



Jenis Artikel: *original research*

Penentuan Panjang Kritis Serat Alam Menggunakan Metode *Pull-Out Fiber Test*

Syarifah Zulfa Afiana¹, Hasanuddin¹, Asifa Asri¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Indonesia

Corresponding e-mail: syf.zulfaa@gmail.com

KATA KUNCI: Serat Alam, Panjang Kritis Serat, *Pull-Out Fiber Test*

Diterima: 28 November 2022
Direvisi: 31 Mei 2023
Diterbitkan: 16 Agustus 2023
Terbitan daring: 16 Agustus 2023

ABSTRAK. Penelitian mengenai papan komposit berpenguat serat alam masih banyak yang belum menunjukkan informasi tentang nilai panjang kritis serat saat proses pabrikasi. Panjang kritis serat merupakan panjang terendah serat agar dapat berikatan secara optimal dengan matriks dalam proses pembuatan papan komposit. Panjang kritis dari serat-serat tertentu diperlukan agar penguatan serat terhadap matriks pada pabrikasi papan komposit menjadi lebih efektif. Metode yang digunakan dalam menentukan nilai panjang kritis serat alam pada penelitian ini yaitu metode *pull-out fiber test*. Metode ini dilakukan dengan cara menanamkan serat tunggal ke dalam matriks pada kedalaman 1 mm dan 2 mm. Kemudian sampel diberi gaya tarik dengan arah berlawanan sehingga mampu mencabut serat tertanam. Besar gaya dan kedalaman yang dihasilkan dalam uji *pull-out* kemudian digunakan untuk mencari nilai tegangan geser antarmuka matriks-serat. Selain itu, dilakukan uji kuat tarik serat tunggal untuk mendapatkan nilai tegangan tarik serat. Pengujian dilakukan menggunakan alat *Universal Testing Machine*. Beberapa serat alam yang berpotensi menjadi penguat papan komposit dan belum diketahui nilai panjang kritis seratnya yaitu serat ampas tebu, serat bundung, dan serat pinang. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai panjang kritis serat ampas tebu sebesar 9,82 mm, serat bundung sebesar 3,67 mm, dan serat pinang sebesar 2,49 mm.

1. Pendahuluan

Pada saat ini penggunaan dan pemanfaatan material komposit semakin berkembang. Salah satu jenis komposit yang masih banyak diteliti yaitu komposit dengan material pengisi (*filler*) berupa serat baik itu serat alam maupun serat buatan. Serat alam memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan serat buatan. Selain mudah ditemukan, serat alam mempunyai nilai yang ekonomis serta dapat didaur ulang. Penggunaan serat alam tidak hanya berfungsi untuk meningkatkan kekuatan saja tetapi juga dapat mengurangi berat material komposit yang

dihasilkan. Dalam rangka meningkatkan kekuatan komposit, perlu dilakukan modifikasi pada matriks atau penguatnya (Hapiz, dkk, 2018).

Komposit berpenguat serat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain yaitu faktor serat, letak serat, panjang serat, bentuk serat, matriks yang digunakan, katalis, dan faktor ikatan serat-matriks. Faktor yang mempengaruhi variasi panjang serat adalah panjang kritis serat. Panjang kritis serat merupakan panjang minimum serat pada suatu diameter serat yang dibutuhkan untuk mencapai tegangan saat patah (Schwartz, 1984). Dengan kata lain, panjang kritis serat merupakan panjang terendah serat agar dapat berikatan secara optimal dengan pengikatnya (matriks) sehingga pada saat pembuatan papan komposit terutama dengan *filler* berserat pendek, ukuran serat tidak boleh lebih pendek atau lebih panjang daripada panjang kritisnya. Dengan didaptkannya informasi panjang kritis serat, pabrikasi papan komposit serat yang dilakukan akan mendapatkan hasil yang lebih efektif.

Penelitian mencari panjang kritis serat alam sudah dilakukan sebelumnya oleh Khoiruddin (2013) yang melakukan studi perbandingan panjang kritis sabut kelapa, serat rami, serat ijuk, dan serat kenaf menggunakan matrix resin epoxy. Dari penelitian tersebut didapatkan nilai panjang kritis serat rami 9 mm, serat kenaf 36 mm, serat ijuk 11 mm, dan sabut kelapa 36 mm. Serat rami memiliki diameter terpendek sehingga serat rami merupakan serat yang paling kuat dibandingkan serat yang lainnya.

