



**PENGARUH POSISI *VACUUM PORT* DAN TEKANAN *VACUUM*  
TERHADAP WAKTU *INFUSE* PADA PROSES *VACUUM ASSISTED RESIN*  
*TRANSFER MOLDING***

**SKRIPSI**

Oleh:

**Lazuardi Rahmadhani**

**131910101086**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2017**



**PENGARUH POSISI *VACUUM PORT* DAN TEKANAN *VACUUM*  
TERHADAP WAKTU *INFUSE* PADA PROSES *VACUUM ASSISTED RESIN*  
*TRANSFER MOLDING***

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
Untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)  
Dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

**Lazuardi Rahmadhani**  
**131910101086**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2017**

## PERSEMBAHAN

Laporan Proyek Akhir ini dibuat sebagai perwujudan rasa terima kasih kepada:

1. Ibuku Ing Sumastutiana, S.Pd dan Ayahku Umar Sungkar, S.Pd., M.M. yang senantiasa memberikan semangat, dorongan, kasih sayang dan pengorbanan yang tiada batas hingga saat ini serta doa yang tiada hentinya beliau haturkan dengan penuh keikhlasan hati.
2. Kakaku Ahda Rizqy Maulana, S.T., M.T yang selalu memberikan semangat dan bantuannya.
3. Betari Chintya Ariviyanti, S.I.Kom yang selalu sabar dan setia setiap tawa maupun duka.
4. Sahabatku Alfian Rizal Andre Ciputra, Muhammad Fachrillah Iskandar Arifin dan Andriana Okta Fara Diba yang selalu menyemangatiku.
5. Dosen pembimbing skripsi Bapak Ir. Ahmad Syuhri, M.T. dan Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. yang selalu setia membimbing dan memberi masukan kepadaku dalam penulisan skripsi ini.
6. Seluru dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa memberikan ilmunya. Semoga ilmu yang kalian berikan bermanfaat dan barokah untukku.
7. Sodaraku Brantas 23 yang selalu memberikanku semangat serta bantuannya
8. Bapak Aan Sulamto yang selalu memotivasiku.
9. Saudaraku Team Mobil Listrik Unej (TITEN-UNEJ) yang sudah berbagi keluh kesah, senang, canda tawa bersama.
10. Haris Fiber Glass yang dengan suka rela menyumbangkan ilmunya untuk membantu saya mengerjakan penelitian ini

**MOTTO**

“Hal indah tidak muncul dari perjuangan yang mudah”  
(Lazuardi Rahmadhani)



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lazuardi Rahmadhani

NIM : 131910101086

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Pengaruh Posisi *Vacuum Port* Dan Tekanan *Vacuum* Terhadap Waktu *Infuse* Pada Proses *Vacuum Assisted Transfer Molding*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 28 November 2017

Yang menyatakan,

(Lazuardi Rahmadhani)

NIM 131910101086

**SKRIPSI**

**PENGARUH POSISI *VACUUM PORT* DAN TEKANAN *VACUUM* TERHADAP  
WAKTU *INFUSE* PADA PROSES *VACUUM ASSISTED TRANSFER MOLDING***

Oleh

Lazuardi Rahmadhani  
NIM 131910101086

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Ahmad Syuhri, M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Aris Zainul Mutaqin, S.T., M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Pengaruh Posisi *Vacuum Port* Dan Tekanan *Vacuum* Terhadap Waktu *Infuse* Pada Proses *Vacuum Assisted Transfer Molding*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Rabu, 29 November 2017

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji

Dosen Pembimbing Utama,

Ir. Ahmad Syuhri, M.T.  
NIP 19670123 199702 1 001

Dosen Penguji I,

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.  
NIP 19681205 199702 1 002

Dosen Pembimbing Anggota,

Aris Zainul M, S.T., M.T.  
NIP 19681207 199515 1 002

Dosen Penguji II,

Hari Arbiantara B, S.T., M.T.  
NIP 19670924 199412 1 001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.  
NIP. 19661215 199503 2 001

## RINGKASAN

**Pengaruh Posisi *Vacuum Port* Dan Tekanan *Vacuum* Terhadap Waktu *Infuse* Pada Proses *Vacuum Assisted Transfer Molding*, Lazuardi Rahmadhani, 131910101086; 2017: 43 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.**

Perkembangan teknologi pembuatan barang dewasa ini semakin pesat. Hal ini didorong oleh banyak permintaan dari para pelaku industri maupun konsumen. Salah satu yang diminati adalah barang dari komposit polimer. Kemampuan dari komposit polimer yang mudah dibentuk mengikuti kebutuhan serta biaya pembuatan yang murah dibanding material lainnya, membuat para konsumen lebih memilih material komposit polimer lebih diminati daripada material logam pada umumnya.

Tujuan dari penelitian dalam karya tulis ilmiah ini adalah untuk mengetahui pengaruh posisi *vacuum Port* terhadap waktu *infuse* pada proses *vacuum assisted transfer molding* dengan memvariasikan beberapa parameter antara lain posisi *vacuum Port* yang berjumlah tiga posisi antara lain 60%, 80% dan 100% dari panjang total cetakan, serta variasi tiga tekanan *vacuum*, yaitu -0,6 bar, -0,8 bar dan -1,0 bar.

Hasil pengujian penelitian ini didapatkan data dimana pada proses pengujian waktu *Infuse* didapatkan angka lama proses selama 12 menit 48 detik pada tekanan *Vacuum* sebesar -1,0 bar dan posisi *Vacuum Port* pada jarak 80% dari panjang total cetakan. Serta data pada pengujian lainnya yaitu pengujian material terbuang didapatkan angka berat material terbuang teringan seberat 11,3 gram dengan posisi *Vacuum Port* pada jarak 80% dari total panjang cetakan serta tekanan *Vacuum* sebesar -0,8 bar

Beberapa faktor yang mempengaruhi lama proses *Infuse* dan material yang terbuang antara lain adalah tekanan dari *Vacuum Pump* serta posisi dari *Vacuum Port*. Dua faktor diatas divariasikan sejumlah tiga variasi oleh penulis yaitu 60%, 80% dan 100% pada posisi *Vacuum Port* serta tekanan *Vacuum* sebesar -0,6 bar, -0,8 bar serta -1,0 bar. Parameter tersebut masing masing dilakukan tiga kali pengulangan untuk mendapatkan data yang valid.

## SUMMARY

**The Influence Positions of Vacuum Port And Vacuum Pressure Against Time Infusion on The Process of Vacuum Assisted Resin Transfer Molding**, Lazuardi Rahmadhani, 131910101086; 2017: 43 pages; Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering University of Jember.

Today, the development of Technology making goods increase rapidly .It is propelled by a lot of requests from the industries as well as consumers. The example is composite polymer .The ability of composite polymers malleable follow the needs and the cost are cheaper than other materials, it makes consumers prefer to choose composite material polymer than the other

The purpose of writter from this scientific is to find influence position vacuum port against time infusion at process of Vacuum Assisted Transfer Molding with varying some parameters include position vacuum port that were variated in three position which are 60 %, 80 % and 100 % the length of mold, and variation of three vacuum pressure which are -0.6 bar, -0.8 bar and -1.0 bar.

The results of this research was obtained data on the process whereby testing time infuse process for 12 minutes 48 seconds on pressure vacuum worth -1.0 bar and vacuum port position at a distance of 80 percent of a total length of mold. As well as data on testing others are testing the material was obtained the lightest weight of wasted material is 11.3 Gram with vacuum port position at distance of 80 percent of the total length of mold and the vacuum pressure -0.8 bar.

Several factors that affect to time infusion process and wasted materials are pressure from vacuum pump and the position of vacuum port. Two factors above have to convert to three varied number of variations which 60 percent, 80 percent and 100 percent of position vacuum port as well as vacuum pressure -0.6 bar, -0.8 bar and -1.0 bar. Each parameters carpel to three times repetition to get the data being valid

## PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan atas kehadiran Allah SWT. atas segala berkat, bimbingan, serta rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi tentang “Pengaruh Posisi *Vacuum Port* Dan Tekanan *Vacuum* Terhadap Waktu *infuse* Pada Proses *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding*”. Skripsi ini disusun dalam rangka penyelesaian penelitian yang telah penulis laksanakan. Di samping itu skripsi ini juga merupakan salah satu bentuk perwujudan ilmu pengetahuan yang telah diperoleh selama berada di bangku kuliah.

Seiring dengan perkembangan teknologi, mahasiswa tidak hanya dituntut untuk menguasai suatu disiplin ilmu tertentu yang sesuai dengan bidangnya secara teori, tetapi juga dituntut untuk menguasai secara praktis dan memahami aplikasi dari ilmu tersebut secara nyata.

Pada kesempatan ini pula penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah M.U.M. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Hari Arbiantara Basuki, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Bapak Hari Sutjahjono, S.T., M.T. selaku Ketua Prodi S1 Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Bapak Ir. Ahmad Syuhri, M.T. selaku dosen pembimbing utama dari Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
5. Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing anggota dari Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis menyadari bahwa sebagai manusia biasa tidak terlepas dari keterbatasan, yang biasanya akan mewarnai kadar ilmiah dari skripsi ini. Oleh karena itu penulis selalu terbuka terhadap masukan dan saran dari semua pihak yang sifatnya membangun untuk mendekati kesempurnaan. Tidak lupa penulis menyampaikan permohonan maaf yang sebesar-besarnya jika terdapat kesalahan dan kekeliruan. Akhir kata penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan dapat menjadi bahan acuan yang bermanfaat di kemudian hari.

