

# PENGARUH PENGGUNAAN SERAT DAUN NANAS DALAM PEMBUATAN KOMPOSIT MENGGUNAKAN METODE *VACUM BAGGING* TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN BENDING

<sup>1</sup>Muhammad Iqbal Aizi, <sup>2</sup>Sehono, <sup>3</sup>Ferry Setiawan

<sup>1,2,3</sup>Teknik Dirgantara, STTKD Yogyakarta

## Abstrak

Serat alam adalah salah satu jenis dari bahan baku untuk pembuatan benang ataupun kain yang memiliki asal dari hewan ataupun tumbuhan yang melalui proses geologis. Serat alam ini memiliki sifat yang cenderung mudah lapuk tetapi terdapat kelebihan yakni memiliki keunggulan didalam memberikan kenyamanan bagi manusia. Buah nanas yang dulu hanya digunakan sebagai bahan makanan atau selai, sekarang sudah merupakan bahan baku yang cukup penting. Oleh karenanya dewasa ini pengembangan teknologi komposit mengarah ke komposit serat alam (organik) dikenalkan sifatnya yang *renewable* (terbarukan) sehingga mengurangi gangguan lingkungan hidup. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan komposit serat nanas dengan variasi perendaman dan tanpa perendaman di larutan NaCl. Pengujian tarik dan bending dilakukan untuk mengetahui karakteristik mekanis dari perlakuan perendaman NaCl. Berdasarkan hasil pengujian tarik dengan melakukan perendaman NaCl menaikkan kekuatan mekanis dari komposit. Pada perendaman NaCl kekuatan tarik mencapai 35.02 MPa, sedangkan yang tidak direndam memiliki kekuatan tarik 26.29 MPa. Pada pengujian bending spesimen dengan perlakuan perendaman menggunakan NaCl juga yang memiliki kekuatan bending terbesar yaitu 6,137,722.00 MPa sedangkan tanpa perendaman memiliki nilai 5,406.494.61 MPa.

**Kata kunci:** Serat, nanas, *vaccum*, tarik, bending

## Abstract

Natural fiber is a type of raw material for the manufacture of yarn or fabric that has an origin from animals or plants that go through geological processes. This natural fiber has properties that tend to be easily weathered but there are advantages, namely having advantages in providing comfort for humans. Pineapple fruit, which used to be used only as a food ingredient or jam, is now a fairly important raw material. Therefore, nowadays the development of composite technology leads to natural fiber composites (organic) subject to renewable properties so as to reduce environmental disturbances. In this study, a composite of pineapple fibers with immersion variations and without immersion in NaCl solution was carried out. Tensile and bending tests are carried out to determine the mechanical characteristics of the Soaking treatment of NaCl. Based on the results of tensile testing by conducting Immersion NaCl raises the mechanical strength of the composite. At Immersion NaCl tensile strength reaches 35.02 MPa, while non-soaked ones have a tensile strength of 26.29 MPa. In bending testing specimens with immersion treatment using NaCl also which has the largest bending strength, namely 6,137,722.00 MPa while without immersion it has a value of 5,406,494.61 MPa.

**Keywords:** Fiber, pineapple, vacuum, tensile, bending

## Pendahuluan

Serat alam adalah salah satu jenis dari bahan baku untuk pembuatan benang ataupun kain yang memiliki asal dari hewan ataupun tumbuhan yang melalui proses geologis. Serat alam ini memiliki sifat yang cenderung mudah lapuk tetapi terdapat kelebihan yakni memiliki keunggulan didalam memberikan kenyamanan bagi manusia (Firmansyah, 2019). Bagi masyarakat Indonesia, nanas adalah tanaman yang dapat memberikan manfaat sebagai pemenuhan kebutuhan bagi manusia. Terlihat dari luasnya area perkebunan yang dimiliki oleh masyarakat yakni seluas 47% dari total 3,74 juta ha dimana melibatkan setidaknya lebih dari 3 (tiga) juta petani nanas (Tropenbos Indonesia, 2020). Pengambilan serat nanas dari daunnya (*fibre extraction*) dapat dilakukandengan tangan maupun dengan peralatan *decorticator*. Cara yang paling umum dan praktis adalah dengan *retting* dan *scrapping*. *Water retting* adalah proses yang dilakukan oleh mikroorganisme untuk memisahkan atau

