



PERBANDINGAN KEKUATAN *BENDING* DAN TARIK KOMPOSIT POLIMER HYBRID DIPERKUAT SERAT SISAL DAN KENAF KARUNG GONI TERHADAP SERAT KARBON KEVLAR

Idwhar Taufik Hidayat¹, Putra Maha Surya², Muh Agung Raharjo³

Politeknik Penerbangan Makassar

Jalan Salodong, Untia, Kec.Biringkanaya, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90241

Email : idwhartaufik77@gmail.com, putralar@gmail.com, muaraklatig77@gmail.com

Info Artikel

Sejarah artikel:

Diterima, 26 April 2023

Direvisi, 22 Mei 2023

Disetujui, 16 Juni 2023

Kata kunci:

Komposit
Serat Alam
Serat Karbon Kevlar
Uj Tarik
Uji Bending

ABSTRAK

Inovasi untuk pengganti bahan baku logam sebagai material manufaktur dan konstruksi pesawat terbang terus dikembangkan. Penggunaan material komposit dipilih sebagai pengganti bahan baku logam dikarenakan komposit memiliki sifat kuat, massa yang ringan, dan tahan terhadap korosi. Umumnya bahan penguat komposit berasal dari bahan penguat sitentis namun terdapat beberapa kekurangan seperti bahan baku terbatas, biaya produksi lebih mahal, *biodegradabilitas* rendah, dan bahaya bagi kesehatan. Dalam upaya mencari alternatif bahan penguat sintesis pada penelitian ini digunakan terobosan dengan pemanfaatan serat alami untuk material penguat komposit. Jenis komposit yang digunakan yaitu komposit *hybrid* yaitu gabungan dari serat sisal dan serat kenaf karung goni. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif komparatif bersifat eksperimental yaitu mengetahui perbandingan dengan *existing material reinforcement* yaitu serat sintesis karbon kevlar dengan serat alam dari hasil uji *bending* dan uji tarik. Pembuatan komposit dilakukan dengan metode *hand lay-up* pada perbandingan fraksi volume serat sebesar sisal dan karung goni 20%:20% dan serat karbon kevlar 20%. Pengujian spesimen dilakukan dengan standar ASTM D790 uji bending dan ASTM D638 uji tarik. Dari perbandingan hasil uji bending dan tarik diketahui kekuatan komposit yang diperkuat dengan serat sisal dan karung goni mampu mendekati kekuatan komposit dari serat karbon kevlar dengan persentase perbandingan 38-40%.

ABSTRACT

Innovations to replace metal raw materials as aircraft manufacturing and construction materials continue to be developed. The use of composite materials was chosen as a substitute for metal raw materials because composites have strong properties, light mass, and are resistant to corrosion. Generally, composite reinforcement materials come from site reinforcement materials, but there are several disadvantages such as limited raw materials, more expensive production costs, low biodegradability, and dangers to health. In an effort to find alternative synthetic reinforcing materials, this research used a breakthrough by utilizing natural fibers for composite reinforcing materials. The type of composite used is a hybrid composite, which is a combination of sisal fiber and jute sack kenaf fiber. The research method used is an experimental comparative quantitative method, namely knowing the comparison with existing reinforcing materials, namely synthetic carbon kevlar fiber and natural fiber from the results of bending and tensile tests. Composite manufacture was carried out using the hand lay-up method with a fiber volume fraction calculation of 20%:20% sisal and jute sack and 20% kevlar carbon fiber. Specimen testing was carried out using ASTM D790 bending test standards and ASTM D638 tensile tests. From the comparison of bending and tensile test results, it is known that the strength of composites reinforced with sisal fiber and jute sacks is able to approach the strength of composites made from carbon fiber Kevlar with a comparison percentage of 38-40%.

