

STUDI PERBANDINGAN KEKUATAN TARIK KOMPOSIT BERBAHAN *CHOPPED STRAND MAT* METODE *HAND LAY-UP* DAN *VACUUM ASSISTED RESIN INFUSION*
TENSILE STRENGTH COMPARISON STUDY OF *CHOPPED STRAND MAT* COMPOSITE MADE BY *HAND LAY-UP* METHOD AND *VACUUM ASSISTED RESIN INFUSION* METHOD

Oleh:

Asril Senoaji Soekoco

Teknik Tekstil, Politeknik STTT Bandung, Indonesia

E-mail: asril-s@kemenperin.go.id

ABSTRAK

Sifat fisik dan mekanik sebuah produk komposit ditentukan oleh beberapa faktor yang diantaranya adalah proses manufaktur dan jenis material penyusun. Material penguat dan matriks yang memiliki kekuatan tarik tinggi akan berpeluang menghasilkan komposit yang memiliki kekuatan tarik yang tinggi pula dan begitupun sebaliknya. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan pembuatan komposit dengan proses manufaktur yang sederhana selain hand lay-up, yaitu dengan Vacuum Assisted Resin Infusion. Penelitian ini menggunakan material yang paling murah dan mudah ditemukan di pasaran. Hasil pengujian kekuatan tarik komposit hasil proses manufaktur hand lay-up sebesar 2.22 MPa sedangkan kekuatan tarik komposit hasil proses manufaktur Vacuum Assisted Resin Infusion adalah 55.54 MPa. Hal tersebut terjadi dikarenakan tingginya fraksi volume void dari komposit yang dibuat dengan proses manufaktur hand lay-up yang disebabkan oleh gerakan dua arah rol pada saat proses manufaktur. Hal ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi para pelaku usaha kecil dan menengah di bidang pembuatan produk komposit. Dengan menggunakan metode Vacuum Assisted Resin Infusion kekuatan tarik dapat ditingkatkan secara signifikan namun metode wet hand lay up mampu menghasilkan komposit dengan elongasi yang lebih tinggi.

Kata kunci: vacuum assisted resin infusion, komposit, kekuatan tarik

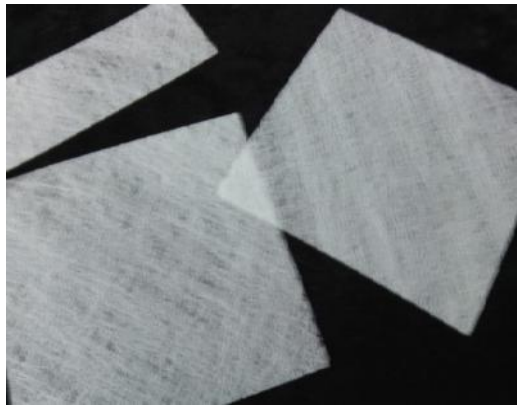
ABSTRACT

The physical and mechanical properties of a composite product are determined by several factors including the manufacturing process and the type of constituent material. Reinforcing and matrix materials with high tensile strength will have the chance to produce composites with high tensile strength and vice versa. This research will compare quality of composite product from another simple composite manufacturing process, Vacuum Assisted Resin Infusion by using the most affordable and common material. Ultimate tensile strength testing result of hand lay-up composite is 2.22 MPa and the ultimate tensile strength of composite from Vacuum Assisted Resin Infusion is 55.54 MPa. Low tensile strength of hand lay-up composite is caused by the presence of void fractions that created by bidirectional roller. This can be a reference for small and medium enterprise to choose the manufacture method of composite. Ultimate tensile strength of composite can be improved choosing Vacuum Assisted Resin Infusion as manufacturing method, but the higher elongation can be proceed by hand lay-up manufacturing method.

