kaca Acak	18
Gambar 3. 6 Proses Pencampuran Resin	18
Gambar 3. 7 Penuangan Resin.....	19
Gambar 3. 8 Penuangan Resin.....	20
Gambar 3. 9 Pemisahan Cetakan.....	20
Gambar 3. 10 Pengolesan Cairan Lateks.....	21
Gambar 3. 11 Pengeringan Lateks.....	22
Gambar 3. 12 Pelepasan Lateks.....	22
Gambar 3. 13 Pengolesan Wax Pada Cetakan.....	23
Gambar 3. 14 Potongan Serat dan <i>Foam</i>	24
Gambar 3. 15 Susunan Lapisan	24
Gambar 3. 16 Pemasangan Lateks Pada Cetakan.....	25
Gambar 3. 17 Pencampuran Resin dan <i>Hardener</i>	25
Gambar 3. 18 Proses Pevakuman	26
Gambar 3. 19 Pelepasan Hasil Produk	27
Gambar 4. 1 Hasil Produk	28

Gambar 4. 2 Hasil Percobaan Pertama	29
Gambar 4. 3 Bagian-bagian Kerusakan.....	30
Gambar 4. 4 Hasil Percobaan Kedua.....	31
Gambar 4. 5 Bagian-bagian Kerusakan.....	32
Gambar 4. 6 Hasil Percobaan Ketiga.....	33
Gambar 4. 7 Titik Pengukuran	33
Gambar 4. 8 Ketebalan Pada Masing-masing Produk.....	34

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi saat ini khususnya pada kombinasi bahan material sangat berkembang pesat, oleh karena itu turut mendorong kebutuhan akan produk yang lebih kompetitif dari segi desain dan aplikasinya. Efek yang dihasilkan dari teknologi pada bahan material yaitu dapat menciptakan produk yang lebih kuat, ringan, dan ekonomis.

Teknologi material yang sedang berkembang saat ini adalah material komposit. Menurut Matthews dkk (1993) komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen. Material tersebut memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda tergantung pada fungsi dan kebutuhannya.

Material komposit pada umumnya banyak digunakan pada industri otomotif, dirgantara maupun perkapalan. Komponen penguat dari komposit secara umum berbahan dasar serat kaca, kevlar, dan karbon. Sedangkan untuk matriksnya biasanya menggunakan resin epoxy. Kelemahan dari struktur *sandwich* komposit yaitu rentan terhadap beban impak (Pieczonka dkk, 2014).

Menurut Nayiroh (2013), metode komposit terbagi menjadi dua proses yaitu proses cetakan terbuka dan proses cetakan tertutup.

Pada umumnya penelitian yang dilakukan oleh beberapa mahasiswa Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia hanya terbatas pada bentuk produk yang memiliki permukaan datar dan tidak memiliki sudut atau lengkungan. Berdasarkan uraian diatas maka penelitian perlu ditingkatkan pada produk yang memiliki kontur atau bentuk yang permukaan lengkung.

Tujuan penelitian ini untuk menghasilkan produk yang permukaan lengkung dengan menggunakan metode komposit *vacuum infusion*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diambil suatu rumusan yaitu mengetahui factor-faktor yang mempengaruhi dari proses pembuatan produk sandwich komposit dengan berpenguat serat karbon menggunakan metode komposit *Vacuum Infusion*.

1.3 Batasan Masalah

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

1. Produk yang dibuat adalah vas bunga.
2. Metode komposit yang digunakan *Vacuum Infusion*.
3. Bahan komposit yang digunakan serat kaca acak, serat karbon, foam lantorsorik dan resin 2668 WNC.
4. Analisis produk dilakukan secara pengamatan visual.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui kemampuan dari proses pembuatan produk komposit yang memiliki kontur permukaan lengkung dengan menggunakan metode komposit *Vacuum Infusion*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah dapat menjadi acuan pada proses pembuatan produk komposit yang memiliki kontur atau bentuk permukaan lengkung.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini disusun secara berurutan untuk mempermudah dalam pembahasan. Penulisan tugas akhir ini dijelaskan sebagai berikut.

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 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

Menurut Hadi (2001), komposit selain kuat, kaku dan ringan komposit juga memiliki ketahanan yang tinggi terhadap beban dinamis. Serat karbon dapat berpengaruh dalam menentukan karakteristik material komposit, seperti kekakuan, kekuatan, serta sifat mekanik lainnya.

Menurut Febriyanto (2011) *Vacuum Infusion* merupakan metode pembuatan material komposit dengan aplikasi tekanan rendah untuk mengatur jalannya resin menjadi laminer. Metode *vacuum infusion* terbagi menjadi 2 yaitu *Surface Infusion* dan *Interlaminar Infusion*. Pada *Surface Infusion* resin dialirkan melewati permukaan lamina, sedangkan pada *Interlaminar Infusion* resin dialirkan di antara lamina (Mitchell D. dan Mack, 2003).

Azissyukhron dan Hidayat (2018), menjelaskan bahwa metode *hand lay up* memiliki tingkat kesulitan yang rendah sehingga menjadi alasan untuk dipilihnya sebagai pembuatan komposit. Namun disamping kemudahan dalam proses pembuatannya, produk hasil metode ini terkadang terdapat bagian yang berongga akibat udara yang terperangkap diantara matriks dan serat yang dapat mempengaruhi kekuatan komposit tersebut.

Menurut penelitian Refiadi dan Lukman K. (2005) melihat dari prosesnya yang dibantu kwas dan rol, *hand lay up* memiliki sisi biaya yang jauh lebih murah dibandingkan *prepreg autoclave*. Selain itu keduanya memiliki karakteristik yang berbeda, *hand lay up* memiliki fraksi serat 30-40% dan *prepreg autoclave* memiliki volume fraksi 70%. Dari perbedaan tersebut menurut Ahmat Salamun (2017) metode *Vacuum Infusion* memiliki penghematan dari sisi material dan investasi serta sisi keamanan lingkungan. Metode *Vacuum Infusion* juga memiliki volume fraksi yang tinggi, yakni hingga 70%.

Melihat hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode komposit *Vacuum Infusion* dapat diterapkan pada proses pembuatan produk komposit. Metode *Vacuum Infusion* dapat menghasilkan suatu produk yang baik dari segi kerataan, kerapatan dan berat jenis. Sehingga metode tersebut sangat cocok untuk diterapkan pada penelitian ini.

