

ANALISA KEKUATAN TARIK KOMPOSIT POLIMER UNSATURATED POLYESTER RESIN BERPENGUAT SERAT SISAL DENGAN PENAMBAHAN FILLER SERBUK KARBON

Thamliha¹, A Jannifar², Nurlaili²

¹Mahasiswa Prodi D-IV Teknologi Rekayasa Manufaktur

²Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata

Email : thamliharemi@gmail.com

Abstrak

Tanaman sisal adalah tumbuhan liar yang hidup didaerah bebatuan seperti di Kampong Merodot, Kecamatan Bintang, Kabupaten Aceh Tengah, yang sering disebut penduduk lokal tanaman jedem. Didaerah tersebut tumbuhan sisal tidak di mamfaatkan dan terbuang begitu saja. Tujuannya untuk mengetahui kekuatan uji tarik komposit polimer UPR berpenguat serat sisal dengan penambahan filler serbuk karbon yang dibuat lurus, acak dan sudut 45° dan untuk dianalisa hasil dari kekuatan uji tarik sebagai produk yang sesuai penggunaannya berdasarkan regangan dan modulus elastisitas. Proses pembuatan komposit polimer berpenguat serat sisal dengan penambahan filler serbuk karbon menggunakan bahan serat sisal (*Agave Sisalana*), Unsaturated Polyester Resin dan Filler Serbuk Karbon (Toner). Pengujian uji tarik menggunakan mesin Universal Testing Macihine dengan bentuk spesimen standar ASTM D3090. Hasil perbandingan serat sisal UPR lebih kuat dibandingkan serat sisal epoksi adalah 40.36% dan Hasil kekuatan tarik orientasi serat sisal lurus 27.75 Mpa, modulus elastisitas 0.016 GPa dan regangan 2.07%, orientasi serat sisal acak 28.43 Mpa, modulus elastisitas 0.016 GPa dan regangan 1.86%, orientasi serat sisal sudut 45° adalah 21.18 Mpa, modulus elastisitas 0.016 GPa dan regangan 0.86% dan serat acak dominan kuat dibandingkan serat sisal lurus dan serat sisal sudut 45°.

Kata kunci: Komposit Polimer Unsaturated Polyester Resin, Serat Sisal dan Filler Serbuk Karbon.

1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Tanaman sisal adalah tumbuhan liar yang hidup di daerah bebatuan seperti di Kampong Merodot, Kecamatan Bintang, Kabupaten Aceh Tengah, yang sering disebut penduduk lokal tanaman jedem. Didaerah tersebut tumbuhan sisal tidak di mamfaatkan dan terbuang begitu saja. Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia Indonesia termasuk penghasil serat sisal (*Agave Sisalana*). Tanaman ini dihasilkan oleh negara Brazil sebagai penghasil sisal terbesar di dunia. [1].



Gambar 1.1 Tanaman sisal yang tumbuh di pinggir jalan takengon-bintang

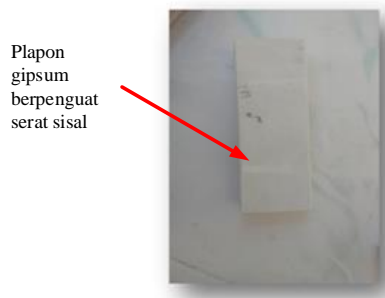
Agave sisalana perrine adalah salah satu tanaman tropis tahunan (*tropical plant*). Tanaman

ini tumbuh baik di kondisi tanah kering dan bebatuan seperti sumenep, Madura, Indonesia. [2]. Serat sisal digunakan sebagai penguat polimer komposit. Hasil studi menunjukkan serat sisal lokal Bali dapat digunakan sebagai penguat komposit polimer. [3]. Komposit serat sisal dapat dibudidayakan dengan mudah dan murah sehingga ketersediaannya bisa berkelanjutan, serta ramah terhadap lingkungan.[4].

