

TUGAS AKHIR

KARAKTERISASI SIFAT TARIK KOMPOSIT LAMINAT HIBRID KENAF/(PP DAN LDPE) DENGAN VARIASI PERBANDINGAN PP DAN LDPE

Yogo Raharjo

Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Bantul 55183

Email: yogoraharjo99@gmail.com

Intisari

Material komposit saat ini telah banyak dikembangkan oleh industri automotive sebagai panel interior mobil. Hal itu dikarenakan sifat komposit yang mudah didaur ulang. Ada dua jenis komposit hibrid yaitu, komposit hibrid menggunakan dua jenis serat yang berbeda dalam satu matriks, dan komposit hibrid menggunakan dua jenis matriks yang berbeda dengan satu serat. Telah banyak penelitian yang membahas komposit hibrid dengan dua jenis serat yang berbeda, namun informasi mengenai penelitian komposit hibrid yang menggunakan dua jenis matriks masih relatif sedikit. Pada penelitian ini menggunakan komposit hibrid dengan dua jenis matriks yang berbeda dengan satu serat. Tujuan penelitian ini adalah membuat material komposit hibrid serat kenaf dengan matriks PP dan LDPE dan mengetahui pengaruh perbandingan matriks PP dan LDPE terhadap sifat tarik komposit hibrid serat kenaf.

Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa pada perbandingan PP:LDPE 2:1 memiliki nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang paling tinggi yaitu sebesar 35,10 MPa dan 1018,31 MPa dibandingkan dengan kekuatan tarik pada perbandingan 1:1 dan 1:2. Hal ini dapat dijelaskan dari hasil uji optik dan uji SEM yang menunjukkan bahwa pada komposit serat kenaf bermatriks PP:LDPE dengan perbandingan 2:1 serat terdistribusi secara merata didalam matriks dan tidak terdapat adanya void.

Sebelum difabrikasi, serat kenaf terlebih dahulu dilakukan treatment menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi 6% selama 4 jam pada temperatur ruangan. Kemudian serat kenaf dipotong dengan panjang ± 6 mm. Fraksi volume serat dan matriks adalah 30 % / 70%, dengan variasi perbandingan fraksi volume matriks PP : LDPE 1:1, 2:1, dan 1:2. Proses fabrikasi komposit yaitu menyusun serat dan matriks pada molding dengan tipe laminated composite dan kemudian dicetak menggunakan mesin hot press sampai dengan temperatur 165 °C - 175 °C. Kemudian komposit diuji tarik mengacu pada standar ASTM D 368-02a dan struktur patahan dianalisa menggunakan scanning electron microscopy (SEM) serta penampang lintang komposit dianalisa menggunakan mikroskop optik.

Kata kunci: Serat kenaf, polypropilene, Low Density Polyethylene, Kekuatan tarik, SEM

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi material saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, tidak hanya dilihat dari segi kemampuan mekanik yang dihasilkan, tapi juga harus dapat didaur ulang. Begitu pula dengan teknologi komposit, saat ini komposit tidak hanya menggunakan serat sintetis tetapi juga mengarah ke bio komposit dikarenakan keistimewaan sifatnya yang *renewable* atau terbarukan, dan ramah lingkungan (*biodegradable*). Serat sintetis lebih kuat dari serat alam, namun pemakaian serat sintetis harus dikurangi dikarenakan sifat serat sintetis tidak mudah terurai dilingkungan. Material komposit telah banyak diaplikasikan oleh industri *automotive*, militer, alat olahraga, kedokteran, bahkan sampai peralatan rumah tangga sebagai material pengganti logam. Produsen mobil *Daimler-Chrysler AG* mengembangkan

komposit serat alam sebagai panel *interior* mobil (Hariyanto, 2008).

Definisi material komposit adalah material yang tersusun dari campuran dua atau lebih material dengan sifat yang berbeda, dan menghasilkan sebuah material baru yang memiliki sifat berbeda dari material-material penyusunnya. Material komposit terdiri dari gabungan dua material penyusun yakni penguat dan matriks. Bahan penguat yang dapat digunakan didalam material komposit yaitu serat sintetis dan serat alam. Contoh serat sintetis diantaranya adalah serat *E-glass* dan serat karbon. Sedangkan serat alam yang digunakan diantaranya adalah serat rami, serat ijuk, serat bambu, serat pelepah pisang, serat kelapa, dan serat kenaf. Matriks merupakan bahan yang digunakan untuk mengikat penguat tanpa bereaksi secara kimia. Secara umum matrik diklasifikasikan menjadi 2 kelompok, yaitu resin *thermoplastic* yang dapat didaur ulang

cotohnya seperti *polypropylene* (PP), *nylon*, dan *polyethylene* (PE) dan resin *thermoset* yang tidak dapat didaur ulang (Hariyanto, 2010).

