

Pembuatan dan Karakteristik Komposit Polimer Berpenguat *Bagasse*

Eqitha Dea Clareyna dan Lizda Johar Mawarani

Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: lizda@ep.its.ac.id

Abstrak—*Bagasse* memiliki kandungan serat yang cukup besar dan berpotensi digunakan sebagai bahan penguat dalam pembuatan komposit karena sifatnya yang kuat dan ringan. Dalam penelitian tugas akhir ini telah dibuat bahan komposit berpenguat *bagasse* dengan empat macam ukuran penguat yaitu serat *chopped* serta partikel berukuran 100 mesh, 140 mesh, dan 200 mesh. Pembuatan komposit menggunakan metode *hand lay-up* dan fraksi volume penguat divariasi dari 2,5% hingga 15%. Hasil karakterisasi yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan densitas terbaik dimiliki oleh sampel komposit dengan penguat berukuran 200 mesh sebanyak 7,5% volume. Kekuatan tarik sampel tersebut adalah 28,83 MPa dan densitasnya adalah 1,15 gr/cm³. Adapun kekuatan impact terbesar dimiliki oleh sampel komposit dengan 2,5% volume sebesar 0,00271 J/mm². Dengan demikian sampel komposit yang telah dibuat dapat digunakan sebagai alternatif bahan baku industri menggantikan tiang penyangga (*scantlings*) pada struktur kayu (*timber structure*) sesuai standar AS 1720.1.

Kata Kunci—*bagasse*, densitas, kekuatan impact, kekuatan tarik, komposit polimer

I. PENDAHULUAN

INDONESIA termasuk negara penghasil tebu yang terbesar di dunia. Bahkan, Indonesia pernah menjadi 5 negara penghasil tebu terbesar di dunia [1]. Dari seluruh perkebunan tebu di Indonesia, Indonesia memiliki hampir 358.000 ha dengan produksi tebu yang mencapai 6,02 ton/ha pada kisaran tahun 2005 [2]. Melimpahnya tanaman tebu di Indonesia menyebabkan hasil samping produksi tanaman tebu untuk menjadi gula juga sangat besar. Karena dalam proses produksi gula, tidak seluruh bagian tebu akan terpakai, sehingga sisanya akan menjadi limbah dari proses produksi tebu. Sementara ini di Indonesia, pemanfaatan limbah hasil produksi gula sangat terbatas, seperti halnya untuk pakan ternak dengan proses lebih lanjut [3], bahan baku kertas, dan biasanya sebagai bahan bakar untuk memasak tebu itu sendiri yang berpotensi untuk menimbulkan masalah polusi udara karena menimbulkan asap yang cukup tebal.

Sisa sampingan dari tebu yang digunakan sebagai gula cukup banyak, salah satunya adalah ampas tebu (*bagasse*). Perbandingan antara limbah tebu dengan produksi gula yang dihasilkan tidak sebanding. Dari seluruh produksi tebu diseluruh indonesia, hanya 2.154,4 ribu ton gula yang dihasilkan. Sedangkan kapasitas limbah *bagasse* yang dihasilkan berkisar 4.449,6 ribu ton [2]. Sehingga diperlukan pemanfaatan terhadap potensi ampas tebu yang cukup besar.

Dalam kehidupan sehari-hari bahan komposit banyak

sekali digunakan karena strukturnya yang kuat namun memiliki berat yang ringan. Diantaranya sebagai bahan dasar *body* mobil, bahkan pesawat yang membutuhkan struktur bahan yang kuat namun memiliki berat yang ringan. Komposit merupakan bahan yang terdiri atas fase penguat dan matriks. Hal ini yang menyebabkan komposit memiliki struktur yang kuat namun memiliki berat yang cukup ringan, sehingga sangat cocok digunakan sebagai bahan dasar berbagai macam bahan baku industri. Dari seluruh limbah tebu, *bagasse* memiliki kandungan serat yang cukup besar. Sehingga limbah *bagasse* sangat berpotensi digunakan sebagai bahan penguat dalam pembuatan komposit yang akan dimanfaatkan sebagai bahan baku industri. Selain kuat dan ringan, bahan baku industri yang berpenguat *bagasse* ini bisa dibbilang cukup murah karena bahan dasarnya didapatkan dari limbah pembuangan industri gula.

Kualitas dan karakteristik dari material komposit polimer merupakan hal yang harus diamati pada pembuatan material komposit. Kualitas dan karakteristik dari material dapat diamati dengan melakukan pengujian. Dalam penelitian tugas akhir ini difokuskan pada pengujian kekuatan tarik dan pengamatan struktur mikro. Pada pembuatan sampel uji komposit digunakan empat macam ukuran penguat yaitu serat *chopped* dan partikel berukuran 100 mesh, 140 mesh, dan 200 mesh. Serta fraksi volume penguat divariasi dari 2,5% hingga 15% dengan metode *hand lay-up*. Setelah pembuatan sampel uji selesai, dilakukan pengujian densitas, kekuatan tarik, dan kekuatan impact.

