

Analisis Lentur Pada Komposit Serat Rumput Payung (*Cyperus Alternifolius*) Matriks Epoxy Di Bawah Kondisi Deformasi Layan

Andhika Eka Putra Winarko¹, Benedictus Sonny Yoedono², Lila Khamelda³
^{1,2,3}Prodi Teknik Sipil - Universitas Katolik Widya Karya Malang, Indonesia

Alamat: Universitas Katolik Widya Karya Malang – Jl. Bondowoso No 2 Malang

*Korespondensi penulis: _202032004@widyakarya.ac.id

Abstract. The rapid development of material technology has accelerated the use of natural fibers in composite fabrication. The application of natural fiber composites in industry and construction has increased because natural fibers offer several advantages, such as sustainability, lightweight properties, and good mechanical performance. One factor affecting the strength of natural fiber composites is fiber length, which influences mechanical properties and fiber performance in composite applications. This study conducted a flexural analysis of umbrella grass (*Cyperus alternifolius*) fiber composite with epoxy matrix under service deformation conditions using three fiber length variations: 3 mm, 6 mm, and 9 mm. A total of four specimens were prepared for each variation for flexural testing. The specimen dimensions and setup followed ASTM D7264/D7264M-07, with a length of 153.6 mm, width of 13 mm, and thickness of 4 mm. During testing, a 10 mm deflection limit was used to determine the maximum flexural stress occurring in each specimen. The flexural performance analyzed included specimen shape before and after testing, maximum flexural load, and maximum flexural stress in relation to fiber length. The test results showed that more uniform fiber deformation could affect the maximum load response. This condition made the maximum load reading less optimal. In addition, the fiber composite exhibited elastic behavior, so a deflection of 10 mm was used as the reference point for maximum load. The maximum loads for 3 mm, 6 mm, and 9 mm fiber lengths were 9.53 N, 3.45 N, and 10.34 N, respectively. In specimen B, nonuniform fiber deformation occurred at the midspan, resulting in lower load and stress values. The maximum load showed an increasing trend as fiber length increased. The maximum flexural stress values for fiber lengths of 3 mm, 6 mm, and 9 mm were 8.80 N/mm², 3.19 N/mm², and 9.54 N/mm², respectively. Likewise, flexural stress also showed an increasing trend with increasing fiber length.

Keywords: Umbrella grass fiber composite, Fiber length, Flexural strength, Epoxy matrix, Service deformation

Abstrak. Perkembangan teknologi di bidang teknologi bahan semakin pesat kemajuannya. Salah satunya yaitu penggunaan serat alami dalam pembuatan komposit. Aplikasi komposit serat alam dalam industri dan konstruksi telah meningkat karena serat alam memiliki beberapa keunggulan seperti keberlanjutan, ringan, dan sifat mekanis yang baik. Salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan komposit serat alam adalah panjang serat, dimana panjang serat ini mempengaruhi sifat mekanis dan kinerja serat dalam aplikasi pembuatan komposit. Pada penelitian ini dilakukan analisis lentur pada komposit serat rumput payung (*Cyperus Alternifolius*) matriks epoxy di bawah kondisi deformasi layan dengan variasi panjang sebagai berikut: 3 mm, 6 mm, dan 9 mm. Jumlah spesimen untuk setiap variasi adalah 4 (empat) spesimen untuk pengujian lentur. Dimensi dan set up benda uji sesuai dengan ketentuan ASTM D7264/D7264M-07 dengan panjang 153,6 mm, lebar 13 mm, dan tebal 4 mm. Pada proses pengujian di ambil tolak ukur lendutan 10 mm untuk mengetahui tegangan lentur maksimum yang terjadi pada masing masing spesimen. Kekuatan lentur yang dianalisis terdiri dari parameter bentuk spesimen sebelum dan sesudah pengujian lentur, beban lentur maksimum, serta tegangan lentur maksimum dalam hubungannya dengan panjang serat. Berdasarkan hasil pengujian didapat deformasi serat yang merata dapat mempengaruhi beban maksimum yang terjadi. Hal ini membuat pembacaan beban maksimum kurang optimal. Serta komposit serat memiliki sifat elastis sehingga di ambil tolak ukur untuk beban maksimum terjadi pada lendutan 10 mm. Beban maksimum serat panjang 3 mm 9,53 N, 6 mm 3,45 N, dan 9 mm 10,34 N. pada serat B terjadi deformasi serat yang tidak merata, pada bagian tengah bentang hal ini mengakibatkan nilai beban dan tegangan yang kurang maksimum. Beban maksimum menunjukkan tren yang meningkat seiring dengan semakin bertambahnya panjang serat komposit. Tegangan maksimum pada panjang serat 3 mm 8,80 N/mm², 6 mm 3,19 N/mm², dan 9 mm 9,54 N/mm². Begitu pun dengan tegangan lentur di lihat dari tren yang terjadi juga mengalai kenaikan seiring dengan penambahan panjang serat.

Kata kunci : Komposit serat rumput payung, Panjang serat, Kekuatan lentur, Matriks epoxy, Deformasi layan

1. LATAR BELAKANG

Teknologi di bidang bahan berkembang begitu cepat membuat munculnya banyak inovasi terbaru dalam material konstruksi. Perkembangan ini melibatkan inovasi dalam karakteristik, keberlanjutan, kekuatan, dan fungsionalitas dalam bahan konstruksi. Inovasi bahan konstruksi bertujuan untuk meningkatkan kinerja bahan. Peningkatan kinerja ini juga harus memperhatikan dampak terhadap lingkungan. Kesadaran dalam penggunaan bahan dalam konstruksi yang berdampak buruk pada lingkungan masih terbilang kurang. Banyak usaha dari berbagai pihak yang berusaha untuk membuat inovasi terbaru dengan menggunakan material yang berbahan alami.

Aplikasi komposit serat alam dalam industri dan konstruksi telah meningkat karena serat alam memiliki beberapa keunggulan seperti keberlanjutan, ringan, dan sifat mekanis yang baik. Komposit adalah material gabungan dua atau lebih yang mempunyai sifat mekanik lebih kuat dari material penyusunnya. Salah satu gabungan material itu dapat menggunakan serat alami yang menjadi bahan alternatif pengganti logam. Serat alam selama beberapa tahun terakhir telah muncul sebagai alternatif yang begitu banyak dipelajari. Hal ini dikarenakan serat alam menjadi pengganti serat sintetis. Serat alami memiliki ketersediaan yang sangat melimpah. Serat alam terbuat dari bahan alami seperti serat hewan, serat tumbuhan atau pun serat dari bahan tambang. Serat tumbuhan memiliki panjang yang tidak seragam, sehingga memerlukan penanganan dan penyeragaman panjang serat agar dapat digunakan dengan baik. Panjang serat ini mempengaruhi sifat mekanis dan kinerja serat dalam aplikasi pembuatan komposit.

Serat alam dapat dijumpai di tumbuhan seperti rumput payung (*Cyperus Alternifolius*). Rumput payung sangat mudah tumbuh dan dapat hidup di daratan yang minim air serta tanah yang tergenang banyak air (Hasto Prianggoro, 2009). Rumput payung juga menjadi tanaman yang dapat mengolah air limbah dengan lahan yang basa serta dapat menjadi tanaman hias (Devianasari Anggraini, 2011). Selain itu rumput payung dapat di gunakan sebagai bahan penguat alam dalam bahan komposit karena memiliki batang yang liat.