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Serat Sisal

Serat sisal merupakan penguat yang menjanjikan untuk digunakan sebagai komposit karena harganya yang murah, densitasnya yang rendah, kekuatan spesifik dan modulusnya yang tinggi, tanpa resiko kesehatan serta tersedia melimpah dan merupakan bahan alam terbarukan.[5]. Plafon komposit gipsum berpenguat serat sisal merupakan alternatif ramah lingkungan yang potensial menggantikan gipsum komersial tanpa serat atau gipsum berpenguat serat sintesis. Plafon komposit gipsum berpenguat serat sisal dapat di lihat pada Gambar 2,1[6].



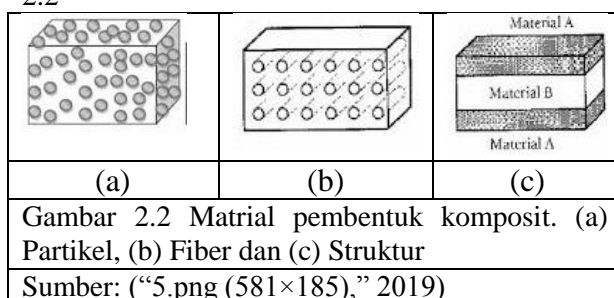
Gambar 2.1 Plafon Komposit Gypsum Berpenguat Serat Sisal

Sumber: (Arthur & wijaya, 2009)

sifat mekanis dan kemampuan matriks membasahi serat (*wettability*) serat sisal (*agave sisalana perrine*) akibat perendaman alkali (NaOH) konsentrasi 5% dengan jangka waktu 0, 2, 4, 6 dan 8 jam. Matriks yang digunakan yaitu *unsaturated polyester* (UPR) ditambah dengan *methyl, ethyl, keton* dan *peroxide* (*Mekpo*) sebagai katalis.[7]

2.2 Komposit Polimer

Polimer terdiri dari kata Poly artinya banyak dan Mer; bagian. polimer merupakan suatu molekul panjang, dan terbentuk dari ribuan unit yang berulang yang disebut monomer.[8]. Komposit adalah perpaduan dari bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusun. [9]. matri Material pembentuk dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Matrial pembentuk komposit. (a) Partikel, (b) Fiber dan (c) Struktur

Sumber: (“5.png (581×185),” 2019)

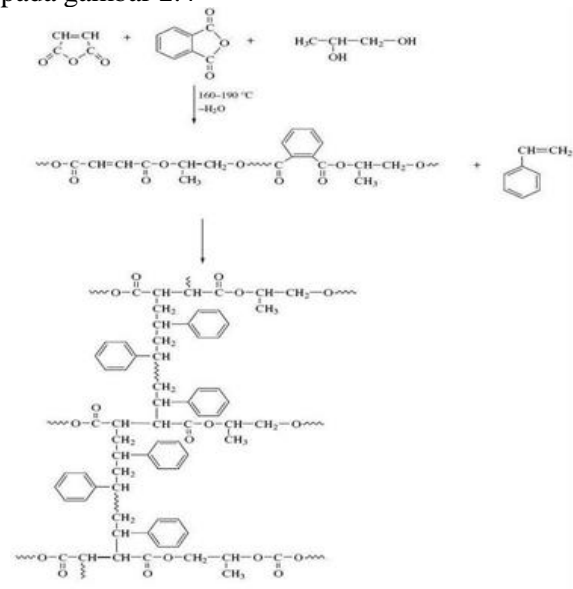
Komposit merupakan material teknik yang dibuat melalui penggabungan dua macam bahan yang mempunyai sifat berbeda menjadi satu material baru dengan sifat yang berbeda pula.[10].

2.3 Zat-zat Kimia

2.3.1 Resin UPR (Unsaturated Polyester Resin)

Resin poliester tak jenuh (gambar-1) disiapkan dalam penelitian ini menggunakan

teknik yang dilaporkan oleh T Sunemi Hidenari. Campuran 1,25 mol Propilen glikol (PG), 0,5 mol Phthalic anhydride (PA), 0,2% p-Toluene sulfonic acid (PTSA) dan Xylene sebagai pelarut diisi dalam ketel reaksi tiga-leher yang dilengkapi dengan pengaduk, termometer, nitrogen- gas memperkenalkan tabung, pemisah dan kondensor air. [11]. Skema Polyester Resin (UPR-1) dengan *Cross Linking* dapat di lihat pada gambar 2.4



Gambar 2.3 Skema Polyester Resin (UPR-1) dengan *Cross Linking*

Sumber: (Bharat Dholakiya, 2012)

2.3.2 Serbuk Karbon (Toner)

Serbuk karbon menggunakan XRF adalah unsur Ca, Mg, K, Si, Fe, dan P. [12]. toner atau serbuk tinta kering yang biasa digunakan dalam printer laser dapat disintesis dengan bahan dasar serbuk besi. [13].