2.2 Dasar Teori

Dalam melakukan penelitian, penggunaan dasar teori untuk mendasari teori yang digunakan dalam penelitian dan perancangan yang dilakukan.

2.2.1 *Vacuum Infusion*

Vacuum Infusion merupakan metode pembuatan material komposit dengan cara memvakumkan menggunakan kantong kedap udara untuk menekan suatu laminasi dari matrik, serat dan lapisan lainnya pada cetakan sehingga lapisannya menyatu sebagai suatu bahan komposit.

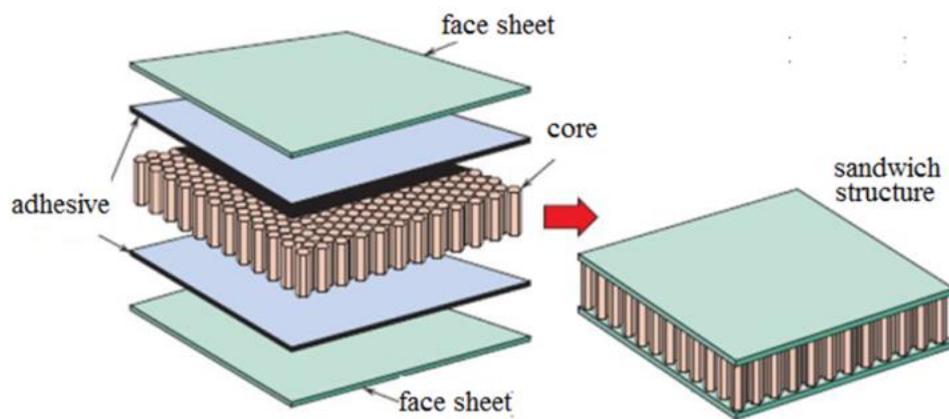
Prinsip kerja dari *Vacuum Infusion* adalah memanfaatkan tekanan atmosfer sebagai alat penekanan. *Vacuum Infusion* memiliki saluran masuk (*in late*) dan saluran keluar (*out late*) dengan jumlah sesuai kebutuhan. Pada saluran *in late* digunakan sebagai aliran masuk resin, sedangkan saluran *out late* digunakan sebagai aliran keluar resin.



Gambar 2. 1 *Vacuum Infusion*

2.2.2 Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari dua lapisan yang tipis (*skin*) dan kaku. Kekuatan *skin* dipisahkan suatu ketebalan bersifat ringan yaitu inti (*core*). Material inti (*core*) dan lapisan tipis *skin* terikat bersama-sama dengan suatu *adhesive* (perekat). *Core* berfungsi mendistribusikan beban geser, sedangkan lapisan luar (*skin*) sebagai pelindung dan penahan beban bending. Gabungan dari kekuatan dan kekakuan yang tinggi dengan kemampuan menyerap bunyi dan menghambat panas membuat *sandwich* komposit ideal untuk desain struktural (Gdoutos, 2008).



Gambar 2. 2 Struktur Komposit

Pada umumnya sifat-sifat komposit ditentukan oleh beberapa faktor antara lain :

- Jenis bahan-bahan penyusun, yaitu bahan serat yang akan digunakan
- Bentuk dan struktur bahan penyusun, yaitu bentuk dari serat, dan struktur bahan-bahan penyusun dalam pembuatan material komposit
- Rasio perbandingan bahan-bahan penyusun, yaitu perbandingan bahan yang akan digunakan untuk menghasilkan material komposit yang baru dan baik
- Daya lekat antar bahan-bahan penyusun, merupakan kemampuan serat untuk saling mengikat antar bahan penyusunnya.

- Proses pembuatan, pada proses ini perlu diperhatikan langkah-langkah dalam membuat material baru sehingga diperoleh material yang baik dan sesuai dengan kriteria yang diinginkan.
- Proses pembuatan, pada proses ini perlu diperhatikan langkah-langkah dalam membuat material baru sehingga diperoleh material yang baik dan sesuai dengan kriteria yang diinginkan.

Pemilihan serat dalam komposit sangat penting karena serat (*Reinforcement*) menentukan kekuatan dasar dari produk komposit. Pilihlah yang menghasilkan rasio serat terhadap resin yang tinggi. Proses aplikasi juga menentukan rasio serat terhadap resin.

2.2.3 Core (Inti)

Core sebuah *sandwich* komposit harus dibuat ringan, harganya murah, serta harus mampu menjamin permukaan yang didukung dan disahkan dapat bekerja sebagai satu kesatuan serta harus tahan terhadap beban geser. Berdasarkan persyaratan performanya, banyak sekali material yang bisa digunakan sebagai *core*. Pada penelitian ini material inti yang digunakan adalah *lantor soric*, sifat-sifat dari material ini antara lain ringan, lentur (*flexible*), dan tahan terhadap tekanan vakum.



Gambar 2. 3 Foam Lantor Soric

Material *core* yang digunakan dalam *sandwich* komposit secara umum dapat digolongkan :

- a) Berat jenis rendah, material padat : *foam* susunan struktur sel terbuka atau tertutup, balsa dan jenis kayu lainnya.
- b) Berat jenis medium dikembangkan dalam format selular : sarang lebah.
- c) Berat jenis tinggi, material dikembangkan dalam format berkerut.

Banyak sekali pilihan jenis *core* yang bisa digunakan dalam *sandwich* komposit, mulai dari kayu (sengon laut dan balsa), *polyurethane* (PU), PVC, struktur *honeycomb*, dan lain sebagainya. *Foam* merupakan salah satu material *core* yang sering digunakan pada *sandwich* komposit karena sifatnya yang ringan.

Penggunaan *core*, seperti *foam core* sel tertutup memberikan kelebihan yang berbeda dengan *foam core* sel terbuka. Kekuatan desak spesifik *foam core* sel tertutup lebih tinggi dibandingkan dengan *foam core* sel terbuka. (Lukkassen dan Meidell, 2007).

2.2.4 Skin

Bagian yang berfungsi untuk menahan *tensile* dan *compressive test*. Berbagai material berbentuk *plastic* yang diperkuat serat kaca dan *fiber* menjadi pilihan yang baik karena bahan-bahan ini memiliki keunggulan seperti mudah digabungkan dan dirancang. Sifat-sifat yang harus ada pada *skin* diantaranya : (Lukkassen dan Meidell, 2007).

