

Analisis Pengaruh Variasi Komposisi Material Komposit Berbahan Limbah Serat Daun Nanas pada Bilah Turbin Arus Laut

Muhammad Fauzan¹, Alifia Laila Rizki¹, Dwi Berninda Pratiwi¹, Niken Yuniar Kartika¹, Davin Maulana Isnan Firmansyah¹, Sony Junianto^{1*}

¹Program Studi Sistem Pembangkit Energi, Departemen Teknik Mekanika dan Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Jl. Raya ITS, Kampus PENS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111

*E-mail: sony@pens.ac.id

Abstract

Indonesia has significant potential to develop Ocean Current Power Plants (PLTAL) by converting the kinetic energy of ocean currents into electricity. However, turbines in seawater environments are prone to corrosion, which can degrade the quality and effectiveness of ocean current turbines. To prevent corrosion, composite materials are chosen for their superior mechanical properties and their ability to delay corrosion. This research focuses on the utilization of Pineapple Leaf Fiber (PALF) as a composite material for ocean current turbine blades. Pineapple leaf fiber is chosen because it is abundant, economical, renewable, and has high tensile strength. The aim of this research is to analyze the composition of pineapple leaf fiber as a composite material, measure the strength of ocean current turbine blades made of composite materials, and analyze the corrosion rate of the turbine blades in ocean current environments. The research methodology includes tensile testing and corrosion rate testing on several specimen samples with five variations in the composition of pineapple leaf fiber and resin. The test results provide values for Young's modulus and corrosion rate, which are used to analyze the most effective variation for manufacturing ocean current turbine blades. These results are then used to create ocean current turbine blades that match the identified variation. The findings of this research are expected to reduce operational costs of the turbines, utilize natural waste, and develop innovative renewable energy technology with environmentally friendly and corrosion-resistant composite materials.

Keywords: *pineapple leaf fiber, ocean current turbine, composite, tensile test, corrosion rate test*

Abstrak

Indonesia memiliki potensi besar untuk mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL) dengan energi kinetik arus laut yang dapat diubah menjadi listrik. Namun, turbin di lingkungan air laut rentan terhadap korosi yang dapat menurunkan kualitas dan efektivitas turbin arus laut. Untuk mencegah korosi, material komposit dipilih karena sifat mekaniknya yang lebih baik dan kemampuannya dalam menunda korosi. Penelitian ini berfokus pada pemanfaatan serat daun nanas (Pineapple Leaf Fiber, PALF) sebagai bahan komposit untuk bilah turbin arus laut. Serat daun nanas dipilih karena melimpah, ekonomis, terbarukan, dan memiliki kekuatan tarik tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komposisi serat daun nanas sebagai bahan komposit, mengukur kekuatan bilah turbin arus laut dengan material komposit, serta menganalisis laju korosi bilah turbin yang berada di lingkungan arus laut. Metode penelitian yang digunakan adalah dengan uji tarik dan uji laju korosi pada beberapa sampel spesimen dengan lima variasi komposisi serat daun nanas dan resin. Hasil pengujian didapatkan nilai *modulus young* dan *corrosion rate* yang digunakan untuk menganalisis variasi yang paling efektif sebagai pembuatan bilah turbin arus laut. Kemudian dari hasil tersebut digunakan untuk membuat bilah turbin arus laut yang sesuai dengan variasi yang didapatkan. Hasil penelitian dimungkinkan untuk mengurangi biaya operasional turbin, memanfaatkan limbah alam yang terbuang, dan mengembangkan inovasi teknologi energi terbarukan dengan material komposit yang ramah lingkungan dan tahan korosi.

Kata kunci: *serat daun nanas, turbin arus laut, komposit, uji tarik, uji laju korosi*

1. Pendahuluan

Indonesia sebagai negara kepulauan dengan perairan luas dan ratusan selat, memiliki potensi besar untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL). Menurut Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi (EBTKE), laut merupakan sumber energi yang besar dengan keluaran daya mencapai 280 triliun Watt-jam. Energi kinetik arus laut dapat diubah menjadi energi listrik menggunakan turbin arus laut.

