

ANALISIS PERBANDINGAN KEKUATAN TARIK KOMPOSIT RAMI/EPOKSI DAN HIBRID RAMI-E-GLASS/EPOKSI

Lies Banowati, Herry Hartopo, Gina Octariyus, , Joko Suprihanto,
Program Studi Teknik Penerbangan Fakultas Teknik
Universitas Nurtanio Bandung
Jl. Pajajaran no 219 Bandung 40174
Email: liesbano@gmail.com

ABSTRAK

Seiring perkembangan teknologi, para ilmuan melakukan penelitian untuk menciptakan material baru yang lebih kuat, ringan, ramah lingkungan, tahan terhadap korosi, serta mudah dalam proses manufaktur. Material komposit dinilai lebih ringan, kuat, dan tahan terhadap korosi dibandingkan material logam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dari struktur komposit hibrid rami-e-glass/epoksi dan komposit serat rami/epoksi yang mengacu pada standar ASTM (*American Society for Testing Material*) D3039/D3039M. Material komposit tersebut menggunakan manufaktur dengan metode *hand lay-up* dan *vacuum bagging*. Hasil dari analisis pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik rata-rata komposit hibrid rami-e-glass/epoksi *Unidirectional 0°* sebesar 216,14 MPa, dan untuk komposit serat rami/epoksi *Unidirectional 0°* sebesar 81,67 MPa. Densitas rata-rata komposit hibrid rami-e-glass/epoksi sebesar 1,3 gr/cm³, dan komposit serat rami/epoksi sebesar 1,245 gr/cm³.

Kata kunci: Komposit, Hibrid, E-glass, Rami, Kekuatan Tarik

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi material logam yang biasa digunakan sebagai material pada struktur pesawat terbang sebagian mulai tergantikan oleh material-material baru, seperti komposit. Material komposit dinilai lebih ringan, kuat, dan tahan terhadap korosi dibandingkan material logam.

Komposit adalah suatu jenis bahan baru yang dibuat dari gabungan dua atau lebih bahan yang berbeda secara makroskopik [1]. Gabungan dua material tersebut mempunyai fungsi masing-masing, matrik berfungsi sebagai pengikat sedangkan serat berfungsi sebagai penguat, sehingga komposit tersebut menghasilkan material baru yang ringan dan kuat.

Serat pada komposit terdiri dari serat alam dan juga serat sintetis. Serat sintetis adalah serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik dengan komposisi kimia tertentu,

seperti: serat glass, serat karbon, kevlar, nylon, dan lain-lain. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan serat glass (e-glass). Serat e-glass memiliki densitas 2,54 gr/cm³, *tensile strength* 3.445 MPa, dan *modulus young* 72,3 GPa. Adapun serat alami adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari tumbuh-tumbuhan dan binatang, salah satunya adalah serat rami. Serat rami banyak ditemukan di Indonesia. Serat rami memiliki densitas 1,5 gr/cm³, *tensile strength* 400-1050 MPa, dan *modulus young* 61,5 GPa. Penelitian ini menggunakan matriks polimer jenis *thermoset* (epoksi). Resin epoksi memiliki densitas 1,17 ± 0,01 gr/cm³, dan *tensile strength* 30-90 MPa.

Manufaktur komposit hibrid adalah gabungan dari dua atau lebih material komposit yang berbeda yang disusun pada suatu urutan tertentu. Untuk mendapatkan kekuatan yang tinggi dilakukan

penggabungan antara serat alam dan serat sintetis.

Keberadaan serat rami yang cukup melimpah di Indonesia menjadi salah satu faktor dalam penelitian ini, serta serat rami mempunyai karakteristik yang kuat, ringan, tahan terhadap jamur, serangga, bakteri, dan mampu menjaga suhu agar tidak terpengaruh oleh suhu lingkungan. Serat e-glass memiliki kekuatan tarik yang cukup tinggi serta lebih ekonomis dan mudah ditemukan.

Penelitian ini membandingkan kekuatan tarik antara komposit serat rami/epoksi dan komposit hibrid rami-e-glass/epoksi, yang mana nanti akan diaplikasikan pada struktur *fuselage* pesawat UAV Aer0-73 k yang memiliki misi mengangkut plasma darah.

2. Kajian Teori

Bahan komposit merupakan bahan gabungan secara makro yang didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda dalam bentuk dan atau komposisi material yang tidak dapat dipisahkan [2].