Keywords: vacuum assisted resin infusion, composite, tensile strength

5. PENDAHULUAN

Sifat fisik dan mekanik sebuah produk komposit ditentukan oleh beberapa faktor yang diantaranya adalah proses manufaktur dan jenis material penyusun. Material penguat dan matriks yang memiliki kekuatan tarik tinggi akan berpeluang menghasilkan komposit yang memiliki kekuatan tarik yang tinggi pula dan begitupun sebaliknya. Sebagai contoh, susunan serat para-aramid dan matriks epoksi memiliki peluang lebih besar untuk menghasilkan komposit yang memiliki kekuatan tarik dan kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan susunan serat poliester dan matriks epoksi. Bentuk struktur dari material penguat pun memiliki pengaruh yang besar pada sifat fisik dan mekanik dari komposit yang dihasilkan. Material penguat yang berasal serat para-aramid dengan bentuk struktur berupa *chopped strand mat* akan menghasilkan komposit dengan sifat mekanik yang lebih rendah dibandingkan dengan komposit yang tersusun dari serat para-aramid dengan bentuk struktur berupa *woven roving*.



Gambar 1. *Chopped Strand Mat*

Faktor lainnya yang juga tidak kalah penting adalah metoda manufaktur pembuatan komposit. Metoda manufaktur pembuatan komposit akan menentukan kualitas impregnasi, ikatan yang terjadi diantara material penguat dan matriks serta persentasi *voids* yang akan berpengaruh secara langsung pada sifat fisik dan mekanik dari komposit yang dihasilkan. Semakin tinggi persentasi *voids* pada sebuah produk komposit maka semakin rendah kekuatan tarik dan kekakuan komposit tersebut, hal tersebut dapat memicu rendahnya ikatan antara material penguat dan matriks. Tingginya persentasi *voids* bahkan dapat menyebabkan kekuatan dan kekakuan komposit yang dihasilkan lebih rendah dari kekuatan dan kekakuan matriks penyusun. Terdapat beberapa macam proses manufaktur komposit yang dimana setiap metoda manufaktur memiliki kelebihan dan keterbatasan yang berbeda. Metoda manufaktur komposit yang paling sederhana adalah metoda *hand lay-up*, metoda ini pada prinsipnya melapisi serat penguat dengan matriks berupa polimer dengan golongan termoset dengan bantuan rol yang dioperasikan oleh tangan secara langsung. Metode ini memiliki keunggulan dimana peralatan yang dibutuhkan sangat minimal dibandingkan dengan metode lainnya dan proses yang dilakukan berlangsung relatif singkat. Di samping kelebihan tersebut, metode ini memiliki beberapa keterbatasan berupa rendahnya konsistensi serta kualitas dibandingkan dengan metode lainnya. Hal tersebut disebabkan oleh sulitnya memberikan tekanan yang konsisten sehingga impregnasi antara serat penguat dengan matriks polimer cenderung tidak homogen. Kondisi ini dapat diperparah dengan tingginya presentasi *voids* pada komposit dikarenakan pada saat proses pengerolan terdapat udara yang terjebak pada matriks polimer.



Gambar 2. Pembuatan Komposit dengan Metode *Hand Lay-up*

Metoda lainnya yang dikenal untuk menghasilkan komposit adalah metode *Vacuum Assisted Resin Infusion*. Metoda ini dengan memanfaatkan bantuan pompa angin yang berfungsi untuk menghisap udara di dalam cetakan komposit dan sekaligus mengalirkan resin masuk ke dalam cetakan. Susunan cetakan diatur sedemikian rupa sehingga memudahkan resin untuk dapat menjangkau seluruh sudut dari cetakan dan sekaligus menghindari kebocoran. Volume dari resin yang digunakan selama proses berlangsung harus dihitung dengan cermat untuk menghindari resin polimer yang berlebih terhisap masuk ke dalam pompa angin atau kekurangan resin polimer sehingga ada bagian cetakan yang belum terisi oleh resin polimer. Sebagai langkah antisipasi untuk menghindari resin polimer yang berlebih masuk ke dalam pompa angin, dapat dilakukan usaha dengan menempatkan sebuah tabung yang berfungsi sebagai penampung resin (resin trap) pada saluran angin penghisap tepat sebelum katup pada pompa penghisap. Pada proses manufaktur *Vacuum Assisted Resin Infusion* dibutuhkan peralatan proses yang lebih kompleks, namun kualitas produk komposit yang dihasilkan oleh metoda *Vacuum Assisted Resin Infusion* umumnya lebih baik dibandingkan dengan produk komposit *hand lay-up*.