<sup>1</sup>Email Address: [180102021@students.sttkd.ac.id](mailto:180102021@students.sttkd.ac.id)

Received 27 September 2022, Available Online 30 Desember 2022



<https://doi.org/10.56521/teknika.v8i2.650>

membuat busuk zat-zat perekat (*gummy substance*) yang berada disekitar serat nanas agar lebih mudah dalam pengambilan seratnya. *Degumming* atau ekstrasi serat merupakan proses pemisahan serat selulosa dari gum yang berupa bektin, hemiselulosa dan lignin. Zat tersebut harus dihilangkan agar serat memiliki daya pinal. *Degumming* merupakan proses awal dalam pengambilan serat yang menghasilkan serat menjadi semakin halus (Erningsih et al., 2008). Buah nanas yang dulu hanya digunakan sebagai bahan makanan atau selai, sekarang sudah merupakan bahan baku yang cukup penting. Oleh karenanya dewasa ini pengembangan teknologi komposit mengarah ke komposit serat alam (organik) dikenakan sifatnya yang *renewable* (terbarukan) sehingga mengurangi gangguan lingkungan hidup Selain itu hargayang ditawarkan lebih terjangkau harganya yang relatif murah, mampu meredam suara, mempunyai densitas rendah dan kemampuan mekanika tinggi yang dapat memenuhi kebutuhan industri. (Tarno 2006). Salah satu komposit yang baik dan bagus untuk kontruksi ringan adalah komposit penguat serat (*fibrous composite*). Komposit penguat serat (*Fibrous Composite*) inilah yang akan penulis jadikan obyek penelitian. Pada penelitian ini akan dibuat material komposit jenis penguat serat (*Fibrous Composite*) dengan menggunakan serat polipropilen (Kirby 1963). Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau bisa juga lebih dari dua bahan. Dimana setiap masing-masing bahan tersebut berbeda setiap satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (Bahan komposit) (Kusumastuti, 2009).

## **Tinjauan Pustaka**

### **Komposit**

Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri daridua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit) (R Jones,1975). Pada dasarnya material komposit adalah gabungan beberapa material membentuk sifat-sifat yang lebihunggul dari material aslinya. Material komposit paling sedikit terdiri dari bagian penguat yang berfungsi sebagai penahan beban yang biasanya berupa serat-serat penguat. Teknologi matrik dan penguat ini pada awalnya dikembangkan untuk memperbaiki sifat-sifat kayu yang telah terbukti mampu digunakan sebagai bahan konstruksi selama kurun waktu 30 tahun, misalkan untuk struktur kapal dan pesawat terbang (M Schawartz,1984). Konstruksi kayu yang selama ini dikenal, pada umumnya tidak tahan terhadap kelembaban udara dan faktor cuaca lain. Sehingga kondisi seperti ini perlu diperbaiki, salah satunya melalui proses pelapisan kayu dan resin buatan. Dalam perkembangan berikutnya resin ini di gunakan sebagai salah satu jenis matrik yang mampu disisipi oleh penguat, kemudian mengeras setelah proses penyisipan.

### **Serat Daun Nanas**

Serat daun nanas merupakan salah satu serat alam yang tergolong dari jenis serat selulosa atau tumbuh-tumbuhan. Serat daun nanas adalah salah satu jenis serat yang berasal dari tumbuhan (*vegetable fibre*) yang diperoleh dari daun-daun tanaman nanas yang diekstraksi, kemudian dibersihkan dan dijemur hingga kering. Adapun proses ekstrasi atau pembuatan serat daun nanas ini dapat dilakukan dengan dua metode yaitu secara manual dan menggunakan mesin dekortikator. Pembuatan secara manual diawali dengan proses perendaman untuk memisahkan zat perekat pada daun nanas, untuk kemudian dapat dikerok menggunakan pisau atau alat khusus.

