

BENDING STRENGTH OF HYBRID COMPOSITE OF GLASS AND NATURAL FIBER PHINEAGE LEAVES

Muhammad Fachnoor Latuconsina¹, Istyawan Priyahapsara²

Teknik Dirgantara, Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto
fachnoorlatuconsina@gmail.com¹, istyawanpriyahapsara@gmail.com²

Abstract

The development of composite fibers has developed very much, and to reduce the environmental impact, composite fibers use natural fiber alternatives. The development of composite fibers has developed very much, and to reduce the environmental impact, composite fibers use natural fiber alternatives. One of the natural fibers that are commonly used is natural fiber from pineapple leaves, where natural fiber from ananas leaves is still very minimal in its commercial use and is only considered as waste.

Keywords: *composite, fiber and environmental*

1. Pendahuluan

Material komposit sudah sangat berkembang sangat pesat di dunia rekayasa dewasa ini. Komposit sendiri di manfaatkan sudah semakin luas di pasar industri, seperti di gunakan untuk mengganti logam karena cenderung lebih kuat di dibandingkan logam dengan masa yang sama. Salah satu pemanfaatan komposit adalah dengan menggabungkan dua atau lebih komponen komposit berbeda agar dapat mengisi kekurangan satu sama lain atau sering di sebut dengan komposit *Hybrid*^{[1][2]}.

Komposit *Hybrid* yang merupakan gabungan dari beberapa lapisan yang searah (unidirectional) yang disusun dengan jumlah dan urutan tertentu (Nurun Nayiroh, 2013). salah satu tipe komposit *Hybrid* yang sangat potensial adalah komposit lamina *Hybrid*, karena komposit lamina *Hybrid* sendiri merupakan komposit yang dapat menggabungkan beberapa serat penguat dengan beberapa lapis yang dapat di variasikan dengan sangat luas baik dari sisi arah sudut, ragam serat, dan lain sebagainya. Keragaman ini yang membuat komposit *Hybrid* lamina masih dapat di *explorasi* lebih jauh dengan melakukan pengujian lebih lanjut^[3].

Pengembangan serat komposit sudah sangat banyak berkembang, dan untuk mengurangi dampak lingkungan hidup maka serat komposit menggunakan alternatif serat alami. Pengembangan serat komposit sudah sangat banyak berkembang, dan untuk mengurangi dampak lingkungan hidup maka serat komposit menggunakan alternatif serat alami. Salah satu serat alam yang umum di gunakan adalah serat alam daun nanas, di mana serat alam daun ananas ini masih sangat minim penggunaannya secara komersial hanya di anggap sebagai limbah. Suatu penelitian menunjukkan bahwa serat daun nanas memiliki kekuatan tarik hampir dua kali lebih tinggi dibandingkan dengan *fiberglass*. Serat daun nanas memiliki kekuatan tarik sebesar 42,33 kg/mm², sedangkan *fiberglass* mempunyai kekuatan tarik sebesar 21,65 kg/mm². Oleh sebab itu, serat daun nanas memiliki potensi untuk digunakan sebagai pengisi dalam suatu komposit. Dari pembahasan diatas maka penelitian ini mengacu pada pembuatan komposit lamina *Hybrid* berpenguat serat alam daun nanas dan *fiberglass* bermatrik *epoxy* yang diperuntukan untuk mendapatkan data pengaruh arah sudut serat daun nanas terhadap kekuatan *bending* sesuai standar yang telah di tentukan sebelumnya^{[4][5][6]}.

2. Metode Penelitian

Metode studi *literatur* merupakan suatu metode pengambilan data yang dilakukan oleh penulis dari berbagai sumber media cetak maupun media elektronik, yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis.

Sumber *literatur* yang digunakan diantara lain:

- a. Literatur Pengumpulan data berdasarkan dari sumber media cetak, jurnal, penelitian sebelumnya yang relevan dengan penelitian mengenai komposit, pengaruh arah serat terhadap sifat mekanik komposit, dan pengujian bending.
- b. Internet, Pengumpulan data berasal dari website dan situs yang digunakan dalam menguatkan hasil dari penelitian. Metode ini dapat membantu pembaca dalam memahami pemikiran penulis melalui gambar-gambar yang didapat dari internet

Analisis data adalah proses yang dilakukan dengan penyusunan data yang telah didapatkan agar mudah dipahami melalui pendekatan-pendekatan tersendiri sehingga dapat mendapatkan output yang akurat dan valid kebenarannya. Data-data tersebut diperoleh dari hasil pengamatan serta observasi literatur maupun melakukan wawancara sehingga dapat menghasilkan sebuah data deskripsi yang valid. Metode pengumpulan data yang diperlukan untuk memecahkan masalah yang timbul berdasarkan fokus penelitian^[7]. Data-data diperoleh menggunakan dua metode, yaitu:

- a. Metode wawancara, yaitu metode mengumpulkan data dan informasi terkait dengan penelitian yang akan dilakukan dengan cara bertanya langsung kepada narasumber yang berkompeten dalam bidang material komposit baik itu dosen, laboratorium tempat melakukan penelitian dan lain sebagainya.
- b. Metode studi pustaka, yaitu metode pengumpulan data dengan membaca buku, artikel atau jurnal penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Metode *observasi*, yaitu metode mengumpulkan data dengan penelitian langsung terhadap spesimen uji komposit *Hybrid* serat kaca dan serat daun nanas dengan variasi sudut kemudian di uji kekuatan bending. Dalam penelitian yang akan dilakukan, objek yang menjadi sasaran penelitian yaitu komposit *Hybrid* serat kaca dan serat daun nanas yang di buat dengan metode *hand lay-up*. Hasil dalam penelitian ini berupa sebuah data analisis kekuatan *bending* masing masing spesimen dengan variasi arah sudut serat alam daun nanas 0° . 45° . 90° ^{[8][9][10]}.

3. Hasil Dan Analisis

Tahap pertama dalam pembuatan komposit adalah membuat cetakan dari kaca yang di susun dengan ukuran cetakan $20 \times 12 \times 0,5$ cm³ dimana kaca yang di butuhkan dengan tebal 5 mm, dengan ukuran 30×30 cm sebagai alas dan penutup, 24×2 cm untuk cetakan panjang dan 12×2 cm untuk lebar komposit. berikut tahap pembuatan cetakan :

- a. Membersihkan kaca
Pembersihan kaca di maksudnkan agar cetakan kaca tidak terkontaminasi dan bersih dari kotoran yang mampu mempengaruhi komposit, pembersihan kaca in di lakukan dengan cairan *thiner* yang di tuangkan pada permukaan kaca kemudian kaca di lap hingga bersih.
- b. Pelapisan *Wax*
Pelapisan *Wax* di maksudkan untuk melapisi kaca agar *resin* atau matrik tidak bersentuhan langsung dengan kaca dan tidak lengket sehingga dapat di lepaskan dengan mudah. Pelapisan di lakukan dengan cara meratakan *Wax* ke kaca kemudian keringkan selams 10-15 menit kemudian di bersihkan dengan lap dan di lapisi sekali lagi, proses ini akan berukang hingga lapisan tipis *Wax*.
- c. Penyusunan kaca
Setelah kaca di lapisi dengan *Wax* kaca akan dilakukan pembentukan komposit dengan cara menyatukan kaca menggunakan lem sedemikian rupa hingga membentuk cetakan dengan ukuran $20 \times 12 \times 0,5$ cm.

d. Penyumbatan celah kaca

Setelah cetakan terbentuk langkah selanjutnya adalah melapisi daerah sudut dan cela cetakan dengan lilin basah, pelapisan dimaksudkan untuk mencegah keluarnya matrik dari sela-sela kaca.

Penentuan *fraksi volume* ini di maksudkan agar komposit yang di uji setiap spesimen harus dengan komposisi yang sama dalam serat dan matrik agar tidak mempengaruhi hasil uji berikut tahap penentuan *fraksi volume* penentuan *fraksi volume* adalah

- Menghitung *volume* cetakan dimana cetakan komposit berukuran 20 x 12 x 0,5 cm³ maka di tentukan *volume* cetkan dengan rumus :

$$V_{cetakan} = P \times L \times t = 20cm \times 12cm \times 0.5cm = 120cm^3$$

- Menghitung kebutuhan *Fiber Glass*

1) Hal yang pertama di lakukan adalah dengan memotong *Woven fiber* glas menyesuaikan bentuk cetakan dengan ukuran 20x12

2) Menimbang massa *fiber* yang telah di potong sesuai ukuran cetakan maka di dapat $M_{serat\ kaca} = 12$ gram di kali dua *Layer* sesuai kebutuhan *Layer Fiber Glass* maka di dapatkan rumus

$$M_{total\ kaca} = M_{serat\ kaca} \times 2\ layer$$

$$M_{total\ kaca} = 12 \times 2\ layer$$

$$M_{total\ kaca} = 24$$

Maka di dapat kebutuhan serat kaca total untuk dua *Layer* adalah 24 gram

3) Menghitung *volume* serat kaca di tentukaan dengan rumus

Dik : $\rho_{kaca} = 2,55 \frac{gr}{cm^3}$ (Nurun Nayiroh, 2013)

$$V_{kaca} = \frac{M_{total\ kaca}}{\rho_{kaca}}$$

$$V_{kaca} = \frac{24\ gr}{2,55\ gr/cm^3}$$

$$V_{kaca} = 9,411\ cm^3$$

4) Menghitung *fraksi volume* serat kacadi tentukan dengan rumus

$$fraksi\ volume\ kaca = \frac{V_{kaca}}{V_{cetakan}} \times 100\%$$

$$fraksi\ volume\ kaca = \frac{9,411}{120} \times 100\%$$

$$fraksi\ volume\ kaca = 7,842\%$$

- Menghitung kebutuhan serat daun nanas

a) Hal yang pertama di lakukan adalah dengan memotong serat alam daun nanas menyesuaikan bentuk cetakan dengan bentuk arah serat sesuai variasi 0°, 45°, 90°.

b) Sert yang sudah di bentuk kemudian di timbang untuk mendapat massa serat yang di butuhkan atau $M_{daun\ nanas}$ di mana unntuk serat alam daun nanas yang dibutuhkan hanya satu *Layer* maka di dapat 11 gram.

c) Menghitung *volume* serat daun nanas di tentukaan dengan rumus

Dik : $\rho_{daun\ nanas} = 1,072 \frac{gr}{cm^3}$ (Sumber: Silvia, 2015)

$$V_{daun\ nanas} = \frac{M_{serat}}{\rho_{daun\ nanas}}$$

$$V_{daun\ nanas} = \frac{11\ gr}{1,072\ gr/cm^3}$$

$$V_{daun\ nanas} = 10.261\ cm^3$$

- d) Menghitung *fraksi volume* serat kacadi tentukan dengan rumus

$$\text{fraksi daun nanas} = \frac{V_{\text{daun nanas}}}{V_{\text{cetakan}}} \times 100\%$$

$$\text{fraksi daun nanas} = \frac{10.261}{120} \times 100\%$$

$$\text{fraksi daun nanas} = 8.55\%$$

Maka di tentukan *fraksi volume* serat daun nanas adalah 8.55% yang di butuhkan dalam pencetakan komposit *Hybrid* serat kaca dan serat daun nanas.

- Menghitung kebutuhan matrik

a. $V_{\text{matriks}} = V_{\text{cetakan}} - V_{\text{Komposit}}$

$$V_{\text{komposit}} = V_{\text{kaca}} + V_{\text{daun nanas}}$$

$$V_{\text{komposit}} = 9,411 \text{ cm}^3 + 10,261 \text{ cm}^3 \text{ maka } V_{\text{komposit}} = 19,672 \text{ cm}^3$$

Maka di dapat :

$$V_{\text{matriks}} = V_{\text{cetakan}} - V_{\text{Kom}} \text{ maka } V_{\text{matriks}} = 120 \text{ cm}^3 - 19,672 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{matriks}} = 100,328 \text{ cm}^3$$

Dimana matrik yang di gunakan adalah *epoxy* A B maka di perlukan perhitungan *volume epoxy* dan *volume epoxy hardener* demngan perbandingan *epoxy* dan *hardener* adalah 2:1 maka di tentukan kebutuhannya dengan rumus :

- 1) *epoxy*

$$V_{\text{epoxy}} = \frac{2}{3} \times V_{\text{matriks}}$$

$$V_{\text{epoxy}} = \frac{2}{3} \times 100,328 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{epoxy}} = 66.885 \text{ cm}^3$$

Maka kebutuhan berat *epoxy* yang di butuhkan dapat di tentukan dengan rumus :

$$\text{Dik : } \rho_{\text{epoxy}} = 1,17 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \text{ (Nurun Nayiroh, 2013)}$$

$$M_{\text{epoxy}} = V_{\text{epoxy}} \times \rho_{\text{epoxy}}$$

$$M_{\text{epoxy}} = 66.885 \text{ cm}^3 \times 1,17 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$M_{\text{epoxy}} = 78.255 \text{ gr}$$

- 2) *hardener*

$$V_{\text{hardener}} = \frac{1}{3} \times V_{\text{matriks}}$$

$$V_{\text{hardener}} = \frac{1}{3} \times 100,328 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{hardener}} = 33.442 \text{ cm}^3$$

Maka kebutuhan berat *hardener* yang di butuhkan dapat di tentukan dengan rumus :

$$\text{Dik : } \rho_{\text{hardener}} = 0,963 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \text{ (Nurun Nayiroh, 2013)}$$

$$M_{\text{hardener}} = V_{\text{hardener}} \times \rho_{\text{hardener}}$$

$$M_{\text{total kaca}} = 33.442 \text{ cm}^3 \times 0,963 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$M_{\text{total kaca}} = 32.204 \text{ gr}$$

Maka di dapatkan di tentukan bahwa *volume* matrik yang di butuhkan adalah

- b. menentukan *fraksi volume* matrik dengan menggunakan rumus :

$$\text{fraksi volume metriks} = \frac{V_{\text{metriks}}}{V_{\text{cetakan}}} \times 100\%$$

$$\text{fraksi volume metriks} = \frac{100,328}{120} \times 100\%$$

$$\text{fraksi volume metriks} = 83,606\%$$

Dengan komposisi *epoxy* dan *hardener* sebagai berikut

- 1) *epoxy*

$$\text{fraksi volume epoxy} = \frac{V_{\text{epoxy}}}{V_{\text{cetakan}}} \times 100\%$$

$$\text{fraksi volume epoxy} = \frac{66.885}{120} \times 100\%$$

$$\text{fraksi volume epoxy} = 55,737 \%$$

- 2) *hardener*

$$\text{fraksi volume hardener} = \frac{V_{\text{hardener}}}{V_{\text{cetakan}}} \times 100\%$$

$$\text{fraksi volume hardener} = \frac{33.442}{120} \times 100\%$$

$$\text{fraksi volume hardener} = 27,868 \%$$

Dengan mengetahui perhitungan di atas maka di tentukan *fraksi volume* serat kaca adalah 7,842%, serat alam daun nanas adalah 8.55% dan Matrik adalah 83,66 % dengan komposisi *epoxy* dan *hardener* adalah 55,737 % untuk *epoxy* dan 27,868 % untuk *hardener* dengan perbandingan 2:1 dalam pencetakan komposit *Hybrid* serat kaca dan serat daun nanas. Tahap selanjutnya adalah penyatuan serat dan matrik tahap ini bermaksud mengikat serat sehingga menjadi kesatuan komposit dimana pada komposit ini membutuhkan 3 *Layer*. berikut tahapan penyusunan komposit :

- Menyusun *Layer* pertama serat *Woven* kaca kemudian di ratakan dengan matrik sampai *Layer* pertama basah dengan matrik, kemudian serat daun nanas pada *Layer* kedua disusun sesuai variasi arah sudut yang di tentukan 0°, 45°, 90° kemudian di lapisi lagi dengan matrik hingga merata dan di timpa lagi dengan serat kaca *Layer* ketiga dan di ratakan dengan matrik hingga benar merata .
- Langkah kedua menutup cetakan dengan kaca dan di timpa beban hingga 24 jam hingga matrik mengering merata .
- Bongkar cetakan kemudian mengeluarkan komposit *Hybrid* serat kaca dan serat daun nanas yang sudah terbentuk kemudian di *finishing* dari kotoran dan sisi yang kelebihan

Setelah melakukan pembuatan Komposit *Hybrid* kaca dan serat alam daun nanas dengan variasi yang telah di tentukan maka komposit tersebut akan dilakukan pembentukan berdasarkan *ASTM* dimana ukuran spesimen uji dengan panjang 20 cm, lebar 2 cm, dengan tebal spesimen 0,5 cm. Komposit ini akan dipotong menggunakan gergaji besi sesuai arah komposit yang sudah di tentukan. Pada penelitian ini, dilakukan pengujian bening pada komposit *Hybrid* serat kaca dan serat daun nanas dengan beberapa spesimen yaitu komposit *Hybrid* serat kaca dan serat daun nanas dengan arah sudut variasi 0°, 45°, 90°. Bentuk spesimen yang dilakukan pengujian *bending* telah disesuaikan dengan *ASTM D 790*. Dalam pengujian *bending* ini, spesimen dengan panjang 20 cm, lebar 2 cm, dengan tebal spesimen 0,5 cm akan di letakan pada *support span* dengan panjang *support span* 100 mm kemudian spesimen akan di tekan kemudian Data yang didapat dari pengujian *bending* pada penelitian ini berupa gaya maksimal (Fmax), lalu dilakukan perhitungan kekuatan *bending* (σ) tegangan.

- a. Hasil pengujian dengan variasi serat daun nanas 0°
 Pada pengujian variasi arah serat 0° di lakukan 5 pengujian spesimen dan menghasilkan nilai *Max load* paling tinggi adalah pada pengujian ke 4 atau D dengan nilai *Max load* 811.7352 N dan yang paling terendah pada pengujian ke 3 atau C dengan nilai 480.0821 N.
- b. Hasil pengujian dengan variasi daun nanas 45°
 Pada pengujian variasi arah serat 45° di lakukan 5 pengujian spesimen dan menghasilkan nilai *Max load* paling tinggi adalah pada pengujian ke 4 atau D dengan nilai *Max load* 546.6128 N dan yang paling terendah pada pengujian ke 1 atau A dengan nilai 245.175 N.
- c. Hasil pengujian dengan variasi serat daun nans 90°
 Pada pengujian variasi arah serat 90° lakukan 5 pengujian spesimen dan menghasilkan nilai *Max load* paling tinggi adalah pada pengujian ke 2 atau B dengan nilai *Max load* 599.5019 N dan yang paling terendah pada pengujian ke 4 atau D dengan nilai 386.8763 N.

Dari pengujian *bending* di di atas yang telah dilakukan pada komposit *Hybrid* serat kaca dan serat alam daun nanas dengan variasi arah sudut 0°, 45°, 90° dengan masing-masing variabel 5 spesimen maka di dapat tabel perbandingan maximal load seperti yang terdapat pada tabel 4.1 hal pengujian *bending* sebagai berikut

Tabel 1. Hasil Uji *bending*

Spesimen	<i>Max load</i> (N)			<i>Span</i> (mm)
	0°	45°	90°	
1	782.9418	245.175	510.1307	100
2	527.7931	439.2457	599.5019	100
3	480.0821	486.3978	531.2158	100
4	811.7352	546.6128	386.8763	100
5	637.7394	489.9871	488.7318	100

Dari tabel di atas maka dapat di hitung kekuatan *bending* dengan rumus :

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2}$$

$$\sigma_b = \frac{3 \times 782.9418 \times 100}{2 \times 20 \times 5^2}$$

$$\sigma_b = 234.8825535 \text{ Mpa}$$

Dengan :
 p (Beban) = 782.9418 (N)
 L (Panjang *span*) = 100 (mm)
 b (Lebar Spesimen) = 20 (mm)
 d (Tebal spesimen) = 5 (mm)

Dari perhitungan di atas maka didapatkan tabel perbandingan kekuatan *bending* dari masing-masing spesimen dan variasi seperti yang di sebagai berikut :

Tabel 2 Perbandingan Kekuatan *Bending*

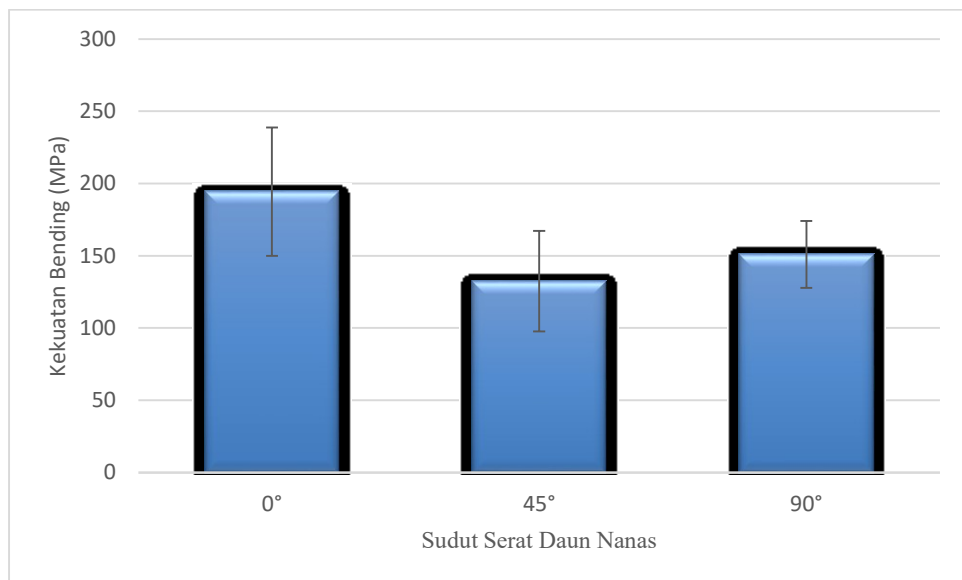
spesimen	Kekuatan <i>Bending</i> (MPa)			<i>span</i> (mm)
	0°	45°	90°	
1	234.8826	73.5525	153.0392	100
2	158.3379	131.7737	179.8506	100
3	144.0246	145.9193	159.3647	100
4	243.5206	163.9838	116.0629	100
5	191.3218	146.9961	146.6196	100
rata rata	194.4175	132.4451	150.9874	100
stand dev	44.43898	34.84526	23.16393	

$$\text{StDev} = \sqrt{\frac{234.8826^2 + 158.3379^2 + 144.0246^2 + 243.5206^2 + 191.3218^2 - 5 \times 194.4175^2}{5 - 1}}$$

$$\text{StDev} = 44.43898$$

Dari hasil perhitungan kekuatan *bending* telah dilakukan maka di dapat nilai kekuatan *bending* paling tinggi pada komposit *Hybrid* serat kaca dan serat daun nanas variasi arah serat daun nanas adalah dengan arah sudut 0° dengan nilai rata-rata kekuatan *bending*nya 194,4175 dengan nilai standar deviasi 44,43898 kemudian variasi sudut 90° dengan nilai rata rata kekuatan *bending* 150,9874 Mpa dengan standar deviasi 23.16393 dan yang paling rendah sudut 45° dengan nilai rata-rata kekuatan *bending* 132,4451 Mpa dengan standar deviasi 23.16393

Dengan data tersebut juga diperoleh grafik hubungan antara kekuatan *bending* dengan variasi arah sudut serat daun nanas seperti terlihat dalam gambar grafik



Gambar 1. Grafik kekuatan *Bending* Vs arah serat daun nanas

Berdasarkan uji *bending* yang telah dilakukan pada spesimen komposit *Hybrid* serat kaca dan serat daun nanas yang telah di lakukan dengan variasi sudut serat daun nanas. Maka didapatkan nilai kekuatan *bending* paling besar pada arah serat sudut nanas 0° , dimana dengan nilai rata-rata kekuatan *bending*nya 194,4175 dengan nilai standar deviasi 44,43898. Hal ini dapat terjadi karena serat daun nanas dengan sudut 0° merupakan sumbu longitudinal searah dengan sumbu x, di mana sumbu longitudinal merupakan sumbu yang berlawanan arah dengan datangnya gaya vertikal yang di bebaskan oleh mesin uji *bending* sehingga dapat menahan beban dengan sangat baik. Harga kekuatan pada arah sudut serat daun nanas 45° dapat dikatakan merupakan sudut kritis karena merupakan sudut dengan kekuatan *bending* paling lemah pada komposit *Hybrid* serat kaca dan serat daun nanas ini dengan nilai 132,4451 Mpa dengan standar deviasi 23.16393 di bandingkan dengan sudut serat daun nanas 0° dan 90° . Dalam perancangan komposit sudut orientasi kritis harus di hindari dan sudut tersebut karena dapat mengakibatkan dapat mengurangi keefektifan serat dalam beban. Penentuan sudut dalam desain komposit dapat di sesuaikan dengan arah datangnya pembebanan.

4. Kesimpulan

Nilai kekuatan *bending* arah sudut 0 dengan nilai rata-rata kekuatan *bending*nya 194,4175 dengan nilai standar deviasi 44,43898 kemudian variasi sudut 90 dengan nilai rata-rata kekuatan *bending* 150,9874 Mpa dengan standar deviasi 23.16393 dan yang paling rendah sudut 45 dengan nilai rata-rata kekuatan *bending* 132,4451 Mpa dengan standar deviasi 23.16393. Kekuatan *bending* paling besar pada arah serat sudut nanas 0° dan Harga kekuatan pada arah sudut 45° dapat dikatakan merupakan sudut kritis karena merupakan sudut dengan kekuatan *bending* paling lemah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fernanda Erick, 2015, *Pengujian Mekanik Material Komposit Hybrid Dengan Penguat Serat Kelapa Dan Rami*. Stta, Yogyakarta.
- [2] David, Cripss. 2010. *Manufacturing Guide And Tools*, [Http://Netcomposites.Com/Guide](http://Netcomposites.Com/Guide) Tools/Guide,(Diakses 20:25, 29 Mei 2021).
- [3] Diharjo, K., Dan Triyono, T., 1999. *Buku Pegangan Kuliah Material Teknik*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [4] Dwi, U. B. 2018. *Pengaruh Variasi Anyaman Material Komposit Epoxy Berpenguat Bilahan Bambu Terhadap Kekuatan Bending*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- [5] Lies Banowati, 2019, *Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Serat Daun Nanas – E-Glass / Epoxy Bakalite Epr 174 Dan Hybrid Serat Daun Nanas – E-Glass / Vinyl Ester Repoxy R 802*, Universitas Nurtanio Bandung, Bandung
- [6] Mujiyono Dan Didik H, *Pemanfaatan Serat Daun Nanas Sebagai Penguat Material Komposit*, Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik Uny, Yogyakarta, 2009
- [7] Nurun Nayiroh. *Teknologi Material Komposit*. [Online]. [Http://Nurun.Lecturer.Uin-Malang.Ac.Id/Wpcontent/Uploads/Sites/7/2013/03/Material-Komposit.Pdf](http://Nurun.Lecturer.Uin-Malang.Ac.Id/Wpcontent/Uploads/Sites/7/2013/03/Material-Komposit.Pdf). [17:03, 29 Mei 2021].
- [8] Sari N. H, Sinarep, Taufan A., Yudhyadi I., (2011), “Ketahanan Bending Komposit Hybrid Serat Batang Kelapa/Serat Gelas Dengan Matrik Urea Formaldehyde”, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Vol. 5 No.1. April 2011
- [9] Silvia Pratiwi, 2015, *Pengaruh Varias Tebal Core Dan Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Sandwich Polyester Berpenguat Serat Daun Nanas (Ananas) Dengan Core Styrofoam*, Universitas Jember, Jember.
- [10] Utama, F. Y. Dan Zakiyya, H. 2016. *Pengaruh Variasi Arah Serat Komposit Berpenguat Hibrida FiberHybrid Terhadap Kekuatan Tarik Dan Densitas Material Dalam Aplikasi Body Part Mobil*. Mekanika. 15(2):60-69.