Gambar 3. Pembuatan Komposit dengan Metode *Vacuum Assisted Resin Infusion*

Penelitian ini fokus pada perbandingan kekuatan tarik komposit yang dibuat dengan proses manufaktur yang paling sederhana dengan menggunakan material yang paling murah dan mudah ditemukan di pasaran. Hal ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi para pelaku usaha kecil dan menengah di bidang pembuatan produk komposit, seperti: helm, perahu nelayan, asesoris kendaraan bermotor dan produk komposit lainnya yang berorientasi untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih baik. Penelitian ini dapat melengkapi penelitian sebelumnya yang membandingkan kualitas komposit yang dibuat dengan manufaktur *Vacuum Assisted Resin Infusion* dengan material *thermoset* dan *thermoplast* serta penelitian yang membandingkan kualitas komposit menggunakan berbagai macam *preform* dengan proses manufaktur VARI.

6. METODA PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan membandingkan komposit yang diproses dengan metode *hand lay-up* dan *Vacuum Assisted Resin Infusion* dengan menggunakan material *chopped strand mat* yang sama. Komposit yang dihasilkan kemudian diuji kekuatan tarik sesuai dengan ASTM D3039/D3039M dan kemudian dilakukan analisa.

2.1 Alat dan Bahan

2.1.1 Alat

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan peralatan untuk proses manufaktur komposit yaitu: rol logam dengan lebar minimal 10 cm dan diameter minimal 2 cm, cetakan komposit dengan ukuran minimal 15 x 25 cm, kaca sebagai ladan proses *Vacuum Assisted Resin Infusion*, pompa angina dengan daya hisap minimal 2 bar, selang angina, kain kasa polipropoilen, lembaran plastik dan *silicone sealant* .

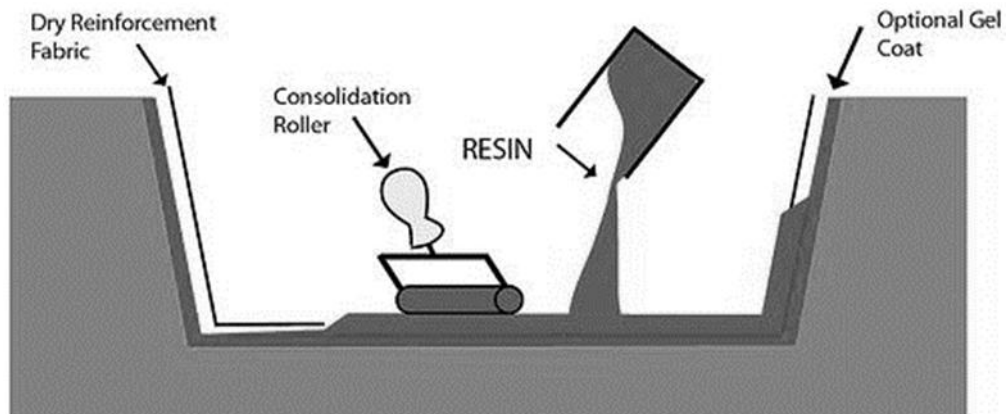
2.1.2 Bahan

Jenis *preform* serat penguat yang digunakan pada proses manufaktur komposit penelitian ini adalah *chopped fiber mat* dengan arah serat acak yang berjumlah lapisan 6 buah. *Preform* tersebut dibuat dengan menggunakan serat dengan nomor 2.56 tex, *area density preform* tersebut sebesar 97 g/m² dan ketebalan 0.87 mm. Pada proses manufaktur komposit penelitian ini digunakan resin poliester yang banyak ditemukan di pasaran dengan berat jenis 1.35 g/cm³.

