



APLIKASI TEKNIK MANUFAKTUR *VACUUM ASSESTED RESIN INFUSION* (VARI) UNTUK PENINGKATAN SIFAT MEKANIK KOMPOSIT PLASTIK BERPENGUAT SERAT ABACA (AFRP)

Abubakar Dabet¹, Indra², Teuku Hafli³

^{1,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Kampus Utama - Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara 24536 Telp. 064541373
Email: abubakar@unimal.ac.id

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
Jl. Almamater No. 10 Telp. 0164541373 Medan

Abstrak

Inovasi dalam bidang material komposit menuntut terciptanya material yang lebih ramah lingkungan. Saat ini komposit serat alam (*green material*) patut dipertimbangkan menjadi material yang sangat berpotensi untuk mensubstitusi komposit serat sintesis sebagai material teknik. Serat alam mempunyai kekurangan karena mempunyai *scatter* sifat mekanik yang sangat besar. Salah satu cara untuk mengatasi kekurangan tersebut adalah melalui pemilihan proses manufaktur (fabrikasi) komposit. Tujuan penelitian ini adalah membuat *prototype* komposit plastik berpenguat serat abaca (AFRP) menggunakan metode Vakum (*Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI)*). Semua spesimen dilakukan *postcure* pada suhu 80^o C selama 2 jam. Sifat mekanik dari komposit dievaluasi uji tariknya. Komposit AFRP difabrikasi dengan fraksi volume (V_f): 20%, 30%, 40%, serta ukuran spesimen uji (140x5x1) mm. Dengan proses fabrikasi sebagai berikut: 1) Serat abaca disusun dalam cetakan kaca yang memanjang sejajar (0^o) kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik vakum. 2) Resin dicampur hardener dialirkan kedalam cetakan yang sudah kondisi vakum. Metode cetakan ini dapat menghilangkan gelembung udara di dalam komposit sehingga diharapkan kekuatan tarik komposit menjadi lebih tinggi. Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah: Serat abaca, Resin BTQN 157-EX, *Hardener MEKPO* dan *Wax*. Peralatan yang diperlukan adalah: Instalasi cetak vakum, Alat uji tarik, Kamera digital, dan *Scanning Electron Microscope (SEM)*. Penampang patahan diselidiki untuk mengidentifikasi mekanisme perpisahannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan dan regangan tarik komposit memiliki harga optimum untuk (V_f) 40%, yaitu 257 Mpa dan 0.44%. Penampang patahan komposit diklasifikasikan sebagai jenis patah *slitting in multiple area* sehingga dapat disimpulkan bahwa komposit plastik berpenguat serat abaca memiliki potensi yang cukup besar untuk diaplikasikan sebagai material struktural.

Kata kunci: Serat Abaca, AFRP, Kekuatan tarik, VARI, *Scanning Electron Microscope*

Abstract

*Innovation in composite materials demands the creation of more environmentally friendly materials. Currently the composite of natural fibers (green material) should be considered to be a material that has the potential to substitute synthetic fiber composites as engineering materials. Natural fibers have disadvantages because they have a very large mechanical properties scatter. One way to overcome these shortcomings is through the selection of a composite manufacturing (fabrication) process. The purpose of this research is to make prototype of plastic composite with abaca fiber (AFRP) using Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI). All specimens were performed postcure at 80 C for 2 hours. The mechanical properties of the composites are evaluated by the tensile test. The AFRP composite is fabricated by volume fraction (V_f): 20%, 30%, 40%, as well as test specimen size (140x5x1) mm. With the fabrication process as follows: 1) Abaca fiber is arranged in a parallel laminated glass mold (00) then put in a vacuum plastic bag. 2) The resin in the mixed hardener flowed into a mold that has a vacuum condition. This mold method can remove air bubbles inside the composite so that the expected composite tensile strength becomes higher. The materials needed in this research are: Abaca fiber, BTQN 157-EX Resin, MEKPO and Wax Hardener. The necessary equipment are: Vacuum printing installation, Tensile test equipment, Digital camera, and Scanning Electron Microscope (SEM). Fault cross sections were investigated to identify the fracture mechanism. The results showed that the strength and composite tensile strain had the optimum price for (V_f) 40%, ie 257 Mpa and 0.44%. The composite fault cross section is classified as a type of broken *slitting in multiple areas* so it can be concluded that the plastic composite of abaca fibers has considerable potential to be applied as a structural material.*