Jember, 28 November 2017

Penyusun



DAFTAR ISI

	Halaman
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	i
<b>MOTTO</b> .....	ii
<b>PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>PEMBIMBINGAN</b> .....	iv
<b>PENGESAHAN</b> .....	v
<b>RINGKASAN</b> .....	vi
<b>SUMMARY</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	2
<b>1.4 Tujuan</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Komposit</b> .....	4
2.1.1 Pengertian Komposit.....	4
2.1.2 Komposit Serat .....	4
2.1.3 Komposit Partikel .....	5
2.1.4 Komposit Laminat .....	5
<b>2.2 Serat</b> .....	5
2.2.1 Serat Alami.....	6
2.2.2 Serat Sintetik.....	6
<b>2.3 Polyester Resin Yukalac 157 BQTN</b> .....	7
<b>2.4 Proses Fabrikasi Komposit</b> .....	10
2.4.1 <i>Open Molding</i> .....	10

2.4.2 <i>Close Molding</i> .....	11
<b>2.5 Bahan Cetakan</b> .....	12
2.5.1 Komposit Laminat.....	12
<b>2.6 Pengujian Produk</b> .....	12
2.6.1 Pengujian Waktu <i>Flow Rate</i> .....	12
2.6.2 Pengujian Material Terbuang.....	13
<b>2.7 Aplikasi Metode VARTM</b> .....	13
<b>2.8 Hipotesa</b> .....	13
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	14
<b>3.1 Waktu dan Tempat</b> .....	14
<b>3.2 Alat dan Bahan</b> .....	14
3.2.1 Alat.....	14
3.2.2 Bahan.....	21
3.2.3 Desain Produk.....	22
<b>3.3 Variabel Penelitian</b> .....	22
3.3.1 Variabel Bebas.....	22
3.3.2 Variabel Terikat.....	23
<b>3.4 Pelaksanaan Penelitian</b> .....	23
3.4.1 Langkah Langkah Pembuatan Cetakan.....	23
3.4.2 Skema Posisi Vacuum Port.....	24
<b>3.5 Pelaksanaan Pengujian</b> .....	24
3.5.1 Alat Uji.....	24
3.5.2 Proses Pengukuran.....	24
<b>3.6 Pengolahan Data</b> .....	25
<b>3.7 Analisa Data</b> .....	25
<b>3.8 Diagram Alir Penelitian</b> .....	26
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMAHASAN</b> .....	27
<b>4.1 Hasil</b> .....	27
<b>4.2 Pembahasan</b> .....	28
4.2.1 Analisa Pengaruh Posisi <i>Vacuum Port</i> Terhadap Waktu <i>Infuse</i> ... ..	28
4.2.2 Analisa Pengaruh Tekanan <i>Vacuum</i> Terhadap Waktu	

<i>Infuse</i> .....	29
4.2.3 Analisis Pengaruh Lokasi <i>Vacuum Port</i> Dan Tekanan <i>Vacuum</i> Terhadap Waktu <i>Infuse</i> .....	30
4.2.4 Analisi Pengaruh Posisi <i>Vacuum Port</i> Terhadap Material Terbuang .....	31
4.2.5 Analisis Pengaruh Tekanan <i>Vacuum</i> Terhadap Material Terbuang.....	32
4.2.6 Analisis Pengaruh Posisi <i>Vacuum Port</i> Dan Tekanan Terhadap Material Terbuang.....	33
4.2.7 Analisis Pengaruh Posisi <i>Vacuum Port</i> Dan Tekanan <i>Vacuum</i> Terhadap Waktu <i>Infuse</i> Serta Material Terbuang Terhadap Biaya Operasional .....	35
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	36
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	36
<b>5.2 Saran</b> .....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>37</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 Resin Polyester.....	10
2.2 Proses <i>Spray Lay-up</i> .....	10
2.3 Proses <i>Hand Lay-up</i> .....	11
2.4 Proses <i>Resin Transfer Molding</i> .....	11
2.5 Proses VARTM.....	12
3.1 Skema Sistem Alat VARTM.....	14
3.2 Penggaris .....	16
3.3 Gunting.....	17
3.4 <i>Stopwatch</i> .....	17
3.5 <i>Clamp</i> 1/4 inch .....	18
3.6 <i>Clamp</i> Selang .....	18
3.7 <i>Feeding Tubes</i> .....	19
3.8 Kuas 2 inch.....	19
3.9 Timbangan Digital .....	20
3.10 Dimensi <i>Vacuum Port</i> .....	20
3.11 <i>Vacuum Port</i> .....	21
3.12 Desain Produk .....	22
3.13 Posisi <i>Vacuum Port</i> .....	24
3.14 Diagram Alir Penelitian .....	26
4.1 Grafik Pengaruh Posisi <i>Vacuum Port</i> Terhadap Waktu <i>Infuse</i> .....	28
4.2 Grafik Pengaruh Tekanan <i>Vacuum</i> Terhadap Waktu <i>Infuse</i> .....	29
4.3 Grafik Hasil Pengaruh Posisi <i>Vacuum Port</i> Dan Tekanan <i>Vacuum</i> Terhadap Waktu <i>Infuse</i> .....	30
4.4 Grafik Pengaruh Posisi <i>Vacuum Port</i> Terhadap Material Terbuang ..	31
4.5 Grafik Pengaruh Tekanan <i>Vacuum</i> Terhadap Material Terbuang.....	32
4.6 Grafik Pengaruh Posisi <i>Vacuum Port</i> Dan Tekanan <i>Vacuum</i> Terhadap Material Terbuang.....	33
4.7 Grafik Pengaruh Posisi <i>Vacuum Port</i> Dan Tekanan <i>Vacuum</i> Terhadap Waktu <i>Infuse</i> Serta Material Tebuang .....	35

4.8 Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Posisi *Vacuum Port* Dan Tekanan

*Vacuum* Terhadap Biaya Waktu *Infuse* Serta Biaya Material Tebuang.

35



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Jenis Serat.....	7
4.1 Tabel Data Pengujian.....	27



## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi pembuatan barang dewasa ini semakin pesat. Hal ini didorong oleh banyak permintaan dari para pelaku industri maupun konsumen. Salah satu yang diminati adalah barang dari komposit polimer. Kemampuan dari komposit polimer yang mudah dibentuk mengikuti kebutuhan serta biaya pembuatan yang murah dibanding material lainnya, membuat para konsumen lebih memilih material komposit polimer lebih diminati daripada material logam pada umumnya.

Dalam industri manufaktur dibutuhkan material yang memiliki sifat-sifat istimewa yang sulit didapat dari logam. Komposit merupakan material alternatif yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Salah satu komposisi bahan yang banyak dikembangkan adalah komposit berbasis fiber – resin. Penggunaan bahan ini dapat menghasilkan material yang ringan, namun memiliki kekuatan tinggi (Alian, 2011).

Penggunaan bahan komposit sebagai alternatif pengganti bahan logam dalam bidang rekayasa sudah semakin meluas, yang tidak hanya sebagai panel di bidang transportasi tetapi juga merambah pada bidang lainnya seperti properti dan arsitektur. Hal ini dikarenakan karena adanya keuntungan penggunaan komposit seperti konstruksi menjadi lebih ringan, tahan korosi dan kekuatannya dapat didesain sesuai dengan arah pembebanan. Fokus pemilihan bahan yang tepat untuk konstruksi menuntut sebuah kepastian tentang material penyusun yang tepat pula. Tuntutan fungsi komposit saat ini tidaklah hanya sebatas mekanik saja, tetapi juga sifat fisiknya (Harianto, 2007).

Beberapa metode pembuatan barang dari material komposit polimer salah satunya adalah metode *Vacuum Assited Resin Transfer Molding* (VARTM). VARTM adalah proses pembuatan komposit polimer dengan metode cetakan tertutup dimana resin dihisap oleh pompa *vacuum* untuk masuk ke dalam melalui selang dari pot resin dan mengalir ke cetakan yang sebelumnya telah diisi dengan

fiber. Resin akan mengalir dan menyatu dengan fiber hingga resin masuk ke dalam *trap pot*, kemudian dibiarkan dengan tekanan yang dikunci hingga mengeras, lalu penutup cetakan yang dibuat dari *vacuum bag* dilepas dan dipisahkan dari cetakan dasar. VARTM telah dikembangkan dalam pembuatan bagian pesawat terbang. VARTM dipilih karena material cetakan mudah didapatkan, pembuatan produk dengan skala besar, resin dan katalis dapat dipisah dan diaduk sebelum proses, *vacuum bag* yang transparan mempermudah operator melihat aliran resin, biaya yang relatif murah. Dari kelebihan tersebut, VARTM memiliki kekurangan seperti, *vacuum bag* serta *sealing tape* dan selang resin hanya sekali pakai, kemungkinan adanya kebocoran dari *vacuum bag* yang sulit dideteksi awal, banyaknya resin yang masuk ke dalam *trap pot*, waktu persiapan yang lama. (Hsiao, 2012).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Dominik Bender (2006), diperoleh waktu proses pembuatan produk dari mulai pompa *vacuum* beroperasi hingga resin masuk ke dalam *trap pot* adalah 25 menit dengan tekanan *vacuum* bervariasi antara -1000 Pa hingga -62 kPa.

Dari paparan di atas, peneliti melakukan variasi tekanan dan posisi *vacuum port*, terhadap waktu *infuse* resin serta meminimalisir resin masuk ke dalam *trap pot*, sehingga material terbuang berkurang.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan Masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh tekanan *vacuum* yang tepat untuk mendapatkan waktu proses yang singkat.
2. Bagaimana pengaruh variasi posisi *vacuum port* terhadap material terbuang.

## 1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan yang ditetapkan untuk mempermudah analisa penelitian ini antara lain: .