6.2 Metode

2.2.1 Proses Manufaktur Komposit

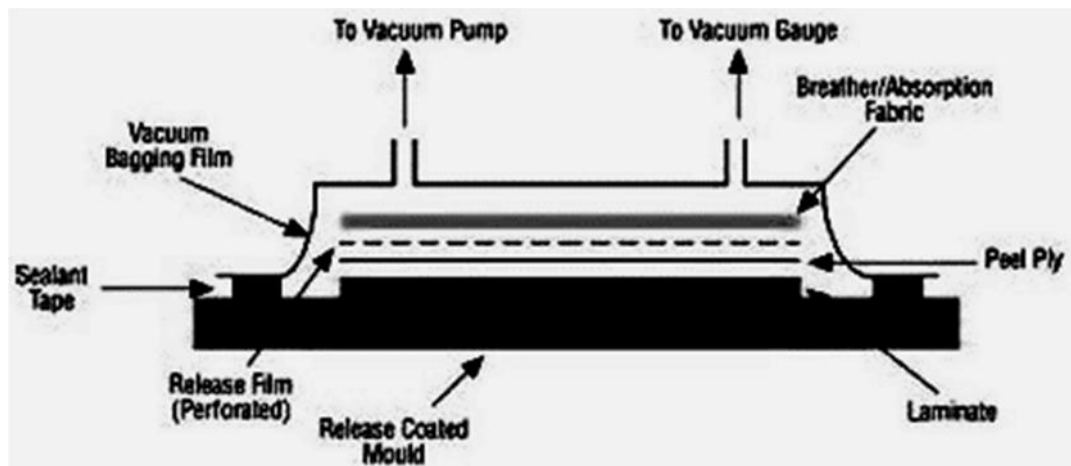
Pembuatan komposit baik untuk proses manufaktur *hand lay-up* dan *Vacuum Assisted Resin Infusion* dilakukan dengan menggunakan 6 lapis *chopped strand mat*. Matriks dari komposit diperoleh dari campuran resin dan *hardener* dengan perbandingan 20:1. Pada proses manufaktur *hand lay-up*, resin dituangkan di atas *chopped strand mat* lalu kemudian ditekan dan diratakan menggunakan *roll*. Proses ini dilakukan berulang hingga lapisan *chopped strand mat* terakhir dan tunggu hingga resin *curing* sekurang-kurangnya selama 180 menit.



Gambar 4. Skema Proses Manufaktur *Hand lay-up*

Sumber: [researchgate.net/figure/Basic-process-of-hand-lay-up](https://www.researchgate.net/figure/Basic-process-of-hand-lay-up)

Pada proses manufaktur *Vacuum Assisted Resin Infusion*, *chopped strand mat* dihamparkan di atas kaca yang dijadikan sebagai landasan. Di atas lapisan *chopped strand mat* kemudian dihamparkan berturut-turut kain kasa polipropoilen dan lembaran plastik yang memiliki luas lebih besar sekurang-kurangnya 4 cm dari luas permukaan *chopped strand mat*. Persiapkan dua buah lubang saluran yang akan digunakan selang angin untuk menghisap dan mengalirkan resin ke dalam bagian dalam resin. Pada sisi luar dari lembaran plastik kemudian direkatkan silicone sealant yang berfungsi untuk merekatkan lembaran plastik pada kaca landasan, pastikan tidak ada lubang yang dapat mengakibatkan kebocoran. Salah satu ujung dari selang dihubungkan ke pompa penghisap dan ujung lainnya dihubungkan ke dalam tabung yang berisi resin poliester. Skema proses manufaktur *Vacuum Assisted Resin Infusion* dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.



Gambar 5. Skema Proses Manufaktur *Vacuum Assisted Resin Infusion*

Sumber: [an-cor.com/glossary_laminating_methods](https://www.an-cor.com/glossary_laminating_methods)

2.2.2 Karakterisasi Komposit

2.2.2.1 Volume Komposit

Volume komposit dilakukan dengan melakukan perbandingan pada gelas ukur Timbang komposit dalam neraca digital dengan ketelitian 0.0001 gram. Masukkan komposit ke dalam gelas ukur dan kemudian dicatat selisih peningkatan volume yang terjadi pada gelas ukur tersebut.