Keywords :

Composite
Nature Fibers
Carbon Kevlar Fibers
Bending Strength
Tensile Strength

Penulis yang sesuai:

Idwhar Taufik Hidayat

Prodi Teknologi Pemeliharaan Pesawat Udara, Politeknik Penerbangan Makassar

Jalan Salodong, Untia, Kec. Biringkanaya, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90241

Surel : idwhartaufik77@gmail.com**1. PENDAHULUAN**

Dewasa ini konstruksi pesawat terbang diharuskan menggunakan bahan material yang ringan tetapi memiliki kekuatan (daya tahan) yang tinggi. Penggunaan logam sebagai bahan baku dalam fabrikasi dan konstruksi pesawat terbang mulai dikurangi dengan adanya pertimbangan terhadap biaya operasional, penambahan berat material dan masalah korosi yang dapat terjadi. Dari hal itu banyak dikembangkan upaya inovasi pengganti bahan baku logam sebagai bahan material manufaktur dan konstruksi pesawat terbang. Inovasi penggunaan bahan material dari komposit berbahan serat (*fibrous composite*) terus diteliti dan dikembangkan sebagai bahan alternatif pengganti logam untuk manufaktur dan konstruksi pesawat, hal ini dikarenakan komposit memiliki beberapa keunggulan seperti kuat, mempunyai massa yang lebih ringan, dan tahan terhadap korosi. Dengan itu peranan logam dalam berbagai keperluan industri dapat digantikan dengan komposit karena memiliki sifat yang kuat dan ringan. (Djunaedi, 2018).

Komposit merupakan salah satu jenis material di dalam dunia dibuat dengan penggabungan dua macam bahan yang mempunyai sifat berbeda menjadi satu material baru dengan sifat yang berbeda pula. Komposit terdiri dari dua gabungan bahan penyusun yaitu penguat (*reinforcement*) dalam bentuk serat dan matrik sebagai bahan pengikat serat. Bahan utama pada komposit adalah bahan penguat yaitu serat, sedangkan bahan pengikatnya yaitu matrix menggunakan bahan polimer yang mudah dibuat dan memiliki daya ikat yang tinggi. Pada umumnya bahan penguat komposit yang digunakan berasal bahan penguat sintesis seperti serat kevlar, serat karbon dan serat kaca. Namun terdapat beberapa kekurangan pada serat sintesis sebagai bahan komposit seperti bahan baku terbatas, biaya produksi bahan baku yang mahal, biodegradabilitas rendah, dan bahaya bagi kesehatan (Jamasri et al, 2005) (Septiyanto & Abdullah, 2015). Hal ini menyebabkan penggunaan komposit pada saat ini beralih dari komposit berbahan penguat sintesis menjadi berbahan penguat serat alami. Serat alami yang digunakan sebagai bahan pengganti serat sintesis menjadi salah satu topik yang paling banyak diteliti saat ini. Hal ini disebabkan oleh sifat yang dimiliki serat alami seperti biodegradabilitas, keterbaruan dan ketersediaannya yang melimpah jika dibandingkan dengan serat sintesis. (Habibie et al, 2021).

Pengembangan material komposit berbahan serat alami terus dilakukan. Salah satu contoh serat alam yang digunakan yakni serat sisal. Penggunaan serat sisal menunjukkan adanya potensi pengganti alternatif dari serat sintesis. Hal itu ditunjukkan pada penelitian Widiartha & Sujita (2012) menyatakan bahwa serat sisal dengan orientasi serat searah, yang bekerja secara optimal dan mampu menahan beban yang diberikan. Selanjutnya Soebardi et al (2019) melakukan penelitian pengaruh serat sisal dan *polyester* pada fraksi volume 35%, 45%, dan 55% dengan kekuatan tarik dan *impact*. Diketahui dari penelitian tersebut bahwa dengan volume serat sisal yang tinggi dapat meningkatkan sifat mekanis pada komposit tersebut. Hal ini disebabkan karena penyebaran serat sisal secara merata dapat meneruskan gaya atau beban secara maksimal. Nilai kekuatan tarik dan *impact* tertinggi didapatkan pada volume 55% serat sisal dan matriks 45 % yaitu sebesar 861,31 N/mm² dan 1,2521 Joule. Selain itu pemanfaatan karung goni juga dapat digunakan sebagai bahan komposit dengan serat alami. Serat kulit batang (bast fiber) dari tanaman Kenaf (*Hibiscus Canabinus*) banyak digunakan untuk bahan baku pembuatan kain karung goni (Widiartha et al, 2012). Serat kenaf sebagai bahan penguat komposit memiliki kemampuan mengikat secara kuat dengan perekat (*matrix*) (Ochi, 2008). Serat kenaf memiliki kekuatan tarik sebesar 295-930 Mpa (Mizi, 2017). Dari informasi tersebut, maka dapat dilihat serat karung goni dari serat kenaf dapat menjadi potensi untuk menjadi material alternatif penggunaan bahan penguat komposit dari serat alami.