2. KAJIAN TEORITIS

2.1 Rumput Payung (*cyperus alternifolius*)

Rumput payung (*cyperus alternifolius*) adalah tanaman yang cepat berkembang biak. Tanaman ini memiliki kemampuan yang dapat hidup di daratan walaupun minim air serta di tanah yang tergenang air (Hasto Prianggoro, 2009). Rumput payung juga sering dijadikan tanaman hias karena memiliki kesan elegan pada daun yang berbentuk menyerupai payung (Yoedono et al., 2021). Rumput payung dapat air limbah di tempat yang basah (Devianasari

Anggraini, 2011). Rumput payung sangat mudah ditemukan di semua wilayah, karena tumbuhan ini mudah berkembang biak dan tidak membutuhkan terlalu banyak air dalam proses pertumbuhannya. Tumbuhnya berkelompok yang memiliki akar serabut, jadi bila mengambil satu batang maka akar biasanya tidak ikut tercabut. Batang dari rumput payung ini memiliki serat, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan komposit.



Gambar 1. Rumput Payung (*Cyperus Alternifolius*)

Rumput payung (*Cyperus Alternifolius*) memiliki kandungan pada seratnya yang terdiri dari lignin, selulosa, pectin, hemiselulosa, dan substansi perekat.

Pendant hydroxyl dan gugus polar (polar groups) yang terdapat di dalam serat mengakibatkan penyerapan kelembapan yang tinggi sehingga membuat lemahnya ikatan antara serat dan polimer matrik yang bersifat hydrophobic (Yoedono et al., 2019).

2.2 Komposit

Komposit adalah gabungan dari material pengisi (Matriks) dan lainnya sebagai fasa penguat (*Reinforcement*). Material yang digabungkan terdiri dari dua atau lebih dimana setiap material memiliki sifat mekanik dari setiap pembentuknya berbeda-beda. Komposit pada umumnya dapat tersusun dari matriks dan serat. Matriks memiliki sifat lunak, elastis, dan ulet serta serat memiliki sifat kekuatan tarik dan lentur yang cukup baik akan tetapi tidak dapat digunakan pada suhu yang cukup tinggi. Matriks memiliki sifat dapat mengikat ketika mencapai titik bekunya. Dari matrik dan serat yang memiliki sifat berbeda lalu digabungkan agar mendapatkan bahan baru yaitu komposit yang memiliki sifat berbeda dengan material penyusunnya. (Gibson, 1994).

2.2.1 Bahan Penyusun Pada Komposit

Terdapat dua fasa dalam penyusun komposit menurut (Irwan, 2013) yaitu:

A. Matriks

Matriks yang terdapat dalam struktur komposit terbuat dari logam atau polimer. Kemampuan utama yang disyaratkan untuk Matriks dalam komposit adalah kemampuan dalam meneruskan beban. Matriks berfungsi untuk mengikat dan melindungi serat serta

sebagai pelapis serat. Matriks pada umumnya terbuat dari bahan yang bertekstur liat dan lunak. Pemilihan bahan Matriks dan serat memainkan peranan penting dalam menentukan sifat mekanik dan sifat komposit. Gabungan Matriks dan serat menghasilkan komposit yang mempunyai kekuatan yang lebih tinggi. Komposit Matriks mempunyai kegunaan yaitu sebagai berikut: (Gibson, 1994)

1. Matriks mempertahankan serat di tempatnya
2. Disaat mendapatkan beban dapat mendistribusikan tegangan ke serat dan merubah bentuknya.
3. Mempunyai sifat *ductility*, *toughness* dan *electrical*.

B. *Reinforcement* atau *filler*

Reinforcement atau *filler* merupakan penguat yang terdapat di dalam Matriks pada material komposit. Penguat berfungsi untuk memperkuat (sifat mekanik) sedangkan pengisi dapat memperkuat ataupun memperlemah (sifat mekanik) hal ini dapat terjadi karena pengisi menjadi benda asing..

2.3.1 Klasifikasi Pada Komposit

Komposit diklasifikasikan sebagai berikut:

A. Klasifikasi matriks menurut (Rianto, 2017) sebagai berikut:

1. *Metal Matrix Composite* (MMC)

Metal matriks composite adalah gabungan dari beberapa material logam aluminium yang dijadikan sebagai Matriks lalu dikembangkan agar memperbaiki sifat dari logam, kekuatan, kestabilan panas yang tinggi, dan kekerasan. Kelebihan dari penggunaan komposit berbahan aluminium ini memiliki densitas yang rendah, tahan korosi, murah, dan mudah dipabrikasi.

2. *Ceramic Matrix Composite* (CMC)

Komposit Matriks keramik adalah material yang terdiri dari dua fase dimana salah satu fasenya sebagai Matriks dari keramik. Pada komposit Matriks keramik menggunakan penguat berupa oksida, carbide, dan nitride. Dimox menjadi proses pembuatan komposit matriks keramik. Dimox adalah proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pembuatan Matriks keramik di sekeliling *filler* (penguat).

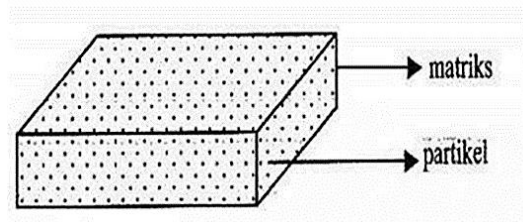
3. *Polymer Matrix Composite* (PMC)

Komposit Matriks polimer adalah Matriks yang paling sering digunakan karena memiliki sifat lebih ringan dan tahan korosi. Komposit Matriks polimer dibagi menjadi dua yaitu *thermoplastic* dan *thermoset*. Untuk *thermoplastic* sering digunakan karena

dapat di daur ulang sedangkan *thermoset* tidak dapat didaur ulang. B. Klasifikasi berdasarkan struktur yaitu:

a. *Structural Particulate Composite* (Komposit Partikel)

Komposit partikel merupakan komposit yang diisi dengan reinforcement berbentuk partikel atau serbuk yang terdapat di semua luasan dari komposit dan partikel yang tersuspensi di dalam Matriks. Komposit partikel memiliki sifat isotropis. (Jones, 1975).