Namun, turbin tersebut di lingkungan air laut rentan terhadap korosi, yang dapat merusak bilah turbin dan mengurangi efektivitasnya. Korosi, menurut NACE (*National Association of Corrosion Engineers*) adalah penurunan kualitas material akibat reaksi dengan lingkungan. Untuk mencegah korosi, dapat menggunakan metode seperti coating, perubahan media, seleksi material, dan penggunaan material komposit.

Material komposit dipilih karena memiliki sifat mekanik yang lebih baik dan dapat menunda korosi, sehingga memperpanjang masa pakai alat. Komposit dibuat dengan matrik sebagai material utama dan filler dari serat alami atau sintetis. Serat alam lebih diunggulkan karena potensi yang besar, biaya rendah, dan sifat biodegradable yang tinggi. Menurut Muldatulnia [1] bahan utama dalam campuran komposit dapat berasal dari bahan material berlignoselulosa bukan kayu seperti bambu, serat nanas, jerami, ampas tebu, serat kelapa sawit, eceng gondok dan lain-lain. Dalam hal bahan baku produksi, limbah serat daun nanas merupakan bahan yang melimpah di daerah tropis, termasuk Indonesia, yang dikenal sebagai salah satu produsen nanas terbesar di dunia. Menurut UNCTAD, Indonesia berada pada urutan kelima dalam data sepuluh negara dengan jumlah produksi nanas terbesar dalam skala internasional. Serat dari daun nanas (*Pineapple Leaf Fiber*, PALF) terbukti ekonomis, terbarukan, dan memiliki kekuatan tarik yang tinggi, hampir dua kali lipat dari *fiberglass* [2]. Dalam konteks pembuatan bilah turbin arus laut, komposisi serat daun nanas perlu ditentukan komposisinya sebagai material komposit.

Pemanfaatan serat daun nanas sebagai penguat komposit penting karena mengurangi limbah industri dan menghasilkan material komposit inovatif di Indonesia. Hasil penelitian ini dimungkinkan dapat mengurangi biaya operasional turbin arus laut dan memanfaatkan bahan alam yang sebelumnya terbuang. Sehingga kondisi tersebut menjadikan penelitian ini memiliki kebaruan pada komposisi komposit dan kekuatan material berbahan alam serat nanas untuk bilah turbin arus laut. Oleh karena itu, penelitian riset ini berjudul “Analisis Pengaruh Variasi Komposisi Material Komposit Berbahan Limbah Serat Daun Nanas pada Bilah Turbin Arus Laut”.

2. Material dan metode penelitian

2.1 Waktu dan Tempat Riset

Penelitian ini dilakukan pada tahun 2024 dan bertempat di Laboratorium Material Politeknik Elektronika Negeri Surabaya yang berlokasi di Jl. Raya ITS, Surabaya.

2.2 Alat Riset

Alat yang digunakan untuk penelitian riset ini yaitu HT-2402 *Computer Universal Testing Machines* dengan kualifikasi *max capacity* minimal 5 kN dan *force accuracy* maksimal 0.5% ditunjukkan dalam Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Alat Pengujian Tarik

2.3 Bahan Penelitian atau Subjek Riset

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin *epoxy*. *Cobalt* dan katalis untuk mempercepat reaksi proses pengeringan. *Talc powder* berfungsi menambah kekerasan dan ketahanan terhadap goresan. Amplas grit 400 untuk menghilangkan goresan. Dempul untuk memperbaiki atau memoles *body blade*. *Wax* berfungsi sebagai pelicin *blade* turbin agar mudah diangkat. Serta air laut sebagai medium pengujian laju korosi. Subjek utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat daun nanas ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Serat Daun Nanas

2.4 Variabel dan Desain Riset

Variabel yang digunakan pada riset ini diantaranya: variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebas dari penelitian ini yaitu komposisi dariserat daun nanas pada material komposit. Variabel terikat dari penelitian ini yaitu nilai *strength* dan *strain* dari hasil *tensile test* dan *corrosion rate* dari hasil uji laju korosi. Variabel kontrol dari penelitian ini yaitu komposisi dari serat daun nanas pada material komposit 0% dan menggunakan material resin sepenuhnya pada spesimen yang akan diuji coba. Desain riset pada bilah turbin menggunakan desain turbin arus laut yang ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Desain Turbin Arus Laut