II. URAIAN PENELITIAN

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini adalah persiapan bahan dan alat, pembuatan sampel komposit, uji densitas, uji tarik, uji impact, dan uji validitas.

A. *Persiapan Bahan dan Alat*

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan sampel uji antara lain:

Bahan

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan sampel uji antara lain:

1) Ampas tebu (*Bagasse*)

Bagasse yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini, dibentuk menjadi serbuk dan serat. Ukuran serbuk yang digunakan yaitu 100 mesh, 140 mesh, dan 200 mesh. Serat yang digunakan adalah serat *chopped* dengan panjang 6 mm. Pengolahan *bagasse* dilakukan dengan cara *bagasse* dijemur di bawah terik matahari selama 4 jam. Kemudian dipanaskan dalam *furnace* dengan suhu 175°C selama 2 jam. Setelah itu, *bagasse*

dihaluskan menggunakan *dry mill* selama 2,5 menit. *Bagasse* yang telah dihaluskan kemudian disaring menggunakan saringan teh. Hasil saringan tersebut disaring kembali agar didapatkan hasil yang maksimal. Hasil saringan diayak menggunakan ayakan berukuran 100 mesh, 140 mesh, dan 200 mesh. Untuk penguat berukuran serat *chopped*, menggunakan serat yang tidak keluar melewati saringan.

2) Resin poliester

Resin poliester yang digunakan sebagai matriks dalam pembuatan sampel komposit adalah *Yukalac 157@ BTQN-EX*. Spesifikasi resin *Polyester Yukalac 157@ BTQN-EX* adalah sebagai berikut:

- Massa jenis: 1,19 gr/cm³
- Modulus *young* : 1,18 GPa

3) Katalis

Katalis yang digunakan memiliki senyawa *Metyl Etyl Keton Peroksida*. (MEKPO)

4) *Silica rubber* dan *hardener*

5) *Vaseline*

Alat

Peralatan yang dibutuhkan dalam pembuatan sampel uji antara lain:

- 1) Timbangan digital
- 2) Gelas ukur
- 3) Gelas plastik dan spatula kaca
- 4) Cetakan spesimen

Cetakan spesimen yang digunakan terbuat dari kaca sebagai alas dan plastisin sebagai pembentuk panjang lebar cetakan, dan *silica rubber* sebagai pencetaknya. Sampel yang tersedia dan sesuai dengan standar, digunakan sebagai “master”. Plastisin yang telah diatur lebar dan panjangnya dilekatkan di atas kaca sehingga terbentuk sebuah ruang. Kemudian “master” diletakkan di tengah ruang tersebut. *Silica rubber* yang telah dicampur *hardener*, dimasukkan ke dalam ruang yang telah terisi master. Setelah 5-7 hari, *silica rubber* telah menjadi keras dan dapat diangkat. Bagian dasar dari *silica rubber*, terbentuk sesuai dengan “master” nya. Ukuran cetakan spesimen sesuai dengan standar ASTM D 638 – 03 *Standard Test Method Tensile Properties of Plastics*.

Cetakan yang telah jadi, diukur kembali agar didapatkan nilai yang akurat. Setelah diukur, dihitung volume cetakan. Sehingga didapatkan volume cetakan sebesar 9.62576 cm³ atau 9.62576 ml.

Pembuatan cetakan untuk sampel uji impak, sama halnya dengan sampel uji tarik, tetapi dengan ukuran dan standar yang berbeda. Pada spesimen uji impak, cetakan yang digunakan adalah plastisin sebagai panjang dan lebarnya serta plastik mika sebagai alasnya. Plastisin diatur panjang dan lebarnya sesuai dengan ASTM D 6110 - 02.

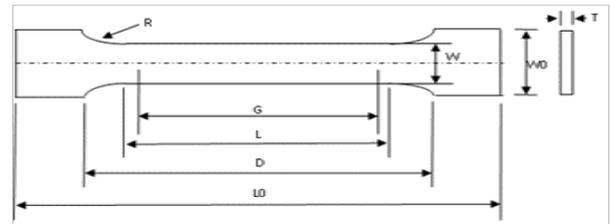
5) Alat uji tarik Instron *Universal Tensile Machine* (UTM)

6) Ayakan berukuran 100, 140, dan 200 mesh

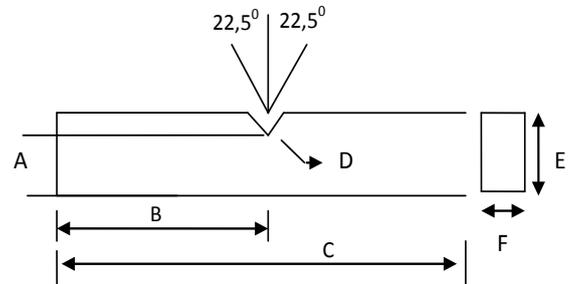
7) Alat uji impak *charpy*

8) Alat bantu lain

Penggaris, gunting, kaca, air, plastisin, saringan, pipet tetes, amplas ukuran P600, dan *dry mill* merk Miyako



Gambar 1. Spesifikasi cetakan ASTM D 638 – 03.