Metode yang dilakukan untuk menentukan panjang kritis serat yaitu metode *pull-out fiber test*. *Pull-out fiber test* adalah tercabutnya serat dari matriks yang disebabkan ketika matriks retak akibat beban tarik, kemampuan untuk menahan beban akan segera berkurang namun komposit masih mampu menahan beban tersebut. Seiring dengan bertambahnya deformasi, serat akan tercabut dari matriks akibat *debonding* dan patahnya serat (Schwartz, 1984). *Debonding* adalah lepasnya ikatan pada bidang kontak resin dengan serat, serat yang terlepas dari ikatan tidak lagi terbungkus oleh resin. Hal ini disebabkan gaya geser pada *interface* atau gaya tarik antara dua elemen yang saling kontak tidak mampu ditahan oleh resin.

Nilai panjang kritis serat alam seperti serat ampas tebu, serat bundung, dan serat pinang masih belum dipaparkan pada penelitian-penelitian papan komposit serat yang telah dilakukan. Ketiga jenis serat alam tersebut memiliki potensi sebagai bahan penyusun papan komposit karena memiliki kandungan lignoselulosa yang cukup besar untuk dijadikan penguat pada papan komposit. Selain itu, serat ampas tebu, serat bundung dan serat pinang sangat melimpah dan mudah ditemukan di berbagai daerah di Indonesia. Oleh karena itu, mengingat pentingnya nilai panjang kritis serat dari suatu serat yang akan digunakan sebagai penguat papan komposit, maka pada penelitian ini akan dicari nilai panjang kritis serat ampas tebu, serat bundung, dan serat pinang menggunakan metode *pull-out fiber test*.

2. Metode Penelitian

2.1 Pembuatan Serat Ampas Tebu

Ampas tebu direndam 1 hari lalu dicuci bersih untuk menghilangkan kandungan glukosa dan zat pengotor lainnya yang tidak diperlukan. Kemudian ampas tebu disisir dengan sikat kawat untuk menghilangkan gabus yang menempel dengan serat. Serat ampas tebu dikeringkan dengan diangin-anginkan selama 7 hari. Serat yang telah kering disisir kembali untuk menghilangkan gabus yang masih menempel pada serat. Serat dalam pelepah tebu diambil satu persatu secara manual dengan menggunakan tangan untuk mendapatkan benang-benang serat tebu. Serat yang sudah kering diukur diameternya menggunakan mikrometer sekrup. Serat ampas tebu direndam di dalam larutan alkali (NaOH) 5% selama 1 jam dalam wadah plastik (Darmansyah, 2018). Wadah ditutup menggunakan plastik *wrapping* sambil ditekan hingga menyentuh permukaan air. Tujuannya agar perendaman serat tidak terkontaminasi dengan udara luar dan semua bagian serat terendam secara merata. Kemudian serat dibilas dengan akuades hingga rendaman air mencapai pH netral yaitu 7 yang diukur menggunakan kertas pH. Lalu dilakukan pengeringan serat dengan penjemuran kembali selama 2 hari. Setelah serat kering, lalu serat dipotong sepanjang 5cm untuk uji *pull-out* dan 10cm untuk uji kuat tarik.

2.2 Pembuatan Serat Bundung

Tanaman bundung yang diambil dipilih yang sudah tua. Bundung yang telah diambil dibersihkan dan dikeringkan selama 7 hari. Setelah kering, serat bundung direndam lagi selama 24 jam agar memudahkan penyerutan menggunakan sikat kawat. Setelah serat bundung diserut, kemudian dilakukan perlakuan perendaman dalam 5% NaOH selama 30 menit pada wadah plastik dan ditutup menggunakan plastik wrapping (Khaidar, 2019). Kemudian serat dicuci dengan akuades sampai bersih hingga menunjukkan pH 6,9-7,1 dan dikeringkan dengan dijemur hingga kering. Serat yang sudah kering lalu diukur diameternya menggunakan mikrometer sekrup kemudian serat dipotong sepanjang 5cm untuk uji *pull-out* dan 10cm untuk uji kuat tarik.

