

KUAT LENTUR BALOK KOMPOSIT DARI SERAT RAYUNG DENGAN MATRIKS LEM KAYU MENGGUNAKAN METODE KEMPA DINGIN

Riadhi Ahyar, Anis Rakhmawati², Yudhi Arandha³,

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar,
Jl. Kapten Suparman 39 Potrobangsari, Magelang Utara, Magelang, Jawa
Tengah 56116 E-mail: riadhiahyar135@gmail.com

ABSTRAK

Rayung merupakan jenis serat alami yang berasal dari tangkai pelepah dan bunga rumput gelagah yang dikeringkan, dalam penelitian ini rayung digunakan sebagai bahan balok komposit dengan matriks lem kayu. Pembuatan balok komposit bertujuan untuk mengetahui nilai kuat lentur.

Pengujian ini menggunakan balok komposit berukuran 5 cm x 7 cm x 120 cm ditambah 5 cm untuk lengan kanan kiri dengan varian 1 serat : 1,2 lem, 1 serat : 1,4 lem, 1 serat : 1,6 lem, 1 serat : 1,8 lem, 1 serat : 2 lem yang kemudian dikalikan dengan berat rayung 1,9 kg per cetakan. Pembuatan balok komposit dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Tidar, Magelang, sedangkan pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan S1 Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Negeri Yogyakarta dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Pengujian balok komposit dari serat rayung mengacu pada SNI 03-3959- 1995 dan SNI 03-3972-1995.

Pengujian balok komposit dari serat rayung dan matriks lem kayu menghasilkan nilai MOR tertinggi dengan varian 1 : 1,8 sebesar 1,609 MPa, sedangkan nilai MOE tertinggi dengan varian 1 : 2 sebesar 80,315 N/mm². Balok komposit dari serat rayung belum direkomendasikan untuk batang struktur dikarenakan nilai MOR dan MOE lebih rendah jika dibandingkan dengan kayu yang beredar di pasaran.

Kata kunci : balok komposit, kuat lentur, lem kayu, serat rayung.

ABSTRACT

Rayung is kinds of natural fiber which are made from dried stem and stem of reed grass, in this research rayung is used as the material for composite beam with wood glue as matrix composite. The aim of this research is to know the flexural strength value.

This research used beam composite with the dimension 5 cm x 7 cm x 120 cm and add 5 cm for left and right arm with variant 1 fiber: 1.2 glue, 1 fiber: 1.4 glue, 1 fiber: 1.6 glue, 1 fiber: 1.8 glue, 1 fiber: 2 glue, then multiplied by the rayung weight that was 1.9 kg for each mold. The beam composites for this research was made in Civil Engineering Laboratory, Tidar University Magelang. The flexural strength test was done in Material Laboratory of Civil Engineering Education and Planning, Yogyakarta State University using the Universal Testing Machine (UTM). The composite beam testing of rayung fiber refers to SNI 03-3959-1995 and SNI 03-3972-1995.

The tests of rayung fiber and wood glue matrix-composite beam result the highest MOR value with 1:1,8 variant that is 1,609 MPa, whereas the highest MOE value with 1:2 variant is 80,315 N/mm². Rayung fiber-composite beam is not recommended yet for structural beam because the MOR and MOE value are lower than the woods in the market.

Keywords : composite beam, flexural strength, wood glue, rayung fiber.

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hutan merupakan anugerah dari Tuhan Maha Esa yang sangat berguna untuk dimanfaatkan semaksimal mungkin bagi kesejahteraan manusia dengan menjaga kelestariannya, hutan memiliki kemampuan untuk menghasilkan kayu dan tumbuhan lainnya. (Mahdie & Rinaldi, 2007). Pemanfaatan kayu berdampak pada penebangan hutan secara komersial yang dilakukan secara berlebihan akan mengakibatkan kerusakan hutan. Maka perlu diupayakan alternatif sebagai terobosan baru yang diharapkan memberikan manfaat yang sama dengan kayu, salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini antara lain dengan pemanfaatan serat untuk dijadikan bahan baku pengganti kayu dalam bentuk balok komposit. (Fahmi dkk, 2011).

Serat rayung merupakan serat alami, serat yang dihasilkan dari tangkai pelepah dan bunga rumput gelagah yang dikeringkan secara mekanik maupun proses alami. Serat rayung mudah ditemukan dan ketersediaan yang banyak di daerah Magelang tepatnya di Dusun Keprekan, Desa Bojong, Kecamatan Mungkid. Serat rayung dipilih karena memiliki kekuatan yang cukup kuat sebagai campuran komposit, serat akan saling mengikat bila disatukan dalam jumlah yang banyak sehingga dapat menambah daya ikat komposit dengan baik. (Yudha, 2019). Balok komposit dari serat rayung memerlukan bahan lainnya yang berfungsi sebagai matriks atau pengikat. Menurut Malau, (2010) matriks merupakan bahan pengikat atau penguat yang berfungsi untuk memberi penguatan pada komposit tersebut. Matriks yang akan digunakan adalah lem kayu (PVAc) dipilih karena mempunyai sifat polimer dengan kerekatan yang sangat kuat dan warna lem lebih menyerupai warna kayu sehingga tidak ada garis kayu.

Penelitian ini akan menggunakan serat rayung sebagai balok komposit dengan matriks perekat lem kayu untuk meningkatkan nilai guna dan nilai ekonomis dari serat rayung yang dapat dimanfaatkan menjadi balok komposit sebagai bahan alternatif pengganti kayu, maka judul dari penelitian ini adalah “Kuat Lentur Balok Komposit dari Serat Rayung dengan Matriks Lem Kayu Menggunakan Metode Kempa Dingin”. Diharapkan dengan adanya penelitian ini sebagai alternatif terobosan baru pada balok komposit dari serat rayung.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah untuk mengetahui komposit dari serat rayung dan matriks lem kayu dengan pembuatan menggunakan kempa dingin dapat menghasilkan balok komposit.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui *modulus of rupture* dan *modulus of elasticity* balok komposit dari serat rayung dan lem kayu.
2. Mengetahui perbandingan komposit antara serat rayung dan lem kayu yang menghasilkan kuat lentur tertinggi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan nilai guna dan nilai ekonomis dari serat rayung yang dapat dimanfaatkan menjadi balok komposit sebagai bahan alternatif pengganti kayu.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini, antara lain:

1. Serat yang digunakan adalah serat rayung yang didapat di Dusun Keprekan, Desa Bojong, Kecamatan Mungkid, Kabupaten Magelang.
2. Perekat yang digunakan adalah lem kayu Presto DN (PVAc).

3. Benda uji berukuran 5 cm x 7 cm x 130 cm.
4. Sampel penelitian berjumlah 15 sampel.
5. Perbandingan lem kayu Presto DN dan rayung dapat dilihat pada Tabel 1 yang kemudian dikalikan dengan berat komposit per cetakan

Tabel 1 Perbandingan Proporsi Lem Kayu dengan Serat Rayung

No	Lem Kayu (kg)	Serat Rayung (kg)
1	1,2	1
2	1,4	1
3	1,6	1
4	1,8	1
5	2	1

2 LANDASAN TEORI

2.1 Komposit

Menurut Oroh dkk, (2013) komposit merupakan suatu material yang terbentuk dari dua atau lebih material, yang memiliki sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda jika digabungkan akan menjadi lebih baik dari keduanya. Jadi komposit merupakan sejumlah sistem multi fase dengan gabungan, yaitu gabungan antara bahan matriks atau pengikat dengan penguat.

2.2 Matriks

Menurut Fahmi dkk (2011), matriks merupakan fase dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Penggunaannya sebagai bahan pengikat partikel- partikel atau media yang dipakai untuk mempertahankan partikel tersebut agar selalu berada pada tempatnya baik polimer, logam, dan keramik. Matriks berfungsi sebagai pengikat antara material, sedang material sebagai penguat untuk memberi penguatan pada komposit. (Malau, 2010).

2.3 Rayung

Menurut Hayne (1987) dalam Yudha (2019) rayung merupakan jenis serat alami yang berasal dari tangkai pelepah dan bunga rumput gelagah yang dikeringkan secara mekanis atau melalui proses alami. Rayung berwarna hijau setelah kering akan berwarna kuning kecoklatan. Rayung dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Serat Rayung

2.4 Lem kayu Presto DN Polyvinyl acetate (PVAc)

PVAc merupakan polimer yang mempunyai sifat kerekatan yang sangat kuat jenis perekat berbentuk cair dan berwarna putih sampai kuning, tidak berwarna pada garis rekatnya. Perekat ini akan tetap kuat apabila dalam keadaan kering dan tidak diberikan tekanan yang terus menerus, serta memiliki resistensi yang rendah terhadap cuaca dan kelembaban. (Dewi, 2008).

2.5 Kerapatan

Kerapatan didefinisikan sebagai massa atau berat persatuan volume. Kerapatan komposit sangat bergantung pada kerapatan bahan yang akan digunakan serta tekanan saat proses pengempaan dilakukan (Tifani & Puluwulawa, 2018).

Persamaan yang digunakan untuk mencari nilai kerapatan menurut SNI 03-2105-2006 adalah:

$$\text{Kerapatan (gram/cm}^3\text{)} = \frac{B}{V} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

B = Berat kayu (gram)

V = Volume kayu (cm³)

2.6 Kuat lentur

Kuat lentur didefinisikan sebagai kemampuan material dalam menahan deformasi di bawah beban, Pengujian kuat lentur Modulus of Rupture (MOR) dan Modulus of Elasticity (MOE) dilakukan dengan menggunakan mesin Universal Testing Machine (UTM) dengan benda uji yang sama. Pengujian lentur mengacu pada SNI 03- 3972-1995 dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Pengujian lentur dilakukan untuk mengetahui nilai MOR dan MOE.
2. Panjang benda uji adalah 18 kali ketebalan benda uji.
3. Pembebanan statis 1titik pada tengah bentang.
4. Untuk mengetahui nilai modulus of rupture (MOR) mengacu pada SNI 03-3959-1995 persamaan yang digunakan:

$$fb = \frac{3PL}{2bh^2} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

fb = Kuat lentur (MPa)

P = Beban maksimum yang bisa ditahan (N)

L = Panjang bentang efektif benda uji antara 2 tumpuan (mm)

b = Lebar benda uji (mm)

h = Tinggi benda uji (mm)

5. Untuk mengetahui nilai modulus of elasticity (MOE) mengacu pada SNI 03-3972-1995 persamaan yang digunakan:

$$Ea_{pp} = \frac{\delta p L^3}{48I\delta y} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

Ea_{pp} = Modulus elastisitas lentur semu, lendutan geser (N/mm²)

δp = Besarnya beban (N)

L = Bentang bersih (mm)

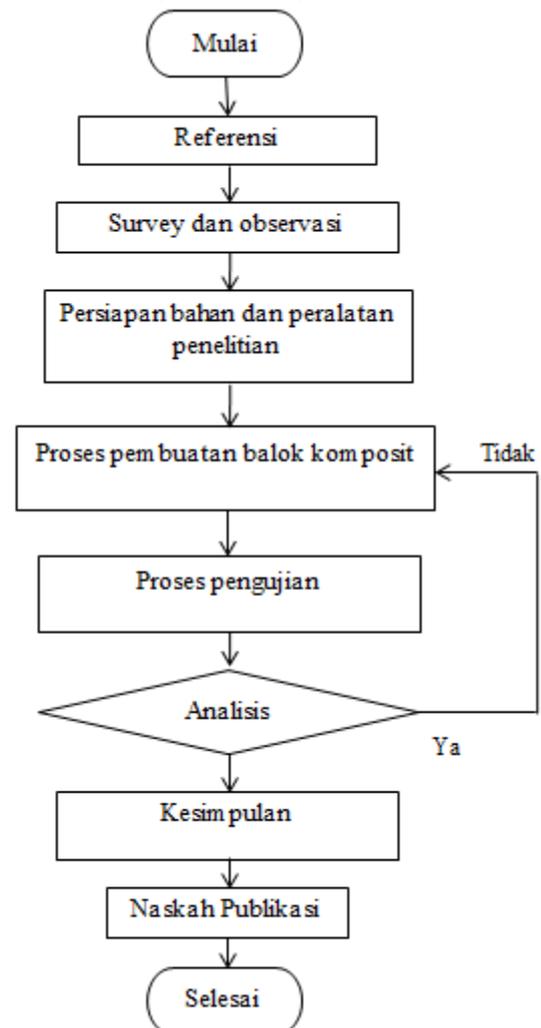
δy = Defleksi (mm)

I = Momen inersia (mm⁴)

3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Bagan Alir Penelitian

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2019 sampai dengan Desember 2019. Lokasi Pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar, Magelang. Pengujian benda uji dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Negeri Yogyakarta. Pengelolaan data dilakukan di Universitas Tidar.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan kempa dingin dengan pengujian menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Alat ini merupakan sebuah mesin untuk menguji tegangan tarik dan kekuatan tekan bahan atau material, jumlah bahan sampel 5 varian 3 benda uji dengan ukuran 5 cm x 7 cm x 130 cm. Melakukan pengujian kuat lentur, benda uji diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, sampai benda ujitidak dapat lagi menahan beban, dinyatakan dalam *Mega Pascal* (MPa) gaya persatuan luas. Berikut merupakan gambar pengujian kuat lentur dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3 Skema Pengujian Kuat Lentur

4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

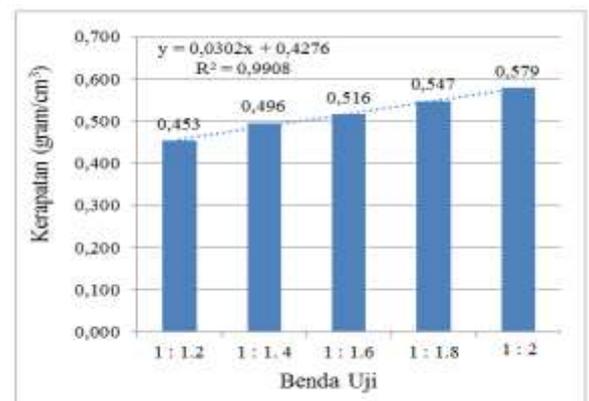
4.1 Kerapatan

Hasil pengujian dan perhitungan nilai kerapatan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Perhitungan Nilai Kerapatan

Benda Uji	Perbandingan serat : lem	L (cm)	b (cm)	h (cm)	Volume (cm ³)	Berat balok (gr)	Kerapatan (gr/cm ³)	Rata-rata Kerapatan (gr/cm ³)
B1.1	1 : 1,2	10,3	6,2	7,5	478,9	195	0,407	0,453
B1.2		10	6,1	7,8	491,4	229	0,466	
B1.3		9,6	6	7,9	459,8	224	0,487	
B2.1	1 : 1,4	10	6,4	7,3	467,2	238	0,509	0,496
B2.2		9,8	6,4	7,7	482,9	241	0,499	
B2.3		9,8	6,5	8,4	535,1	256	0,478	
B3.1	1 : 1,6	9,7	6,4	7,7	478	217	0,653	0,516
B3.2		9,7	6,6	7,9	505,7	213	0,423	
B3.3		9,8	6,3	7,9	487,7	231	0,474	
B4.1	1 : 1,8	9,9	6	7	415,8	201	0,905	0,547
B4.2		9,8	6,2	8	486,08	225	0,463	
B4.3		10	6	7,7	462	311	0,673	
B5.1	1 : 2	9,8	6,2	7,8	449,6	401	0,669	0,579
B5.2		9,9	6,5	7,8	501,9	256	0,510	
B5.3		9,3	5,8	7,7	424,3	236	0,558	

(Sumber : Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Tidar, 2019)



Gambar 4 Grafik Kerapatan Balok Komposit

Hasil dari pengujian kerapatan yang telah dihitung kemudian dilakukan perhitungan menggunakan metode *anova single factor* yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Pengujian *Anova Single Factor* Kerapatan Balok Komposit

SUMMARY						
Groups	Count	Sum	average	Variance		
1 : 1,2	3	1,360	0,453	0,0017		
1 : 1,4	3	1,487	0,496	0,0002		
1 : 1,6	3	1,548	0,516	0,0147		
1 : 1,8	3	1,641	0,547	0,0124		
1 : 2	3	1,736	0,579	0,0067		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	0,02755	4	0,00689	0,86189	0,46924	3,47805
Within Groups	0,07161	10	0,00716			
Total	0,09917	14				

Hasil perhitungan Anova nilai F (0,96189) lebih kecil dari nilai F_{crit} (3,47805). Kesimpulannya adalah perbandingan campuran komposisi serat rayung dan matriks lem kayu pada balok komposit tidak beda nyata terhadap nilai kerapatan dikarenakan selisih campuran varian 1 dengan yang lain tidak terlalu banyak.

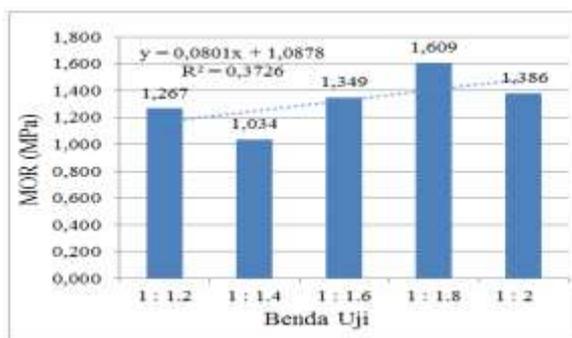
4.2 Modulus of Rupture (MOR)

Hasil pengujian dan perhitungan balok komposit diperoleh data yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Data Perhitungan MOR

Benda Uji	Perbandingan Serat : lem	Panjang Batang Balok L (mm)	Lebar Balok (mm)	Tinggi Balok (mm)	P Maks (N)	Nilai MOR (MPa)	MOR Rata-rata (MPa)
B1.1	1 : 1,2	1200	62	75	330	1,703	1,267
B1.2		1200	63	78	229	1,07	
B1.3		1200	60	79	393	1,024	
B2.1	1 : 1,4	1200	64	73	213	1,124	1,034
B2.2		1200	64	77	188	0,892	
B2.3		1200	65	88	277	1,087	
B3.1	1 : 1,6	1200	64	77	223	1,058	1,349
B3.2		1200	66	79	332	1,451	
B3.3		1200	63	79	336	1,338	
B4.1	1 : 1,8	1200	60	70	306	1,873	1,609
B4.2		1200	62	80	340	1,542	
B4.3		1200	60	77	279	1,412	
B5.1	1 : 2	1200	62	74	263	1,384	1,356
B5.2		1200	63	78	270	1,229	
B5.3		1200	58	77	293	1,334	

(Sumber : Laboratorium Bahan Bangunan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Negeri Yogyakarta, 2019)



Gambar 5 Grafik Modulus of rupture (MOR)

Hasil dari pengujian Modulus of rupture (MOR) yang telah dihitung kemudian dilakukan perhitungan menggunakan metode *anova single factor* yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Pengujian Anova Single Factor MOR

SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
1 : 1,2	3	3,802	1,267	0,143		
1 : 1,4	3	3,103	1,034	0,016		
1 : 1,6	3	4,047	1,349	0,065		
1 : 1,8	3	4,827	1,609	0,056		
1 : 2	3	4,137	1,386	0,023		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	Fcrit
Between Groups	0,51793	4	0,12948	2,13139	0,15128	3,47805
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	Fcrit
Within Groups	0,6075	10	0,06075			
Total	1,12542	14				

Hasil perhitungan Anova nilai F (2,14034) lebih kecil daripada nilai F_{crit} (3,47805) memberikan hasil tidak beda nyata. Kesimpulan bahwa penambahan jumlah lem pada balok komposit serat rayung tidak beda nyata terhadap nilai Modulus of rupture (MOR) dikarenakan selisih campuran varian 1 dengan yang lain tidak terlalu banyak.

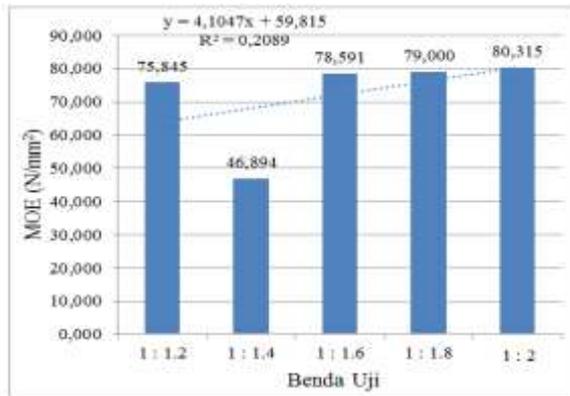
4.3 Modulus of Elasticity (MOE)

Hasil pengujian dan perhitungan balok komposit diperoleh data yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Data Perhitungan MOE

Benda Uji	Perbandingan serat : lem	Panjang Batang Balok L (mm)	P Maks (N)	Lewatan δ (mm)	Momen Inersia (mm ⁴)	Nilai MOE (N/mm ²)	Rata-rata Nilai MOE (N/mm ²)
B1.1	1 : 1,2	1200	330	73,801	2179687,500	71,503	75,845
B1.2		1200	229	84,633	24191398,000	56,183	
B1.3		1200	393	57,802	2465195,000	99,289	
B2.1	1 : 1,4	1200	213	74,822	2074757,333	49,329	48,894
B2.2		1200	188	61,871	2434842,667	44,926	
B2.3		1200	277	54,836	3210480,000	48,427	
B3.1	1 : 1,6	1200	223	84,335	2434842,667	39,003	78,591
B3.2		1200	332	46,816	2731714,500	94,346	
B3.3		1200	336	45,536	2588454,7500	102,623	
B4.1	1 : 1,8	1200	306	67,879	1715000,000	111,328	70,000
B4.2		1200	340	78,018	2645333,333	59,307	
B4.3		1200	279	66,301	2282665,000	66,366	
B5.1	1 : 2	1200	263	47,963	2099657,333	94,282	80,315
B5.2		1200	270	68,333	2570490	56,834	
B5.3		1200	293	53,215	2206576,167	89,829	

(Sumber : Laboratorium Bahan Bangunan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Negeri Yogyakarta, 2019)



Gambar 6 Grafik *Modulus of Elasticity* (MOE)

Hasil dari pengujian *Modulus of Elasticity* (MOE) yang telah dihitung kemudian dilakukan perhitungan menggunakan metode *anova single factor* yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Pengujian *Anova Single Factor* MOE

SUMMARY				
Groups	Count	Sum	Average	Variance
1 : 1,2	3	227,534	75,8447	472,764
1 : 1,4	3	140,682	46,894	5,01017
1 : 1,6	3	235,772	78,5907	1195,35
1 : 1,8	3	237,003	79,0003	796,266
1 : 2	3	240,945	80,315	418,475

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	2419,77	4	604,943	1,04811	0,43017	3,47805

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Within Groups	5771,74	10	577,174			

Total	8191,51	14				
-------	---------	----	--	--	--	--

Hasil perhitungan Anova nilai F (1,04811) lebih kecil daripada nilai F_{crit} (3,47805) memberikan hasil tidak beda nyata. Kesimpulan bahwa perbandingan campuran komposisi dari serat rayung dengan matriks lem kayu pada balok komposit tidak beda nyata terhadap nilai *modulus of elasticity* (MOE) dikarenakan selisih campuran varian 1 dengan yang lain tidak terlalu banyak.

5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang ada, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Balok komposit dari serat rayung dengan matriks lem kayu untuk benda uji B.1 varian (1 serat : 1,2 lem) menghasilkan nilai MOR 1,267 MPa dan MOE 75,845 N/mm², benda uji B.2 (1 serat : 1,4 lem) menghasilkan nilai MOR 1,034 MPa dan MOE 46,894 N/mm², benda uji B.3 (1 serat : 1,6 lem) menghasilkan nilai MOR 1,394 MPa dan MOE 78,591 N/mm², benda uji B.4 (1 serat : 1,8 lem) menghasilkan nilai MOR 1,609 Mpa dan MOE 79,000 N/mm², benda uji B.5 (1 serat : 2 lem) menghasilkan nilai MOR 1,380 MPa dan MOE 80,315 N/mm².
- Balok komposit dari serat rayung dengan matriks lem kayu yang menghasilkan kuat lentur tertinggi yaitu benda uji B.4 (1 serat : 1,8 lem) menghasilkan nilai MOR 1,609 Mpa dan B.5 (1 serat : 2 lem) menghasilkan nilai MOE 80,315 N/mm².

5.2 Saran

Setelah dilakukan penelitian dapat diberikan saran sebagai berikut:

- Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya sebelum melakukan penelitian mempelajari dahulu karakteristik, jenis matriks, serat dan metode cara pembuatan balok komposit yang digunakan dan serat yang digunakan.
- Untuk meningkatkan kuat lentur balok komposit dalam pembuatan benda uji setelah pengepresan dilakukan klem bertujuan meminimalis pengembangan benda uji.
- Dapat dilakukan menggunakan metode kempa panas dalam pembuatan balok komposit dari serat rayung untuk meningkatkan nilai kuat lentur.

DAFTAR PUSTAKA

- Dewi, R., 2008, *Pemanfaatan Alang-Alang (Imperata Cylindrica (L.) Beauv.) Sebagai Bahan Baku Produk Komposit*, Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Fahmi, H., Hermansyah, H., 2011, *Pengaruh Orientasi Serat pada Komposit Resin Polyester/Serat Daun Nenas Terhadap Kekuatan Tarik*, Jurnal Teknik Mesin, Vol 1 No 2, 16-32.
- Gigantochloaapus Kurz) Terhadap Kerapatan Delaminasi dan Keteguhan Patah*, Jurnal Ilmu Kesehatan, Vol 1 No 2, 22-29.
- Mahdie, M., F., Rinaldi, A., 2007, *Pengaruh Pola Susunan Laminasi Balok Bambu Tali*
- Malau, V., 2010, *Karakteristik Sifat Mekanis dan Fisis Komposit E-Glass dan Resin Eternal 2504 dengan Variasi Kandungan Serat Temperatur dan Lama Curing*, Jurnal Mekanika, Vol 8 No 2, 144-149.
- Metode Pengujian Kuat Lentur Kayu di Laboratorium SNI 03-3959-1995*, 1995, Standar Nasional Indonesia (SNI), Jakarta, www.bsn.go.id.
- Metode Pengujian Modulus Elastisitas Lentur Kayu Konstruksi Berukuran Struktural SNI 03-3972-1995*, 1995, Standar Nasional Indonesia (SNI), Jakarta, www.bsn.go.id.
- Oroh, J., Sappu, F., P., Lumintang, R., 2013,
- Analisis Sifat Mekanik Material Komposit dari Serat Sabut Kelapa*, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Papan Partikel SNI 03-2105-2006*, 1995, Standar Nasional Indonesia (SNI), Jakarta, www.bsn.go.id.
- Tifani, E., Puluhulawa, I., 2018, *Sifat Fisik dan Mekanis Papan Partikel dari Kulit Pinang dan Serbuk Kayu Mahang*, Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT), hlm. 283 – 34, 283-292.
- Yudha, A., P., 2019, *Kuat Lentur Balok Komposit dari Serat Rayung dengan Matriks Resin Eternal*, Skripsi, Universitas Tidar, Magelang.