Material komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu: Matriks dan *reinforcement* (penguat). Matriks, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah. Matriks berfungsi sebagai pengikat serat, melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan, serta mentransfer dan mendistribusikan beban ke serat. Matriks yang digunakan pada komposit dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu: *Metal Matrix Composite (MMC)*, *Ceramic Matrix Composite (CMC)*, dan *Polymer Matrix Composite (PMC)*. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih *rigid* serta lebih kuat yang berfungsi untuk menahan beban utama pada komposit, dalam laporan ini penguat

komposit yang digunakan yaitu dari serat alam dan serat sintetis. Komposit dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori berdasarkan penguatnya, yaitu: *Particulate Composite*, *Fibrous Composite*, *Structural Composite*.

Dalam struktur komposit, besarnya kekuatan menahan beban dan kekuatan ikatan struktur ditentukan oleh persentase dari material penyusunnya. Persentase yang dimaksud adalah fraksi volume. Dalam penelitian ini, fraksi volume yang digunakan untuk manufaktur struktur komposit adalah 50%. Adapun persamaan fraksi volume serat sebagai berikut [3]:

$$V_f = \frac{\frac{m_f}{\rho_f}}{\frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m}} \times 100\%$$

(1)

Dimana:

V_f = Fraksi volume serat (%)

m_f = Massa serat (g)

ρ_f = Massa jenis serat (g/cm^3)

m_m = Massa matriks (g)

ρ_m = Massa jenis matriks (g/cm^3)

Dalam proses pembuatan komposit terdapat beberapa metode manufaktur, salah satunya adalah dengan menggunakan metode *vacuum bagging*. Proses *vacuum bagging* merupakan penyempurnaan dari *hand lay-up*. Dengan menggunakan metode *vacuum bagging* dapat meminimalisir terjadinya void dan juga control yang lebih terhadap rasio resin/fiber.

a. Uji Tarik

Uji tarik merupakan salah satu metode untuk mengetahui sifat mekanik suatu bahan. Dalam hal ini yang diukur adalah kekuatan tarik bahan. Kekuatan tarik material adalah gaya per satuan luas penampang yang mampu menahan tegangan hingga batas kekuatan tarik tercapai, maka bahan akan mengalami

deformasi atau kegagalan. Hal tersebut mengikuti aturan Hukum Hooke yang berbunyi “besarnya gaya yang bekerja pada benda sebanding dengan pertambahan panjang bendanya.” [4]:

$$F = k\Delta x \tag{2}$$

Dimana:

F = besarnya gaya yang diberikan atau gaya tarik

(N)

k = konstanta benda (N/m)

Δx = perubahan panjang benda (m)

Sehingga rumus kekuatan tarik suatu benda adalah [4]:

$$F^{tu} = P^{max} / A \tag{3}$$

(3)

$$\sigma_i = P_i / A \tag{4}$$

(4)

Keterangan:

F^{tu} = ultimate tensile strength, MPA [psi];

P^{max} = maximum load before failure, N [lbf];

σ_i = tensile stress at *ith* data point, MPA [psi];

P_i = load at *ith* data point, N [lbf];

A = average cross-sectional area from, mm^2 [$in.^2$].

b. Uji Densitas

Tujuan dari pengujian densitas ini adalah untuk mengetahui nilai massa jenis suatu material dari beberapa spesimen yang menjadi sampel percobaan. Massa jenis material perlu diketahui guna membandingkan kekuatan suatu material terhadap massa jenis tersebut. Mengacu pada ASTM 792-07 [5], didapatkan nilai *specific gravity* atau *relative density* sebagai berikut:

$$Specific\ gravity = \frac{a}{(a-b)} \tag{5}$$

Setelah *specific gravity* didapat, maka massa jenis ρ dari spesimen dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\rho = \rho_{water} \times specific\ gravity \tag{6}$$

Keterangan:

ρ = densitas, gr/cm^3 ;

a = massa spesimen di udara, gr;

b = massa spesimen di air, gr;

