

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan pustaka

Menurut Febriyanto (2011) *Vacuum Assited Resin Infusion* merupakan metode pembuatan material komposit dengan aplikasi tekanan rendah untuk mengatur jalannya resin menjadi laminer. Material yang menjadi matriks diletakan disebuah cetakan kemudian dilakukan vakum untuk menarik resin masuk dan mengalir ke dalam matriks. Setelah matriks teraliri resin maka tabung vakum akan menghisap sisa resin yang tertinggal, sehingga tebalnya sama. Metode *vacuum Assited Resin infusion* ada 2 jenis, metode *Surface Infusion* dan metode *Interlaminar Infusion*. Pada *Surface Infusion* resin di alirkan melewati permukaan lamina, dengan kerugian terbesar pada biaya pengoprasian mesin dan kompleksitas yang meningkat jika aplikasi ini di gunakan pada skala besar. Sedang pada metode *Interlaminar Infusioni* resin dialirkan di antara lamina, sehingga ketebalan resin tetap terjaga pada ruang antar lamina dan aliran resin lebih cepat karena melewati ruang yang sama rata. Oleh sebab itu metode ini memiliki keuntungan yang besar jika diaplikasikan pada skala besar.

Penelitian Abdurohman dan Aryadi (2016) menejelaskan bahwa metode *hand lay up* peresapan resin dalam serat kurang sempurna dan

pemberian resin yang tidak dapat di kontrol sehingga dapat mempengaruhi berat dari produk komposit. Selain itu hasil dari metode ini sangat dipengaruhi oleh *skill* dari teknisi sehingga tidak konsisten antara produk yang satu dengan produk yang lain. Maka perlu adanya *upgrade* metode dengan metode *resin infusion*.

Menurut penelitian Refiadi dan Lukman (2005), Dengan melihat dari proses kerja *hand lay up* prosesnya dibantu dengan kwas dan rol pada cetakan terbuka, dan dari sisi biaya lebih murah. Sedangkan pada *pre-preg autoclave* menggunakan setengahnya menggunakan *autoclave* dan dari sisi biaya lebih mahal. Selain itu keduanya memiliki karakteristik yang berbeda, *hand lay up* memiliki volume fraksi serat 30~40% dan *pre-preg autoclave* memiliki volume fraksi hingga 70%. Dari perbedaan tersebut memiliki kesimpulan metode VARI (*vacuum assisted resin infusion*) memiliki penghematan dari sisi material dan investasi serta sisi keamanan lingkungan juga dapat dicapai. Karena pada metode VARI proses kerjanya pada cetakan tertutup dengan metode *vacuum bagging* dan volume fraksi yang cukup tinggi, yakni hingga 70%. Dilihat dari prosesnya resin infusion dengan vacuum bagging adalah sama, hanya saja pada VARI kadang dibantu dengan kompresor diafragma yang memiliki kapasitas laju massa udara kecil dan masih pada tekanan vakum -1 bar.

2.2. Landasan teori

2.2.1 Komposit

Komposit adalah suatu material yang terdiri dari campuran atau kombinasi dua atau lebih material baik secara mikro atau makro, dimana sifat material yang tersebut berbeda dengan bentuk dan komposisi kimia dari zat asalnya atau bisa dikatakan mempunyai kualitas lebih baik dari material pembentuknya. Dari sekian banyak jenis material pembentuk komposit, semua dapat di klasifikasikan menjadi tiga bagian yaitu :

1. Matriks
2. Material penguat (*reinforcement*)
3. Material pengisi (*filler*)

Komposit dibagi menjadi 3 grup besar, yaitu :

- a. Komposit Matriks Polimer (*Polymer Matrix Composite*)

Disebut juga dengan FRP (*Fibre Reinforced Polymer or Plastics*). Material ini menggunakan resin sebagai matriks dan serat gelas, aramid atau karbon sebagai penguatnya.

- b. Komposit Matriks Logam (*Metal Matrix Composite*)

Material ini menggunakan metal sebagai matriks (seperti aluminium) dan diperkuat dengan serat seperti silikon karbida.

- c. Komposit Matriks Keramik (*Ceramic Matrix Composite*)

Biasa dipakai untuk lingkungan suhu tinggi. Material ini menggunakan keramik sebagai matrik dan serat pendek seperti silikon karbida atau boron nitrit.

Pemilihan serat dalam komposit sangat penting karena serat (*Reinforcement*) menentukan kekuatan dasar dari produk komposit. Pilihlah serat yang menghasilkan rasio serat terhadap resin yang tinggi. Proses aplikasi juga menentukan rasio serat terhadap resin. Metode *Pultrusion*, *RTM*, *Vacuum Bagging*, *Filament Winding* meningkatkan rasio serat terhadap resin yang tinggi di banding dengan proses *Hand Lay Up* atau *Spary Up*

2.2.2 Resin

Resin Resin adalah bahan kimia yang berbentuk cair, menyerupai minyak goreng, tetapi agak kental. Ada 3 tipe dari resin yang digunakan untuk pembuatan komposit, diantaranya sebagai berikut :

a) Resin Epoksi

Resin epoksi mengandung struktur epoksi atau *axirene*. Resin ini berbentuk cairan kental atau hampir padat, yang digunakan untuk material ketika hendak dikeraskan. Resin epoksi jika direaksikan dengan *hardener* untuk sistem *curing* pada temperatur ruang dengan resin epoksi pada umumnya adalah senyawa poliamid yang terdiri dari dua atau lebih group amina. *Curing time* sistem epoksi bergantung pada kereaktifan atom hidrogen dalam senyawa amina.

Reaksi *curing* pada sistem resin epoksi secara eksotermis, berarti dilepaskan sejumlah kalor pada proses *curing* berlangsung.

Epoksi memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dari pada *polyester* pada keadaan basah, namun tidak atahan terhadap asam. Epoksi memiliki sifat mekanik, listrik, kestabilan dimensi, daya rekat(adhesi) dan penahan panas yang baik.

b) Resin polyester

Resin *polyester* mempunyai harga yang murah, mudah digunakan dan sifat versalitnya. Sealin itu *Polyester* juga mempunyai daya tahan terhadap dampak, tahan terhadap cuaca, transparan, dan efek permukaan yang baik. Kerugian dari resin ini ialah memiliki daya rekat yang kurang baik dan sifat inhibisi dari udara dan filler.

Jenis *hardener* pada sistem *curing* untuk resin *polyester* kebanyakan adalah peroksida seperti *benzoin peroksida* atau *peroksida metil etil keton* yang lebih dikenal dengan nama MEKPO. Sedangkan filler yang banyak digunakan adalah kalsium karbonat karena harganya murah dan kemampuannya yang cukup tinggi dalam kekuatan terhadap tekanan.

Bedasarkan jenisnya resin *polyester* dibedakan menjadi :

1. Resin *Orthophalic*

Tahan terhadap air laut dan asam lemah, mengandung promotor.

2. Resin *Isophthalic*

Tahan terhadap asam dan garam, tidak tahan terhadap basa, belum mengandung promotor.

3. Resin *Bisphenolic*

Tahan terhadap asam, basa dan garam.

c) Resin Vinil Ester

Resin ini dihasilkan dari *methacrylic* atau *acrylic acid* dengan *bisphenol diepoxid* dengan katalis *benzyl dimethylamine* dan *triphenyl phosphine* menghasilkan *bisphenol A epoxy dimethacrylates vinyl ester*). Produk *vinyl ester* mempunyai *flexural properties* dan performa kimia yang tinggi.

Tabel 2.1 Perbedaan jenis resin

Jenis Resin	Termoset		
	Epoxy	Vinyl Ester	Polymer
Nama Polimer	Epoxy	Vinyl Ester	Polymer
Specific gravity	1,11-1,40	1,16-1,35	1,04-1,46
Tensile Strength, Mpa	27,58-89,63	72,39-81,01	4,14-89,63
Tensile Modulus, (10 ³ Mpa)	2,413	2,413-4,137	2,068-3,447
Elongation, %	3-6	3,5-5,5	1-5
Flexural Strength, Mpa	89,63-1444,79	117,21-124,11	58,61-158,58

Tabel 2.2 Perbandingan secara umum karakteristik antara *Epoxy*, *vynil dan polymer*

Sifat – sifat	Epoxy	Vinyl ester	Polymer
Pengerjaan (<i>Workability</i>)	Kurang	Cuku-baik	Baik
Teknikal Strength	Baik	Baik	Cukup
Heat Distortion Temp.	~100°C	100-165°C	~120°C
Ketahanan kimia			
Asam	Kurang baik	Baik	Baik
Basa	Baik	Cukup-baik	Tidak bias-cukup
Pelarur/Solvent	Kurang	Cukup-baik	Cukup
Asam Pengoksidasi	Tidak bisa	Cukup-baik	Kurang-baik
Daya tahan cuaca	Kurang baik	Cukup	Kurang-cukup
Penyusutan	~1	~5-9	~7-10

Pada tugas akhir ini jenis resin yang dipakai adalah jenis *polyester* yaitu Yukalac 157 dari PT. Justus Kimia Raya.

2.2.3 Serat

Fiber reinforced plastic (FRP) ialah produk yang terdiri dari campuran resin, bahan penguat fiber dan *additive* (pigment, filler) yang digabung dan diproses agar didapat performa yang spesifik, sesuai dengan kebutuhan. Bahan penguat fiber terdiri dari :

1. Serat gelas
2. Serat Aramide (brand : Nomex, Kevlar, Twaron, New Star)
3. Serat karbon

Pada industri 75% serat fiber yang digunakan ialah jenis fiber glas, yang memiliki fungsi :

- a. Meningkatkan Tensile dan Flexural Strength
 - b. Meningkatkan Flexural Modulus (Stiffness)
 - c. Meningkatkan Impact Strength
 - d. Meningkatkan ketahanan terhadap pengaruh suhu
 - e. Mempertahankan kestabilan bentuk
 - f. Memungkinkan dipakai untuk struktur/kerangka
- Berdasar bentuknya fiber glas dibedakan menjadi :

1. *Chopped Strand Mat (CSM)*

Dibuat dari untaian fiber glas yang dipotong kurang lebih 1 inci dan diikat dengan binder powder atau polyester emulsi.

2. *Woven Roving (WR)*

Disebut juga *Roving Cloth* ialah lembaran fiber glas yang di anyam dari *continuous roving*

3. *Roving*

Ialah lembaran fiber glas dari *continuous yarn*, tipenya : *Conventional Roving* untuk *Spray up*, *Direct Roving* untuk *Filament Winding*, *Roving AR Glass* untuk *GRC*.

4. *Multiaxial Fabric*

Tipe serat gelas yang memakai sedikit binder/tidak memakai binder memepounyaio serapan resin yang bagus, kekuatan mekanik tinggi, dan hemat resin

5. *Fiberglass Net For Marble*

Biasanya debngan berat 60/80 Gr/m², berbentuk kotak-kotak

6. *Chopped Strand*

Tipe AR glas, potongan ar glas berukuran ± 12 mm

7. *Fiber Cloth*

Biasanya tipe E-glas dan S-glas, serat lebih halus dan hasil produk memiliki kekuatan tinggi dan permukaan rata

8. *Glassron Powder*

Serbuk serat gelas yang sangat halus (± 325 mesh), sangat baik untuk filler multifungsi

9. *Surfacing Mat/Survacing Vail/tiossue mat*

C-glas tahan terhadap bahan kimia

- Berdasar bentuknya tipe glas untuk structural reinforcement, terbagi menjadi :
 - a. *A glass* (Soda Lime) fiber tahan alkali
 - b. *E glass* (Electrical resistance) rendah alkali, tensile baik, impact kurang,
 - c. *C glass* (Chemical resistance)
 - d. *AR Glass* tahan terhadap alkali
 - e. *S glass*
- Perbedaan *Chopped Strand Mat* (CSM) dan *Woven Roving* (WR)
 1. *Fiber glass content chopped strand mat* $\pm 30\%$ dan *Woven Roving* $\pm 50\%$,
semakin tinggi fiber glass maka sifat mekaniknya semakin baik
 2. Impregasi resin pada CSM lebih mudah dibandingkan dengan WR
Hasil CSM lebih rata dari pada WR
 3. Transparansi pada CSM lebih baik dari pada WR

Tabel 2.3 Perbedaan C-Glass dan E-glass

Sifat	C-Glass	E-Glass
Warna	Putih mengkilap	Putih doff/agak kehijauan
Ketebalan	Tidak rata	Rata
Transparansi pada panel hasil	Jelek/menyerat	Bagus/tidak menyerat

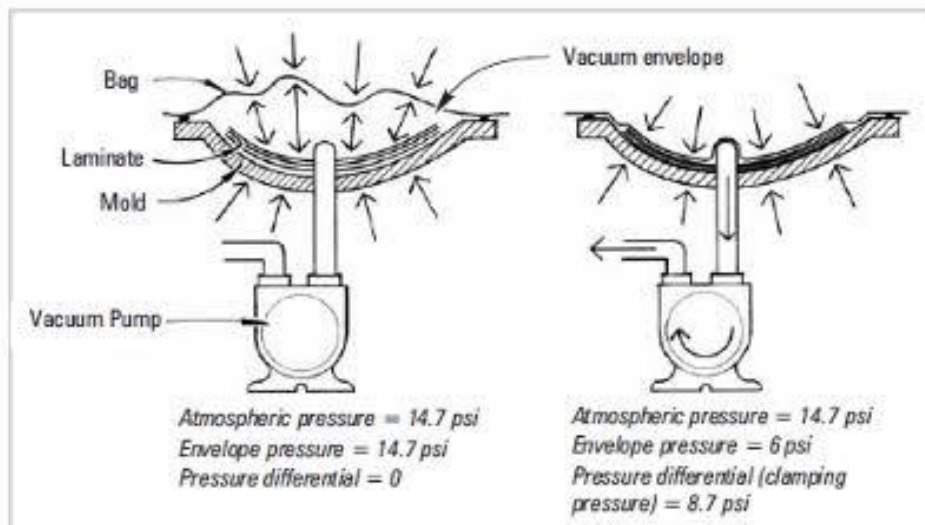
Jenis serat yang digunakan pada proses pembuatan panel adalah jenis serat gelas acak/*chopped strand mat*

2.2.4 *Vacuum infusion*

Vacuum infusion ialah salah satu metode fabrikasi komposit dengan cara mengalirkan resin ke dalam cetakan yang berisi filler dengan batas kantong kedap udara untuk membedakan tekanan luar dan dalam cetakan agar laminasi dari *gellcoat*, *fiberglass* dan lapisan lainnya pada cetakan dapat menyatu sebagai sebuah bahan komposit. *Vacuum infusion* merupakan penyempurnaan dari *Hand Lay Up*, penggunaan dari proses ini ialah untuk menghilangkan gelembung udara yang terperangkap dan kelebihan resin.

Pada proses ini digunakan pompa vakum untuk menghisap udara yang ada dalam wadah atau mold tempat diletakkannya komposit yang akan dilakukan proses pencetakan. Dengan dilakukan vakum dalam wadah atau mold tersebut maka udara yang berada diluar penutup plastik akan menekan kearah dalam. Hal ini akan menyebabkan udara yang terperangkap dalam spesimen komposit akan dapat diminimalisir.

Dibandingkan dengan *Hand Lay Up*, metode *Vacuum Baging* ini memberikan penguatan konsentrasi yang lebih tinggi, adhesi yang lebih baik antar lapisan, dan kontrol resin yang lebih / rasio kaca. Proses tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1:



Gambar. 2.1 Proses Kerja *Vacuum infusion*

Pada alat terdapat rangkaian atau penggabungan beberapa komponen dan bahan yang diperlukan untuk membuat produk. Berikut tabel komponen dan bahan yang diperlukan pada alat *vacuum infusion*

Tabel. 2.4 Alat *vacuum infusion*

NO.	Alat
1.	Pompa vakum/ <i>vacuum pump</i>
2.	Selang/ <i>infusion</i>
3.	Konektor vakum bag/ <i>vacuum bag conector</i>
4.	Alat keamanan/ <i>safety tools</i>

Tabel 2.5 Bahan *vacuum infusion*

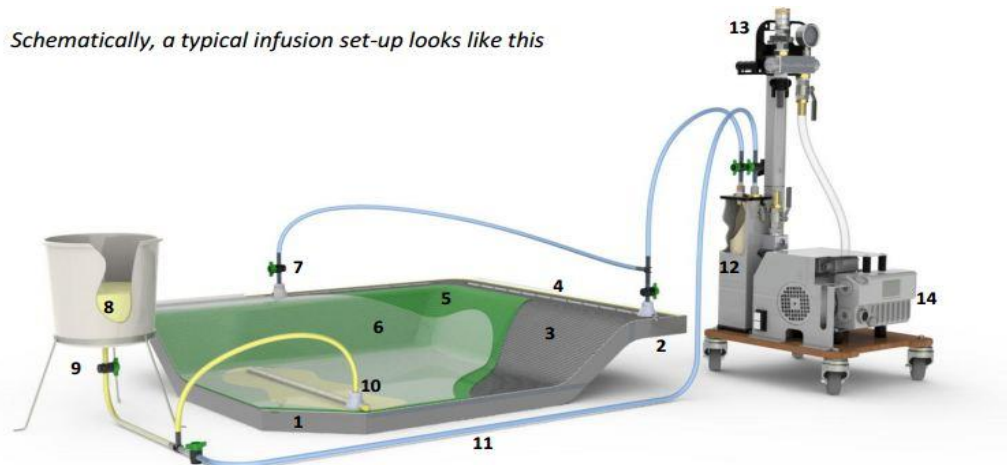
NO.	Matriks
1.	Epoksi/ <i>epoxy</i>
2.	Jelcot/ <i>gellcoat</i> (Resin + <i>Hardener</i> + <i>White pigmen</i>)

3.	<i>Wax</i>
4.	Fiberglass/ Fiber karbon
5.	Plastic adhesif/ <i>adhesive plastic</i>

2.2.5 Proses manufaktur dengan metode *vacuum infusion*

Vacuum infusion menggunakan tekanan atmosfer sebagai penjepit untuk menekan lapisan laminasi secara bersamaan dengan tekanan yang sama rata. Laminasi disegel di dalam sebuah kantong kedap udara. Kantong tersebut merupakan sebuah cetakan kedap udara pada satu sisi dan kantong kedap udara di sisi lain. Ketika kantong disegel ke cetakan, tekanan pada luar dan dalam kantong ini sama dengan tekanan atmosfer: sekitar 29 inci air raksa (Hg), atau 14,7 psi. Kemudian pompa vakum menghisap udara dari bagian dalam kantong, tekanan udara dalam kantong berkurang sementara tekanan udara di luar kantong tetap pada 14,7 psi.

Schematically, a typical infusion set-up looks like this



Gambar 2.2 Skema Rangkaian Proses Kerja *Vakum infusion*

Ket :

- | | | | |
|---|---|----|-------------------------------------|
| 1 | Mold/cetakan yang telah di <i>wax</i> | 8 | Resin |
| 2 | <i>Sealing flange/sealant</i> tape | 9 | Katup kontrol resin |
| 3 | Laminasi material | 10 | Selang aliran resin ke cetakan |
| 4 | Lapisan pembatas dibawah bagging film | 11 | Selang aliran resin/ <i>by pass</i> |
| 5 | Peel ply atau flow media/ <i>inphuply</i> | 12 | Tabung reservoir/ <i>catchpot</i> |
| 6 | Bagging film | 13 | Kontrol tekanan |
| 7 | Katup kontrol tekanan | 14 | Pompa vakum |

Tekanan Atmosfer menekan sisi kantong dan semua yang berada di dalam kantong secara bersamaan, menempatkan tekanan yang sama dan bahkan di atas permukaan kantong. Perbedaan tekanan antara bagian dalam dan luar kantong menentukan jumlah penjepitan yang berlaku pada laminasi. Secara teoritis, tekanan maksimum dapat diberikan pada laminasi jika hal itu memungkinkan untuk mencapai kevakuman yang sempurna dan menghilangkan semua udara dari kantong, merupakan keadaan bertekanan 1 bar. Tekanan realistis diferensial (tekanan klem) sebesar 0,4-0,8 bar.

2.2.6 Contoh dan Aplikasi

Contoh penguanaa alat *vacuum infusion* ini pada pelapisan bahan setengah jadi dan pada proses produksi untuk mencetak produk-produk yang cukup rumit dari bahan fiberglass dalam jumlah produksi yang kecil (*custom production*). Seperti contoh produk hasil dari *Vacuum infusion* ialah pada

proses pembuatan helm, spion mobil, body motor, mobil, perahu/boat, cano, perangkat elektronik, dan lain sebagainya.

Jikalau menggunakan metode *hand lay up* dan *press mold* maka kerataan resin, pembuatan press, maupun penekanan juga akan berpengaruh pada hasil produk. Dengan metode ini untuk membuat suatu barang produksi yang memiliki bentuk yang cukup rumit, maka akan mengurangi kerusakan akibat dari beberapa pengaruh tersebut. Seperti beberapa contoh gambar 2.3, 2.4, 2.5, dan 2.6



Gambar 2.3 Helm las



Gambar 2.4 Helm kendaraan bermotor



Gambar 2.5 Spion mobil



Gambar 2.6 Slebor sepeda motor

Pada *vacuum infusion* ini memiliki kelebihan dari pada proses *hand lay up*, dan juga memiliki kekurangan yang sering sebagai bahan pertimbangan oleh suatu perusahaan pada proses produksinya.

Tabel 2.6 Kelebihan dan Kekurangan metode *vacuum infusion*

Kelebihan:	Kekurangan:
Kualitas hasil produk lebih bagus	Untuk bentuk profil memerlukan cetakan yang solid
Rasio fiber dengan resin yang lebih baik	Hanya bisa menggunakan matriks non logam
Kemampuan mengikuti bentuk cetakan	Membutuhkan waktu yang cukup lama
Kerapatan antara matrik dan fiber baik dan merata	Biaya mahal
Bisa digunakan untuk membuat bentuk yang tidak biasa, rumit , bercelah	Hanya bisa digunakan untuk pembuatan komposit struktural (laminate dan sandwich panels)
Bisa benda besar dan kecil	Waktu persiapan yang lama
Mengurangi resin yang terbuang sia-sia	
Tempat kerja yang lebih bersih	