Keywords: Abaca Fiber, AFRP, Tensile Strength, VARI, *Scanning Electron Microscope*

1. Pendahuluan

Saat ini, bahan-bahan komposit berpenguat serat sintetis seperti serat kaca, aramid, dan serat karbon merupakan pilihan utama untuk material nonstruktural selain material logam. Meskipun bahan-bahan komposit tersebut menunjukkan sifat mekanik yang baik, tetapi menimbulkan pencemaran lingkungan dari aspek produksi dan pascaproduksi akibat tidak dapat terurai secara alami/*recycling*[1]. Menurut Mohanty [2] memberikan informasi bahwa serat alam mulai dikembangkan kembali pada tahun 1950-an dan berhasil menggantikan serat gelas untuk aplikasi di bidang otomotif. Hal ini disebabkan oleh beberapa keuntungan serat alam dibanding serat sintetis, di antaranya adalah harga lebih murah, densitas rendah, *biodegradable*, mudah diolah, mengurangi CO₂, dan kekuatan spesifik dapat memenuhi syarat aplikasi. Untuk menyikapi permasalahan tersebut, dewasa ini penggunaan bahan-bahan berpenguat serat alam sudah banyak dalam berbagai bidang nonstruktural.

Perkembangan penelitian di bidang *biobased material* semakin pesat setelah termotivasi oleh isu *global warming* pada tahun 1997. *Global warming* atau pemanasan global merupakan permasalahan lingkungan internasional yang disebabkan oleh gas rumah kaca. PBB sebagai organisasi dunia telah merespon isu *global warming* ini dengan mengeluarkan Protokol Kyoto, yaitu amandemen terhadap Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang perubahan iklim. Protokol Kyoto pertama kali disampaikan pada 11 Desember 1997 dan berkekuatan hukum secara internasional pada 16 Februari 2005.

Negara-negara yang meratifikasi protokol ini berkomitmen untuk mengurangi emisi dan pengeluaran gas rumah kaca (GRK) yaitu CO₂, CH₄, N₂O, HFCS, PFCS, dan SF₆. GRK dapat dihasilkan oleh kegiatan pembakaran bahan bakar fosil, mulai dari proses pemanasan sampai pembangkit listrik, termasuk proses produksi serat sintetis untuk *filler* komposit. Isu pemanasan global ini juga direspon oleh negara-negara Uni Eropa (EU) dengan memberikan intruksi (*directives*) di bidang otomotif, persampaha, dan pengemasan produk. Hal ini mendorong *research* besar-besaran di bidang *green material*.

1.1 Pisang Abaca

Daerah Provinsi Aceh habitat pisang abaca sangat melimpah sebagai plasma nutfah bahkan menjadi gulma yang banyak tumbuh di lingkungan masyarakat, areal perkebunan, dan hutan-hutan. Populasi pisang abaca Propinsi Aceh berdasarkan survei yang penulis lakukan meliputi sabuk Aceh Tamiang sampai Aceh Besar dengan luas daerah diperkirakan mencapai jutaan hektar. Setelah di ketahui kegunaan dan nilai ekonomi yang sangat tinggi banyak masyarakat mulai membudidayakan

pisang ini. Seperti perkebunan pisang abaca (binaan kementerian BUMN) seluas 100 ha yang terdapat di kawasan pegunungan Gampong Suak Buluh, Kecamatan Simeulue Timur yang terletak sekitar 15 kilometer dari Kota Sinabang.