Bedasarkan penjelasan dan penelitian terdahulu diatas, dalam upaya mencari alternatif penggunaan material penguat (*reinforcement*) sintesis pada penelitian ini dilakukan menggunakan terobosan dengan pemanfaatan serat alami untuk material penguat (*reinforcement*) pada pembuatan komposit. Pada penelitian ini jenis komposit yang digunakan yaitu komposit hybrid, dimana komposit ini terdiri dari dua atau lebih jenis serat yang berbeda penguat yakni pada penelitian ini serat sisal dan serat kenaf karung goni. Dengan komposit hybrid berbasis serat alami selanjutnya akan dilakukan perbandingan dengan *existing material reinforcement* yaitu serat sintesis karbon kevlar. Perbandingan tersebut diukur dari parameter hasil uji kekuatan bending dan tarik pada tiap komposit. Tujuan dilakukan perbandingan pada penelitian ini untuk mengetahui sejauh mana kekuatan bending dan tarik yang dihasilkan komposit hybrid berbasis serat alami sebagai alternatif material *reinforcement* terhadap *existing material reinforcement* yaitu serat sintesis karbon kevlar. Diharapkan dengan serat sisal dan serat kenaf karung goni ini kekuatan komposit yang dihasilkan dapat menyamai atau melebihi

kekuatan serat sintetis karbon kevlar. Dengan demikian penggunaan serat alam sangat bisa digunakan untuk menunjang penggunaan bahan pada manufaktur pesawat terbang yang memiliki keunggulan ringan, kuat, tahan korosi, ramah lingkungan, serta ekonomis.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis penelitian kuantitatif komparatif yang bersifat eksperimental. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menguji hubungan sebab akibat antara material penguat (*reinforcement*) terhadap kekuatan bending dan tarik dari sebuah pengujian. Pengujian dilakukan dengan uji bending dan uji tarik dengan mengacu pada standar *American Standart for Testing Material* (ASTM). Kemudian dari hasil pengujian tersebut dibandingkan kekuatan komposit serat sisal dan serat kenaf karung goni dengan serat karbon kevlar. Sehingga dapat diketahui sejauh mana efektif penggunaan serat sisal dan serat kenaf karung goni sebagai alternatif dari serat sintetis karbon kevlar.

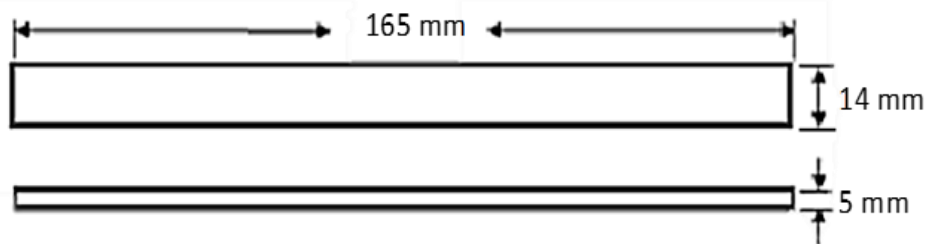
Jenis matrik yang digunakan adalah resin polyster BQTN157 tipe 157 EX dengan katalis Methyl Ethyl Keton Peroxide (MEKPO). Pada penelitian ini komposisi yang digunakan untuk pembuatan komposit hybrid dari serat sisal dan serat kenaf menggunakan komposisi 20 % serat sisal, 20% serat kenaf, 80% resin dan 1.5% katalis. Sedangkan untuk komposit dengan material penguat (*reinforcement*) karbon kevlar dengan fraksi volume 20 %.