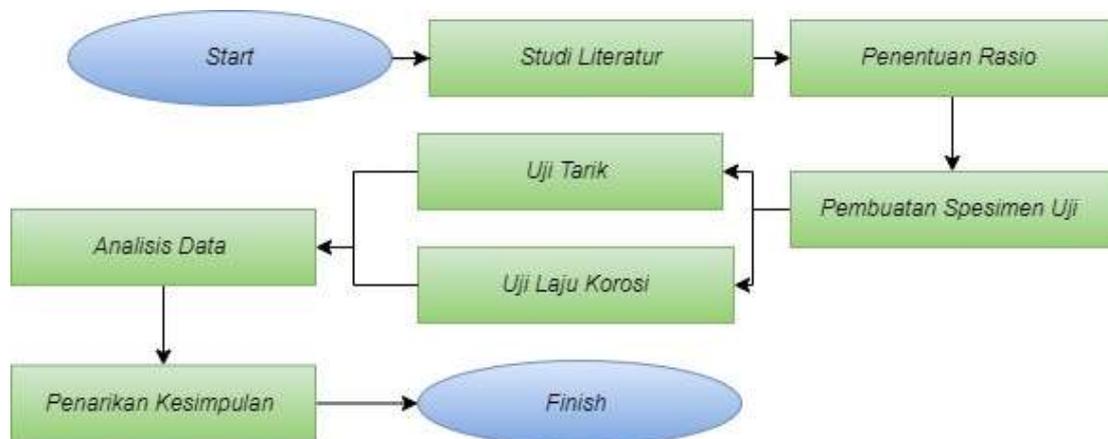
Dimensi atau ukuran turbin arus laut pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Dimensi Desain Turbin Arus Laut

Dimensions	Value	Units
WO (Width overall)	75	mm
LO (Length overall)	850	mm
T (Thickness)	10	mm

2.5 Tahapan dan Prosedur Riset

Terdapat pelaksanaan tahapan riset yang tercantum pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Flowchart Tahapan Riset

2.6 Studi Literatur

Tahap pertama mengumpulkan bahan referensi dari jurnal, buku, dan media lainnya terkait masalah umum pada PLTAL, uji tarik pada material komposit, laju korosi pada suatu material, dan material penyusun komposit.

2.7 Penentuan Skala Rasio dan Fraksi Volume Komposisi Material Komposit

Dalam penelitian Abdurrachman [3], hasil uji impact tertinggi sebesar 4,60 Joule pada analisis teknik komposit berpenguat serat daun nanas dan serat ampas tebu menggunakan resin epoxy. Dari penelitian Fathurrahman dkk. [4] “Pengaruh Perbandingan Fraksi Volume Serat Daun Nanas dan Serat Pelepah Pisang Terhadap Pembuatan Material Komposit” hasil yang didapat semakin besar komposisi serat pada campuranmatriks maka semakin besar kekuatan tarik yang dihasilkan. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut yang melatarbelakangi untuk melakukan pengembangan terhadap material komposit berbahan serat alam, maka dalam penelitian ini menggunakan komposit serat daun nanas sebagai penguat dan matrik yang digunakan adalah resin epoxy. Dari hasil tersebut dikembangkan dengan variasi komposisi resin dan serat daun nanas dimana terdapat lima variasi yang telah dibuat. Variasi pertama didapatkan dari

penelitian Ma'arif dkk. [5] dengan variasi resin dan serat daun nanas 70%:30% dimana hasil penelitian tersebut memiliki nilai regangan yang paling kecil sehingga perlu dikembangkan dengan variasi yang terdapat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Variasi Rasio Komposisi Bahan Penyusun

Variasi Spesimen	Rasio Komposisi	
	Resin	Serat
1	70%	30%
2	60%	40%
3	50%	50%
4	40%	60%
5	30%	70%

Dengan demikian penelitian ini mendapatkan hasil uji kekuatan tarik dan uji laju korosi yang paling baik dari kelima variasi tersebut. Pertama dilakukan perhitungan volume komposit (V_c), Volume Serat (V_s), Volume Resin (V_R), massa serat (m_s), dan massa resin (m_R) sebelum komposit dicetak [6].