### **Resin Lycal**

Resin lycal merupakan suatu campuran dari dua jenis komponen yakni komponen resin dan komponen pengerasnya. Resin lycal pada umumnya dikhususkan untuk kerajinan tangan untuk pelapisan yang sangat bening dan transparan, dan diaplikasikan dalam produk-produk seperti vinyl, kayu, porselen, alat-alat elektronik. Mempunyai sifat yaitu lebih kental dibandingkan resin lainnya, Untuk

penggunaannya 2:1 (resin:hardener).

### **Garam (NaCl)**

Penggunaan unsur Garam (NaCl) karena memiliki kegunaan dan manfaat bagi tanaman antara lain; membuat tanaman memiliki akar dan batang yang lebih kuat, dapat mencegah kerontokan bunga dan buah pada tanaman, membuat buah menjadi lebih manis dari biasanya, membantu untuk mengendalikan serangan hama, khususnya hama wereng yang sering menyerang tanaman padi.

### **Katalis atau Hardener**

Katalis adalah zat yang ditambahkan pada suatu reaksi untuk mempercepat reaksi tersebut atau zat yang ditambahkan supaya reaksi menjadi lebih cepat. Semakin banyak katalis yang dicampurkan pada resin akan membuat proses curing nya semakin cepat. Tapi apabila memberikannya tidak sesuai aturan atau berlebihan maka akan membuat materialnya getas ataupun resinnya bisa terbakar dengan mudah. Penambahan katalis yang baik adalah 1% dari volume resin. Jika terjadi reaksi akan timbul panas 600C-900C yang dihasilkan cukup untuk mereaksikan resin sehingga diperoleh kekuatan yang maksimal sesuai dengan bentuk cetakan yang diinginkan. Hardener adalah zat yang ditambahkan pada suatu zat lain supaya zat tersebut mengeras atau kuat.

### **Vacuum Bagging**

Fungsi dari *vacuum bagging* sendiri adalah mempercepat terjadinya kondensasi berubah menjadi air kembali melalui condenser. Dengan adanya *vacuum*, maka uap akan turun menyentuh bagian condenser sisi luar yang membuatnya dialiri oleh media pendingin sehingga terjadi heat transfer yang menyebabkan uap basah akan kembali terkondensasi menjadi air dan akan tertampung di sebuah ruangan yang berada pada hot wall. Melalui proses kondensasi itulah perlunya *vacuum pump* digunakan, sehingga tidak sedikit dari industri – industri besar yang memanfaatkan alat yang satu ini untuk mempercepat kondensasi, sehingga mempermudah proses produksi.

### **Matriks**

Matriks adalah bahan utama dari sebuah material komposit yang akan dinaikkan mechanical properties nya oleh bahan penguat (reinforcement). Matrik ini harus mampu mengikat bahan reinforcement dengan baik agar tidak terjadi fenomena fiber pull out, yaitu serat yang terlepas dari matrik. Sebenarnya tujuan membuat material komposit adalah untuk meningkatkan bahan matrik ini. Jadi, kuncinya bahan reinforcement harus memiliki kekuatan yang lebih baik dari pada matriks. Matriks adalah bahan utama dari sebuah material komposit yang akan dinaikkan mechanical properties nya oleh bahan penguat (reinforcement).

### **Uji Tarik**

Tujuan pengujian tarik yaitu untuk mengetahui material tersebut liat atau tidak dengan mengukur Panjang untuk mengetahui tegangan dan regangan dari papan partikel yang di buat. Dari hasil pengujian adalah grafik beban terhadap perpanjangan (elongasi). Jika benda elastis di tarik pada sebuah gayabenda akan bertambah Panjang hingga ukuran tertentu. Adapun besarnya tegangan yaitu perbandingan antara gaya tarik yang bekerja pada luas penampang benda. Tegangan di simbolkan dengan  $\sigma$  (sigma), satuannya  $Nm^2$ . Secara sederhana kekuatan tarik (tegangan) yang bekerja pada suatu material dirumuskan oleh persamaan:

$$\sigma_{\tau} = \frac{F_{maks}}{A_0} \quad (1)$$

Regangan di rumuskan dengan persamaan:

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \quad (2)$$

Modulus elastisitas benda dapat di rumuskan dengan persamaan:

$$E = \frac{\sigma_{\tau}}{\varepsilon} \quad (3)$$

### Uji Bending

Sifat komposit dapat dilihat dari kekuatan lentur, sehingga dapat diketahui kekuatan bending terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Kekuatan bending mengakibatkan bagian atas spesimen akan mengalami tekanan dan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Komposit akan mengalami patah pada bagian bawah yang disebabkan karena tidakmampulmenahan tegangan tarik yang diterima. Kekuatan bending dapat diketahui dengan mengacu ASTM D790. Berikut adalah rumus perhitungannya.

$$\sigma_L = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (4)$$

Persamaan regangan *bending* yaitu:

$$\varepsilon_L = \frac{6Dd}{L^2} \quad (5)$$

### Metode Penelitian

Pengumpulan data adalah tahap awal yang akan dilakukan sebelum melakukan penelitian, guna untuk mengetahui ilmu pengetahuan, hipotesis, dan mengolah data untuk dijadikan sebagai bahan penelitian.

Dalam prosedur penelitian yaitu mulai dengan menyiapkan alat dan bahan pembuatan vaccum bagging. Alat dan bahan yang diperlukan terdapat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Alat dan bahan penelitian**

Alat	Bahan
<i>Vacuum bagging</i>	Serat daun nanas
Timbangan digital	Resin lycal
Kuas	Plastik <i>bagging</i>
Tabung reservoir	<i>Peel ply</i>
Selang infusion	<i>Double tape</i>
	<i>Mirror glaze wax</i>
	Garam

Pembuatan komposit serat daun nanas meliputi: mencuci serat, merendam serat dengan garam sebanyak satu sendok makan dengan air 1 liter selama 30 menit, mengeringkan serat, pemotongan serat, dan penimbangan serat. Pembuatan komposit menggunakan metode *vacuum bagging* dengan bahan penguat serat daun nanas dan resin lycal.

Pengujian spesimen menggunakan uji tarik dengan standar ASTM D3039 dan uji bending dengan standara ASTM D790. Dari hasil penelitian dapat diketahui nilai rata-rata (data) dari hasil pengujian, kelebihan dan kekurangan spesimen.

### Hasil dan Pembahasan

#### Uji Tarik

Tabel 2 merupakan hasil uji tarik serat daun nanas dengan 4 spesimen. Untuk *yield* tertinggi dicapai pada 29.53 Mpa pada spesimen ke 4 dan *yield* terendah didapat 17.17 Mpa pada spesimen ke 1. Untuk *tensile* tertinggi dicapai pada 35.02 Mpa pada spesimen ke 1 dan *tensile* terendah didapat 26.88

Mpa pada spesimen ke 3.