ρ_{water} = densitas *water*, gr/cm^3

c. Distribusi Weibull

Distribusi Weibull adalah distribusi yang paling banyak digunakan untuk waktu hidup dalam teknik ketahanan. Distribusi ini adalah distribusi serbaguna yang dapat mengambil karakteristik dari jenis distribusi lain, berdasarkan pada nilai dari bentuk parameter [6]:

$$R(x; b, c) = \exp \left\{ - \left(\frac{x}{b} \right)^c \right\} \tag{7}$$

Dengan $b \geq 0, c \geq 0$

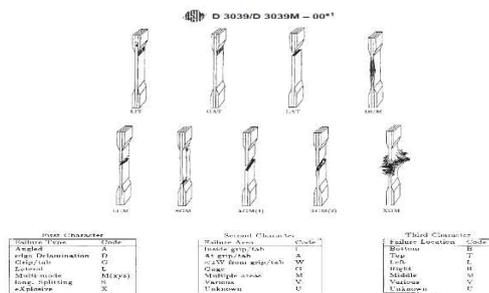
Dimana:

b = Skala parameter

c = Bentuk parameter

d. Modus Kegagalan

Struktur dapat dikatakan gagal apabila struktur tersebut tidak lagi dapat berfungsi dengan baik. Parameter kegagalan yang dimaksud bervariasi menurut tujuan dibuatnya struktur tersebut. Pada penerapan struktur tertentu, deformasi yang relative kecil dapat dianggap gagal, sedang pada struktur lain kegagalan terjadi apabila terjadi kerusakan total pada struktur. Pada Gambar 1 menunjukkan jenis-jenis patahan pada



komposit.

Gambar 1. Jenis-Jenis Patahan pada Komposit [4].

Pada bahan komposit, jenis kerusakan internal mikroskopis (yang tak terlihat oleh mata), dapat terjadi jauh sebelum kerusakan makroskopis (yang terlihat oleh mata). Berikut (Gambar 2.12) jenis-jenis patahan pada komposit berdasarkan ASTM D 3039

3. Metode Penelitian

a. Alur Penelitian

Adapun alur penelitian menganalisa kekuatan tarik dari komposit Rami/Epoksi dan Hibrid Rami-*E-glass*/Epoksi. Mulai dari studi literatur, persiapan dan bahan, proses manufaktur, melakukan uji tarik uji dan densitas.

b. Peralatan dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: cetakan dari bahan kaca, *wax*, resin epoksi *Bakelite* EPR 174, serat *e-glass* dan rami, mesin vakum, plastik vakum, kain sponbon, timbangan digital, penggaris, vernier caliper, sarung tangan karet, masker, kain lap/majun, spidol, gunting, kuas, *masking tip*, *steel brush*, dan larutan NaOH.

c. Metode Manufaktur

Pada penelitian ini, proses manufaktur spesimen dengan cara *hand lay-up* kemudian dilakukan *vacuum bagging*.

Spesimen yang dibuat dalam penelitian ini ada dua jenis yaitu: komposit serat Rami arah 0° serta komposit hibrid serat Rami-*E-glass* arah 0° dengan menggunakan resin Epoksi.

• Proses Pembuatan Layer Serat Rami dan E-Glass

Pertama siapkan cetakan. Kemudian susun serat rami satu demi satu diatas kaca. Proses ini untuk menyusun arah serat 0° .

Setelah rami sudah tersusun pada kaca, selanjutnya tempelkan *masking tip* pada kedua sisi rami yang sudah tersusun pada kaca. Lalu lepaskan anyaman dari kaca setelah *masking tip* sudah selesai terpasang pada rami. Buat kembali anyaman layer serat rami dan *e-glass* sesuai jumlah layer yang dibutuhkan untuk proses manufaktur.

• Proses Manufaktur Komposit

Pertama, siapkan alat dan bahan. Kemudian timbang berat serat yang akan digunakan pada saat proses laminasi. Selanjutnya hitung berat matriks *Bakelite* EPR 174 (*bisphenol A-epichlorhydrin*) yang akan digunakan pada proses manufaktur dengan menggunakan rumus fraksi volum, perbandingan resin dan *hardener* 2:1 dan fraksi volume yang digunakan adalah 50%. Pada Gambar 2 menunjukkan arah serat



(a)

(b)

Gambar 3. Layer arah serat; (a). rami 0° , (b) *e-glass* 0°

Setelah berat matriks diketahui maka selanjutnya siapkan timbangan dan mangkuk/gelas untuk wadah matriks tersebut. Selanjutnya, tuangkan matriks tersebut kedalam mangkuk/gelas yang sudah disediakan di atas alat ukur timbangan digital dan tuangkan dengan jumlah matriks yang sudah ditentukan. Setelah resin dan *hardener* dituangkan aduklah sampai merata. Selanjutnya, siapkan cetakan. Kemudian lap permukaan kaca yang akan digunakan saat proses manufaktur menggunakan majun guna