Volume komposit (V_c) dihitung menggunakan persamaan (1) berikut :

$$V_c = P \times L \times T \tag{1}$$

Dimana :

V_c : Volume komposit (cm^3)

P : Panjang cetakan (cm)

L : Lebar cetakan (cm)

T : Tinggi cetakan (cm)

Volume serat (V_s) dihitung dengan menggunakan persamaan (2) berikut :

$$V_s = \frac{f_{V_s} \times V_c}{100\%} \tag{2}$$

Dimana :

V_s : Volume serat (cm^3)

f_{V_s} : Fraksi volume serat yang digunakan (%)

Massa serat (m_s) dihitung dengan menggunakan persamaan (3) berikut :

$$m_s = \rho_s \times V_s \tag{3}$$

Dimana :

m_s : Massa serat sebelum dicetak (kg)

ρ_s : Massa jenis serat (gr/cm^3)

Serat daun nanas memiliki massa jenis $1,072 \text{ gr/cm}^3$ [7].

Volume resin (V_R) dihitung dengan menggunakan persamaan (4) berikut :

$$V_R = \frac{f_{V_R} \times V_c}{100\%} \tag{4}$$

Dimana :

V_R : Volume resin (cm^3)

f_{V_s} : Fraksi volume resin yang digunakan (%)

Massa resin (m_R) dihitung dengan menggunakan persamaan (5) berikut :

$$m_R = \rho_R \times V_R \tag{5}$$

Dimana :

m_R : Massa resin sebelum dicetak (kg)

ρ_R : Massa jenis resin (gr/cm^3)

Massa jenis resin epoxy adalah $1,17 \text{ gr/cm}^3$ [8].

Dari perhitungan variasi komposisi resin dan serat daun nanas didapatkan massa resin dan serat daun nanas yang digunakan dan disajikan dalam Tabel 3 berikut.

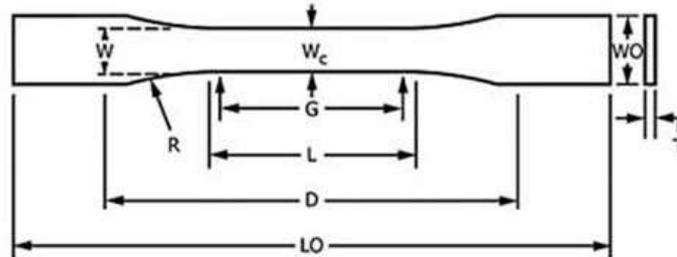
Tabel 3. Fraksi Volume Komposisi Bahan Penyusun

Variasi Spesimen	Fraksi Volume		Konfigurasi	Massa (gram)
	Resin	Serat		
1	70%	30%	Resin	8,2
			Serat	3,23
2	60%	40%	Resin	7
			Serat	4,3
3	50%	50%	Resin	5,9
			Serat	5,4

4	40%	60%	Resin	4,7
			Serat	6,45
5	30%	70%	Resin	3,5
			Serat	7,53

2.8 Pembuatan Spesimen Uji

Spesimen Uji dibentuk menyerupai “halter” atau “tulang anjing” sesuai geometri standar ASTM D638-14 Tipe 1 [9] ditunjukkan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Bentuk Spesimen Uji ASTM D638-14 Tipe 1

Ukuran pembuatan spesimen uji tarik pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Dimensi Spesimen Uji ASTM D638-14 Tipe 1

<i>Dimensions</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
W (<i>Width of narrow section</i>)	13	mm
L (<i>Length of narrow section</i>)	57	mm
WO (<i>Width overall</i>)	19	mm
LO (<i>Length overall</i>)	165	mm
G (<i>Gage length</i>)	50	mm
D (<i>Distance between grips</i>)	115	mm
R (<i>Radius of fillet</i>)	76	mm
WC (<i>Width center</i>)	+0,00 - 0,10	mm