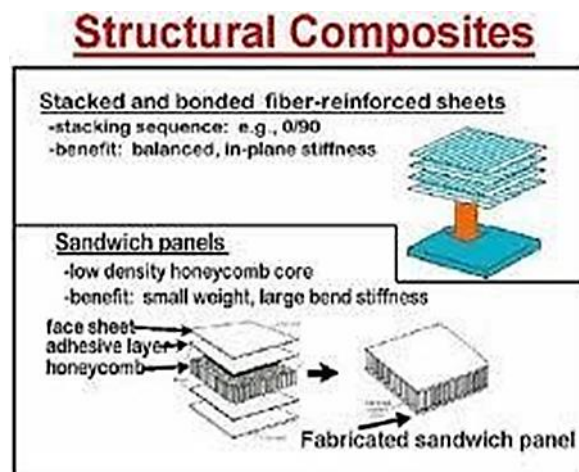


Gambar 2. Komposit Partikel

Sumber : Jones, 1975

b. *Structural Sandwich Composites* (Komposit Flat)

Sandwich adalah komposit yang tersusun dari tiga lapisan terdiri dari flat komposit (*metal sheet*) sebagai permukaannya (*skin*) dan material inti (*core*) terdapat dibagian tengahnya. Bagian permukaan terdiri dari *wood* atau *fiber composite*, lembaran metal. Sedangkan untuk bagian inti terdiri dari *honeycombs*, *balsa wood*, *corrugated*, dan *cellular foams*. *sandwich* dibuat agar memiliki struktur yang ringan akan tetapi juga mempunyai kekuatan dan kekakuan yang tinggi. Penggunaan bahan untuk komposit *sandwich* biasanya dengan syarat ringan, korosi, dan tahan panas, serta harga juga dipertimbangkan. Komposit *sandwich* sangat cocok untuk menahan beban lentur, meredam getaran dan suara, serta dampak. Sehingga sangat cocok untuk struktur (Zenkert, 1997).



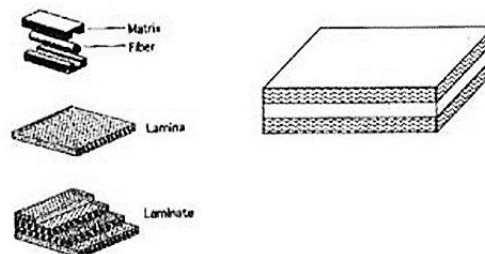
Gambar 3. Komposit Flat

Sumber: Zenkert, 1997

c. *Structural Laminate Composites* (komposit berlapis)

Laminate merupakan jenis komposit yang tersusun dari dua atau lebih lapisan yang digabungkan dimana setiap lapisannya memiliki karakteristik dan sifat masing-masing. Komposit *laminate* terdapat empat jenis yaitu komposit serat kontinyu, komposit serat acak, komposit serat anyam, dan komposit serat hibrid. Komposit *laminate* yang serat penguatnya hanya searah tidak menguntungkan karena memiliki sifat yang buruk. Untuk itulah struktur komposit dibuat dalam bentuk yang diorientasikan dalam arah yang diinginkan serta digabungkan untuk menjadi struktur. Dalam satu matrik terdapat bermacam-macam lapisan material menurut (Zenkert, 1997) yaitu:

- a) Bimetal adalah lapisan dua logam yang memiliki koefisien ekspansi termal yang berbeda. Bimetal cocok untuk alat ukur suhu karena akan melengkung seiring dengan berubahnya suhu sesuai dengan perancangan.
- b) Pelapisan logam dilakukan untuk mendapatkan sifat terbaik dari kedua logam.
- c) Kaca yang dilapisi akan lebih tahan terhadap cuaca sama halnya dengan pelapisan logam
- d) Komposit lapis serat banyak digunakan pada panel sayap dan badan pesawat. Komposit lapis dibentuk dari komposit serat dan disusun dalam berbagai orientasi serat.



Gambar 4. Komposit berlapis

Sumber: Zenkert, 1997

2.3.2 Tipe Arah Serat Pada Komposit

Supaya mendapatkan komposit yang baik, perlu memperhatikan arah seratnya dengan baik. Berdasarkan tempatnya, arah serat pada komposit menurut (Romadhona Ilham, 2018) sebagai berikut:

A. *Continuous Fiber Composite*

Continuous fiber composite memiliki lapisan serat yang lurus serta memanjang yang membentuk lamina disekitar matriksnya. Tipe ini memiliki kekurangan pada pemisahan antar lapisan karena kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriksnya.

B. *Woven Fiber Composite*

Arah serat komposit pada *Woven Fiber Composite* tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat antar lapisan. Akan tetapi kekuatan dan kekakuannya lemah hal ini diakibatkan susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus.

C. *Discontinuous Fiber Composite*

Discontinuous fiber composite adalah tipe komposit dengan serat pendek. Tipe ini dibedakan menjadi tiga menurut (Gibson, 1994) yaitu:

1. *Aligned discontinuous fiber*
2. *Off-axis aligned discontinuous fiber*
3. *Randomly oriented discontinuous fiber*

Tipe acak paling sering digunakan pada produksi dengan jumlah volume besar hal ini karena faktor biaya manufakturnya yang lebih murah. Serat acak juga memiliki kekurangan yaitu sifat mekanik pada serat masih dibawah dari penguatan dengan serat lurus pada jenis serat yang sama.

D. *Hybrid Fiber Composite*

Tipe arah serat komposit ini merupakan gabungan antara tipe serat acak dan serat lurus. Cara ini dapat digunakan untuk mengantisipasi kekurangan dari setiap tipe arah serat tersebut.

2.3.3 Kelebihan Dan Kekurangan Pada Komposit

Kelebihan dan kekurangan pada material komposit menurut (Younggi, 2019) yaitu:

A. Kelebihan Komposit

1. Komposit dapat menjadi material yang jauh lebih baik dari material penyusunnya.
2. Komposit dapat dibuat sesuai kebutuhan
3. Komposit dapat dirancang sangat kuat dan kaku serta sangat ringan.
4. Komposit cocok digunakan pada bidang olahraga dan pesawat terbang karena rasio perbandingan kekuatan dengan berat, kekakuan dengan berat lebih baik dari pada baja dan aluminium
5. Sifat fatigue dan keuletan dari komposit lebih baik dibandingkan dengan logam teknik.
6. Komposit dapat direncanakan untuk tidak mudah berkarat.
7. Material komposit dapat memperoleh sifat yang tidak dapat dicapai oleh logam, polimer, dan keramik.
8. Komposit dapat dirancang materialnya dengan penampilan luar yang menarik.

B. Kekurangan komposit

1. Komposit yang memiliki bersifat *anisotropic* sehingga terjadi perbedaan sifat yang bergantung pada arah komposit diukur.
2. Komposit berbasis polimer rentan terkena serangan bahan kimia.
3. Material komposit bisa terbilang mahal mahal.
4. Proses pembuatan material komposit cukup lama.

2.3 Komposit Serat Alam

Serat alam adalah serat yang berasal dari hewan dan tumbuhan berbentuk seperti benang. Untuk mendapatkan bentuk serat yang sesuai perlu melakukan pemrosesan tergantung dengan karakter bahan dasarnya. Jenis serat dari bahan tumbuhan antara lain enceng gondok, kapas, pelepah pisang, rami, rumput payung dan sebagainya. Serat pada tumbuhan umumnya bisa terbentuk dari selulosa pada buah, daun, batang, dan biji. Sedangkan serat dari hewan terbentuk dari protein dan linen misalnya wool, sutra dan bulu burung (Fajri RI et al., 2013). Serat alam dapat dipertimbangkan sebagai material ramah lingkungan yang memiliki sifat dan karakteristik yang baik bila dibandingkan dengan serat sintetis. Serat alam lebih dipilih sebagai material komposit karena memiliki kekuatan spesifik yang cukup tinggi dengan massa jenis yang rendah. Selain itu serat alam sangat mudah didapat di manapun serta dapat diperbarui. Pemanfaatan serat alam sebagai campuran dalam material komposit merupakan langkah yang sangat baik untuk menyelamatkan kelestarian lingkungan, karena bersifat ramah lingkungan serta memiliki karakteristik mekanik yang cukup baik.