**Tabel 2. Hasil uji tarik perendaman NaCl**

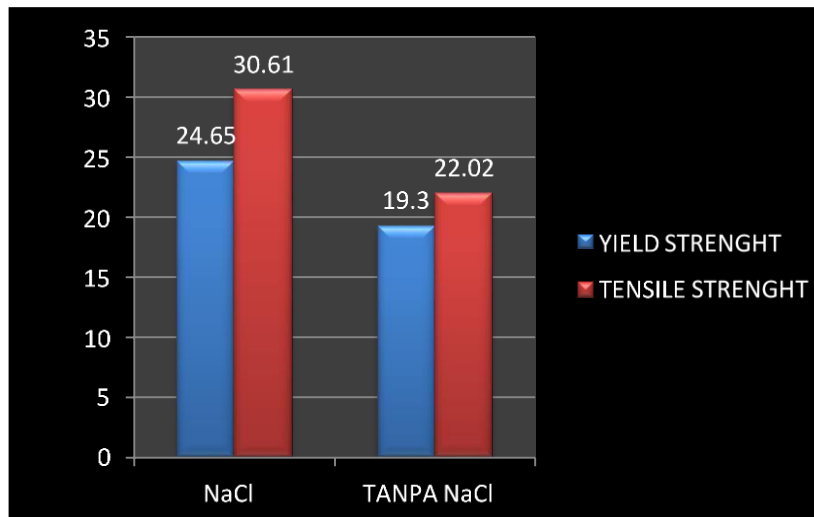
Specimens	Area (mm <sup>2</sup> )	Max.Force (Kgf)	Break Force (kgf)	Yield Strength (Mpa)	Tensile Strength (Mpa)	Elongation (%)
1	20,51	1784,83	1548,61	17,17	35,02	1,80%
2	18,33	1546,35	1546,35	25,02	28,94	1,58%
NaCl 3	18,36	1108,92	1064,39	26,88	26,88	1,10%
4	18,10	1827,11	1762,27	29,53	31,69	1,29%

Pada Tabel 3 merupakan hasil uji tarik serat daun nanas dengan variasi tanpa perendaman NaCl dengan 4 spesimen. Untuk *yield* tertinggi dicapai pada 22.37 Mpa pada spesimen ke 2 dan *yield* terendah didapat 16.48 Mpa pada spesimen ke 4. Untuk *tensile* tertinggi dicapai pada 26.29 Mpa pada spesimen ke 1 dan *tensile* terendah didapat 19.52 Mpa.

**Tabel 3. Hasil uji tarik tanpa perendaman NaCl**

Specimens	Area (mm <sup>2</sup> )	Max.Force (Kgf)	Break Force (kgf)	Yield Strength (Mpa)	Tensile Strength (Mpa)	Elongation (%)
1	16,39	727,902	727,902	18,44	26,29	0,35%
Tanpa NaCl 2	16,16	211,7	123,90	22,37	22,37	0,47%
3	14,55	763,61	615,774	19,91	19,91	0,66%
4	15,42	609,103	566,037	16,48	19,52	0,43%

Pada Gambar 1. merupakan hasil rata-rata uji tarik komposit serat daun nanas dengan variasi perendaman NaCl dan tanpa perendaman NaCl dapat disimpulkan bahwa *yield strength* paling tinggi yaitu variasi perendaman NaCl dengan nilai 24.65 Mpa. Sedangkan nilai *yield strength* dengan variasi tanpa NaCl dengan nilai 19.3 Mpa. Dan untuk nilai *tensile strength* tertinggi didapat dengan variasi perendaman NaCl dengan nilai 30.61 Mpa, sedangkan nilai hasil *tensile strength* variasi tanpa NaCl memperoleh nilai 22.02 Mpa. Dikarenakan pengaruh perendaman tanpa NaCl maupun dengan NaCl dapat mempengaruhi penyerapan padasaat perendaman dan pada saat pengujian.



**Gambar 1. Perbandingan hasil uji tarik antar variasi**

**Uji Bending**

Pada Tabel 4 merupakan hasil uji bending serat daun nanas dengan variasi perendaman NaCl dengan 4 spesimen. Untuk tegangan bending tertinggi dicapai pada 6,137,722.00 MPa pada spesimen ke 3 dan tegangan bending terendah didapat 5,772,395.06 Mpa pada spesimen 1, Untuk pengujian bendingnya di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dengan kapasitas maksimum 150kg.

