

Pengaruh Ukuran Butir, Fraksi Volume dan Penambahan Aseton terhadap Kekuatan *Flexural* Komposit Papan Partikel Serbuk Gergaji Kayu Sengon-Matrik *Polyester*

(*The Effect of Grain Size, Volume Fraction and Addition of Acetone on Flexural Strength of Composite Board Sengon Wood Sawdust Particles-Polyester Matrix*)

Muhammad Budi Nur Rahman^a, Sudarisman^b, Eko Nugroho^c

^{a,b}Mechanical Engineering Department, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Brawijaya, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta, Indonesia 55183
Telephone/fax (0274) 387656/ (0274) 387 646
e-mail: budinurrahman@umy.ac.id^a

^cMechanical Engineering Department Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara No 114 Metro Timur, Kota Metro, Lampung, 34381
Telephone/fax (0725) 42445
e-mail: exonugros@yahoo.co.id^c

Abstrak

Papan partikel dapat digunakan sebagai bahan konstruksi pengganti kayu. Pengaruh ukuran partikel, fraksi volume, dan penambahan aseton pada matrik *polyester* perlu diketahui kekuatan, regangan, dan modulus/ sifat *flexural* (bending), serta moda patahannya. Spesimen dibuat dengan cetak tekan dari partikel kayu sengon sebagai penguat dan *polyester* sebagai matrik. Partikel yang digunakan dengan ukuran mesh 10 dan 20, variasi fraksi volume partikel 30, 32.5, 35, 37.5, dan 40% dengan matrik campuran *polyester*-aseton dengan variasi penambahan aseton 0, 10, 20, dan 30 ml. Pengujian *flexural* menggunakan standar ASTM D 1037-99 dan analisa patahan dengan foto makro serta foto mikro untuk analisa struktur partikel komposit. Semakin kecil partikel yang digunakan, dapat meningkatkan sifat *flexural* karena luas rekatan antara partikel dan matrik semakin besar. Penambahan fraksi volume partikel mesh 20 meningkatkan sifat *flexural* sampai fraksi volume 37,5% namun pada fraksi volume 40% sifat *flexural* turun. Peningkatan fraksi volume partikel mesh 10 menurunkan sifat *flexural* papan partikel. Penambahan aseton menurunkan sifat *flexural* karena matrik semakin encer sehingga daya rekat *polyester* semakin berkurang. Patahan komposit papan partikel kayu sengon yaitu patah tunggal yang terjadi pada semua specimen.

Kata kunci: serbuk kayu sengon, *polyester*, ukuran butir, fraksi volume, aseton, kekuatan *flexural*

Abstract

Particle boards commonly used as wood replacement construction materials. The investigation of the influence of particle size, volume fraction and addition of acetone on the polyester matrix on their flexural properties and failure modes has been carried out. Specimens were fabricated by cold press from sengon wood particles as a reinforcement and the polyester as a matrix. The particles with mesh sizes of 10 and 20 were used, The composite boards were fabricated with particle volume fraction of 30, 32.5, 35, 37.5, and 40%. Polyester as a matrix was prepared by adding acetone (0, 10, 20, 30 ml) into polyester. The flexural properties was examined in accordance to ASTM D 1037-99 standard. The microstructure and failure of mode of the the composite were determined by image analysis. The result show that the smaller particles increase flexural properties because the area of bond between particles and matrix is largerr. The addition of the volume fraction of 20 mesh particles increased the flexural properties to a volume fraction of 37.5% but at a volume

fraction of 40% the flexural properties decreased. Increasing the volume fraction of 10 mesh particles decreases the flexural properties of the particle board. The addition of acetone decreases flexural properties because the matrix is more thinner so that the adhesive power of polyester decreases. Single fracture mode was occurred in all specimens being examined.

Keywords: *sengon wood powder, polyester, grain size, volume fraction, acetone, flexural strength*

1. PENDAHULUAN

Dunia konstruksi banyak menggunakan material komposit dengan filler serat alam untuk memenuhi keinginan konsumen menggunakan komponen dengan material yang lebih kuat dan ringan, tetapi tetap memiliki estetika yang baik. Produsen mengembangkan teknologi untuk membuat komponen dengan material pengganti yang memiliki kelebihan dibandingkan logam dan memperbaiki kekurangan dalam segi kualitas. *Natural Composite* (NACO) berpeluang menggeser penggunaan komposit sintetis bahkan material logam dalam dunia teknik karena termasuk material ramah lingkungan. Indonesia yang kaya sumber daya alam dapat memproduksi NACO dengan penguat serat alam untuk diaplikasikan pada berbagai produk. Papan partikel dapat menggunakan limbah kayu atau bahan lainnya. Bahan limbah kayu dapat diperoleh dari industri penggergajian, salah satunya serbuk gergaji kayu sengon yang banyak ditemukan di Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah. Hasil hutan non-HPH Kabupaten Wonosobo berupa kayu gergajian mengalami peningkatan, rata-rata pertumbuhannya 27,36% pada tahun 2009 peningkatan menjadi 106,8 juta m³. Limbah industri kayu sebesar 50,8% bahan baku, terdiri dari 25,9% sebetan, 14,3% potongan kayu dan 10,6% serbuk gergaji. Kebutuhan kayu untuk konstruksi terus meningkat, tetapi ketersediaannya semakin sedikit sehingga diperlukan bahan pengganti seperti pengembangan papan partikel komposit atau baja ringan.