2.2.2.2 Uji Kekuatan Tarik

Pengujian kekuatan dan kekakuan dipandang perlu untuk mengetahui kualitas komposit hasil percobaan dengan berbagai metode manufaktur dan membandingkan dengan literatur. Metode uji tarik dilakukan sesuai standar ASTM D3039/D3039M untuk *random-discontinuous fiber* dengan dimensi panjang 250 mm, lebar 25 mm dan tebal 2,5 mm. Hasil kekuatan tarik komposit hasil proses manufaktur *hand lay-up* dengan *Vacuum Assisted Resin Infusion* kemudian dibandingkan.



Gambar 6. Alat Uji Tarik Komposit

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Volume Komposit

Komposit yang dihasilkan dari proses manufaktur *hand lay-up* secara visual memiliki void yang dapat terlihat dengan mudah oleh mata. Banyaknya bagian void pada komposit dapat diketahui dengan perhitungan fraksi volume dan pengujian menggunakan metode sederhana dengan bantuan gelas ukur. Fraksi volume void yang tinggi akan menyebabkan densitas komposit rendah.



Densitas komposit hasil *hand lay-up* proses manufaktur memiliki void berupa gelembung-gelembung yang lebih banyak dibanding *Vacuum Assisted Resin Infusion*. Data hasil pengujian

komposit *hand lay-up* nampak memiliki void berupa gelembung-gelembung yang lebih banyak dibanding *Vacuum Assisted Resin Infusion*.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Densitas Komposit

Densitas Komposit	<i>Hand lay-up</i>	<i>Vacuum Assisted Resin Infusion</i>
Berat (g)	2.6115	4.6701
<i>Area Density</i> (mm)	4.69	1.24
Volume (ml)	4.5	3.5
Densitas (g/cm ³)	0.580	1.334

Berdasarkan data di atas diketahui bahwa densitas dari komposit hasil metode manufaktur *hand lay-up* bernilai hanya 0.580 g/cm³. Nilai densitas komposit tersebut lebih rendah dari densitas matriks polimer dan serat penyusunnya. Densitas komposit hasil *hand lay-up* yang bernilai hanya 0.580 g/cm³, hal ini disebabkan fraksi volume *voids* yang mencapai hingga 0.6. Nilai densitas komposit hasil proses manufaktur *hand lay-up* yang lebih rendah dari 1.0 g/cm³ ini secara sederhana dapat dikonfirmasi dengan pendekatan posisi komposit dalam gelas ukur pada saat pengujian berlangsung. Apabila posisi komposit pada saat pengujian dalam gelas ukur berada di bagian bawah (tenggelam) maka dapat diketahui bahwa densitas komposit tersebut lebih dari 1.0 g/cm³. Apabila hal sebaliknya terjadi, maka komposit tersebut memiliki densitas lebih dari 1.0 g/cm³. Pada saat pengujian berlangsung, dapat dilihat posisi komposit nampak mengambang di permukaan air, sehingga dapat disimpulkan bahwa densitas dari komposit lebih rendah dari 1.0 g/cm³.

3.2 Fraksi Berat Serat dan Matriks

Dengan menggunakan data densitas komposit, dilakukan perhitungan fraksi volume komposit dan material penyusunnya. Proses perhitungan fraksi volume serat dan matriks dilakukan dengan data dukung dari literatur, dimana diketahui densitas dari chopped strand mat (E-Glass Fiber) adalah 2.55 g/cm³ dan densitas resin polyester 1.35 g/cm³. Hasil pengujian dan perhitungan fraksi berat dan fraksi volume dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