Menentukan berat resin dan serat daun nenas dengan mencari volume dari cetakan. Menakar resin sesuai dengan rasio komposisi. Kemudian menyisihkan resin setengah dari takaran dan mencampur dengan talc, katalis, cobalt. Kemudian melapisi cetakan dengan wax. Lalu campuran resin dituangkan di atas cetakan atas dan cetakan bawah. Kemudian meletakkan serat daun nenas sesuai dengan rasio komposisi. Serat daun nenas ditekan menggunakan kuas pada lapisan resin dan pastikan tidak ada gelembung. Kemudian membuat campuran resin setengah dari takaran awal tanpa talc dan menuangkan di atas serat daun nenas. Meletakkan serat daun nenas kemudian ditekan hingga tidak ada gelembung. Menuangkan sisa resin di atas serat daun nenas. Cetakan atas dengan cetakan bawah digabungkan dan dirapatkan menggunakan baut. Cetakan disimpan lima hingga tujuh hari. Setelah kering keluarkan spesimen uji dari cetakan. Merapikan sisi-sisi dan permukaan spesimen menggunakan gerinda atau amplas grid 400. Jika terdapat lubang atau permukaan yang tidak rata, memberikan dempul pada permukaan tersebut. Pembuatan produk ditunjukkan pada Gambar 6 berikut.

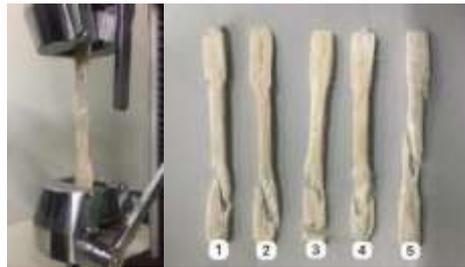


Gambar 6. Pembuatan Spesimen Uji ASTM D638-14 Tipe 1

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji Tarik

Spesimen uji tarik menggunakan geometri standar ASTM D638-14 Tipe 1. Benda uji diletakkan ke dalam dua pegangan pada mesin. Kemudian memilih laju pergerakan untuk jenis material dan menarik spesimen hingga patah. Pengujian tarik ditunjukkan pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Penguujian Tarik pada Sampel

Spesimen satu adalah variasi dengan komposisi resin dan serat daun nanas masing-masing 70% dan 30%, spesimen dua dengan resin 60% dan serat 40%, spesimen tiga dengan resin 50% dan serat 50%, spesimen empat komposisi resin 40% dan serat 60%, dan terakhir spesimen lima dengan resin 30% dan serat 70%. Ekstensometer mencatat jarak tempuh dan memplot pergerakan pada grafik secara elektronik. Hasil grafik diinterpretasikan untuk memahami sifat dan perilaku material. Untuk memahami sifat dan perilaku suatu material didapat dari nilai *modulus young* (E) yang dapat dihitung menggunakan persamaan (6) berikut :

$$E = \frac{\sigma}{e} = \frac{F/A}{\Delta l/l_0} = \frac{Fl_0}{A\Delta l} \quad (6)$$

Dimana :

E : *Modulus young* (N/mm²)

F : Gaya (N)

l_0 : Panjang mula-mula (mm)

A : Luas penampang (mm²)

Δl : Perubahan panjang (mm)

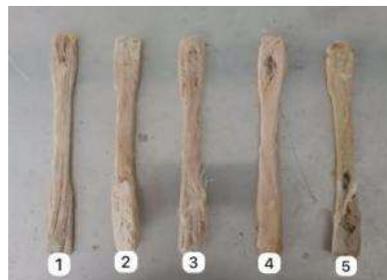
Dari hasil perhitungan, didapatkan besarnya F dan nilai *modulus young* disajikan dalam Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Nilai Gaya (*peak load*) dan *modulus young*

Variasi Spesimen	Nilai F (N)	Nilai E (N/mm ²)
1	6758	0,97
2	6576	0,95
3	5364	0,77
4	3648	0,52
5	3491	0,50

3.2 Hasil Uji Laju Korosi

Pada saat uji laju korosi menggunakan air laut sebagai media pengujian. Kemudian massa sampel sebelum dan sesudah dilakukan uji ditimbang untuk mengetahui selisih massanya [10]. Penguji kemudian mencelupkan sampel kedalam wadah yang berisikan air laut hingga 14 hari. Pengujian sampel laju korosi ditunjukkan pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Penguujian Sampel Laju Korosi