Peningkatan fraksi volume bahan penguat dapat meningkatkan kekuatan *flexural* material komposit. Kekuatan *flexural* komposit serat randu matrik *polyester* BQTN 157 disusun acak dengan fraksi volume 10%, 20%, dan 30% berturut-turut 8,65 MPa, 11,06 MPa, dan 12,16 MPa. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM D790 tipe AMU-5-DE [6]. Demikian juga, pada komposit serat daun pisang matrik *polyester* dengan panjang serat 5 cm lebih tinggi daripada panjang serat 2 cm. Kekuatan *flexural* terbesar pada Vf 40% sebesar 83,08 MPa sedangkan pada Vf 20% sebesar 34,53 MPa dengan adanya retak pada pengamatan makro hasil patahan specimen [7]. Komposit serat nanas-nanasan (*Bromeliaceae*) kontinu searah matrik *polyester* pada Vf 40% sebesar 152,15 MPa sedangkan Vf 20% sebesar 144,48 MPa. Peningkatan lama waktu alkali serat selama 6 jam menghasilkan kekuatan *flexural* tertinggi sebesar 218,06 MPa dan pada perlakuan 8 jam sebesar 188,20 MPa [8]. Namun, pada komposit serat rami matrik *polyester*, peningkatan perlakuan alkali akan menurunkan kekuatan *flexural*. Komposit serat rami tanpa perlakuan alkali memiliki kekuatan *flexural* sebesar 70,39 MPa, sedangkan pada perlakuan alkali 6 jam sebesar 51,70 MPa [9]. Berbeda dengan penelitian lainnya, kekuatan *flexural* komposit serat sabut kelapa semakin turun dengan peningkatan fraksi volume meskipun regangan dan modulusnya sedikit meningkat. Kekuatan *flexural* pada Vf 40% sebesar 29,77 MPa dengan modulus 1,65 GPa dari kekuatan *flexural polyester* 77,93 MPa [10].

Komposit *hybrid sandwich* dengan Vf 30% terdiri dari 810 g/m² serat kenaf anyam dan 300 g/m² serat *E-glass* acak menggunakan matrik *polyester* dengan ketebalan *core* kayu sengon laut 10 mm arah serat kayu horizontal dan vertikal. kekuatan *flexural* komposit *sandwich hybrid* dengan *core vertical* sebesar 97,5 MPa meningkat 270% menjadi sebesar 263,28 MPa pada komposit *sandwich hybrid* dengan *core horizontal*. Kekuatan dampak komposit *sandwich* dengan *core* arah serat kayu vertical 0.0604 J/mm², lebih besar 4,4% dari pada komposit *sandwich core* arah serat kayu horizontal 0,0578 J/mm² [2].

Semakin tebal *core* dapat meningkatkan momen bending dan kekuatan *flexural hybrid sandwich* berdasarkan standar pengujian ASTM C393. Komposit *sandwich* dengan fraksi volume *skin* 30% dari serat kenaf dan serat gelas matrik *polyester* dan *core* kayu sengon laut dipotong melintang dengan ketebalan 5, 10, 15, dan 20 mm. Kekuatan bending

komposit *hybrid sandwich* akan menurunkan apabila serat kenaf mengalami perlakuan alkali selama 2 jam. Patahan diawali dari kegagalan *skin* yang mengalami tegangan tarik selanjutnya kegagalan geser pada *core* kayu sengon diakhiri *skin* yang menerima tekan dan kegagalan delaminasi antara *skin* dengan *core* komposit. [3].

Komposit *sandwich hybrid* diperkuat oleh tenunan kenaf dan serat kaca acak menggunakan *core* kayu sengon laut dengan matrik *polyester* tak jenuh 268 BQTN. *Core* dibuat dengan memotong kayu sengon arah melintang dan perlakuan larutan boraks 5%. Ada dua jenis komposit *sandwich*, yaitu GFRP dan komposit *sandwich hybrid*, dibuat dengan metode *hand lay-up*. Hasil pengujian *three point bending* menghasilkan kekuatan bending komposit *sandwich* hibrida (97,50 MPa) adalah 0,93% lebih tinggi dari GRFP *sandwich* komposit (87,89 MPa). Begitu pula dengan kekuatan *sandwich* komposit lebih tinggi dari kekuatan komponennya juga. Pengamatan kegagalan permukaan menunjukkan kerusakan diawali dari tegangan *skin* dan diikuti kerusakan pada intinya. [4]

Semakin banyak serat aren akan meningkatkan sifat fisik dan mekanik papan. Substitusi potongan karet ban tidak banyak memberikan kontribusi terhadap karakteristik papan (nilai cenderung tetap bahkan ada yang turun). Papan partikel serat aren menghasilkan kadar air 8,567%, massa jenis papan 0,581 g/cm³ dengan kekuatan lentur 82,120 kg/cm² masuk dalam kategori kualitas sedang. Papan komposit memiliki kadar air 9,953 %, massa jenis 0,864 g/cm³ dan nilai kekuatan lentur 478,518 kg/cm² dikategorikan dalam kualitas sedang mendekati tinggi. Lapisan *finir* pada kedua sisi luar papan partikel menjadi papan komposit sehingga dapat meningkatkan kualitas papan partikel. Papan partikel yang paling optimal dengan bahan perekat UF jenis UA 147 (15%) dengan komposisi serat aren 50% dan serbuk gergaji (partikel) 50% [5].