1. Panjang dari *intake resin* dan *vacuum port* sama.
2. Volume dari *trap pot* dan *resin pot* sama.
3. Campuran resin dan katalis homogen.

#### 1.4 Tujuan

Adapun tujuan dan manfaat penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui pengaruh posisi *vacuum port* terhadap *waktu infuse* pada VARTM.
2. Mengetahui pengaruh tekanan *vacuum* terhadap waktu proses.

#### 1.5 Manfaat

Sedangkan manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Mengoptimalkan waktu *vacuum* yang diperlukan dalam proses VARTM.
2. Menambah pengetahuan, wacana dan acuan bagi peneliti lanjutan dengan tema yang sama untuk mengembangkan metode yang lebih modern dari hasil penelitian ini
3. Dapat dijadikan acuan bagi perusahaan yang membuat produk dengan metode VARTM

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Komposit

#### 2.1.1 Pengertian Komposit

Menurut Haromain H (2015), Komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur menjadi satu secara makroskopis. Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur yaitu serat (*fiber*) sebagai bahan pengisi dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang disebut matrik. Didalam komposit unsur utamanya adalah serat, sedangkan bahan pengikatnya menggunakan bahan polimer yang mudah dibentuk dan mempunyai daya pengikat yang tinggi. Penggunaan serat untuk menentukan karakteristik bahan komposit seperti: kekakuan, kekuatan serta sifat-sifat mekanis lainnya. Sebagai bahan pengisi, serat digunakan untuk menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada bahan komposit, matrik sendiri mempunyai fungsi melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik terhadap gaya-gaya yang terjadi.

Berdasarkan bentuk komponen strukturnya, bentuk-bentuk komponen utama yang digunakan dalam material komposit dapat dibagi atas tiga kelas (Schwartz, 1984), yaitu :

#### 2.1.2 Komposit Serat

Komposit serat (*Fibricius Composite*) adalah komposit yang terdiri dari serat dan matrik yang dibuat secara fabrikasi, misalnya serat ditambah resin sebagai bahan perekat. Komposit serat merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat. Serat yang digunakan bisa berupa glass fibers, carbon fibers, aramid fibers, dan sebagainya. Serat ini disusun secara acak (*chopped strand mat*) maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman, sebagai contoh FRP (*Fibrous Reinforce Plastik*) plastik yang diperkuat dengan serat dan banyak digunakan, yang sering disebut fiber glas, contoh lainya PCB (*Pulp Cement Bord*) semen yang diperkaya dengan serat pulp dan dicetak dalam lembaran datar atau gelombang. PCB menggantikan papan asbes dalam

penggunaanya, karena asbes akan terhisap dan merugikan kesehatan dengan menimbulkan gangguan kesehatan pada paru-paru.

### 2.1.3 Komposit partikel

Komposit partikel (*Partikulate Composite*) adalah komposit yang terdiri dari partikel dan matrik yaitu butiran. Komposit partikel mempunyai bahan penguat yang dimensinya kurang lebih sama, seperti bulat serpih, balok serta bentuk-bentuk lainnya yang memiliki sumbu hampir sama, yang kerap disebut partikel, dan bisa terbuat dari satu atau lebih material yang dibenamkan dalam suatu matriks dengan material yang berbeda. Partikelnya bisa logam atau nonlogam, seperti halnya matrik. Adapula polimer yang mengandung partikel yang hanya dimaksudkan untuk memperbesar volume material dan bukan untuk kepentingan sebagai bahan penguat. Komposit ini bisa dinamakan komposit skeletal/bermuatan.

### 2.1.4 Komposit Laminat

Komposit laminat (*Laminated Composite*), merupakan jenis komposit yang tersusun atas dua atau lebih lamina. Komposit serat dalam bentuk lamina ini yang paling banyak digunakan dalam lingkup teknologi otomotif maupun industri. Dalam hal polimer diperkuat serat, ada zat ketiga yang disebut zat penjodoh, penggabungan atau penyerasi untuk meningkatkan sekatan antara serat dan matrik (Feldman D, 1995)

## 2.2 Serat

Serat diklasifikasikan menjadi dua bagian besar yaitu serat alam dan serat buatan. Serat alam adalah serat yang didapat dari alam seperti serat daun nanas, kapas, wol, sutra dan serat alam yang lainnya, sedangkan serat non alam (sintetik) seperti nilon, *fibre glas*, *carbon* dan serat buatan lainnya. Setiap serat buatan terdiri dari rantai polimer, dan kebanyakan merupakan polimer berkrystal, sehingga sifat kimianya bergantung pada struktur rantai polimer tersebut. Secara umum dapat dikatakan bahwa fungsi serat adalah sebagai penguat bahan untuk memperkuat komposit sehingga sifat mekaniknya lebih kuat, tangguh, dan lebih kokoh dibandingkan dengan tanpa serat penguat, selain itu serat juga menghemat penggunaan resin (Siregar dkk, 2009)

## 2.2.1 Serat Alami

### a. Serat Kapas

Serat kapas yaitu serat alami yang mudah didapat dan harga terjangkau, karena seratnya yang nyaman dan dapat digunakan di semua kalangan masyarakat. Serat kapas sangat penting di industri tekstil karena bahannya mudah didapat, kuat, namun sifatnya yang kurang kenyal menyebabkan kapas mudah kusut. Untuk itu kapas dipintal lebih dahulu untuk kemudian dijadikan benang, akhirnya ditenun menjadi kain. Pada industri tekstil banyak mengandalkan kapas menjadi bahan utama untuk pembuatan busana.

### b. Serat Jute

Serat alami dari tumbuhan yang paling banyak digunakan sebagai kebutuhan hidup manusia. Serat ini terbuat dari semua jenis batang kulit pohon. Jute banyak digunakan untuk membuat tali tambang, kertas, karpet, gordena dan juga pelapis kursi mebel. Selain itu serat jute juga biasa digunakan dalam industri kerajinan.

### c. Serat *Flax*

Serat *flax* digunakan sebagai bahan dasar *linen*. Serat *flax* tidak umum digunakan pada industri kain skala besar karena sifatnya yang rapuh sehingga butuh metode yang rumit untuk diproses menjadi bahan produksi.

### d. Serat Rami

Serat yang diproduksi dari bahan utama yaitu tanaman rami yang kulit batangnya digunakan untuk bahan baku tekstil. Serat rami juga bisa dipintal menjadi benang yang akan dirajut menjadi kain. Karakternya mirip dengan kapas. Namun rami lebih mengkilap, kuat, dan tidak mudah terkena bakteri serta menyerap air dengan baik.

## 2.2.2 Serat Sintetik

### a. Serat Polimer

Serat ini dibuat dengan cara melalui proses kimia. Bahan yang umum

digunakan serat polimer, yaitu :

1. *Polyamida Nylon*
2. *Polyester*
3. *Fenol Formaldehid*
4. *PVC*
5. *PVOH*
6. *PP*
7. *PE*
8. *Spandex*
9. *PU*

b. Serat *Fiber Glass Reinforcing Woven Roving 200*

*Fiber Glass Reinforcing Woven Roving* adalah lembaran *fiberglass* yang dibuat dari potongan benang *fiberglass* yang dianyam seperti kain berarah teratur, warna putih. Pada umumnya digunakan sebagai penguat matrik jenis polimer. Komposisi kimia *fiber glass* umumnya adalah SiO dan lainnya merupakan oksida-oksida Aluminium. *woven roving 200* berarti dengan ukuran 1m<sup>2</sup> bermassa 200 gram. Ada tiga jenis serat *fiber glass* yang umum dijual di pasaran antara lain seperti pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Jenis Serat (BPPP, 2012)

Jenis	Kerapatan per m <sup>2</sup>	Tebal Perlapis
<i>Mat 300</i>	300 gram	0,05 cm
<i>Mat 450</i>	450 gram	0,07 cm
<i>Woven Roving 200</i>	200 gram	0,05 cm

### 2.3 Polyester Resin

Resin atau yang juga disebut matriks adalah material cair sebagai pengikat serat penguat yang mempunyai kekuatan tarik serta kekakuan lebih rendah dibandingkan serat penguatnya. Ada beberapa jenis resin, antara lain :

## 1. Polyester Orthophthalic

Resin type ini sangat tahan terhadap proses korosi air laut dan asam encer.

Adapun spesifikasi teknisnya adalah sebagai berikut:

- Massa jenis : 1,23 gr/cm<sup>3</sup>
- Modulus young : 3,2 GPa
- Angka poisson : 0,36
- Kekuatan tarik : 65 MPa

## 2. Polyester Isophthalic

Resin type ini tahan terhadap panas dan larutan asam. Dan kekerasannya lebih tinggi serta kemampuan menahan resapan air (adhesion) yang paling baik dibandingkan dengan resin type Ortho.