Kekuatan mekanik yang dimiliki serat alam tidak sebaik serat sintetis, sehingga serat alam harus digabungkan dengan serat sintetis agar kekuatan mekaniknya lebih baik atau lebih dikenal dengan komposit hibrid. Ada dua macam tipe komposit hibrid yaitu, komposit hibrid yang menggunakan dua serat berbeda didalam satu matriks, dan komposit hibrid yang menggunakan *double* matriks (matriks yang berbeda) dengan satu serat.

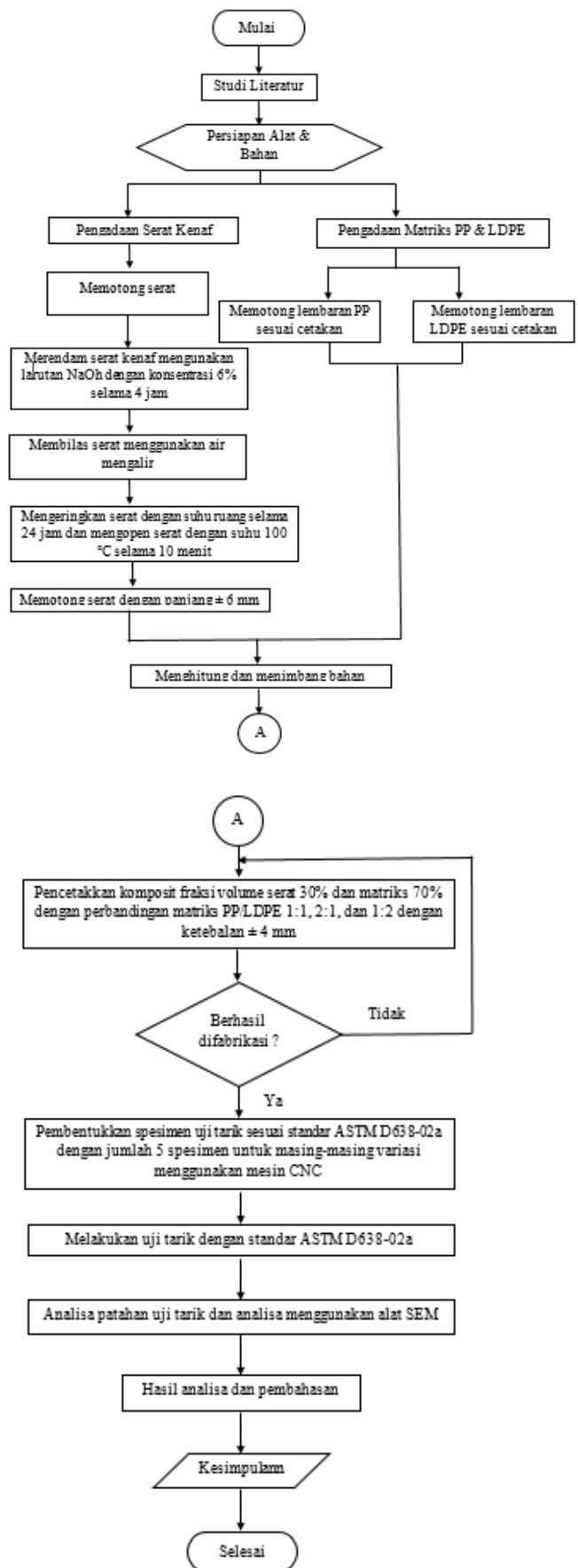
Telah banyak penelitian yang membahas komposit hibrid dengan dua serat yang berbeda, misalnya Ghozali (2017) meneliti karakterisasi kuat tarik komposit laminat hibrid serat kenaf dan E-glass bermatriks PE selain itu Saputra (2017) melakukan penelitian pengaruh fraksi volume serat kenaf dan E-glass terhadap sifat tarik komposit laminat hibrid bermatriks LDPE, demikian juga Putra (2017) melakukan penelitian karakterisasi sifat tarik komposit laminat hibrid serat kenaf dan E-glass yang difabrikasi dengan matriks PP.

Sedangkan penelitian yang menggunakan *double* matriks masih jarang dilakukan, misalnya Hui et al., (2013) meneliti sifat mekanik komposit hibrid serat sisal dan bermatrik PLA dan PP, dan Dairi et al., (2015) juga meneliti komposit hibrid yang menggunakan serbuk kayu bermatrik *polypropylene* dan daur ulang *polyethylene terephthalate* (r-PET).