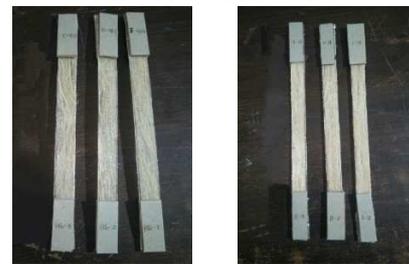
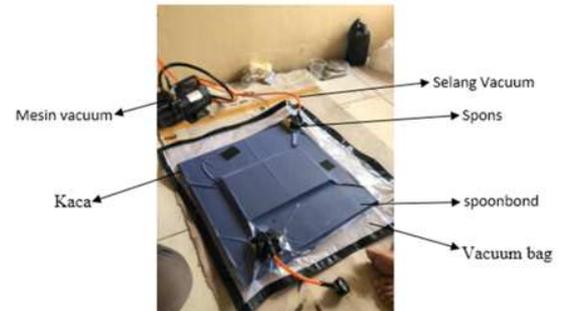
memperhalus permukaan kaca. Lalu lapisi kaca dengan plastik mika.

Selanjutnya lakukan proses *waxing* pada permukaan mika yang akan digunakan dengan menggunakan lap/majun bersih. Diamkan terlebih dahulu ± 10 menit setelah proses *waxing*, hal ini dilakukan agar *wax* yang telah dioleskan pada kaca benar-benar menempel dan mengering.

Selanjutnya oleskan resin yang sudah disiapkan di atas permukaan mika yang sudah di *waxing* sampai merata. Setelah itu tempatkan serat *E-glass* arah 0° pada layer pertama di atas mika yang sudah dioleskan resin, rapikan terlebih dahulu. Lalu oleskan kembali resin pada permukaan serat sampai merata dengan menggunakan kuas. Kemudian tempatkan serat rami arah 0° di layer kedua, rapikan dan oleskan resin kembali.

Selanjutnya letakkan plastik mika di atas spesimen. Setelah itu letakkan kaca di atas plastik mika. Kemudian bungkus spesimen menggunakan kain sponbon. Selanjutnya masukkan spesimen yang telah dibungkus kain sponbon ke dalam plastik vakum. Lubangi plastik vakum di dua sisi. Satu sisi untuk menghubungkan selang antara plastik dengan mesin vakum, dan satu sisi lainnya untuk menghubungkan plastik vakum dengan *vacuum gauge*.

Setelah divakum bagging seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 selama 10 jam, matikan mesin vakum, kemudian lepaskan spesimen dari cetakan. Langkah selanjutnya mengukur spesimen menggunakan *vernier caliper* untuk mengetahui tebal *speciment*. Ketebalan tersebut disesuaikan dengan ASTM D3039/D3039M. Terakhir, potong spesimen sesuai dengan ukuran yang disyaratkan oleh ASTM D3039/D3039M seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



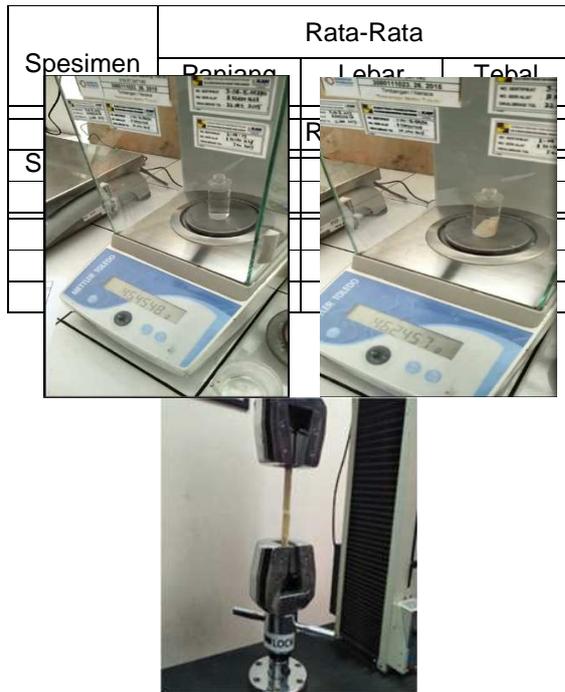
Gambar 3. Proses pembuatan spesimen dengan metode Vacuum bagging