Komposit serat alam adalah jenis material gabungan antara Matriks dan serat alam. Serat alam berfungsi sebagai penguat struktural dan Matriks sebagai pengikatnya. Umumnya serat alam berasal dari tumbuhan yang menghasilkan selulosa. Selulosa dalam tumbuhan ini membuat Matriks tidak dapat mengikat serat dengan baik. Hal ini yang membuat perlunya melakukan perlakuan khusus agar dapat merekat dengan baik. Komposit serat alam memiliki kekuatan lentur yang cukup baik jika digabungkan dengan Matriks yang sesuai (Mohammed et al., 2015).

Penggunaan serat alam pada komposit memerlukan perlakuan khusus agar mendapatkan hasil maksimum. Sifat dari serat alam yang dapat menyerap air menjadi salah faktor dalam penggunaan serat alam, serta terdapat kandungan glukosa pada tumbuhan. Hal itu membuat Matriks sulit terikat dengan sempurna. Dengan berkembang pengetahuan sudah banyak cara untuk mengatasi kekurangan dari serat alam. Salah satunya dengan proses alkalikasi pada serat yang akan digabung dengan Matriks.

2.4 Deformasi Layan

Deformasi layan adalah perubahan bentuk atau perubahan geometri pada suatu objek atau bahan ketika dikenai beban atau tugas layanan. Deformasi bisa terjadi pada berbagai jenis materi, termasuk padat, cair, atau gas. Sebagai contoh terdapat suatu bahan padat dan memberikan tekanan atau tarikan padanya, bahan tersebut dapat mengalami deformasi. Deformasi dapat diukur dalam berbagai bentuk, seperti perubahan panjang, perubahan luas, atau perubahan volume, tergantung pada jenis beban atau gaya yang diterapkan.

2.5 Panjang Serat

Panjang serat pada material komposit adalah panjang fisik serat yang akan digunakan sebagai campuran pada matriks. Panjang serat dalam komposit menjadi faktor yang mempengaruhi sifat mekanis dan kekuatan komposit (Mahmuda et al., 2013). Berikut beberapa faktor terkait dengan panjang serat dalam komposit:

A. Efek Mekanis

Serat yang memiliki ukuran lebih panjang cenderung memberikan kekuatan yang lebih baik pada komposit. Panjang serat yang optimal dapat memberikan kekuatan lentur yang lebih baik.

B. Distribusi Serat

Pendistribusian serat secara merata pada komposit dapat menghasilkan kekuatan yang lebih baik.

C. Proses Manufaktur

Panjang serat memerlukan beberapa teknik manufaktur komposit. Hal ini bertujuan agar pengaturan panjang serat dapat teraplikasikan dengan baik.

D. Keandalan Struktur

Panjang serat juga mempengaruhi keandalan dan ketahanan pada struktur komposit. Serat yang terlalu pendek memungkinkan tidak dapat memberikan penguatan yang optimal.

2.6 Alkalisasi Serat

Alkalisasi serat adalah proses alkali pada serat yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan serat alam. Proses alkali berguna agar dapat menghilangkan sebagian *lignin* dan *hemiselulosa* dari dinding sel serat. *Lignin* dan *hemiselulosa* dapat mengurangi daya rekat dengan Matriks dan mengurangi daya tahan serat terhadap tekanan. Daya rekat yang terjadi diakibatkan oleh permukaan serat yang lebih kasar karena sudah tidak terdapat *lignin* dan *hemiselulosa*. Dampak dari perlakuan alkalisasi pada serat juga akan mempengaruhi fraktur dan sifat mekanik pada komposit. Hal ini tergantung pada sifat *konstituen* dan *interphase* tempat perpindahan *stress* terjadi (May-pat et al., 2013).

Proses alkalisasi serat menggunakan Natrium Hidroksida (NaOH). NaOH sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari seperti soda api. NaOH murni terbentuk dari *Oksida* basa Natrium Oksida yang dilarutkan pada air. NaOH yang masih murni berbentuk putih padat. NaOH merupakan larutan yang berada di *methanol* dan *ethanol*, walaupun kelarutannya kedua cairan ini lebih kecil dari pada Kalium Hidroksida (KOH). Larutan NaOH akan membuat noda kuning pada kertas dan kain (Greenwood & Earnshaw, 1997). NaOH memiliki sifat mampu menurunkan kelembaban udara dan higroskopis, serta mengabsorpsi karbon dioksida (CO₂) dari udara hal ini menyebabkan NaOH mudah mencair pada udara terbuka (Situmorang, 2018).

Proses alkalisasi dilakukan dengan cara melarutkan NaOH pada 100 ml air. Komposisi yang digunakan yaitu NaOH 5% dari 100 ml air. NaOH nantinya akan dilarutkan pada air. Sebelum proses pelarutan, NaOH masih berwujud padat maka dilakukan terlebih dahulu penimbangan 5% pada 100 ml air. Setelah mendapatkan berat yang dibutuhkan dari NaOH maka dapat dilarutkan pada 100 ml air.

2.7 Epoxy

Epoxy atau sering disebut resin adalah jenis bahan kimia dari proses *polimerisasi* dan *epoksida* yang digunakan untuk bahan perekat, *coating*, bahan campuran cat dan bahan material lainnya. *Epoxy* tergolong di kategori keluarga "termoset" dari resin, poliester, silikon, melamin, akrilik, dan fenolik. *Epoxy* terbentuk dari proses pengikatan dua senyawa kimia, yaitu *epoxy resin* dan *epoxy hardener*. Proses pengikatan *epoxy* kurang lebih dapat berlangsung selama 24 jam, tergantung dengan perbandingan komposisi yang digunakan. Temperatur juga memengaruhi proses pengikatan dan peningkatan kekuatan mekanik komposit. Untuk mendapatkan proses pengikatan dengan waktu yang singkat, *epoxy* dapat diberi perlakuan pemanasan dengan suhu (100°C – 180°C) (Pradhan et al., 2016).

Penelitian ini menggunakan epoxy sebagai Matriks didasari oleh penelitian (Yoedono et al., 2017) dimana pada penelitian tersebut telah dibuktikan bahwa nilai MOE tertinggi sebesar 53,9 N/mm² terdapat pada spesimen dengan ketebalan 7 mm dengan pengujian beban searah serat dan sebesar 35,3 N/mm² pada spesimen dengan ketebalan 5 mm. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa serat rumput payung (*cyperus alternifolius*) dengan matriks *epoxy* dapat berinteraksi dengan baik untuk mendukung kekuatan lentur plafon komposit.