Berdasarkan jenis matriks dan hasil penelitian sebelumnya yang telah diuraikan diatas maka perlu untuk dilakukan penelitian komposit hibrid serat kenaf dan matriks yang menggunakan *Polypropylene* (PP) dan *Polyethylene* (PE) dikarenakan jenis matriks ini sesuai untuk kebutuhan panel otomotif dan untuk meningkatkan pemahaman terhadap material komposit hibrid terlebih komposit hibrid dengan *double* matriks, karena belum banyak peneliti yang mengulas komposit hibrid dengan *double* matriks

METODE PENELITIAN

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah serat kenaf yang didapatkan dari Balitas, Malang, Jawa Timur sebagai filler, dan lembaran PP dan LDPE sebagai matriks. Secara garis besar penelitian ini dapat digambarkan melalui diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar. 1 Diagram alir penelitian

A. Pembuatan Komposit Hibrid

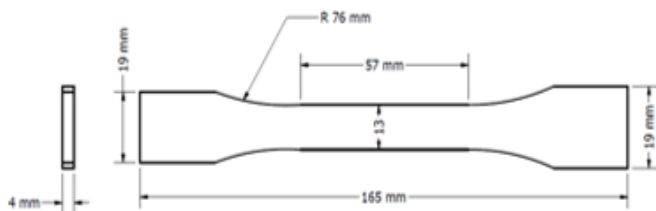
Pembuatan komposit hibrid serat kenaf diawali dengan pengadaan serat kenaf, matriks PP dan LDPE, dan NaOH. Serat kenaf terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran kemudian direndam menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi 6% selama 4 jam pada temperatur ruangan. Selanjutnya serat kenaf dibilas menggunakan air mengalir untuk memberisihkan kandungan NaOH pada serat kenaf. Serat kenaf dikeringkan selama 24 jam pada temperatur ruangan, setelah itu dioven sampai dengan temperatur 100°C untuk memastikan kandungan air pada serat kenaf berkurang. Kemudian dipotong dengan panjang ± 6 mm.

Lembaran matriks PP dan LDPE dipotong dengan ukuran panjang 170 mm dan lebar 20 mm menyesuaikan dengan ukuran *molding*. Kemudian menimbang massa serat kenaf, dan matriks PP dan LDPE sesuai dengan fraksi volume yang ditunjukkan apada Tabel 1. Penataan serat kenaf dan matriks PP dan LDPE membentuk lapisan sebanyak 21 lapisan terdiri dari 10 lapisan serat kenaf, 6 lapisan matriks PP, dan 5 Lapisan matriks LDPE.

Komposit hibrid serat kenaf difabrikasi menggunakan alat *hot press* dengan tekanan 25 kgf/cm² dengan temperature mencapai ±160°C. Fraksi volume serat dan matriks adalah 30%/70%, dengan variasi perbandingan fraksi volume matriks PP:LDPE 1:1, 2:1, dan 1:2. Komposit yang telah berhasil difabrikasi selanjutnya dilakukan preparasi spesimen uji tarik sesuai standar ASTM D 638-02a seperti yang di tunjukkan pada Gambar.2 menggunakan mesin CNC

Tabel 1. Perhitungan Perbandingan Fraksi Volume

Fraksi volume serat dan matriks 30% : 70%	Massa PP (gr)	Massa LDPE (gr)	Massa Serat Kenaf (gr)
PP/LDPE (1 : 1)	4,37	4,47	5,9
PP/LDPE (2 : 1)	5,83	2,97	5,9
PP/LDPE (1 : 2)	2,91	5,95	5,9



Gambar.2 Spesimen Uji Tarik

B. Pengujian Tarik Komposit

Komposit hibrid serat kenaf bermatriks PP dan LDPE diuji tarik mengacu pada standar ASTM D 638-02a menggunakan alat Zwick/Roell produksi Jerman. Uji tarik komposit hibrid dilakukan di Balai Besar Kulit, Karet, dan Plastik Yogyakarta.

Adapun Persamaan yang digunakan untuk menghitung pengujian tarik adalah sebagai berikut :

a. Tegangan Tarik/ *Engineering Stress*

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0} \dots\dots\dots (1)$$

b. Regangan Tarik/ *Engineering Strain*

$$\epsilon = \frac{l_t - l_0}{l_0} = \frac{\Delta L}{l_0} \dots\dots\dots (2)$$

c. Modulus Elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots (3)$$

C. Analisis

Setelah dilakukan uji tarik selanjutnya struktur patahan komposit hibrid akan dianalisa menggunakan alat SEM dan penampang lintang komposit akan dianalisa menggunakan mikroskop optik. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui korelasi antara uji optik dan uji SEM terhadap kekuatan tarik komposit hibrid serat kenaf bermatriks PP dan LDPE.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Tarik Komposit

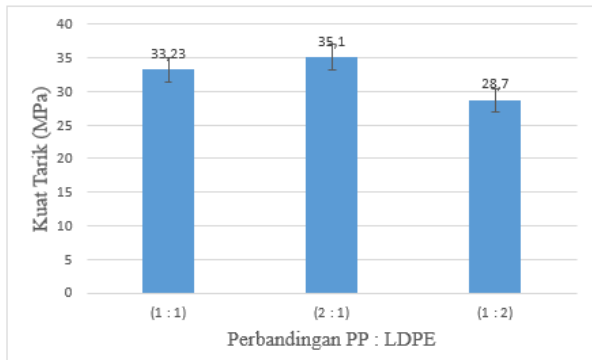
Pengujian tarik komposit hibrida menghasilkan tiga parameter kekuatan mekanik komposit diantaranya sebagai berikut :

