

Analisis Kekuatan Balok Bambu Laminasi dengan Metode Incising Pada Tekanan Kempa 1,5 MPa.

Iskandar Yasin¹, Dewi Sulistyorini², Aldi Kurniawan³, Ico Ardian Febriansyah⁴, Akhmad Zahron Alfarizy⁵

Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa, Yogyakarta, Indonesia¹

Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa, Yogyakarta, Indonesia²

Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa, Yogyakarta, Indonesia³

Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa, Yogyakarta, Indonesia⁴

Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa, Yogyakarta, Indonesia⁵

Corresponding author: aldikurniawan4438@gmail.com

ABSTRAK

Bambu laminasi adalah bahan bangunan yang memiliki karakter seperti kayu dan sebagai alternatif bahan bangunan pengganti kayu, yang memiliki kualitas yang bagus dalam kebutuhan konstruksi. Bahan baku penelitian yang dipakai adalah bambu petung (*dendrocalamus asper*). metode incising proses pembuatan lubang atau goresan pada bambu untuk meningkatkan penetrasi bahan pengawetan bambu agar lebih tahan terhadap serangan hama dan pemecahan. Pembuatan benda uji pendahuluan untuk pengujian sifat fisik dan mekanik didasarkan pada standar ISO 2024 dan ASTM D143-2028. Pengujian sifat fisik bambu terdiri dari kadar air dan berat jenis, sedangkan pengujian mekanik bambu terdiri dari kuat tekan. Tes eksperimental dilakukan pada benda uji terdiri dari yang utuh (reffrensi), benda uji vasiasi lubang dengan jarak 4x4, jarak 6x6, dan jarak 8x8. Masing – masing benda uji sebanyak 3 buah berukuran lebar x tinggi x Panjang yaitu 5 cm x 5 cm x 50 cm setiap balok uji bambu laminasi diuji diberi tekanan kempa 1,5 MPa. Berdasarkan hasil pengujian fisik diperoleh kadar air 14,39%. Hasil persentase momen internal dan eksternal balok bambu laminasi dengan tekanan kempa 1,5 MPa rata-rata sebesar 38,933%, persentase momen internal dan eksternal maksimum sebesar 49,35%, persentase momen internal dan eksternal terendah sebesar 27,00%. Modulus elastisitas balok bambu laminasi rata-rata sebesar 4756,94 MPa. Hasil uji MoR balok bambu laminasi sebesar 62,98 MPa. Hasil rata – rata rasio momen internal dan eksternal sebesar 17,325%. Hasil rata-rata tegangan geser pada balok bambu laminasi sebesar 8,4975 MPa.

Kata kunci: bambu laminasi, metode incising, tekanan kempa, kuat tekan

ABSTRACT

Laminated bamboo is a building material that has characterisrics likw wood and is an alternative building material to replace wood, which has good quality for contruction needs. The research raw material used was petung bamboo (dendrocalamus asper). Incising method – the process of marking holes or scratches in bamboo to incrase the penetration of the bamoo preservation material so that it is more resistant to pest attacks and splitting. Making preliminary test objects for testing physical and mechanical properties is based on ISO 2024 and ASTM D143-2028 standars. Testing of the physical properties of bamboo consists of compressive strength. Experimental tests were carried out on test objects consisting of intact (reference), hole-variated test objects with a distance of 4x4, a distance of 6x6, and a distance of 8x8. Each of the 3 test objects measuring width x height x length, namely 5 cm x 5 cm x 50 cm, each tst beam of laminated bamboo was tested under a compression pressure of 1,5 MPa. Based on the results of physical testing, the water content was 14.39% The results of the percentage of internal and external moments of laminated bamboo beams whit a compression pressure of 1,5 were an average of 38.933%, the maximum percentage of internal and external moments was 49.35%, the lowest percentage of internal and external moments was 27.00%. The average modulus of elasticity of laminated bamboo beams is4756.94 MPa. The MoR test results for laminated bamboo beams were 62.98 MPa. The average result of the internal and external moment ratio is 17.325%. The average shear stress result in laminated bamboo beams is 8,4975 MPa.

Keywords: laminated bamboo, incising method, compression pressure, compressive strenght

Pendahuluan

Bambu adalah tanaman serbaguna yang telah digunakan manusia selama ribuan tahun dan merupakan salah satu tanaman paling ramah di bumi ini. Tanaman ini berkembang dengan cepat dan dapat dipanen dalam waktu yang relatif cepat, biasanya beberapa tahun. Selain itu, bambu dapat tumbuh kembali setelah dipanen.