2.3 Pembuatan Serat Pinang

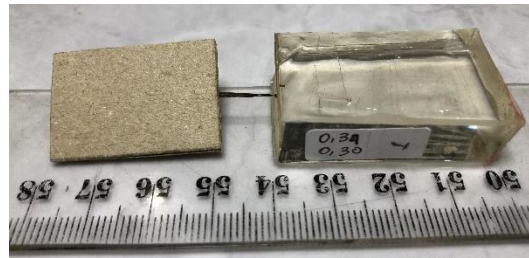
Serat pinang diambil dari buah yang sudah tua, yang ditandai dengan kulit buah pinang yang berwarna kuning agak kemerahan. Buah pinang direndam selama tiga hari, untuk memudahkan pemisahan serat dari daging buah pinang. Serat yang sudah dipisahkan lalu dikeringkan dibawah sinar matahari selama 3 hari dengan dilakukan penimbangan serat sekali setiap harinya agar dapat melihat perubahan berkurangnya kandungan air didalam serat. Serat yang sudah kering kemudian direndam menggunakan larutan NaOH 5% selama 2 jam, untuk membersihkan daging buah yang masih tersisa. Serat sabut pinang dibilas dengan akuades untuk menghilangkan kandungan NaOH yang tersisa hingga mencapai pH netral. Serat pinang lalu dikeringkan kembali dengan dijemur dibawah sinar matahari selama 2 hari untuk meghilangkan kadar air yang tersisa. Setelah kering dilakukan pengukuran diameter menggunakan mikrometer sekrup kemudian serat sabut pinang dipotong sepanjang 5cm untuk uji *pull-out* dan uji tarik.

2.4 Perlakuan Alkali

Perlakuan alkali pada serat merupakan proses modifikasi permukaan serat dengan cara perendaman serat ke dalam basa alkali. Tujuan dari proses alkalisasi adalah mengurangi komponen penyusun serat yang kurang efektif dalam menentukan kekuatan antar muka yaitu hemiselulosa, lignin atau pektin. Dengan pengurangan komponen lignin dan hemiselulosa, akan menghasilkan struktur permukaan serat yang lebih baik dan lebih mudah dibasahi oleh resin, sehingga menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik (Shabiri, 2014). Masing-masing serat alam diberikan perlakuan alkali yang berbeda, dengan konsentrasi larutan NaOH 5%. Konsentrasi larutan dihitung berdasarkan persentase massa per volume (% w/v). Yaitu dengan mencampurkan 50 gram NaOH dengan 950 ml aquades. Perlakuan alkali dilakukan pada serat ampas tebu dengan perendaman selama 1 jam, serat bundung selama 30 menit, dan serat pinang selama 2 jam.

2.5 Pull-Out Fiber Test

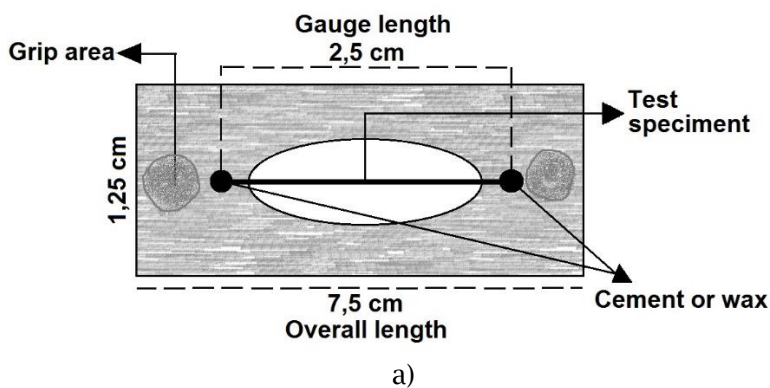
Metode *pull out fiber test* dilakukan dengan menyiapkan serat dengan panjang minimal 2 cm. Disiapkan cetakan silikon dibawah kayu penyangga serat. Satu-persatu serat direkatkan pada kayu penyangga yang sudah ditemplei perekat secara vertikal. Larutan matriks dicampur sesuai dengan takaran yaitu epoxy berbanding hardener 2:1. Kemudian serat dimasukkan kedalam cetakan dengan kedalaman serat masing-masing 1 mm dan 2 mm. Campuran matriks yang sudah didiamkan beberapa saat untuk menghilangkan gelembung-gelembung lalu dituangkan kedalam cetakan yang telah disiapkan dimana serat sudah dimasukkan terlebih dahulu. Setelah sampel uji selesai dibuat baru dilakukan pengujian *pull-out fiber tests* menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dengan beban maksimal 10 kg. Sampel yang dihasilkan dan siap untuk dilakukan uji terlihat pada Gambar 1. Setelah pengujian *pull-out fiber tests* dilakukan, akan diketahui kedalaman yang dibutuhkan agar serat dapat tercabut dari matriks (terjadi *pull-out*) ataupun kedalaman serat yang mengalami putus diluar matriks (tidak terjadi *pull-out*).



Gambar 1. Sampel uji *pull-out*.

2.6 Uji Kuat Tarik Serat Tunggal

Pengujian tarik (tensile test) adalah pengujian mekanik secara statis dengan cara sampel ditarik dengan pembebanan pada kedua ujung serat dengan gaya tarik yang diberikan sebesar FT (Newton). Tujuannya untuk mengetahui sifat-sifat mekanik tarik (kekuatan tarik) dari komposit yang diuji (Young dan Freedman, 2012). Uji kuat tarik serat tunggal dilakukan dengan menyiapkan serat dengan panjang minimal 10 cm untuk serat ampas tebu dan serat bundung, serta minimal 5 cm untuk serat pinang. Setelah itu menggantung kertas sesuai standar acuan seperti pada Gambar 2.(a). Spesimen uji tarik diletakkan di antara kertas kemudian ujung serat direkatkan pada kertas dengan lem perekat. Tujuan ditempelkannya serat di kertas agar beban tarik hanya ditahan oleh serat, sehingga lembaran penahan serat hanya berfungsi menahan serat agar tidak slip dengan penjepitnya. Spesimen yang sudah jadi dan siap dilakukan pengujian terlihat pada Gambar 2.(b). lalu dilanjutkan ke proses uji tarik menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Lembaran kertas dijepit pada cekam mesin uji tarik serat, lembaran kiri dan kanan penahan serat dipotong, agar beban tarik hanya ditahan oleh seratnya saja. Spesimen ditarik hingga putus, gaya tarik dicatat sehingga kekuatan tarik dapat dihitung dan mendapatkan hasil yang maksimal.



b)

Gambar 2. (a) Spesimen uji tarik berdasarkan standar ASTM D 3379-75, (b) Spesimen uji tarik serat tunggal

2.7 Panjang Kritis Serat

Panjang kritis bergantung pada diameter serat (d), tegangan tarik (σ), serta tegangan geser *interfacial* matriks-serat (τ). Persamaan panjang kritis serat (l_c) sebagai berikut (Rusmiyatno, 2007).

$$l_c = \frac{\sigma d}{2 \tau} \quad (1)$$

Metode yang dilakukan untuk menentukan panjang kritis serat yaitu metode *pull-out fiber test*. Pengujian *pull-out* yaitu serat tunggal ditanam di dalam matriks dengan kedalaman tertentu kemudian diberi gaya tarik yang diharapkan mampu mencabut serat yang tertanam. Pengujian *pull-out* dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan geser *interfacial* antara matriks dan serat. Nilai tegangan geser antara matriks dan serat dapat dihitung

dari besarnya gaya yang digunakan untuk memutuskan/mencabut serat dari matriks dengan menggunakan persamaan (Chandrabakty, 2011):

$$\tau = \frac{F_m}{\pi d l} \tag{2}$$

dengan F_m adalah gaya yang diberikan (N), τ adalah tegangan geser interfasial matriks serat (MPa), d adalah diameter serat (mm), dan l adalah kedalaman tertanam serat (mm).

Selain uji *pull-out*, nilai tegangan tarik serat tunggal juga menentukan panjang kritis serat alam. Tujuannya untuk mengetahui sifat-sifat mekanik tarik (kekuatan tarik) dari komposit yang diuji (Sears, 2002). Kekuatan tarik diukur dengan menarik sekeping sampel dengan dimensi yang seragam. Tegangan tarik (σ) adalah gaya yang diaplikasikan (F_T), dibagi dengan luas penampang (A) (Nugroho, 2017).

$$\sigma = \frac{F_T}{A} \tag{3}$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Uji Pull-Out Serat

Pengujian *pull-out* yaitu serat ditanamkan kedalam matriks dengan kedalaman 1 mm dan 2 mm. Sampel serat alam yang telah ditanamkan pada matriks kemudian dilakukan uji tarik pada mesin uji universal. Bagian serat dan matriks yang sudah dicekam pada mesin uji, ditarik pada arah yang berlawanan sampai terjadi peristiwa tercabutnya serat dari matriks (terjadinya *pull-out*) atau serat mengalami patah atau putus diluar matriks (tidak terjadi *pull-out*). Setelah serat tercabut ataupun mengalami putus di luar matriks maka nilai gaya yang diberikan akan muncul pada monitor mesin.

Tabel 1. Hasil Uji *Pull-Out Fiber Test*

Kedalaman (mm)	Gaya Rata-rata (N)			Keterangan
	Ampas Tebu	Bundung	Pinang	
1 mm	1,31 ± 0,57	18,29 ± 2,04	14,7 ± 0,98	Tercabut
2 mm	9,8 ± 1,70	26,79 ± 4,42	25,81 ± 3,96	Putus diluar matriks

Hasil uji *pull-out* serat disajikan dalam Tabel 1 menunjukkan bahwa pada kedalaman 1 mm serat ampas tebu, serat bundung, dan serat pinang mengalami *pull-out* atau serat tercabut dari matriks. Keadaan *pull-out* dapat terjadi karena kemampuan matriks dalam mentransfer tegangan sepanjang permukaan serat rendah. Serat gagal melawan gesekan antara permukaan matriks-serat akibat beban yang dikenakan sehingga serat dapat tercabut dari matriks. Oleh karena itu, hasil gaya rata-rata yang diberikan (F_m) serta kedalaman serat (l) hingga terjadi *pull-out* dijadikan sebagai data lanjutan untuk mencari nilai tegangan geser *interfacial* matriks-serat (τ). Gaya rata-rata yang disajikan merupakan nilai rata-rata tiga sampel uji dari masing-masing serat alam dengan ukuran diameter serat yang identik.

Hasil uji *pull-out* pada kedalaman 2 mm menunjukkan bahwa ketiga serat alam tidak mengalami *pull-out* atau serat mengalami patah diluar matriks. Tidak terjadinya *pull-out* disebabkan oleh ketahanan serat dalam melawan gesekan antara permukaan serat dan matriks akibat gaya yang diberikan lebih tinggi karena permukaan serat yang terbasahi oleh matriks lebih banyak. Oleh karena itu, data yang dihasilkan tidak dapat diambil untuk dilanjutkan ke analisis berikutnya dalam mencari nilai panjang kritis serat.

3.2 Nilai Tegangan Geser Interfacial Matriks-Serat

Proses uji *pull-out* serat yang dilakukan menghasilkan informasi mengenai parameter kedalaman serat tertanam serta besarnya gaya yang diberikan agar terjadi *pull-out*. Dari parameter tersebut, berdasarkan persamaan 2 maka didapatkan nilai tegangan geser *interfacial* matriks-serat seperti pada Tabel 2. Hasil tersebut (Tabel 2) menunjukkan bahwa nilai tegangan geser *interfacial* matriks-serat tertinggi berada pada serat bundung yaitu dengan nilai rata-rata sebesar 18,57 ± 1,73 MPa, dilanjutkan dengan serat pinang sebesar 11,53 ± 0,95 MPa dan

nilai tegangan geser terkecil yaitu serat ampas tebu sebesar $1,85 \pm 0,85$ MPa. Hasil tersebut berbanding lurus dengan nilai gaya rata-rata yang diberikan.

Tabel 2. Nilai Tegangan Geser Interfacial Matriks-Serat

No.	Nama Serat	Diameter (mm)	Gaya (N)	Tegangan Geser (MPa)
1	Ampas Tebu	0,22	1,96	2,84
		0,23	0,98	1,36
		0,23	0,98	1,36
	Rata-rata	$0,23 \pm 0,01$	$1,31 \pm 0,57$	$1,85 \pm 0,85$
2	Bundung	0,31	16,66	17,12
		0,31	17,64	18,12
		0,32	20,58	20,48
	Rata-rata	$0,31 \pm 0,01$	$18,29 \pm 2,04$	$18,57 \pm 1,73$
3	Pinang	0,39	14,70	12,00
		0,41	15,68	12,18
		0,42	13,72	10,40
	Rata-rata	$0,41 \pm 0,02$	$14,70 \pm 0,98$	$11,53 \pm 0,98$

Nilai tegangan geser menunjukkan besarnya daya ikat *interfacial* antara matriks dan serat. Semakin besar nilai tegangan geser maka daya ikat *interfacial* matriks-serat semakin besar. Daya ikat yang kuat menyebabkan gaya yang dibutuhkan untuk terjadi *pull-out* menjadi lebih besar pula. *Interface* yang kuat memberikan kekuatan yang tinggi, begitu juga sebaliknya. Semakin besar kekuatan ikatan geser *interfacial* matriks-serat maka akan dihasilkan komposit dengan transfer beban yang lebih efektif.

3.3 Hasil Uji Tarik Serat Tunggal

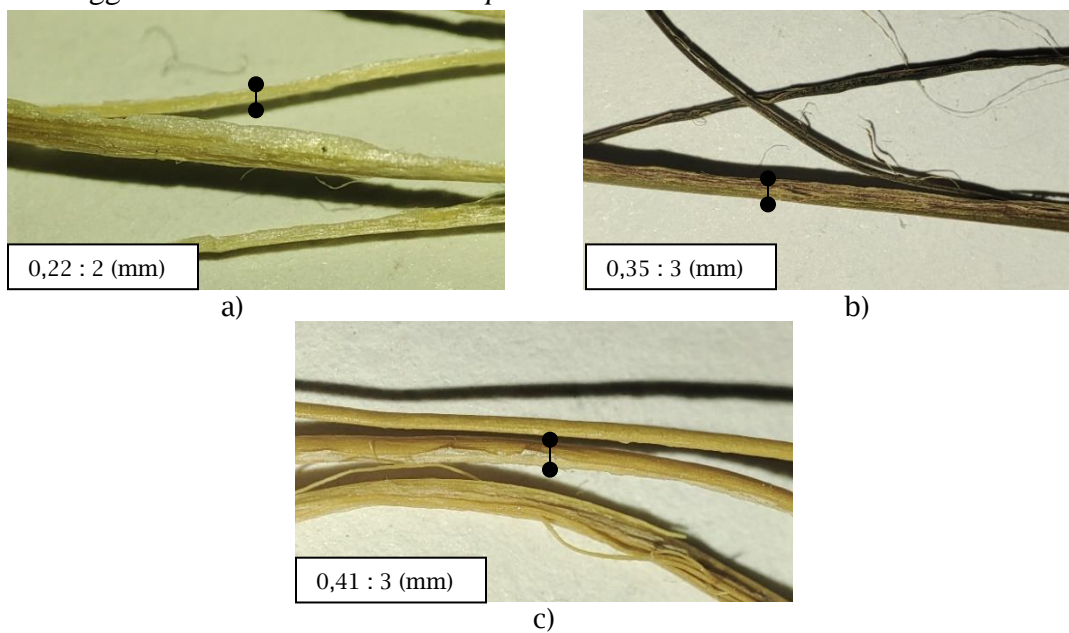
Kekuatan tarik serat adalah besarnya gaya yang dibutuhkan untuk menarik serat tunggal sampai titik putus. Pengujian tarik serat tunggal menghasilkan nilai gaya tarik maksimum (F_T) saat serat mengalami patah. Gaya tarik yang didapatkan lalu dibagi dengan luasan serat untuk menghasilkan nilai tegangan tarik serat. Berdasarkan persamaan 3 maka didapatkan nilai tegangan tarik serat tunggal seperti pada Tabel 3. Hasil uji tarik serat tunggal (Tabel 3) menunjukkan bahwa nilai tegangan tarik terbesar berada pada serat bundung sebesar $390,66 \pm 59,71$ MPa, kemudian diikuti dengan serat ampas tebu sebesar $141,04 \pm 20,92$ MPa dan tegangan tarik terkecil berada pada serat pinang dengan nilai sebesar $136,68 \pm 8,05$ MPa.

Tabel 3. Hasil Uji Tarik Serat Tunggal

No.	Nama Serat	Diameter (mm)	Gaya (N)	Tegangan Tarik (MPa)
1	Ampas Tebu	0,22	4,90	128,97
		0,22	4,90	128,97
		0,23	6,86	165,20
	Rata-rata	$0,22 \pm 0,01$	$5,55 \pm 1,13$	$141,04 \pm 20,92$
2	Bundung	0,35	33,32	346,50
		0,35	35,28	366,88
		0,35	44,10	458,60
	Rata-rata	$0,35 \pm 0,01$	$37,57 \pm 5,74$	$390,66 \pm 59,71$
3	Pinang	0,41	18,62	141,10
		0,42	17,64	127,39
		0,42	19,60	141,54
	Rata-rata	$0,42 \pm 0,01$	$18,62 \pm 0,98$	$136,68 \pm 8,05$

Berdasarkan persamaan 3 secara kualitatif dapat dikatakan bahwa diameter serat dapat mempengaruhi besarnya kekuatan tarik serat. Semakin kecil diameter maka kekuatan tariknya semakin besar. Berdasarkan hasil dari ketiga jenis serat pada Tabel 3, serat ampas tebu memiliki diameter yang paling kecil namun nilai tegangan tarik terbesar berada pada serat bundung. Hal tersebut dapat terjadi karena baik serat ampas tebu, serat bundung, dan serat pinang memiliki karakteristik serat yang berbeda-beda sehingga selain ukuran diameter dan besar gaya yang diberikan terdapat parameter lain yang berperan dalam peningkatan kekuatan tarik serat alam salah satunya yaitu kandungan kimia yang ada pada serat.

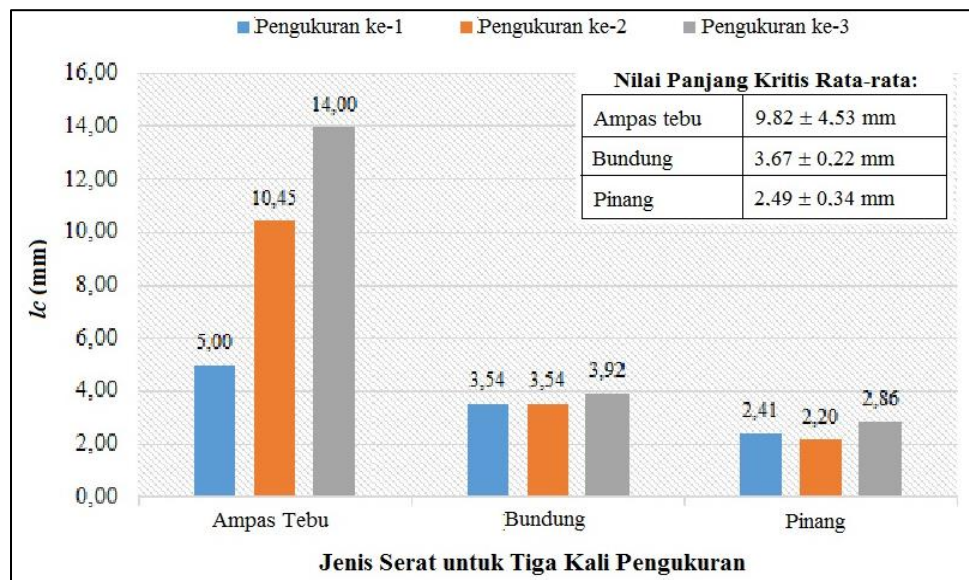
Serat ampas tebu dan serat pinang memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi. Kadar selulosa pada serat ampas tebu yaitu sebesar 52,7% sedangkan pada serat pinang sebesar 53,20%. Keduanya memiliki kandungan selulosa yang tidak jauh berbeda. Sedangkan pada serat bundung yang memiliki besaran nilai tegangan geser maupun tegangan tarik tinggi secara stabil menandakan bahwa serat bundung memiliki sifat fisis dan mekanis yang lebih unggul. Hal ini didukung oleh kandungan serat bundung yang terdapat jaringan parenkim yang tersebar sangat rapat dan merata, serta keberadaan jaringan parenkim ini sangat banyak sehingga menyebabkan serat bundung memiliki kekuatan yang tinggi khususnya kekuatan mekanik pada serat (Sitohang, 2015). Gambar 3. merupakan kondisi fisik dari serat ampas tebu, serat bundung, dan serat pinang yang diperbesar menggunakan kamera makro *smartphone*.



Gambar 3. Bentuk fisik (a) Serat tebu diperbesar 9x (b) Serat bundung diperbesar 9x (c) Serat pinang diperbesar 7x.