Gambar 2. Spesifikasi cetakan ASTM D 6110 - 02.

Tabel 1.

Ukuran cetakan ASTM D 638 - 03, T=4mm

Dimensi	Panjang (mm)	Toleransi (mm)
W - Width of narrow section	13	± 0,5
L - Length of narrow section	57	± 0,5
W0 - Width overall	19	± 6,4
LO - Length overall	165	no max
G - Gage length	50	± 0,25
D - Distance between grips	115	±5
R - Radius of fillet	60	± 1

Tabel 2.

Ukuran cetakan ASTM D 6110 - 02

Dimensi	Panjang (mm)
A	10,16 ± 0,05
B	61,0 min - 63,5 max
C	124,5 min - 127max
D	0,25 R ± 0,05
E	12,7 ± 0,15
F	3 min - 12,7 max

B. Pembuatan Komposit

Langkah awal dalam pembuatan komposit adalah penentuan nilai densitas *bagasse*. Densitas *bagasse* didapatkan dengan percobaan. Percobaan awal yaitu *bagasse* seberat 10 gr dan air 150 ml disiapkan terlebih dahulu, kemudian *bagasse* dimasukkan ke dalam air. Volume air setelah *bagasse* dimasukkan sebesar 162,5 ml. Volume kenaikan air merupakan v, m adalah massa *bagasse* 10 gr, dan ρ adalah densitas. Jika dimasukkan ke persamaan

$$\rho = \frac{m}{v} \tag{1}$$

didapatkan densitas *bagasse* sebesar 0,8 gr/cm³.

Penentuan Komposisi

Penentuan komposisi merupakan hal penting dalam pembuatan komposit. Perbandingan komposisi pada komposit dapat dibagi menjadi dua, yaitu komposisi resin poliester : katalis dan polimer (resin dan katalis) : penguat (*bagasse*). Karakteristik komposit dipengaruhi oleh komposisi tersebut.

1) Perbandingan resin poliester : katalis
Terdapat beberapa referensi yang memberikan penjelasan mengenai komposisi resin poliester dan katalis. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Lokantara (2012) dan Kartini *et al* (2002), perbandingan resin poliester : katalis yaitu 100 : 1. Sehingga perbandingan resin poliester : katalis tersebut yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini.

2) Fraksi volume penguat
Dalam pembuatan komposit perbandingan matriks dan penguat, tidak menggunakan perbandingan massa melainkan volume. Fraksi volume penguat yang digunakan adalah 0% , 2,5% , 5% , 7,5% , 10% , 12,5% , dan 15%. Perbandingan tersebut dalam satuan % volume. Untuk sampel uji tarik dengan fraksi volume matriks 100%, yang dimaksud adalah volume cetakan yaitu 9,6258 cm³. Karena pada pembuatan komposit menggunakan satuan volume, maka untuk kebutuhan pengukuran perlu dikonversikan ke massa rujuk ke (1). Dimana pada pembuatan resin *Polyester Yukalac 157® BTQN-EX* adalah 1,215 gr/cm³ dan densitas *bagasse* adalah 0,8 gr/cm³. Komposisi sampel uji tarik dapat dilihat pada Tabel 3.

Pada cetakan sampel uji impact, berbeda dengan cetakan sampel uji tarik karena standar yang dipakai pun berbeda. 100% volume matriks sama dengan volume cetakan yaitu 8,001 cm³. Volume cetakan sampel uji impact lebih kecil daripada cetakan sampel uji tarik. Sama halnya dengan sampel uji tarik, fraksi volume diubah menjadi satuan volume dan massa. Sehingga jika dikonversikan menjadi volume dan massa Tabel 4.