(a). Kekuatan Tarik Komposit Hibrida

Hasil pengolahan data uji tarik didapatkan nilai kekuatan tarik komposit yang ditunjukkan pada Tabel 2. Perhitungan uji tarik merupakan nilai rata-rata dari 4 spesimen dengan nilai tertinggi.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Kuat Tarik Komposit

No	Perbandingan PP : LDPE	Kekuatan Tarik (MPa)			SD
		Minimal	Maksimal	Rata-Rata	
1	(1 : 1)	30,93	35,1	33,23	1,76
2	(2 : 1)	32,98	37,32	35,1	1,9
3	(1 : 2)	25,16	28,81	28,7	1,72



Gambar 3. Grafik Kekuatan Tarik

Grafik yang ditunjukkan pada Gambar.3 adalah hubungan antara kekuatan tarik perbandingan matriks PP : LDPE. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan nilai kekuatan tarik dari setiap bertambahnya volume matriks PP didalam komposit hibrid. Hal ini dikarenakan nilai kekuatan tarik dari kedua jenis matriks tersebut berbeda dimana nilai kekuatan tarik PP sebesar 41,4 MPa lebih tinggi dari pada nilai LDPE 31,4 MPa (Callister 2007), sehingga semakin bertambah volume PP pada matriks maka meningkatkan kuat tarik komposit hibrid serat kenaf dengan matriks PP dan LDPE.

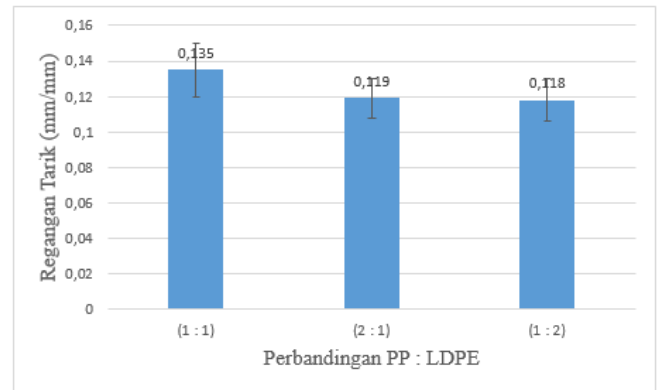
Jika dibandingkan dengan penelitian Dairi, et al., (2015) yang menggunakan serbuk kayu sebagai penguat serta PP dan r-PET sebagai matriks, maka penelitian ini memiliki peningkatan kekuatan tarik yang lebih tinggi. Dimana penelitian Dairi, et al., kekuatan tarik tertinggi pada perbandingan PP/r-PET/serbuk kayu (70% / 20% / 10%) yaitu sebesar 27 MPa, sedangkan pada perbandingan (60% / 20% / 20%), dan (50% / 20% / 30%) masing-masing sebesar 25 MPa dan 24 MPa. Hal ini kemungkinan dikarenakan penelitian Dairi, et al., menggunakan komposit dengan penguat serbuk kayu, sedangkan pada penelitian ini menggunakan penguat serat acak dengan panjang serat ± 6 mm yang memiliki kekuatan tarik lebih tinggi dibandingkan dengan komposit yang menggunakan jenis serbuk (Callister, 2009).

(b) Regangan Tarik Komposit

Hasil pengolahan data uji traik didapat nilai regangan tarik komposit hibrida yang ditunjukkan pada Tabel 3. Regangan tarik adalah perbandingan antara panjang komposit sesudah putus terhadap panjang komposit sebelum putus.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Regangan Komposit

No	Perbandingan PP : LDPE	Regangan (mm/mm)			SD
		Minimal	Maksimal	Rata-Rata	
1	(1 : 1)	0,121	0,158	0,135	0,015
2	(2 : 1)	0,108	0,135	0,119	0,011
3	(1 : 2)	0,118	0,144	0,118	0,012



Gambar.4 Grafik Regangan Tarik

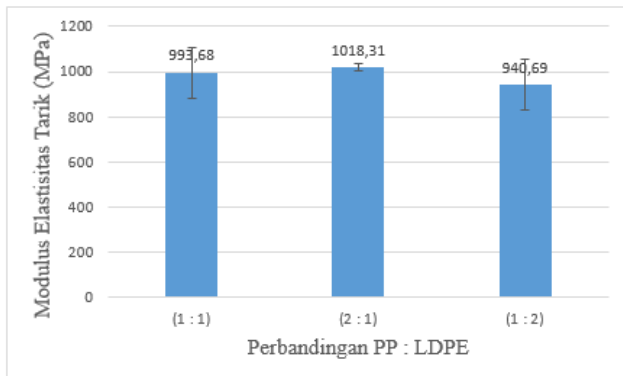
Gambar.4 menunjukkan nilai regangan tarik komposit tertinggi pada perbandingan PP:LDPE 1:1, kemudian diikuti oleh PP:LDPE 2:1 dan 1:2. Hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambahnya fraksi volume matriks PP semakin tinggi nilai regangan, namun terjadi lonjakan nilai regangan pada perbandingan PP:LDPE 1:1. Hal itu kemungkinan dipengaruhi oleh lapisan pada saat penyusunan matriks PP dan LDPE pada komposit hibrid, dimana pada fraksi volume PP dan LDPE 1:1 memiliki jumlah fraksi volum yang sama, sehingga campuran PP dan LDPE merata pada serat dan mengakibatkan nilai regangan yang tinggi pada komposit hibrid serat kenaf bermatriks PP dan LDPE.