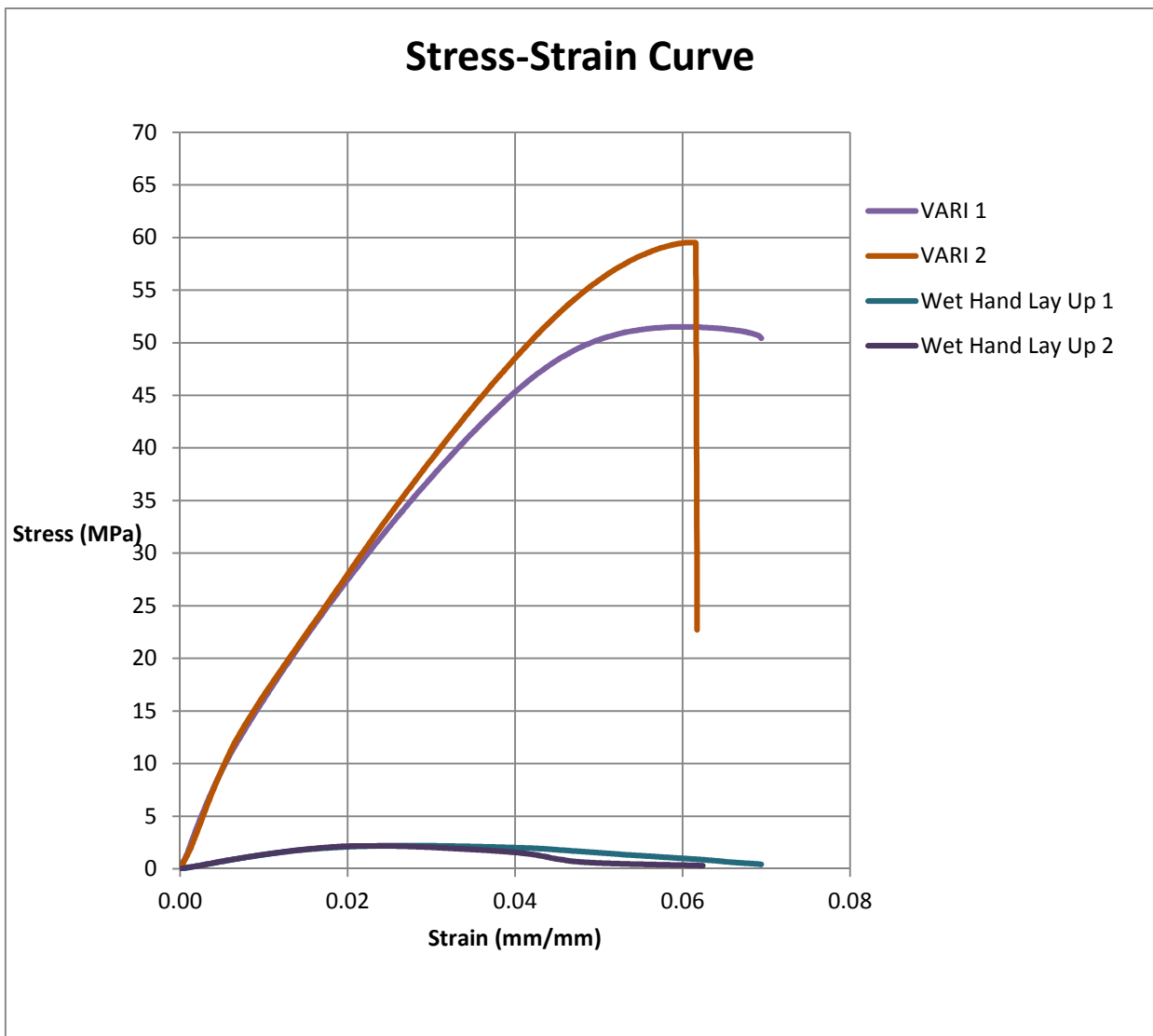
Tabel 2. Hasil Perhitungan Fraksi Volume

Data	<i>Hand lay-up</i>				<i>Vacuum Assisted Resin Infusion</i>			
	Komposit	Matriks	Serat	<i>Void</i> s	Komposit	Matriks	Serat	<i>Void</i> s
Fraksi berat	1	0.8884	0.1116	-	1	0.8673	0.1327	-
Densitas (g/cm ³)	1.4839	1.35	2.55	-	1.5093	1.35	2.55	-
Fraksi volume	1	0.33	0.06	0.61	-	0.81	0.08	0.12