2.4 Kekuatan Komposit Polimer Serat

Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik universal, Data hasil pengujian kekuatan tarik komposit serat sisal dengan matriks epoxy dalam variasi fraksi volume serat disajikan, Yang tercantum adalah dalam kondisi maksimum.[14]. Dapat di lihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Sifat tarik komposit epoxy serat sisal

| Fraksi Volume % | Tegangan Tarik σ (MPa) | Regangan Tarik ϵ (%) | Modulus Elastisitas E(Gpa) |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 15 | 17.436 | 1.018 | 1.111 |
| 20 | 14.853 | 0.919 | 1.298 |
| 25 | 19.774 | 0.500 | 2.831 |

Sumber: (Surata et al., 2016)

3 Metodologi

3.1 Waktu dan Tempat

Waktu penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pengujian bahan selama waktu lebih kurang 12 minggu. Tempat proses pembentukan spesimen komposit serat sisal dengan pengujian uji tarik dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe.

3.2 Alat dan Bahan

Bahan dan alat untuk penelitian ini dapat di lihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Alat dan Bahan

| No | Alat | No | Bahan |
|----|---------------------------|----|--------------------------------|
| 1 | Timbangan Digital | 1 | Serat Sisal |
| 2 | Wadah | 2 | Serbuk Karbon (<i>Toner</i>) |
| 3 | Sendok | 3 | Resin UPR |
| 4 | Jangka Sorong | | |
| 5 | Mesin Gerinda | | |
| 6 | Pisau | | |
| 7 | Mesin Pengujain Uji Tarik | | |
| 8 | Aluminium foil | | |
| 9 | Pelat Kayu | | |
| 10 | Paku Tekan | | |
| 11 | Palu | | |
| 12 | Gergaji | | |
| 13 | Papan | | |

3.3 Proses Produksi

3.3.1 Langkah-langkah Pembuatan Spesimen Uji Tarik Komposit Polimer

1. Menyiapkan bahan;
2. Menyiapkan aluminium foil yang sudah di bentuk dan alat-alat lainnya;
3. Menyiapkan serat sisal yang sudah di ambil dari tumbuhan sisal (*Agave Sisalana*);
4. Menyiapkan serbuk karbon 5 Gram dan resin UPR 30 Geram sebagai penambahan penguat serat sisal 4 Gram dalam satu spesimen ;
5. Membuat cetakan dengan Standar ASTM3090 bisa di lihat pada Gambar 3.1.

Cetakan Spesimen



Gambar 3.1 Cetakan Komposit Polimer

6. Tuangkan resin UPR kedalam wadah yang sudah di tempatkan dalam timbangan digital,

takaran resin UPR 30 Gram dan tambahkan sekitar 5 Gram serbuk karbon;

7. Setelah adonan sudah di timbang, kemudian adonan di aduk sampai larut;
8. Penambahan serbuk karbon dan resin secara merata ke dalam plat menggunakan sendok atau tuangkan secara merata kedalam cetakan yang sudah di olah dalam wadah;
9. Tuangkan adonan dalam cetakan setengah dan masukan adonan serat sisal dibuat lurus, serat acak, dan serat sudut 45° ke cetakan, kemudian tuangkan adonan sampai rata kedalam cetakan;
10. Kemudian jemur selama 3 hari;
11. Selanjutnya membersihkan kerak yang menempel di pingir spesimen dibersihkan dengan pisau dan haluskan dengan gerinda yang bermata kertas pasir halus;
12. Pembentukan spesimen uji tarik menggunakan Standar ASTM D3090 dengan ketebalan 6 mm, panjang 250 mm dan lebar 25 mm. dapat dilihat pada Gambar 3.2