Bambu mempunyai sifat fisik yang unik seperti kekuatan tinggi, ringan, elastis, dan tahan terhadap tekanan. Sifat-sifat ini menjadikan bambu bahan yang ideal untuk berbagai aplikasi, termasuk konstruksi, furniture, dan bahan bangunan seperti laminasi bambu. Laminasi bambu merupakan Teknik yang memadukan Teknik pelapisan bambu untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan bambu sebagai bahan bangunan. Bambu Laminasi telah banyak diteliti sebagai bahan alternatif ramah lingkungan yang dapat mengurangi ketergantungan pada kayu keras dan bahan bangunan lain yang kurang ramah lingkungan. Penelitian Bambu Laminasi mencakup berbagai aspek, antara lain: Teknik pemotongan, pengeringan bambu, dan metode pelapisan serta pengujian sifat fisik dan mekaniknya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperluas pemanfaatan bambu dalam industri konstruksi dan membuka peluang pengembangan yang lebih ramah lingkungan.

Bambu laminasi adalah bahan bangunan yang memiliki karakter seperti kayu. bahan bangunan ini sangat populer dikembangkan dan diteliti belakangan ini, karena memiliki banyak keunggulan (Eratodi, 2013). Bambu laminasi sebagai alternatif bahan bangunan pengganti kayu, memiliki prospek yang bagus dalam pemenuhan kebutuhan konstruksi. Tanaman bambu tumbuh di berbagai kondisi lahan (Yasin, dkk, 2015).

Metode Incising adalah proses pembuatan lubang atau goresan pada bambu untuk meningkatkan penetrasi agar tidak terjadi gesekan horizontal dan dalam lubang ini balok lamina di lubang setengah dari balok lamina itu sendiri lalu di strap masuk ke lubang kemudian direkatkan, dikempa sebagai perekat dan shear connector, ini penting dalam pengawetan bambu agar lebih kuat terhadap gesekan. Dalam metode ini bambu dikempa dengan tekanan 1,5 MPa melibatkan penggunaan tekanan tinggi untuk memaksa lebih dalam serat bambu.

Studi Pustaka

Zakikhani, dkk, (2017), meneliti tentang klasifikasi dan sifat serat bambu dan potensi penggunaannya dalam material komposit. Artikel ini juga berisi tentang penjelasan bambu yang merupakan serat tumbuhan dan dikenal dengan tingkat pertumbuhannya yang cepat, metode yang

digunakan dalam artikel adalah Ekstraksi untuk penggunaan komersial serat bambu sebagai bahan penguat karena sifat mekanik dan fisik bambu bervariasi antar spesies dan panjang batang. Bambu yang memiliki nama latin Bambusoideae merupakan tumbuhan yang termasuk dalam kategori rumput-rumputan. Pertumbuhan bambu cenderung lebih cepat, dengan masa panen sekitar 3-5 tahun, memungkinkan permanen berkelanjutan tanpa perlu menanam kembali secara berulang.

Bambu adalah tanaman dengan jenis serat batang yang banyak ditemukan di negara dengan iklim tropis dan subtropis, bambu juga merupakan komposit serat alami yang banyak digunakan dalam industri seperti konstruksi dan furniture. Bambu terdiri dari serat-serat selulosa yang disejajarkan sepanjang batang bambu, membentuk 40% dari volume batang. Sifat mekanis bambu dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti spesies, umur, lokasi, iklim teknik, diameter, kerapatan, kadar air, tinggi dan posisi dalam batang (Wong dan Israr, 2017).

Bambu merupakan bahan komposit alami yang tumbuh subur di negara tropis, bambu juga memiliki kekuatan mekanik maksimum dalam tiga tahun dan hanya membutuhkan beberapa bulan untuk mencapai pertumbuhan penuh. Kadar air pada bambu mempengaruhi sifat fisik dan mekaniknya, seperti gravitasi spesifik, penyerapan air, perubahan dimensi dan kekuatan tarik tekan. Sifat fisik dan mekanik bambu bervariasi dengan umur bambu dan tinggi batang dan bambu yang lebih tua memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi Wakchaure dan Kute (2017). Bambu jenis ini dipilih karena memiliki sifat alami yang sangat tahan lama serta memiliki daging yang tebal dan diameter yang besar. Sehingga bambu laminasi yang dihasilkan akan awet (Suardika 2023).

Bambu laminasi adalah sebuah inovasi dalam struktur konstruksi yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan material bangunan Proses pembuatan bambu laminasi melibatkan pemisahan batang bambu menjadi sejumlah lapisan yang kemudian disatukan melalui sistem perekatan dan penekanan. Keunggulan dari Teknik ini terletak pada kemampuannya untuk menghasilkan bambu laminasi dalam beragam dimensi dan ukuran yang berbeda (Darwis 2021).