Penggunaan resin type Iso ini hanya pada kondisi tertentu. Adapun spesifikasi teknisnya adalah sebagai berikut:

- Massa jenis : 1,21 gr/cm<sup>3</sup>
- Modulus young : 3,6 GPa
- Angka poisson : 0,36
- Kekuatan tarik : 60 MPa

## 3. Epoxy

Resin type ini mampu menahan resapan air (adhesive) sangat baik dan memiliki kekuatan mekanik yang paling tinggi. Adapun spesifikasi teknisnya adalah sebagai berikut:

- Massa jenis : 1,20 gr/cm<sup>3</sup>
- Modulus young : 3,2 GPa
- Angka poisson : 0,37
- Kekuatan tarik : 85 MPa

## 4. Vinyl Ester

Resin type ini mempunyai ketahanan terhadap larutan kimia (chemical resistant) yang paling unggul. Adapun spesifikasi teknisnya adalah sebagai berikut:

- Massa jenis : 1,12 gr/cm<sup>3</sup>

- Modulus young : 3,4 GPa
- Angka poisson : 0,37
- Kekuatan tarik : 83 MPa

#### 5. Phenolic

Resin type ini tahan terhadap larutan asam dan alkali. Adapun spesifikasi teknisnya adalah sebagai berikut:

- Massa jenis : 1,15 gr/cm<sup>3</sup>
- Modulus young : 3,0 GPa
- Kekuatan tarik : 50 MPa

#### 6. Yukalac BQTN 157

Resin type ini juga tahan terhadap larutan asam dan alkali. Adapun spesifikasi teknisnya adalah sebagai berikut:

- Massa jenis : 1,2 gr/cm<sup>3</sup>
- Modulus young : 3,5 GPa
- Kekuatan tarik : 70 MPa

Yukalac 157 BQTN-EX adalah tipe resin General Purpose, umum digunakan untuk pembuatan berbagai jenis barang *Fiber Glass Reinforcement* dengan cara *Hand Layup* maupun *Spray Up* molding. Tipe resin ini sudah memenuhi syarat "Lloyd's Register's (LR) Rules and Regulations" dan "Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)". Tipe resin ini mengandung thixotropic. Formulasi dianjurkan adalah penambahan Katalis MEPOXE 1%. Dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.1 Resin Polyester (Marlin, 2013)

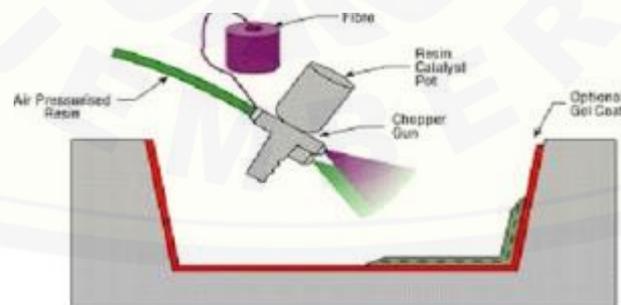
## 2.4 Proses Pabrikasi Komposit

Ada beberapa metode dalam proses pabrikasi komposit. Namun secara umum proses intinya adalah pencampuran antara resin dan serat, atau yang disebut juga dengan *infuse*. Berikut beberapa metode pabrikasi komposit yang umum digunakan dalam industri, antara lain:

### 2.4.1 *Open Molding*

#### a. *Spray Lay-Up*

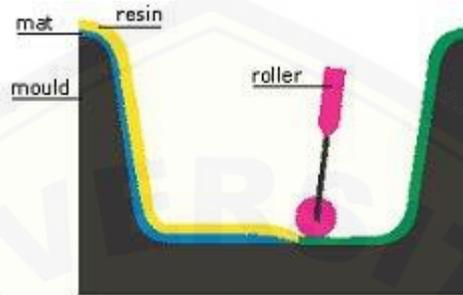
*Spray Lay-Up* atau Pencetakan Semprot. Serat diposisikan pada cetakan, lalu diberi resin dengan cara disemprotkan pada serat hingga merata. Komposit akan mengeras dengan suhu atmosfer, dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Proses *Spray Lay-Up* (Aden, 2008)

b. *Hand Lay-Up*

Proses ini umum dilakukan dalam skala industri rumahan. Pada proses ini, serat diposisikan sesuai cetakan, lalu diberi resin dengan cara dioles menggunakan kuas hingga merata. Dapat dilihat pada gambar 2.3

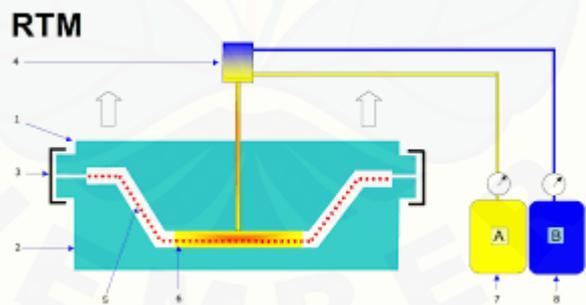


Gambar 2.3 Proses *Hand Lay-Up* (Aden, 2008)

2.4.2 *Close Molding*

a. *Resin Transfer Molding*

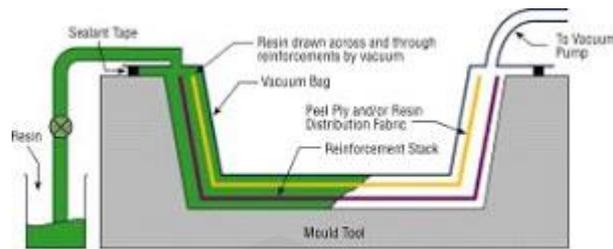
Dalam proses *Resin Transfer*, *infuse* menggunakan cetakan tertutup dengan satu *port inlet* dan satu *port outlet*. Resin dialirkan melalui *port inlet* menggunakan pompa. Resin dialirkan hingga keseluruhan cetakan. Dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Proses *Resin Transfer Molding* (Atta, 2017)

b. *Vacum Assisted Resin Transfer Molding*

Pada proses *VARTM*, resin dialirkan dengan cara disedot dengan pompa *vacuum*, serta terdapat *trap pot* sebagai tempat resin yang terbuang. Dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Proses VARTM (Aden, 2008)

c. Parameter dalam proses VARTM

Parameter yang digunakan dalam proses VARTM adalah tekanan *vacuum* dan posisi *vacuum port* dengan tujuan mempersingkat waktu produksi serta meminimalisir *void* dan mengurangi material yang terbuang.

## 2.5 Bahan Cetakan

### 2.5.1 Komposit Laminat

Pada cetakan produk menggunakan bahan Komposit Laminat, dimana Matriks berupa Resin diperkuat oleh *Fiber Glass Woven Roving 200* dan serbuk Silica. Fungsi Silica adalah pengental Resin, sehingga Resin mudah dibentuk. Campuran Resin dan Silica dioleskan dilapisan pertama sebagai pembatas antara cetakan dan *master* cetakan. Setelah campuran Resin dan serbuk Silica mengering, *woven roving 200* ditempelkan menggunakan Resin. Lapisan *woven roving 200* dilakukan sampai 6 lapis. Hal tersebut bertujuan agar cetakan bersifat kaku. Sehingga pada saat proses *infuse* cetakan tidak mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh tekanan *vacuum*.

## 2.6 Pengujian Produk

### 2.6.1 Pengujian Waktu *Infuse*

Waktu *infuse* adalah laju aliran dari resin pada proses *infuse*, tujuan dari pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan waktu optimal proses *infuse* sehingga diharapkan mempersingkat proses pembuatan material.

Proses pengujian waktu *infuse* menggunakan alat ukur waktu yaitu stopwatch. Pencatatan dimulai ketika *valve vacuum* dibuka dan resin masuk kedalam cetakan, lalu pencatatan waktu berhenti ketika proses *curing* selesai.

## 2.6.2 Pengujian Material Terbuang

Tujuan dari pengujian ini adalah meminimalisir material terbuang sehingga mengurangi biaya produksi.

Proses ini dilakukan ketika proses *infuse* selesai, dimana Resin masuk kedalam *trap pot*. Resin yang masuk kedalam *trap pot* diukur dengan cara ditimbang beratnya

## 2.7 Aplikasi Metode VARTM

Pada penelitian sebelumnya, metode VARTM umum digunakan untuk membuat bagian pesawat dan perahu yang berbahan komposit, dimana tidak membutuhkan bentuk yang rumit serta ketelitian yang tinggi. Cetakan mudah dibuat serta bahan baku yang mudah didapat.

Faktor diatas membuat metode VARTM dipilih oleh para pelaku industri dengan skala kecil menengah. Adapun penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan pada bodi mobil lisrik TITEN Unej.

## 2.8 Hipotesa

Hipotesis penelitian ini adalah variasi posisi *vaccum port* dan tekanan saat proses *infuse* berpengaruh pada waktu yang dibutuhkan pada proses VARTM serta meminimalisir material yang terbuang. Semakin dekat jarak *vacuum port* maka semakin cepat waktu *infuse*, karena dengan jarak yang *vacuum port* yang semakin pendek membutuhkan waktu *infuse* yang semakin singkat. Serta semakin besar tekanan *vacuum* maka semakin singkat pula waktu *infuse*, namun material yang terbuang semakin banyak, hal ini disebabkan karena resin akan langsung mengalir ke *vacuum port* sebelum *infuse* merata keseluruh permukaan cetakan.

### BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu metode yang digunakan untuk menguji dengan menambahkan beberapa perlakuan variasi dengan tekanan *vacuum* dan posisi *vacuum port*, sehingga akan didapatkan waktu proses yang optimal serta meminimalisir material yang terbang.