Metode konvensional atau yang biasa dikenal dengan metode *hand lay-up* digunakan dalam pembuatan spesimen komposit tugas akhir ini. Terdapat beberapa langkah dalam pembuatan spesimen komposit. Langkah awal yaitu massa *bagasse* yang sudah dalam bentuk serbuk maupun serat *chopped* ditimbang sesuai dengan perbandingan volume yang telah dikonversikan ke massa. Kemudian resin juga ditimbang sesuai dengan massa dari masing-masing variasi massa. resin dan *bagasse* dimasukkan ke dalam gelas plastik kemudian diaduk dengan spatula kaca. Pengadukan dilakukan secara perlahan selama 6 menit. Hal tersebut bertujuan agar tidak timbulnya *void* ketika pengadukan dan agar tercampur secara merata. Setelah tercampur merata, ditambahkan katalis sebanyak 1% dari resin. Kemudian diaduk kembali secara perlahan selama 2 menit. Campuran tersebut dituang ke dalam cetakan yang telah disiapkan. Kemudian permukaan spesimen diratakan dan diamkan selama 24 jam. Setelah spesimen komposit kering, spesimen dikeluarkan dari cetakan dan diratakan permukaannya menggunakan amplas halus ukuran P600. Spesimen yang telah jadi merupakan sampel siap uji.

C. Uji Karakterisasi

Karakteristik dari sampel uji komposit yang akan diuji adalah karakteristik densitas, kekuatan tarik, dan kekuatan impact.

Tabel 3.

Komposisi pada sampel uji tarik

Polimer		Bagasse			
%	cm ³	gr	%	cm ³	gr
100	9,6258	11,695	0	0	0
97,5	9,3852	11,403	2,5	0,2406	0,1925
95	9,1444	11,11	5	0,4814	0,3851
92,5	8,9039	10,818	7,5	0,7219	0,5775
90	8,6632	10,526	10	0,9626	0,7701
87,5	8,4226	10,233	12,5	1,2032	0,9626
85	8,1819	9,941	15	1,4439	1,1551

Tabel 4.

Komposisi pada sampel uji impact

Polimer		Bagasse			
%	cm ³	gr	%	cm ³	gr
100	8,001	9,721	0	0	0
97,5	7,80	9,477	2,5	0,2	0,16
95	7,6	9,23	5	0,4	0,32
92,5	7,4	8,99	7,5	0,6	0,48
90	7,2	8,71	10	0,8	0,64
87,5	7	8,5	12,5	1	0,8
85	6,8	8,26	15	1,2	0,96



Gambar 3. Mesin Instron UTM

Uji Densitas

Densitas masing-masing sampel uji tarik dan uji impact rujuk ke (1). Pengujian densitas komposit dilakukan sama seperti pengujian densitas *bagasse*. Sampel uji ditimbang terlebih dahulu kemudian dimasukkan ke dalam air 300 ml. Kenaikan volume air, merupakan volume sampel uji. Setelah didapatkan nilai massa dan volume, maka densitas sampel uji dapat diketahui.

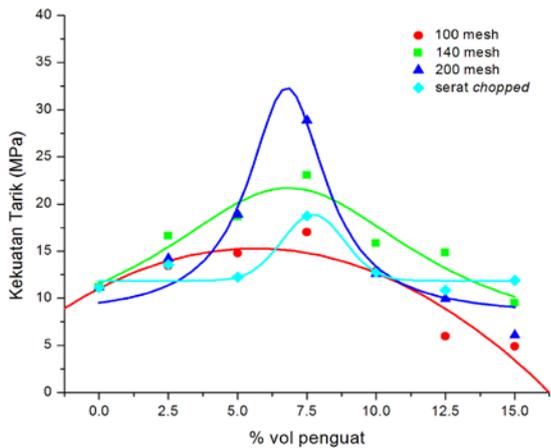
Uji Tarik

Kekuatan tarik suatu bahan merupakan salah satu sifat mekanik dari suatu bahan. Agar kekuatan tarik suatu bahan dapat diketahui, perlu dilakukannya uji tarik. Uji tarik dilakukan menggunakan mesin pengujian tarik. Berikut gambar mesin uji tarik

Dari uji tarik tersebut, dapat diperoleh data berupa gaya tarik maksimum suatu bahan dan perubahan panjang sampel saat ditarik hingga putus. Panjang mula - mula sampel yaitu 16,25 cm dan luas mula-mula sampel yaitu 0,84 cm². Langkah awal dalam uji tarik yaitu sampel siap uji dipasang bagian atas dan bawahnya pada *grip* mesin uji tarik. Kemudian mesin uji tarik dinyalakan dan mulai menarik



Gambar 4. Mesin uji impact



Gambar 5. Kekuatan tarik sampel komposit

sampel ke atas dan ke bawah secara bersamaan dengan kenaikan gaya sebesar 0,001 KN. Pada gaya tarik tertentu, sampel akan terjadi deformasi berupa pemutusan. Data-data yang didapatkan kemudian diolah menjadi bentuk grafik.