Kini, dunia perkapalan telah menggunakan komposit limbah alami sebagai material pendukung komponennya. Pengujian lentur *skin* komposit *sandwich* serat daun nanas sebesar 32,834 MPa dan kayu sengon laut sebagai *core* sebesar 43,260 MPa setelah disusun menjadi komposit *sandwich* memiliki kekuatan lentur 27,726 MPa. Hal itu masih jauh dari standar konstruksi yang dipersyaratkan Biro Klasifikasi Indonesia sebesar 150 MPa. Demikian juga, ketangguhan impak komposit *sandwich* sebesar 0,465 J/mm² meskipun ketangguhan impak *skin* sebesar 0,655 J/mm² dan *core* kayu sengon laut sebesar 0,658 J/mm² belum bisa memenuhi standar JIS. Penggunaan komposit *sandwich* dapat digunakan untuk komponen lain, seperti meja, jendela, pintu, lemari, dan lain-lain. [1]

Papan partikel dari kayu kelapa sawit (KKS) dengan matrik *polystyrene* (PS) *benzoyl peroxide* dengan katalis *maleated* dan *xilena* sebagai pelarut menunjukkan penambahan bahan berikat dapat meningkatkan kekuatan tarik dan kekuatan lentur. Papan partikel KKS-PS dapat digunakan mulai dari komposisi KKS-PS 60:40 dengan kekuatan tarik optimum 55,15 kg/cm² dan kekuatan bending optimum 92,27 kg/cm² serta memenuhi standar SNI 03-2105-1996 [11].

Partikel yang semakin kecil memiliki kekuatan dan modulus *flexural* yang semakin tinggi, tetapi hal tersebut dapat menurunkan regangannya. Peningkatan fraksi volume akan menurunkan kekuatan *flexure*, sedangkan *modulus* flexturnya sedikit meningkat. Kekuatan dan modulus *flexural* papan partikel dengan *mesh* 16 sebesar 47,89 MPa dan 1,61 GPa, sedangkan dengan *mesh* 11 sebesar 32,49 MPa dan 1,62 GPa pada Vf 30%. Penambahan Vf menjadi 40% dengan *mesh* 16 kekuatan *flexural* turun menjadi 37,57 MPa dan 30,37 MPa dengan *mesh* 11, sedangkan modulusnya naik menjadi 2,618 GPa pada *mesh* 16 dan 2,209 GPa pada *mesh* 11. Moda patahan papan partikel adalah patah getas tunggal, berbeda dengan epoksi yang mengalami pecah menjadi potongan [12].

Penelitian sebelumnya kayu sengon digunakan untuk *core* komposit *sandwich*, sedangkan serbuk gergajinya belum dimanfaatkan secara optimal. Serbuk kayu sengon dapat dicetak menjadi papan partikel yang dapat langsung dimanfaatkan maupun menjadi *core* komposit *sandwich*. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh fraksi volume partikel dan penambahan aseton pada matrik terhadap sifat *flexural* papan partikel (serbuk) gergaji sengon laut sehingga bermanfaat dalam bidang industri atau nonindustri.

2. METODE

2.1 Persiapan Bahan

Penelitian ini menggunakan bahan antara lain:

1. Serbuk gergaji kayu sengon digunakan sebagai *filler* dalam pembuatan papan partikel diperoleh dari daerah Wonosobo. Sebelum dicetak, serbuk kayu mendapatkan perlakuan sebagai berikut:
 - a. Serbuk gergaji kayu yang masih dalam kondisi bagus dijemur sampai kering.
 - b. Serbuk diayak dengan *mesh* 10 dilanjutkan dengan *mesh* 20. Serbuk yang lolos *mesh* 20 (serbuk kecil) yang tidak lolos *mesh* 20 (serbuk besar).
 - c. Selanjutnya, serbuk dikeringkan dalam panas oven pada suhu 60°C selama 60 menit.
 - d. Penimbangan untuk membuat variasi fraksi volume partikel penguat komposit sebesar 30%, 32,5%, 35%, 37,5%, dan 40%.
2. Resin *Polyester* 268® BTQN series digunakan sebagai matrik untuk mengikat serbuk gergaji kayu sengon.
3. Katalis, sebagai bahan tambahan unntuk mempercepat proses pengeringan matrik. Di mana katalis yang digunakan hanya 0,1% dari jumlah matrik.
4. Aseton, digunakan untuk mengencerkan resin *polyester* dengan variasi campuran 10 ml, 20 ml, 30 ml

2.2 Pencetakan Spesimen

Pencetakan komposit dilakukan pada pelat baja dengan ukuran lebar 300 mm dan panjang 400 mm dengan ukuran cetakan 200 mm x 260 mm x 6 mm yang dibatasi dengan kaca. Pencetakan komposit dilakukan dengan metode cetak tekan (*press mould*). Penelitian dilakukan dengan 3 (tiga) variasi yaitu:

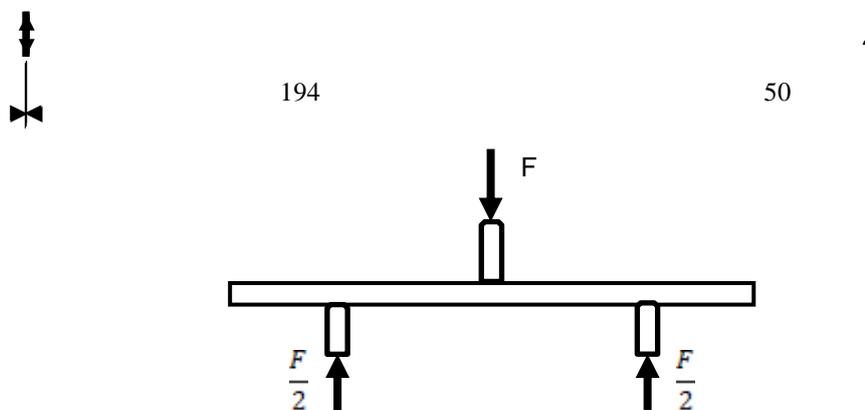
1. Butiran partikel sengon laut, dipisahkan dengan ayakan *mesh* 10 (serbuk besar) dan *mesh* 20 (serbuk kecil).
2. Fraksi volume partikel penguat dengan yaitu 30%, 32,5%, 35%, 37,5%, dan 40%.
3. Cairan pengencer aseton yang ditambahkan pada matrik *polyester* dan katalis MEKPO sebanyak 10 ml, 20 ml, 30 ml.

Setelah semua bahan dicampurkan sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan, bahan dituangkan dalam cetakan kemudian di-rol dan ditutup pelat baja, kemudian ditekan dengan dongkrak hidrolik. Pelepasan cetakan dilakukan setelah papan partikel terbentuk selama 6 jam penekanan.

2.3 Pengujian *Flexural* (Bending)

Pengujian *flexural* dilakukan untuk mengetahui ketahanan material terhadap beban lentur, regangan, dan modulus elastisitas bahan serta memastikan sifat-sifat dan kekuatan bahan tersebut. Pembebanan *flexural* mengakibatkan bagian bawah spesimen menerima tegangan tarik, sedangkan bagian atas akan mengalami tegangan tekan. [13]. Pengujian *flexural* dilakukan dengan cara memberikan beban lentur secara perlahan-lahan sampai spesimen mengalami *fracture*. Pengujian *flexural* dapat digunakan untuk menguji bahan getas atau bahan liat dengan mengetahui adanya cacat dan retakan permukaan material serta cara terbaik untuk menentukan kekuatan bending dan kegetasan material.

Dalam penelitian ini, pengujian *flexural* menggunakan metode *three point bending* sesuai standar ASTM D1037-99 dengan dimensi *specimen* seperti Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Dimensi balok serta metode pengujian *flexural*

Hasil pengujian tidak langsung diperoleh sifat-sifat *flexural*. Berdasarkan standar ASTM D 1037-99, sifat material komposit dihitung dengan persamaan:

1. Kekuatan *flexural*

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (1)$$

2. Regangan *flexural*

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

3. Modulus elastisitas

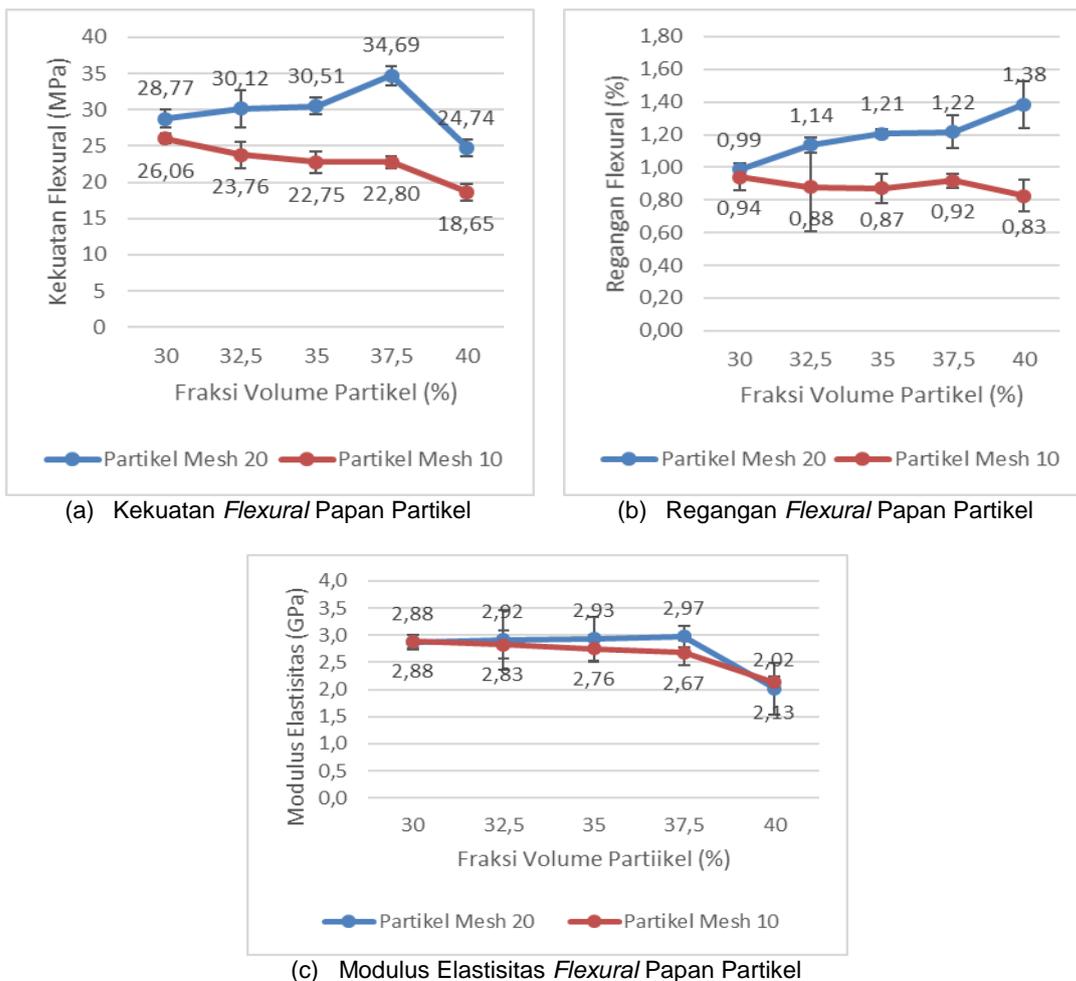
$$E = \frac{3L^3 \cdot m}{4b \cdot d^3} \quad (3)$$