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

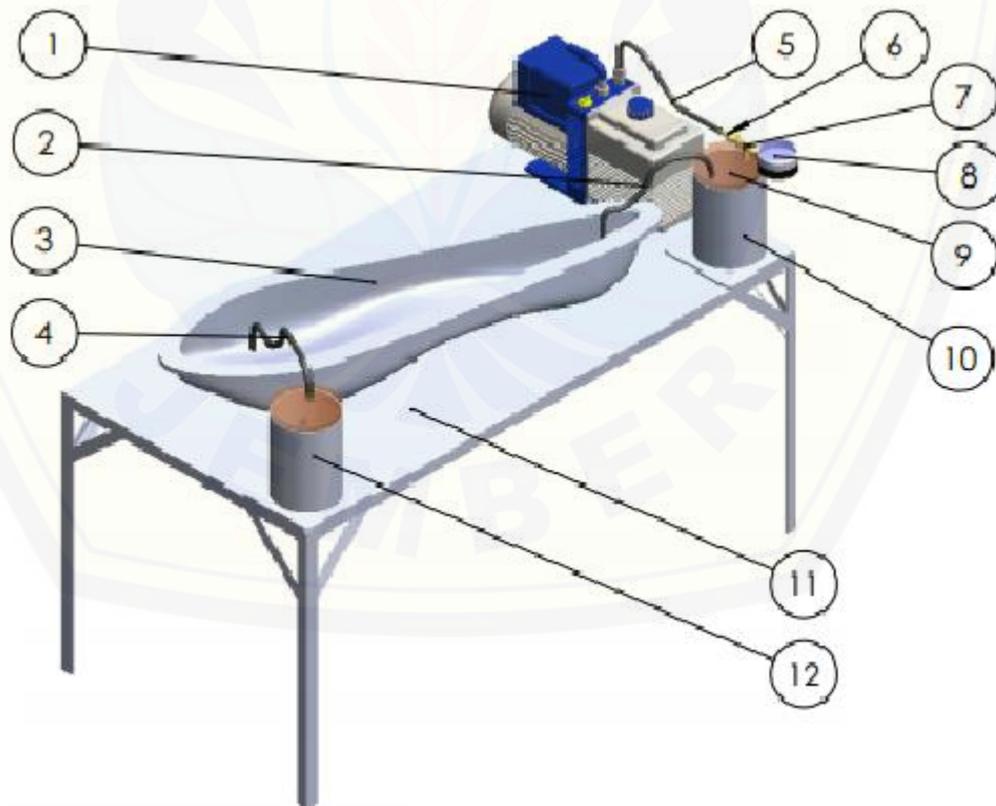
Pelaksanaan penelitian dilaksanakan di workshop Mobil Listrik Unej. Penelitian ini dilakukan selama 4 bulan, dimulai bulan Juni 2017 sampai dengan bulan Oktober 2017.

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

##### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berlangsung antara lain:

##### a. Skema Alat Sistem VARTM



Gambar 3.1 Skema Sistem Alat VARTM

1. *Vacuum Pump Value*

*Vacuum Pump* bekerja dengan cara menghisap udara dari luar melalui *oneway valve* dimana udara hanya mampu bergerak satu arah, dalam hal ini udara hanya mampu masuk. *Vacuum pump* merk Value sebagai sumber tekanan *vacuum* memiliki daya  $\frac{1}{2}$  HP dan *ultimate vacuum* sebesar -1,0 bar

2. *Selang Outlet*

Selang *outlet* berfungsi sebagai media saluran antara cetakan dan *trap pot*. Selang *outlet* yang digunakan adalah selang dengan diameter  $\frac{1}{4}$  inch dengan panjang 150 mm

3. *Cetakan*

Cetakan digunakan sebagai tempat *Woven Roving 200* dan terjadinya proses *infuse*. Cetakan dibuat dengan bahan matriks berupa campuran resin dan serbuk silika. Serta serat penguat menggunakan *woven roving 200*.

4. *Selang Inlet*

Sebagai saluran dari *resin pot* wadah resin mengalir ke cetakan. Selang *inlet* yang digunakan adalah selang dengan diameter  $\frac{1}{4}$  inch dengan panjang 150 mm

5. *Selang Vacuum Pump*

Penghubung antara *vacuum pump* dan *trap pot*. Dalam hal ini selang *vacuum pump* menggunakan selang tabung gas. Hal ini dikarenakan tekanan yang keluar dari *vacuum pump* belum distabilkan oleh *trap pot* sehingga dapat menyebabkan selang kisut apabila menggunakan selang biasa.

6. *Valve*

Digunakan untuk menutup dan membuka tekanan *vacuum* dari *vacuum pump*.

7. *Sambungan T*

Penghubung antara selang selang *vacuum*, barometer dan *trap pot*

8. *Barometer Vacuum*

Berfungsi sebagai alat ukur besarnya tekanan *vacuum* yang digunakan saat proses *infuse*. Barometer *vacuum* berbeda dengan barometer biasa. Pada barometer *vacuum* besaran yang ditunjukkan adalah tekanan *vacuum* dengan besaran minus (-).

9. *Tutup Trap Pot*

Berbahan akrilik dengan tujuan agar dapat melihat berapa jumlah material yang terbuang.

## 10. *Trap Pot*

*Trap pot* terbuat dari pipa besi dengan diameter 6 inch agar wadah resin dapat masuk kemudian pada bagian bawah dilas dengan plat besi 2 mm sebagai dasar kemudian dilapisi gel silika untuk menghindari kebocoran udara pada sambungan las. Fungsi lain dari *trap pot* adalah mestabilkan tekanan dari *vacuum pump*.

## 11. Meja Kerja

Tempat sistem VARTM terbuat dari besi siku 40x40x2 mm. Meja kerja dengan dimensi 1000x500x500 mm. Serta menggunakan plat lembaran setebal 1,5 mm sebagai alas alat.

## 12. *Resin Pot*

Tempat memposisian resin dimana sebagai matriks digunakan. Resin pot terbuat dari pipa besi dengan diameter 6 inch agar wadah resin dapat masuk kemudian pada bagian bawah dilas dengan plat besi 2 mm sebagai dasar.

## b. Penggaris

Penggaris sebagai alat ukur panjang benda. Pada penelitian ini peneliti menggunakan penggaris untuk menentukan posisi *vacuum port*



Gambar 3.2 Penggaris

c. Gunting

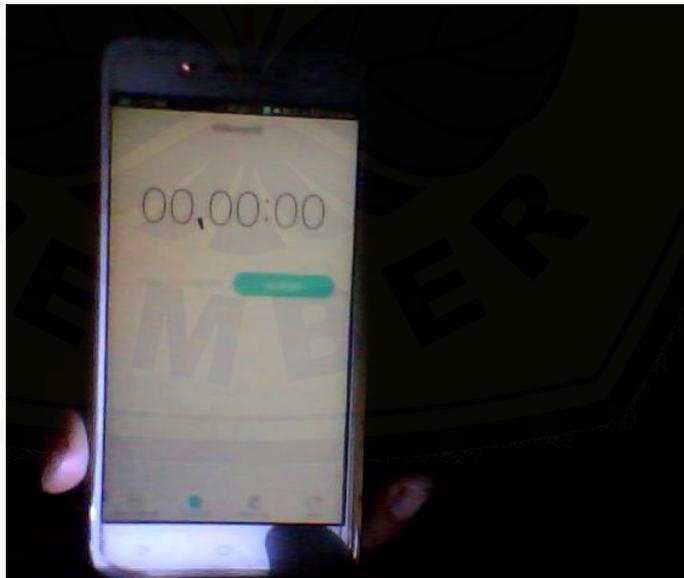
Gunting digunakan untuk memotong lebar *woven roving* 200, *distribution layer* dan selang *vacuum*



Gambar 3.3 Gunting

d. Stopwatch

*Stopwatch* digunakan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan dalam proses *infuse*. *stopwatch* yang digunakan oleh peneliti adalah *stopwatch* aplikasi dari *handphone* merk Oppo A37



Gambar 3.4 Stopwatch

e. *Clamp* selang ¼ inch

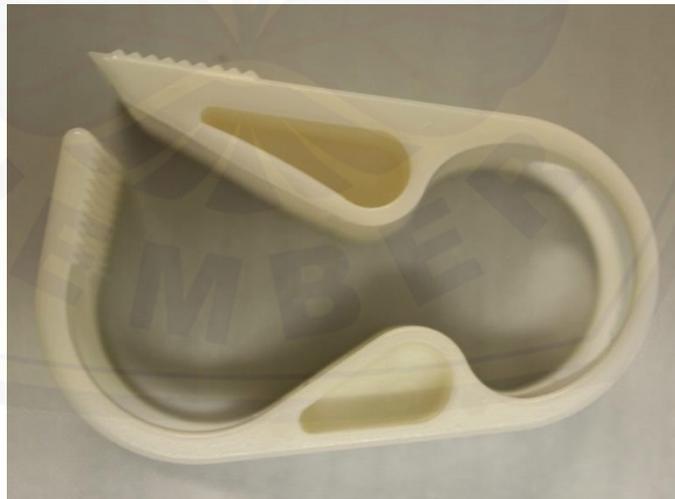
*Clamp* digunakan untuk mengencangkan selang dengan sambungan atau *connector* selang. *clamp* dikencangkan menggunakan obeng minus



Gambar 3.5 *Clamp* selang ¼ inch

f. Penjepit Selang

Penjepit selang atau juga disebut *shutoff* digunakan untuk menjepit selang sehingga pada saat *infuse* selesai, tekanan dan resin terkunci di dalam cetakan dan selang



Gambar 3.6 Penjepit Selang

g. *Feeding Tubes*

*Feeding Tubes* digunakan sebagai media resin mengalir kedalam cetakan. *Feeding tubes* berbentuk spiral, sehingga mampu mengalirkan resin ke segala arah.