Uji Impact

Kekuatan impact sebuah material merupakan ketahanan sebuah material terhadap gaya yang diberi secara tiba-tiba. Impact dilakukan dengan menumbuk benda uji menggunakan pendulum yang diayukan. Impact merupakan energi kinetik yang dibutuhkan agar material patah. Berikut gambar mesin uji tarik (Gambar 4).

Dalam pengujian kekuatan impact, langkah awal adalah sampel yang telah siap uji diletakkan pada mesin uji impact. Letak awal pendulum diatur pada sudut 130° sebagai α. Setelah posisi takik spesimen tepat pada pusat pendulum, jarum indikator sudut akhir diatur pada posisi 0°. Pendulum yang telah diatur pada sudut 130° dilepas. Sampel uji yang terkena beban pendulum mengalami deformasi berupa patahan. Sudut akhir pergerakan pendulum dicatat sebagai β. Lalu sesuai dengan persamaan

$$IS = \frac{EI}{A} = \frac{W \cdot \lambda (\cos \beta - \cos \alpha)}{A} \tag{2}$$

maka didapatkan nilai energi impact dan kekuatan impact.

Uji Validitas

Uji validitas digunakan untuk membuktikan bahwa modulus elastisitas suatu bahan setara dengan perhitungan prediksi. Pada uji validitas, digunakan *rule of mixtures*. Langkah pertama yaitu menentukan *upper bound* dan *lower bound* sesuai dengan persamaan

$$E_c(u) = E_m v_m + E_f v_f \tag{3}$$

$$E_c(l) = \frac{E_m E_f}{v_m E_f + v_f E_m} \tag{4}$$

Setelah didapatkan data, plot data *upper bound* dan *lower bound* - %vol penguat ke dalam grafik. Setelah didapatkan garis *upper bound* dan *lower bound* kemudian plot grafik modulus elastisitas sampel yang telah diuji tarik ke dalam grafik *upper bound* dan *lower bound* - %vol penguat. Modulus elastisitas dari sampel uji yang berada di luar area *upper bound* dan *lower bound* merupakan sampel uji yang nilai modulus elastisitasnya di luar prediksi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel uji dibuat dengan tujuh variasi fraksi volume serta masing-masing sampel dibuat rangkap tiga. Di dalam variasi fraksi volume dibuat juga polimer tanpa penguat sebagai sampel pembanding. Sampel uji yang telah dibuat dengan berbagai macam variasi dianalisis perbedaan dari masing - masing sampel. Sampel uji tersebut dianalisis densitas, kekuatan tarik, dan kekuatan impactnya.

A. Hasil Karakterisasi

Karakterisasi yang diamati pada sampel komposit yang telah dibuat meliputi karakterisasi kekuatan tarik, kekuatan impact, dan densitas.

Kekuatan tarik

Sampel komposit dengan empat variasi ukuran penguat dan tujuh variasi fraksi volume, diuji kekuatannya. Kekuatan tarik sampel komposit yang telah dibuat tampak pada Gambar 5. Gambar tersebut menunjukkan bahwa pada semua ukuran penguat, didapatkan nilai kekuatan tarik terbesar pada fraksi volume 7,5%. Pada fraksi volume 7,5% nilai kekuatan tarik yang paling kecil dari semua ukuran penguat adalah pada sampel komposit dengan ukuran penguat 100 mesh. Sedangkan nilai kekuatan tarik yang paling tinggi dari semua ukuran penguat adalah pada sampel komposit dengan ukuran penguat 200 mesh.

Dari seluruh nilai kekuatan tarik berbagai ukuran penguat, memiliki pola nilai yang sama yakni sampai fraksi volume 7,5%, semakin bertambahnya penguat semakin tinggi kekuatannya. Tetapi fraksi volume melebihi 7,5%, kekuatannya mengalami kenaikan nilai hingga fraksi volume 7,5% disebabkan karena bertambahnya penguat semakin menambah kekuatan tarik suatu komposit dan semakin sedikit cacat yang dimiliki oleh sampel komposit (perhatikan Gambar 5).

Kekuatan Impact

Dalam pengujian kekuatan impact tugas akhir ini, bentuk penguat yang dipakai hanya serat *chopped*. Pengujian kekuatan impact bertujuan untuk mengetahui sifat getas suatu bahan. Serta ketahanan bahan saat diberi gaya secara tiba-tiba. Dalam pengujian kekuatan impact diperoleh berbagai data sehingga dapat diketahui kekuatan impactnya.

Tabel 5.

Kekuatan impact sampel uji berpenguat ukuran serat <i>chopped</i>					
% Volume Penguat (%)	ρ (gr/cm ³)	β (°)	A (mm ²)	EI (J)	IS (J/mm ²)
0	1,464	126,2	105,56	0,31	0,00294
2,5	1,162	126,5	104,72	0,284	0,00271
5	1,2141	127	105,165	0,243	0,00231
7,5	1,228	127,3	105,455	0,218	0,00207
10	1,1259	128	104,99	0,161	0,00153
12,5	1,1101	127,9	106,72	0,169	0,00158
15	1,1178	128,3	104,24	0,185	0,00178

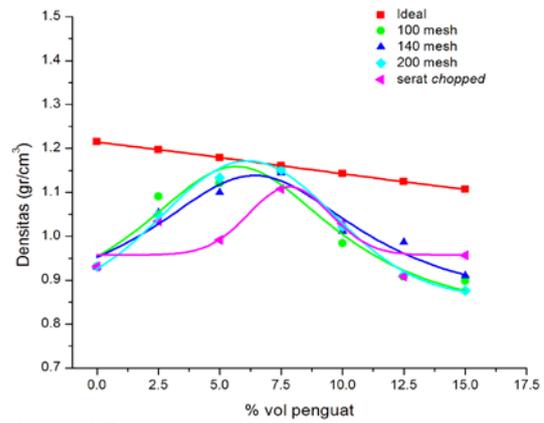
Nilai awal yang didapatkan dari pengujian kekuatan impact adalah β . Dimana β adalah sudut ayunan mematahkan benda uji. Saat benda uji dihantam oleh pendulum, sudut ayunan pendulum tersebut adalah β . Rujuk ke (2), maka didapatkan nilai energi impact dan kekuatan impact. Nilai kekuatan impact terbesar adalah pada fraksi volume 2,5%. Sedangkan nilai kekuatan impact terkecil adalah pada fraksi volume 10%. Kekuatan tarik berbanding terbalik dengan kekuatan impact. Semakin kecil β , maka semakin baik kekuatan impact suatu bahan. Karena sudut β yang kecil, dapat disimpulkan bahwa, sampel uji lebih mampu menahan gerakan pendulum daripada sudut β besar. Pada karakterisasi kekuatan impact, sampel komposit dengan fraksi 2,5% memiliki kekuatan impact yang paling baik.

Densitas

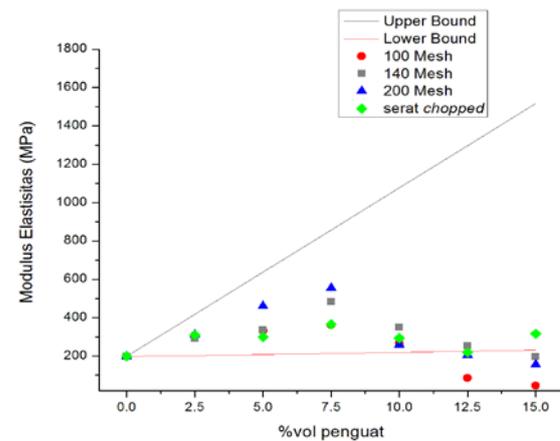
Selain karakteristik kekuatan tarik dan kekuatan impact, sampel uji juga diuji densitasnya. Densitas suatu bahan sama halnya dengan kerapatan massa suatu bahan. Densitas juga berarti sifat ringan dari suatu bahan. Densitas dapat dipengaruhi oleh *void* atau cacat yang ada pada sebuah bahan. Semakin banyak *void*, maka densitas akan semakin kecil nilainya begitu pula sebaliknya. Selain *void*, densitas juga dapat dipengaruhi oleh ikatan antar muka *bagasse* dan polimernya. *Basasse* dan polimer yang tidak terikat baik, menyebabkan densitas rendah dikarenakan adanya ruang kosong di sekitar *bagasse* yang tidak merekat pada polimer begitu pula sebaliknya. Hal-hal tersebut dapat diamati dalam struktur mikro permukaan patah sampel uji tarik.

Pada Gambar 6, sampel komposit yang memiliki nilai hampir sama dengan kondisi ideal adalah pada fraksi volume penguat 7,5%. Sama halnya dengan nilai kekuatan tarik pada Gambar 5, bahwa semakin banyak penguat yang digunakan sampai batas fraksi volume penguat 7,5%, maka semakin sedikit pula perbedaan densitas sampel komposit dengan kondisi ideal.

Densitas yang menurun, berbanding lurus dengan cacat yang dimiliki suatu bahan. Semakin tinggi densitas, maka semakin sedikit cacat atau sebaliknya. Yang dimaksud dengan kondisi ideal adalah kondisi dimana sampel komposit dalam keadaan sempurna. Densitas sampel komposit yang berbeda jauh dari kondisi ideal, sampel komposit tersebut memiliki banyak *void* atau tidak meratanya ikatan antar muka *bagasse* dan polimernya. Sedangkan, densitas sampel komposit yang paling mendekati kondisi ideal merupakan sampel komposit dengan cacat paling sedikit atau *bagasse* dan polimer memiliki ikatan yang baik.



Gambar 6. Densitas sampel komposit



Gambar 7. Uji validitas sampel komposit

Nilai densitas yang memiliki perbedaan paling jauh dari kondisi ideal adalah pada fraksi volume penguat 0% dan 15%. Pada 15%, banyaknya penguat yang digunakan semakin menimbulkan banyaknya *void* pula. Selain itu, semakin banyak penguat yang digunakan, interaksi antar penguat dan matriknya semakin tidak merata. Sehingga menyebabkan adanya penguat yang tidak berikatan dengan matriknya.

Validitas

Dari hasil uji tarik, diperoleh nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas masing-masing sampel komposit. Nilai modulus elastisitas sampel komposit dilakukan uji validitas. Hasil uji validitas dapat dilihat pada Gambar 7.

Dalam uji validitas ini, digunakan 25 nilai modulus elastisitas dari tiap fraksi volume dan ukuran penguat. Dari hasil uji validitas, didapatkan adanya sampel uji yang sesuai dan tidak sesuai dengan prediksi. Dari 25 nilai modulus elastisitas yang diplot, yang tidak masuk dalam batas atas dan bawah sebanyak enam nilai modulus elastisitas Enam nilai modulus elastisitas yang berada di luar batas atas dan bawah dimiliki oleh fraksi volume 12,5% dan 15%. Pada fraksi volume 12,5%, sampel komposit yang berada di luar batas atas dan bawah antara lain pada ukuran penguat 100 mesh, 200 mesh, dan serat *chopped*. Sedangkan pada fraksi volume 15% antara lain pada ukuran penguat 100 mesh, 140 mesh, dan 200 mesh. Sedangkan fraksi volume 0 hingga 10%, memiliki nilai modulus elastisitas yang sesuai dengan prediksi.

B. Pembahasan

Untuk menganalisis pengaruh penguat pada karakteristik sampel juga dapat diamati pada ukuran penguat sampel komposit. Pengaruh ukuran penguat pada sampel komposit terhadap kekuatan tarik dan densitasnya dapat dilihat pada Gambar 8. Pada gambar tersebut terlihat bahwa bentuk penguat yang memiliki kekuatan tarik tertinggi adalah ukuran 200 mesh. Hal ini membuktikan bahwa semakin kecil penguat yang digunakan, semakin baik kekuatan tariknya. Kekuatan tarik sampel yang paling rendah yaitu pada fraksi volume penguat 0%, karena sampel tersebut tidak menggunakan penguat dalam pembuatannya.

Pada karakteristik densitas, semakin kecil ukuran penguat maka semakin besar densitas sampel uji. Hal tersebut karena semakin kecil penguat, semakin mudah *bagasse* berikatan dengan matriksnya sehingga semakin kecil pula kemungkinan terbentuknya *void*. Dapat disimpulkan bahwa semakin kecil penguat komposit maka semakin besar kekuatan dan densitasnya. Dari hasil nilai kekuatan tarik pada tugas akhir ini, jika dibandingkan dengan penelitian lain dapat dilihat pada Gambar 9.

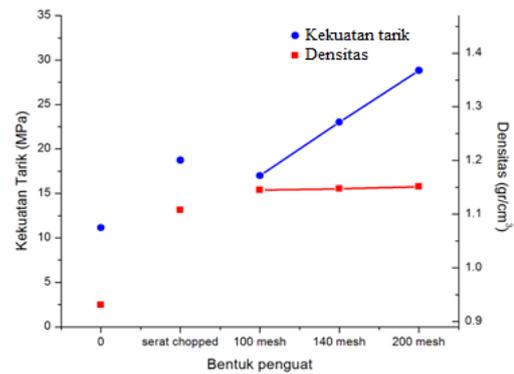
Dari berbagai penelitian, yang menggunakan penguat dan bentuk penguat berbeda-beda, didapatkan perbedaan nilai. Pada penelitian Daniel (2011) [4], peneliti mendapatkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 40,82 MPa menggunakan penguat serat gelas dan 38,57 MPa menggunakan serat bambu. Terdapat perbedaan yang sangat jauh antara hasil penelitian lain dengan tugas akhir ini yang menggunakan serat *bagasse* sebagai penguatnya. Tetapi pada bentuk penguat partikel, tidak terlalu jauh perbedaan nilai kekuatan tariknya. Dalam tugas akhir ini didapatkan nilai kekuatan tarik tertinggi pada penguat serat sebesar 18,73 sedangkan pada penguat serbuk sebesar 28,83 MPa.

Penelitian Buyung (2012) [5] menggunakan serat bambu sebagai penguat komposit polimer dan didapatkan nilai kekuatan tarik tertinggi 115,64 MPa. Maman (2010) menggunakan serbuk Al_2O_3 sebagai penguat komposit logam dan memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 213,38 MPa. Pada penelitian Arfan (2006) [6] menggunakan serbuk aluminium sebagai penguat komposit polimer dan didapatkan nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 38,3 MPa. Heryastika (2006) [7] menggunakan serbuk karbon sebagai penguatnya dan memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 33,77 MPa. Dan pada penelitian Wirsanto (2007) [8], peneliti menggunakan serbuk kayu sebagai penguat komposit polimer dan didapatkan nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 24,6 MPa. Serbuk karbon, kayu, dan aluminium dibandingkan dengan serbuk ampas tebu memiliki karakteristik yang jauh berbeda, tetapi jika diaplikasikan sebagai penguat komposit tidak terlampau jauh. Dapat disimpulkan bahwa sampel komposit berpenguat partikel memiliki karakteristik lebih baik dibandingkan dengan sampel berpenguat serat.

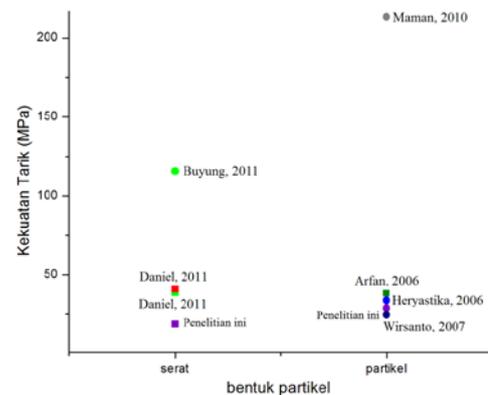
IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Penambahan penguat sampel komposit hingga fraksi volume penguat 7,5% memiliki kekuatan tarik dan densitas yang semakin tinggi. Sedangkan fraksi volume lebih dari 7,5% memiliki kekuatan tarik dan densitas yang semakin rendah.



Gambar 8. Pengaruh bentuk penguat terhadap kekuatan tarik dan densitas pada sampel komposit dengan fraksi volume 7,5%.



Gambar 9. Kekuatan tarik berbagai penelitian terhadap bentuk penguat.

- 2) Sampel komposit dengan penguat berukuran 200 mesh sebanyak 7,5% volume merupakan sampel terbaik dengan kekuatan tarik sebesar 28,83 MPa dan nilai densitas sebesar 1,15 gr/cm³.
- 3) Kekuatan impak tertinggi dimiliki oleh sampel komposit berpenguat serat *chopped* dengan fraksi volume penguat 2,5% yakni sebesar 0,00271 J/mm².
- 4) Komposit yang dikembangkan dapat digunakan sebagai alternatif bahan baku industri menggantikan tian penyangga (*scantlings*) pada struktur kayu (*timber structure*) sesuai standar AS 1720.1.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahid, P., S. Arifin, E. Karmawati dan T. Subagyo. 1999. Ketersediaan dan pemanfaatan iptek tanaman perkebunan/industri bahan pangan. Pros. Analisis Ketersediaan Sumberdaya Pembangunan Pertanian Berkelanjutan: 1. Sumberdaya pangan dan Lingkungan hidup. Jakarta, 8 Juni 1999. Badan Litbang Pertanian, Jakarta. hlm. 152 – 178.
- [2] BPS. 2006. Statistik Indonesia 2005/2006. Biro Pusat Statistik, Jakarta.
- [3] Kuswandi. 2007. *Teknologi Pakan Untuk Limbah Tebu (Fraksi Serat) Sebagai Pakan Ternak Ruminansia*. Balai Penelitian Ternak. Bogor. Indonesia.
- [4] Purwanto, Daniel Andri. 2011. Karakterisasi Komposit Berpenguat Serat Bambu Dan Serat Gelas Sebagai Alternatif Bahan Baku Industri. Surabaya. Indonesia.
- [5] Hirmawan, B. 2011. *Sifat Mekanik Komposit Serat Bambu Akibat Pengaruh Musim Hujan dengan/tanpa Pelapisan*. Surabaya. Indonesia.
- [6] Wijaya, A. 2006. *Penentuan Fraksi Filler Serbuk Aluminium dalam Pembuatan Komposit Epoksi Sebagai Bahan Alternatif Baling-Baling Kincir Angin*. Surabaya. Indonesia.
- [7] Heryastika, IPG. 2006. *Sintesis dan Karakterisasi Komposit Epoksi/Karbon Sebagai Bahan Baling-Baling Kincir Angin*. Surabaya. Indonesia.
- [8] Palangan, W. 2007. *Pengaruh Jenis Serbuk Kayu terhadap Sifat Mekanik Komposit Polyethylene / Serbuk Kayu*. Surabaya. Indonesia.