Dengan: σ_b = kekuatan *flexural* (MPa), P = beban (N), L = panjang span (mm), b = lebar (mm), d = tebal (mm), ε_b = regangan *flexural* (mm/mm), D = defleksi (mm), E = modulus elastisitas (MPa), m = *slope tangent*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

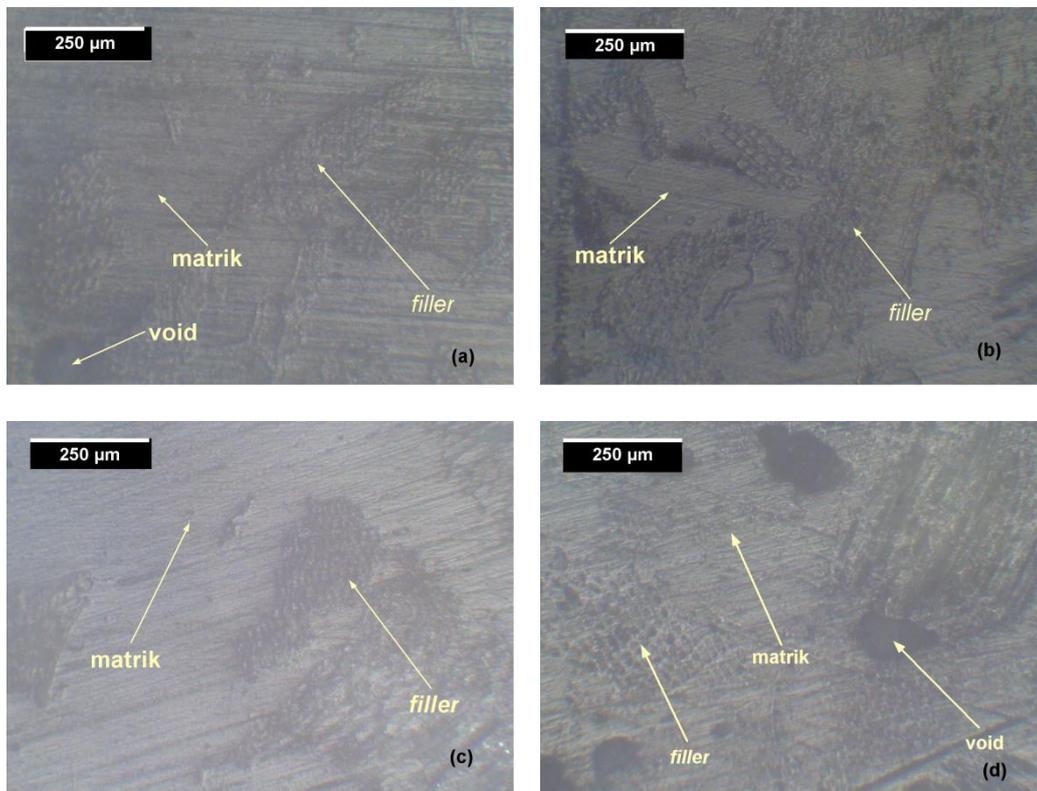
3.1 Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Sifat *Flexural*

Hasil pengujian variasi fraksi volume partikel dan perhitungan nilai kekuatan, regangan, dan modulus *flexural* menggunakan persamaan (1), (2), dan (3) dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Grafik Pengaruh Fraksi Volume Partikel terhadap Sifat *Flexural* Papan Partikel Serbuk Gergaji Kayu Sengon