(c) Modulus Elastisitas Tarik Komposit Hibrida

Hasil pengolahan data modulus elastisitas komposit dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Modulus Komposit

No	Perbandingan PP : LDPE	Modulus Elastis (MPa)			SD
		Minimal	Maksimal	Rata-Rata	
1	(1 : 1)	816,01	1092,35	993,68	112,53
2	(2 : 1)	985,68	1023,36	1018,31	16,89
3	(1 : 2)	713,66	986,68	940,69	113,87



Gambar.5 Grafik Modulus Elastisitas

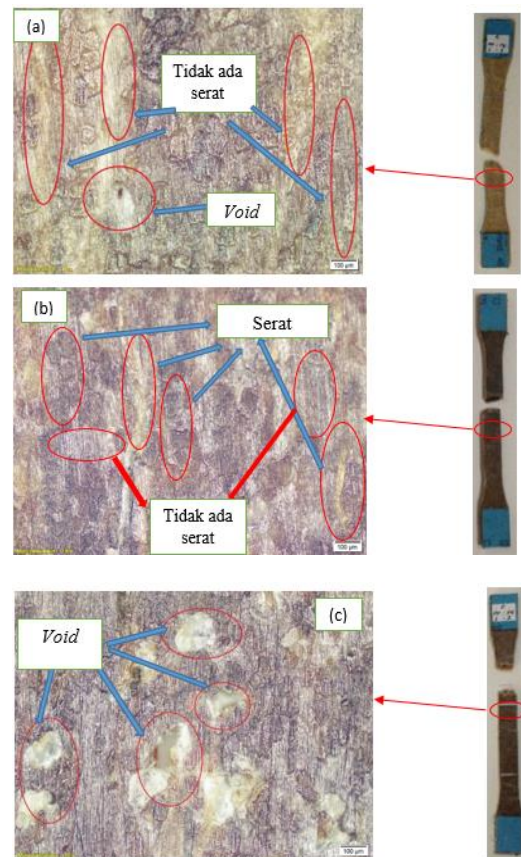
Gambar.5 adalah grafik hasil pengujian tarik pada komposit hibrida kenaf bermatriks PP dan LDPE yang menunjukkan nilai modulus elastisitas tertinggi pada perbandingan PP : LDPE 2:1. Hal ini membuktikan bahwa nilai modulus elastisitas dari komposit hibrid serat kenaf bermatriks PP dan LDPE dengan perbandingan volume PP dan LDPE 1:1, 2:1, dan 1:2 meningkat dengan semakin banyaknya volume dari PP. Hal tersebut dikarenakan nilai modulus elastisitas PP lebih tinggi yaitu sebesar 1,55 GPa, sedangkan nilai modulus elastisitas LDPE hanya sebesar 0,172 Gpa (Callister,2007).

Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Putra (2013) maka hasil modulus elastisitas pada penelitian ini jauh lebih tinggi. Hasil penelitian Putra (2013) komposit serat kenaf-PP pada konsentrasi alkalisasi 6 % NaOH mendapatkan nilai modulus elastisitas sebesar 912 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi PP dan LDPE pada matriks komposit hibrid sangat berpengaruh kepada modulus elastisitas tarik komposit hibrid.

B. Analisis Penampang Lintang Komposit

Dari Gambar.6 (a) komposit hibrida serat kenaf / PP:LDPE 1:1 terlihat adanya *void* pada komposit dan kurang meratanya distribusi serat (lihat anak panah biru). Hal ini disebabkan karena proses pencampuran serat hibrida terjadi secara tidak sempurna serta kurangnya tekanan pada saat melakukan pencetakan komposit yang menyebabkan timbulnya *void*.

Pada Gambar.6 (b) menunjukkan bahwa pada spesimen PP:LDPE 2:1 terlihat tidak adanya *void* dan terlihat distribusi serat cukup merata, namun ada beberapa bagian yang masih terlihat kosong atau tidak terdapat serat (lihat anak panah merah). Hal ini yang menyebabkan kekuatan tarik pada variasi fraksi volume PP:LDPE 2:1 meningkat, karena adanya rambatan tegangan pada saat komposit diberi pembebanan.