Pada hari 7 dan 14 penguji menganalisis perubahan dan mencatat perubahan massa pada sampel. Massa sampel ditunjukkan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Massa Sampel Spesimen Uji Korosi

Variasi Spesimen	Massa Awal	Perubahan Massa		Units
		Hari ke-7	Hari ke-14	

1	32,2	31,7	31	gram
2	28	27,4	27	gram
3	27	26,6	26,1	gram
4	24,7	24,3	24	gram
5	22,9	22,7	22,5	gram

Setelah dilakukan pengukuran massa didapatkan data untuk mengamati uji laju korosi pada suatu material dan menentukan nilai CR (*Corrosion Rate*). Nilai CR dapat dihitung menggunakan Persamaan (7) berikut.

$$CR = \frac{k \times W}{A \times t \times D} \tag{7}$$

Dimana :

- CR : *Corrosion Rate* (mpy)
- K : Nilai konstanta laju korosi (0,00000345 mpy/mmpy)
- W : Massa yang hilang dengan (gram)
- A : Luas permukaan spesimen (cm²)
- t : Waktu perendaman dengan (jam)
- D : Massa jenis spesimen (gram/cm³)

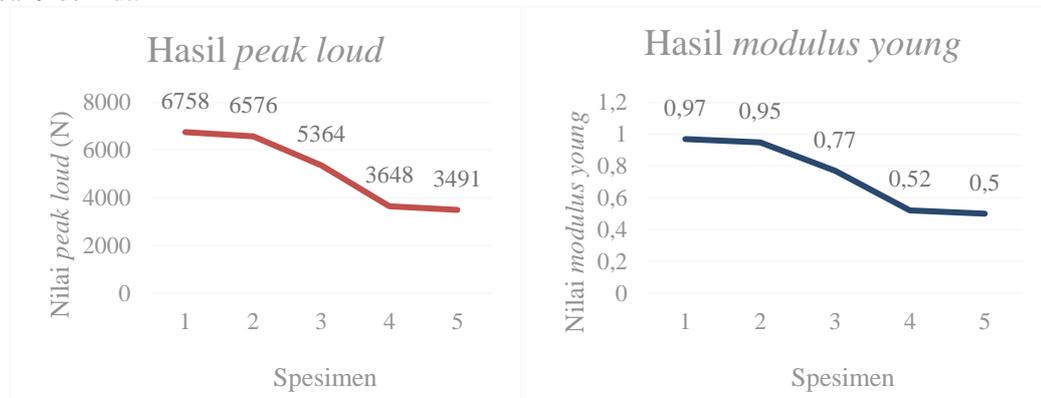
Hasil perhitungan nilai *Corrosion rate* ditunjukkan dalam Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Nilai *Corrosion Rate* Sampel Spesimen

Variasi Spesimen	Nilai <i>corrosion rate</i>	Units
1	0,05772	mpy
2	0,04189	mpy
3	0,03644	mpy
4	0,02607	mpy
5	0,01396	mpy

3.3 Analisis Data

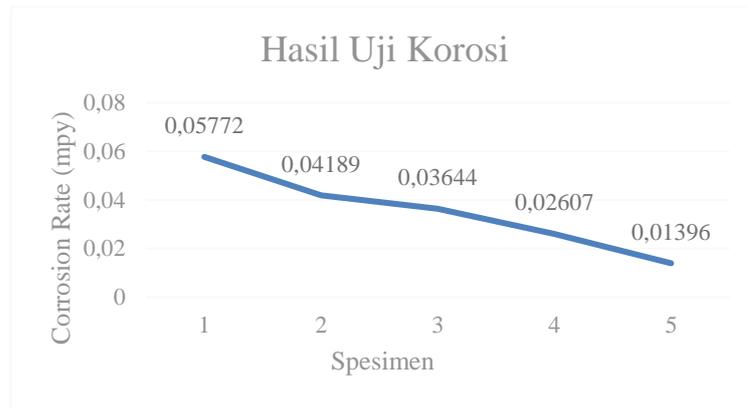
Analisis data meliputi kinerja dari masing-masing variabel komposisi material komposit. Pada pengujian spesimen dari *Tensile Test* didapatkan datategangan dan regangan yang digunakan untuk mencari nilai *modulus young* ditunjukkan pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Grafik Nilai Uji Tarik