Gambar 3.7 *Feeding Line*

h. Kuas 2inch

Kuas digunakan untuk alat pengoles resin ketika pembuatan bentuk cetakan, karena pada proses pembuatan cetakan masih menggunakan metode *hand lay up*. Kuas yang digunakan adalah kuas berukuran 2 inch



Gambar 3.8 Kuas 2 inch

i. Timbangan Digital

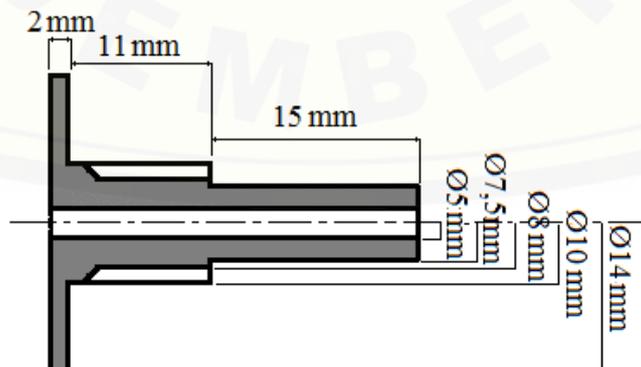
Timbangan digital dipilih karena lebih akurat serta pembacaan berat yang lebih mudah daripada timbangan manual. Timbangan digital dengan beban maksimal 500 gram serta ketelitian 0,1 gram



Gambar 3.9 Timbangan Digital

j. Vacuum Port

*Vacuum Port* digunakan sebagai penghubung antara *bagging* dan selang *outlet*. Pada penelitian ini peneliti membuat *vacuum port* menggunakan baut kepala 14 mm yang dibubut dengan dimensi seperti pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Dimensi Vacuum Port



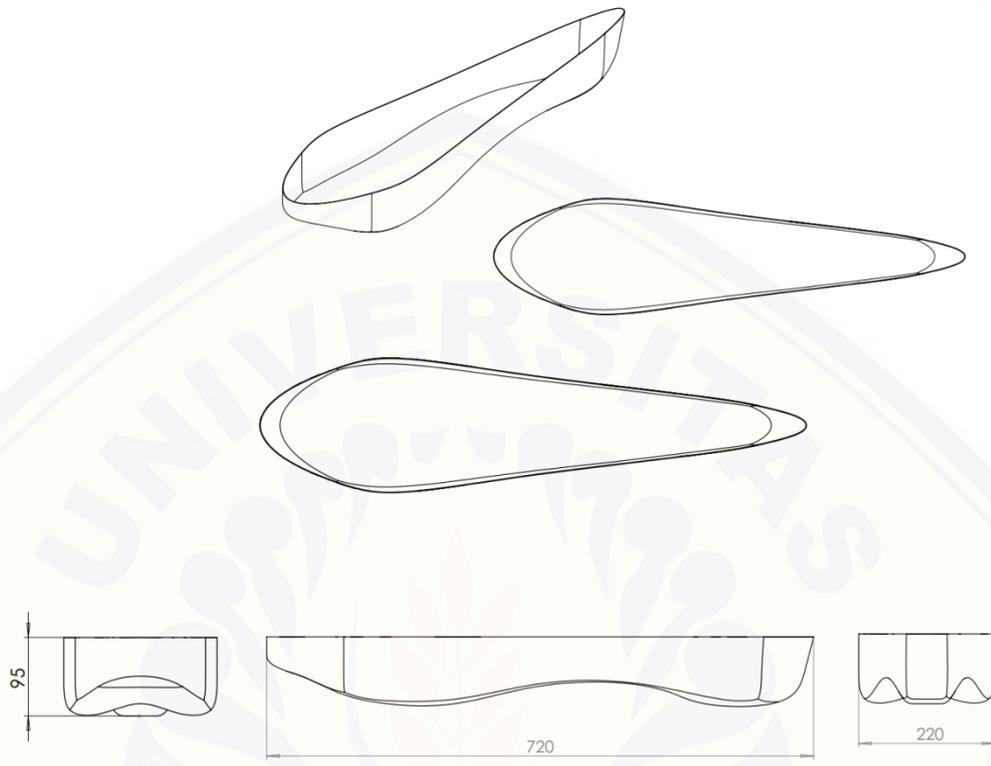
Gambar 3.11 *Vacuum Port*

### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. *Polyester* merk YUKALAC BTQN EX-157
2. *Sterofom*
3. *Serat Woven Roving 200*
4. *Gypsum*
5. *Plastisin*
6. *Isolasi*
7. *Silicon*
8. *Peel Ply*
9. *Distribution Layer*
10. *Hexana*
11. *Aseton*
12. *Vaseline*
13. *Mirror Glaze*
14. *Rubber Tape*

### 3.2.3 Desain Produk



Gambar 3.12 Desain Produk

### 3.3 Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini adalah variabel bebas dan variabel terikat

#### 3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan oleh peneliti. Variabel untuk tekanan *vacuum* yang digunakan antara lain -0,6, -0,8 dan -1,0 bar. Serta posisi dari *vacuum port* berjarak 60%, 80% dan 100% dari *resin inlet*.

#### 3.3.2 Variabel Terikat

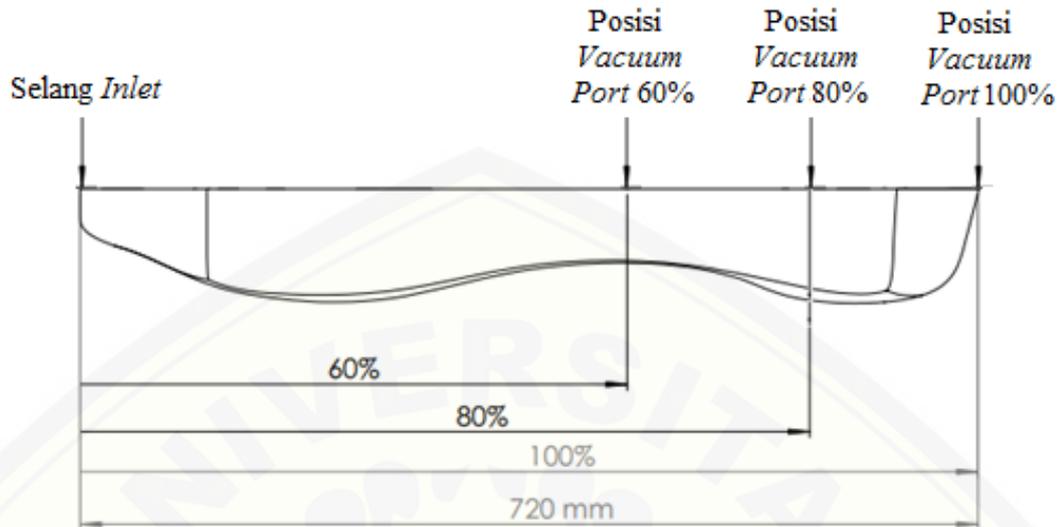
Variabel terikat adalah variabel yang diteliti untuk mengetahui pengaruh dari variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah waktu *infuse* dan berat dari *trap pot*.

## 3.4 Pelaksanaan Penelitian

### 3.4.1 Langkah langkah pembuatan cetakan pada metode VARTM

1. Siapkan sterofoam, beri garis sesuai bentuk dasar benda produk sebagai *master* benda kerja
2. Potong sterofoam sesuai garis sebagai bentuk dasar.
3. Haluskan *master* produk dengan sikat baja dan amplas.
4. Lapis *master* produk dengan isolasi plastik agar permukaan halus.
5. Oleskan cairan *PVA* sebagai pelindung *master* dengan Resin.
6. Campurkan serbuk silica dan resin dengan perbandingan berat 260:1 dan aduk hingga resin menjadi gel dan bening, beri *catalys*.
7. Oleskan campuran resin dan serbuk silica pada *master* produk hingga merata.
8. Beri satu lapis *woven roving 200* pada *master* produk.
9. Ulangi langkah 8 hingga enam lapis *woven roving 200*
10. Beri lapisan *vaseline* pada cetakan hingga merata.
11. Siapkan *vacuum bagging*. Masukkan cetakan kedalam *vacuum bagging*.
12. Buat lubang sebagai tempat *vacuum port*.
13. Pasang selang sebagai resin *inlet*
14. Pasang *rubber tape* sebagai perekat *vacuum bagging*.
15. Tutup resin *inlet* menggunakan penjepit selang
16. Operasikan pompa *vacuum* hingga mencapai tekanan *ultimate*
17. Tutup semua *valve*. Tunggu hingga tiga puluh menit untuk mengetahui *pressure drop*
18. Siapkan Resin pada *resin pot* dengan perbandingan berat resin dan *catalys* 100:1
19. Buka semua *valve*. Nyalakan kembali pompa *vacuum*, sesuaikan tekanan.
20. Catat lama proses *infuse* serta material terbang pada *trap pot*
21. Tunggu hingga proses *infuse* selesai, tutup semua *valve* hingga proses *curing*

### 3.4.2 Skema Posisi Vacuum Port



Gambar 3.13 Posisi Vacuum Port

## 3.5 Pelaksanaan Pengujian

### 3.5.1 Alat Uji

#### a. Alat Uji Waktu *Infuse*

Uji Waktu *infuse* dilakukan untuk mengetahui waktu yang diperlukan pada proses *infuse* dengan posisi *vacuum port* yang berbeda. Alat ukur waktu yang digunakan pada proses ini menggunakan *stopwatch* jenis digital pada telpon genggam.

#### b. Alat Uji Material Terbuang

Mengukur berat *trap pot* bertujuan untuk mengetahui material yang terbuang selama proses *infuse*. Berat *trap pot* diukur dengan posisi *vacuum port* yang berbeda.

### 3.5.2 Proses Pencatatan

Langkah langkah pembuatan produk pada metode VARTM

1. Tutup *inlet valve*, masukan resin pada *resin pot*.
2. Hidupkan *vacuum pump* hingga tekanan -1,0 bar. Buka *inlet valve*. Catat waktu *infuse*.
3. Matikan *vacuum pump* ketika proses selesai. Lepas *clamp* pada *trap pot*. Ukur berat *trap pot*. Catat selisih berat sebelum dan sesudah proses *infuse* untuk mengetahui material yang terbuang.

4. Ulangi langkah 2 dan 3 dengan posisi *vacuum port* dan tekanan *vacuum* yang berbeda

### 3.6 Pengolahan Data

Pengambilan data dilakukan melakukan variasi tekanan *vacuum*, dengan variasi tekanan -0,6, -0,8 dan -1,0, dan posisi *vacuum port* dengan jarak 30, 40 dan 50 cm dari *inlet resin*.

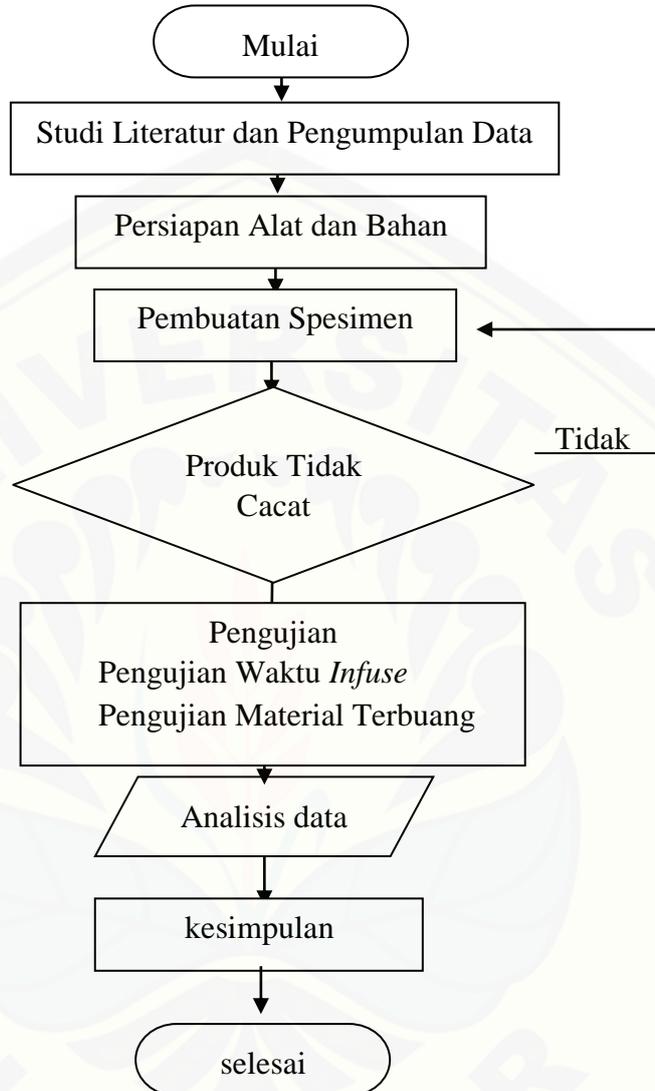
### 3.7 Analisis Data

Analisa dilakukan setelah uji posisi *vacuum port* dan tekanan *vacuum* pada metode pembuatan produk VARTM sebagai berikut:

1. Analisis pengaruh variasi posisi *vacuum port* dan tekanan *vacuum* dengan metode pembuatan produk VARTM terhadap Waktu *Infuse*
2. Analisis pengaruh variasi posisi *vacuum port* dan tekanan *vacuum* dengan metode pembuatan produk VARTM terhadap material terbuang.

### 3.8 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3.14 Diagram alir penelitian

## BAB 5 PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Otomasi Manufaktur pada proses *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding* telah dilaksanakan, dari penelitian berikut dapat disimpulkan bahwa :

1. Semakin besar tekanan *vacuum* maka semakin cepat proses waktu *infuse* dalam penelitian ini didapatkan bahwa dengan tekanan *vacuum* sebesar -1,0 bar merupakan tekanan *vacuum* terbaik apabila peneliti mencari waktu proses *infuse* tersingkat yaitu selama 12 menit 48 detik dengan posisi *vacuum port* berada pada 80% dari total panjang cetakan benda kerja
2. Posisi *vacuum port* berpengaruh dalam lamanya waktu *infuse*. Dalam penelitian ini disimpulkan bahwa Posisi *vacuum port* terbaik apabila peneliti menginginkan jumlah material terbuang paling sedikit yaitu 11,3 gram dengan Posisi *vacuum port* berada pada 80% dari total panjang cetakan benda kerja dan tekanan *vacuum* sebesar -0,8 bar
3. Posisi *vacuum port* dan tekanan *vacuum* terbaik untuk meminimalisir biaya operasional berada pada posisi 80% dari total panjang cetakan serta tekanan *vacuum* sebesar -1 bar dengan biaya operasional sebesar Rp 4.139,1.

### 5.2 Saran

Dalam penelitian Optimasi Manufaktur yang dilakukan, peneliti memberi saran berkaitan penelitian ini sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian mengenai bentuk profil benda kerja yang lebih kompleks
2. Dibutuhkan bahan adesif yang lebih kuat sehingga meminimalisir kebocoran serta bahan penambal kebocoran
3. Bahan *bagging* yang lebih lentur dan tidak mudah robek agar kemungkinan *bagging* rusak tidak terjadi

**DAFTAR PUSTAKA**

- Aden H. 2008. *Metode Dalam Pembuatan Produk Menggunakan Material Komposit*. Kawan Pustaka, Jakarta 2006
- Alian H. 2012. Pengaruh variasi fraksi volume semen putih terhadap kekuatan tarik dan impak komposit *Glass Fiber Reinforce Plastic (GFRP)* berpenguat serat *e - glass chop strand mat* dan matriks resin polyester. Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Prosiding Seminar Nasional AvoER Palembang, Oktober 2011. Universitas Sriwijaya.
- Atta T. 1997. *Resin Transfer Molding Processes*. Chapman and Hall, Wisconsin 1997
- Bayldon J, dan Daniel I. 2009. Flow modeling of the VARTM process including progressive saturation effects. Robert R. McCormick School of Engineering and Applied Science, Northwestern University, Evanston. April 2009.
- Bender D, dan Heider D. 2006. Flow Rate Control During Vacuum Assisted Resin Transfer Molding (VARTM) Processing. University of Delaware, Center for Composite Materials, Newark DE 19716, United States. Februari 2006.
- Etemadi R. 2014. Effect of Processing Parameters and Matrix Shrinkage on Porosity Formation During Synthesis of Metal Matrix. University of Wisconsin-Milwaukee. Mei 2014.
- Fahrurrozi, M. 2009. *Metode Dalam Pembuatan Produk Menggunakan Material Komposit*. Department of Chemical Engineering, Gadjah Mada University. 2009.
- Fahrurrozi, M. 2009. Numerical Method for Front Tracking in Mold Filling Modeling in Composite Injection Molding Non-reacting System. Department of Chemical Engineering, Gadjah Mada University. 2009

- Feldman, D. dan Hartono, J. 1995. *Bahan Polimer Konstruksi Bangunan*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta 1995.
- Hariyanto, A. 2007. *Rekayasa dan Manufaktur Random Coconut Fiber Composites Bermatrik Epoxy untuk Panel Interior Automotive*. Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta. Prosiding SNST ke-4 Tahun 2013 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang. 2013
- Haromain, H. 2015. *Polimer Komposit*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta 2015
- Hsiao, T. 2012. *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding (VARTM) in Polymer Matrix Composites*. University of South Alabama, USA. 2012
- Johnson, R. 2003. *Enhancement of flow in VARTM using localized induction heating*. Composites Processing Laboratory, Department of Mechanical Engineering, University of Connecticut, Storrs, CT 06269-3139, USA. April 2003.
- Johnson, R. 2006. *Flow control using localized induction heating in a VARTM process*. Composites Processing Laboratory, Department of Mechanical Engineering, University of Connecticut, Storrs, CT 06269-3139, USA. Juni 2006.
- Laurenzi, S. 2012. *Advanced Composite Materials by Resin Transfer Molding for Aerospace Applications*. Intech. Washington 2012.
- Liang, G. 2015 *Cure Kinetics And Rheology Characterization Of Soy-Based Epoxy Resin System*. Department of Mechanical and Aerospace Engineering University of Missouri-Rolla, Rolla, MO 65409. Maret 2015.

Matsuzaki, R. 2011 Full-field monitoring of resin flow using an area-sensor array in a VaRTM process. Department of Mechanical Sciences and Engineering, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 O-okayama, Meguro-ku, Tokyo 152-8552, Japan. Januari 2011.

Saputra, A. 2015. Vacuum infusion equipment design and the influence of reinforcement layers addition to the resin infusion time. Chemical Engineering Department, Universitas Indonesia, Indonesia. Second International Conference on Chemical Engineering (ICCE) UNPAR. Januari 2015.

Schwartz, M. 1984. *Composite Materials Handbook*. McGraw-Hill. Brussels 1984.

Subagia, A. 2012. A study on flexural properties of carbon-basalt/epoxy hybrid composites. Division of Mechanical Design Engineering, College of Engineering, Chonbuk National University, 567 Baekje-daero, Deokjin-gu, Jeonju, 561-756 Jeonbuk, Korea. 2012.