2.6.1 Kelebihan Epoxy

Kelebihan *epoxy* menurut (Martino, 2017) sebagai berikut:

A. *Epoxy* dapat merekatkan benda yang berbahan besi, kayu, kaca, baja, kramik, plastik, dan masih banyak lagi.

B. Hasil pengaplikasian *epoxy* dapat membuat bahan lebih awet, kuat, tahan benturan, dan goresan.

2.6.2 Klasifikasi Sifat Epoxy

Klasifikasi berdasarkan sifatnya menurut (Surdia & Saito, 1999) sebagai berikut:

A. Resin Bisfenol A

Resin Bisfenol A memiliki kelekatan yang sangat baik terhadap benda lain. Bahan ini umumnya digunakan pada cat untuk logam, pelapis, perekat, serat gelas, dan lain sebagainya. Pada pengawetan tidak menghasilkan bahan tambahan seperti air dan penyusutan volume. Sangat stabil terhadap banyak asam dan tahan terhadap zat kimia kecuali asam pengoksid yang kuat, dan asam alifatik rendah, garam dan alkali. Bahan ini baik digunakan sebagai bahan non korosif Karena tak diserang oleh hampir semua pelarut.

B. Resin Sikloalifatik

Resin sikloalifatik viskositasnya rendah dan ekivalensi epoksinya kecil. Resin sikloalifatik memiliki ketahanan busur dan sifat anti alur yang baik. Bahan ini berguna sebagai pengencer bisfenol kaku dan rapuh. Bahan ini sering digunakan sebagai alat isolasi listrik yang diperkuat dengan serat-serat gelas.

2.8 Fraksi Volume

Fraksi volume adalah istilah yang digunakan dalam kimia untuk menggambarkan proporsi volume dari satu komponen terhadap total volume campuran. Fraksi volume digunakan untuk perbandingan antara serat (penguat) dan Matriks yang digunakan pada komposit. Fungsi serat adalah penguat yang menopang beban paling besar yang diterima oleh material saat menerima beban sedangkan matriks berfungsi untuk mendistribusikan beban ke seluruh material penguat komposit (Rusmiyanto, 2007). Fraksi volume dapat dihitung dengan membagi volume satu komponen dengan total volume campuran.

2.9 Kuat Lentur

Kuat lentur adalah kemampuan material untuk menahan tekanan dan gaya yang terjadi pada permukaannya. Kuat lentur juga mencegah material mengalami deformasi permanen dan patah. Kekuatan lentur akan terjadi secara maksimum pada permukaan material setelah mendapatkan gaya dan tekanan. Proses pengujian dilakukan untuk mengetahui kekuatan lentur pada material. Proses pengujian lentur akan dilakukan dengan meletakkan benda uji di atas dua tumpuan yang berada di ujung benda uji. Lalu akan diberikan beban titik pada bagian tengah dari benda uji yang sudah diletakkan pada tumpuan. Tegangan maksimum akan terjadi pada permukaan serat komposit yang disebabkan oleh beban di tengah pada benda uji.

Tegangan dapat dihitung sebagai berikut menurut ASTM D7264/D7264M-07:

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (1)$$

Dimana:

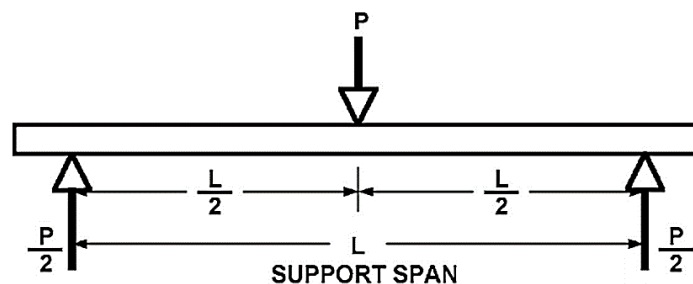
P = beban maksimum (N)

L = jarak antar tumpuan (mm)

b = lebar benda uji (mm)

h = tebal benda uji (mm)

σ = tegangan pada permukaan luar pada tengah bentang (N/mm²)



Gambar 5. Setting Up Benda Uji

Sumber: ASTM D7264/D7264M-07



Gambar 6. Spesimen

2.10 Kekuatan Lentur Komposit

Kekuatan lentur pada komposit dipengaruhi oleh adanya jenis serat, Matriks, arah orientasi serat, dan rasio serat Matriks. Kekuatan lentur komposit diukur dalam satuan tekanan seperti pascal (Pa) atau megapascal (MPa), tergantung pada sistem pengukuran yang digunakan. Kekuatan lentur dapat diukur menggunakan tes tiga titik atau tes empat titik, tergantung pada geometri dan aplikasi materialnya.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian kuantitatif yang digunakan pada penelitian ini. Kuantitatif digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel independen (*treatment*/perlakuan) terhadap variabel

dependen (hasil) dalam kondisi yang terkendalikan. Kondisi dikendalikan agar tidak ada variabel lain (selain variabel *treatment*) yang mempengaruhi variabel dependen. Agar kondisi dapat dikendalikan, maka dalam penelitian eksperimen menggunakan kelompok kontrol. Pengumpulan data dengan melihat pengaruh panjang serat rumput payung (*Cyperus Alternifolius*) terhadap kuat lentur dengan cara melakukan eksperimen, untuk dapat mengetahui hubungan dari panjang serat dengan kuat lentur.

3.2 Rancangan Penelitian

Pada penelitian rumput payung ini akan dilakukan uji lentur pada komposit serat rumput payung dengan Matriks *epoxy*. Pengujian lentur ini mengacu pada ASTM D7264/D7264M-07 dengan perbandingan 70% serat dan 30% Matriks, dimana serat yang digunakan akan dengan panjang 3 mm, 6 mm, dan 9 mm. Diameter dari serat dirata-ratakan untuk mendapatkan hasilnya yaitu kurang lebih 1 mm. pengukurannya menggunakan jangka sorong agar mendapatkan hasil yang akurat.

3.2.1 Jumlah Benda Uji

Jumlah benda uji ini adalah 12 dengan ketentuan sebagai berikut:

Tabel 1. Jumlah Benda Uji

No.	Spesimen	Panjang Serat (mm)	Jumlah
1.	A	3	4
2.	B	6	4
3.	C	9	4

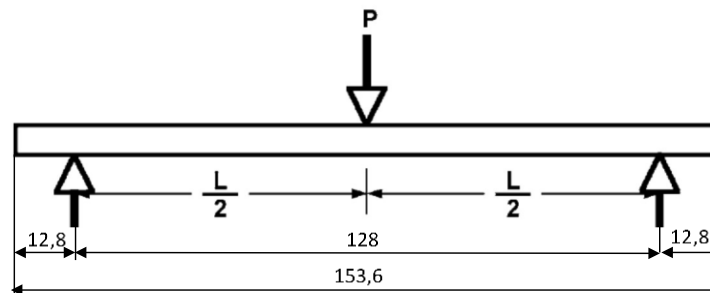
3.2.2 Metode Pembuatan Komposit

Metode dalam pembuatan komposit serat ini dengan mencampurkan serat dan *epoxy* di dalam wadah plastik, lalu diaduk hingga tercampur dengan rata. Setelah tercampur maka akan di tuangkan pada cetakan. Proses selanjutnya dilakukan penekanan pada campuran serat dan *epoxy* yang sudah dituangkan pada cetakan agar dapat rata dengan cetakan, serta mengeluarkan gelembung udara yang terperangkap. Setelah itu meratakan bagian atas dari spesimen lalu dikeringkan di udara terbuka selama 2 x 24 jam.