Dari hasil grafik tersebut pada variasi pertama dengan komposisi lebih sedikit serat daun nanas menghasilkan nilai *peak loud* (F) dan *modulus young* (E) yang besar, sedangkan pada variasi kelima dengan komposisi lebih banyak serat daun nanas menghasilkan nilai *peak loud* (F) dan *modulus young* (E) yang kecil. Sehingga dapat dianalisa bahwa semakin banyak komposisi serat daun nanas yang digunakan maka nilai *modulus young* semakin kecil. Jika nilai *modulus young* semakin kecil, maka material atau benda semakin elastis dan menunjukkan sifat material atau kekuatan tarik yang lebih kuat [11]. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan serat daun nanas sebagai penguat matrik dapat memperkuat komposit. Oleh karena itu penggunaan serat daun nanas dapat menjadi alternatif baru dalam pembuatan bilah turbin arus laut.

Sedangkan pengujian spesimen dari uji laju korosi dengan metode *Weight Loss*, akan didapatkan data *corrosion rate*. Hasil uji korosi ditunjukkan dalam grafik garis pada Gambar 10 berikut.

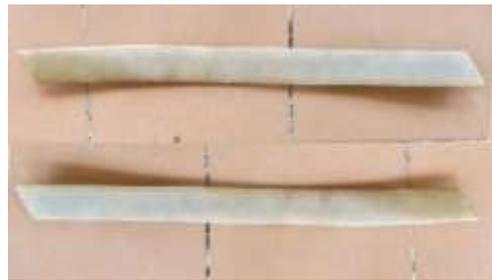


Gambar 10. Grafik Nilai Uji Laju Korosi

Analisa yang didapat yaitu pada variasi pertama mengalami laju korosi yang lebih besar karena komposisi resin yang semakin banyak dan variasi lima nilai *corrosion rate* semakin menurun karena semakin sedikitnya komposisi resin dan lebih banyak komposisi serat daun nanas. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak komposisi serat daun nanas sebagai bahan komposit maka semakin rendah laju korosi yang terjadi [12]. Oleh karena itu penggunaan serat daun nanas terbukti dapat menunda terjadinya korosi sehingga jangka waktu pakai bilah turbin lebih lama.

3.4 Pembuatan Bilah Turbin Arus Laut

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, variasi lima yang paling efektif digunakan sebagai bilah turbin arus laut. Sehingga bilah turbin arus laut yang dibuat menggunakan variasi tersebut dan ditunjukkan pada Gambar 11 berikut.

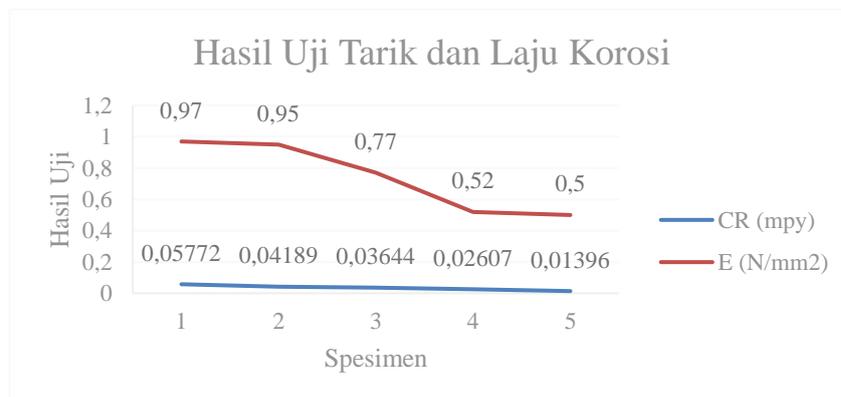


Gambar 11. Bilah Turbin Arus Laut

Dengan komposisi bahan komposit yang tepat, maka turbin yang dihasilkan lebih maksimal dari segi material maupun segi operasinya. Sehingga pembuatan turbin arus laut menggunakan material komposit dengan limbah serat daun nanas dapat menjadi inovasi di bidang teknologi energi terbarukan serta memberikan kontribusi dalam upaya pemanfaatan bahan alam yang terbuang, menghasilkan produk ramah lingkungan yang tidak mudah korosi, dan berpotensi hilirisasi riset yang menghasilkan bilah turbin arus laut berbahan komposit dengan rasio komposisi 70% limbah serat daun nanas dan 30% resin. Oleh karena itu bilah ini dapat diproduksi dengan standar dan skala industri.

