

Analisa Kekuatan Komposit Polimer Dengan Penguat Serat Daun Nanas

Ahmad Wiranto^{1*}, Suhardiman²

^{1,2)} Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan
Politeknik Negeri Bengkalis, Indonesia

*Email: awiranto2698@gmail.com

ABSTRACT

Composite is a material that is composed of two or more mixtures with different chemical and physical properties, so as to produce a new material that has different properties from the constituent materials. This study aims to determine the effect of the variation of the volume fraction of pineapple leaf fiber composites on the tensile strength of pineapple leaf fiber composites as a type of natural fiber. While the resin used is Q-Bond resin. The variation of fiber and resin volume fractions are 30% and 70%, 40% and 60%, 50% and 50%, 60% and 40%, 70% and 30%, respectively as many as 3 specimens. The composite printing process is carried out with wood molds according to ASTM D638-14 standards. The data collection method is done by testing the tensile on each specimen. The test results obtained the highest average value of the voltage (σ) of 15.99 MPa, while the lowest average of 12.11 MPa. For the highest average value of strain (ϵ) is 9.33%, while the lowest average is 6% and for the highest average modulus of elasticity (E) is 249.73 MPa, while the lowest average is 154.62 MPa.

Keywords: composite, pineapple leaf fiber, epoxy resin, tensile strength, fracture

PENDAHULUAN

Komposit adalah material yang tersusun atas campuran dua atau lebih material dengan sifat kimia dan fisika berbeda, dan menghasilkan sebuah material baru yang memiliki sifat-sifat berbeda dengan material-material penyusunnya [1]. Material komposit tersusun atas dua tipe material penyusun yakni matriks dan fiber (reinforcement). Keduanya memiliki fungsi yang berbeda, fiber berfungsi sebagai material rangka yang menyusun komposit, sedangkan matriks berfungsi untuk merekatkan fiber dan menjaganya agar tidak berubah posisi. Campuran keduanya akan menghasilkan material yang keras, kuat, namun ringan.

Fiber memiliki sifat yang mudah untuk diubah bentuknya dengan cara dipotong atau juga dicetak sesuai dengan kebutuhan desainnya. Selain itu, perbedaan pengaturan susunan fiber akan merubah pula sifat-sifat komposit yang dihasilkan. Hal tersebut dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan sifat komposit sesuai dengan parameter yang dibutuhkan.

Matriks umumnya terbuat dari bahan resin. Ia berfungsi sebagai perekat material fiber sehingga tumpukan fiber dapat merekat dengan kuat. Resin akan saling mengikat material fiber sehingga beban yang dikenakan pada komposit akan menyebar secara merata. Selain itu resin juga berfungsi untuk melindungi fiber dari serangan bahan kimia atau juga kondisi cuaca ekstrim yang dapat merusaknya. Selain kemudahan untuk medesain komposit ke dalam bentuk apapun, salah satu alasan utama penggunaan material komposit adalah didapatkannya kekuatan material tinggi dengan bobot yang jauh lebih ringan.

Selain material pengikat (matrik) komposit juga menggunakan material penguat, material penguat ini biasanya menggunakan serat, dengan sifat serat yang kuat, kaku dan getas [2]. Serat sangat sesuai menjadi bahan penguat komposit. Serat dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu serat alami dan serat sintesis (serat buatan manusia). Manusia menggunakan serat dalam banyak hal: untuk membuat tali, kain, atau kertas. Serat sangat baik untuk material komposit, karena memiliki kekuatan yang tinggi.

Serat alami menurut yaitu "Serat yang langsung diperoleh di alam. Serat alami banyak di gunakan karena jumlahnya banyak dan mudah ditemukan, proses pembuatannya sendiri juga terbilang sangat mudah [3]. Selain pembuatannya sangat mudah, serat alami juga bisa di beli dengan

harga yang sangat murah. Serat alami sering dimanfaatkan sebagai material penguat seperti serat flax, henep, jute, kenaf, rosella, abaka dan masih banyak serat alami yang lain yang biasa di manfaatkan, akan tetapi serat alami memiliki kekuatan yang rendah dibandingkan dengan serat buatan.

Serat alam (*natural fibre*) adalah jenis-jenis serat sebagai bahan baku industri tekstil atau lainnya, yang diperoleh langsung dari alam. Berdasarkan asal usulnya, serat alam dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok, yaitu serat yang berasal dari binatang (*animal fibre*), bahan tambang (*mineral fibre*) dan tumbuhan (*vegetable fibre*) [4][5].

Serat daun nanas (*pineapple-leaf fibres*) adalah salah satu jenis serat yang berasal dari tumbuhan (*vegetable fibre*) yang diperoleh dari daun-daun tanaman nanas. Tanaman nanas yang juga mempunyai nama lain, yaitu *Ananas Cosmosus*, (termasuk dalam family *Bromeliaceae*), pada umumnya termasuk jenis tanaman semusim. Daun nanas mempunyai lapisan luar yang terdiri dari lapisan atas dan bawah. Diantara lapisan tersebut terdapat banyak ikatan atau helai-helai serat (*bundles of fibre*) yang terikat satu dengan yang lain oleh sejenis zat perekat (*gummy substances*) yang terdapat dalam daun. Karena daun nanas tidak mempunyai tulang daun, adanya serat-serat dalam daun nanas tersebut akan memperkuat daun nanas saat pertumbuhannya. Dari berat daun nanas hijau yang masih segar akan dihasilkan kurang lebih sebanyak 2,5 sampai 3,5% serat serat daun nanas.

Pengambilan serat daun nanas pada umumnya dilakukan pada usia tanaman berkisar antara 1 sampai 1,5 tahun. Serat yang berasal dari daun nanas yang masih muda pada umumnya tidak panjang dan kurang kuat. Sedang serat yang dihasilkan dari tanaman nanas yang terlalu tua, terutama tanaman yang pertumbuhannya di alam terbuka dengan intensitas matahari cukup tinggi tanpa pelindung, akan menghasilkan serat yang pendek kasar dan getas atau rapuh (*short, coarse dan brittle fibre*). Oleh sebab, itu untuk mendapatkan serat yang kuat, halus dan lembut perlu dilakukan pemilihan pada daun-daun nanas yang cukup dewasa yang pertumbuhannya sebagian terlindung dari sinar matahari [6]. Dalam penelitian ini bahan utama yang akan digunakan yaitu bahan pengikat (matrik) menggunakan Thermoset yang jenisnya resin epoksi karena bahan tersebut memiliki kekuatan yang sangat tinggi dan mempunyai ketahanan bahan kimia yang sangat baik, sedangkan bahan pengisinya (*filler*) menggunakan serat daun nanas, dikarenakan bahan tersebut memiliki ketahanan yang baik. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik komposit polimer dengan penguat serat daun nanas dan untuk mengetahui sifat fisik spesimen uji tarik dengan komposit berbagai fraksi volume serat daun nanas.

METODELOGI

Alat dan Bahan

Pada saat proses pembuatan spesimen alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

A. Alat Pembuatan Spesimen Uji

1. Mesin Uji Tarik
2. USB Digital Microscope
3. Cetakan Kayu
4. Jarum Suntik
5. Mistar Insut
6. Sarung Tangan
7. Masker
8. Kuas
9. Sendok
10. Scrop
11. Mesin Bor
12. Cutter

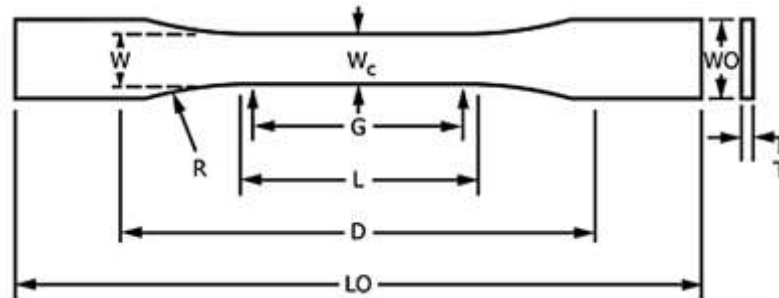
B. Bahan Pembuatan Spesimen Uji

1. Serat Daun Nanas
2. Resin Q Bound Epoxy HQ EP 501 R dan Hardener Q Bound Epoxy HQ EP 501 H

2.2. Proses Pembuatan Spesimen

Proses pencetakan spesimen ini dengan menggunakan metode hand lay up, adapun proses pencetakan spesimen sebagai berikut:

1. Persiapan alat dan bahan. Cetak spesimen sesuai geometri standart ASTM D638-14, gambar geometri sebagai berikut.



Gambar 1. Geometri ASTM D638-14 [7]

2. Menentukan berat resin+hardener 100% untuk 1 cetakkan dengan cara mencari volume dari cetakkan, dalam hal ini saya menggunakan jarum suntik untuk mengetahui volume cetakkan. Kemudian masukkan air ke dalam cetakkan sampai penuh dan rata, selanjutnya masukkan air ke dalam gelas plastik lalu ukur air tersebut menggunakan jarum suntik. Hasil yang di peroleh dari cetakkan yakni 30 mil. Selanjutnya bagi hasil dari cetakkan menjadi dua, resin 15 mil dan hardener 15 mil lalu aduk resin dan hardener selama 3 menit. Setelah diaduk sampai rata dan berubah bentuk warna lalu masukkan resin ke dalam cetakkan. Ratakan resin dan hardener di dalam cetakkan dan sedikit di tekan agar padat, kemudian diamkan beberapa menit untuk melihat gelembung agar tidak terjadi void, pecahkan jika ada gelembung yang timbul akibat udara yang terperangkap. Selanjutnya tunggu selama 3 jam sampai spesimen benar-benar kering dan mudah dikeluarkan dari cetakan.
3. Setelah berat resin+hardener diketahui selanjutnya menentukan besaran nilai persen menurut variasi volume serat, volume serat bisa dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Nilai Komposisi Serat dan Epoxy

Bahan	Serat Daun Nanas	Resin	Hardener
%	30	35	35
ml	9	10.5	10.5

4. Selanjutnya melakukan pengukuran volume resin dan hardener dengan serat 20% sebesar 6 mil, lalu diaduk hingga tercampur dengan rata selama 3 menit.
5. Kemudian tuangkan ke cetakkan kira-kira setengah dari cetakkan lalu ratakan sampai kalis, masukkan setengah nya lagi lalu ratakan kembali.
6. Tutup cetakkan menggunakan kaca hingga padat dan void tidak ada didalam.
7. Diamkan selama 4 jam hingga komposit benar-benar keras dan padat.
8. Buka kaca bagian atas kemudian kaca yang di bawahnya, lalu keluarkan komposit dari cetakkan menggunakan scrap, cutter dan palu.

Adapun hasil dari proses pencetakan spesimen dengan menggunakan metode hand lay up dan menggunakan standar cetakkan ASTM D 638-14 dari masing-masing spesimen sebanyak 4 buah. Selama 24 jam mulai dari proses pembuatan hingga proses pengeringan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini dilakukan di kampus Politeknik Negeri Bengkalis jurusan teknik mesin pada Lab Uji dan Bahan. Pada bab ini akan membahas dan menganalisa sifat mekanik material komposit serat daun nanas yang di kombinasikan dengan matrik epoksi. Dengan metode homogen serat acak yang dibentuk dengan perbandingan serat 30%, 40%, 50%, 60% dan 70% serta fraksi volume yang telah ditentukan. Setelah semua tahap pembuatan dan pengujian dilakukan, selanjutnya tahap akhir yaitu memaparkan hasil serta pembahasan. Data yang diperoleh meliputi uji tarik dan pemeriksaan struktur serat. Hasil data uji tarik terbagi menjadi tegangan, regangan dan modulus elastisitas.

Spesimen uji yang digunakan adalah serat daun nanas di campur dengan resin epoksi. Dengan perbandingan fraksi volume yang telah ditentukan, diperoleh pengujian uji tarik sebanyak 3 kali disetiap fraksi volume. Dalam pengujian uji tarik terdapat tabel yang membandingkan kekuatan tarik dari masing-masing fraksi volume. Adapun pengujian uji tarik dinyatakan dengan rumus:

$$\text{Tegangan (Mpa)} \sigma = P/A \quad (1)$$

σ = tegangan (Mpa)

P = beban (N)

A = luas penampang (mm²)

Regangan $\varepsilon = \Delta L/L$

$$\varepsilon = \text{regangan (\%)} \quad (2)$$

ΔL = pertambahan panjang (mm)

L = panjang mula-mula (mm)

$$\text{Modulus elastisitas (Mpa)} E = \sigma / \varepsilon \quad (3)$$

E = modulus elastisitas (Mpa)

σ = tegangan (Mpa)

ε = regangan (%)

Hasil

Setelah dilakukan pengujian di Lab Material di peroleh dari masing-masing komposisi nilai rata-rata dari 30%-70% serat, dengan perbandingan spesimen tanpa serat 0%. Tegangan tertinggi yaitu pada komposisi 40% serat sebesar 15,99 Mpa dari data rata-rata pengujian uji tarik, sedangkan nilai yang tertinggi dari regangan yaitu pada komposisi 70% serat sebesar 0,09 dan untuk nilai tertinggi modulus elastisitas yaitu pada komposisi 40% serat sebesar 249.73 Mpa. Di mana setiap masing-masing komposisi memperoleh hasil tegangan, regangan dan modulus elastisitas yang berbeda-beda.

Pembahasan

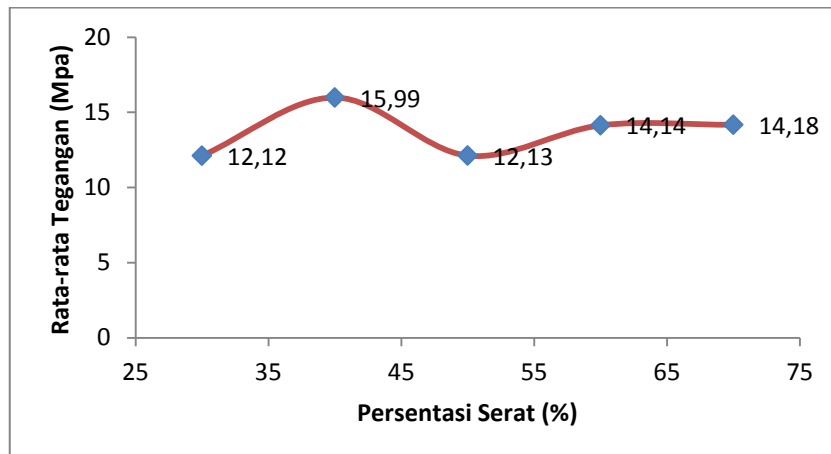
1. Rata – rata nilai tegangan (σ)

Dari Tabel 1.2 diperoleh nilai rata-rata tegangan tertinggi pada komposisi 40% serat sebesar 15.99 Mpa. Sedangkan nilai tegangan paling rendah yaitu pada penambahan komposisi 30% serat sebesar 12.12 Mpa dan untuk komposisi tanpa serat (0%) sebesar 26,3657 Mpa. Berikut hasil rata-rata nilai tegangan yang diperoleh dari kekuatan tarik bisa dilihat dibawah ini:

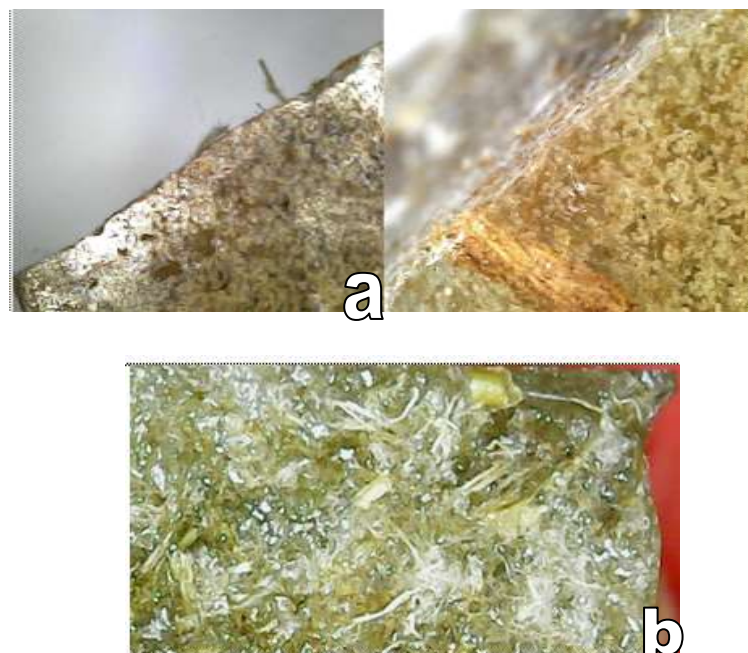
Tabel 2. Hasil Rata-Rata Tegangan

NO	Persentasi (%)	(σ) Tegangan Mpa			Rata-rata Tegangan (σ) (Mpa)
		1	2	3	
1	30	10,55	12,10	13,71	12,12
2	40	15,71	15,86	16,41	15,99

NO	Persentasi (%)	(σ) Tegangan Mpa			Rata-rata Tegangan (σ) (Mpa)
		1	2	3	
3	50	9,06	10,39	16,94	12,13
4	60	15,41	14,27	12,74	14,14
5	70	13,09	12,69	16,76	14,18



Gambar 1. Grafik Tegangan



Gambar 2. Bentuk patahan (a) permukaan patahan (b)

Dari gambar grafik di atas bahwa semakin banyak penambahan komposisi serat, nilai tegangan yang di peroleh mengalami kenaikan dan penurunan. Kecuali komposisi serat 40% memiliki nilai tegangan yang paling tinggi di dibandingkan serat 30%, 50%, 60% dan 70%. Pada penambahan komposisi serat sebanyak 30% mengalami penurunan nilai yang sangat signifikan dari masing-masing komposisi. yang sebelumnya 15,99 Mpa menjadi 12,12 Mpa. Jadi nilai yang paling rendah diperoleh pada perbandingan 30% serat : 70% epoksi.

Copyright ©2021 Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi. This is an open access article under the CC-BY-SA licence (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

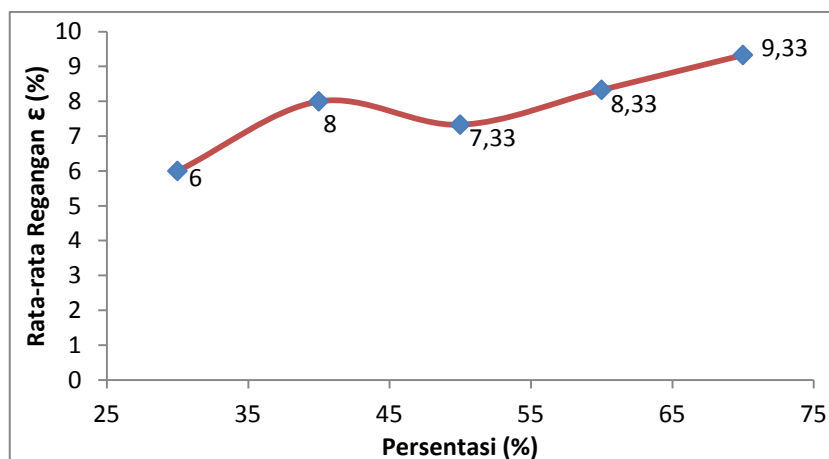
Dari tabel dan grafik diatas diperoleh beberapa faktor yang mempengaruhi dari kekuata tarik, dimana pada spesimen 30% mengalami penurunan yang signifikan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu, serat yang tidak merata pada saat pencetakan sehingga energi yang diserap menjadi lebih kecil, pada saat mengaduk komposit kecepatan putaran juga mempengaruhi dari serat itu sendiri karena serat yang di potong kecil-kecil (1 cm) akan mengalami penyusutan sehingga pada saat pengujian serat mengalami penurunan kekuatan, faktor pencetakan juga mempengaruhi dari kekuatan spesimen dimana pada saat penguangan komposit. Dimana udara masih terjebak dan pada saat proses penguangan komposit pada cetakkan serat tidak merata. Bukan hanya itu saja proses pengeringan spesimen juga mempengaruhi dari kekuatan spesimen itu sendiri, dimana suhu di yang ada diluar ruangan lebih cepat mengalami pengeringan pada saat peroses penjemuran. Hal ini lah yang menyebabkan dari kekuatan tarik itu mengalami penurunan.

2. Rata – rata nilai regangan (ϵ)

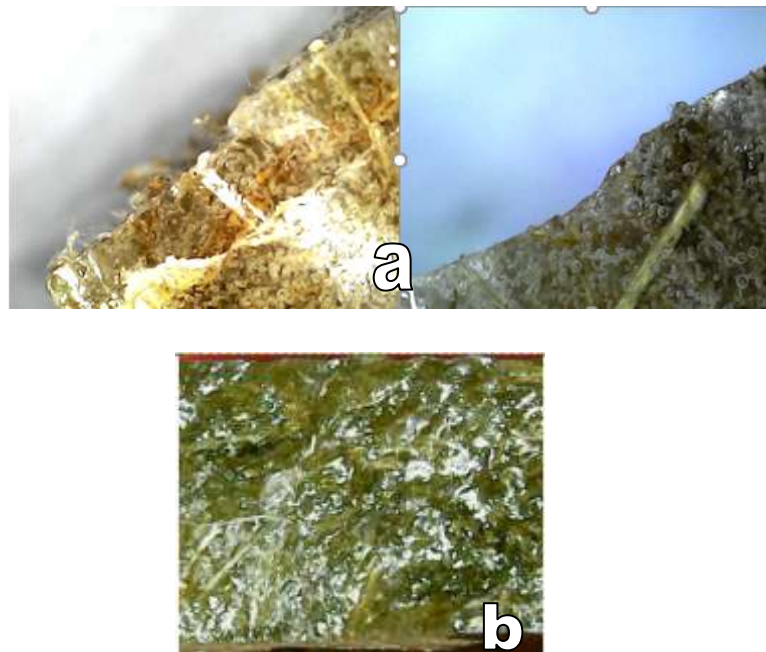
Tabel 1.3 berikut menunjukkan hasil regangan yang di peroleh dari masing-masing komposisi, adapun nilai rata-rata regangan tertinggi yaitu pada komposisi serat 70%. Dimana dari rata-rata kekuatan tarik komposisi 70% sebesar 9,33 Mpa

Tabel 3. Hasil Rata-Rata Regangan

NO	Persentasi	ϵ (Regangan) Mpa			Rata-rata (%)
		1	2	3	
1	30	5	8	5	6
2	40	4	13	7	8
3	50	6	7	9	7,33
4	60	11	7	7	8,33
5	70	11	8	9	9,33



Gambar 3. Grafik Regangan



Gambar 4. Bentuk patahan (a) permukaan patahan (b)

Pada gambar grafik diatas komposisi serat 30% nilai rata-rata regangan yang diperoleh yaitu 6%, ketika dilakukan penambahan komposisi serat 40% nilai regangan mengalami kenaikan menjadi 08%. Kemudian dilakukan penambahan komposisi serat 50% nilai regangan mengalami penurunan menjadi 7,33%, penurunan yang terjadi disebabkan karena kondisi temperatur pada saat melakukan proses penjemuran spesimen, penyebab yang lebih berpengaruh yaitu akibat terbentuknya void. Udara yang terperangkap didalam spesimen akan membentuk gelembung yang sering disebut void. Pada penambahan komposisi serat 60% nilai regangan mengalami kenaikan menjadi 8,33%. Hal ini disebabkan karena nilai tegangan yang di peroleh pada komposisi serat 60% memiliki nilai yang rendah dikarenakan beberapa faktor yang mempengaruhi dari kekuatan tarik, salah satu dari patahan permukaan yang diperoleh yaitu terdapat banyak bonding hole dikarenakan terlepasnya ikatan matrik terhadap serat, terdapat pull out pada permukaan spesimen, dimana matrik sebagai pengikat tidak kuat menahan serat saat diberikan tarikan, sehingga mengakibatkan serat putus dari dalam dan tertarik keluar. Pada saat proses pencetakan spesimen juga tidak diketahui penyebaran serat yang terdapat didalam spesimen, hal ini lah yang mempengaruhi nilai kekuatan tarik menurun. Sedangkan nilai regangan komposisi 30% memiliki nilai yang paling rendah dari komposisi serat 40%, 50% 60% dan 70%, Jadi nilai yang paling tinggi di peroleh pada serat 70%. Setelah dilakukan Penambahan persentasi serat, ternyata penambahn serat mempengaruhi nilai regangan yang diperoleh.

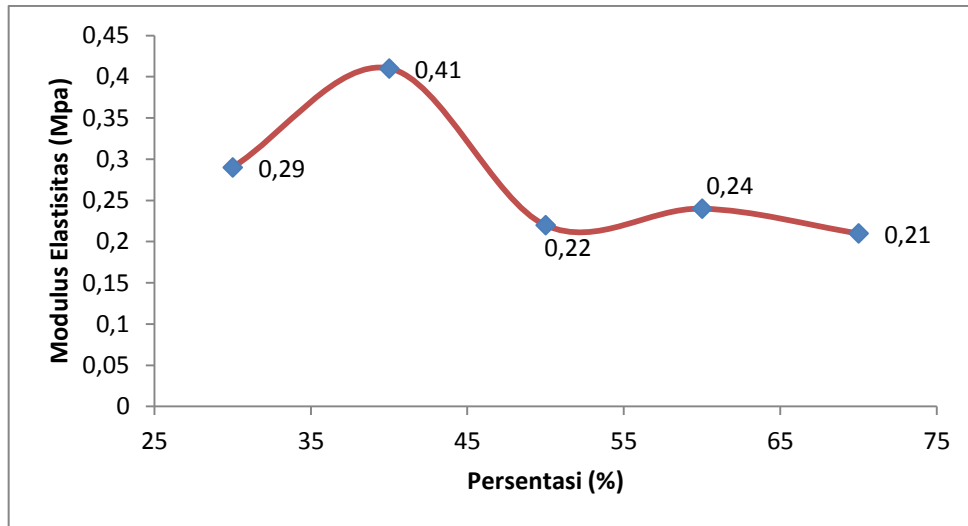
3. Nilai rata-rata modulus elastisitas (E)

Pada Tabel 1.4 berikut ini merupakan hasil rata-rata modulus elastisitas dari masing-masing komposisi, nilai rata-rata modulus elastisitas tertinggi pada komposisi serat 40%. Dimana dari rata-rata kekuatan tarik komposisi serat 40% sebesar 15.99 Mpa memperoleh nilai modulus elastisitas sebesar 0.41 Mpa.

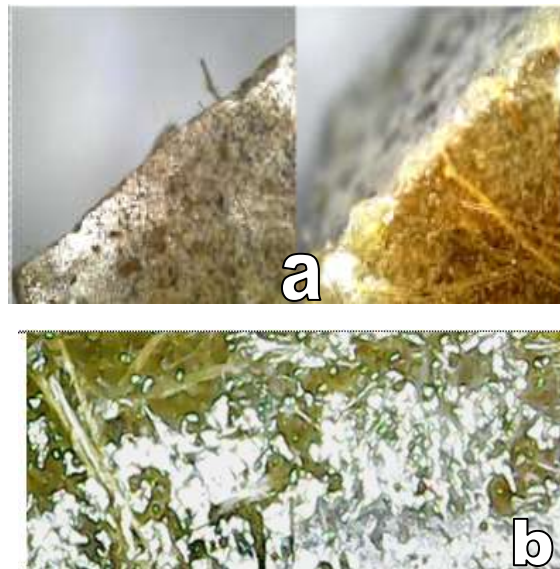
Tabel 4. Hasil Rata-Rata Modulus Elastisitas

NO	Persentasi (%)	(E) Modulus Elastisitas			Rata-rata (Mpa)
		1	2	3	
1	30	2,11	1,51	2,74	0,29

2	40	3,92	1,22	2,34	0,41
3	50	1,51	1,48	1,88	0,22
4	60	1,40	2,03	1,82	0,24
5	70	1,19	1,58	1,86	0,21



Gambar 5. Grafik Regangan



Gambar 6. Bentuk patahan (a) permukaan patahan (b)

Dari gambar grafik di atas nilai yang paling tinggi di peroleh komposisi serat 40%, dimana nilai dari rata-rata tegangan komposisi 40% serat sebesar 15.99 Mpa dan nilai rata-rata regangan sebesar 8% sehingga di peroleh nilai rata-rata modulus elastisitas dari komposisi 40% sebesar 0.41 Mpa. Untuk nilai rata-rata modulus elastisitas yang paling rendah diperoleh pada komposisi serat 70%, dengan nilai rata-rata tegangan sebesar 14.18 Mpa dan nilai regangan tertinggi pada komposisi serat 70% sebesar 9,33%, sehingga di peroleh nilai modulus elastisitas sebesar 0.21 Mpa. Hal ini disebabkan karena pada komposisi 70% lebih banyak serat sehingga matrik tidak mengikat serat secara maksimal pada saat diberikan beban, sehingga serat lebih mudah tercabut keluar dari matrik. Penyebab lainnya yakni ada penyebaran pull out pada permukaan spesimen

Copyright©2021 Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi. This is an open acces article under the CC-BY-SA lisenca (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

tetapi faktor yang paling utama penyebab terjadinya penurunan nilai modulus elastisitas yaitu penyebaran serat yang tidak merata pada masing-masing spesimen

Sehingga mengakibatkan terbentuknya void dan pull out. hal inilah yang mengakibatkan spesimen lebih getas dan tidak kuat menahan pada saat diberikan beban. Dari rata-rata nilai tegangan komposisi serat 70% sebesar 14,18 Mpa dan nilai regangan tertinggi pada komposisi serat 70% sebesar 9.33%, sehingga di peroleh nilai modulus elastisitas sebesar 0.21 Mpa. Jadi ketika dilakukan penambahan pada setiap komposisi akan mempengaruhi dari nilai tegangan, regangan dan modulus elastisitas pada masing-masing komposisi. Apabila nilai tegangan yang diperoleh dari salah satu komposisi lebih tinggi maka nilai regangan dan modulus elastisitasnya rendah, apabila nilai regangan yang diperoleh dari salah satu komposisi lebih tinggi maka nilai tegangan dan modulus elastisitasnya rendah. Begitu juga sebaliknya apabila salah satu komposisi memiliki nilai modulus elastisitasnya lebih tinggi maka nilai tegangan dan regangan yang di peroleh rendah. Selain itu faktor-faktor dalam proses pembuatan spesimen, pencetakan spesimen hingga proses penjemuran juga mempengaruhi dari kekuatan tarik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil foto USB Digital Microscope menunjukkan bahwa sifat yang dialami pada spesimen menunjukkan sifat getas.
2. Hasil perhitungan uji tarik mendapatkan nilai rata-rata tegangan yang tertinggi adalah 15.99 MPa pada persentasi serat 40% sedangkan rata-rata terendah pada persentase serat 30% dengan nilai 12.12 MPa. Untuk rata-rata regangan yang tertinggi adalah 9.33% pada persentasi serat 70% sedangkan rata-rata terendah pada persentase serat 30% dengan nilai 6%. Untuk rata-rata modulus elastisitas yang tertinggi adalah 0.41 MPa pada persentasi serat 40% sedangkan rata-rata terendah pada persentase serat 70% dengan nilai 0.21 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. U. dan M. R. A. Siregar, "Studi Eksperimen Terhadap Keausan Pada Roda Gigi Cacing Komposit," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi* <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>, vol. 2, no. 2, pp. 131–139, 2019.
- [2] B. S. & S. G. Ria Dini Wanti Lubis1*, "Simulasi Respon Mekanik Komposit Busa Polimer Diperkuat Serat Tkks Dengan Variasi Konsentrasi Al₂O₃," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi* <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>, vol. 3, no. 2, pp. 29–37, 2020, doi: DOI:<https://doi.org/10.30596/rmme.v3i1.4526> Jurnal.
- [3] M. Asim *et al.*, "A review on pineapple leaves fibre and its composites," *Int. J. Polym. Sci.*, vol. 2015, 2015, doi: 10.1155/2015/950567.
- [4] S. Rizal *et al.*, "Tailoring the effective properties of typha fiber reinforced polymer composite via alkali treatment," *BioResources*, vol. 14, no. 3, pp. 5630–5645, 2019, doi: 10.15376/biores.14.3.5630-5645.
- [5] M. M. M. Yani., Bakti Suroso., "Jurnal Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat," *Prodikmas*, vol. 4, pp. 31–39, 2019.
- [6] P. S. Aryana and L. Banowati, "Pengaruh Fraksi Volume Serat Daun Nanas Dan Matriks Epoxy Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Menggunakan Metode Hand Lay Up." Fakultas Teknik Unpas, 2020.
- [7] ASTM International, "Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens," *ASTM Int.*, vol. 82, no. C, pp. 1–15, 2016, doi: 10.1520/D0638-14.1.
- [8] M Yani dan Ahmad Marabdi Siregar. 2018. Kekuatan Komposit Polymeric Foam di Perkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Beban Tarik. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi dan Ilmu Komputer. Jilid 1. Terbitan UNPRI PRESS. Halaman 216-221.