(a) (b)

Gambar 4. Spesimen: (a) Komposit Hibrid Serat Rami-e-Glass/Epoksi 0° , (b) Komposit Serat Rami/Epoksi 0

d. Proses Pengujian

Pertama dilakukan pengujian tarik dengan menggunakan mesin uji tarik universal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil yang didapat adalah grafik *load vs clamp displacement*. Dari grafik tersebut didapatkan nilai *ultimate load*.



Gambar 5. Proses uji tarik komposit hibrid serat rami-e-glass/epoksi dan komposit serat rami/epoksi

Kemudian dilakukan pengujian densitas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Gambar 6. Proses uji densitas komposit hibrid serat rami-e-glass/epoksi dan komposit serat rami/epoksi.

4. Pengolahan Data

Pembuatan spesimen komposit dalam penelitian ini mengacu pada ASTM D3039/ D3039M. Spesimen yang diuji sebanyak 3 sampel pada masing-masing tipe komposit. Pertama hasil pengukuran dimensi spesimen, hal ini penting untuk memperoleh luas *cross section* dari spesimen uji. Pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 2 menunjukkan ketebalan rata-rata spesimen uji.

Tabel 1. Lebar dan Ketebalan rata-rata spesimen Hb

Tabel 2. Lebar dan Ketebalan rata-rata spesimen R

Berikut adalah kode *designation* (pelabelan) pada spesimen:
 Hb = komposit hibrid serat rami-e-glass/epoksi (0°)
 R = komposit serat rami/epoksi (0°)

5. Analisis

a. Analisis Uji Tarik

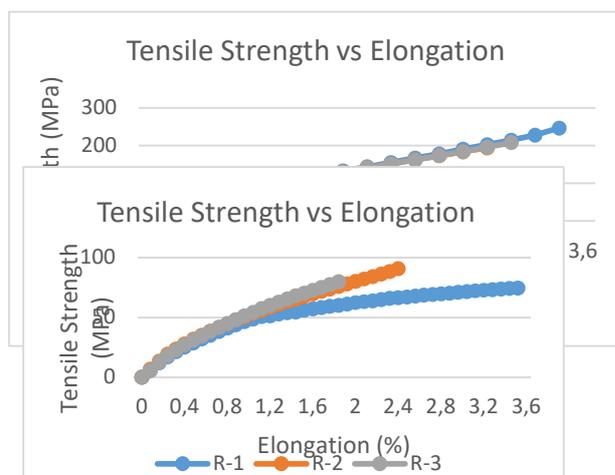
Dari hasil pengujian tarik, didapat nilai beban maksimum dan besar kekuatan tarik pada masing-masing spesimen, dan didapat rata-rata beban maksimum serta rata-rata kekuatan tarik pada komposit hibrid serat rami-e-glass/epoksi. Berikut pada Tabel 1 dan Gambar 7 masing-masing menunjukkan maksimum *load* dan *tensile strength* dan *elongation* komposit hibrid serat rami-e-glass/epoksi dan komposit serat rami/epoksi:

Tabel 3. Rata-Rata *Maksimum Load* dan *Tensile Strength* Komposit Hibrid Rami-e-Glass arah 0°

Spesimen Uji	Maksimum Load (N)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)
Hb-1	3.969	246,51	3,48
Hb-2	3.421	194,3	2,8
Hb-3	3.519	207,6	3,0
Rata-rata	3.636,33	216,14	

Gambar 7. Grafik perbandingan Tensile Strength dan *Elongation* Komposit Hibrid Rami-e-Glass arah 0°