Gambar 3.1.a menunjukkan bahwa partikel kecil (*mesh 20*) memiliki nilai kekuatan *flexural* yang semakin meningkat dengan penambahan fraksi volume sampai V_f 37,5% mencapai maksimum sebesar 34,69 MPa. Namun, pada V_f 40% sebesar 24,74 MPa kekuatan *flexural* lebih rendah dari pada V_f 30% sebesar 28,77 MPa. Kekuatan *flexural* papan partikel besar (*mesh 10*) menunjukkan penurunan dengan bertambahnya fraksi volume, pada V_f 30% sebesar 26,06 MPa menjadi 18,65 MPa pada V_f 40%. Hal ini disebabkan pada butiran partikel besar dihasilkan oleh kualitas pembasahan matrik pada filler yang tidak sama. Pembasahan yang tidak sempurna menyebabkan integritas struktur filler cenderung lemah sehingga distribusi dan transfer beban menjadi rendah. Semakin kecil ukuran partikel menyebabkan luas permukaan ikatan matrik dengan filler menjadi semakin besar sehingga beban yang mampu diterima akan semakin besar. Namun, jika fraksi volume terlalu besar, matrik tak mampu membasahi seluruh permukaan filler atau terdapat *void* pada permukaan partikel atau pada matrik. Akibatnya, kemampuan menahan beban menjadi rendah seperti terlihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Foto mikro komposit papan partikel variasi ukuran butir *mesh 20*
(a) $V_f = 30\%$, (b) $V_f = 35\%$, (c) $V_f = 37,5\%$, (d) $V_f = 40\%$

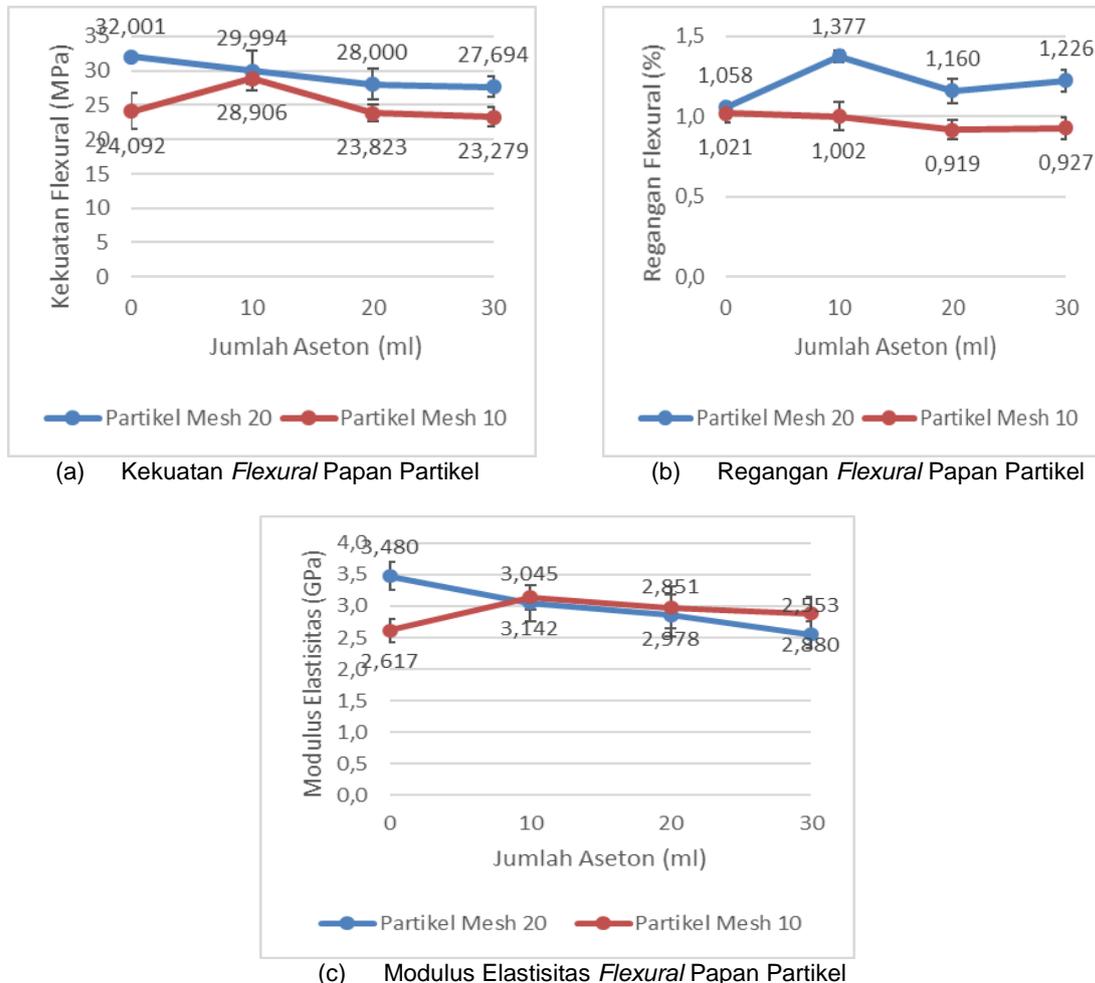
Gambar 3.2.b menunjukkan papan komposit dengan partikel kecil mengalami peningkatan regangan dengan penambahan fraksi volume *filler*. Regangan papan partikel dengan *filler* besar cenderung semakin turun dengan penambahan fraksi volume. Nilai regangan dilihat dari besarnya defleksi saat pengujian, semakin besar defleksi maka harga regangan akan semakin besar. Nilai regangan komposit papan partikel kecil pada V_f 30% sebesar 0,99% meningkat menjadi 1,38% untuk V_f 40%, sedangkan pada partikel besar dari 0,94% pada V_f 30% turun menjadi 0,83% pada V_f 40%. Semakin besar regangan menunjukkan material semakin lentur. Sebaliknya, jika regangannya rendah menunjukkan material semakin getas.

