

TENSILE STRENGTH ANALYSIS OF SEA PANDAN LEAVES (PANDANUS TECTORIUS) FIBER REINFORCED EPOXY COMPOSITE

Dwi Hartini¹, Lazuardy Rahendra Pinandita², Pramuda Naufal

Mubarak³

Teknik Dirgantara, Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto
mdwihartini@gmail.com¹

Abstract

*The use of sea pandan leaves (*pandanus tectorius*) as a composite material is intended to reduce the use of synthetic fibers and increase the use of sea pandan leaves which are still wasted. This study aims to determine the tensile strength of the fiber composite of sea pandan leaves based on the manufacturing method and the direction of the fiber used. Composite manufacture using Hand Lay Up and Vacuum Bag methods. The direction of the fiber used is 0° and 90°. Tensile test is based on ASTM D3039. The results showed that the composites made using the Vacuum Bag method had a higher tensile strength than the composites made using the Hand Lay Up method, which was 16.54 MPa for the 0° fiber direction and 13.60 MPa for the 90° fiber direction. The tensile strength of the composite using the 0° fiber direction is higher than the composite using the 90° fiber direction, which is 6.48 MPa for the Hand Lay Up method and 16.54 MPa for the Vacuum Bag method.*

Keywords: Composite, Sea Pandan Leaves, Tensile Strength

1. Pendahuluan

Material komposit sudah sangat berkembang sangat pesat di dunia rekayasa dewasa ini. Salah satu keunggulan dari komposit adalah memiliki perbandingan kekuatan dengan berat yang lebih baik daripada logam^[1,2]. Pada umumnya ada banyak serat yang digunakan sebagai penguat pada material komposit, yaitu serat sintetis yang dibuat melalui proses kimia seperti serat kaca dan serat karbon. Namun ada juga serat yang berasal dari serat alami. Penggunaan serat alami memiliki keunggulan dibandingkan serat sintetis yaitu bersifat *renewable*, bisa didaur ulang (*recyclable*), aman bagi lingkungan dan kesehatan, memiliki sifat mekanis lebih baik, tidak menyebabkan abrasi pada alat, harganya lebih murah, dan densitas yang lebih rendah^[3].

Salah satu serat alami yang biasa digunakan dan mudah didapatkan adalah serat daun pandan laut (*pandanus tectorius*). Pandan laut berasal dari Australia Timur dan kepulauan Pasifik, sehingga banyak tumbuh di pantai daerah tropika. Di Indonesia tumbuhan monokotil ini dapat ditemui di pantai selatan Pulau Jawa, pantai barat daya Sumatera dan pantai Sulawesi. Daun pandan laut memiliki kandungan selulosa yang tinggi yaitu berkisar antara 83-88% dan kandungan lignin berkisar antara 18-22%^[4]. Selulosa mempunyai fungsi untuk memberikan kekuatan tarik pada suatu sel, sehingga semakin tinggi kadar selulosa maka kelenturan juga semakin tinggi^[5]. Pemanfaatan daun pandan laut sebagai material komposit dimaksudkan untuk mengurangi pemakaian serat sintetis dan meningkatkan pemanfaatan daun pandan yang masih banyak terbuang.

Beberapa penelitian mengenai serat daun pandan laut sudah dilakukan. Pada pengujian *bending* komposit *sandwich* dengan *core* polyurethane, serat daun pandan laut dan matrik *polyester* pada *skins*nya, nilai kekuatan *bending* tertinggi terdapat pada fraksi volume serat 25% yaitu sebesar 8,54 MPa dan nilai terendah pada fraksi volume serat 10% yaitu sebesar 6,87 MPa. Berdasarkan perhitungan *statistic one ways analysis of varians* (Anova)

menunjukkan bahwa variasi fraksi volume serat pada *skins* berpengaruh signifikan terhadap kekuatan *bending* komposit *sandwich* dengan *core polyurethane* yang bermatrik *polyester* [6].

Komposit dengan komposisi 30% *filler* daun pandan laut : 70% matriks memiliki karakteristik terbaik untuk dilakukan pengembangan lebih lanjut dibandingkan dengan komposisi lain (40% *filler* daun pandan laut : 60 % matriks dan 50% *filler* daun pandan laut : 50% matriks), karena memiliki nilai kadar air, densitas, porositas, dan daya serap air yang sesuai dengan standar yang berlaku^[7].

