

## Sifat-sifat Lentur Papan Partikel Komposit Kulit Kacang Tanah/Epoksi

Sudarisman\*, Muhammad Budi Nur Rahman, Awang Darmawan

Department of Mechanical Engineering, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jl. Lingkar Barat Tamantirto, Kasihan, Yogyakarta 55183, INDONESIA

\*Email: sudarisman@umy.ac.id

### Abstrak

**Keywords:**  
Peanut shell;  
epoxy; filler size;  
lentur properties.

*Flexural properties, i.e. load-displacement response, flexural strength, failure strain and modulus, of peanut shell particle-reinforced epoxy composites have been investigated. Four different fiber contents, i.e. 0, 20, 30 and 40 vol%, have been fabricated by means of press mold technique, and two particle sizes of passing through of mesh 11 but not for mesh 16, and passing through 16 sievers have been utilized. Specimen preparation and testing were carried out in accordance with the ASTM D1037. Failure modes were evaluated by closely observing representative photo macrographs of randomly selected failed specimens. The result revealed that the finer the particles, the higher the flexural strength and flexural modulus. To the contrary, finer particle size resulted in lower strain to failure. Almost all specimens show considerably linear lateral force-deflection relations up to close to failure. Specimens being produced using coarser particles achieved the highest flexural strength and modulus of 38.69 MPa and 2.141 GPa, respectively, at  $V_f = 20\%$ , while the highest flexural strain to failure of 2.48 % was achieved at  $V_f = 40\%$ . Specimens being produced using finer particles achieved the highest lentur strength and strain to failure of 43.77 MPa and 2.01 %, respectively, at  $V_f = 30\%$ , while the highest lentur modulus of 2.618 GPa was achieved at  $V_f = 40\%$ . Unlike pure epoxy specimens which underwent brittle fracture along with broken into pieces, those filled with peanut particles underwent single-plane brittle fracture.*

### 1. PENDAHULUAN

Meningkatnya kesadaran akan perlunya pelestarian lingkungan menyebabkan berkurangnya pasokan kayu hasil hutan (Priyono, 2001) yang diperlukan industri furniture selama beberapa dasawarsa terakhir ini. Produk kayu hasil hutan total (BPS, 2016), yakni kayu gelondongan, gergajian dan lapis turun dari 53.669.214 m<sup>3</sup> pada 2012 menjadi 40.695.999 m<sup>3</sup> pada 2015. Penurunan pasokan tersebut perlu disubstitusi demi terjaminnya kebutuhan industri bidang pengolahan kayu. Beberapa jenis potensi lokal dari alam, baik yang berupa serat maupun pertikel, telah diteliti untuk digunakan sebagai material pengisi produk pengganti kayu alami.

Sidiq (2011) melakukan penelitian tentang karakteristik lentur komposit bermatrik epoksi berpenguat serat serabut kelapa. Dilaporkan bahwa kekuatan lentur menurun, sedangkan modulus elastisitas dan regangan lentur naik dengan naiknya kadar serat. Kuat lentur tertinggi 77,93 MPa diperoleh pada  $V_f=0\%$ , atau epoksi tanpa penguat. Sedangkan regangan dan modulus lentur tertinggi sebesar berturut-turut 0,0492 mm/mm dan 1,65 GPa tertinggi pada  $V_f=55,6\%$ . Moda patah yang terjadi adalah patah tunggal pada kandungan serat yang redah 0% sampai dengan 31,7%, dan patah banyak yang didahului *debonding* yang disertai *fiber pullout* pada  $V_f$  yang lebih tinggi sampai dengan 55,6%. Hendarto (2011) melaporkan bahwa makin tinggi  $V_f$  akan makin tinggi pula kekuatan dan keuletan lentur material komposit polyester diperkuat serat kapuk randu (*Cieba Pentandra*) yang disusun

secara acak. Penelitian yang dilakukan menurut standar ASTM D 790 menghasilkan kuat lentur sebesar 8,65 MPa, 11,06 MPa, dan 12,16 MPa pada  $V_f$  berturut-turut 10%, 20% dan 30%.