1. Kekuatan yang baik, namun memberikan kelenturan juga.
2. Tahan terhadap beban impak dan gesekan.
3. Kekuatan desak dan tarik yang baik.
4. Tahan terhadap lingkungan (kimia, *ultra violet*, panas dll).
5. *Surface finish* (bentuk akhir permukaan yang rata).

2.2.4.1 *Fiber Carbon* (Serat Karbon)

Serat karbon muncul di pasaran pada tahun 1960 dan diproduksi dari serat organik (rayon, akrilik, dll) atau dari sisa minyak bumi. Serat karbon adalah serat penguat paling kaku dan kuat untuk komposit polimer yang paling banyak digunakan setelah serat kaca. Serat karbon sangat mahal dan dapat memberikan korosi galvanik saat kontak dengan logam (Lukkassen dan Meidell, 2007).



Gambar 2. 4 Serat Karbon

2.2.4.2 *Fiber Glass* (Serat Kaca)

Fiberglass reinforced plastic (FRP) adalah produk yang terdiri dari campuran resin, bahan penguat dan *additive* (bahan tambahan) yang digabung dan diproses agar dapat produk yang sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2. 5 Serat Kaca Acak

Macam-macam serat kaca

1. *Chopped Strand Mat (CSM)* yaitu dibuat dari untaian serat kaca yang dipotong kurang lebih 1 inci dan di ikat dengan binder powder atau polyester emulsi.
2. *Woven Roving (WR)* yaitu lembaran serat kaca yang di anyam dari *continuous roving*.
3. *Roving* yaitu lembaran serat kaca dari *continuous yarn*.
4. *Multiaxial Fabric* yaitu tipe serat kaca yang memiliki sedikit binder atau tidak memakai binder dan mempunyai serapan resin yang bagus, kekuatan mekanik tinggi, dan hemat resin.
5. *Fiberglass Net For Marble* yaitu serat kaca yang berbentuk kotak-kotak.
6. *Chopped Strand* yaitu serat kaca tipe AR dengan potongan yang berukuran ± 12 mm.
7. *Fiber Cloth* yaitu serat kaca tipe E dan S dengan hasil produk yang memiliki kekuatan tinggi dan permukaan rata.
8. *Glassron Powder* yaitu serbuk serat kaca yang sangat halus dan sangat baik untuk filler multifungsi.
9. *Surfacing Mat* yaitu serat kaca tipe C yang tahan terhadap bahan kimia

2.2.5 Adhesive

Adhesive adalah zat perekat yang digunakan untuk mengikat *skin* dengan *core*. Kekuatan tarik *adhesive* harus lebih tinggi dari pada kekuatan tarik *core* (Lukkassen dan Meidell, 2007), hal ini agar sulit terjadi delaminasi antara *face* dan *core*. *Adhesive* juga harus memiliki ketahanan terhadap bahan kimia dan panas, supaya dalam keadaan tersebut daya rekatnya tidak mudah rusak. Pada penelitian ini jenis *adhesive* yang digunakan yaitu Resin.

2.2.5.1 Resin

Resin adalah zat kimia yang tidak larut dalam air, mudah terbakar dan akan mengeras dengan cepat tetapi ada juga yang lambat. Ada 3 tipe dari resin yang digunakan pada pembuatan produk komposit yaitu :

a. Resin Epoxy

Resin epoxy berbentuk cairan kental atau hampir padat yang memiliki sifat mekanik, listrik, kestabilan dimensi, daya rekat dan penahan panas yang baik. Resin epoxy memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dari pada polyester.

b. Resin Polyester

Resin polyester mempunyai daya tahan terhadap dampak, tahan terhadap cuaca, transparan dan efek permukaan yang baik.

c. Resin Bisphenolic

Resin ini memiliki karakter yang tahan terhadap asam, basa dan garam.



Gambar 2. 6 Resin

2.2.6 Lateks

Lateks adalah produk olahan dari lateks alam yang di buat dengan proses tertentu. Karet alam sebagai bahan baku memiliki keunggulan khusus dibandingkan produk pesaingnya yaitu lateks sintesis yang terbuat dari minyak bumi. Karet alam lebih ramah lingkungan dalam hal penyediaan bahan bakunya maupun proses produksinya, harganya lebih murah, sifat teknisnya seperti kekuatan dan elastis lebih baik. Lateks biasanya digunakan sebagai bahan baku sarung tangan medis, selang infus, selang pernafasan, balon dan lain-lain.



Gambar 2. 7 Sarung Tangan Berbahan Lateks

2.2.7 Cetakan

Cetakan atau *mold* adalah sebuah cetakan yang memiliki rongga di dalamnya yang akan diisi dengan material cair seperti plastic, gelas, atau logam. Di dalam cetakan, cairan tersebut akan mengeras sesuai bentuk rongga. Di dalam mold tersebut terdapat 2 komponen yaitu *cavity* dan *core*. Dasar dari kebutuhan produk yang akan dihasilkan maka terjadi pembagian komponen tersebut dan bidang pembagian tersebut dinamakan *partingline* (PL). Gabungan antara *cavity* dan *core* inilah yang akan membentuk *design* dari sebuah komponen, maka keduanya merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan.