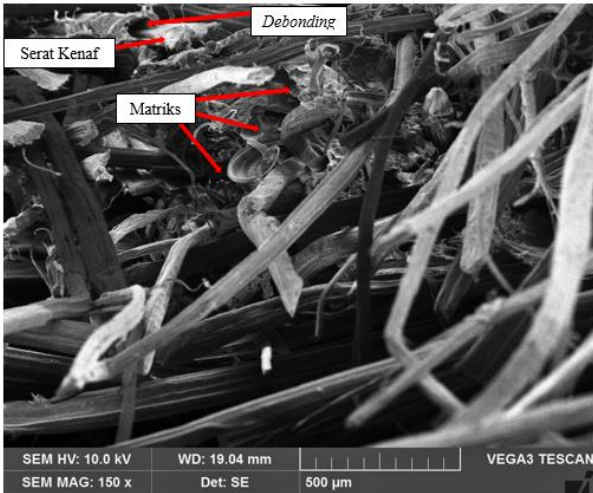
Gambar.6 Foto Penampang lintang (a) 1:1, (b) 2:1, dan (c) 1:2

Gambar.6 (c). menunjukkan hasil uji optik pada spesimen PP:LDPE 1:2 terdapat banyak *void* yang menyebabkan lemahnya kekuatan mekanik dari komposit hibrid serat kenaf/ PP:LDPE (lihat anak panah biru). Hal ini terjadi kemungkinan dikarenakan kurangnya penekanan saat proses pencetakan spesimen komposit sehingga gelembung udara yang terjebak tidak dapat keluar dengan sempurna, atau bisa terjadi dikarenakan serat kenaf yang digunakan sebagai penguat pada komposit hibrid masih dalam keadaan lembab sehingga pada saat pencetakan menggunakan suhu panas membuat serat yang lembab menimbulkan uap air yang terjebak didalam komposit.

Jadi, bila dilihat dari hasil uji optik pada penampang lintang komposit hibrid serat kenaf bermatriks PP:LDPE, penyebab dari menurunnya kekuatan tarik dari komposit adalah terdapat *void* pada komposit hibrid dan distribusi serat pada komposit yang tidak merata. *Void* pada komposit sangat berpengaruh pada kekuatan mekanik dari komposit tersebut, karena apabila komposit menerima beban, maka daerah tegangan akan langsung berpindah ke daerah *void* sehingga akan mengurangi kekuatan komposit tersebut (Rusmiyanto, 2007).

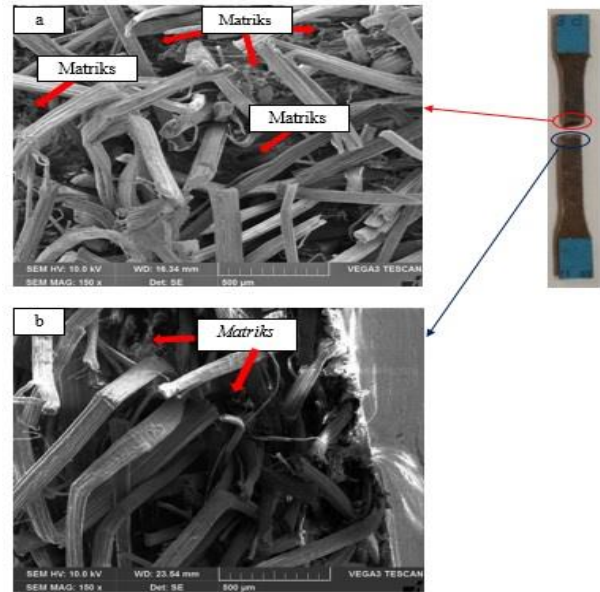
C. Hasil Uji SEM Permukaan Patahan

Analisis struktur patahan komposit hibrid menggunakan uji SEM. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui dan mempelajari morfologi struktur ikatan antara serat dengan matriks setelah dilakukan uji tarik. Sample yang digunakan untuk uji SEM adalah sample yang memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi. Hasil uji SEM ditunjukkan pada Gambar.7, Gambar.8, dan Gambar.9



Gambar.7 Foto SEM permukaan patahan komposit hibrid serat kenaf/PP:LDPE (1:1)