3.2.3 Spesimen

Ukuran spesimen pada pengujian ini menurut ASTM D7264/D7264M-07. Dimana spesimen memiliki ketebalan 4 mm dan lebar 13 mm. Perbandingan bentang antar tumpuan dengan tebal yaitu 32 : 1, maka dengan tebal = 4 mm didapatkan bentang = 128 mm. Total jarak antara ujung spesimen dengan tumpuan adalah sepanjang 20% dari bentang antar tumpuan yaitu = $20\% \times 128 = 25,6$ mm, sehingga jarak dari ujung spesimen dengan tiap tumpuan = $\frac{1}{2} \times 25,6$ mm = 12,8 mm. Panjang total spesimen = 128 mm + 25,6 mm = 153,6

mm, oleh karena itu dimensi spesimen yang digunakan yaitu panjang 153,6 mm, tebal 4 mm dan lebar 13 mm. Penempatan dan bentuk spesimen pada tumpuan ditunjukkan pada Gambar 7. Berikut ini.



Gambar 7. Dimensi Spesimen
Sumber: ASTM D7264/D7264M-07



Gambar 8. Bentuk Spesimen

3.2.4 Fraksi Volume

Perhitungan volume untuk spesimen benda uji ini berdasarkan ukuran total cetakan. Cetakan ini berukuran 153,6 x 13 x 4 mm satu spesimen dengan fraksi volume adalah 70% serat dan 30% epoxy. Massa jenis serat rumput payung didapatkan melalui pengujian terhadap serat sepanjang 50 cm setelah melalui proses alkalisasi 5% NaOH. Serat kemudian dipotong dengan ukuran panjang 1 cm. Serat tersebut ditimbang dengan timbangan digital untuk mengetahui berat serat. Selanjutnya menyiapkan gelas ukur 25 ml yang di dalamnya di beri air sebanyak 20 ml lalu serat yang sudah ditimbang akan dimasukkan pada gelas hingga tenggelam sehingga akan terlihat penambahan volumenya. Maka massa jenis serat rumput payung sebagai berikut:

$$\text{Massa Serat (m)} = 0,0412 \text{ gram}$$

$$\text{Volume Serat (v)} = 0,2 \text{ cm}^3$$

$$\text{Massa Jenis Serat (P)} = \frac{m}{v} = 0,0412 / 0,2 = 0,206 \text{ gr/cm}^3$$

Menghitung volume cetakan satu spesimen yang diasumsikan volume cetakan = volume komposit, sehingga perhitungannya sebagai berikut:

$$\text{Volume Cetakan (V}_{\text{cet}}) = \text{Volume Komposit (V}_{\text{komp}})$$

$$\text{Sehingga V}_{\text{komp}} = 15,36 \times 1,3 \times 0,4 = 7,98 \text{ cm}^3 = 7,98 \text{ ml}$$

Perhitungan fraksi volume serat sebagai berikut:

A. Volume Serat

$$\text{Volume Serat (Vs)} = 70\% \times V_{\text{komp}} = 70\% \times 7,98 = 5,591 \text{ cm}^3$$

B. Massa serat

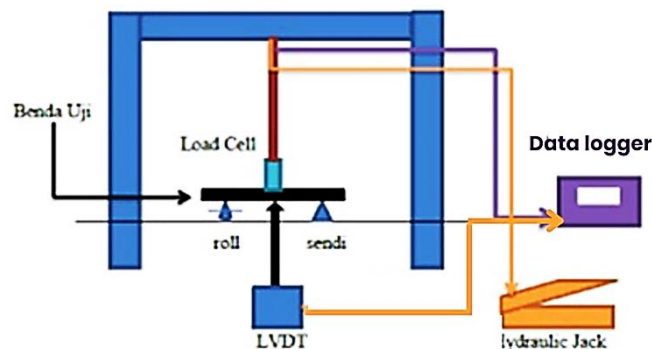
$$M_s = P \times V_s = 0,206 \times 5,591 = 1,1517 \text{ gr}$$

C. Volume Matriks

$$\text{Volume Matriks (V}_m\text{)} = 30\% \times V_{\text{komp}} = 30\% \times 7,78 = 2,3961 \text{ cm}^3 = 2,3961 \text{ ml}$$

3.2.5 Metode pengujian

Dalam proses pengujian ini digunakan tolok ukur lendutan untuk mendapatkan beban maksimum. Penggunaan tolok ukur lendutan ini karena spesimen memiliki sifat elastis seperti karet yang membuat spesimen tidak bisa patah. Dalam pengujian akan di ambil batas lendutan sebesar 12 mm sebagai batas beban maksimum. Setelah mendapatkan data, maka data akan di olah dan di ambil batas lendutan 10 mm setiap spesimen. Penentuan batas 10 mm ini dengan cara melakukan interpolasi pada setiap data spesimen.



Gambar 9. Skema Pengujian Lentur

Sumber: Martino, 2017

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perbandingan Bentuk Spesimen

Perbandingan bentuk spesimen sebelum dan sesudah dilakukan pengujian lentur sebagaimana terlihat pada Gambar 10. berikut.

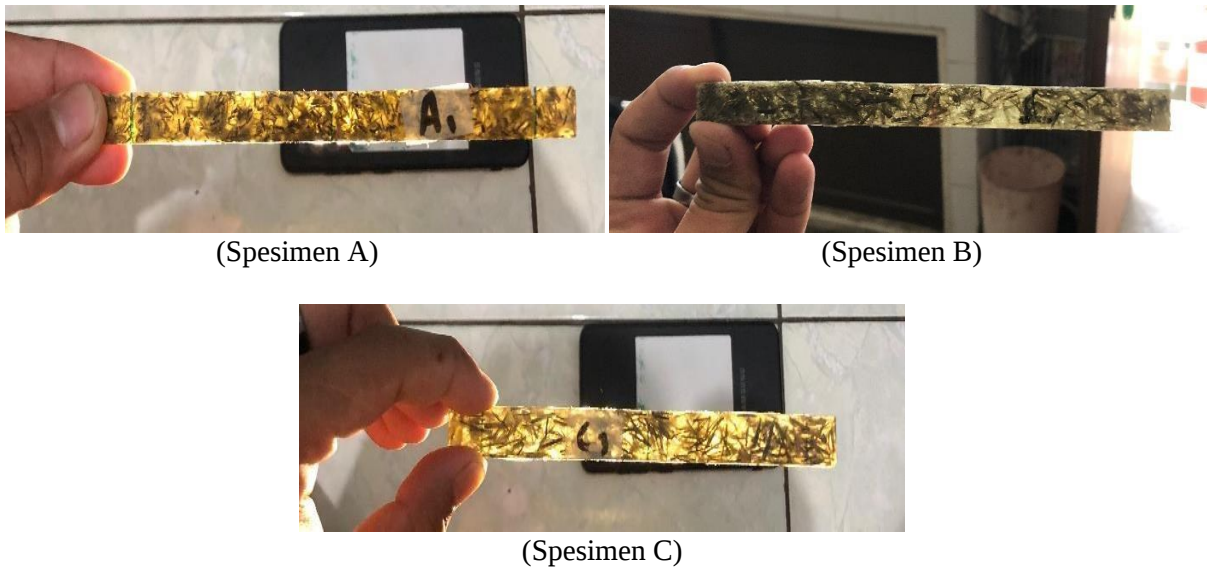


Gambar 10. Spesimen (a) sebelum pengujian (b) setelah pengujian

4.2 Pengujian

A. Sebelum Uji

Pada masing-masing spesimen terdapat distribusi serat yang beragam. Antara spesimen A,B,dan C terjadi perbedaan distribusi serat karena pada saat penuangan campuran serat dan *epoxy* pada cetakan tidak bisa dengan mudah diratakan. Hal ini karena *epoxy* yang kental dan cepat mengering. Distribusi serat yang tidak merata terjadi pada spesimen B. Pendistribusian serat yang tidak merata terjadi di bagian tengah spesimen yang dapat mempengaruhi beban maksimum dan lendutan yang terjadi. Sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar berikut.