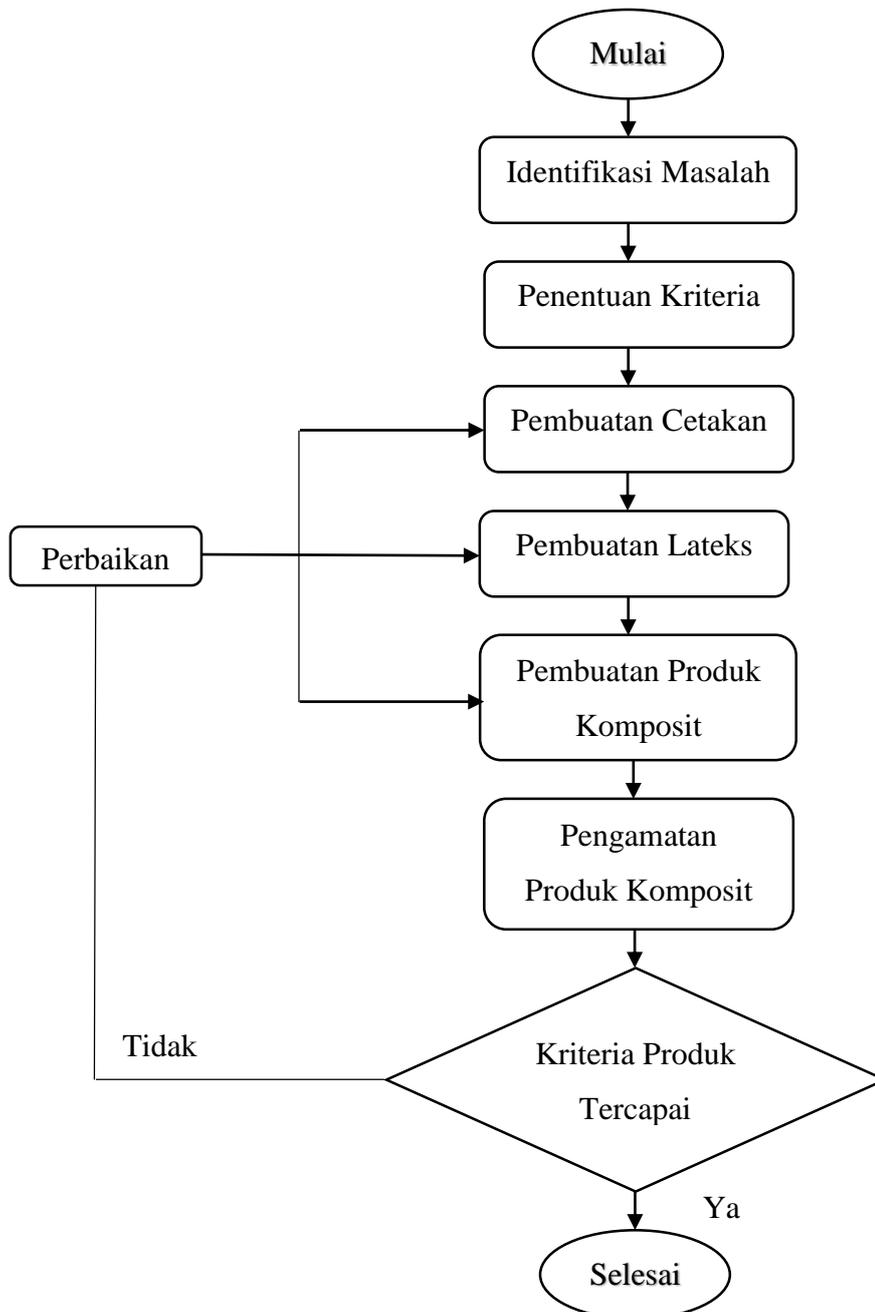


Gambar 2. 8 Cetakan

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Agar dapat memudahkan pada proses penelitian, maka dibuat diagram alur penelitian seperti Gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

3.2 Menentukan kriteria penelitian

Dalam penelitian ini, langkah awal yang dilakukan ialah menentukan konsep Perancangan produk yang akan dibuat. Dalam menentukan konsep tersebut ada 2 langkah yang dilakukan, yaitu :

1. Identifikasi

Langkah ini dilakukan untuk mendapatkan rumusan masalah yang akan dijadikan acuan dalam menentukan konsep perancangan. Ada dua hal yang dilakukan dalam langkah ini yaitu dengan melakukan studi literatur dan melakukan observasi secara langsung terhadap produk komposit yang sudah dibuat oleh mahasiswa Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

2. Deskripsi

Setelah mendapatkan hasil dari identifikasi yang dilakukan, maka selanjutnya membuat deskripsi terkait dengan produk yang akan dibuat. Beberapa kriteria yang harus dipenuhi dalam penelitian ini, yaitu:

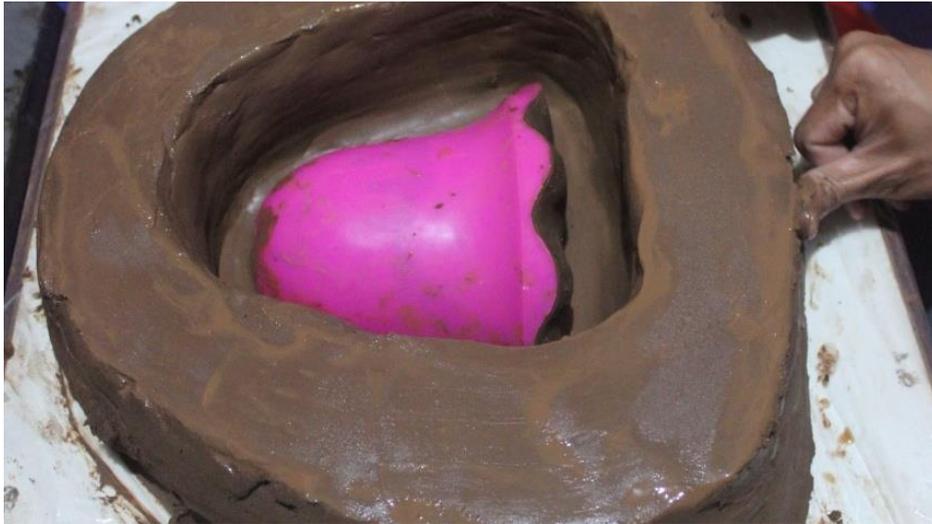
- a. Produk komposit yang dibuat memiliki kontur permukaan yang tidak rata (Cekung/Cembung).
- b. Bahan komposit menggunakan serat fiber dan serat karbon.
- c. Mengetahui kemampuan proses Vacuum Infusion pada produk yang memiliki kontur permukaan yang tidak rata.

3.3 Proses Pembuatan Cetakan

Pada proses pembuatan cetakan memiliki beberapa tahapan yaitu :