Berdasarkan data pada tabel diketahui bahwa fraksi *voids* terbesar adalah pada komposit hasil metode manufaktur *hand lay-up*. Hal ini terjadi disebabkan pada saat proses berlangsung terjadi gerakan roll dengan dua arah berlawanan (*bidirectional*). Arah pengerolan dua arah berlawanan ini menyebabkan *preform* sempat bergeser terkerut (seperti gelombang), akibatnya udara terperangkap pada larutan resin. Banyaknya udara yang terperangkap berpotensi meningkatkan *voids* sehingga fraksi volume *voids* pada komposit yang dihasilkan sangat tinggi.

3.3 Uji Kekuatan Tarik

Komposit yang dihasilkan dari proses manufaktur *hand lay-up* dan *Vacuum Assisted Resin Infusion* diuji kekuatan tarik dengan menggunakan peralatan Tensilon. Hasil uji tarik dari kedua komposit tersebut menunjukkan bahwa kekuatan tarik dari komposit hasil proses manufaktur *Vacuum Assisted Resin Infusion* lebih tinggi dibandingkan dengan komposit hasil proses manufaktur *hand lay-up*. Dari pengujian ini diketahui pula bahwa komposit hasil proses manufaktur *hand lay-up* memiliki mulur yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit hasil proses manufaktur *Vacuum Assisted Resin Infusion*. Hasil kurva uji tarik dari setiap spesimen adalah sebagai berikut:



Gambar 7. Pengujian Kekuatan Tarik Komposit

Hasil pengujian kekuatan tarik dari kedua komposit menunjukkan karakter komposit yang berbeda. Komposit hasil manufaktur *Vacuum Assisted Resin Infusion* lebih kuat namun komposit hasil manufaktur wet *hand lay-*

up cenderung lebih lentur karena memiliki elongasi yang lebih tinggi. Nilai kekuatan tarik kedua komposit hasil manufaktur *hand lay-up* dan *Vacuum Assisted Resin Infusion* adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Komposit

	Thickness (mm)	Width (mm)	Ao (mm ²)	Ultimate Tensile Strength (MPa)
<i>Vacuum Assisted Resin Infusion</i>	1.24	30.00	37.2	55.54
<i>Hand lay-up</i>	4.69	30.00	140.70	2.22

4 KESIMPULAN

Terjadi peningkatan kekuatan tarik produk komposit hasil percobaan dengan melakukan perubahan metoda manufaktur komposit dari *hand lay-up* menjadi metoda manufaktur *Vacuum Assisted Resin Infusion*. Hal tersebut dikarenakan pada metoda manufaktur *Vacuum Assisted Resin Infusion* dibantu oleh pompa penghisap yang efektif menekan *voids* pada komposit yang dihasilkan. Dengan semakin berkurangnya *voids* maka kualitas impregnasi matriks dan serat akan meningkat. Semakin tinggi kualitas impregnasi matriks dan serat maka kemampuan komposit untuk mendistribusikan gaya dari luar akan semakin baik. Metode manufaktur *Vacuum Assisted Resin Infusion* ini cocok untuk menghasilkan produk yang membutuhkan kekuatan tarik. Kekuatan tarik dari komposit hasil manufaktur *hand lay-up* lebih rendah dibandingkan komposit hasil *Vacuum Assisted Resin Infusion*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Callister, W.D, Jr. "Material Science and Engineering An Introduction", 6th Edition, John Willey & Sons, New York. 2003.
2. G. Zak, M. Haberer, C.B. Park, Mechanical properties of short-fibre layered composites: prediction and experiment, MCB UP Ltd, 1995
3. Jun Jia, Melt Spinning Of Continuous Filaments By Cold Air Attenuation, Georgia Institute of Technology , 2010
4. Morgan P., "Carbon Fibers and their Composites", Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida, 2005
5. P.K. Mallick, Fiber-reinforced composites : materials, manufacturing, and design.-- 3rd ed. p. cm.