Dari Gambar 7 menunjukkan bahwa pada spesimen Hb-1 untuk komposit hibrid rami-e-glass/epoksi memiliki nilai *tensile strength* 246,51 MPa dengan *elongation* 3,48%. Untuk spesimen Hb-2 memiliki nilai *tensile strength* 194,3 MPa dengan *elongation* 2,8%, dan untuk spesimen Hb-3 memiliki *tensile strength* 207,6 MPa dengan *elongation* 3%. Sehingga dapat disimpulkan untuk komposit hibrid rami-e-glass/epoksi nilai *tensile strength* tertinggi yaitu 246,51 MPa dan yang terendah 194,3 MPa. Hal ini dikarenakan resin pada spesimen Hb 1 diserap sempurna oleh serat sehingga resin mengikat serat dengan baik yang mengakibatkan tidak ada serat yang terlepas (*delamination*). Berbeda dengan spesimen Hb-2 dan Hb-3, dimana terjadi *delamination* yang mengakibatkan terlepasnya lapisan satu dengan yang lainnya sehingga menurunkan nilai kekuatan tarik komposit tersebut. Pada Tabel 4 dan Gambar 8 masing-masing menunjukkan maksimal load



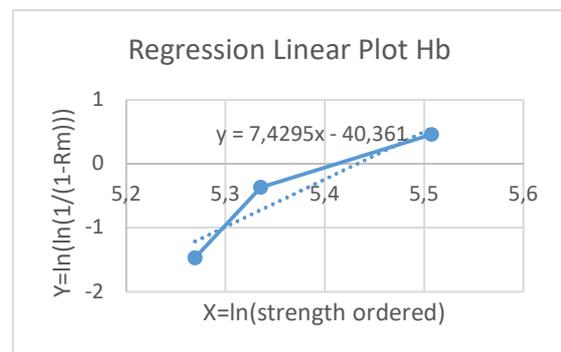
dan *tensile strength* komposit serat rami arah 0°.

Tabel 4. Rata-Rata *Maksimum Load* dan *Tensile Strength* Komposit Serat Rami arah 0°

Spesimen Uji	Maksimum Load (N)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)
R-1	1.303	74,62	3,5
R-2	1.504	90,55	2,43
R-3	1.116	79,85	1,86
Rata-rata	1.307,66	81,68	

Gambar 8. Grafik perbandingan Tensile Strength dan Elongation Komposit Serat Rami arah 0°

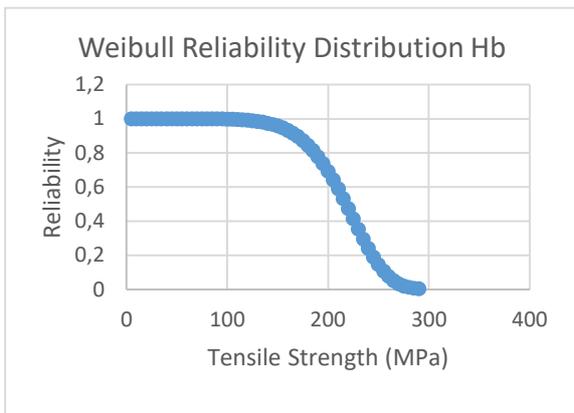
Dari Gambar 8 menunjukkan bahwa pada spesimen R-1 untuk komposit rami/epoksi memiliki nilai *tensile strength* 74,62 MPa dengan *elongation* 3,5%. Untuk spesimen R-2 memiliki nilai *tensile strength* 90,55 MPa dengan *elongation* 2,43%, dan untuk spesimen R-3 memiliki *tensile strength* 79,85 MPa dengan *elongation* 1,86%. Sehingga dapat disimpulkan untuk komposit rami/epoksi nilai *tensile strength* tertinggi yaitu 90,55 MPa dan yang terendah 74,62 MPa. Hal ini dikarenakan tidak terdapat kekosongan serat pada spesimen R-2, sehingga gaya terdistribusi sempurna pada serat. Berbeda dengan spesimen R-1 dan R-3 yang mana pada spesimen tersebut terdapat kekosongan serat sehingga gaya tidak terdistribusi secara sempurna.



b. Analisis Distribusi Weibull

Sebelumnya telah dijelaskan bahwa dalam analisis kekuatan mekanik komposit

mempunyai hasil bervariasi, dibutuhkan suatu pendekatan statistik untuk mendapatkan nilai keandalan dari material tersebut. Pendekatan yang digunakan adalah pendekatan distribusi weibull dua parameter menggunakan model persamaan *regresi linier*. Pada Gambar 9 menunjukkan hasil perhitungan untuk spesimen uji tarik komposit hibrid serat rami-e-glass/epoksi 0°.



Gambar 9. Grafik plot model regresi linear spesimen komposit hibrid rami-e-Glass arah 0°

Pada Tabel 5. menunjukkan data plot titik model regresi linear Spesimen Komposit Hibrid arah 0°.