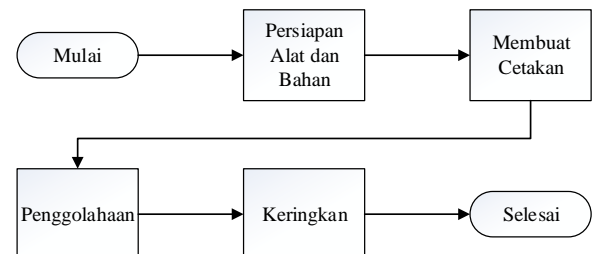
Batas Pengujian



Gambar 3.2 Spesimen Uji Tarik Standar ASTM3090

3.3.2 Diagram Pembuatan Komposit polimer

Proses pembuatan komposit polimer UPR berpenguat serat sisal dengan penambahan filler serbuk karobon, memulai dengan persiapan alat dan bahan, membuat cetakan, pengolahan, dinginkan atau keringkan dan selsai. dapat dilihat pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 langkah Pembuatan Komposit polimer

3.3.3 Pengujian Kekuatan Tarik Spesimen Serat Sisal

Pengujian kekeuatan tarik specimen dengan Standar ASTM D3090 menggunakan mesin uji

tarik *Universal Testing Machine*. Perhitungan tarik uji bahan Perhitungan pengujian tarik bahan komposit digunakan rumus-rumus sebagai berikut:

$$A = h_0 \cdot l_0 \quad \sigma_u = \frac{p_{max}}{A} \quad E = \frac{\sigma_u}{e} \quad 3.1$$

$$\sigma_y = \frac{p_{min}}{A} \quad e = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% \quad 3.2$$

Dimana: A= Luas Penampang (mm), σ_y = Kekuatan Luluh (N/mm^2), σ_u = Kekuatan Tarik Maksimum (N/mm^2), e = Perpanjangan (%), E = *Modulus Young* (MPa). [15].

Uji tarik bahan komposit anyaman tipe *plain weave* dengan sudut orientasi 45° dapat di lihat pada gambar 3.4 [15].



Gambar 3.4 Spesimen anyaman tipe *plain weave* dengan sudut orientasi 45°
Sumber: (Djamil et al., 2014)

Tabel 3.2 hasil uji tarik anyaman tipe *plain weave* dengan sudut orientasi 45°

| No | h ₀ (mm) | l ₀ (mm) | h ₁ (mm) | l ₁ (mm) | p _{mn} (kgf) | p _{maks} (kgf) |
|----|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 1 | 5,4 | 150 | 5,1 | 157 | 155 | 155 |
| 2 | 4,5 | 150 | 4,1 | 161 | 187,5 | 187,5 |
| 3 | 5,4 | 150 | 4,9 | 155 | 155 | 170 |
| 4 | 5,5 | 150 | 5,4 | 158 | 117,5 | 120 |

Sumber: (Djamil et al., 2014)

Tabel 3.3 Perhitungan uji tarik anyaman tipe *plain weave* dengan sudut orientasi 45°

| No | A (mm ²) | σ_y (N/mm ²) | σ_{uts} (N/mm ²) | e (%) | E (MPa) |
|-------------------|----------------------|------------------------------------|--|-------|---------|
| 1 | 810 | 1,877 | 1,877 | 0,666 | 7,636 |
| 2 | 675 | 2,708 | 2,708 | 7,333 | 0,369 |
| 3 | 810 | 1,877 | 2,058 | 3,333 | 0,617 |
| 4 | 825 | 1,397 | 1,426 | 5,333 | 0,267 |
| Hasil Rata - Rata | | 1,964 | 2,017 | 4,166 | 2,222 |

Sumber: (Djamil et al., 2014)

Perbandingan kekuatan tarik serat sisal epoksi dan serat sisal serbuk karbon. Perbandingan serat sisal epoksi dan serat sisal serbuk karbondapt dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Perbandingan

| Perbandingan | Serat Sisal Epoksi (Surata et al., 2016) | Serat Sisal UPR |
|---------------------|---|-----------------|
| Regangan | 25% | 2.07% |
| Modulus Elastisitas | 2.83 GPa | 0.016 GPa |
| Hasil | 19.77 MPa | 27.75 Mpa |

Hasil kekuatan tarik akan di bandingkan Serat Sisal UPR : Serat Sisal Epoksi, atau 27.75 MPa : 19.77 MPa.

$$\frac{\text{Serat Sisal UPR}}{\text{Serat Sisal Epoksi}} = \frac{27.75 \text{ MPa}}{19.77 \text{ MPa}} = 1.40$$

$$\frac{27.75}{19.77} = 1.40$$

Serat sisal UPR 1.40 kali kekuatan tarik serat sisal epoksi, atau serat sisal epoksi dibandingkan dengan serat sisal UPR

$$\frac{19.77}{27.75} = 0.71$$

Serat sisal epoxy 0.71 kali Kekuatan tarik serat sisal UPR, atau serat sisal UPR dibandingkan dengan serat sisal epoksi.

Jadi dari hasil perbandingan dan analisa serat sisal epoksi dengan serat sisal UPR, serat sisal UPR lebih kuat 1.40 > 0.71 serat sisal epoksi

Jadi Persentase kekuatannya adalah

$$\text{Persentase Kekuatan tarik} = \frac{\text{serat sisal UPR} - \text{serat sisal epoxy}}{\text{serat sisal epoxy}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase Kekuatan tarik} = \frac{27.75 - 19.77}{19.77} \times 100\%$$

$$\text{Persentase Kekuatan tarik} = 40.36\%$$

Serat sisal UPR lebih kuat serat sisal epoksi adalah 40.36%

3.3.4 Perencanaan Pemilihan Bahan

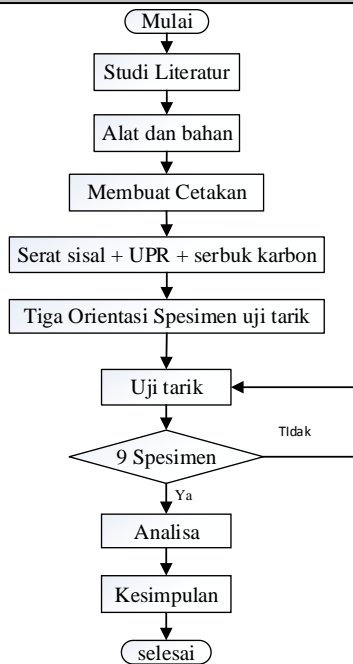
Perencanaan pemilihan bahan seperti pada Tabel Serat sisal diperlukan sebanyak 1 kg, Serbuk karbon diperlukan sebanyak 1 kg, aluminium foil di perlukan 1 lembar, Kayu strip di perlukan 4 strip, Paku tekan di perlukan 1 kotak kecil dan Resin UPR di perlukan 1 kg.

Tabel 3.5 Perencanaan pemilihan Bahan

| No | Bahan | Unit | Jumlah |
|----|---------------|---------|--------|
| 1 | Serat sisal | 4 Gram | 3 |
| 2 | Serbuk karbon | 5 Gram | 3 |
| 3 | Resin UPR | 30 Gram | 3 |

3.4 Proses Produksi

Penelitian ini direncanakan melalui tahapan yang dijelaskan pada diagram alir flowchart berikut:



Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian

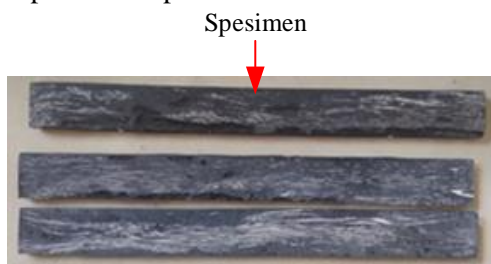
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pembuatan Spesimen Komposit Polimer UPR

Dari hasil penelitian yang telah di lakukan yang membedakan ketiga variasi ini adalah orientasi yang berbeda yaitu orientasi serat sisal lurus, orientasi serat sisal acak dan orientasi serat sisal sudut 45°.

1. Hasil Pembuatan Spesimen Orientasi Serat Lurus.

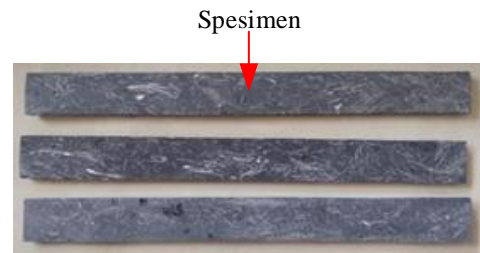
Hasil pembuatan spesmen orientasi serat lurus dan hasil timbangan berjumlah 19.5 gram dapat di lihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Spesimen Orientasi Serat Lurus

2. Hasil Pembuatan Spesimen Orientasi Serat Acak.

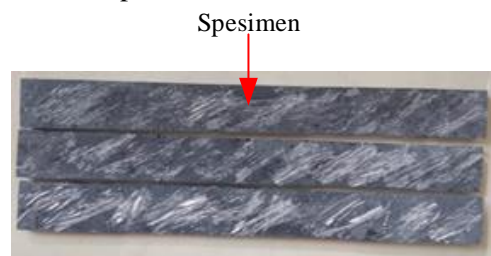
Hasil pembuatan spesmen orientasi serat acak dan hasil timbangan berjumlah 29.1 gram dapat di lihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Spesimen Orientasi Serat acak

3. Hasil Pembuatan Spesimen Orientasi Serat sudut 45°

Hasil pembuatan spesimen orientasi serat sudut 45° dan hasil timbangan berjumlah 17 gram dapat di lihat pada Gambar 4.3

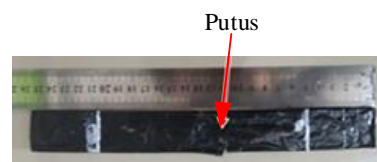


Gambar 4.3 Spesimen Orientasi Serat sudut 45°

4.2 Hasil Pengujian Uji Tarik Spesimen Komposit Polimer Berpenguat Serat Sisal Dengan Penambahan Filler Serbuk Karbon

1. Hasil Pengujian Uji Tarik Spesimen Orientasi Serat Sisal Lurus

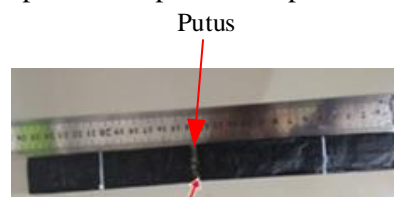
Hasil pengujian uji tarik spesimen orientasi serat lurus ada tiga spesimen dapat di lihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Spesimen Serat Lurus

2. Hasil Pengujian Uji Tarik Spesimen Orientasi Serat Sisal Acak

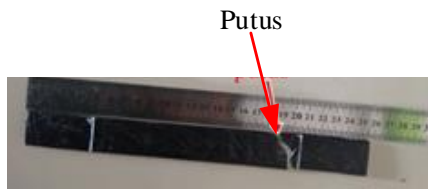
Hasil pengujian spesimen orientasi serat acak ada tiga spesimen dapat di lihat pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Spesimen Serat Acak

3. Hasil Pengujian Uji Tarik Spesimen Orientasi Serat Sisal Sudut 45°

Hasil pengujian spesimen orientasi serat sisal sudut 45° ada tiga spesimen dapat di lihat pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Spesimen Serat Sudut 45°

4.3 Hasil Data Pengujian Uji Tarik Komposit Polimer UPR berpenguat Serat Sisal Dengan Penambahan Filler Serbuk Karbon

Hasil Data Pengujian Komposit Polimer Berpenguat Serat Sisal Dengan Penambahan Filler Serbuk Karbon, dapat kita bedakan menjadi tiga variasi. Orientasi serat sisal lurus, orientasi serat sisal acak dan orientasi serat sisal sudut 45°.

1. Hasil Pengujian Spesimen Uji tarik Orientasi Serat Lurus

Hasil data pengujian spesimen uji tarik orientasi serat lurus dapat di lihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Data Spesimen Uji Tarik Orientasi Serat Lurus

| Pengujian Tarik | F_y , (Kgf) | σ_y , (Kgf/mm ²) | F_u , (Kgf) | σ_u , (Kgf/mm ²) | ϵ , (%) |
|-----------------|---------------|-------------------------------------|---------------|-------------------------------------|------------------|
| Spesimen 1 | 262.84 | 1.80 | 441.13 | 2.94 | 3.36 |
| Spesimen 2 | 243.04 | 1.60 | 410.00 | 2.73 | 1.87 |
| Spesimen 3 | 254.36 | 1.70 | 421.32 | 2.81 | 0.99 |
| Nilai Rata-rata | 253.41 | 1.70 | 424.15 | 2.83 | 2.07 |

4.4 Perbandingan Hasil Pengujian Tarik

Hasil pengujian tarik akan dibandingkan orientasi serat lurus dengan serat sisal acak, serat sisal lurus dengan serat sisal 45° dan serat sisal acak dengan serat sisal 45°.

1. Perbandingan Hasil Pengujian Tarik Orientasi Serat Sisal Lurus Dengan Orientasi Serat Sisal Acak

Perbandingan orientasi serat sisal lurus 27.75 Mpa dengan orientasi serat sisal acak 28.43 Mpa atau $27.75 : 28.43$

$$\frac{27.75}{28.43} = 0.97$$

Serat lurus 0.97 kali kekuatan tarik serat acak, atau serat acak dibandingkan dengan serat lurus.

$$\frac{28.43}{27.75} = 1.02$$

Serat acak 1.02 kali serat lurus

Jadi dari hasil pengujian dan analisa serat urus dengan serat acak , serat acak lebih kuat 1.02 kali kekuatan tarik serat lurus.

Jadi Persentase kekuatannya sebagai berikut:

$$\text{Persentase Kekuatan tarik} = \frac{\text{serat acak} - \text{serat lurus}}{\text{serat Lurus}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase Kekuatan tarik} = \frac{28.43 - 27.75}{27.75} \times 100\%$$

$$\text{Persentase Kekuatan tarik} = 2.45\%$$

Serat acak lebih kuat dari serat lurus adalah 2.45%

4.5 Hasil Tabel dan Grafik Pengujian Kekuatan Tarik Komposit Polimer UPR Berpenguat Serat Sisal Dengan Penambahan Filler Serbuk Karbon

Hasil Tabel dan Grafik Pengujian Kekuatan Tarik Komposit Polimer UPR Berpenguat Serat Sisal Dengan Penambahan Filler Serbuk Karbon dapat kita lihat sebagai berikut:

1. Hasil Rata-rata Uji Tarik

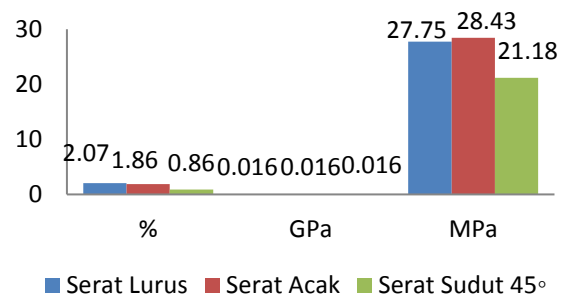
Hasil rata-rata uji tarik komposit polimer berpenguat serat sisal dengan penambahan filler serbuk karbon dapat di lihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Rata-rata Uji Tarik

| Hasil Rata-Rata Uji Tarik | ϵ , % | σ_y , GPa | σ_u , MPa |
|---------------------------|----------------|------------------|------------------|
| Serat Lurus | 2.07 | 0.016 | 27.75 |
| Serat Acak | 1.86 | 0.016 | 28.43 |
| Serat Sudut 45° | 0.86 | 0.016 | 21.18 |

2. Hasil Grafik Uji Tarik

Hasil grafik rata-rata uji tarik komposit polimer berpenguat serat sisal dengan penambahan filler serbuk karbon. Kekuatan tarik orientasi serat acak lebih dominan kuat dari pada orientasi serat lurus dan serat sudut 45°. Dapat di lihat pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Hasil Grafik Uji Tarik

5 Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Hasil perbandingan serat sisal UPR lebih dominan kuat dari pada serat sisal epoksi adalah 28.75%
2. Hasil pengujian kekuatan tarik orientasi serat sisal lurus 27.75 Mpa, modulus elastisitas 0.016 GPa dan regangan 2.07%;
3. Hasil pengujian kekuatan tarik orientasi serat sisal acak 28.43 Mpa, modulus elastisitas 0.016 GPa dan regangan 1.86%;
4. Hasil pengujian kekuatan tarik orientasi serat sisal sudut 45° adalah 21.18 Mpa, modulus elastisitas 0.016 GPa dan regangan 0.86%;
5. Serat sisal lurus dan serat sisal sudut 45° lebih rendah kekuatan tarik dari pada serat acak yang lebih dominan tinggi.

5.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, penulis menyarankan:

1. Untuk mendapatkan specimen lebih kuat lagi maka penulis menyarankan untuk dapat menambah penguat serat sisal di atas 4 gram;
2. Untuk pembuatan produk genteng disarankan lebih banyak penguat sisal dari pada resinnya;
3. Pembuatan produk isolator perlu dilakukan pengujian tegangan tembus (*dielectric*).

Daftar pustaka

- [1] Veruna, T. B. dan L. (2017). *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian "AGRIKA"*, Volume 11 Nomor 2, November 2017. 11(November).
- [2] Yudhanto, F., Wisnujati, A., Lingkar, J., Tamantirto, B., Grafika, J., & Yogyakarta, N. (2016). *Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Tarik dan Wettability Serat Alam Agave Sisalana Perrine*. (2010).
- [3] Suardana, N. P. G., Astika, I. M., & Gusmanto, I. D. (2013). *Sifat tarik komposit unsaturated polyester serat sisal local*. 27–28.
- [4] Surata, I. W., Lokantara, I. P., & Arimbawa, P. (2016). *Studi sifat mekanis komposit epoxy berpenguat serat sisal orientasi acak yang dicetak dengan teknik hand-lay up*. 9(2), 143–146.
- [5] Kusumastuti, A. (2009). *Aplikasi Serat Sisal sebagai Komposit Polimer*. 1(1), 27–32.
- [6] Arthur, M., & Wijaya, I. (2019). *Science and Technology ANALISIS KELAYAKAN SIFAT FISIK DAN MEKANIK KOMPOSIT GIPSUM BERPENGUAT SERAT ALAM SISAL SUMBAWA SEBAGAI PAPAN PLAFON*. 3(3), 20–23.
- [7] Ratni Kartini, H. Darmasetiawan, A. K. dan S. (2002). *POLIMER BERPENGUAT SERAT ALAM*. 3(3), 30–38.
- [8] Sari, n. h. (2019). *teknologi papan komposit diperkuat serat kulit jangung*. yogyakarta: cv budi utama.
- [9] Indra Mawardi, H. (2018). *Proses Manufaktur Plastik dan Komposit*. Lhokseumawe: Andi.
- [10] Matasina, M., Boimau, K., Mesin, J. T., Cendana, U. N., Tarik, K., & Bending, K. (2014). *Pengaruh Perendaman Terhadap Sifat Mekanik Komposit Polyester Berpenguat Serat Buah Lontar*.
- [12] Bharat Dholakiya. (2012). *Unsaturated polyester resin for speciality applications*. *Polyester*, 7, 167–202.
- [13] Purnomo, Y., Sy, S., Muchtar, H., & Kumar, R. (2017). *Pembuatan dan Karakterisasi Tinta Serbuk Printer Berbahan Baku Arang Aktif dari Limbah Padat Pengolahan Gambir*. *Jurnal Litbang Industri*, 7 (2), 71. <https://doi.org/10.24960/jli.v7i2.3242.71-80>
- [14] Surata, I. W., Lokantara, I. P., & Arimbawa, P. (2016). *Studi sifat mekanis komposit epoxy berpenguat serat sisal orientasi acak yang dicetak dengan teknik hand-lay up*. 9(2), 143–146.
- [15] Djamil, S., Sobron Y Lubis, & Hartono, D. (2014). *Kekuatan Tarik Komposit Matrik Polimer Berpenguat Serat Alam Bambu Gigantochloa Apus Jenis Anyaman Diamond Braid dan Plain Weave*. 1–8.