2.1 Proses Pembuatan Komposit

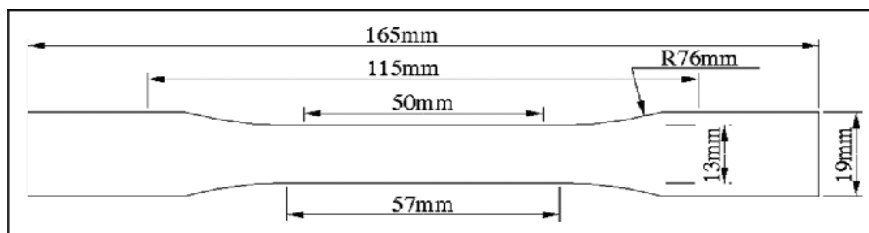
Pembuatan benda uji komposit pada penelitian ini menggunakan metode *hand lay-up*. Sebelum digunakan serat sisal dan kenaf karung goni harus dilakukan perendaman dalam larutan NaOH berfaksi selama 4 jam untuk membuat permukaan serat bersih dari kotoran dan getah yang melekat sehingga daya ikat antara permukaan serat dan matriks menjadi lebih baik. (Jorhans et al, 2015). Setelah direndam di larutan NaOH selama 4 jam selanjutnya dicuci dengan air mengalir lalu dijemur di bawah sinar matahari. Pada proses selanjutnya pembuatan benda uji terlebih dahulu menentukan volume dari komposisi bahan yang akan digunakan sebagai komposit. Adapun komposisi bahan yang akan digunakan untuk pembuatan komposit sebagai berikut :

- 20% serat sisal = volume serat 3,135 cm³ dengan massa 4,45 gr
- 20% serat karung goni = volume serat 3,135 cm³ dengan massa 4,45 gr 80% resin = volume resin 12,54 ml
- 1,5% katalis = 0,1881 ml

Pembuatan spesimen komposit pada penelitian ini mengacu pada standar ASTM D790 untuk pengujian bending dan ASTM D638 untuk pengujian tarik. Berikut gambar dari spesimen yang akan dibuat pada tiap uji.



Gambar 1. Bentuk Spesimen Standar ASTM D790 untuk Uji Bending



Gambar 2. Bentuk Spesimen Standar ASTM D638 Untuk Uji Tarik

Berikut adalah proses yang dilakukan untuk pembuatan spesimen komposit berpenguat serat sisal dan karung goni.

1. Pastikan cetakan bersih dari partikel-partikel lain seperti debu atau kotoran dan oleskan *maximum mold release wax*;



Gambar 3. Pengolesan *Maximum Mold Release Wax* ke Cetakan

2. Campurkan resin dan katalis ke dalam gelas ukur sesuai dengan komposisinya (resin = 12,54 ml, katalis = 0,1881 ml), lalu aduk perlahan sampai rata;



Gambar 4. Proses Pencampuran Resin dan Katalis

3. Dengan metode *hand lay-up*, campuran resin dan katalis dituang kedalam cetakan dengan susunan pada lapisan pertama yang telah berisi serat sisal dan lapisan kedua yaitu serat karung goni (susun serat secara merata agar komposit memiliki ketebalan dan kekuatan yang sama tiap sisinya), tambahkan kembali campuran resin dan katalis diatas lapisan kedua sampai mendekati ketebalan yang diinginkan (5 mm);
4. Keringkan dengan menggunakan metode room temperature selama 1x24 jam;
5. Setelah kering, potong dan bentuk spesimen tersebut dengan dimensi standar yang sudah ditentukan untuk uji tarik dan uji bending;
6. Spesimen komposit siap untuk dilakukan diuji tarik dan uji bending.



Gambar 5. Spesimen setelah Dipotong dan Dibentuk

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

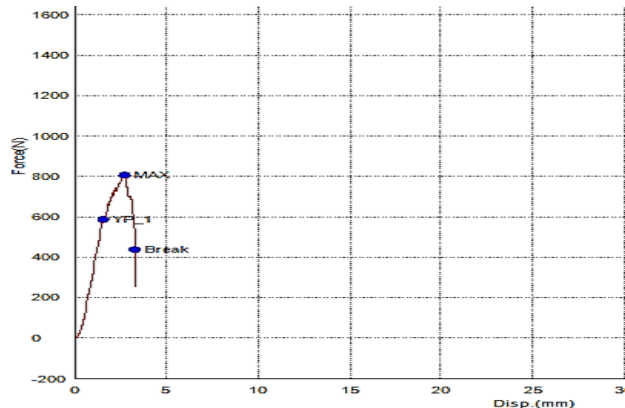
3.1 Kekuatan *Bending* Komposit

Komposit yang dilakukan pengujian pada penelitian ini adalah komposit polimer hybrid yang diperkuat dengan serat sisal dan serat kenaf karung goni dengan fraksi volume 20% serat sisal & 20% serat karung goni (Spesimen A) dan komposit polimer yang diperkuat dengan serat karbon kevlar dengan fraksi volume 20% serat karbon kevlar (Spesimen B). Dari hasil uji *bending* komposit polimer hybrid yang diperkuat dengan serat sisal dan karung goni dan komposit polimer yang diperkuat dengan serat karbon kevlar diperoleh nilai perubahan panjang, *load maksimum* dan nilai kekuatan bending maksimum, yang secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel-tabel hasil uji dibawah ini.

Tabel 1. Hasil Uji *Bending* Komposit

No.	Name	Max Force	Max Disp.	Break Force	Break Disp.
	Parameters	Calc. at Entire	Calc. at entire	Sensitivity 10	Sensitivity 10
	Unit	N	Mm	N	mm
1.	A	880.25	2.73843	436.997	3.27507
2.	B	1900.5	1.97613	1990.48	1.97613

1. Komposit Polimer *Hybrid* yang Diperkuat dengan Serat Sisal Dan Karung Goni Dengan Fraksi Volume 20% Serat Sisal & 20% Serat Karung Goni (Spesimen A)



Gambar 6. Grafik Uji *Bending* Spesimen A

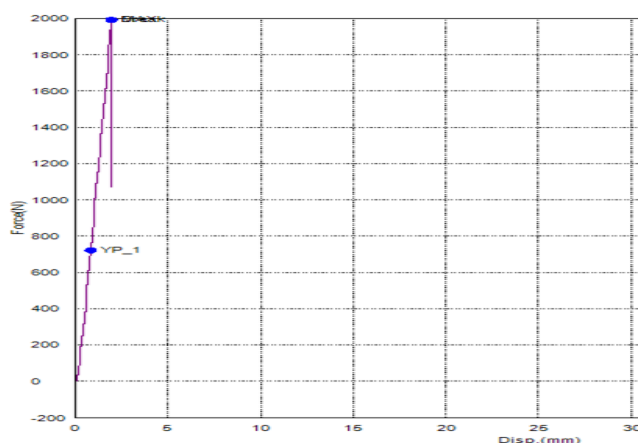
Gaya maksimum yang dimiliki spesimen A yaitu 880.25 N dan Pertambahan panjang spesimen A sebesar 2.73843 mm dari 165 mm. Adapun nilai kekuatan *bending* spesimen A sebagai berikut:

- Beban (P) = 880.25 N
- Panjang span (L) = 165 mm
- Lebar batang uji (b) = 14 mm
- Tebal batang uji (d) = 5 mm

Kekuatan *bending*:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{3PL}{2bd^2} \\ \sigma &= \frac{3 \times 880.25 \text{ N} \times 165 \text{ mm}}{2 \times 14 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}^2} \\ &= \frac{435723.75}{700} \\ &= 622,4625 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2. Komposit Polimer yang Diperkuat dengan Serat Karbon Kevlar Dengan Fraksi Volume 20% Serat Karbon Kevlar (Spesimen B)



Gambar 7. Grafik Uji Bending Spesimen B

Gaya maksimum yang dimiliki spesimen B yaitu 1900.5 N dan Pertambahan panjang spesimen B sebesar 1.97613 mm dari 165 mm. Adapun nilai kekuatan *bending* spesimen B sebagai berikut:

- Beban (P) = 1900.5N
- Panjang span (L) = 165 mm
- lebar batang uji (b) = 14 mm
- tebal batang uji (d) = 5 mm

Kekuatan *bending*:

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2}$$

$$\sigma = \frac{3 \times 1900.5 \text{ N} \times 165 \text{ mm}}{2 \times 14 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}^2}$$

$$= \frac{940747.5}{700}$$

$$= 1343.925 \text{ MPa}$$

3.2 Kekuatan Tarik Komposit

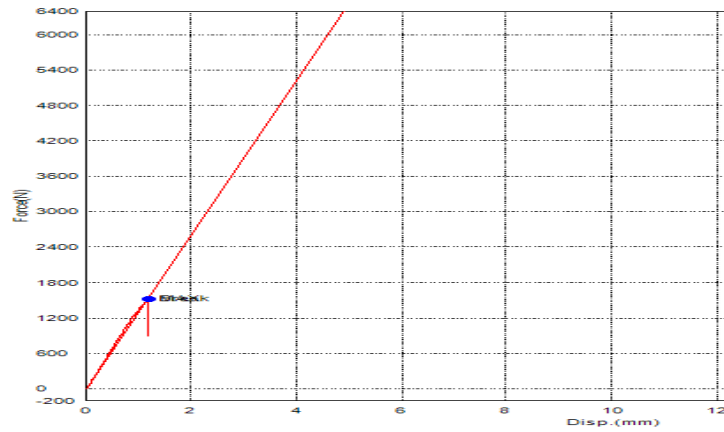
Komposit yang dilakukan pengujian pada penelitian ini adalah komposit polimer hybrid yang diperkuat dengan serat sisal dan karung goni dengan fraksi volume 20% serat sisal & 20% serat karung goni (Spesimen A) dan komposit polimer yang diperkuat dengan serat karbon kevlar dengan fraksi volume 20% serat karbon kevlar (Spesimen B). Dari hasil uji tarik terhadap kedua komposit diperoleh nilai perubahan panjang, *load maximum* dan nilai kekuatan tarik maksimum, yang secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel-tabel hasil uji dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Uji Tarik Komposit

No.	Name	Max Force	Max Disp.	Break Force	Break Disp.	Elastic
	Parameters	Calc. at Entire	Calc. at entire	Sensitivity 10	Sensitivity 10	Force 10-20 N
	Unit	N	Mm	N	mm	N/mm ²
1.	A	1790.38	1.54390	1784.38	1.84390	815.006
2.	B	4200.03	3.20173	4290.81	3.00410	1282.20

Dari tabel diatas, nilai elastisitas spesimen A yaitu 815.006 N/mm^2 , nilai elastisitas spesimen B yaitu 1282.20 N/mm^2

1. Komposit Polimer *Hybrid* yang Diperkuat dengan Serat Sisal Dan Karung Goni Dengan Fraksi Volume 20% Serat Sisal & 20% Serat Karung Goni (Spesimen A)

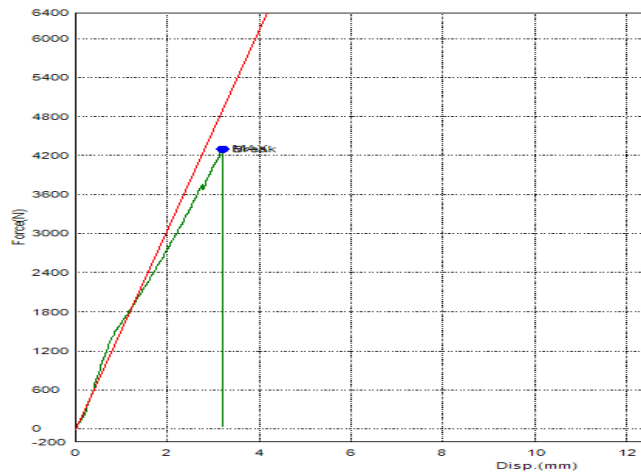


Gambar 8. Grafik Uji Tarik Spesimen A

Gaya maksimum yang dimiliki spesimen A yaitu 1784.38 N dan Pertambahan panjang spesimen A sebesar 1.84390 mm dari 165 mm. Adapun nilai tegangan dan regangan spesimen A sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} = 165 \text{ mm} \times 19 \text{ mm} = 3135 \text{ mm}^2 \\
 F &= 1790.38 \text{ N} \\
 \Delta L &= 1,84390 \text{ mm} \\
 L &= 165 \text{ mm} \\
 \text{Tegangan: } \sigma &= F/A \\
 &= 1790.38 \text{ N} / 3135 \text{ mm}^2 \\
 &= 0.5710 \text{ N/mm}^2 = 0.5710 \text{ MPa} \\
 \text{Regangan: } \varepsilon &= \Delta L/L \\
 &= 1.84390 \text{ mm} / 165 \text{ mm} \\
 &= 0.01117515 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

2. Komposit Polimer yang Diperkuat dengan Serat Karbon Kevlar Dengan Fraksi Volume 20% Serat Karbon Kevlar (Spesimen B)



Gambar 9. Uji Tarik Spesimen B

Gaya maksimum yang dimiliki spesimen A yaitu 4200.03 N dan Pertambahan panjang spesimen B sebesar 3.00410 mm dari 165 mm. Adapun nilai tegangan dan regangan spesimen B sebagai berikut :

$$A = \text{Panjang} \times \text{Lebar} = 165 \text{ mm} \times 19 \text{ mm} = 3135 \text{ mm}^2$$

$$F = 4200.03 \text{ N}$$

$$\Delta L = 3.00410 \text{ mm}$$

$$L = 165 \text{ mm}$$

$$\text{Tegangan: } \sigma = F/A$$

$$= 4200.03 \text{ N} / 3135 \text{ mm}^2$$

$$= 1.339 \text{ N/mm}^2 = 1.339 \text{ Mpa}$$

$$\text{Regangan: } \varepsilon = \Delta L/L$$

$$= 3.00410 \text{ mm} / 165 \text{ mm}$$

$$= 0.01820667 \text{ mm}$$

3.3 Perbandingan kekuatan Komposit

Setelah didapatkan hasil dari pengujian *bending* dan tarik pada komposit yang diperkuat dengan serat sisal dan karung goni dan pada komposit yang diperkuat dengan serat karbon kevlar. Selanjutnya dilakukan perbandingan kekuatan antara kedua komposit.

1. Perbandingan Kekuatan *Bending* Komposit

Pada komposit yang diperkuat dengan serat sisal dan karung goni memiliki kekuatan *bending* sebesar 622.4625 MPa sedangkan pada komposit yang diperkuat dengan serat karbon kevlar dengan fraksi volume yang sama memiliki kekuatan *bending* sebesar 1343.925 MPa. Maka perbandingannya akan di tunjukkan di dalam perhitungan di bawah ini :

$$\text{Perbandingan kekuatan } \textit{bending} : \frac{622.4625}{1343.925} \times 100\% = 38.31\%$$

2. Perbandingan Kekuatan Tarik Komposit

Pada komposit yang diperkuat dengan serat sisal dan karung goni memiliki nilai tegangan dan regangan sebesar 0.5710 MPa dan 0.01117515 mm sedangkan pada komposit yang diperkuat dengan serat karbon kevlar dengan fraksi volume yang sama memiliki nilai tegangan dan regangan sebesar 1.339 Mpa dan 0.01820667 mm. Maka perbandingannya akan di tunjukkan di dalam perhitungan di bawah ini :

$$\text{Perbandingan tegangan} : \frac{0.5710}{1.339} \times 100\% = 39.64\%$$

$$\text{Perbandingan regangan} : \frac{0.01117515}{0.01820667} \times 100\% = 38.61\%$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa komposit polimer yang diperkuat serat karbon kevlar dengan fraksi volume 20% mendapatkan nilai kekuatan *bending* tertinggi dengan nilai 1343.925 MPa. Kemudian dari nilai tegangan dan regangan juga mendapatkan nilai tertinggi dengan 1.339 MPa untuk tegangan dan 0.01820667 MPa untuk regangan. Selain itu dari hasil perbandingan, kekuatan *bending*, regangan dan tegangan yang diperoleh dari komposit yang diperkuat dengan serat sisal dan karung goni rata rata memiliki nilai persentase perbandingan lebih kecil sebesar 38-40 % nilai kekuatan *bending*, regangan dan tegangan yang dimiliki oleh komposit yang diperkuat dengan serat karbon kevlar. Dari perbandingan hasil uji *bending* dan tarik diketahui kekuatan komposit yang diperkuat dengan serat sisal dan karung goni mampu mendekati kekuatan komposit dari serat karbon kevlar. Untuk pengembangan penelitian berikutnya dapat dilakukan dengan pengujian variabel analisis yang berbeda seperti metode pembuatan, komposisi yang berbeda, dan teknik pengujian yang berbeda sehingga komposit yang diperkuat dengan serat sisal dan karung goni mendapatkan hasil uji *bending*, tegangan dan regangan yang sama atau melebihi hasil uji dari komposit yang diperkuat dengan serat karbon kevlar.

REFERENSI

- [1] Artha Sastra, I. P. K., Sari, N. H., & Sujita, S. (2013). Analisis Uji Penyerapan Air Dan Struktur Mikro Komposit Laminat Hybrid Serat Sisal Dan Batang Pisang Dengan Matrik Epoxy. *Dinamika Teknik Mesin*, 3(1), 41–49. <https://doi.org/10.29303/d.v3i1.87>
- [2] Beliu, H. N., PELLE, Y. M., & Jarson, J. U. (2016). Analisa kekuatan tarik dan *bending* pada komposit widuri - polyester. *Lontar*, 03(02), 11–20.

- [3] Djunaedi, T., & Setiawan, B. (2018). Pengujian Kekuatan Tarik Komposit Variasi Arah Serat Roving–Resin Polyester Bqtn R157 Yang Diproduksi Dengan Metode Vacuum Bagging Untuk Aplikasi Pesawat Tanpa Awak. *Prosiding Semnastek*.
- [4] Habibie, S., Suhendra, N., Roseno, S., Setyawan, B. A., Anggaravidya, M., Rohman, S., ... & Muntarto, A. (2021). Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan, Suatu Kajian Pustaka. *Jurnal Inovasi dan Teknologi Material*, 2(2), 1-13.
- [5] Huda, R. N. (2018). Pengaruh variasi volume serat pelepah pisang pada kekuatan impak komposit. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 5–18. <http://eprints.umm.ac.id/38988/1/PENDAHULUAN.pdf>
- [6] Jamasri, J., Diharjo, K., & Handiko, G. W. (2019). STUDI PERLAKUANALKALI DAN TEBALCORE TERHADAPSIFAT BENDING KOMPOSIT SANDWICH BERPENGUAT SERAT SAWIT DENGAN CORE KAYU SAWIT. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 8(1), 75-82.
- [7] Kusumastuti, A. (2018). Aplikasi Serat Sisal sebagai Komposit Polimer. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 1(1), 27–32.
- [8] Naslain, R. R. (1999). Processing of Ceramic Matrix Composites. *Key Engineering Materials*, 164–165, 3–8. <https://doi.org/10.31399/asm.hb.v21.a0003421>
- [9] Nesimnasi, J. J., Boimau, K., & Pell, Y. M. (2015). Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) pada Serat Agave Cantula terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester. *Lontar Jurnal Teknik Mesin Undana (LJTMU)*, 2(1), 29-38.
- [10] Ochi, S. (2008). Mechanical properties of kenaf fibers and kenaf/PLA composites. *Mechanics of materials*, 40(4-5), 446-452.
- [11] Oroh, J., Sappu, F. P., & Lumintang, R. (1985). Analisis Sifat Mekanik Material Komposit dari Serat Sabut Kelapa. *The Musical Times*, 126(1712), 583.
- [12] Septiyanto, R. F., & Abdullah, A. H. D. (2015). Perbandingan komposit serat alam dan serat sintetis melalui uji tarik dengan bahan serat jute dan e-glass. *Gravity: Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Fisika*, 1(1).
- [13] Soares, A. P. (2013). Analisa kekuatan tarik komposit dengan penguat serat pelepah kelapa sawit. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- [14] Soebardi, A., Purkuncoro, A. E., & Pohan, G. A. (2019). analisis pengaruh kekuatan tarik dan impact pada komposit dengan penguat serat sisal (agave sisalana) dan polyester pada fraksi volume 35%, 45%, 55%. *J-Proteksion*, 4(1).
- [15] Supriyanto, S., Widiyanto, W. E., & Nuryosuwito, N. (2020). Analisis Kekuatan Komposit Serat Kulit Kayu Jati Dengan Variasi Arah Serat. *Jurnal Mesin Nusantara*, 2(2), 61–70. <https://doi.org/10.29407/jmn.v2i2.13743>
- [16] Tjahjanti, P. H. (2018). Buku Ajar Teori Dan Aplikasi Material Komposit Dan Polimer. *Buku Ajar Teori Dan Aplikasi Material Komposit Dan Polimer*. <https://doi.org/10.21070/2019/978-602-5914-27-0>
- [17] Widiartha, I. G., Sari, N. H., & Sujita, S. (2012). Study Kekuatan Bending Dan Struktur Mikro Komposit Polyethylene Yang Diperkuat Oleh Hybrid Serat Sisal Dan Karung Goni. *Dinamika Teknik Mesin*, 2(2), 92–99. <https://doi.org/10.29303/d.v2i2.99>
- [18] Wiranegara, C. B., Salahudin, X., & Hastuti, S. (2022). Pemanfaatan Serat Alam Dan Serat Sintetis Sebagai. 5(2), 30–37.