4. Kesimpulan

Penyajian analisis data berupa grafik garis dengan hasil uji variabel komposisi material komposit ditunjukkan pada Gambar 12 berikut.



Gambar 12. Grafik Hasil Uji Tarik dan Uji Laju Korosi

Pada grafik tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin banyak komposisi serat daun nanas dibanding resin menghasilkan material yang lebih kuat, tidak mudah rapuh, dan umur pakai lebih lama karena tidak mudah korosi atau terkikis oleh air laut. Variasi yang paling tepat dan efektif digunakan pada bilah turbin arus laut adalah pada variasi kelima, dimana variasi tersebut menunjukkan nilai *modulus young* dan *corrosion rate* yang rendah. Dengan pengujian ini membuktikan bahwa penggunaan serat daun nanas sebagai penguat matrik dapat memperkuat komposit untuk pembuatan bilah turbin arus laut.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih dan apresiasi yang tinggi untuk pendanaan riset dari Direktorat Akademik Pendidikan Tinggi Vokasi, Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi serta Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS).

Daftar Pustaka

- [1] Muldatulnia. 2016. Uji Sifat Fisis dan Mekanik Papan Komposit dari Campuran Jerami Padi dan Serat Sabut Kelapa Menggunakan Perekat Polyester. [skripsi]. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Alauddin Makassar.
- [2] Mujiyono & Didik, N. 2009. Pemanfaatan Serat Daun Nanas sebagai Penguat Material Komposit. Program Sarjana Fakultas Teknik UNY, Yogyakarta.
- [3] Abdurrachman, F. 2017. Analisa Teknis Komposit Berpenguat Serat Daun Nanas (*Smooth Cayenne*) dan Serat Ampas Tebu (*Saccharum Officinarum*) Sebagai Alternatif Komponen Kapal Ditinjau dari Kekuatan Bending dan Impact.
- [4] Fathurrahman, A. I., Kardiman, Suci F. C. 2021. Pengaruh Perbandingan Fraksi Volume Serat Daun Nanas dan Serat Pelepeh Pisang Terhadap Pembuatan Material Komposit. Karawang. Universitas Singaperbangsa Karawang.
- [5] Ma'arif, dkk. 2023. Analisis Sifat Mekanik Pada Komposit Serat Daun Nanas Dengan Filler Talc $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$. Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha.
- [6] Gibson, R.F., 1994. "Principal of Composite Material Mechanics". MC.Graw Hill.
- [7] Pratiwi, S. 2015. Pengaruh Variasi Tebal Core dan Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Sandwich Polyester Berpenguat Serat Daun Nanas (Ananas) Dengan Core Styrofoam. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- [8] Chandra, R. 2021. Pengaruh Volume Limbah Serbuk Kayu Jati (*Tectona grandis*) terhadap Daya Serap Air pada Papan Komposit dengan Matriks Epoksi. Fakultas Teknologi dan Mineral. Universitas Teknologi Sumbawa.
- [9] ASTM International. 2016. Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens. 82:1–15. Guedes Soares, C., Garbatov, Y., Zayed A., and Wang, G. 2008. Corrosion wastage model for ship crude oil tanks, Corrosion Science vol. 50pp: 3095-3106.
- [10] Kumar, N., Singh, A. K., Ajit, K. & Pathel, S. 2014. Corrosion Behaviour of Austenitic Stainless Steel Grade 316 in Strong Acid Solution. *International Journal of Advanced Research*. 2(5):1-9.
- [11] Ningrum, L. Y., 2017. "Potensi Serat Daun Nanas sebagai Alternatif Bahan Komposit Pengganti Fiberglass pada Pembuatan Lambung Kapal. Program Sarjana Fakultas Teknik Kelautan ITS, Surabaya.
- [12] Futichah, dkk. 2017. Pengujian Ketahanan Korosi Paduan Berbasis Zirkonium dan Komposit SiC/SiC_f. Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir.