



ANALISA SIFAT MEKANIK KOMPOSIT EPOKSI BERPENGUAT SERAT ABAKA DENGAN VARIASI FRAKSI VOLUME DAN WAKTU PERENDAMAN ALKALI

**Mohammad Tri Setyo Wahyu Utomo, Agung Nurkholis (Mahasiswa),
Fatkhurrohman., S.T., M.Eng. (Dosen Pembimbing)**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: muhammadtrisetyowahyuutomo@gmail.com, nurholisagung@gmail.com,
fatkhurrohman@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

Kemampuan material komposit yang praktis dibuat, baik pada segi kekuatan, kekakuan, keringanan, serta ketahanan terhadap korosi dan harga yang lebih hemat mendorong penggunaan material komposit menjadi cara lain atau bahan pengganti material logam konvensional mirip: baja, aluminium, gelas padat di aneka macam produk sangat dikembangkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak fraksi volume serat serta dampak perlakuan alkali serat terhadap sifat mekanik komposit berpenguat serat abaka. pada penelitian ini memakai metode vacuum resin infusion. Pembuatan komposit fraksi volume 40 % dengan waktu perendaman 1 jam memiliki nilai pengujian tarik tertinggi dengan nilai tegangan maksimum rata-rata 136,16 MPa. Dan untuk nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada variasi fraksi volume 20 % dengan waktu perendaman 3 jam dengan nilai tegangan maksimum rata-rata 58,76 MPa. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah serat akan semakin memperkuat kekuatan komposit tersebut dan semakin lama perendaman serat abaka dengan alkali kekuatan serat abaka akan semakin berkurang. Pada hasil pengujian SEM terlihat fiber pull out dan debonding yang disebabkan dari kerusakan hasil pengujian tarik. Pada metode vacuum resin infusion ini sangat efektif karena hampir tidak terdapatnya void pada komposit sehingga matriks dan penguat bisa menyatu dengan sempurna.
Kata kunci : Komposit, Serat Abaka, Resin Epoksi, Sifat Mekanik

ABSTRACT

The practical ability of composite materials to be made, both in terms of strength, stiffness, lightness, as well as resistance to corrosion and more economical prices, encourages the use of composite materials as another method or substitute for conventional metal materials such as: steel, aluminum, solid glass in various products. highly developed. This research aims to determine the impact of fiber volume fraction and the impact of fiber alkali treatment on the mechanical properties of abaca fiber reinforced composites. In this study, the vacuum resin infusion method was used. Making a composite with a volume fraction of 40% with a soaking time of 1 hour has the highest tensile test value with an average maximum stress value of 136.16 MPa. And the lowest tensile strength value is found at a volume fraction variation of

20% with a soaking time of 3 hours with an average maximum stress value of 58.76 MPa. From these results it can be concluded that the greater the number of fibers, the stronger the strength of the composite and the longer the abaca fiber is soaked in alkali, the strength of the abaca fiber will decrease. The SEM test results show fiber pull out and debonding caused by damage from the tensile test results. The vacuum resin infusion method is very effective because there are almost no voids in the composite so that the matrix and reinforcement can blend perfectly.

Keywords: Composite, Abaca Fiber, Epoxy Resin, Mechanical Properties

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi menuntut adanya industri konstruksi untuk dikembangkan mendukung perkembangan ini. Jadi kebutuhan akan bahan semakin meningkat tinggi. Kebanyakan bahan logam digunakan dalam industri konstruksi tetapi tinggi biaya produksi serta permesinan dengannya. Konsumen mulai beralih ke non material logam seperti komposit. Komposit ialah material yang campuran atau kombinasi keduanya material atau lebih dalam skala makroskopis untuk menghasilkan bahan ketiga lebih bermanfaat. Kemampuan bahan komposit yang mudah dibentuk, baik dari segi kekuatan, kekakuan, ringan, serta ketahanan terhadap korosi dan harga yang lebih murah cukup menguntungkan penggunaan material komposit menjadi bahan alternatif atau pengganti logam konvensional seperti: baja, aluminium, kaca padat di banyak produk dikembangkan. Penggunaan serta pemanfaatan material komposit saat ini meningkat, penggunaan bahan itu semakin meluas mulai alat rumah tangga hingga sektor industri.

Perlakuan alkali adalah metode yang efektif dan mudah dihilangkan lapisan lignin, lapisan hemiselulosa, lapisan silika dan esensi berasal dari serat untuk menggabungkan serat dan matriks dan meningkatkan kekerasan bagian atas serat abaca saat hubungan jauh lebih baik. juga, kemampuan untuk menghapus Fibril adalah serat dengan dimensi mikroorganisme yang terkandung dalam serat akan lebih tinggi dengan hilangnya lapisan lignin juga lapisan hemiselulosa. memberikan perlakuan kimia NaOH pada serat abaca akan mengaturnya kembali lapisan fibril ketika serat abaca mengalami deformasi tarik. dari banyak literatur pengobatan mencapai hal ini,

tingkat keseimbangan waktu perawatan dan konsentrasi Hal ini untuk mengoptimalkan sifat mekanik serat. Pohon pisang Abaka (Musatekstil) ialah tanaman dari keluarga pisang yang berasal dari Filipina. Tanaman abaka tumbuh subur di daerah tropis termasuk Indonesia menggunakan ketinggian 30-1000 meter diatas permukaan laut juga Curah hujan minimum adalah 2000 mm. serat pisang abaka juga memiliki ciri fisik yang kuat Tahan terhadap kelembapan dan air asin sehingga bagus digunakan sebagai bahan pembuatan tali Kapal itu, karena kuat, melayang di atas tahan terhadap air dan air garam. Sedangkan epoxy merupakan polimer termoseting yang artinya produk reaksi dari resin epoksi dan pengeras amino memiliki keuntungan praktis dan bening yang diciptakan dan Tahan korosi namun mempunyai kelemahan yaitu cukup rapuh. Silikon Karbida (SiC) adalah Bahan material keramik yang relatif mahal oleh karena itu perlu untuk memproduksinya banyak tenaga dan bahan campuran. Adonan untuk pembuatan silikon karbida, diantaranya pasir silika, material karbon, material besi fosfat dan nitrat silikat. Dari beberapa cara Pembuatan komposit, salah satunya ialah memakai metode vacuum resin infusion. Metode vacuum resin infusion mempunyai keunggulan pada mendistribusikan resin lebih merata. di penelitian ini memakai metode vacuum resin infusion. Metode vacuum resin infusion ialah salah satu asal metode pembuatan komposit, yang dibuat di dalam cetakan (mould) yang ditutupi oleh penutup plastik yang terpasang dengan aman dan jangan sampai ada kebocoran nantinya Penutup plastik disedot oleh pompa vakum sehingga terjadi disparitas tekanan udara antara bagian luar dan tas mengakibatkan

penutup plastik akan menekan produk komposit ke dalam dirancang secara merata juga akan menarik Residu atau kelebihan resin akan keluar membuat komposit. Hasil penelitian ini sangat dibutuhkan inovasi baru atau rancangan baru dalam pengembangan kemajuan teknologi terkait bahan komposit yang tidak menggunakan penguat serat sintetis di lingkungan Indonesia. Terutama di lapangan maritim. Sejauh ini industrinya masih umumnya menggunakan serat sintetis berupa serat kaca (*fiber glass*) sebagai penguat komposit menjadi bahan standar yang berfungsi sebagai fiber Penguatan material komposit fiberglass Plastik yang Diperkuat. Kelemahan atau kekurangan dari penggunaan serat *fiber glass* ialah harganya mahal, tidak dapat terdegradasi atau didaur ulang secara alami, pemrosesannya Membutuhkan proses menggunakan bahan kimia prosesnya juga hanya disediakan oleh beberapa perusahaan eksklusif saja. oleh karena itu serat abaka bisa digunakan sebagai bahan baku lain, karena bahan tersebut. Ini praktis tersedia dan sering diekspor Sebagai bahan pembuatan uang kertas, jumlahnya banyak sekali dibudidayakan oleh banyak petani di wilayah Indonesia lebih ramah lingkungan karena adalah serat alam dan pengolahannya yang lebih sederhana. Oleh karena itu dalam Penelitian ini untuk memperoleh sifat mekanik material komposit menggunakan penguat serat abaka matriks epoksi dengan fraksi volume serat 20 %, 30% dan 40%. Dan direndam menggunakan larutan basa dengan Lama perendaman : 1 jam, 2 jam dan 3 jam Pada peneliitian ini dilakukan untuk pengaplikasian pada lambung kapal/boat.

Rumusan Masalah

Menurut masalah latar belakang yang telah ada, maka dapat dijadikan rumusan masalah pada penelitian ini :

1. Bagaimana pengaruh fraksi volume serat pada sifat mekanik komposit epoksi berpenguat serat abaka

2. Bagaimana pengaruh waktu perendaman serat terkait sifat mekanik komposit epoksi berpenguat serat abaka.

Batasan Masalah

untuk menyampaikan kejelasan di penelitian yang akan di laksanakan maka adanya batasan persoalan supaya tidak menyimpang serta terfokus. Adapun batasan batasan masalahnya menjadi berikut :

1. Penggunaan serat abaka dengan fraksi volume serat 20%, 30% dan 40%.
2. Pengaruh durasi waktu perendaman 1 Jam, 2 jam, dan 3 jam terhadap sifat mekanik komposit epoksi berpenguat serat abaka.
3. Penggunaan matriks epoksi dengan perbandingan 2:1.
4. Pengujian yang dilaksanakan yaitu pengujian tarik dan pengujian SEM.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui penyebab dari fraksi volume serat terhadap sifat mekanik komposit epoksi berpenguat serat abaka.
2. Untuk mengetahui pengaruh lama waktu perendaman alkali pada serat terhadap kekuatan mekanik komposit epoksi menggunakan penguat serat abaka.

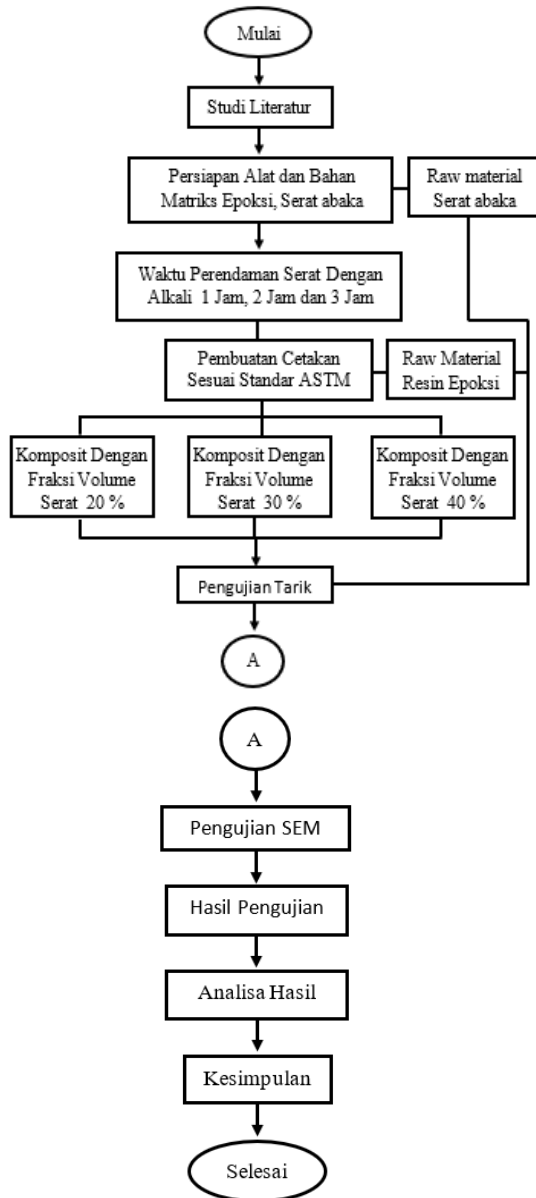
Manfaat Penelitian

Manfaat yang diberikan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Memperoleh bahan cara lain yang ramah lingkungan untuk mengatasi kebutuhan manusia dan industri terhadap barang-barang yang berkualitas.
2. Pada penelitian ini penulis dapat mengetahui pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan mekanik komposit.
3. Untuk menambah pengetahuan khususnya di bidang material komposit yang ramah lingkungan.
4. Untuk menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya tentang material komposit.

5. Menambah nilai guna serat abaka menjadi salahsatu material teknik.

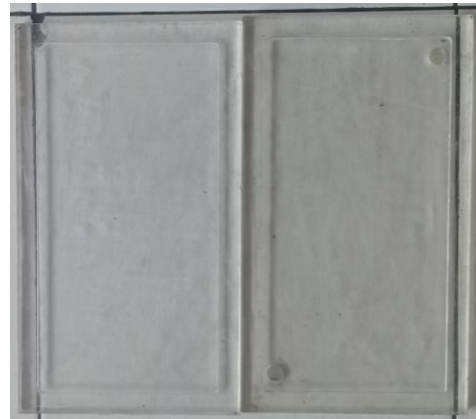
ALUR PENELITIAN



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Alat yang digunakan

1. Cetakan spesimen
Digunakan untuk mencetak spesimen.



Gambar 2 Cetakan

2. Oven
Untuk proses pengeringan serat abaka.



Gambar 3 Oven

3. Jangka sorong
Digunakan untuk mengukur spesimen setelah jadi.



Gambar 4 Jangka Sorong

4. Sisir
Digunakan untuk menyisir serat agar lurus dan seragam.



Gambar 5 Sisir

5. Sealant tape

Difungsikan sebagai menutup bagian atau celah di antara 2 cetakan dan sambungan selang agar terhindar dari kebocoran.



Gambar 6 Sealant Tape



Gambar 8 Pompa vakum

Bahan yang digunakan

1. Resin Epoksi

Sebagai matriks pada komposit hardener untuk mempercepat proses pengeringan

6. Resin Trap

Untuk mencegah resin masuk ke dalam mesin pompa



Gambar 7 Resin Trap



Gambar 9 Resin Epoksi

2. Serat Abaka

Sebagai penguat pada komposit



Gambar 10 Serat Abaka

7. Vakum pump

Mesin untuk menyedot resin agar bisa masuk ke dalam cetakan

3. Alkali

Digunakan untuk media perendaman serat abaka



Gambar 11 Alkali

4. Miracle Gloss

Digunakan untuk mencegah lengketnya komposit dan cetakan



Gambar 12 Miracle Gloss

Komposisi Pembuatan Komposit

Pada proses ini dilakukan penimbangan berat bahan resin epoksi dan serat abaka dengan variable komposisi yang sudah ditentukan. Penimbangan bertujuan supaya komposisi perbandingan sesuai berat yang diinginkan

Langkah-langkah proses dalam penimbangan sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat timbang digital
2. Membersihkan gelas dengan lap atau tisu, bertujuan agar tidak ada material lain yang terbawa
3. Mengkalibrasi timbangan agar takaran akurat
4. Menimbang semua bahan dengan komposisi yang ditentukan.

di proses ini dilakukan penimbangan komposisi dengan material untuk mendapatkan dosis yang sinkron dengan dosis variabel komposisi :

Diketahui :

Tabel 3. 1 Densitas dan kadar air serat abaka

Serat Abaka	Densitas (gr/cm ³)	Kadar Air (%)
Tanpa rendaman	0,61	8,45
Rendaman 1 jam	1,26	8,67
Rendaman 2 jam	1,03	8,65
Rendaman 3 jam	0,86	8,30

Massa jenis matriks epoksi = 1,17 gr/cm³

Variasi komposisi serat abaka dan matriks

1. Penguat 20 % serat abaka dan matriks 80 % (epoksi + katalis).
2. Penguat 30 % serat abaka dan matriks 70 % (epoksi + katalis).
3. Penguat 40 % serat abaka dan matriks 60 % (epoksi + katalis).

Perlakuan dan pembuatan komposit

Untuk penguat serat abaka direndam dalam larutan alkali dengan konsentrasi 2 % dengan lama waktu perendaman 1 jam 2 jam 3 jam, kemudian serat dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 90° selama 45 menit sampai kadar air pada serat <10 %.

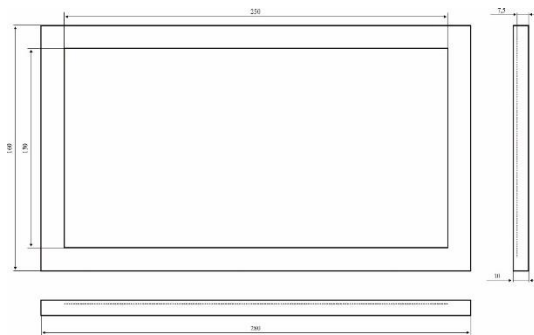
Serat yang dipergunakan ialah serat murni yang belum diberikan perlakuan apapun hanya perendaman menggunakan air pada waktu pembuatan serat. Selanjutnya Serat di rendam alkali dengan lama waktu perendaman 1 Jam, 2 Jam serta 3 Jam.

Alkali yang dilarutkan dalam air sebanyak 2 % dan air sebanyak 98%. Pada perendaman alkali kali ini dengan air sebanyak 4 Liter dan alkali 80 gr. Pertamama masukan air kedalam ember sebanyak 4 liter kemudian timbang alkali sebanyak 80 gr. Setelah itu campur alkali kedalam ember dan aduk hingga alkali larut dalam air tersebut. Kemudian masukan serat kedalam air yang telah dilarutkan alkali dan di diamkan selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam.

Setelah selesai direndam serat di tiriskan kemudian dikeringkan di dalam oven kompor selama 45 menit dengan suhu konstan pada 90° C.

Selanjutnya proses penyisiran yang bertujuan agar serat lurus dan bisa seragam. Setelah di sisir serat selanjutnya di potong panjangnya sesuai panjang cetakan yaitu 250 mm, bertujuan agar ukurannya pas ketika dimasukkan ke dalam cetakan.

Proses pembuatan spesimen ini menggunakan cetakan ukuran 250 mm x 130 mm, yang nantinya akan dipotong sesuai standar ASTM D-638 dan akan menghasilkan 4 buah spesimen. Pada proses ini dilakukan metode vacuum resin infusion.



Logo	12020 - 1111	Nama	M. Y. Surya Mahyudi	Kelompok	
	Gambar	nama	121212001010		
	Detail		12020 - 1111		
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya	Cetakan Spesifikasi Komposit	Tugas Akhir	A4		

Gambar 13 ukuran cetakan

Dalam proses ini digunakan pompa vakum untuk menyedot udara yang ada dalam wadah tempat komposit ditempatkan yang akan melakukan proses pencetakan. penggunaan vakum dapat meminimalkan udara di dalam cetakan. Ini akan mengakibatkan udara terperangkap dalam spesimen komposit akan mampu diminimalkan.

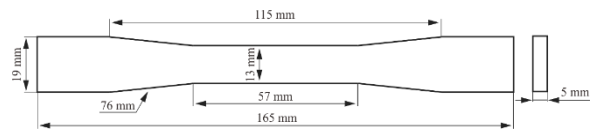


Gambar 14 Proses Pembuatan Komposit

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Tarik

Penelitian ini, pengujian pertama yang dilakukan adalah pengujian tarik untuk mengetahui kekuatan tarik pada komposit epoksi berpenguat serat abaka.



Gambar 15 Ukuran Standar ASTM D-638 type 1

Perhitungan untuk mencari tegangan spesimen

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{A_0}$$

Keterangan Rumus :

σ_{max} = Tegangan tarik maksimum (N/ mm²)

F_{max} = Beban tarik maksimum (N)

A_0 = Luas penampang awal (mm²)

Perhitungan untuk mencari regangan spesimen

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

Keterangan Rumus :

ε = Regangan (%)

ΔL = Selisih panjang akhir dan mula (mm)

L_0 = Panjang Awal (mm)

Perhitungan untuk mencari modulus elastisitas spesimen

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Keterangan Rumus :

σ = Kekuatan tarik (MPa)

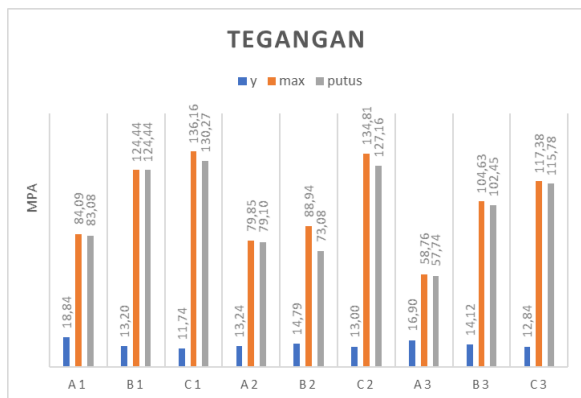
E = Modulus elastisitas (Nm²)

ε = Regangan (%)



Gambar 16 spesimen C1

Kemudian spesimen diuji tarik menggunakan peralatan uji tarik polinema. Jumlah spesimen yang diuji ialah 33 butir, dengan rincian 27 spesimen untuk komposit dengan fraksi volume 20%, 30%, 40% perlakuan alkali 1 jam, 2 jam dan 3 jam. tiga spesimen matriks resin epoksi serta tiga spesimen pengujian serat abaka. Data yang dihasilkan oleh peralatan uji tarik akan dihitung dan disediakan dalam bentuk diagram seperti yang ditunjukkan pada gambar 17 di bawah.

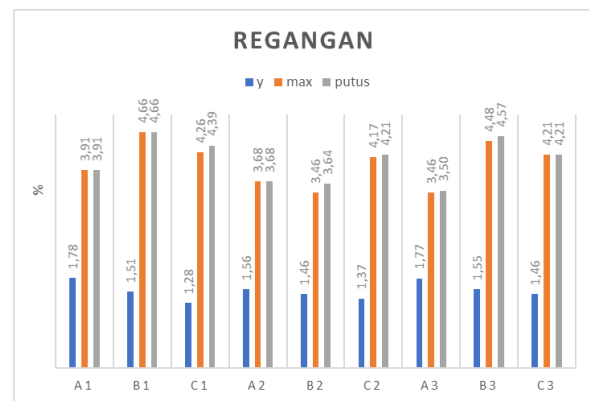


Gambar 17 Hasil Tegangan Tarik

Dari diagram diatas nilai kuat tariknya yang tertinggi terdapat pada komposit dengan fraksi volume serat 40% yaitu 136,16 MPa dan terendah pada komposit fraksi volume 20%. Yaitu 58,76 MPa. Peningkatan kekuatan tarik komposit ini karena keberadaannya peningkatan volume serat dalam fraksi volume yang lebih besar. Secara teori paling banyak peningkatan tegangan yang besar pada material komposit, dimana serat sebagai penguatnya. Inilah alasan mengapa di komposit fraksi volume 20% didapatkan kekuatan tarik terendah sebab memiliki kuantitas serat yang sedikit, jika dibandingkan dengan banyaknya volume matriks spoksi yaitu 80% yang memenuhi volume total komposit. Karena itu dan pada komposit fraksi volume serat 40%, jumlahnya volume matriks epoksi adalah 60% dari total keseluruhan volume komposit. ketika material komposit tersebut diberikan beban tarik maka akan timbul tegangan didistribusikan secara merata ke semua serat sebelum terjadi patah atau putusnya komposit. Karena itu maka benda uji

mempunyai volume serat yang lebih besar akan mengambil beban lebih kecil karena kekuatannya lebih besar dari spesimen tes yang memiliki volume serat lebih banyak sedikit saja akan menambah beban besar. Selain kemampuan kekuatan tarik pada komposit didapatkan, ada juga nilai regangan dari hasil pengujian tarik spesimen.

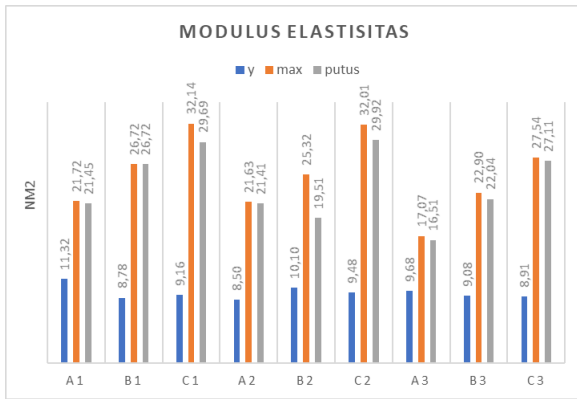
Tampak bahwa komposit dengan rendaman alkali 1 jam mempunyai kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan menggunakan komposit rendaman alkali tiga jam. Hal ini ditimbulkan sebab semakin lama perendaman akan semakin terkikisnya serat mengakibatkan dimensinya semakin kecil yang mengakibatkan serat tadi rapuh atau mudah putus.



Gambar 18 Hasil Regangan Tarik

Modulus Elastisitas

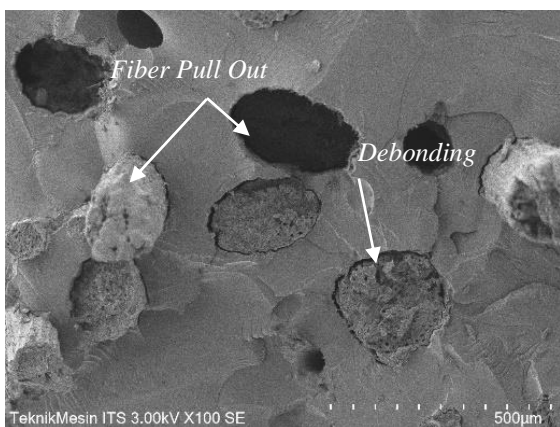
Data yang diolah juga menunjukkan bahwa nilai Modulus Elastis komposit berpenguat Serat abaka terbesar diperoleh pada komposit menggunakan fraksi volume 40% Rendam bahan dasar selama 1 jam dan fraksi paling rendah Volume serat 20% rendam larutan alkali selama tiga jam. Hal ini disebabkan oleh nilai modulusnya elastisitasnya berbanding linier dengan tegangan tarik sehingga besarnya tegangan tarik tersebut mempunyai dampak yang signifikan pada nilai modulus elastisitas.



Gambar 19 Hasil Modulus Elastisitas

Hasil Uji SEM

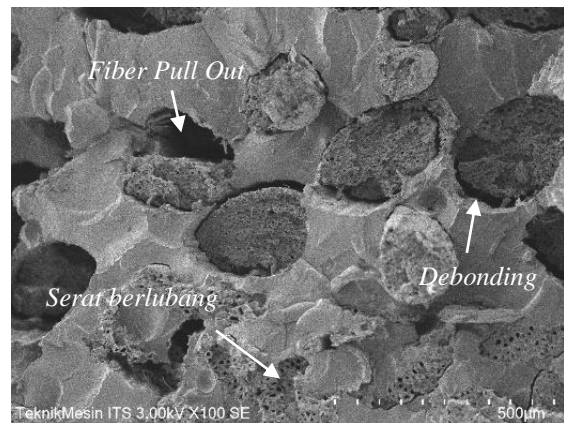
Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui bentuk bubuk graphene buatan dalam skala mikro. Keuntungan dari pengujian SEM dibandingkan dengan menggunakan mikroskop optik Biasanya hasil gambarnya lebih bagus, cerah, serta pembesaran yang lebih besar. Pada Dalam tes ini, kami akan meninjau kemunculan formulir bentuk atau morfologi graphene yang terlihat proses pembuatan komposit berhasil atau tidak



Gambar 20 Pengamatan SEM komposit fraksi volume 20 % rendaman 3 jam perbesaran x100

Pada pembesaran x100 menunjukkan *fiber pull out* dan *debonding* yang diakibatkan dari hasil setelah pengujian tarik. *Fiber pull out* yaitu serat yang putus dan tertarik keluar akibat dari beban yang diberikan melebihi kemampuan komposit. *Debonding* ialah kerusakan yang terjadi di komposit yang ditimbulkan oleh tidak melekatnya serat dengan bahan pengikat atau resin setelah proses pengujian tarik. Sedangkan void tidak

terlihat karena metode pembuatan yang di gunakan merupakan *vacuum resin infusion* yang dimana memang sangat kecil sekali kemungkinan terjadi void pada spesimen. Void adalah salah satu jenis cacat yang muncul dalam material komposit karena hilangnya beberapa elemen selama proses fabrikasi.



Gambar 21 Pengamatan SEM komposit fraksi volume 40 % rendaman 1 jam perbesaran x100

Pada pembesaran x100 menunjukkan semakin jelas *fiber pull out* dan *debonding* yang diakibatkan dari hasil setelah pengujian tarik. Sedangkan void tidak terlihat karena metode pembuatan yang di gunakan merupakan *vacuum resin infusion* yang dimana memang sangat kecil sekali kemungkinan terjadi void pada spesimen. Dari hasil pengamatan Lubang lubang kecil yang terlihat diketahui serat abaka yang merupakan bundel serat yang terdiri serat-serat tunggal yang berlubang menyerupai pipa.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

berasal dari penelitian yang berjudul "Analisa Sifat Mekanik Komposit Epoksi Berpenguat Serat Abaka Dengan Variasi Fraksi Volume Dan Waktu Perendaman Alkali" maka dapat disimpulkan menjadi berikut:

- Pembuatan komposit fraksi volume 40 % dengan waktu perendaman 1 jam memiliki nilai pengujian tarik tertinggi dengan nilai

tegangan maksimum rata-rata 136,16 MPa. Dan untuk nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada variasi fraksi volume 20 % dengan waktu perendaman 3 jam dengan nilai tegangan maksimum rata-rata 58,76 MPa. Berasal dari hasil tersebut bisa disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah serat akan semakin memperkuat kekuatan komposit tersebut dalam jumlah tertentu dan semakin lama perendaman serat abaka dengan alkali kekuatan serat abaka akan semakin berkurang.

- Pada hasil pengujian SEM terlihat *fiber pull out* dan debonding yang disebabkan dari kerusakan hasil pengujian tarik. Pada metode vacuum resin infusion ini sangat efektif karena hampir tidak terdapatnya void pada komposit sehingga matriks dan penguat bisa menyatu dengan sempurna.

Saran

Agar penelitian selanjutnya bisa lebih baik mengenai komposit berpenguat serat abaka dengan metode vacuum resin infusion, maka penulis menyarankan :

1. Pada proses pembuatan komposit dengan metode vacuum resin infusion lebih tertata kembali, mempunyai alat yang layak dan memadai.
2. Mengembangkan metode yang telah ada agar bisa mempermudah pengerjaan

REFERENSI

- ASTM, D638. 2008. 638-03: Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. Current edition approved Apr, 1, 1-16.
- Brother, j. 2013. Composite Application Using Coir fiber In Sri Langka, Project Number CFC/FIGHF1/8FT. Belanda.
- Callister, Wiliam. 1985. Skema alat uji tarik.
- Dittenber, David B, Hota V.S, GangaRao. 2012. Critical review of recent publications on use of natural composites in infrastructure. West Virginia University
- Fatkurrohman, Machmudi. 2022. Analysis of the impact strength on laminated polyester composites reinforced sugar palm fiber (SPF) with fiber orientation: random and woven. Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Fatkurrohman, Ismail, Yudhanto Ferriawan. 2023. Analisis kekuatan bending komposit lamina serat ijuk anyam dan serat ijuk acak bermatriks polyester. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Fatkurrohman, Zunairoh. 2018. Effect of fiber volume fraction to tensile strength in composites polyester reinforced sugar palm fiber (SPF). Jurnal of advances in technology and engineering research.
- F. Hardiana, H. Budiman dan Y. Samantha. 2016. Perancangan Alat Uji Impak Metode Charpy Menggunakan Benda Uji Aluminium dan Baja St37. Proceeding STIMA.
- Gibson, R.F. 1994. Principles of Composite Material Mechanics. McGraw-Hill. New York USA
- Hamdana, A., & dkk. 2016. The Effect of Customized Woven and Stacked Layer Orientation on Tensile and Flexural Properties of Woven Kenaf Fibre Reinforced Epoxy Composite, Univesiti Putra Malaysia.
- Hartono Yudo, Sukanto Jatmiko 2008 Analisa Teknis Kekuatan Mekanis Material Komposit Berpenguat Serat Ampas Tebu (bagase) Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Dan Impak Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- Heru SB Rochardjo, Fatkurrohman Fatkurrohman, Ahmad Kusumaatmaja, Ferriawan Yudhanto. 2021. Fabrication of Nanofiltration Membrane based on Polyvinyl Alcohol Nanofibers Reinforced with Cellulose Nanocrystal using Electrospinning Techniques. Universitas Indonesia
- Hendrikus Wona, Kristomus Boimau, Erich U. K. Maliwemu. 2015. Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan Bending dan Impak Komposit Polyester Berpenguat Serat Agave Cantula. Teknik

- Mesin, Fakultas Sains dan Teknik,
Universitas Nusa Cendana
- Jones, M. R. obert. 1998. *Mechanics of Composite Materials*. Virginia, USA.
- May, C. A. 1987. *Epoxy Resin, Engineering Meterial Handbook Vol.1; Composite* : 66-78.
- Schwartz, M. M. 1984. *Composite Material Handbook*. McGraw-Hill Book Company, New York USA.
- Supraptiningsih. 2012. Pengaruh Serbuk Serat Batang Pisang Sebagai Filler Terhadap Sifat Mekanis Komposit PVCCACO3.
- Surdia,T., Saito,S. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- Veryyon H, & Mukti H H. (2013). Pengaruh Karakteristik Pasir Merah Labuhan Batu Selatan Terhadap Sifat Mekanik (uji SEM, Difraksi Sinar X, Uji Impak) Dari Beton. Pengaruh Karakteristik Pasir Merah Labuhan Batu Selatan Terhadap Sifat Mekanik (uji SEM, difraksi sinar x, uji impak) dari beton , 1(Jurnal Einstein), 1–12.
- Yudha Yoga Pratama, R. Hari Setyanto dan Ilham Priadythama. (2014). Pengaruh Perlakuan Alkali, Fraksi Volume Serat, Dan Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Serat Sabut Kelapa – Polyester, *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, Vol. 13 Universitas Sebelas Maret.
- Yudhanto, F., Sudarisman, & M.Ridlwan. (2016). Karakterisasi Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Lamina Serat Anyam Sisal Dan Gelas Diperkuat Polyester. *Semesta Teknika*, 19(1), 48–54.
- Zainun A, A.E Ismail, K.A Kamarudin, Kareem AK. (2022). Effect of Fly Ash Fraction and Mixing Process Variables On Mechanical Properties of Polymer Composites. *International Journal Of Integrated Engineering* (14)(8) pp 30-36.