**Tabel 4. Hasil uji *bending* perendaman NaCl**

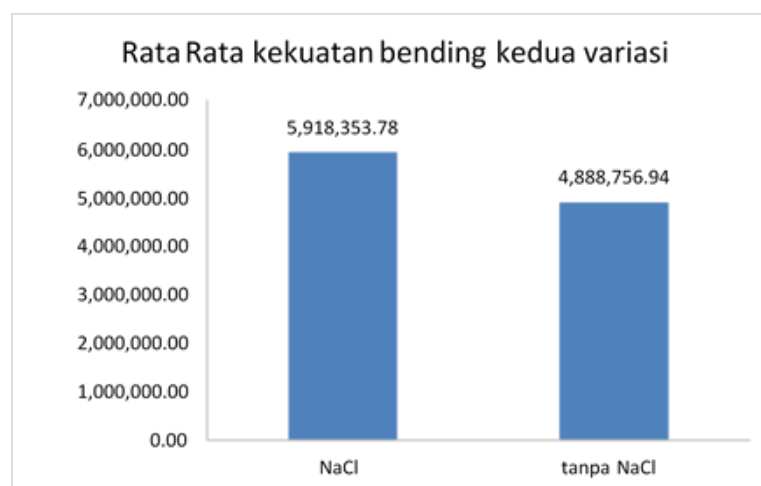
No	Panjang(mm)	Lebar(mm)	Tebal(mm)	MaximumStress (Mpa)	KekuatanBending
1	96	12.7	5.6	100,65	5.772.395,06
2	96	12.7	5.6	103,78	5.951.904,22
3	96	12.7	5.6	107,02	6.137.722,00
4	96	12.7	5.6	101,33	5.811.393,85

Pada Tabel 5 merupakan hasil uji bending serat NaCl dengan 4 spesimen. Untuk tegangan bending tertinggi dicapai pada 5,406,494.61 MPa pada spesimen ke 4 dan tegangan bending terendah didapat 4,680,428.82 Mpa pada spesimen ke 2 dan 3.

**Tabel 5. Hasil uji *bending* tanpa perendaman NaCl**

No	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Maximum Stress (Mpa)	Kekuatan Bending
1	96	12.7	5.6	83.48	4,787,675.50
2	96	12.7	5.6	81.61	4,680,428.82
3	96	12.7	5.6	81.61	4,680,428.82
4	96	12.7	5.6	94.27	5,406,494.61

Dari Gambar 2 disimpulkan rata-rata kekuatan *bending* komposit serat daun nanas dengan variasi perendaman NaCl dengan nilai lebih tinggi 5,918,353.78 dibandingkan tanpa perendaman NaOH, sedangkan rata-rata dengan variasi tanpa NaCl dengan nilai 4,888,756.94 lebih menurun dikarenakan sifat mekanik perendaman NaCl dan tanpa NaCl terjadi peningkatan dan penurunan. Hal ini menggambarkan bahwa lingkungan air dapat menyebabkan menurunnya sifat mekanik akibat terdifusinya NaCl maupun tanpa NaCl ke dalam komposit.

**Gambar 2. Perbandingan uji *bending* antar spesimen**

### Kesimpulan

Hasil dari pengujian tarik pada seluruh spesimen yaitu variasi serat NaCl mendapatkan *yield* tertinggi dicapai pada 29.53 Mpa pada dan *yield* terendah didapat 17.17 Mpa. Untuk *tensile* tertinggi dicapai pada 35.02 Mpa. *Tensile* terendah didapat 26.88 Mpa. Sedangkan varian tanpa NaCl Untuk *yield* tertinggi dicapai pada 23.37 Mpa dan *yield* terendah didapat 16.48 Mpa. Untuk *tensile* tertinggi dicapai pada 26.29 Mpa dan *tensile* terendah didapat 19.52 Mpa. Dan untuk nilai rata-rata dari kedua spesimen di dapat nilai *yeild* 24.25 Mpa dan *tensile* 30.61 Mpa pada spesimen NaCl. Dan didapat nilai *yield* 19.3 Mpa dan *tensile* 22.02 Mpa pada spesimen tanpa NaCl.

Hasil uji *bending* pada keseluruhan variasi komposit yaitu variasi serat NaCl mendapatkan nilai uji

kekuatan bending tertinggi dicapai pada 6,137,722.00 MPa dan kekuatan *bending* terendah didapat 5,772,395.06 Mpa. Sedangkan Untuk kekuatan tanpa NaCl tertinggi dicapai pada 5,406.494.61 MPa dan kekuatan *bending* terendah didapat 4,680,428.82 Mpa.

#### Daftar Notasi

$A_o$	= Luas permukaan ( $m^2$ )	$L$	= Panjang Span Support span(mm)
$D$	= Defleksi	$p$	= Beban Load(N)
$D$	= Tebal / Depth (mm)	$\varepsilon$	=Regangan
$E$	= Modulus elastisitas tarik (Pa)	$\sigma$	=Tegangan (Pa)
$F_{maks}$	= Beban yang di berikan (N)	$\sigma_L$	= Tegangan Bending I(Mpa)
$l_0$	= Panjang awal benda	$\varepsilon$	= Regangan
$l_1$	= Panjang akhir benda	$\varepsilon_L$	= Regangan Bending
$L$	= Panjang Span / Supportspan (mm)	$\sigma_\tau$	= Tegangan tarik ( $N/m^2$ )

#### Daftar Pustaka

- Kaw A. K. (1997). *Dalam Mechanics of Composite Materials*, New York, Anonim, (2004). "Annual Book ASTM Standard", USA.
- Biro Klasifikasi Indonesia, (1996). "Rules and Regulation for The Classification and Construction of Ships", Jakarta
- Fiberglass WR 200. (2019). "Universitas Santa Dharma, Yogyakarta.
- J. E. Matheos, "Analisis Jumlah Lapisan Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat
- M. Schwartz. (2013). *Composite Materials Handbook*, New York: Mc. Graw Hill, 1984
- Nayiroh, Nurun.. *Teknologi Material Komposit*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim: Malang.
- O. J.K. dan O. A.T. (2016). "Mechanical properties of pineapple leaf fiber reinforced polymer composites for application as a prosthetic socket," *Journal of Engineering and Technology*, vol. Vol. 7 No. 1.
- Surdia, T.; Saito, S., (1999). *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan ke4, PT. PradnyaParamita, Jakarta.
- Aryana, P. S., & Banowati, L. (2020). *Pengaruh Fraksi Volume Serat Daun Nanas Dan Matriks Epoxy Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Menggunakan Metode Hand Lay Up*. Doctoral dissertation, Fakultas Teknik Unpas.
- Kristanto, (2007). *Analisa Teknis dan Ekonomis Penggunaan Serat Ijuk Sebagai Alternatif Bahan Komposit Pembuatan Kulit Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Tarik*. Tugas Akhir Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik: Universitas Diponegoro
- K. Van Rijswijk, W.D Brouwer and A. Beukers, 2001. Application of Natural Fibre Composites In The Development of Rural Societies. Structures and Materials Laboratory, Faculty of Aerospace Engineering, Delft University of Technology
- Mulyatno, Imam, P., Sarjito, Jokosisworo. Analisa Teknis Penggunaan Serat Kulit Rotan Sebagai Penguat Pada Komposit Polimer Dengan Matriks Polyester Yukalac 157 Ditinjau Dari Kekuatan Tarik dan Kekuatan Tekuk, *Jurnal Teknik Perkapalan*, Fakultas Teknik: Universitas Diponegoro
- Widiartha, I G., Nasmi Herlina Sari dan Sujita, 2012. Study Kekuatan Bending Dan Struktur Mikro Komposit Polyethylene Yang Diperkuat Oleh Hybrid Serat Sisal Dan Karung Goni. *Jurnal Penelitian*, Fakultas Teknik: Universitas Mataram.
- Wijoyo, Catur Purnomo dan Achmad Nurhidayat, 2011. *Optimasi Kekuatan Tarik Serat Nanas (Ananas Comous L. Merr) Sebagai Alternatif Bahan Komposit Serat Alam*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim
- Yudo, Hartono dan Kiryanto, Analisa Teknis Rekayasa Serat Eceng Gondok Sebagai Bahan Pembuatan Komposit Ditinjau Dari Kekuatan Tarik, *Jurnal Teknik Perkapalan*, Fakultas Teknik: Universitas Diponegoro
- 
-