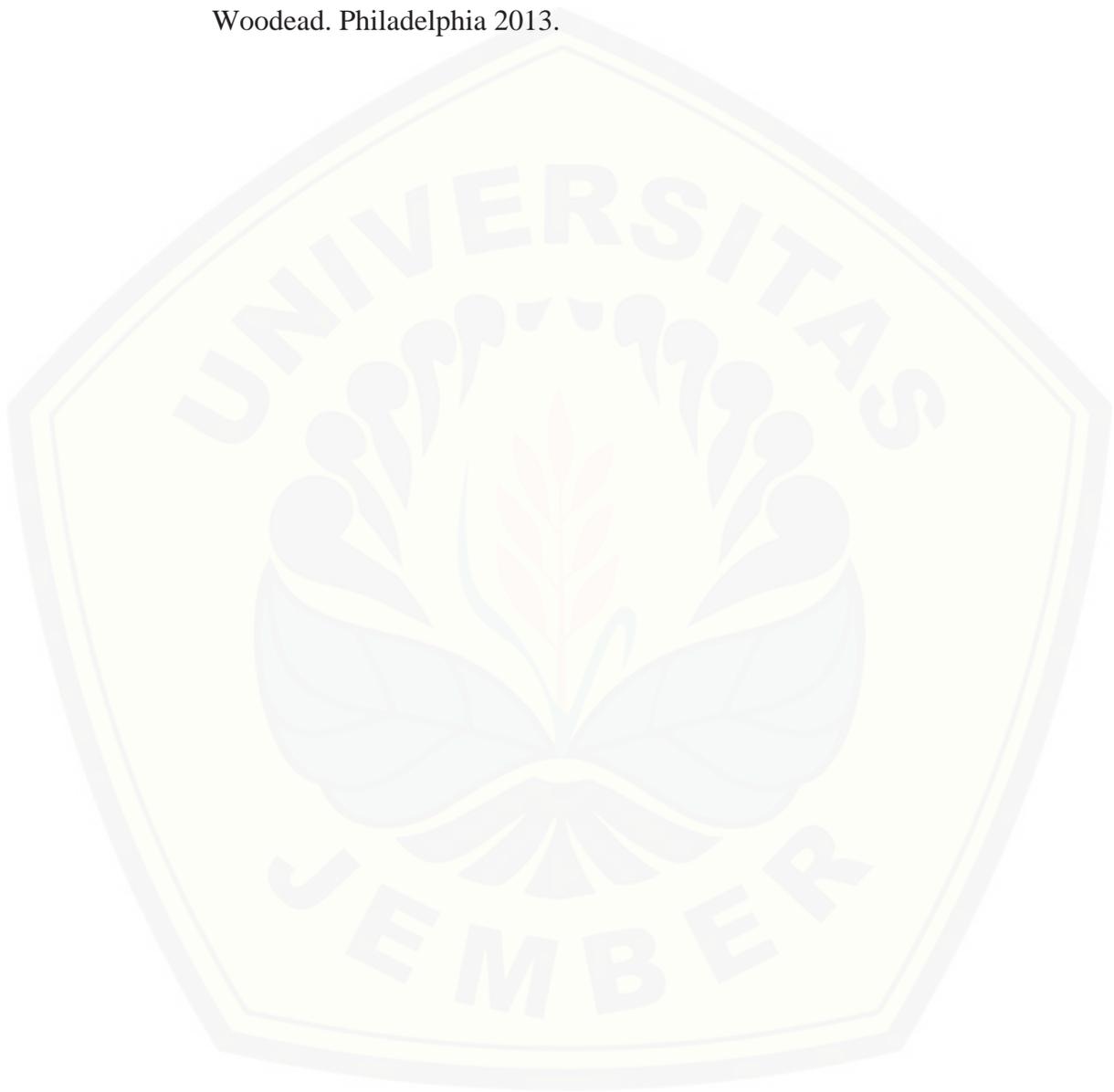
Sunaryo, S. 2013. Thickness and Fiber Content Optimization in VARTM Method For High Speed Craft. Faculty of Engineering, University of Indonesia, Depok 16424, Indonesia. 2013.

Teoh, K. 2011. Improved dimensional infidelity of curve-shaped VARTM composite laminates using a multi-stage curing technique – Experiments and modeling. Department of Mechanical Engineering, University of South Alabama, Mobile, AL 36688, USA. Maret 2011.

Ticoalu, A. 2010. A review of current development in natural fiber composites for structural and infrastructure applications. Centre of Excellence in Engineered Fiber Composites, University of Southern Queensland Toowoomba, Australia. Southern

Region Engineering Conference 11-12 November 2010, Toowoomba, Australia.

Uddin, N. 2013. *Developments In Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Composites*. Woodhead. Philadelphia 2013.



LAMPIRAN

1. Pembuatan *Master* produk dan pelapisan *PVA*



2. Pelapisan Campuran Resin Serbuk Silica dan lapisan *WR 200*



3. Bentuk cetakan produk dan pelapisan *Disrtibution Layer*



4. Persiapan *Bagging* dan uji *Pressure Drop*



5. *Infusing* dan material terbangun dari *Trap Pot*



6. Produk Berhasil hingga *Void*



7. Data Hasil Pengujian

No	Posisi <i>Vacuum</i> <i>Port</i> (%)	Tekanan <i>vaccum</i> (bar)	Hasil Pengujian		
			Pengulangan	Waktu <i>Infuse</i> (menit)	Material Terbuang (gram)
1	60	-0,6	1.	72.44	92,7
			2.	72.47	93,1
			3.	72.43	92,8
		-0,8	1.	54.03	23,4
			2.	54.02	23,5
			3.	53.59	23,1
		-1,0	1.	36.31	115,9
			2.	36.39	116,4
			3.	36.35	110,1
2	80	-0,6	1.	48.04	24,8
			2.	48.09	25
			3.	48.19	25,3
		-0,8	1.	27.22	11,2
			2.	27.23	11,4
			3.	27.24	11,4
		-1,0	1.	12.53	67,3
			2.	12.42	67,6

			3.	12.51	67,1
3	100	-0,6	1.	43.14	16,1
			2.	43.21	16
			3.	43.16	16,1
		-0,8	1.	29.41	15,2
			2.	29.33	14,9
			3.	29.36	14,4
		-1,0	1.	15.06	73,5
			2.	15.21	74,9
			3.	15.17	74,2

8. Data Hasil Pengujian Rata Rata dan Biaya

No	Posisi Vacuum Port (%)	Tekanan Vacuum (bar)	Hasil Pengujian			
			Waktu Infuse (menit)	Biaya Waktu Infuse (Rp)	Material Terbuang (gram)	Biaya Material Terbuang (Rp)
1	60	-0,6	72.44	13.200	92,8	2.505,6
		-0,8	54.1	9.804	23,3	629,1
		-1,0	36.35	6.639	114,1	3.080,7
2	80	-0,6	48.10	8.742	25	675
		-0,8	27.23	4.969,5	11,3	305,1
		-1,0	12.48	2.322	67,3	1.817,1
3	100	-0,6	43.17	7.855,5	16	432
		-0,8	29.36	5.371	14,8	399,6
		-1,0	15.4	2.734,5	74,2	2.003,4

9. Tabel Data Biaya

No	Posisi Vacuum Port (%)	Tekanan Vacuum (bar)	Hasil Pengujian		
			Biaya Waktu Infuse (Rp)	Biaya Material Terbuang (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	60	-0,6	13.200	2.505,6	15.705,6
		-0,8	9.804	629,1	10.433,1
		-1,0	6.639	3.080,7	9.719,7
2	80	-0,6	8.742	675	9.417
		-0,8	4.969,5	305,1	5.274,6
		-1,0	2.322	1.817,1	4.139,1
3	100	-0,6	7.855,5	432	8.287,5
		-0,8	5.371	399,6	5.770,6
		-1,0	2.734,5	2.003,4	4.737,9

10. Perhitungan Volume Benda Kerja

1. Volume Produk Berdasar Software “SolidWork 2015” = 577 cm<sup>3</sup>

2. Volume berdasar perhitungan *Material Properties* :

Densitas Resin Yukalac BTQN 157 = 1.12 Gram/cm<sup>3</sup>

Berat *Woven Roving 200* = 200 Gram/1000x1000x0.5mm

Berat *Woven Roving 200* digunakan = 149.2 Gram/4 layer

Mencari densitas *Woven Roving 200* :

Konversi *Material Properties Woven Roving 200* menjadi Gram/cm<sup>3</sup>

1000 x 1000 x 0.5mm = 100 x 100 x 0.05cm

100 x 100 x 0.05 = 500 cm<sup>3</sup>

200 Gram/500cm<sup>3</sup> = 0.4 Gram/cm<sup>3</sup>

$$\rho = 0.4 \text{ Gram/cm}^3$$

Rumus Densitas

$$\rho = m/v$$

Dimana :

$$\rho = \text{Densitas (Gram/cm}^3\text{)}$$

$$m = \text{Massa (Gram)}$$

$$v = \text{Volume (cm}^3\text{)}$$

Mencari Volume

$$v = m/\rho$$

$$v = 149.2/0.4$$

$$v = 373 \text{ cm}^3$$

Volume *Woven Roving 200* yang digunakan sebanyak  $373 \text{ cm}^3$

Menentukan jumlah Resin yang dibutuhkan :

$$v \text{ Total Produk} - v \text{ Woven Roving 200}$$

$$577 \text{ cm}^3 - 373 \text{ cm}^3 = 204 \text{ cm}^3$$

Volume Resin yang digunakan sebanyak  $204 \text{ cm}^3$

Konversi Berat Resin yang dibuthkan :

$$m = \rho \times v$$

$$m = 1.12 \text{ Gram/cm}^3 \times 204 \text{ cm}^3$$

$$m = 228.5 \text{ Gram}$$

Berat dari Resin yang dibutuhkan seberat 228.5 Gram

## 11. Perhitungan Biaya yang Dibutuhkan

### 1. Resin

$$\text{Resin Rp } 27.000/\text{kg} = \text{Rp } 27/\text{gram}$$

### 2. Biaya Operasional Alat

UMR Kabupaten Jember Rp 1.916.983 (BPD Kabupaten Jember)

Rp 1.916.983/22 hari/8 jam

Rp 10.891,9/jam = Rp 181,5/menit = Rp 3/detik