Tabel 5. Data Plot Titik Model Regresi Linear Spesimen Komposit Hibrid Rami-e-Glass arah 0°

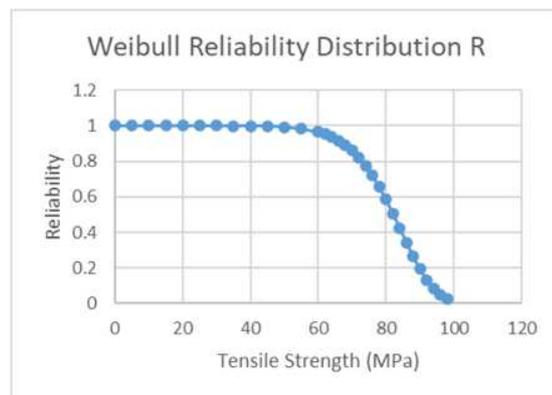
i	ordered	Median rank	x	y
1	194,3	0,205	5,269	-1,467
2	207,6	0,5	5,335	-0,366
3	246,5	0,794	5,507	0,457

Dari tabel tersebut, diperoleh persamaan garis regresi linear $y=7,429x-40,361$. Sehingga didapat Tabel 6 dan Gambar 10. yaitu grafik distribusi Weibull sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Perhitungan Distribusi Weibull Spesimen Komposit Hibrid Rami-e-Glass arah 0°

Tensile Strength	Reliability		
10	1		

Grafik 10. Grafik distribusi keandalan spesimen komposit hibrid rami-e-Glass arah 0°



Gambar 11. Grafik distribusi keandalan spesimen komposit serat rami arah 0°

Dari Gambar 10 menunjukkan bahwa besarnya nilai dari *reliability* kekuatan komposit hibrid serat rami-e-glass/epoksi (Hb) adalah 170 MPa pada keandalan 90% dan 220 MPa pada keandalan 50%. Dapat kita simpulkan bahwa *reliability* berbanding terbalik dengan kekuatan tarik dari suatu spesimen. Semakin tinggi kekuatan tarik suatu spesimen maka *reliability*-nya semakin menurun. Sedangkan pada Gambar 11 menunjukkan bahwa besarnya nilai dari *reliability* kekuatan komposit serat rami/epoksi (R) adalah 68 MPa pada keandalan 90% dan 82 MPa pada keandalan 50%. Sehingga dapat kita simpulkan bahwa *reliability* berbanding terbalik dengan kekuatan tarik dari suatu spesimen. Semakin tinggi kekuatan tarik suatu spesimen maka *reliability*-nya semakin menurun.

c. Analisis Uji Densitas

Hasil data pengujian densitas dilakukan dengan menggunakan Persamaan (4) untuk mendapatkan nilai densitas dari spesimen dan kemudian dirata-ratakan sehingga hasilnya akan lebih akurat. Perhitungan secara menyeluruh dari 4 sampel yang diuji, hasilnya sebagai berikut:

Tabel 9. Hasil Pengujian Densitas Spesimen Komposit Hibrid Rami-E-Glass/Epoksi

No	Massa Benda Uji (gram)	Massa Air + Pikno (gram)	Massa Air + Pikno + Spesimen (gram)	Densitas Spesimen (gr/cm^3)
1	3,058	45,454	46,245	1,35
2	3,113	45,549	46,147	1,24
Rata-Rata				1,30

Tabel 10. Hasil Pengujian Densitas Spesimen Komposit Serat Rami/Epoksi

No	Massa Benda Uji (gram)	Massa Air + Pikno (gram)	Massa Air + Pikno + Spesimen (gram)	Densitas Spesimen (gr/cm^3)
1	2,565	45,551	46,069	1,25
2	2,503	45,557	46,037	1,24
Rata-Rata				1,245

d. Analisis Kegagalan

Setelah melakukan pengujian tarik pada spesimen komposit hibrid rami-e-glass/epoksi dan serat rami/epoksi pada arah serat *unidirectional* 0° , selanjutnya akan dilakukan analisis modulus kegagalan pada masing-masing arah serat.