Penambahan fraksi volume tidak banyak berpengaruh terhadap peningkatan modulus elastisitas papan partikel seperti terlihat pada Gambar 3.2.c. Nilai modulus elastisitas hampir sama yaitu sebesar 2,8 GPa sampai V_f 37,5% dan pada V_f 40% modulus elastisitas turun menjadi 2 GPa. Modulus elastisitas tidak lepas dari kekuatan *flexural* dan regangan

*flexural*nya. Partikel serbuk gergaji sengon mengandung sifat pith (gabus) yang mengandung sel parenkim. Sel ini tidak memberikan sifat kekuatan yang menyebabkan turunnya kekuatan papan partikel komposit.

3.2 Pengaruh Aseton pada Matrik *Polyester* terhadap Sifat *Flexural*

Berdasarkan hasil pengujian papan partikel pada variasi penambahan aseton pada matrik *polyester* dan perhitungan menggunakan persamaan (1), (2), dan (3), diperoleh nilai kekuatan, regangan, dan modulus *flexural* ditampilkan pada Gambar 3.3.

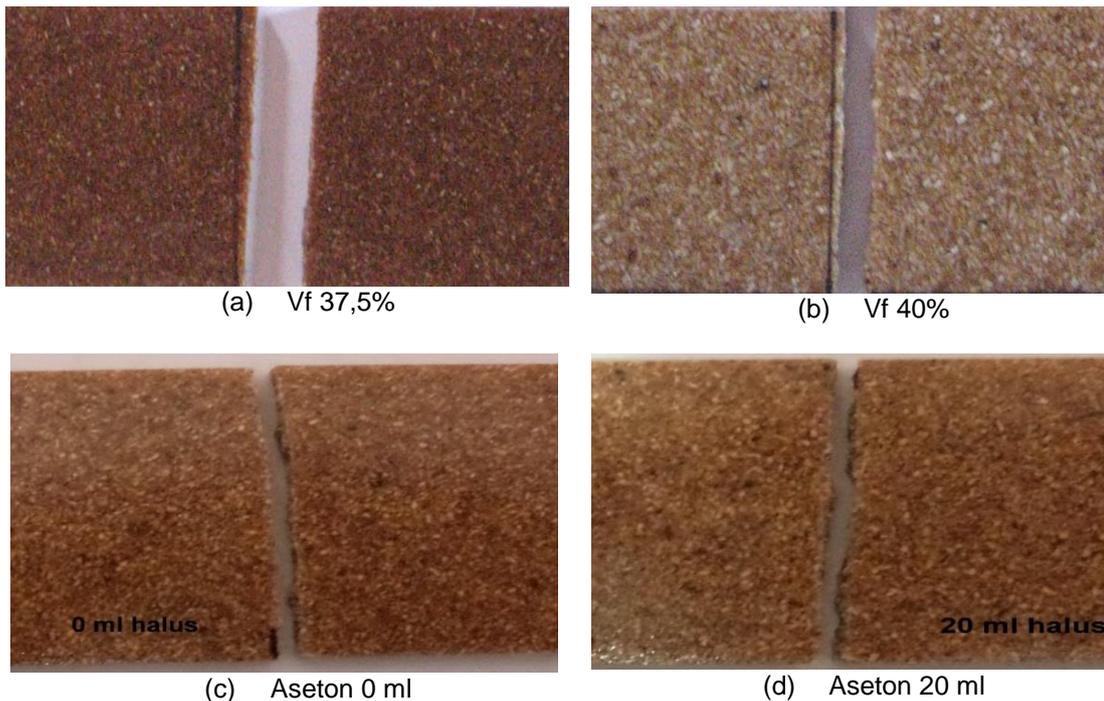


Gambar 3.3. Grafik Pengaruh Penambahan Aseton Pada Matrik *Polyester* Terhadap Sifat *Flexural* Papan Partikel Serbuk Gergaji Kayu Sengon

Pemberian cairan aseton pada matrik tidak sesuai dengan harapan awal. Cairan aseton dimaksudkan untuk mengencerkan matrik sehingga meningkatkan pembasahan partikel sehingga lebih mudah dalam pencampuran dan meningkatkan ikatan antarpartikel. Namun, dari hasil pengujian diperoleh penurunan kekuatan *flexural* dan modulus elastisitasnya dengan regangan yang relatif tidak banyak berubah. Papan partikel tanpa penambahan aseton memiliki kekuatan *flexural* 32,001 MPa dan turun sampai 27,694 MPa dengan penambahan aseton 30 ml. Demikian juga, modulus elastisitas juga mengalami penurunan dari 3,480 GPa menjadi 2,880 GPa.

3.3 Moda Patahan Pengujian *Flexural*

Gambar 3.4 menunjukkan penampang patah hasil pengujian *flexural* sehingga tampak semua specimen mengalami patah tunggal. Hal ini menunjukkan kemampuan komposit partikel kekuatannya sangat rendah untuk menerima beban lentur.