Gambar 1.1 Tanaman abaca dan produksi serat tradisional

Pemanfaatan utama serat Abaca pada saat ini masih terbatas untuk membuat kain, tali, pembungkus teh celup, pembungkus tembakau, kertas tisu, pembalut wanita (Vijayalakshmi, 2014), sedangkan pemanfaatan untuk material struktural belum dikembangkan secara maksimal. Hasil penelitian tentang serat abaca oleh Satyanarayana [3] menunjukkan kekuatan tarik yang relatif tinggi 54-754 MPa dan densitas 1350 kg/m³. Permasalahan serat abaca adalah ketersediaan melimpah dengan kekuatan tarik tinggi, tetapi pemanfaatan masih terbatas pada material nonstructural sehingga diperlukan penelitian tentang pemanfaatan serat abaca sebagai *reinforcement* komposit untuk material struktural.

Tujuan dari penelitian ini adalah: 1). mengembangkan teknologi pembuatan komposit serat alam dengan memiliki sifat mekanik yang tinggi (nilai koefisien variasi yang kecil), 2) fabrikasi komponen plat komposit perpenguat serat pisang abaca, dan 3) mengetahui karakteristik sifat mekanik komposit.

1.2 Metode Pembuatan Komposit

Komposit adalah suatu material yang terdiri dari campuran atau kombinasi dua atau lebih material baik secara mikro atau makro, sifat material tersebut berbeda bentuk dan komposisi kimia dari zat asalnya (Smith, 1996). Pendapat lain mengatakan bahwa komposit adalah sebuah kombinasi material yang berfasa padat yang terdiri dari dua atau lebih material secara skala makroskopik yang mempunyai kualitas lebih baik dari material pembentuknya (Jacob, 1994).

Material komposit merupakan material nonlogam yang saat ini semakin banyak digunakan mengingat kebutuhan material di samping memprioritaskan sifat mekanik juga dibutuhkan sifat lain yang lebih baik misalnya ringan, tahan korosi, dan ramah lingkungan.

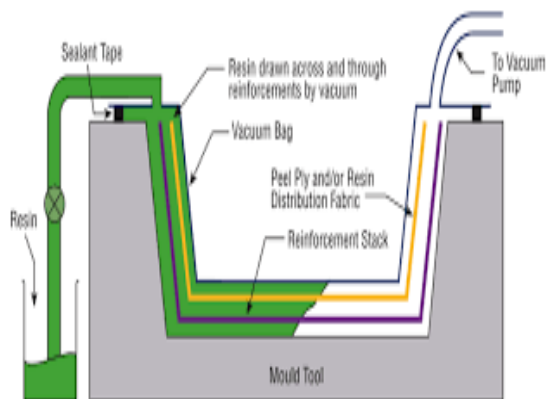
Selain itu, sifat teknologi merupakan salah

satu sifat yang harus dimiliki oleh material komposit tersebut. Sifat teknologi adalah kemampuan material untuk dibentuk atau diproses. Proses pembuatan atau proses produksi dari komposit tersebut merupakan hal yang sangat penting dalam menghasilkan material komposit tersebut. Banyak cara atau metode yang digunakan untuk menghasilkan material komposit yang diinginkan.

Secara garis besar metode pembuatan material komposit terdiri dari atas dua cara, yaitu :

1. Proses Cetakan Terbuka (*Open-Mold Process*) terdiri atas : *Hand Lay Up, Vacuum Bag, Pressure Bag, Spray-Up, Filament Winding.*
2. Proses Cetakan Tertutup (*Closed mold Processes*) terdiri atas : Proses Cetakan Tekan, *Injection Molding, Continuous Pultrusion.*

Teknik *Vacuum Bag (VARI)* adalah salah satu dari metode pembuatan komposit dengan komposit dibuat di dalam *mould* yang tertutup oleh sebuah *bag* yang ter-seal dengan rapat dan tidak boleh ada kebocoran kemudian *bag* tersebut divacuum oleh motor *vacuum* sehingga terjadi perbedaan tekanan udara antara luar dan dalam *bag* tersebut yang menyebabkan *bag* tersebut akan menekan produk komposit yang akan dibuat dengan merata dan juga akan menarik keluar sisa-sisa atau kelebihan resin pada pembuatan komposit tersebut.