3.4 Nilai Panjang Kritis Serat Alam

Panjang kritis bergantung pada diameter serat (d), tegangan tarik (σ), serta tegangan geser *interfacial* matriks-serat (τ). Berdasarkan Gambar 4. diketahui bahwa serat ampas tebu memiliki nilai panjang kritis paling besar yaitu dengan rata-rata $9,82 \pm 4,53$ mm. Serat ampas tebu memiliki nilai standar deviasi yang relatif lebih besar. Hal ini disebabkan oleh nilai panjang kritis dari tiga sampel serat ampas tebu memiliki rentang yang cukup jauh yaitu 5 mm, 10,45 mm dan 14 mm. Selain itu dari ketiga sampel nilai panjang kritis, terlihat perbedaan angka yang cukup jauh antara serat ampas tebu dan serat lainnya. Hal ini disebabkan karena rapuhnya sampel serat ampas tebu yang dihasilkan. Kerapuhan serat tebu dapat dilihat berdasarkan besar gaya yang diberikan pada proses uji tarik serat tunggal. Besar gaya yang diberikan pada serat ampas tebu hingga serat terputus memiliki nilai yang sangat kecil yaitu dengan gaya rata-rata sebesar $5,55 \pm 1,13$ MPa (dapat dilihat pada Tabel 3).



Gambar 4. Grafik nilai panjang kritis serat alam

Ketiga sampel serat bundung (berdasarkan Gambar 4.) tidak memiliki perbedaan nilai panjang kritis serat yang signifikan. Nilai tegangan geser *interfacial* dan nilai tegangan tarik serat bundung yang tinggi menghasilkan nilai panjang kritis rata-rata sebesar $3,67 \pm 0,22$ mm. Begitu pula dengan serat pinang, ketiga sampel serat memiliki perbedaan nilai panjang kritis yang kecil. Nilai panjang kritis serat pinang rata-rata yang dihasilkan yaitu sebesar $2,49 \pm 0,34$ mm.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata panjang kritis serat ampas tebu yang dihasilkan adalah sebesar 9,82 mm, serat bundung sebesar 3,67 mm, dan serat pinang sebesar 2,49 mm. Nilai panjang kritis tersebut digunakan untuk membuat papan komposit serat alam sehingga dapat dihasilkan papan komposit dengan transfer beban yang lebih efektif.

Keterlibatan Penulis

SZA melakukan analisis data, menulis manuskrip original dan menulis manuskrip revisi. H mengedit manuskrip dan melakukan revisi. AA memberi gagasan pokok ide penelitian.

Daftar Pustaka

- Chandrabakty, S., 2011. Pengaruh Panjang Serat Tertanam Terhadap Kekuatan Geser Interfacial Komposit Serat Batang Melinjo-Matriks Resin Epoxy. *Jurnal Mekanikal*, 2(1), 1-9.
- Darmansyah, J. M. T. E. A., 2018. *Sintesis Mekanik Komposit Epoxy Berpenguat Serat Tebu (Tinjauan Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Bending)*. Lampung, Teknik Kimia, Universitas Lampung .
- Khaidar, H. R., 2019. *Analisis Kekuatan Tarik Serat Bundung (Scirpus grossus) dengan Variasi Perlakuan Alkali*. Pontianak, Universitas Tanjungpura.
- Khoiruddin, M., 2013. *Studi Perbandingan Panjang Kritis Pada Beberapa Macam Serat Alam dengan Metode Pull Out Fiber Test*. Surakarta, Universitas Sebelas Maret.

- Nugroho, G. E., 2017. *Karakteristik Komposit Berpenguat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan NaOH Dengan Fraksi Volume 4%, 6% dan 8%*. Yogyakarta, Universitas Sanata Dharma.
- Hapiz, P., Doyan, A., dan Sedijani, P., 2018. Uji Mekanik Material Komposit Serat Pinang. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, 4(2), 1-2.
- Rusmiyatno, F., 2007. *Pengaruh fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Bending Komposit Nylon/Epoxy Resin Serat Pendek Random*. Semarang, Universitas Negeri Semarang.
- Schwartz, M., 1984. *Composite Material Handbook*. Graw Hill Book Company.
- Young, H. D. dan Freedman, R.A. 2012. *Sears dan Zemansky's University Physics Jilid 13*. Boston, Addison Wesley.
- Shabiri, d., 2014. *Pengaruh Rasio Epoksi/Ampas Tebu Dan Perlakuan Alkali Pada Ampas Tebu Terhadap Kekuatan Bentur Komposit Partikel Epoksi Berpengisi Serat Ampas Tebu*. Jurnal Teknik, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- Sitohang, N., 2015. *Studi Pemanfaatan Rumput Bundung (Scirpus Grossus Linne) Sebagai Serat Alami Bahan Alat Penangkapan Ikan Dengan Pengujian Kekuatan Putus (Breaking Strength) dan Kemuluran (Elongation)*. Pekanbaru, Universitas Riau, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan.