Gambar 3.4. Penampang patahan pengujian flexural

4. KESIMPULAN

Kesimpulan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Semakin kecil ukuran partikel yang digunakan dapat meningkatkan kekuatan, regangan, dan modulus *flexural* karena rekatan antara partikel dengan matrik semakin luas. Sifat *flexural* pada partikel *mesh* 20 dengan fraksi volume 30% berturut-turut sebesar 28,888 MPa, 0,98%, dan 2,878 GPa dari 26,058 MPa, 0,94%, dan 2,883 GPa pada partikel *mesh* 10.
- 2) Penambahan fraksi volume partikel kayu sengon pada *mesh* 20 meningkatkan sifat *flexural* maksimum sampai fraksi volume 37,5% berturut-turut 34,694 MPa, 1,22 %, dan 3,201 GPa. Namun, sifat *flexural* turun pada fraksi volume 40% sebesar 24,737 MPa, 1,38%, dan 1,913 GPa. Penambahan fraksi volume partikel kayu sengon pada *mesh* 10, menurunkan sifat *flexural* papan partikel pada fraksi volume 40% berturut-turut 19,048 MPa, 0,82%, dan 2,499 GPa.
- 3) Penambahan aseton menurunkan nilai kekuatan dan modulus elastisitas *flexural* karena matrik semakin encer sehingga daya rekat *polyester* semakin berkurang, tetapi regangan *flexural* sedikit meningkat. Penambahan aseton sebanyak 30 ml menghasilkan sifat *flexural* sebesar 27,69 MPa, 1,27%, dan 2,553 GPa.
- 4) Penampang patahan komposit papan partikel kayu sengon dengan matrik *polyester* berupa patah tunggal terjadi pada semua specimen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hidayat, A., Yudo, H., Manik, P, Kekuatan Bending Komposit Hibrid *Sandwich* Kombinasi Serat Kenaf Dan Serat Gelas Dengan Core Kayu Sengon Laut, Jurnal Teknik Perkapalan – Vol.4, No. 1 Januari 2016, 265-273
- [2] Febrianto, B., Diharjo, K., Kekuatan Bending Dan Impak Komposit Hibrid *Sandwich* Kombinasi Serat Karung Goni Dan Serat Gelas *Polyester* Dengan Core Kayu Sengon Laut, Skripsi Surakarta, Undergraduate UNS, 2004.
- [3] Hariyanto, A., Peningkatan Ketahanan Bending Komposit Hibrid *Sandwich* Serat Kenaf Dan Serat Gelas Bermatrik *Polyester* Dengan Core Kayu Sengon Laut, MEDIA MESIN, 2007, Vol.8 No.1, Januari 2007, 1 – 9

- [4] Diharjo, K., Kekuatan Bending Komposit Hibrid Sandwich Kombinasi Serat Kenaf Dan Serat Gelas Dengan Core Kayu Sengon Laut, *Jurnal Gema Teknik*, 2007, Vol X, No. 1, Januari 2007, 11-15.
- [5] Rachman, A., Pengembangan Teknologi Papan Partikel Dengan Memanfaatkan Limbah Pohon Aren (Kayu dan Serat) dan Limbah Karet Ban Bekas Sebagai Alternatif Menciptakan Produk Papan Komposit Unggulan, Desember, 2009.
- [6] Hendarto., Uji Karakteristik Sifat Fisis dan Mekanis Komposit serat Acak Cieba Pentandra (Kapuk Randu) Dengan Fraksi Berat Serat 10%, 20%, dan 30%. Skripsi Undergraduate UMS, Surakarta, 2011.
- [7] Boimau, K., Pengaruh Fraksi Volume dan Panjang Serat Terhadap Sifat Bending Komposit Polyester Yang Diperkuat Serat Batang Pisang, *Seminar Nasional Teknik Mesin IX*, Palembang, 2010.
- [8] Rahman, M.B.N., Suwanda, T., dan Diharjo, K., Studi Optimasi Peningkatan Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Serat NanasNanasan (Bromeliaceae) Kontinu Searah, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, Vol. 11 No. 2 (November 2008): 207-217
- [9] Suwanda, T., dan Rahman, M.B.N., Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Serat Rami dengan Matrik Polyester, *Jurnal Semesta Teknik*, Vol. 13, No. 2, November 2010, 165-170
- [10] Assidiq, M.J., Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending Pada Material Komposit Serat Serabut Kelapa Unidireksional / Epoksi, Skripsi Undergraduate UMY, Yogyakarta, 2011.
- [11] Mawardi, I., Mutu Papan Partikel dari Kayu Kelapa Sawit Berbasis Pereket Polystyrene, *JURNAL TEKNIK MESIN*, 2009, Vol. 11, No. 2, Oktober 2009: 91–96
- [12] Sudarisman, Rahman, M.B.N., Darmawan, A., “Sifat-sifat Lentur Papan Partikel Komposit Kulit Kacang Tanah/Epoksi”, *The 7th University Research Colloquium (URECOL)*, Surakarta, 2018: 76-83.
- [13] Schwartz, M.M., *Composite Material Handbook*, Mc Graw-Hill, Singapura. 1984.