(a)



(b)

Gambar 12. Patahan Spesimen Komposit : (a). Hibrid Rami-e-Glass arah 0° , (b). Serat Rami arah 0° (R-1)

Berdasarkan ASTM D3039/D3039M, jenis patahan yang terjadi pada spesimen komposit hibrid serat rami-e-Glass/epoksi yaitu XGM (Explosive Gage Middle). Modus kegagalan yang terdapat pada spesimen Hb-2 adalah *brush type*, dimana patahan serat terjadi di sembarang tempat, diiringi dengan kerusakan matriks. Pada ujung patahan terlihat bahwa matriks tidak mampu menahan konsentrasi yang timbul di ujung serat yang patah, sehingga serat dapat terlepas dari matriks (*debonding*), dan juga mengakibatkan *fiber pullout*. Juga terjadi *delamination* pada serat yang patah.

Sedangkan jenis patahan yang terjadi pada spesimen komposit rami/epoksi yaitu AGM2 (Angled Gage Middle). Modus kegagalan yang terdapat pada spesimen R-1 adalah *debonding* dan *fiber pull out*, dimana matriks tidak mampu menahan konsentrasi beban yang timbul di ujung serat yang patah sehingga serat terlepas dari matriks serta kondisi serat tercabut dari matriksnya.

6. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil pengolahan dan analisis data, dapat ditarik beberapa kesimpulan dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

- Kekuatan tarik tertinggi untuk komposit hibrid rami-e-glass/epoksi yaitu 246,51 MPa dan yang terendah yaitu 194,3 MPa, dan kekuatan tarik tertinggi untuk

komposit serat rami/epoksi yaitu 90,55 MPa dan yang terendah yaitu 74,62 MPa. Perbedaan kekuatan tarik ini disebabkan oleh perbedaan tekanan pada saat proses laminasi sehingga kadar resin yang meresap ke dalam serat berdeda-beda. Juga kerapatan serat pada saat proses pembuatan layer serat sehingga mempengaruhi kekuatan tarik.

- b. Densitas rata-rata komposit hibrid rami-e-glass/epoksi sebesar $1,3 \text{ gr/cm}^3$, dan komposit serat rami/epoksi sebesar $1,245 \text{ gr/cm}^3$. Komposit hibrid rami-e-glass/epoksi lebih berat dari pada komposit serat rami/epoksi.
- c. Perbedaan nilai densitas komposit hibrid rami-e-glass/epoksi dan komposit serat rami/epoksi tidak terlalu signifikan, tetapi menghasilkan perbedaan kekuatan tarik yang sangat signifikan.
- d. Pada penelitian ini modus kegagalan yang terjadi pada komposit adalah *debonding* (terkelupasnya serat dari matriks), *fiber pull out* (serat tercabut dari matriks pada ujung patahan), *delaminasi* (terlepasnya lamina satu dengan lamina lainnya), dan *brush type* (ujung patahan yang terjadi berbentuk seperti sikat). Serta jenis patahan yang terjadi yaitu: XGM (Explosive Gage Middle) dan LGM (Lateral Gage Middle).

Agar mendapatkan hasil komposit yang bagus maka perlu diperhatikan beberapa saran sebagai berikut:

- a. Perhatikan kerapian dalam penyusunan serat pada pembuatan layer dan tekanan pada saat proses laminasi, karena kerapatan serat pada saat penyusunan layer serta dapat mempengaruhi kekuatan tarik komposit.
- b. Perhatikan tekanan pada setiap layer dalam proses laminasi, agar didapatkan ketebalan yang seragam pada spesimen

dan juga resin dapat meresap secara sempurna pada serat.

- c. Untuk pengembangan kedepan sebaiknya serat yang digunakan dalam bentuk anyaman, serta proses manufaktur dengan menggunakan mesin *press* dan *oven* supaya tingkat *void* (gelembung udara yang terperangkap pada komposit) pada spesimen tidak terlalu banyak, dan mendapatkan tebal dan kekuatan yang diinginkan.

Referensi

- [1]. Jones, M. Robert. 1998. *Mechanics of Composite Materials*. Virginia, USA.
- [2]. Schwartz, M. M. 1984. *Composite Material Handbook*. McGraw-Hill Book Company, New York USA.
- [3] Berthelot, Jean Marie.1999. *Composite Material: Mechanical Behavior and Structural Analysis*. Newyork: Springer.
- [4]. ASTM D 3039/3039 M. 2002. *Standart Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials*. Annual Book of ASTM Standards. United States: ASTM International.
- [5]. ASTM 792-07. *Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement*. Annual Book of ASTM Standards. United States: ASTM International.