Gambar 11. Distribusi Serat

B. Setelah Uji

Spesimen pada saat diuji mengalami lendutan yang cukup besar tetapi tidak patah, sehingga beban maksimum tidak dapat terbaca karena beban dinyatakan maksimum pada saat spesimen patah. Karenanya beban maksimum ditetapkan pada saat lendutan sebesar 10 mm. Lendutan maksimum tersebut selain ditetapkan berdasarkan kondisi yang terjadi akibat setting benda uji, juga dari segi visual dan estetika. Dari proses pengujian, terlihat spesimen bersifat elastis dan dapat kembali ke bentuk semula.

4.3 Beban Maksimum

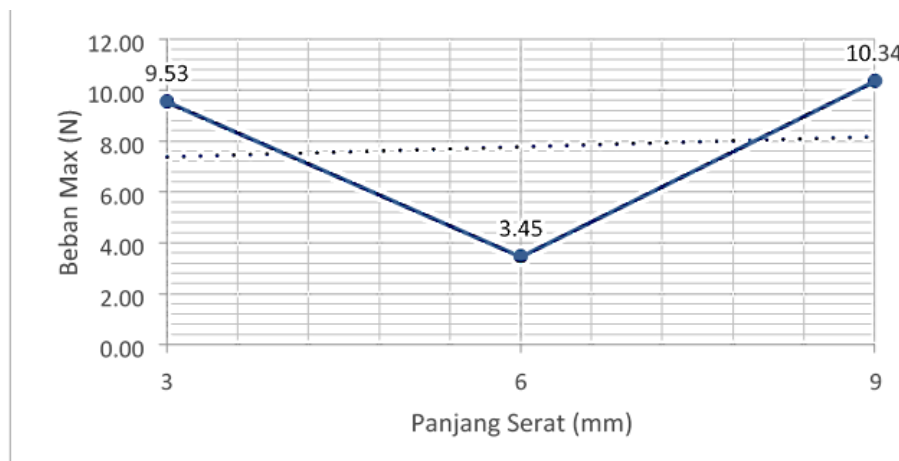
Beban dinyatakan maksimum pada saat lendutan yang terjadi sebesar 10 mm, besaran ini didapatkan dari realisasi pengujian. LVDT pada awalnya diatur untuk mendapatkan maksimum lendutan 12 mm dimana pada lendutan tersebut spesimen diasumsikan telah patah. Tetapi pada prakteknya spesimen tidak patah bahkan hingga lendutan terjadi 12 mm. Terjadinya lendutan > 12 mm maka akan menyebabkan sisi transversal load cell akan menempel langsung dengan spesimen sehingga beban tidak hanya melalui pipa/paku yang dipasang melintang pada

spesimen sebagai analogi beban terpusat (P). Pengujian lentur di laboratorium sebagaimana yang terlihat pada Gambar berikut.



Gambar 12. Uji Lentur

Hubungan Beban Maksimum dan Panjang Serat



Gambar 13. Grafik Hubungan Beban Maksimum dan Panjang Serat

Gambar 13. di atas menunjukkan beban maksimum untuk panjang serat 3 mm sebesar 9,53 N, 6 mm sebesar 3,45 N, dan 9 mm sebesar 10,34 N. Penambahan panjang serat pada spesimen menghasilkan peningkatan beban maksimum, sehingga disimpulkan bahwa beban maksimum dipengaruhi oleh panjang serat. Distribusi serat pada spesimen dengan panjang serat 6 mm tidak merata sehingga beban yang diterima diasumsikan tidak maksimum atau semestinya masih dapat lebih besar lagi.

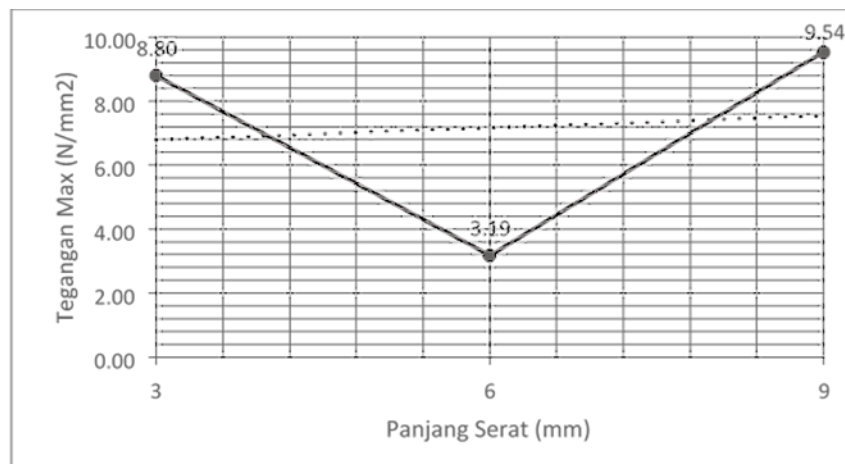
4.4 Tegangan Maksimum

Beban lentur terjadi ketika suatu struktur atau benda diberikan beban yang menyebabkan elemen struktural tersebut mengalami lenturan atau pembengkokan. Konsep tegangan lentur melibatkan distribusi tegangan di sepanjang permukaan serat komposit yang mengalami lenturan.

Hubunghan Tegangan Maksimum dan Perbandingan

Tabel 2. Tegangan maksimum

Kode	Panjang Serat (mm)	Beban Max (N)	Tegangan Max N/mm ²
A	3	9,53	8,80
B	6	3,45	3,18
C	9	10,34	9,54



Gambar 14. Grafik Hubungan Tegangan Masimum dan Panjang Serat

Tegangan maksimum dapat dikalkulasi bila sudah mendapatkan data dari beban maksimum setiap panjang serat. Tegangan maksimum pada gambar 14. di atas didapatkan dari perhitungan menggunakan persamaan (1), dengan contoh perhitungan pada spesimen 3 mm sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2} = \frac{3 \times 9,53 \times 128}{2 \times 13 \times 4^2} = 8,8 \text{ N/mm}^2$$

Perhitungan menghasilkan nilai tegangan maksimum panjang serat 3 mm sebesar 8,8 N/mm², 6 mm sebesar 3,19 N/mm², dan 9 mm sebesar 9,54 N/mm². Tegangan maksimum terbesar terjadi pada panjang serat 9 mm. Penambahan panjang serat menghasilkan tegangan yang meningkat pula, maka dapat disimpulkan bahwa tegangan dipengaruhi oleh panjang serat.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian Analisis Lentur Pada Komposit Serat Rumput Payung (*Cyperus Alternifolius*) Matriks Epoxy di bawah Kondisi deformasi Layan yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Bentuk spesimen setelah mengalami pengujian akan mengalami lendutan, akan tetapi akan kembali lagi ke bentuk awal seperti karet. Deformasi serat pada spesimen sangat berpengaruh terhadap beban maksimum yang terjadi. Pada spesimen B terdapat serat yang

tidak terdistribusi dengan rata sehingga membuat beban maksimum tidak akurat. Spesimen mengalami lendutan yang cukup besar dan elastis. Oleh karena itu, di ambil batasan untuk beban maksimum terjadi ketika lendutan mencapai 10 mm. batasan 10 mm ini karena dalam pengaplikasiannya batas wajarnya di lapangan yaitu 10 mm.

