

# Analisis Pengaruh Variasi Susunan Laminasi dan Penambahan *Fly Ash* Terhadap Kekuatan *Bending* Komposit *Hybrid* Berpenguat Serat Daun Nanas-*Woven Roving Fiberglass*

Siti Annuriyah<sup>1\*</sup>, Wiwik Dwi Pratiwi<sup>2</sup>, Widya Emilia Primaningtyas<sup>3</sup>

Program Studi D4 Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia<sup>1\*,3</sup>

Program Studi D4 Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Email: siti.annuriyah036@gmail.com<sup>1\*</sup>; wiwik.pratiwi@ppns.ac.id<sup>2</sup>; widyaemilia@ppns.ac.id<sup>3</sup>

**Abstract** – The supply of pineapple leaf waste has great potential to provide benefits, other than just being composted or burned. Instead, the process will have an impact on humans and the environment. In addition, the handling of fly ash waste has also recently become a concern. The abundance of them and the lack of utilization add to the series of waste handling problems. Composite technology is one of the waste control solutions. Composite technology helps in the use of wastes as composite materials into new materials, especially in the shipping sector and generally for application in other industrial fields. This research aims to determine the effect of laminate configuration and fly ash substitution on the bending strength of the pineapple leaf fiber-reinforced hybrid composite WR200 as an alternative hull material. The configuration of the laminate was varied, and the effect of the substitution of fly ash as a filler on the composite was also analyzed. The variations used in this study are laminated configurations with fly ash substitution and without fly ash substitution. Composite samples were manufactured using the hand lay-up method with a reinforcement: matrix composition of 30%:70 %. The resulting composite with the highest bending strength of 120.47 MPa in the CWWC laminate configuration without fly ash substitution. The resulting composite can be applied as an accommodation room bulkhead material according to the SNI 01-4449-2006 standard.

**Keyword:** Bending Strength, Fly Ash, Hand Lay-up, Hybrid Composite, Lamination

## Nomenclature

<b>MPa</b>	satuan kekuatan <i>bending</i>
<b>P</b>	panjang spesimen
<b>b</b>	lebar spesimen <i>bending</i>
<b>t</b>	tebal spesimen <i>bending</i>
<b>F(N)</b>	gaya yang diberikan pada spesimen
$\rho$	Densitas

## 1. PENDAHULUAN

Tanaman nanas merupakan salah satu tumbuhan semak dengan nama ilmiah *Ananas Comosus*. Tanaman nanas mudah tumbuh pada iklim basah maupun kering. Iklim tropis di Indonesia sangat cocok untuk budidaya nanas. Indonesia adalah negara dengan angka produksi nanas yang cukup tinggi yaitu mencapai 1,73 ton pada tahun 2015. Sehingga membuat Indonesia menjadi negara terbesar ketiga penghasil nanas setelah Filipina dan Thailand. Untuk tingkat ASEAN dan dunia, Indonesia termasuk dalam lima besar produksi nanas [20]. Dalam budidaya tanaman nanas, setelah dilakukan proses panen sebanyak dua sampai tiga kali, tanaman nanas sudah tidak produktif sehingga akan digantikan dengan tanaman nanas yang baru [2]. Setiap satu tanaman nanas akan menghasilkan rata-rata dua sampai tiga kilogram limbah. Limbah daun nanas biasanya hanya ditimbun di ladang setelah proses panen karena tidak bisa dijadikan

pakana ternak, sehingga limbahnya hanya dibakar dan menyebabkan polusi (udara, air, tanah) [3]

Jenis kapal yang banyak digunakan di wilayah Jawa Timur adalah jenis perahu getek atau perahu kayu sederhana yang bahan utama pembuatannya adalah kayu jati, meranti serta kayu kamper. Hal ini dikarenakan pada kapal dengan bahan metal mudah terjadi korosi karena air laut. Korosi yang terjadi pada pelat lambung kapal metal dapat menyebabkan penurunan kekuatan lambung kapal, dapat mengurangi kecepatan dari kapal, dan mengurangi keselamatan dan keamanan di kapal baik untuk muatan maupun pada penumpang [29]. Menurut survey yang dilakukan Widodo dkk, kayu jati menjadi sumber utama pembuatan kapal kayu dikarenakan sifat mekaniknya yang baik. Disamping itu menurut data dari Perum Perhutani unit II Provinsi Jawa Timur (2013), secara kualitatif maupun kuantitatif produksi dari perkebunan kayu jati dari tahun ke tahun mengalami penurunan. Harga beli dari kayu jati pun menjadi meningkat secara gradual setiap tahunnya.

Kapal kayu yang terendam oleh air laut ataupun air payau serta yang setiap harinya terkena sinar matahari langsung akan mudah rusak dan lapuk. Karena kondisi kayu yang lapuk membuat perawatan kapal kayu semakin mahal. Bagian-bagian yang lapuk dan rusak harus diganti dengan kayu yang baru. Jika hal ini dilakukan secara rutin dan dihitung secara kumulatif akan mengurangi

pendapatan para nelayan. Selain itu pelapukan juga dapat mengurangi ketebalan kulit lambung. Untuk itu perlu dibuatnya inovasi kapal menggunakan material *fiberglass*.

Kapal *fiberglass* banyak diminati oleh masyarakat Indonesia bagian timur. Salah satu perusahaan yang memproduksi kapal *fiberglass* mendapat pesanan rata-rata 100 kapal *fiberglass* dari pemerintah daerah di Indonesia bagian timur. Kapal *fiberglass* itu sendiri banyak digunakan untuk keperluan wisata, penyebrangan dan kebutuhan memancing (Pos, 2019). Hal tersebut menunjukkan jika kapal *fiberglass* dengan serat sintetis masih digemari. Pada produksi kapal *fiberglass* sendiri menggunakan serat sintetis yang sedikit banyak memberikan dampak buruk bagi lingkungan maupun manusia. *Fiberglass* yang terhirup pada saat proses produksi akan menyebabkan iritasi pada hidung, tenggorokan dan kulit [1]. Sehingga pengembangan komposit dengan menggunakan serat alami yang ramah lingkungan perlu dilakukan [5].

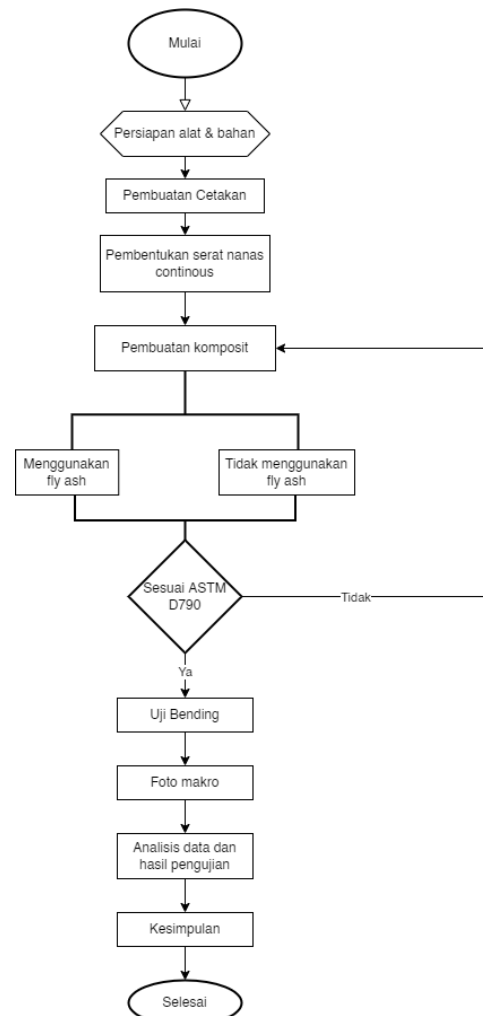
Komposit sendiri terdiri dari dua atau lebih bahan dengan sifat fisik maupun kimia yang berbeda dan signifikan. Salah satu unsur penyusun komposit adalah penguat (*reinforcement*). Jenis penguat (*reinforcement*) yang biasa digunakan adalah serat sintetis seperti serat karbon (*carbon fiber*), serat kaca (*fiberglass*), serta mineral yang mengandung silika seperti talk (*talcum powder*) (Bahas, 2020). Penggunaan talk (*talcum powder*) sebagai penguat (*reinforcement*) pada penelitian sebelumnya dapat menaikkan kekuatan lentur komposit sebesar 17% (Yulius Rief, 2015).

Penambahan keramik sebagai *filler* polimer diketahui dapat menambahkan nilai komersial dan estetika dengan sifat mekanik yang baik. *Fly ash* merupakan limbah industri yang biasanya dihasilkan dari sisa pembakaran pada pembangkit listrik termal. Sebagian besar *fly ash* mengandung pasir silika dan alumina [31]. Kandungan Si dan Al yang terkandung pada *fly ash* membuatnya menjadi lebih keras, kaku, dan fleksibel sebagai bahan pengisi [7].

Berdasarkan beberapa uraian di atas penulis akan melakukan penelitian yaitu pembuatan komposit dengan menggunakan penguat serat daun nanas, *woven roving fiberglass* serta *fly ash* sebagai *filler*. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat mengurangi penggunaan serat sintetis yang berbahaya bagi lingkungan dan manusia serta dapat menambah pengetahuan mengenai teknologi pembuatan komposit dengan memanfaatkan limbah alam dan industri.

## 2. METODOLOGI

Tahapan penelitian dilakukan berdasarkan diagram alir di bawah ini agar penelitian lebih terarah sesuai tujuan.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

### 2.1 Persiapan Alat dan Bahan

#### a. Alat

##### 1. Mesin Uji *Bending*

Mesin ini merupakan alat utama untuk melakukan pengujian *bending* pada spesimen komposit. Pada penelitian ini, mesin uji *bending* yang digunakan milik Politeknik Negeri Malang dengan merek Tarno Grocki yang mempunyai kapasitas sebesar 100 kN.

#### b. Bahan

##### 1. Serat Nanas

Serat nanas yang digunakan merupakan serat nanas yang berjenis *continuous*.

##### 2. *Woven Roving Fiberglass*

*Fiberglass* digunakan untuk *reinforcement* pada komposit, jenis serat kaca yang digunakan merupakan *woven roving*.

### 2.2 Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen pada penelitian ini mengacu pada standar ASTM. pengujian mekanik yang dilakukan pada spesimen ini adalah pengujian *bending* yang menggunakan standar ASTM D790.

### 2.3 Variasi Komposisi Komposit

Tahapan penelitian merupakan urutan kegiatan secara terstruktur yang harus dilakukan dalam sebuah penelitian. Ada beberapa tahapan yang harus dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini, yaitu:

- a. Variabel Bebas:
  - 1) Variasi konfigurasi susunan laminasi, yaitu:
    1. *Continuous-WR200-Continuous-WR200* (CWCW)
    2. *Continuous-WR200-WR200-Continuous* (CWWC)
    3. *WR200-Continuous-Continuous-WR200* (WCCW)
  - 2) Substitusi *fly ash*:
    1. Menggunakan *fly ash* dalam komposit (5%).
    2. Tidak menggunakan *fly ash* dalam komposit (0%).
- b. Variabel tetap;
  - 1) Persentase fraksi volume serat adalah 30%.
  - 2) Kadar serat pada setiap lapisan dikurangi 5% untuk variasi dengan substitusi *fly ash*.
  - 3) Matriks yang digunakan pada setiap lapisan adalah YUKALAC 157 BQTN-EX.
  - 4) Tebal setiap lapisan adalah 1 mm.

c. Variabel respon:  
 Kekuatan tekan atau kekuatan *bending* yang dihasilkan dari pengujian *bending* spesimen uji akibat dari manipulasi variabel bebas.

Adapun matriks penelitian pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 1: Variasi Laminasi

No.	Susunan Laminasi	Penggunaan <i>Fly ash</i>	
		Memakai <i>Fly ash</i>	Tidak Memakai <i>Fly ash</i>
1	<i>Continuous-WR200-Continuous-WR200</i>	CWCWF	CWCW
2	<i>Continuous-WR200-WR200-Continuous</i>	CWWCF	CWWC
3	<i>WR200-Continuous-Continuous-WR200</i>	WCCWF	WCCW

Keterangan :

CWCWF : Susunan laminasi *Continuous-WR200-Continuous-WR200*, dengan substitusi *fly ash*.

CWCW : Susunan laminasi *Continuous-WR200-Continuous-WR200*, tanpa substitusi *fly ash*.

CWWCF : Susunan laminasi *Continuous-WR200-WR200-Continuous*, dengan substitusi *fly ash*.

CWWC : Susunan laminasi *Continuous-WR200-WR200-Continuous*, tanpa substitusi *fly ash*.

WCCWF : Susunan laminasi *WR200-Continuous-Continuous-WR200*, dengan substitusi *fly ash*.

WCCW : Susunan laminasi *WR200-Continuous-Continuous-WR200*, tanpa substitusi *fly ash*.

## 2.4 Pengolahan Data

Data hasil pengukuran dan pengujian dianalisis menggunakan metode ANOVA *One-way*. Perumusan hipotesis melalui ANOVA dituliskan dengan H1 dan H0, dimana:

H1 = perlakuan berpengaruh terhadap respon.

H0 = perlakuan tidak berpengaruh terhadap respon.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pengambilan Data

Sebelum dilakukannya pembuatan spesimen, dilakukan pengujian densitas terhadap *fly ash* dan serat daun nanas. Dari pengujian densitas didapat massa jenis serat daun nanas dan *fly ash* seperti ditunjukkan tabel berikut.

Tabel 2: Massa jenis *fly ash* dan serat daun nanas

Massa jenis ( $\rho$ )	
Serat daun nanas	<i>Fly ash</i>
1,4 gr/mL	5,01 gr/mL

Dari nilai densitas inilah, perhitungan kebutuhan *reinforcement* dan matriks yang dibutuhkan seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3: Kebutuhan serat dan resin dengan FA

No.	Variasi Konfigurasi Laminasi	Memakai <i>Fly ash</i>				
		Massa Serat (gram)	Massa <i>Fly Ash</i> (gram)	Massa Resin (gram)	Massa Katalis (gram)	Massa WR200 (gram)
1	<i>Continuous-WR200-Continuous-WR200</i>	1,37	1,65	6,3	0,06	1,44
2	<i>Continuous-WR200-WR200-Continuous</i>	1,76	0,44	6	0,24	1,44
3	<i>WR200-Continuous-Continuous-WR200</i>	0,88	0,9	6,75	0,59	1,44

Dari tabel 3 di atas diketahui kebutuhan *reinforcement* serta matriks untuk pembuatan komposit dengan substitusi atau penambahan *fly ash*. Pembuatan komposit dibuat menggunakan komposisi serat, resin dan katalis sesuai dengan yang tercantum pada tabel.

Tabel 4. Kebutuhan serat dan matriks tanpa FA

No.	Variasi Konfigurasi Laminasi	Tidak Memakai <i>Fly ash</i>			
		Massa Serat (gram)	Massa Resin (gram)	Massa Katalis (gram)	Massa WR200 (gram)
1	<i>Continuous-WR200-Continuous-WR200</i>	1,66	5,85	0,06	1,44
2	<i>Continuous-WR200-WR200-Continuous</i>	2,12	6,57	0,43	1,44
3	<i>WR200-Continuous-Continuous-WR200</i>	1,05	6,89	0,06	1,44

Dari Tabel di atas diketahui kebutuhan *reinforcement* serta matriks untuk pembuatan komposit tanpa substitusi atau penambahan *fly ash*. Pembuatan komposit dibuat menggunakan komposisi serat, resin dan katalis sesuai dengan yang tercantum pada tabel

Setelah dilakukannya perhitungan densitas, maka langkah selanjutnya adalah pengujian *bending* dengan hasil yang didapatkan sebagai berikut:

Tabel 5: Kekuatan *bending*

Substitusi FA Konfigurasi Laminasi	Menggunakan Fly Ash		Tanpa Menggunakan Fly Ash	
	Repetisi (MPa)	Rata-Rata Kekuatan <i>Bending</i> (MPa)	Repetisi (MPa)	Rata-Rata Kekuatan <i>Bending</i> (MPa)
CWCW	99,45	101,72	107,58	106,8
	104,35	=	105,34	= 1,26
	101,38		107,48	
CWWC	116,95	116	119,95	120,5
	112,79	=	124,53	=
	118,16	2,81	116,94	3,82
WCCW	86,05	85,5	84,15	83,8
	83,77	=	81,16	=
	86,79	1,57	86,05	2,46

Rata-rata kekuatan *bending* tertinggi didapat oleh komposit dengan konfigurasi CWWC (*continuous-wr200-wr200-continuous*) tanpa menggunakan substitusi fly ash dengan nilai *bending* sebesar 120,47 MPa. Hasil kekuatan *bending* tertinggi yang dihasilkan belum dapat memenuhi syarat kekuatan *bending* minimum dari BKI untuk *Fiberglass Reinforced Plastic Ship* yaitu sebesar 150 MPa.

### 3.2 Pengolahan Data

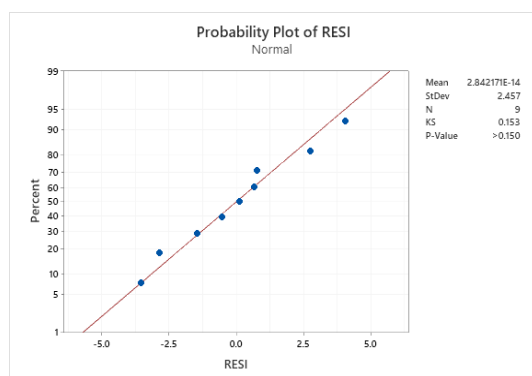
#### 1. Hubungan Konfigurasi Laminasi dengan Kekuatan *Bending*

Pengujian normalitas Kolmogorov-Smirnov dilakukan pada satu variabel yaitu konfigurasi laminasi sehingga terdapat 3 variasi yang dilakukan pengujian.

Berikut adalah 2 hipotesis untuk pengujian normalitas Kolmogorov-Smirnov:

- a. H<sub>0</sub> = Sampel terdistribusi normal
- b. H<sub>1</sub> = Sampel tidak terdistribusi normal

Berikut adalah hasil dari pengujian normalitas dari nilai residual melalui *software* Minitab19 ditunjukkan pada gambar



Gambar 2. Hasil normalitas One Way ANOVA

Hasil dari uji normalitas dapat diketahui melalui perbandingan nilai *P-Value* dengan nilai  $\alpha$  yaitu sebesar 0,05. H<sub>0</sub> terima dan H<sub>1</sub> tolak jika nilai *P-Value* lebih dari  $\alpha$ . Sedangkan jika nilai *P-Value* kurang dari  $\alpha$  maka H<sub>0</sub> tolak dan H<sub>1</sub> terima. Sehingga dari grafik di atas didapatkan nilai dari *P-Value* lebih besar dari  $\alpha$  yaitu sebesar 0,150, yang artinya H<sub>0</sub> diterima dan sampel terdistribusi normal.

Selanjutnya dilakukan uji homogenitas, pengujian homogenitas dilakukan untuk mengetahui bahwa sampel yang diambil berasal dari populasi dengan variasi yang sama. Pengujian homogenitas yang dilakukan menggunakan metode Levene melalui *software* Minitab19 dengan nilai  $\alpha$  sebesar 0,05. Jika nilai *P-Value* lebih besar dari  $\alpha$  yaitu sebesar 0,05, maka H<sub>0</sub> diterima dan H<sub>1</sub> ditolak. Sedangkan jika nilai *P-Value* kurang dari  $\alpha$  maka H<sub>0</sub> tolak dan H<sub>1</sub> terima.

- a. H<sub>0</sub> = Variasi bersifat homogen pada setiap kelompok
- b. H<sub>1</sub> = Variasi bersifat tidak homogen pada setiap kelompok

### Tests

Method	Test Statistic	P-Value
Multiple comparisons	—	0.337
Levene	0.77	0.505

Gambar 3. Hasil uji homogenitas One Way ANOVA

Berikutnya dilakukannya uji ANOVA one way, dilakukan untuk mengetahui pengaruh konfigurasi laminasi terhadap kekuatan *bending*. Hipotesis yang digunakan adalah H<sub>0</sub> (tidak ada pengaruh konfigurasi laminasi terhadap kekuatan *bending*), dan H<sub>1</sub> (terdapat pengaruh konfigurasi laminasi terhadap kekuatan *bending*). Tingkat signifikansi yaitu 0,05. Hasil *one way* ANOVA terdapat pada tabel berikut.

Tabel 6: Hasil *one way* ANOVA

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Konfigurasi Laminasi	2	2033.15	1016.58	126.32	0.000
Error	6	48.29	8.05		
Total	8	2081.44			

Dapat dilihat dari Tabel 4.4 di atas pada variabel konfigurasi laminasi, nilai *P-Value* sebesar 0,000 atau lebih kecil dari nilai  $\alpha$  yaitu sebesar 0,05. Oleh karena itu H<sub>0</sub> tolak dan H<sub>1</sub> terima. Maka dapat disimpulkan jika konfigurasi laminasi mempengaruhi kekuatan *bending* dari komposit.

#### 2. Hubungan Substitusi Fly Ash Terhadap Kekuatan *Bending*

One Way ANOVA untuk mengetahui pengaruh substitusi fly ash terhadap kekuatan *bending* ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 7: ANOVA Substitusi Fly Ash

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Konfigurasi Laminasi	5	3484.0	696.80	107.78	0.000
Error	2	77.58	6.465		
Total	17	3561.6			

Dapat dilihat dari Tabel 4.6 di atas pada variabel substitusi fly ash, nilai P-Value sebesar 0,000 atau lebih kecil dari nilai  $\alpha$  yaitu sebesar 0,05. Oleh karena itu  $H_0$  tolak dan  $H_1$  terima. Maka dapat disimpulkan jika substitusi fly ash mempengaruhi kekuatan *bending* dari komposit. Untuk penjelasan selanjutnya, dilakukan pengujian Paired-T Test untuk mengetahui pengaruh substitusi fly ash terhadap masing-masing konfigurasi laminasi.

Pengujian Paired-T Test dilakukan untuk mengetahui pengaruh satu persatu pengaruh dari substitusi fly ash terhadap masing-masing variasi konfigurasi. Hubungan antara substitusi fly ash dengan kekuatan *bending* dijelaskan melalui pengujian statistik menggunakan Paired-T Test. Hasil pengujian Paired T Test ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

1. Paired-T Test variasi konfigurasi CWCW tanpa substitusi dan dengan substitusi fly ash.

Tabel 8: Paired T Test CWCW

T-Value	T Tabel	P-Value	Keterangan
2,39	4,303	0,14	$H_0$ terima

2. Paired-T Test variasi konfigurasi CWWC tanpa substitusi dan dengan substitusi fly ash.

Tabel 9: Paired T Test CWWC

T-Value	T Tabel	P-Value	Keterangan
1,18	4,303	0,36	$H_0$ terima

3. Paired-T Test variasi konfigurasi WCCW tanpa substitusi dan dengan substitusi fly ash.

Tabel 10: Paired T Test WCCW

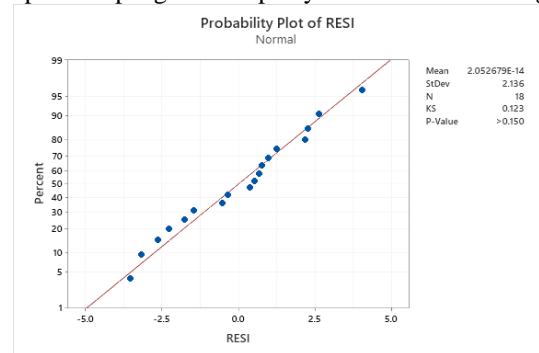
T-Value	T Tabel	P-Value	Keterangan
3,21	2,919	0,085	$H_0$ tolak

Hasil dari pengujian Paired T Test menegaskan hasil dari ANOVA Two Way, yaitu penambahan fly ash pada variasi CWCW dan CWWC dianggap tidak berbeda signifikan. Sedangkan pada variasi WCCW hasil dari Paired T Test menunjukkan perbedaan signifikan yaitu menaikkan kekuatan *bending* dari komposit.

Jika dilihat dari diagram pengaruh substitusi fly ash pada gambar 4.4, semua variasi konfigurasi mendapatkan pengaruh dari substitusi fly ash itu sendiri. Pada dua variasi pertama yaitu CWCW dan CWWC, substitusi fly ash memberi pengaruh menurunkan kekuatan *bending*. Sedangkan pada variasi konfigurasi WCCW, substitusi fly ash justru menaikkan kekuatan *bending* meskipun kenaikannya tidak signifikan.

### 3. Uji Statistik Two Way ANOVA

Pengujian statistik menggunakan metode Two Way ANOVA pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui hubungan antar dua variabel bebas yang dapat mempengaruhi respon yaitu kekuatan *bending*.



Gambar 4 Uji normalitas two way ANOVA

Dapat dilihat dari gambar, hasil dari uji normalitas dapat diketahui melalui perbandingan nilai P-Value dengan nilai  $\alpha$  yaitu sebesar 0,05.  $H_0$  terima dan  $H_1$  tolak jika nilai P-Value lebih dari  $\alpha$ . Sedangkan jika nilai P-Value kurang dari  $\alpha$  maka  $H_0$  tolak dan  $H_1$  terima. Dari gambar di atas diketahui nilai P-Value sebesar 0,15 yakni lebih besar dari 0,05 sehingga dapat disimpulkan dari grafik di atas bahwa didapatkan nilai dari P-Value lebih besar dari nilai  $\alpha$  yaitu sebesar 0,150, yang artinya  $H_0$  diterima dan sampel terdistribusi normal.

#### Tests

Method	Test	Statistic	P-Value
Multiple comparisons	—	0.683	
Levene	0.41	0.834	

Gambar 5 Uji homogenitas two way ANOVA

Dari Gambar 4.6 di atas diketahui jika nilai P-Value lebih besar dari  $\alpha$  yaitu sebesar 0.834, yang artinya  $H_0$  diterima dan variasi bersifat homogen.

Tabel 11: Hasil two way ANOVA

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Substitusi Fly Ash	1	30.65	30.65	4.74	0.050
Konfigurasi Laminasi	2	3410.35	1705.18	263.75	0.000
Substitusi Fly Ash* Konfigurasi Laminasi	2	43.01	21.51	3.33	0.071
Error	12	77.58	6.47		
Total	17	3561.60			

Berdasarkan Tabel 4.8 di atas nilai P-Value yaitu sebesar 0,071 lebih besar dari nilai signifikansi  $\alpha$ . Sehingga  $H_0$  terima, yang artinya paduan dari dua variabel yang digunakan tidak memberikan

pengaruh secara signifikan pada nilai kuat *bending* komposit *hybrid*.

Pada konfigurasi laminasi CWWC (*continuous-wr200-wr200-continuous*) nilai *P-Value* kurang dari 0,05 menunjukkan bahwa sebenarnya konfigurasi laminasi mempengaruhi kekuatan *bending* dari komposit, namun apabila dipadukan dengan *filler* berupa *fly ash* hasilnya menjadi kurang maksimal atau bahkan menurun dari komposit yang tidak menggunakan substitusi *fly ash*. Hal ini karena pada proses pembuatan komposit, substitusi *fly ash* membuat kekentalan matriks meningkat sehingga sulit untuk mengikat reinforcement yang pada penelitian ini berupa serat daun nanas dan WR200.

#### 4. KESIMPULAN

Substitusi *fly ash* sebagai filler pada komposit variasi laminasi komposit laminat serat daun nanas-WR200 memberikan pengaruh menurunkan pada kekuatan *bending* kecuali pada konfigurasi WR200-Continuous-Continuous-WR200 (CWCW) memberikan pengaruh menaikkan signifikan kekuatan *bending*.

Kuat *bending* tertinggi dihasilkan oleh konfigurasi laminasi Continuous-WR200-Continuous-WR200 (CWCW) yaitu sebesar 120,7 MPa. Komposit ini dapat diaplikasikan sebagai material dinding pemisah antar ruang akomodasi non permanen atau bukan struktur utama pada interior kapal berdasarkan SNI 01-4449-2006.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada keluarga, dosen pembimbing, rekan-rekan Teknik Desain dan Manufaktur angkatan 2018, serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan secara moril maupun materiil dalam penyelesaian tugas akhir ini.

#### 7. PUSTAKA

- [1] A.D. Catur, S. Sinarep, P.D. Setyawan (2015). *Bending After Impact Komposit Sandwich Berpenguat Serat Bambu-Fiberglass Dengan Core Polyurethane Rigid Foam*. Dinamika Teknik Mesin, 5(1), pp. 32–41. doi: 10.29303/d.v5i1.48.
- [2] A. Fiqri, H. Yudo, U. Budiarto (2017). Analisa Teknis Komposit Berpenguat Serat Daun Nanas (*Smooth Cayenne*) dan Serat Ampas Tebu (*Saccharum Officinarum L*) Sebagai Alternatif Komponen Kapal Ditinjau Dari Kekuatan *Bending* dan *Impact*. **Jurnal Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro, Volume 5 No.2, pp. 408.**
- [3] A.H.S. Irianti (2010) Efektivitas Proses Pengambilan Serat Daun Nanas (*Ananas Comosus Merr*) Dengan Metode Pengeratan. **Seminar Nasional Character Building for Vocational Education**. Yogyakarta: 2010. Hal: 319-323.
- [4] A.M. Neville, J.J. Brooks (1999), **Concrete Technology**. Harlow, Essex, U.K.: Addison Wesley Longman 1999, 262 – 266.
- [5] A.N. Amri. (2019) Analisis Sifat Mekanik Komposit Lamina Berpenguat Serat Kaca Woven Dengan Matriks *Unsaturated Polyester* 2504 APT. **Tugas Akhir**, Universitas Jember.
- [6] ASTM, 1998, **Annual Book of ASTM Standart**, ASTM, New York, D 790/D 790, D 790-03.
- [7] A. Pattanaik, M.K. Mohanty, M.P. Sathpathy, S.C. Mishra (2015). Effect of Mixing Time on Mechanical Properties of *Epoxy-Fly Ash Composite*. **Journal of Materials & Metallurgical Engineering, 2015, Volume 5, Issue 2, pp. 11-17.**
- [8] A.R. Yulius. (2021). Kuat Tekan Beton Polimer Berbahan Abu Vulkanik Gunung Sinabung Dan Resin Epoksi. **Jurnal Teknik Sipil Volume 5.**
- [9] Biro Klasifikasi Indonesia, 2016. **Rules and Regulation for The Classification and Construction of Ships.**
- [10] B. Maryanti, A.A. Sonief, S. Wahyudi (2011). Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik. **Jurnal Rekayasa Mesin, Universitas Brawijaya, Volume 2 No.2, pp.124.**