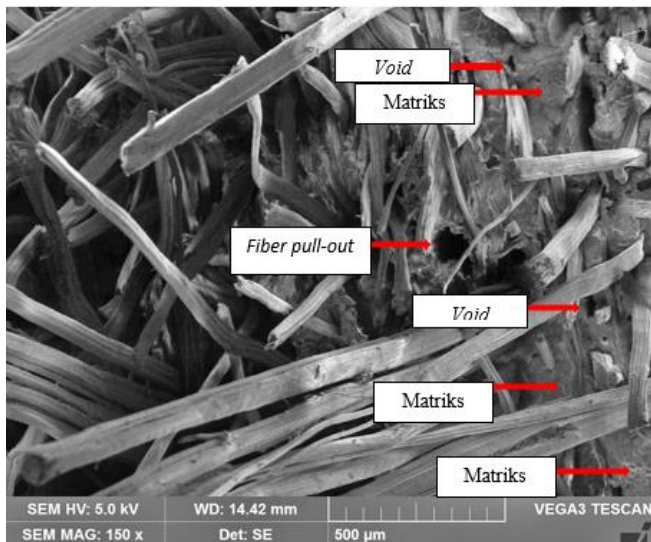
Foto uji SEM yang ditunjukkan pada Gambar.7, Gambar.8, dan Gambar.9 merupakan struktur morfologi dari patahan komposit hibrid serat kenaf bermatriks PP dan LDPE. Dari Gambar.7 struktur patahan komposit hibrid dengan matriks PP dan LDPE (1 : 1) terlihat adanya *debonding* yaitu ikatan antara serat kenaf dengan matriks terjadi secara tidak sempurna. Hal itu terjadi kemungkinan dikarenakan adanya kotoran yang terdapat pada serat kenaf sehingga serat dan matriks tidak terjadi ikatan yang sempurna. Pada Gambar.7 juga terlihat distribusi serat kurang merata (lihat anak panah) dimana terlihat matriks PP dan LDPE bercampur merata namun tidak terdapat adanya serat kenaf.



Gambar.8 (a) dan (b) Foto SEM permukaan patahan komposit hibrid serat kenaf/PP:LDPE (2:1)

Pada Gambar.8 (a) yang menunjukkan foto SEM struktur patahan komposit hibrid serat kenaf bermatriks PP : LDPE (2 : 1) terlihat bahwa serat kenaf terdistribusi secara merata, tidak terdapat *void*, dan ikatan antara serat kenaf dan matriks yang terlihat sangat baik, ini terbukti dengan tidak adanya *debonding* pada struktur patahan tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa serat kenaf menerima rambatan tegangan pada saat pengujian tarik komposit dengan cukup baik, yang menyebabkan nilai kekuatan tarik tertinggi pada perbandingan PP : LDPE (2 : 1).

Sedangkan pada Gambar. 8 (b) merupakan foto SEM dari pasangan struktur patahan komposit hibrid serat kenaf bermatriks PP : LDPE (2:1) (lihat anak panah biru pada Gambar.8). Pada foto struktur patahan ini terlihat distribusi serat merata dan tidak terlihat adanya *fiber pull-out*, *debonding*, maupun *void*. Hal ini membuktikan bahwa serat dan matriks pada komposit serat kenaf bermatriks PP : LDPE (2:1) ini mengikat secara kuat yang menyebabkan serat kenaf itu putus dan tidak tercabut dari matriksnya sehingga kekuatan tarik dari komposit serat kenaf bermatriks PP : LDPE (2:1) ini meningkat.



Gambar.19Foto SEM permukaan patahan komposit hibrid serat kenaf/PP:LDPE (1:2)

Gambar.9 menunjukkan foto SEM struktur patahan komposit hibrid dengan perbandingan matriks PP : LDPE (1 : 2). Pada Gambar.9 ini terlihat bahwa distribusi serat yang tidak merata, terdapat adanya *void*, dan *fiber pull out* atau serat yang tercabut dari matriks (lihat anak panah). *Fiber pull out* terjadi karena ikatan *interfacial* antara matriks dan serat yang kurang sempurna, sehingga hal tersebut berdampak pada kekuatan tarik komposit hibrid serat kenaf bermatriks PP dan LDPE (1 : 2) menjadi rendah.

Dari hasil uji SEM struktur patahan komposit hibrid maka terlihat korelasi dengan hasil uji optik penampang lintang komposit hibrid, dimana tinggi dan rendahnya nilai kekuatan tarik dari komposit hibrid serat kenaf bermatriks PP dan LDPE dipengaruhi oleh distribusi serat yang tidak merata, terdapat adanya *void*, terlihat adanya *debonding*, dan terjadi *fiber pull out* yang menyebabkan rendahnya kekuatan tarik dari komposit hibrid.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Komposit hibrid serat kenaf dengan matriks PP dan LDPE telah berhasil difabrikasi dengan perbandingan volume serat/matriks 30/70, dan perbandingan volume matriks PP:LDPE sebesar 1:1, 2:1, dan 1:2. Hasil pengujian tarik komposit hibrid dengan kekuatan tarik dan modulus elastis tertinggi diperoleh pada perbandingan PP:LDPE 2:1 sebesar 35,10 MPa, dan 1018,31 MPa. Volume PP 2:1 pada matriks meningkatkan

kekuatan tarik dari komposit hibrida serat kenaf.