2. Beban maksimum di dapatkan serat panjang 3 mm (9,53 N), 6 mm (3,45 N), dan 9 mm (10,34 N). Beban maksimum terbesar terjadi pada variasi panjang serat 9 mm karena panjang dari seratnya akan menahan beban agar tidak terjadi lendutan. Hal ini dapat dilihat dari tren yang terjadi pada grafik beban maksimum seiring bertambahnya panjang serat juga bertambah beban maksimumnya.
3. Tegangan maksimum pada panjang serat 3 mm [8,80 N/mm²], 6 mm [3,19 N/mm²], dan 9 mm [9,54 N/mm²]. Begitu pun tegangan lentur, paling besar terjadi di spesimen panjang serat 9 mm. Tren yang terjadi pun mengalami kenaikan seiring dengan panjang serat.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini yaitu:

1. Proses penggilingan serat dilakukan menggunakan alat yang lebih baik lagi agar mendapatkan hasil diameter serat yang seragam.
2. Pendistribusian serat pada spesimen dapat diperhatikan lagi agar lebih merata.
3. Perlunya penelitian lanjutan mengenai pengaruh tingkat maksimum kekeringannya serat maupun variasi volume serat yang lebih banyak lagi.

DAFTAR REFERENSI

- Devianasari Anggraini. (2011). Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Lahan Basah Buatan Menggunakan Rumput Payung (*Cyperus Alternifolius*). UPN Jatim. <https://eprints.upnjatim.ac.id/2659/>
- Fajri RI, Tarkono, & Sugianto. (2013). Studi Sifat Mekanik Komposit serat *Sansevieria cylindrica* dengan variasi fraksi volume bermatrik polyester. Jurnal FEMA, 2, 85–93.
- Febrianto, R. R. (2019). Pengaruh Pengekangan Serat dan Pengepresan Lamina Terhadap Kekuatan Lentur Plafon Komposit Serat Rumput Payung (*Cyperus Alternifolius*) Dengan Matrix Epoxy. 54.
- Gibson, R. F. (1994). Principle of composite material mechanics (XVII). McGraw-Hill.
- Greenwood, N.. & Earnshaw, A. (1997). Chemistry of the Elements. Butterworth-Heinemann.
- Hasto Prianggoro. (2009). Rumput Payung si Bandel yang Fleksibel. Kompas Tekno. <https://tekno.kompas.com/read/2009/08/11/06464188/~Arsitektur~Taman?pa ge=1>
- Inanta, C. A. (2019). Analisis Perlakuan Alkali Serat Rumput Payung (*Cyperus Alternifolius*) Terhadap Kekuatan Tarik Plafon Komposit dengan Matrix Epoxy. 68.
- Irwan, Y. (2013). Pembuatan dan Uji Karakteristik Akustik Komposit Papan Serat Sabut Kelapa. Institut Teknik Nasional Bandung.

- Jones, M. R. (1975). *Mechanis Of Composite Materials*. Hemisphere Publishing Co.
- Mahmuda, E., Savetlana, S., & Sugiyanto. (2013). Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Ijuk Dengan Matrik Epoxy. *Jurnal FEMA*, 1(3).
- Martino, B. (2017). Analisis Pengaruh Ketebalan Plafon Komposit Serat Rumput Payung (*Cyperus Alternifolius*) Dengan Matrik Epoxy Ditinjau Terhadap Kekuatan Lentur. Universitas Katolik Widya Karya.
- May-pat, A., Valades-Gonzales, A., & Franco, P. J. H. (2013). Effect of Fiber Surface treatments on the essential work of fracture of HDPE. 32(6), 1114– 1122.
- Mohammed, L., Ansari, M. N. M., Pua, G., Jawaidd, M., & Islam, M. S. (2015). A Review on Natural Fiber Reinforced Polymer Composite and Its Applications. *International Journal of Polymer Science*.
- Pradhan, S., Pandey, P., Mohanty, S., & Nayak, S. K. (2016). Insight on the Chemistry of Epoxy and Its Curing for Coating Applications: A Detailed Investigation and Future Perspectives. *Polymer - Plastics Technology and Engineering*, 55(8), 862–877. <https://doi.org/10.1080/03602559.2015.1103269>
- Rianto, H. (2017). Komposit (Definisi, Klasifikasi, dan Aplikasi). <https://hendriyanto1992.blogspot.com/2017/09/komposit-definisiklarifikasi-dan.html>
- Romadhona Ilham. (2018). Analisa Pengaruh Variasi Arah Serat Komposit Matriks Polyester Terhadap Sifat Mekanis. 1.
- Rusmiyanto, F. (2007). Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Bending Komposit Nylon/Epoxy Resin Serat Pendek Random.
- Situmorang, E. M. (2018). Analisis Perlakuan Alkali Serat Rumput Payung (*Cyperus Alternifolius*) Terhadap Kekuatan Lentur Plafon Komposit dengan Matrix Epoxy.
- Subangia, F. H. (2019). Analisis Pengaruh Temperature Treatment Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Plafon Serat Rumput Payung (*Cyperus Alternifolius*) Dengan Matrix Epoxy. 85.
- Surdia, T., & Saito, S. (1999). *Pengetahuan Bahan Teknik* (p. 374). PT Prandnya Paramita. https://ndesoneandik.files.wordpress.com/2012/04/554_pengetahuan-bahanteknik.pdf
- Yoedono, B. S., Santjojo, D. J. D. H., & Martino, B. (2017). Analisis kekuatan lentur plafon komposit serat rumput paying (*Cyperus alternifolius*) dengan matrik epoxy. 2, 213–219.
- Yoedono, B. S., Sunik, & Inanta, C. A. (2019). Pengaruh Perlakuan Alkali Serat Rumput Payung (*Cyperus Alternifolius*) Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Dengan Matrik Epoxy. *Jurnal Teknik Sipil*, 15, 162–169.
- Yoedono, B. S., Sunik, Inanta, C. A., & Rizal, R. (2021). Pengaruh Alkalinisasi Serat Terhadap Kekuatan Mekanik Plafon Komposit Serat Rumput Payung (*cyperus alternifolius*) Dengan Matrik Epoxy. *Dinamika Rekayasa*, 17, 4551.
- Younggi, D. (2019). *Material Komposit*. <https://teknikmesinmanufaktur.blogspot.com/2015/04/apa-itu-materialkomposit.html>
- Zenkert, D. (1997). *The Handbok of Sandwich Construction*, Engineering Materials Advisory Services Ltd. <https://www.diva.portal.org/smash/get/diva2:1366187/FULLTEXT01.pdf>. 8.2.2022