Pada penelitian pengaruh *woven angle* dan proses penekanan terhadap orientasi serat dan kekuatan tarik pada *laminated composite* dengan serat pandan laut, dengan penambahan tekanan sebesar 60 N/mm² dengan lama penekanan 30 s memiliki kekuatan tarik tertinggi baik pada *woven angle* 0⁰/90⁰ dan 45⁰/-45⁰. Akan tetapi, nilai kekuatan tarik pada *woven angle* 0⁰/90⁰ lebih besar daripada *woven angle* 45⁰/-45⁰. Semakin tinggi tekanan yang diberikan, maka persentase berat perekat pada spesimen semakin berkurang. Fenomena ini akan menyebabkan munculnya delaminasi pada komposit^[8].

Dari pembahasan di atas maka penelitian ini mengacu pada pembuatan komposit berpenguat serat alam daun pandan laut bermatrik *epoxy* yang diperuntukkan untuk mendapatkan data pengaruh metode pembuatan komposit dan penggunaan arah serat terhadap kekuatan tariknya.

2. Metode Penelitian

Metode Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen. Pembuatan komposit dengan metode *Hand Lay Up* dan *Vacuum Bag*. Komposit disusun dari serat daun pandan laut sebagai penguat dan *epoxy* sebagai matriksnya (pengikat). Arah serat yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0⁰ dan 90⁰. Pengujian tarik berdasarkan ASTM D3039.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Universal Testing Machine* (UTM) uji tarik, gerinda, timbangan digital, *vacuum* kompresi, *scraper*, penggaris, gunting, pisau, sumpit kayu, gelas plastik, pentil udara, dan cetakan komposit. Sedangkan bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah serat daun pandan laut, resin *epoxy*, *hardener*, larutan NaOH 6%, amplas, plastisin, *molding wax*, *double tip*, dan plastik *vacuum*.

3. Hasil dan Analisis

a. Perhitungan yang Berkaitan dengan Proses Pembuatan Komposit

Berikut beberapa perhitungan yang berkaitan dengan proses pembuatan komposit:

1. Berdasarkan ukuran cetakan yaitu 250 mm x 200 mm x 5 mm, didapatkan massa serat daun pandan laut (*pandanus tectorius*) yaitu 12 gram.
2. Menentukan volume komposit yang dimensinya disesuaikan dengan cetakan yang dibuat. **Volume Cetakan** = $p \times l \times t = 25 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 250 \text{ cm}^3$
3. Menentukan volume serat daun pandan laut (*pandanus tectorius*) pada komposit

$$= \frac{\text{massa serat daun pandan laut}}{\text{massa jenis serat pandan laut}} = \frac{12 \text{ gram}}{0,96 \text{ gram/cm}^3[9]} = 12,5 \text{ cm}^3$$
4. Menentukan fraksi volume serat daun pandan laut (*pandanus tectorius*) pada komposit

$$= \frac{\text{volume serat}}{\text{volume komposit}} \times 100\% = \frac{12,5 \text{ cm}^3}{250 \text{ cm}^3} \times 100\% = 5\%$$
5. Menentukan fraksi massa serat daun pandan laut (*pandanus tectorius*) pada komposit.

$$= \frac{\text{massa serat}}{\text{massa komposit}} \times 100\% = \frac{12 \text{ gram}}{277 \text{ gram}} \times 100\% = 4,332 \%$$
6. Menentukan volume matrik pada komposit

$$= \text{Volume komposit} - \text{Volume serat} = 250 \text{ cm}^3 - 12,5 \text{ cm}^3 = 237,5 \text{ cm}^3$$

7. Menentukan fraksi volume matrik pada komposit

$$= \frac{\text{volume matrik}}{\text{volume komposit}} \times 100\% = \frac{237,5 \text{ cm}^3}{250 \text{ cm}^3} \times 100\% = 95 \%$$

8. Menentukan kebutuhan resin *epoxy* dan resin *hardener* pada *matrik* yang digunakan dengan perbandingan resin *epoxy* dan resin *hardener* adalah 2:1

$$\text{Volume Epoxy} = \frac{2}{3} \times 237,5 \text{ cm}^3 = 158 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Epoxy} &= \text{Volume Epoxy} \times \text{Massa jenis Epoxy} \\ &= 158,3 \text{ cm}^3 \times 1,2 \text{ gram/cm}^3 = 189,96 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Volume hardener} = \frac{1}{3} \times 237,5 \text{ cm}^3 = 79,16 \text{ cm}^3$$

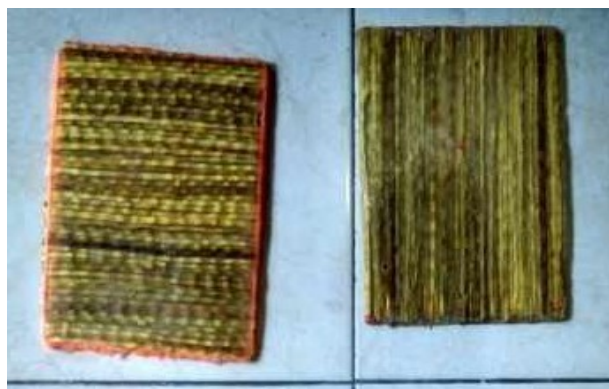
$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan hardener} &= \text{Volume hardener} \times \text{Massa jenis hardener} \\ &= 79,16 \text{ cm}^3 \times 0,97 \text{ gram/cm}^3 = 76,78 \text{ gram} \end{aligned}$$

b. Proses Pembuatan Komposit

1) Metode *Hand Lay Up*

Berikut langkah pembuatan spesimen komposit dengan metode *Hand Lay Up*:

1. Mempersiapkan alat dan bahan pembuatan komposit.
2. Menghitung volume cetakan, komposisi fraksi volume serat daun pandan laut (*pandanus tectorius*), dan volume *matrik* komposit.
3. Serat dipotong sesuai dengan ukuran panjang cetakan yaitu 250 mm, lalu rendam serat daun pandan laut (*pandanus tectorius*) dengan larutan Alkali (NaOH 6%) selama 1 jam dan dikeringkan secara alami.
4. Cetakan diolesi *release wax* dan plastisin pada tepi cetakan untuk memudahkan pengangkatan komposit dari cetakan setelah proses pengeringan.
5. Resin *epoxy* dituangkan setengah yang sudah tercampur dengan resin *hardener* ke dalam cetakan yang sudah diolesi *release wax* dan meratakan dengan *scrup*.
6. Serat yang telah dipotong-potong disusun ke atas (setengah dari adukan) sesuai arah orientasi serat yang digunakan yaitu 0^0 dan 90^0 (gambar 1).



Gambar 1. Arah Serat 0^0 dan 90^0 Komposit Serat Daun Pandan Laut

7. Campuran yang tersisa dituangkan lagi ke atas serat yang telah disusun sehingga menutupi permukaan serat dan tepian cetakan diberi *double tip* agar tetap rapi.
8. Setelah merata cetakan ditutup menggunakan kaca dan proses pengepresan dilakukan dengan menggunakan alat pengepres sederhana.

9. Proses pengeringan dilakukan pada suhu ruangan hingga komposit benar-benar keras dan tidak lembek lagi, \pm dalam jangka waktu 6-12 jam sesuai dengan suhu ruangan.
10. Proses pengambilan komposit dari cetakan yaitu menggunakan pisau.
11. Komposit dipotong sesuai dengan dimensi spesimen 200 mm x 15 mm x 5 mm ^[11].

2) Metode *Vacuum Bag*

Proses pembuatan spesimen komposit menggunakan metode *Vacuum Bag* mirip seperti proses metode *Han Lay Up*, perbedaannya pada saat proses pengepresan menggunakan bantuan alat *vacuum* dengan lama pengepresan selama \pm 8 jam. Untuk spesimen hasil pemotongan dapat dilihat pada gambar 2. Spesimen ini siap untuk diuji tarik berdasarkan ASTM D3039.



Gambar 2. Spesimen Hasil Pemotongan

c. Hasil Uji Tarik

1) Metode *Hand Lay Up*

Dimensi spesimen dan sifat mekanik pengujian tarik menggunakan metode *Han Lay Up* arah serat 0° dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2. Sedangkan dimensi spesimen dan sifat mekanik pengujian tarik menggunakan metode *Han Lay Up* arah serat 90° dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4. Spesimen yang dibuat dengan metode *Hand lay Up* diberi kode spesimen A.

Dari hasil perhitungan kekuatan tarik pada komposit serat daun pandan laut menggunakan metode *Han Lay Up* arah serat 0° , didapatkan nilai rata-rata kekuatannya 6,48 MPa dengan nilai standar deviasi 0,92 (tabel 2).

Dari hasil perhitungan kekuatan tarik pada komposit serat daun pandan laut menggunakan metode *Han Lay Up* arah serat 90° , didapatkan nilai rata-rata kekuatannya 6,22 MPa dengan nilai standar deviasi 2,36 (tabel 4).

Tabel 1. Dimensi Spesimen Pengujian Tarik Menggunakan Metode *Han Lay Up* Arah Serat 0°

Kode Spesimen	Lo (mm)	l (mm)	t (mm)	A (mm ²)	L (mm)
A1 0°	200	13,09	2,1	27,49	200,82
A2 0°	200	13,06	2,38	31,08	200,65
A3 0°	200	12,66	4,2	53,17	201,09
A4 0°	200	14,9	2,18	32,48	200,84
A5 0°	200	12,02	2,19	26,32	200,84

Tabel 2. Sifat Mekanik Pengujian Tarik Menggunakan Metode *Han Lay Up* Arah Serat 0°

Kode Spesimen	P (Beban Maks) (N)	ϵ (Regangan <i>Tensile</i>) (%)	σ (Kekuatan Tarik Maks) (MPa)
A1 0°	201,59	0,41	7,33
A2 0°	216,4	0,32	6,96
A3 0°	351,42	0,54	6,61
A4 0°	215,28	0,42	6,63
A5 0°	129,31	0,42	4,91
Nilai Rata-Rata	222,8	0,42	6,48
Standard Deviasi	80,35	0,078	0,92
Coefisien Variasi (%)	36,06	18,53	14,32

Tabel 3. Dimensi Spesimen Pengujian Tarik Menggunakan Metode *Han Lay Up* Arah Serat 90°

Kode Spesimen	Lo (mm)	l (mm)	t (mm)	A (mm ²)	L (mm)
A1 90°	200	14,62	3,75	54,83	202,64
A2 90°	200	15,2	3,61	54,87	203,27
A3 90°	200	13,32	3,42	45,55	202,15
A4 90°	200	13,27	4	53,08	202,30
A5 90°	200	12,94	3,85	49,82	201,35

Tabel 4. Sifat Mekanik Pengujian Tarik Menggunakan Metode *Han Lay Up* Arah Serat 90°

Kode Spesimen	P (Beban Maks) (N)	ϵ (Regangan <i>Tensile</i>) (%)	σ (Kekuatan Tarik Maks) (MPa)
A1 90°	306,84	1,32	5,6
A2 90°	546,47	1,63	9,96
A3 90°	300,78	1,07	6,6
A4 90°	288,67	1,15	5,44
A5 90°	175,52	0,67	3,52
Nilai Rata-Rata	323,65	1,16	6,22
Standard Deviasi	135,66	0,35	2,36
Coefisien Variasi (%)	41,91	30,10	38,03

2) Metode *Vacuum Bag*

Dimensi spesimen dan sifat mekanik pengujian tarik menggunakan metode *Vacuum Bag* arah serat 0° dapat dilihat pada tabel 5 dan tabel 6. Sedangkan dimensi spesimen dan sifat mekanik pengujian tarik menggunakan metode *Vacuum Bag* arah serat 90° dapat dilihat pada tabel 7 dan tabel 8. Spesimen yang dibuat dengan metode *Vacuum Bag* diberi kode spesimen B.

Dari hasil perhitungan kekuatan tarik pada komposit serat daun pandan laut menggunakan metode *Vacuum Bag* arah serat 0°, didapatkan nilai rata-rata kekuatannya

16,54 MPa dengan nilai standar deviasi 3,5 (tabel 6).

Dari hasil perhitungan kekuatan tarik pada komposit serat daun pandan laut menggunakan metode *Vacuum Bag* arah serat 90⁰, didapatkan nilai rata-rata kekuatan tariknya 13,60 MPa dengan nilai standar deviasi 3,25 (tabel 8).

Tabel 5. Dimensi Spesimen Pengujian Tarik Menggunakan Metode *Vacuum Bag* Arah Serat 0⁰

Kode Spesimen	Lo (mm)	l (mm)	t (mm)	A (mm ²)	L (mm)
B1 0°	200	13,94	4,59	63,98	203,33
B2 0°	200	15,05	4,8	72,24	202,09
B3 0°	200	12,66	4,2	53,17	204,26
B4 0°	200	13,64	4,82	65,74	202,91
B5 0°	200	14,4	5,17	74,45	202,85

Tabel 6. Sifat Mekanik Pengujian Tarik Menggunakan Metode *Vacuum Bag* Arah Serat 0⁰

Kode Spesimen	P (Beban Maks) (N)	ε (Regangan <i>Tensile</i>) (%)	σ (Kekuatan Tarik Maks) (MPa)
B1 0°	1214,64	1,66	18,98
B2 0°	1034,86	1,04	14,33
B3 0°	1053,08	2,13	19,81
B4 0°	758,24	1,45	11,53
B5 0°	1346,03	1,42	18,08
Nilai Rata-Rata	1081,37	1,54	16,54
Standard Deviasi	220,89	0,39	3,5
Coefisien Variasi (%)	20,42	25,87	21,15

Tabel 7. Dimensi Spesimen Pengujian Tarik Menggunakan Metode *Vacuum Bag* Arah Serat 90⁰

Kode Spesimen	Lo (mm)	l (mm)	t (mm)	A (mm ²)	L (mm)
B1 90°	200	13,33	5,17	68,92	201,69
B2 90°	200	14,8	6,4	94,72	203,25
B3 90°	200	13,44	5,34	71,77	203,16
B4 90°	200	13,07	6,45	84,3	202,59
B5 90°	200	14,84	6,44	95,57	201,71

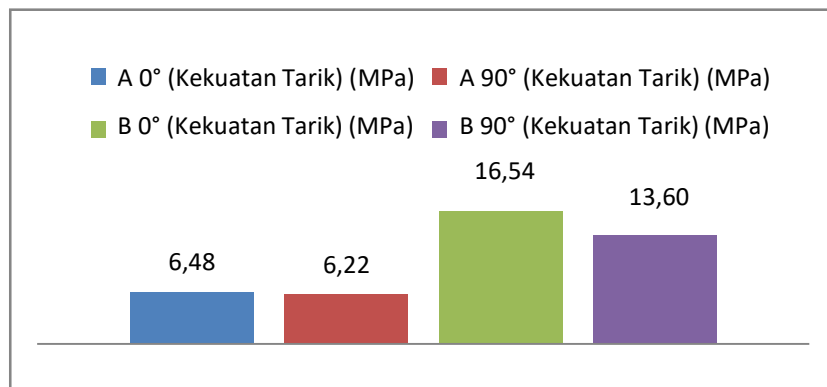
Tabel 8. Sifat Mekanik Pengujian Tarik Menggunakan Metode *Vacuum Bag* Arah Serat 90⁰

Kode Spesimen	P (Beban Maks) (N)	ε (Regangan <i>Tensile</i>) (%)	σ (Kekuatan Tarik Maks) (MPa)
B1 90°	681,42	0,84	9,89
B2 90°	1454,44	1,62	15,36
B3 90°	1224,3	1,58	17,06
B4 90°	1293,26	1,29	15,34

B5 90°	990,61	0,85	10,37
Nilai Rata-Rata	1128,81	1,23	13,60
Standard Deviasi	300,60	0,37	3,25
Coefisien Variasi (%)	26,63	30,66	23,90

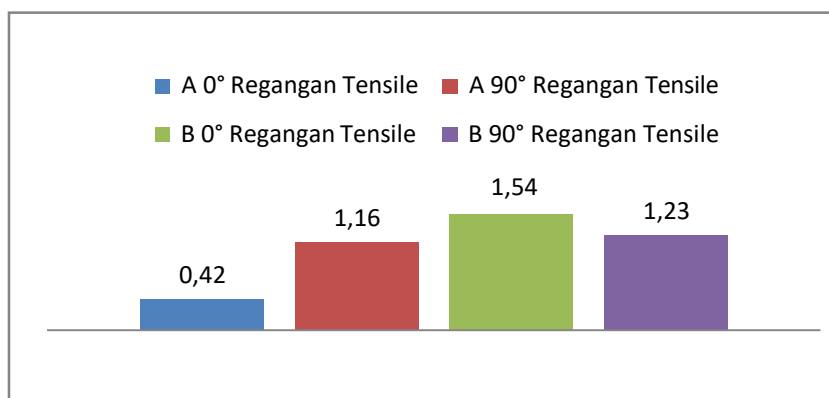
d. Analisis Kekuatan Tarik

Berdasarkan data hasil pengujian dapat diketahui nilai rata-rata kekuatan tarik maksimum pada komposit serat daun pandan laut dengan metode pembuatan *Vacuum Bag* dengan arah serat 0° mempunyai nilai rata-rata kekuatan tarik maksimum yang paling tinggi yaitu sebesar 16,54 MPa. Sedangkan komposit serat daun pandan laut dengan metode pembuatan *Hand Lay Up* dengan arah serat 90° memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik maksimum yang paling rendah yaitu sebesar 6,22 MPa (gambar 3).



Gambar 3. Nilai Rata-rata Kekuatan Tarik Komposit Serat Daun Pandan Laut

Berdasarkan data hasil pengujian dapat diketahui nilai rata-rata regangan *tensile* pada komposit serat daun pandan laut dengan metode pembuatan *Vacuum Bag* dengan arah serat 0° mempunyai nilai rata-rata regangan *tensile* yang paling tinggi yaitu sebesar 1,54 %. Sedangkan komposit serat daun pandan laut dengan metode pembuatan *Hand Lay Up* dengan arah serat 0° memiliki nilai rata-rata regangan *tensile* yang paling rendah yaitu sebesar 0,42 % (gambar 4).



Gambar 4. Nilai Rata-rata Regangan Tarik (%) Komposit Serat Daun Pandan Laut

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan komposit yang dibuat dengan metode *Vacuum Bag* memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi dibanding dengan komposit yang dibuat dengan metode *Hand Lay Up* yaitu sebesar 16,54 MPa untuk arah serat 0° dan 13,60 MPa untuk arah

serat 90^0 . Kekuatan tarik komposit yang menggunakan arah serat 0^0 lebih tinggi dibanding dengan komposit yang menggunakan arah serat 90^0 yaitu sebesar 6,48 MPa untuk metode *Hand Lay Up* dan 16,54 MPa untuk metode *Vacuum Bag*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ronald F. Gibson. 1994. *Principle of Composite Materials Mechanics*. Departement of Metallurgical Engineering, Utah.
- [2] Hilmi Iman Firmansyah, Anindito Purnowidodo, Sofyan Arief Setyabudi. 2018. *Pengaruh Mechanical Bonding pada Aluminium dengan Serat Karbon terhadap Kekuatan Tarik Fiber Metal Laminates*. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.9, No.2, pp. 127-134.
- [3] Zulkifli, Hermansyah, H. dan Mulyanto, S., 2018. *Analisa Kekuatan Tarik dan Bentuk Patahan Komposit Serat Sabuk Kelapa Bermatriks Epoxy terhadap Variasi Fraksi Volume Serat*. Jurnal Teknologi Terpadu, 6(2): 90-95.
- [4] Dalimunthe, Khairatullaila. 2019. *Uji Sifat Fisik Tali pada Berbagai Jenis Serat Daun Pandan (Pandanaceae)*. Sumatera Utara. Universitas Sumatera Utara.
- [5] Gusmailina, 2010. *Peningkatan Teknik Pengolahan Pandan (Bagian 1): Pewarnaan dan Pengeringan*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 28(1): 66-76.
- [6] Sugangga, I.K.A., Sinarep, I.D.K Okariawan. *Analisa Pengaruh Fraksi Volume Serat Daun Pandan Laut pada Skins dengan Matrik Polyester terhadap Kekuatan Bending dan Kekuatan Tekan Tepi Komposit Sandwich dengan Core Polyurethane*. Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik Mesin.
- [7] Nuryati, R.Rizki Amalia, Nina Hairiyah. 2020. *Pembuatan Komposit dari Limbah Plastik Polyethylene Terephthalate (Pet) Berbasis Serat Alam Daun Pandan Laut (Pandanus Tectorius)*. Jurnal Agro Industri. Vol. 10, No. 2, pp. 107-117.
- [8] Khairul Anam, Anindito Purnowidodo, Sofyan Arief Setyabudi. 2018. *Pengaruh Woven Angle dan Proses Penekanan Terhadap Tegangan Tarik pada Natural Fiber Laminate Composite*. Jurnal Rekayasa Mesin. Vol.9, No.3, pp. 155-162.
- [9] Wibowo, Lukas Felix. 2019. *Pengaruh Fraksi Volume Serat Daun Pandan Laut Terhadap Kekuatan Tarik dan Morfologi Komposit Polipropilena*. Yogyakarta. Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto.
- [10] Wibowo, Brillian Indra. 2019. *Analisis Proses Penggabungan Komposit Menggunakan Adhesive Bonding Beserta Kekuatannya Terhadap Uji Tarik*. Yogyakarta. Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto.
- [11] ASTM D3039. *Standard Test Method For Tensile Properties Of Polymer Matrix Composite Materials*. Philadelphia, PA : American Society for Testing and Materials.