Penelitian oleh Aminudin (2010) tentang sifat lentur komposit papan partikel serbuk kulit kacang tanah yang dikombinasikan dengan resin epoksi menurut standar ASTM D790 menghasilkan kekuatan lentur, regangan lentur dan tertinggi modulus elastisitas tertinggi sebesar, berturut-turut, 43,05 MPa, 0,0048 mm/mm dan 9,07 GPa pada  $V_f = 40\%$ .

Haygreen dan Bowyer (1996) menyatakan bahwa papan partikel merupakan produk panil yang dihasilkan dengan memampatkan partikel-partikel kayu dan mengikatnya dengan perekat. Berbagai tipe papan partikel sangat berbeda dalam hal ukuran dan bentuk partikel, jumlah perekat yang digunakan, dan kerapatan panil yang dihasilkan. Sifat-sifat dan kegunaan potensial papan berbeda sesuai dengan peubah-peubah tersebut. Produksi kacang tanah (*Arachis hypogaea L.*) di Indonesia sangat melimpah, sehingga dihasilkan limbah kulit kacang yang tidak sedikit. Untuk membuang atau membakar diperlukan lahan yang cukup luas. Oleh karena itu, cara terbaik adalah berusaha memanfaatkannya sehingga keuntungan ganda bisa diperoleh, yakni mengurangi pencemaran lingkungan dan memperoleh nilai tambah.

Kesadaran akan pentingnya pelestarian lingkungan telah berdampak pada menurunnya pasokan kayu alami sebagai bahan baku pada industri perkayuan. Penurunan tersebut harus disubstitusi untuk menjamin keberlangsungan industri perkayuan. Kulit kacang tanah yang merupakan limbah industri pertanian kacang tanah merupakan salah satu alternatif untuk material pengisi pada produksi papan partikel. Untuk itu pada kesempatan ini akan dicoba pengolahan kulit kacang tanah menjadi produk yang memiliki nilai ekonomis lebih yaitu dengan mengolahnya menjadi pengganti papan partikel dari bahan dasar serbuk kayu dengan bahan dasar lain yang mempunyai kekuatan yang cukup baik yaitu dengan mengganti bahan pengisi papan partikel dengan material alternatif berupa kulit kacang tanah. Bahan tersebut digunakan karena ramah lingkungan dan banyak tersedia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran butiran dan fraksi volume *filler* komposit papan partikel kulit kacang tanah terhadap kekuatan dan moda patah lenturnya.

## 2. METODE

### Serbuk Kulit Kacang Tanah



**Gambar 1.** Serbuk kulit kacang tanah

**Tabel 1.** Komposisi kimia kulit kacang tanah [%]

Air	4,0
Karbohidrat	21,1
Protein	25,3
Fosfor	335,0
Kalori	425,0
Lemak	42,8

Kulit kacang tanah merupakan limbah industri pertanian. Kacang tanah yang berasal dari Amerika Selatan merupakan salah satu tanaman polong-polongan terpenting sebagai bahan pangan dan industri di Indonesia selain kedelai. Kacang tanah dapat tumbuh dengan baik di Indonesia, terutama sangat cocok ditanam di dataran rendah pada ketinggian dibawah 500 meter DPL, dengan suhu 28°C – 32°C, kelembaban ( $r_h$ ) 65%-75%, curah hujan 800 mm – 1300 mm per tahun, dan terdapat sinar matahari penuh terutama di musim kering (Rukmana, 1993).

Epoksi merupakan termoset yang sering dipilih dalam produksi material komposit. Hal

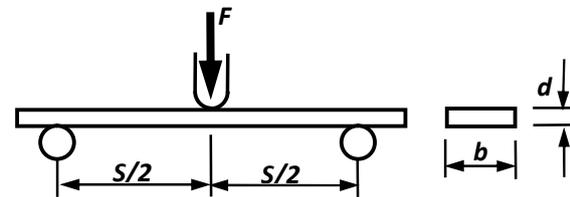
ini karena sifat mekaniknya yang baik, antara lain konsistensi kemampuan mekaniknya. Disamping itu, epoksi juga mempunyai stabilitas ukuran (penyusutan dalam proses *curing*) yang kecil, mudah pengerjaannya, murah, serta mempunyai daya rekat yang tinggi terhadap berbagai jenis serat. Epoksi memiliki cakupan kegunaan yang luas, termasuk dalam plastik dengan penguatan serat (*fiber-reinforced materials*) dan sebagai bahan perekat.

**Tabel 2.** Spesifikasi Resin Epoksi  
(Bahan Teknik, 1985. <http://www.scribd.com>)

Massa jenis [g/cm <sup>3</sup> ]	1,17
Penyerapana air (suhu ruang) [g/g/d]	0,2
Kekuatan tarik [kgf/mm <sup>2</sup> ]	5,95
Kekuatan tekan [kgf/mm <sup>2</sup> ]	14
Kekuatan lentur [kgf/mm <sup>2</sup> ]	12
Temperatur pencetakan [°C]	90

### Kekuatan Lentur

Berbeda dengan material komposit berpenguat serat sintetis berkekuatan tinggi yang pada umumnya memiliki kekuatan tekan yang lebih rendah dari pada kekuatan tariknya, material komposit berpenguat serat alami adalah sebaliknya. Karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima, spesimen tersebut akan patah, yang berawal pada permukaan tariknya kemudian merambat ke arahbagian tekannya yang akan mengakibatkan kegagalan.



Gambar 2. Lenturan tiga-titik (ASTM D1037)

Pengujian lentur menurut standar ASTM D1037 (2007) seperti pada Gambar 2 untuk bahan keras dan getas adalah cara terbaik untuk menentukan kekuatan dan kegetasan. Spesimen berukuran lebar  $b = 50$  mm, tebal  $d = 6$  mm, panjang bentang  $S = 24 d = 144$  mm, dan panjang specimen  $L = S + 50 = 194$  mm. Kuat lentur [ $\sigma_b$ , MPa], regangan lentur [ $\varepsilon_b$ , mm/mm] dan modulus lentur [ $E_b$ , MPa] suatu material komposit dapat dihitung dengan persamaan-persamaan(1)-(3)berikut (ASTM D1037).

$$\sigma_b = \frac{3 F S}{2 b d^2} \quad (1)$$

$$\varepsilon_b = \frac{6 D d}{S^2} \quad (2)$$

$$E_b = \frac{m S^3}{4 b d^3} \quad (3)$$

dengan  $\sigma_b$  = kuat lentur [MPa],  $F$  = gaya lintang [N],  $S$ ,  $b$ , dan  $d$  seperti ditunjukkan pada Gambar 2,  $D$  = defleksi [mm], dan  $m$  = slope pada grafik  $F$ - $D$  hasil pengujian [N/mm].

Patahnya material komposit dapat disebabkan oleh duafaktor, yakni kondisi pembebanan dan struktur mikro komponen komposit. Struktur mikro termasuk diameter, fraksi volume, dan distribusi serat, dan juga kemungkinan patahnya serat selama proses pembuatan. Secara makro, jenis moda patah material komposit adalah (Schwartz, 1984):

- a. *Patah banyak*, ditandai oleh patahan yang terjadi pada lebih dari satu bidang. Ketika jumlah serat yang putus akibat beban tarik masih sedikit dan rekatan *interface* masih baik, matrik mampu mendukung beban yang diterima dengan cara mendistribusikan beban

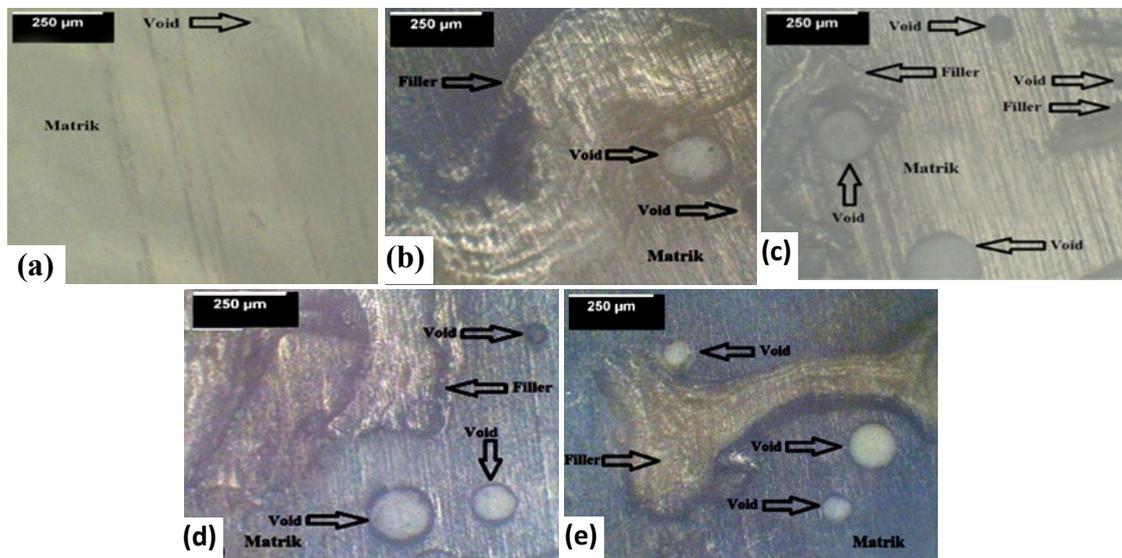
tersebut ke sekitarnya. Apabila matrik mampu menahan gaya geser dan meneruskan beban ke serat yang lain maka jumlah serat yang putus semakin banyak.

- b. *Patah tunggal*, ditandai dengan patahan yang terjadi pada satu bidang. Patah yang disebabkan ketika serat putus akibat tarik, matrik tidak mampu lagi menahan beban tambahan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Struktur Mikro

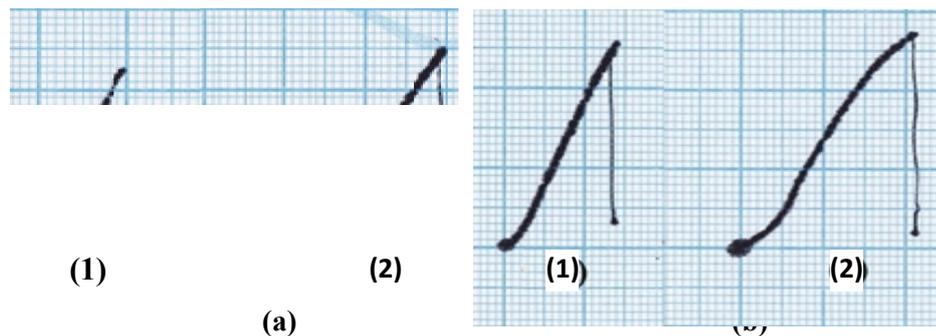
Struktur mikro papan partikel yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 3. Terlihat pada spesimen tanpa material pengisi, Gambar 3(a), bebas dari gelembung udara atau *void*. Selanjutnya, pada papan partikel dengan material pengisi berukuran mesh 11, Gambar 3(b) dan (d), terlihat pembasahan serat oleh matrik yang lebih baik dan jumlah gelembung udara yang lebih sedikit dibandingkan dengan papan partikel dengan material pengisi berukuran mesh 16 pada Gambar 3(c) dan (e). Sebagian *void* terlihat menempel pada *filler*. Hal ini menunjukkan bahwa *filler* yang lebih kasar, mesh 11, pembasahannya oleh matrik lebih sulit.



**Gambar 3.** Foto mikro komposit papan partikel (a)  $V_f = 0\%$ , (b) mesh 11 dan  $V_f = 30\%$ , (c) mesh 16 dan  $V_f = 30\%$ , (d) mesh 11 dan  $V_f = 40\%$ , (e) mesh 16 dan  $V_f = 40\%$ , (d).

#### 2. Hubungan Gaya Lateral-Defleksi

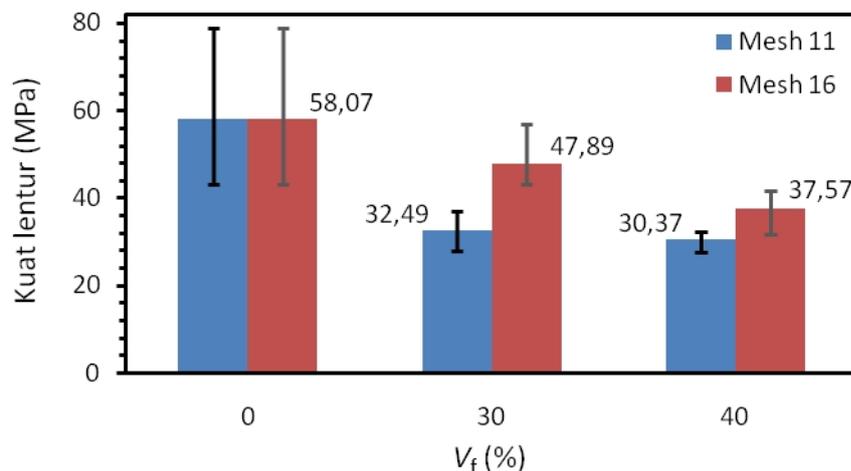
Pada grafik pengujian lentur, Gambar 4, terlihat pada kandungan *filler* yang sama, Gambar 4(a)(1) dan Gambar 4(b)(1) atau Gambar 4(a)(2) dan Gambar 4(b)(2), bahwa besar lereng atau *slope* hampir sama, sedangkan untuk ukuran butir yang berbeda, antara Gambar 4(a)(1) dengan Gambar 4(a)(2) atau antara Gambar 4(b)(1) dengan Gambar 4(b)(2), terlihat *slope* sedikit berbeda, dengan kadar *filler* yang lebih tinggi,  $V_f = 40\%$ , menunjukkan *slope* yang sedikit lebih besar. Dengan perkataan lain, kekakuan papan partikel yang ditunjukkan oleh besarnya *slope* meningkat seiring dengan meningkatnya kadar *filler* sampai dengan 40 vol%.



**Gambar 4.** Hubungan gaya lateral dengan defleksi: (a) mesh 11, dan (b) mesh 16, dengan (1)  $V_f = 30\%$ , (2)  $V_f = 40\%$ .

### 3. Kekuatan Lentur

Dari hasil perhitungan menurut persamaan (1) didapatkan harga kekuatan lentur,  $\sigma_f$ , spesimen uji material komposit papan partikel dengan variasi ukuran butir dan  $V_f$  disajikan pada Gambar 5.



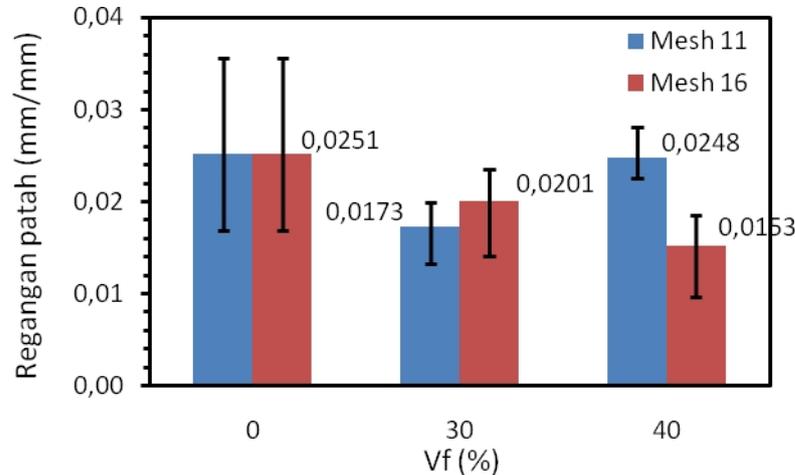
**Gambar 5.** Hubungan antara fraksi volume dengan kekuatan lentur.

Gambar 5 menunjukkan bahwa kekuatan lentur rata-rata dari lima specimen untuk setiap variasi. Spesimen dengan material pengisi yang lebih kasar, mesh 11, pada epoksi tanpa material pengisi,  $V_f = 0\%$  diperoleh  $\sigma_f = 58,07$  MPa, kemudian kuat lentur menurun seiring dengan naiknya kadar *filler* mulai 30 vol% sampai dengan 40 vol%. Pada  $V_f = 30\%$  diperoleh  $\sigma_f = 32,49$  MPa, sedangkan pada  $V_f = 40\%$  diperoleh  $\sigma_f = 30,37$  MPa. Sedangkan spesimen dengan material pengisi berukuran butir mesh 16 menghasilkan diperoleh  $\sigma_f = 43,77$  MPa pada  $V_f = 30\%$ , dan turun menjadi  $\sigma_f = 37,57$  MPa pada  $V_f = 40\%$ . Hal ini dapat disebabkan oleh besar butiran serbuk yang cenderung tidak sama akan menghasilkan kualitas pembasahan *filler* oleh matrik yang tidak sama, yang selanjutnya integritas strukturnya juga berbeda dan kemampuan distribusi dan transfer beban yang berbeda pula.

Dengan demikian bisa diambil kesimpulan bahwa kekuatan lentur papan partikel berukuran butir mesh 16 lebih tinggi dibanding papan partikel berukuran butir mesh 11. Bila dibandingkan dengan penelitian sejenis yang dilakukan oleh Aminudin (2010), untuk kadar *filler* yang sama, hasil yang diperoleh ini masih lebih rendah, namun masih lebih

tinggi dengan kuat lebur papan partikel dengan *filler* serbuk gergajian kayu sengon 28,03 MPa (Saptono, 2012).

#### 4. Regangan Lentur

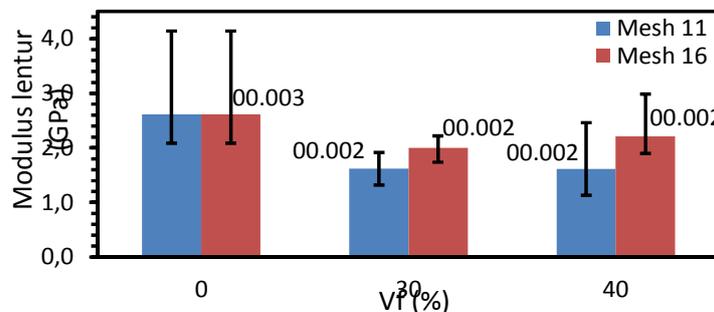


**Gambar 6.** Hubungan antara fraksi volume dengan regangan lentur patah.

Hasil perhitungan regangan lentur menurut persamaan (2) dapat dilihat pada Gambar 6. Grafik di atas menunjukkan nilai regangan lentur rata-rata paling tinggi diperoleh pada papan partikel berukuran butir mesh 11, yakni pada  $V_f = 30\%$  yaitu sebesar 0,0173 mm/mm dan naik menjadi 0,0248 mm/mm pada  $V_f = 40\%$ . Untuk papan partikel dengan ukuran butir mesh 16 dan  $V_f = 30\%$  diperoleh nilai rata-rata regangan lentur sebesar 0,0201 mm/mm, dan pada  $V_f = 40\%$  sebesar 0,0153 mm/mm. Nilai regangan besarnya defleksi yang terjadi, semakin besar defleksi yang didapat maka harga regangannya semakin besar sesuai dengan persamaan (2). Selain itu, juga terlihat bahwa untuk ukuran butir material pengisi yang lebih besar, regangan lentur naik seiring dengan naiknya kadar material pengisi, namun sebaliknya untuk ukuran butir material pengisi yang lebih besar. Dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Aminudin (2010) pada  $V_f = 40\%$ , 0,0048 mm/mm, nilai regangan yang diperoleh ini lebih tinggi, juga bila dibandingkan dengan regangan lentur papan partikel serbuk gergajian kayu sengon pada  $V_f = 40\%$  (Saptono, 2012).

#### 5. Modulus Elastisitas

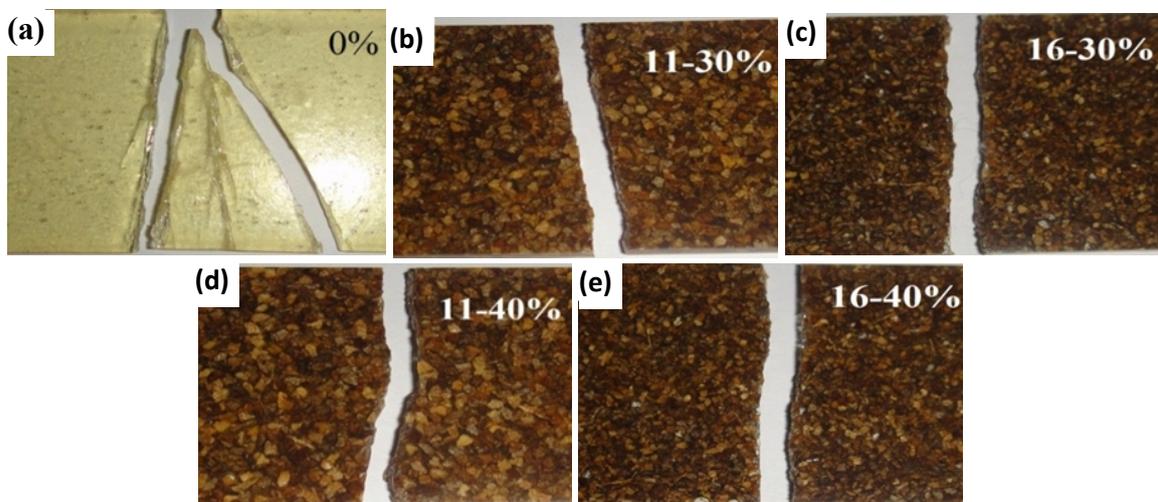
Hasil perhitungan rata-rata modulus elastisitas dapat dilihat pada Tabel dibawah ini, sedangkan grafik dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Hubungan antara fraksi volume dengan modulus elastisitas lentur.

Gambar 7 menunjukkan bahwa pada komposit papan komposit murni memiliki modulus elastisitas 2,62 GPa, yang lebih tinggi dibandingkan dengan modulus elastisitas papir partikel yang dihasilkan. Papan partikel berukuran butir mesh 11 tersebut dengan  $V_f = 30\%$  memiliki modulus elastisitas rata-rata sebesar 1,62 GPa, sedangkan pada  $V_f = 40\%$  sebesar 1,61 GPa. Modulus elastisitas papan partikel berukuran butir mesh 16 dengan  $V_f = 30\%$  sebesar 2,209 GPa, dan pada  $V_f = 40\%$  sebesar 2,618 GPa. Dengan demikian, dapat diperoleh kesimpulan bahwa modulus elastisitas spesimen uji papan partikel serbuk kulit kacang tanah dengan variasi ukuran butir mesh 16 lebih tinggi dibandingkan dengan variasi ukuran butir mesh 11 untuk kadar material pengisi yang sama. Dibandingkan dengan hasil penelitian Aminudin (2010), 9,07 GPa, dan modulus elastisitas papan partikel serbuk gergajian kayu sengon, 3,45 GPa, (Saptono, 2012) pada  $V_f = 40\%$ , modulus elastisitas yang diperoleh pada penelitian ini lebih rendah.

## 6. Moda Patah



**Gambar 8.** Moda patah: (a)  $V_f = 0\%$ , (b) mesh 11 dan  $V_f = 30\%$ , (c) mesh 16 dan  $V_f = 30\%$ , (d) mesh 11 dan  $V_f = 40\%$ , (e) mesh 16 dan  $V_f = 40\%$ .

Moda patah spesimen uji baik untuk yang tanpa material pengisi maupun untuk papan partikel ditunjukkan pada Gambar 8. Pada Gambar 8(a) terlihat bahwa spesimen yang tanpa material pengisi mengalami patah hancur (*broken into pieces*), sedangkan papan partikel baik dengan ukuran butir mesh 11 maupun 16, serta kadar *filler* 30 vol% maupun 40 vol% mengalami patah tunggal. Hal ini menunjukkan bahwa diperlukan energi yang lebih besar untuk membentuk bidang patahan pada spesimen tanpa material pengisi dibandingkan dengan pada papan partikel untuk semua variasi yang diuji.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisis apada data hasil pengujian dipeoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin kecil ukuran butir serbuk maka nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur yang didapat akan semakin tinggi, namun menurunkan nilai regangan lentur. Penambahan serbuk pada material komposit papan partikel variasi ukuran butir mesh 11 menurunkan nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur, namun meningkatkan nilai pada  $V_f = 40\%$ . Sedangkan pada papan partikel variasi ukuran butir mesh 16, penambahan serbuk cenderung menurunkan kekuatan lentur, dengan kekuatan lentur terendah pada  $V_f = 30\%$  dan turun menjadi 37,57 MPa pada  $V_f = 40\%$ .

2. Regangan lentur mengalami hal yang sama dengan kekuatan lentur dengan regang lentur tertinggi 2,51% untuk spesimen tanpa material pengisi, dan terendah 1,53% pada  $V_f = 40\%$  dan ukuran butir mesh 16.
3. Makin halus ukuran butir dan makin tinggi kadar material pengisi diperoleh modulus elastisitas yang makin tinggi pula, tetapi modulus elastisita tertinggi, 2,62 GPa diperoleh dari specimen tanpa material pengisi. Untuk papan partikel, modulus elastisitas tertinggi 2,21 GPa diperoleh dari specimen dengan kadar *filler* 40 vol% dan ukuran butir mesh 16, dengan terendah 1,61 GPa diperoleh dari specimen dengan kadar *filler* 30 vol% dan ukuran butir mesh 161.
4. Terjadi perubahan moda patah dari patah remuk untuk specimen tanpa material pengisi menjadi patah tunggal untuk papan partikel dengan beberapa variasi yang diuji.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulisan menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta sebagai tempat persiapan specimen, dan kepada Jurusan Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada Yogyakarta sebagai tempat melakukan pengujian lentur.

#### REFERENSI

- Priyono, S.K.S. (2001). *Komitmen berbagai pihak dalam menanggulangi ilegal logging*. Kongres Kehutanan Indonesia III, Jakarta.
- BPS. (2016). *Produksi Kayu Hutan Menurut Jenis Produksi ( $m^3$ ), 2000, 2002-2015*. <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/862>, access date: August 7<sup>th</sup>, 2017.
- ASTM Standard. (1999). *Annual book of ASTM Standard, D 1037-99: Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials*, American Society for Testing Materials, West Conshohocken, PA, United States.
- Aminudin, N. (2010). *Pengaruh variasi Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Bending Komposit Papan Partikel Berpenguat Kulit Kacang Tanah Serta Berpenguat Matriks Resin Epoksi*, Tugas Akhir, Teknik Mesin UMY, Yogyakarta.
- Haygreen, J.G, dan Bowyer J.L.(1996). Dalam: *Hadikusumo, S.A. (Penerj.), Hasil Hutan dan Ilmu Kayu. Suatu Pengantar* (Cetakan Ketiga), UGM, Yogyakarta.
- Hendarto. (2011). *Uji Karakteristik Sifat Fisik dan Mekanis Komposit serat Acak Cieba Pentandra (Kapuk Randu) Dengan Fraksi Berat Serat 10%, 20%, dan 30%*. Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rukmana. (1993). *Kacang Tanah*, Bogor.
- Sidiq, M.J. (2011). *Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending Pada Material Komposit Serat Serabut Kelapa Unidireksional / Epoksi*. Tugas Akhir, Teknik Mesin UMY, Yogyakarta.
- Schwartz, M.M. (1984). *Composite Material Handbook*, Mc Graw-Hill, Singapura.