3.3.1 Pembuatan Pondasi (*Support*)

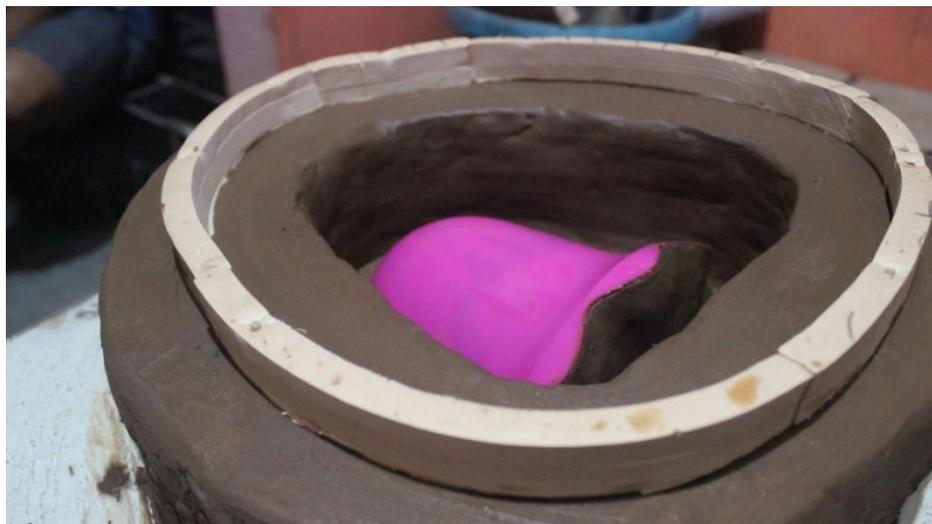
Pembuatan pondasi menggunakan bahan utama tanah liat yang dibentuk menyerupai master, akan tetapi dimensi dari tanah liat pada ukuran sisi terluas diperbesar. Perluasan area tersebut bertujuan untuk memberi ruang pada saat pembuatan lis untuk pengunci. Pada Gambar 3.2 menunjukkan bahwa vas bunga sudah diletakan di tengah-tengah tanah liat yang sudah dibentuk. Cetakan diolesi atau diberikan wax, wax diberikan bertujuan agar pada saat proses pelepasan hasil produk dari cetakan lebih mudah.



Gambar 3. 2 Pembuatan Pondasi

3.3.2 Pembuatan Lis Pengunci Lateks

Pembuatan lis menggunakan tanah liat pada area pondasi untuk dijadikan pengunci lateks. Tujuan adanya lis tersebut, pertama berguna sebagai pengunci lateks agar tidak bergeser, kedua sebagai pencegah kebocoran pada saat proses pemvakuman berlangsung.



Gambar 3. 3 Pembuatan Lis

3.3.3 Pengolesan Wax

Pengolesan wax pada master vas bunga dan pondasi yang bertujuan untuk mempermudah pemisahan antara cetakan dengan master vas bunga. Pengolesan dilakukan terhadap seluruh permukaan cetakan dan master produk dengan menggunakan kuas.



Gambar 3. 4 Pengolesan Wax

3.3.4 Pemotongan Serat Kaca Acak

Pada pembuatan cetakan utama, serat kaca acak digunakan sebagai komposit penguat. Setelah serat dipotong, potongan tersebut diletakkan pada permukaan master cetakan dan pondasi tanah liat Gambar 3.5 yang sudah diolesi wax.



Gambar 3. 5 Pemotongan Serat Kaca Acak

3.3.5 Penuangan Resin Pada Master Cetakan

Proses penuangan diawali dengan pencampuran resin, bubuk talek dan *hardener* di wadah, lalu di aduk semua bahan tersebut sampai merata. Perbandingan komposisi yang digunakan dari bahan cetakan tersebut yaitu, resin 1200 ml, bubuk talek 150 gram dan *hardener* 4,5 ml.



Gambar 3. 6 Proses Pencampuran Resin

3.3.6 Penuangan Resin Tahap Pertama

Setelah semua bahan tercampur maka, dilanjutkan dengan proses penuangan bahan tersebut kepada master yang sudah diberi serat komposit hingga tertutup semua permukaanya, kemudian dilanjutkan penuangan pada seluruh bagian pondasi.



Gambar 3. 7 Penuangan Resin

3.3.7 Penuangan Resin Tahap Kedua

Penuangan pada tahap kedua dilakukan sama dengan tahap pertama, akan tetapi sebelum proses penuangan dilakukan, cetakan yang sudah dituang resin, terlebih dahulu diletakkan serat fiber acak yang sudah dipotong.



Gambar 3. 8 Penuangan Resin

3.3.8 Pemisahan Cetakan

Pemisahan dilakukan dengan cara mencongkel dari sisi samping antara tanah liat dengan cetakan. Hal tersebut dilakukan setelah resin mengeras.



Gambar 3. 9 Pemisahan Cetakan

3.4 Proses Pembuatan Lateks

Dalam proses pembuatan lateks dilakukan secara berulang dengan bertahap. Proses tersebut yaitu dengan penuangan ditambah pengolesan Gambar 3.10 menggunakan kuas untuk meratakan pada permukaan cetakan pada seluruh permukaan cetakan.



Gambar 3. 10 Pengolesan Cairan Lateks

Proses pengeringan latek dengan cara dijemur Gambar 3.11 menggunakan panas matahari, setelah penuangan pertama lateks mengering maka dilanjutkan dengan penuangan kembali lateks tersebut pada cetakan. Proses penuangan dan pengeringan ini dilakukan secara berulang sebanyak 5 kali. Tujuan dari pengulangan pada penuangan lateks sebanyak 5 kali, bertujuan untuk mendapatkan cetakan lateks yang tebal, agar cetakan tersebut tidak sobek pada saat proses pemvakuman.



Gambar 3. 11 Pengeringan Lateks

Proses pelepasan lateks Gambar 3.12 dilakukan dengan cara menarik langsung dengan menggunakan tangan kosong yang diawali pada sisi terluar terlebih dahulu.



Gambar 3. 12 Pelepasan Lateks

3.5 Proses Pembuatan Produk

Setelah kebutuhan alat dan bahan terlengkapi, tahap selanjutnya dalam langkah penelitian ini adalah proses pembuatan produk.

3.5.1 Mempersiapkan Cetakan

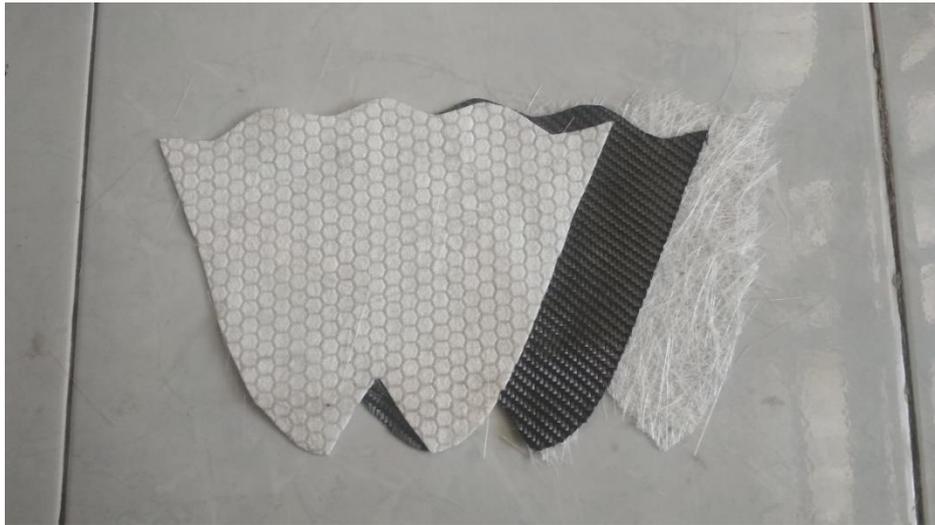
Mengoleskan wax pada cetakan yang bertujuan agar nantinya resin tidak lengket pada cetakan yang bisa merusak cetakan dan mempermudah pelepasan hasil produk cetakan.



Gambar 3. 13 Pengolesan Wax Pada Cetakan

3.5.2 Mempersiapkan Serat Komposit dan Foam

Pada penelitian ini ada dua jenis serat yang digunakan yaitu serat fiber dan serat karbon Gambar 3.14. Serat dan foam dipotong menggunakan gunting sesuai dengan ukuran dari cetakan.



Gambar 3. 14 Potongan Serat dan *Foam*

Serat yang telah dipotong lalu disusun pada cetakan secara berlapis dengan urutan pada gambar ilustrasi komposit.



Gambar 3. 15 Susunan Lapisan

3.5.3 Pemasangan Lateks Pada Cetakan

Tahap yang harus dilakukan selanjutnya adalah pemasangan lateks pada cetakan yang telah disusun lapisan komposit.



Gambar 3. 16 Pemasangan Lateks Pada Cetakan

3.5.4 Mempersiapkan Resin

Resin dicampur *hardener* dengan perbandingan campuran yang telah ditentukan, kemudian aduk resin dan *hardener* hingga tercampur dengan rata. Pada penelitian ini resin yang digunakan jenis 2668 WNC.



Gambar 3. 17 Pencampuran Resin dan *Hardener*

3.5.5 Proses Pevakuman

Cetakan yang telah dipasang lateks, terlebih dahulu dilakukan proses pevakuman yang bertujuan untuk menghilangkan udara yang terjebak didalam cetakan, dan juga mengetahui ada tidaknya kebocoran dari lateks, konektor, dan selang. Tahap selanjutnya adalah resin divakum/dialirkan ke dalam cetakan hingga merata.



Gambar 3. 18 Proses Pevakuman

3.5.6 Proses Pelepasan Hasil Produk

Setelah resin mengeras dengan sempurna, proses selanjutnya adalah melepaskan lateks dari cetakan kemudian memisahkan/melepaskan hasil produk dari cetakan.



Gambar 3. 19 Pelepasan Hasil Produk

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Produk Komposit

Pada Gambar di bawah ini adalah hasil percobaan produk berdasarkan kriteria penelitian yang telah ditentukan yaitu, produk yang dihasilkan memiliki kontur yang permukaan lengkung, produk tidak terlalu tebal, penyebaran resin merata, dan permukaan produk yang dihasilkan halus.



Gambar 4. 1 Hasil Produk

Pada hasil percobaan produk yang telah dilakukan, terdapat beberapa masalah yang ditemui yaitu resin terlalu tebal, resin terlalu lama mengeras, waktu vakum terlalu lama, produk terlalu berat, dan permukaan produk tidak rata.

4.2 Percobaan Pertama

Pada percobaan pertama, komposisi yang digunakan yaitu :

Tabel 4. 1 Komposisi Percobaan Pertama

Resin	<i>Hardener</i>	Tekanan	Waktu
190 ml	0,8 ml	16 psi	40 menit

Pada percobaan pertama, terdapat kerusakan produk yang meliputi :

1. Adanya retakan pada permukaan produk.
2. Adanya penumpukan resin pada bagian atas produk

Hal tersebut dapat dilihat pada gambar

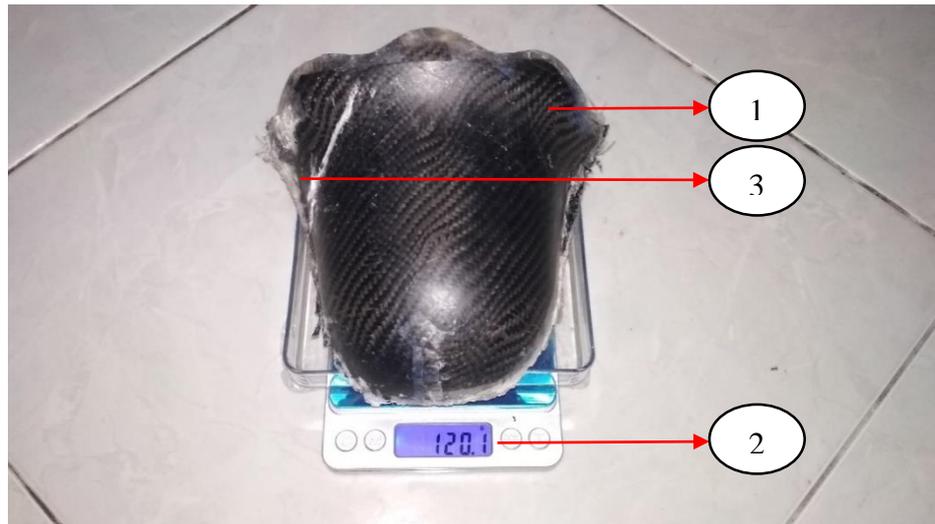


Gambar 4. 2 Hasil Percobaan Pertama

4.2.1 Identifikasi Masalah Percobaan Pertama

Terdapat beberapa masalah yang ditemui yaitu :

1. Resin terlalu tebal, dengan ketebalan 4,1 mm.
2. Produk terlalu berat.
3. Permukaan produk tidak rata.
4. Resin terlalu lama mengeras



Gambar 4. 3 Bagian-bagian Kerusakan

4.2.2 Solusi Masalah Percobaan Pertama

Berdasarkan masalah yang ditemui maka dilakukan pengurangan pada komposisi resin.

4.3 Percobaan Kedua

Pada percobaan kedua dilakukannya pengurangan komposisi dari resin dan waktu pemvakuman, komposisi yang digunakan yaitu :

Tabel 4. 2 Komposisi Percobaan Kedua

Resin	<i>Hardener</i>	Tekanan	Waktu
160 ml	0,8 ml	16 psi	30 menit

Pada percobaan kedua, terdapat kerusakan produk yang meliputi :

1. Adanya void atau udara yang tejabak pada produk.
2. Terdapat beberapa bagian yang tidak teraliri resin.

Hal tersebut dapat dilihat pada gambar



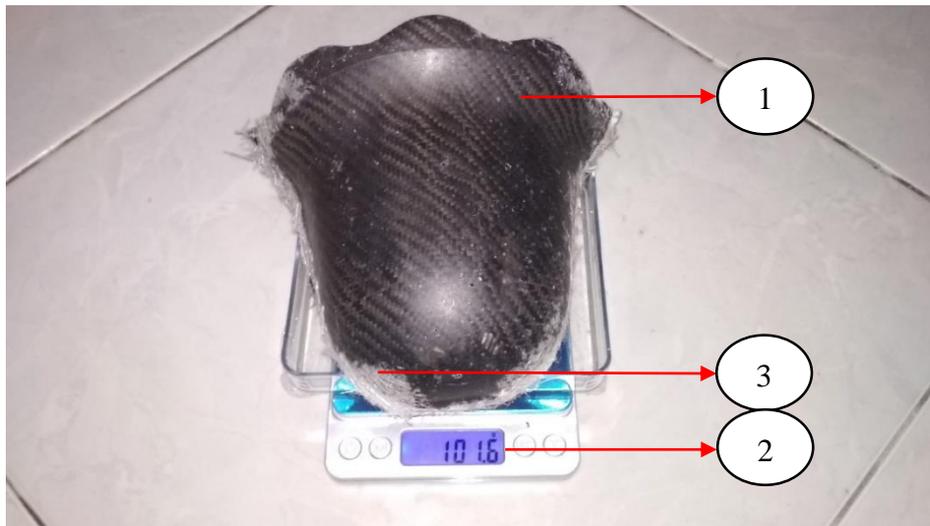
Gambar 4. 4 Hasil Percobaan Kedua

4.3.1 Identifikasi Masalah Percobaan Kedua

Setelah menerapkan solusi yang dihasilkan pada percobaan pertama, pada percobaan kedua ini masih terdapat beberapa masalah, yaitu :

1. Resin masih terlalu tebal, dengan ketebalan 3,3 mm.
2. Produk masih terlalu berat, dengan berat 101,6 gram
3. Resin tidak merata.

Hal tersebut dapat dilihat pada gambar



Gambar 4. 5 Bagian-bagian Kerusakan

4.3.2 Solusi Masalah Percobaan kedua

Berdasarkan masalah yang ditemui pada hasil percobaan kedua maka dilakukan pengurangan pada komposisi resin.

4.4 Percobaan Ketiga

Pada percobaan ketiga didapatkanlah hasil produk yang sesuai dengan kriteria penelitian yang telah ditentukan, dengan komposisi yaitu :

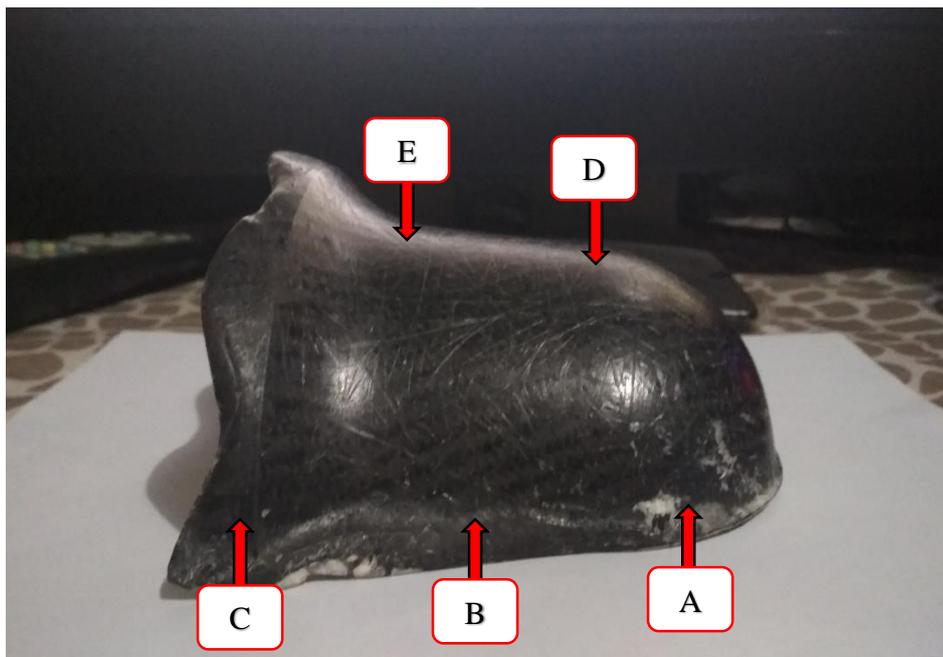
Tabel 4. 3 Komposisi Percobaan Ketiga

Resin	<i>Hardener</i>	Tekanan	Waktu
130 ml	0,8 ml	16 psi	20 menit



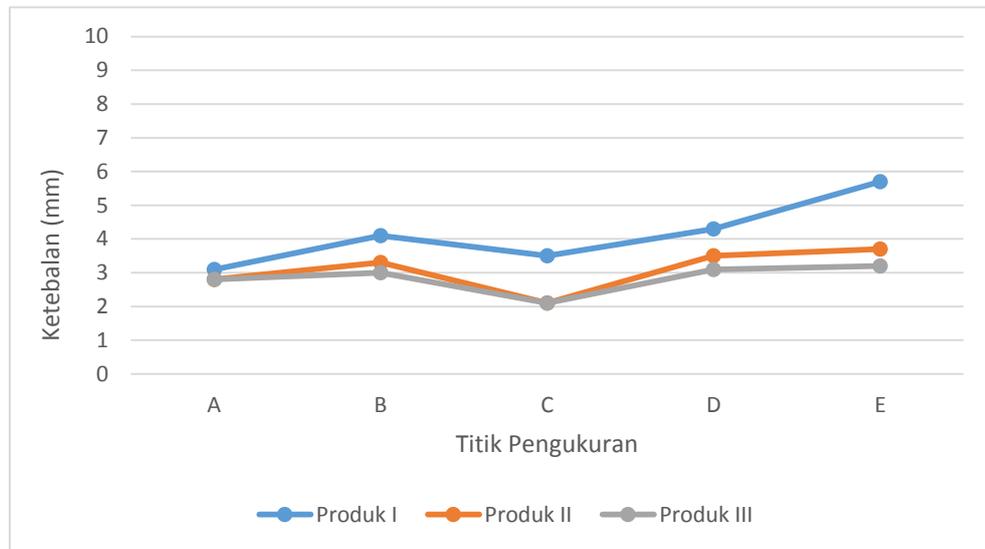
Gambar 4. 6 Hasil Percobaan Ketiga

Dari masing-masing pengujian dilakukan pengukuran ketebalan masing-masing produk dengan mengukur pada beberapa titik (titik A-E) seperti pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Titik Pengukuran

Dari pengukuran yang dilakukan, diperoleh data untuk masing-masing produk seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.8



Gambar 4. 8 Ketebalan Pada Masing-masing Produk

Gambar diatas menunjukkan bahwa dari ketiga produk yang dibuat, ketebalan pada masing-masing titik memiliki perbedaan, namun pada produk kedua dan produk ketiga hampir memiliki ketebalan yang sama. Dapat dilihat pada titik E, titik ini paling tebal dibandingkan dengan titik lainnya. Hal ini disebabkan karena pada titik ini merupakan titik terendah pada saat proses pembuatan produk. Sebagian besar resin yang mengalir terkumpul pada titik ini. Dapat dilihat pula pada produk ketiga memiliki ketebalan hampir merata dibandingkan dengan produk lainnya. Sehingga dari hasil ini disimpulkan bahwa komposisi perbandingan campuran resin dan *hardener* dan juga produk yang paling baik adalah produk ketiga.

4.5 Pembahasan

Penelitian tentang proses pembuatan produk komposit menggunakan metode *Vacuum Infusion* ini telah mencapai target dan kriteria yang diinginkan (Tabel 4.4). Pada proses pencapaian target dan kriteria penelitian tersebut banyak ditemui masalah. Saat masalah diselesaikan maka kriteria penelitian juga ikut tercapai.

Tabel 4. 4 Pencapaian Kriteria Produk

No.	Kriteria Desain	Hasil
1	Produk memiliki permukaan lengkung.	Tercapai
2	Produk tidak terlalu tebal.	Tercapai
3	Penyebaran resin merata.	Tercapai
4	Permukaan produk halus.	Tercapai

Tabel 4. 5 Komposisi Percobaan

Pengujian	Resin	<i>Hardener</i>	Tekanan	Waktu
1	190 ml	0,8 ml	16 Psi	40 menit
2	160 ml	0,8 ml	16 Psi	30 menit
3	130 ml	0,8 ml	16 Psi	20 menit

Tabel 4.5 menunjukkan komposisi pada setiap percobaan yang dilakukan. Dapat dilihat bahwa variasi yang dilakukan pada setiap percobaan hanya pada jumlah resin. Pada pengujian pertama dan kedua resin yang digunakan masih terlalu banyak sehingga menghasilkan produk yang kurang baik dan waktu pengeringan yang cukup lama, kemudian pada pengujian ketiga resin yang digunakan sebanyak 130 ml dan *hardener* 0,8 ml menghasilkan produk yang sesuai dengan kriteria penelitian dan waktu pengeringan yang lebih cepat. Waktu pengeringan didapatkan berdasarkan dari perbandingan campuran resin dan

hardener, jika perbandingan campuran resin dan *hardener* tepat maka semakin cepat pula waktu pengeringan yang dihasilkan.

Dalam penelitian ini masih banyak beberapa kekurangan yang ditemui seperti berikut ini :

- 1) Pada setiap proses percobaan produk perlu membersihkan lubang input dan output pada lateks terlebih dahulu, sehingga memakan waktu yang lama.
- 2) Pada beberapa percobaan dilakukannya pergantian selang lama dengan selang baru dikarenakan resin yang mengeras dan menyumbat aliran sehingga memerlukan biaya tambahan.
- 3) *Vacuum Infusion* memerlukan tabung penampungan resin yang dapat mudah dibersihkan dengan cepat.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan, telah berhasil dibuat produk komposit yang memiliki kontur yang permukaan lengkung, produk yang tidak terlalu tebal, dan permukaan produk yang dihasilkan halus. Maka dalam penelitian ini dapat disimpulkan secara keseluruhan bahwa :

1. Menghasilkan produk *sandwich* komposit vas bunga yang memiliki kontur permukaan lengkung
2. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pada hasil produk *sandwich* komposit adalah lama waktu pemvakuman dan rasio perbandingan campuran antara resin dan *hardener*.

5.2 Saran

1. Perlu diberikan filter pada saluran menuju tabung agar resin sisa yang terhisap oleh vakum tidak langsung masuk ke dalam tabung tetapi tertampung pada filter.
2. Perlu dilakukan penilaian terhadap hasil produk *sandwich* komposit vas bunga oleh pengguna atau masyarakat.
3. Perlu dilakukan sebuah analisis terhadap kekuatan produk *sandwich* komposit vas bunga

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmat Salamun B (2017) Perancangan Dan Pembuatan Alat Vacuum Infusion
- Azissyukhron M, Hidayat S (2018) Perbandingan Kekuatan Material Hasil metode Hand Lay Up dan Metode Vacuum Bag Pada Material Sandwich Composite
- Febriyanto S (2011) Penggunaan Metode Vacuum Assited Resin Infusion Pada Bahan Uji Komposit Untuk Aplikasi Kapal Bersayap
- Gdoutos E. (2008) Failure Mechanisms Of Composite Sandwich Structure
- Hadi B. (2001) Mekanika struktur komposit
- Lukkassen D, Meidell A (2007) Advanced Material and Structures and their Fabrication Processes
- Matthews, FL, Rawlings, RD (1993) Composite Material Engineering And Science
- Nayiroh N (2013) Klasifikasi Komposit
- Pieczonka L, Aymerich F, Staszewski WJ (2014) Impact Damage Detection In Light Composite Sandwich Panels
- Refiadi G, Lukman K. A (2005) Pembuatan Material Komposit Polimer Dengan Metoda Vacuum Assited Resin Infusion (VARI)
- Mitchell D. S, Mack PEC (2003) Advanced in Vacuum Infusion Processing Using Spacer Fabrics as Engenered Renforcing Interlaminar Infusion Media