2. Dari hasil uji optik dan SEM terlihat bahwa meningkatnya nilai kuat tarik komposit hibrid serat kenaf dengan matriks PP dan LDPE pada perbandingan 2:1 dikarenakan distribusi serat dalam matriks yang merata, tidak terlihat adanya *debonding*, dan *fiber pull out*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Selama proses penyelesaian dan penulisan Tugas Akhir ini banyak pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, serta dukungan. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis dengan senang hati menyampaikan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tercinta Bapak Gisariyo dan Ibu Erna Wahyuni atas kesabaran dalam mendidik penulis serta doa dan dukungannya dari awal sampai akhir.
2. Dr. Ir. Harini Sosiati, M.Eng., selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan motivasi serat bimbingan, baik selama proses perkuliahan maupun dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.SC, Ph.D. selaku ketua jurusan Teknik Mesin UMY serta selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan, bantuan, dan saran atas penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Ir. Kunto Wandono selaku konsultan yang senantiasa memberi masukan atas pengoprasian alat *hot compression moulding*.
5. Adik kandung tercinta Cahya Sari Pertiwi yang selalu mendukung dan mendoakan penulis.
6. Calon istri tercinta Aprillia Angreani Ebtasari yang selalu mendukung, mendoakan, dan menemani penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Sahabat ading, ading Alif Hermawan dan ading Yenda Ilmi Ummastiqoma yang selalu memberikan dukungannya. Semoga kita tetap selalu *solid*.
8. Teman – teman lembur Lab. Nano Dani, Ferdy, Yuzdhi, Oma, Shopi, Rizki, Rafi, Robert, Angga, Dian, Wawan, Arif beserta teman – teman yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.
9. Safwan Noor, selaku teman kontrakan yang selalu memberikan dukungannya.

10. Keluarga besar TAEKWONDO UMY terimakasih atas pengalaman yang telah diberikan selama 4 tahun terakhir ini, pengalaman yang tidak pernah didapatkan dibangku kuliah.
11. Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin UMY angkatan 2013 yang telah banyak membantu penyusunan Tugas Akhir ini.
12. Semua pihak terkait dengan penelitian ini yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu dan telah membantu secara langsung maupun tidak langsung, semoga Allah SWT membalas bantuan tersebut berlipat ganda, amin.

DAFTAR PUSTAKA

- Boimau, K., Domingus G.H. Adoe, Wenseslaus B., Yusak M.B (2012). Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap kekuatan Tarik Komposit *Hybrid* Berpenguat Serat Lontar Dan Serat Glass. Seminar Nasional dan Teknik. Kupang, Indonesia.
- Callister, William D (2007) *Materials Science and Engineering, An Intuduction*, Departement of Metallurgical Engineering The University of Utah, John Willey and Sons, Inc. Edisi 7. Hal.549
- Dairi, B., Hocine D., Amar B., Sebastien M., Ahmed K (2015) *Morphological, Mechanical, and Physical properties of Composites Made with Wood Flour-Reinforced polypropylene/Reycycled Poly (Ethylenen Terephthalate) Blends*.
- Gibson, R. F (1994). *Principles of Composite Materil Mechanics*. McGraw-Hill, Inc. New York, USA.
- Hariyanto, A (2015). Peningkatan Kekuatan Tarik dan Impak Pada rekayasa dan Manufaktur Bahan Komposit *Hybrid* Berpenguat Serat *E-glass* dan Serat kenaf bermatrik *Polyester* Untuk Panel *Interior Automotive*. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia.
- Hariyanto, A (2009). Pengaruh Fraksi Volume Komposit Seran Kenaf dan serat Rayon Bermatrik Poliester Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah surakarta. Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia
- Hui, Z., P. Sudhakara., Yi-qi Wang., Byung-sun Kim., Jung-il Song (2013) *Manufacturing and Mechanical Properties of Sisal Fiber Reinforced Hybrid Composites*. Korea. Vol.26, No.5, 273-278.
- Jawaid, M., Abdul Khalil, H.P.S (2011). *Cellulosic/synthetic fibre Reinforced Polymer Hybrid Composite : A Review.*” *Carbohydrate Polymers* 86(1), 1-8
- Jones, M. R (1999). *Mechanics of Composie Material*. Scripta Book Company. Washington DC.
- Mallick, P. K (2007). *Fiber Reinforced Composites, Materials, Manufacturing and Design*. Taylor & Francis Boca Raton, USA.
- Putra, A. K (2013). Pengaruh Variasi Komposisi Serat *E-glass* dan Serat Rami Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending Komposite Hibrida Rami/*E-glass*. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada. Yogyakarta, Indonesia.
- Putra, K. T. A (2013). Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Sifat mekanik Komposit Kenaf-*Polypropilene*. Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Sosiati, H., H. Pratiwi., Wijayanti, D A., Soekrisno. (2015). *The influence of Alkali Treatments on Tensile Strength and Surface Morphology of Cellulose Microfibrils*. *Advance Materials Research*, 1123, 147-150.
- Sosiati, H., Nahyudin, A Fauzi., Wijayanti D.A., Kuwat T. (2016). *Bio-composites Fabricated by Sandwiching Sisal Fibers with Polypropylenen (PP)*,20081, 1-6.