Gambar 1.2 Teknik *Vacuum Bag*

Oleh karena itu, penggunaan resin pada pembuatan komposit dengan teknik ini lebih sedikit dibandingkan dengan teknik *hand lay up*. Dengan kata lain, dalam pemakaian resin, teknik ini lebih efisien dibandingkan dengan menggunakan teknik *hand lay up*.

1.3 Sifat-Sifat Tarik Komposit

Salah satu faktor penting yang menentukan karakteristik dari komposit adalah perbandingan matrik dan penguat/serat. Perbandingan ini dapat ditunjukkan dalam bentuk fraksi volume serat (V_f) atau fraksi berat serat (W_f). Namun, formulasi kekuatan komposit lebih banyak menggunakan fraksi volume serat. Menurut (Roe dan Ansel, 1985), fraksi volume serat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V_f = \left[V_c - \left(\frac{M_c - M_f}{Q_m} \right) \right] / V_c \quad (1)$$

Menurut Shackelford [5] Jika selama proses pembuatan komposit diketahui massa serat dan matrik, serta *density* serat dan matrik, fraksi volume dan fraksi massa serat dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_f = \frac{W_f / \rho_f}{W_f / \rho_f + W_m / \rho_m} \quad (2)$$

$$W_f = \frac{\rho_f V_f}{\rho_f V_f + \rho_m V_m} \quad (3)$$

Menurut Kaw [6] Fraksi massa serat pada persamaan 3 dapat disederhanakan menjadi:

$$w_f = \frac{W_f}{W_c} \quad (4)$$

Analisis kekuatan komposit biasanya dilakukan dengan mengasumsikan ikatan serat dan matrik sempurna. Pergeseran antara serat dan matriks dianggap tidak ada dan deformasi serat sama dengan deformasi matrik. Kekuatan tarik dapat dihitung dengan persamaan :

$$\rho = \frac{P}{A} \quad (5)$$

Regangan dapat dihitung dengan persamaan :

$$\varepsilon = \frac{L_i - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (6)$$

Berdasarkan kurva uji, modulus elastisitas dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon} \quad (7)$$

Berdasarkan the *Rule of Mixture (ROM)*, kekuatan dan modulus tarik komposit berpenguat serat searah kontinyu dapat dihitung dengan persamaan (Sanadi, et. al, 1986) :

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma_m V_m \quad (8)$$

$$E_c = V_f E_f + (1 - V_f) E_m \quad (9)$$

2. Metodologi

2.1 Pengadaan Serat Abaca

Serat Abaca kontinyu diperoleh dari Batang Pisang Abaca yang berasal dari Desa Alue Papeun Kecamatan Nisam Antara Kabupaten Aceh Utara. Batang pisang dipotong dan diambil kulitnya (pelepeh) kemudian direndam dalam air lumpur (*metode water retting*) untuk mendapatkan seratnya.

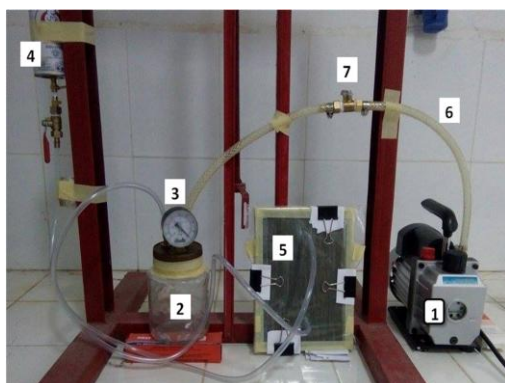
Serat Abaca yang masih mengandung lignin dan kotoran tersebut dibersihkan dengan menggunakan air. Menurut Diharjo (2013), Serat yang sudah bersih direndam di dalam larutan alkali (5% NaOH) dengan variasi waktu perendaman 2 jam. Selanjutnya, serat dinetralkan dari efek NaOH dengan perendaman menggunakan air bersih. Setelah pH rendaman netral (PH = 7), serat ditiriskan hingga kering tanpa sinar mata hari dengan kandungan air dibawah 10%.



Gambar 2.1 Serat abaca

2.2 Pembuatan Spesimen Uji Tarik Komposit

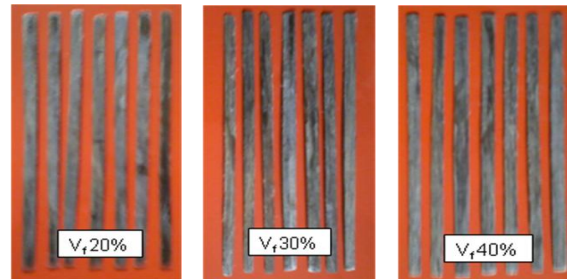
Untuk pembuatan spesimen komposit AFRP diperlukan bahan-bahan yaitu : Serat Abaca, Bahan matrik *Unsaturated Polyester 157 BQTN-EX*, yang disuplai oleh PT. Justus Kimia Raya Medan. *Hardener* yang dipakai adalah MEKPO (*metil etil keton peroksida*) dengan kadar 1%. *Wax* atau *whiteoil* untuk mencegah agar spesimen tidak lengket pada cetakan dan mudah dilepas dari cetakan. Peralatan yang digunakan adalah : Cetakan kaca (*glass moulding*) ukuran (140x100x1)mm, timbangan digital (*digital balance*), oven digital, peralatan metode VARI, mesin uji tarik komposit dengan kapasitas 7,5 kN. Komposit dibuat dengan metode VARI dengan set up peralatan seperti pada gambar 2.2. Fabrikasi AFRP dalam tiga jenis fraksi volume serat (V_f) yaitu : 20%, 30% dan 40%. Setelah selesai proses fabrikasinya, AFRP dikeluarkan dari cetakan untuk selanjutnya dilakukan proses pemanasan untuk menghilangkan gelembung udara yang terperangkap (*curing*) selama 2 jam pada suhu tetap 80°C.



Gambar 2.2 Set up cetakan vakum

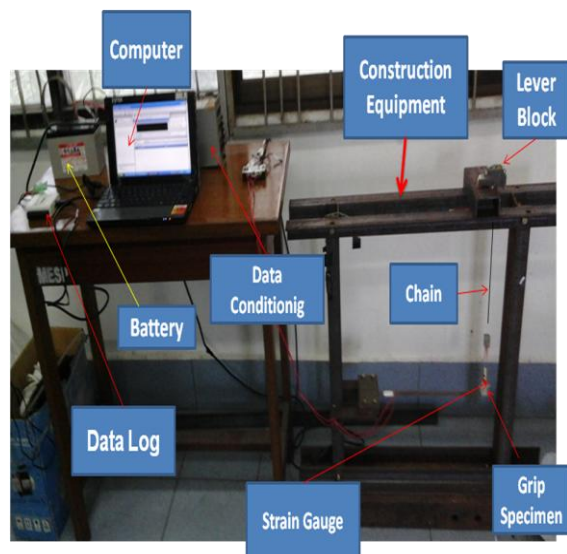
Spesimen uji tarik dibuat dari pelat komposit hasil cetakan dipotong dengan menggunakan mesin

fries horizontal. Spesimen tersebut dibuat dengan ukuran (14 x 5 x1) mm, sedikit berbeda dengan ukuran rekomendasi dari ASTM. Namun demikian, prinsip utama perhitungan kekuatan sama yaitu: gaya dibagi luas permukaan. Efek pemotongan spesimen dieliminasi dengan dihaluskan menggunakan kertas amplas. Bagian spesimen yang akan dicekam mesin uji tarik diberi *tab* dari kertas amplas.



Gambar 2.3 Spesimen uji tarik komposit AFRP

Pengujian tarik dilakukan menggunakan mesin uji tarik dengan kapasitas 7,5 kN. Setiap spesimen uji tarik dipasang dua penjepit (*grip*) yang terhubung dengan batang pembebanan kantilever. Batang *cantilever* akan menarik *load cell* berupa batang yang terbuat dari bahan kuningan yang dipasang *strain gauge* sehingga perpanjangan yang terukur adalah sepanjang *gage length* (100 mm).



Gambar 2.4 La-out alat uji tarik

Hasil akhir penelitian ini akan ditampilkan dalam bentuk hubungan antara sifat tarik (kekuatan, modulus dan regangan) versus V_f . Penampang patahan dilakukan foto makro untuk menyelidiki perilaku mekanisme perpatahannya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Sifat Tarik Komposit AFRP

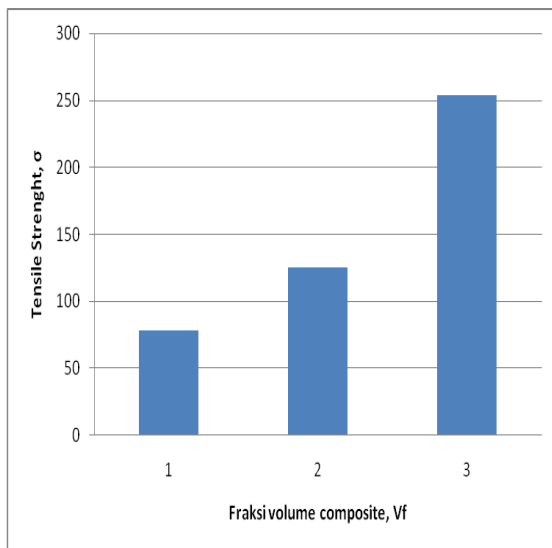
Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 1, kekuatan dan regangan tarik yang paling optimum dimiliki oleh bahan komposit AFRP dengan fraksi

volume 40%. Modulus elastisitas komposit semakin meningkat seiring dengan penambahan fraksi serat.

Tabel 3.1 Sifat Tarik Komposit AFRP

Fraksi Volume (V_f)	Tegangan Tarik (Mpa)
20%	78
30%	125
40%	254

Komposit AFRP memiliki kekuatan tarik tertinggi pada komposisi 40% V_f perlakuan 5% NaOH serat selama 2 jam, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi 40% V_f tersebut merupakan nilai kekuatan tarik yang paling tinggi (270 Mpa).



Gambar 3.1 Histogram *tensile strenght* vs fraksi volume komposit

3.2 Penampang Patahan

Mengacu pada standar ASTM D-3039 tentang jenis-jenis patahan, maka patahan komposit AFRP tanpa perlakuan dan dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam, dapat diklasifikasikan sebagai jenis patahan banyak (*splitting in multiple area*), seperti pada Gambar 8, 9 dan 10. Kegagalan terjadi pada area yang luas di permukaan spesimen. Umumnya, komposit yang memiliki patahan jenis ini memiliki kekuatan tarik tinggi. Berdasarkan analisis dari fotomakro maka dapat dikatakan bahwa kompatibilitas ikatan antara serat abaca dan matrik *unsaturated polyester* memiliki ikatan yang baik.



Gambar 3.2 Patahan Komposit AFRP V_f 20%



Gambar 3.3 Patahan Komposit AFRP V_f 30%



Gambar 3.4 Patahan Komposit AFRP V_f 40%

3.3 Komparasi dengan Riset Sebelumnya

Analisis komparasi hasil eksperimen dengan hasil riset sebelumnya yang dihasilkan oleh (Bledzki dkk, 2007) menunjukkan bahwa kekuatan tarik komposit serat abaca V_f 50% menggunakan metode *hand lay up* sebesar 50 Mpa. Perbedaan nilai kekuatan tarik ini dapat dikatakan signifikan. Faktor-faktor lain yang menjadikan ketidakakuratan kekuatan komposit serat kontinu adalah kesulitan mengatur serat kontinu tetap lurus selama proses pencetakan. Berdasarkan hasil analisis tersebut di atas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan serat abaca sebagai penguat bahan komposit memiliki potensi yang cukup besar untuk diaplikasikan sebagai material struktural

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Metode fabrikasi komposit menggunakan VARI menghasilkan kekuatan tarik yang lebih baik dibandingkan dengan metode *Hand lay-up* dan *Press Molding*. Metode VARI dapat

- mereduksi kandungan rongga udara (*air bubble*) dalam komposit.
2. Komposit yang diperkuat serat abaca dengan V_f 40% memiliki kekuatan tarik dan regangan terbesar, yaitu $\sigma = 254,8$ MPa dan $\varepsilon = 0.32\%$.
 3. Patahan komposit AFRP dapat diklasifikasikan sebagai jenis patah banyak (*splitting in multiple area*) dan mengindikasikan tanpa adanya *fiber pull out*.

4.2 Saran

Hasil penelitian ini masih perlu perbaikan dan penyempurnaan serta beberapa saran penulis sampaikan :

1. Perlu dikembangkan metode untuk mengatasi kesulitan dalam mengatur serat kontinyu tetap lurus selama proses pencetakan VARI.
2. Serat yang digunakan sebagai penguat komposit masih bercampur antara yang kuat (kualitas baik) dengan yang lemah (kualitas buruk). Untuk mengatasi masalah ini perlu dikembangkan teknik pemisahan serat yang kualitas baik (*development of screening test*) sehingga menghasilkan komposit dengan kekuatan tarik yang lebih tinggi lagi.

NOTASI

A	=	Luas penampang, mm ²
E	=	Modulus elastisitas, GPa
E _f , E _m	=	Modulus elastisitas serat dan matrik, GPa
M _c , M _f	=	Massa komposit dan serat, kg
L _i	=	Panjang ukur setelah pengujian, mm
L _o	=	Panjang ukur sebelum pengujian, mm
P	=	Beban, N
Q _M	=	Density matrik, gr/cm ³
V _f , w _f	=	Fraksi volume dan berat serat
V _c	=	Volume komposit,
W _f , W _M	=	Massa serat dan matrik
$\Delta\sigma$	=	Selisih tegangan tarik di daerah elastis, MPa
E	=	Regangan
$\Delta\varepsilon$	=	Selisih regangan di daerah elastis
ρ_f , ρ_M	=	Densitas serat dan matrik, gr/cm ³
σ	=	Kekuatan tarik, MPa
σ_f	=	Kekuatan tarik serat, MPa
σ_m	=	Kekuatan tarik matrik, Mpa

Daftar Putaka

- [1] Mueller, D. H. and Krobjilowski, A. "New Discovery in The Properties of Composites Reinforced With Natural Fiber", *Journal of Industrial Textiles*, Vol. 33, No. 2-October 2003, pp. 111-130. 2003.

- [2] Mohanty, A.K. et.al. *Natural Fibers, Biopolymers And Biocomposite: An Introduction*, CRC Press, Taylor and Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, USA. 2005.
- [3] Satyanarayana, K. G., et.al. "Natural Fiber-polymer Composites", *Journal of Cement and Concrete Composites*, 12: 117_136. 1990.
- [4] Roe P.J. dan Ansel M.P. "Jute-reinforced polyester Composites", UK., *Journal of Materials Science* 20., pp. 4015-4020. 1985.
- [5] Shackelford. *Introduction to Materials science for Engineer*, Third Edition, New York, USA: MacMillan Publishing Company, 1992.
- [6] Kaw A.K. *Mechanics of Composite materials*. New York: CRC Press. 1997.