Penggunaan bambu sebagai balok laminasi diharapkan dapat mengurangi pemakaian kayu berkualitas tinggi serta menurunkan biaya produksi. Namun, informasi mengenai karakteristik mekanik joint (bagian atas dan bawah balok) pada balok laminasi dengan bambu masih terbatas. Pengembangan teknologi laminasi ini memiliki manfaat besar dalam mendukung pelestarian hutan (Priyanto 2019). Balok bambu laminasi umumnya

memiliki panjang minimal 3 meter atau bisa lebih. Namun, bambu laminasi dari pabrik memiliki Panjang maksimal sekitar 1,5 meter. Sehingga untuk mencapai Panjang balok bambu 3 meter diperlukan penyambungan (Syafii 2019).

Yasin (2018), meneliti dan menganalisis mikroskopis pengaruh tekanan kempa balok Laminasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh besarnya tekanan kempa terhadap bambu murni. Sehingga diharapkan mendapat hubungan antara variasi pengempaan dan sifat fisika (kerapatan dan kadar air) dan sifat mekanika (kuat tekan, kuat Tarik, kuat geser, dan modulus elastisitas) bambu. Pengaruh besarnya tekanan kempa juga dianalisis dengan mengamati serat bambu secara mikroskopis.

Manik dkk (2022), meneliti dan menganalisis kekuatan lentur dan kekuatan tekan balok laminasi bambu Petung (*Dendrocalamus Asper*) dan serat kelapa sebagai bahan konstruksi kapal. Dalam artikel ini memiliki tujuan mengembangkan material komposisi sebagai bahan konstruksi kapal sebagai material baru. Kombinasi laminasi bambu petung dengan serat kelapa akan memberikan kajian yang menarik untuk dilakukan. Sedangkan Ampel (2017) meneliti pengaruh tekanan terhadap kuat geser balok bambu laminasi horizontal yang membahas tentang pengaruh tekanan kuat geser balok penjepit bambu laminasi horizontal ampel.

Identifikasi Masalah

Saat pembuatan balok bambu laminasi, lamina bambu direkatkan dengan lem polyvinyl acetate (PVAc). Dalam pengepresannya, laminasi bambu saling menempel. Merekatkan bambu laminasi dengan cara menekan balok bambu laminasi dengan tekanan 1,5 MPa menyebabkan serat-serat bambu laminasi berpindah. Perubahan serat lamina bambu akibat proses pengepresan perlu diteliti dengan cara ini kita dapat mengetahui pengaruh tekan pada material berbahan dasar bambu, dan perlu dicari kompresi yang optimal pada sistem geser, dimana lem merupakan titik geser dari balok

bambu yang laminasi. Pengaruh ikatan geser antar laminasi bahan dasar bambu perlu diketahui sehingga pengujian eksperimental balok bambu geser laminasi dan balok lepas laminasi dapat mengubah pola geser.

Tujuan Penelitian

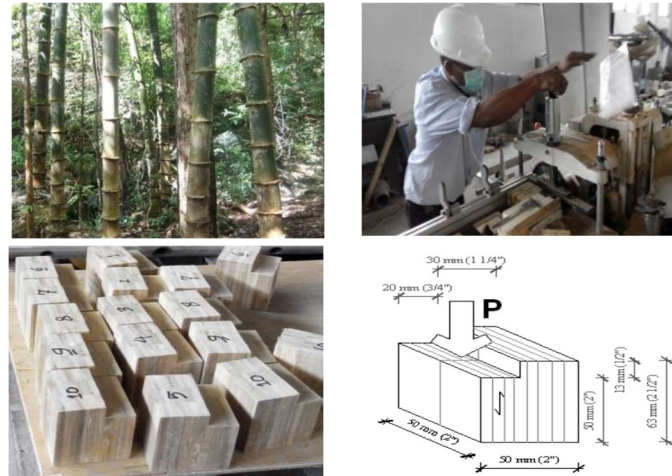
Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh tekanan kempa terhadap sifat fisika dan mekanika material bambu. Tekanan kempa pada bilah bambu dengan variasi dikempa 1,5 MPa. Dengan mengaplikasikan metode incising dalam laminasi balok bambu pada tekanan kempa 1,5 MPa bertujuan sebagai adhesive dan shear connector agar antar lamina bambu tidak tergelincir secara horizontal atau bergeser.

Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini merupakan penggunaan metode incising pada bambu laminasi dengan tekanan kempa 1,5 MPa akan meningkatkan kekuatan dan ketahanan bambu sebagai bahan bangunan, serta menghasilkan perubahan yang signifikan pada sifat mekanika bambu laminasi. Dalam hipotesis ini penggunaan metode incising pada bambu laminasi dengan tekanan kempa 1,5 MPa akan memilih efek positif terhadap kekuatan dan ketahanan bambu sebagai bahan bangunan

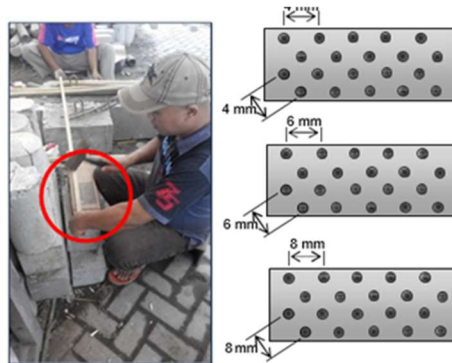
Metodologi

Bahan penelitian yang digunakan adalah bambu petung (*dendrocalamus asper*). Sampel uji awal untuk pengujian sifat fisik dan mekanik didasarkan pada standard ISO 2004 dan ASTM D143-2008. Test eksperimen pada sampel dengan tekanan kempa sebesar 1,5 MPa. Pengujian sifat fisik bambu terdiri dari kadar air dan berat jenis, sedangkan pengujian mekanik bambu terdiri dari kuat tekan. bahan penelitian dan metode pengujian seperti gambar 1 dibawah ini



Gambar 1. (A) Beberapa Bahan Bambu Petung Untuk Pengujian (B) Setting Set-Up Pembuatan Benda Pada Uji Balok Geser (C) Benda Uji Spesimen Benda Uji Laminasi (D) Dimensi Blok Bangunan ASTM D143-2008 Standard.

Bahan bambu Petung setelah mencapai batas keringnya, kemudian dibuatlah benda uji sifat fisika dan mekanika. Ukuran dan bentuk pengujian sifat fisika dan mekanika benda uji pendahuluan bambu petung berdasarkan ISO 2004 dan ASTM D143-2008, meliputi benda uji kadar air, kerapatan, tekan sejajar serat, benda uji geser sejajar serat, benda uji tarik sejajar dan benda uji lentur. Pengujian ini seperti gambar diatas.



Gambar 2. Cara Pembuatan Metode Incising Pada Laminasi Bambu.

Perlengkapan incising biasanya mencakup berbagai alat dan peralatan yang digunakan untuk membuat potong seperti gambar diatas dengan ukuran yang ditentukan dan masukan lem polivynyl acetate (PVAc) di beberapa lubang yang sudah ditentukan. pengujian ini seperti gambar 2 diatas.



Gambar 3. Persiapan Pengujian Kuat Geser Laminasi Balok Bambu.

Potongan balok bambu menjadi sampel dengan ukuran dan dimensi yang sesuai dengan pengujian kuat geser, tentukan dimana titik pengujian yang akan ditempatkan pada sampel bambu pastikan peralatan pengujian kuat geser yang sesuai seperti mesin uji geser atau alat penguji lainnya. Proses ini akan menerapkan gaya lateral pada sampel untuk mengukur kekuatan geser maksimum yang dapat ditahan oleh laminasi dan catat hasil pengujian, termasuk kekuatan geser maksimum. Pengujian ini seperti gambar 3 diatas.

Analisis Hasil dan Pembahasan

Data fisik masing-masing balok uji bambu laminasi tekanan kempa 1,5 MPa Rata-rata uji kadar air sebesar 14,39%, Hasil momen Internal balok bambu laminasi tekanan kempa 1,5 MPa 38,933 dengan kenaikan momen eksternal paling tinggi 49,35% dan paling rendah 27,00%, hasil perhitungan momen internal balok bambu laminasi tekanan kempa 1,5 Mpa dengan rata-rata 38.9333. Modulus elastisitas balok bambu laminasi pada tekanan kempa 1,5 MPa dengan rata-rata 4756,94. Mor balok bambu laminasi pada tekanan kempa 1,5 MPa 62,98. Perhitungan momen internal dan rasio momen eksternal balok bambu laminasi pada tekanan kempa 1,5 MPa rata-rata 17,325. Perhitungan tegangan geser balok bambu laminasi pada tekanan kempa 1,5 MPa 8.4975



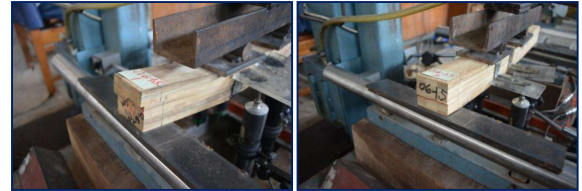
Gambar 4. Pengujian Gagal Geser Pada Balok Bambu Laminasi Referensi Dengan Tekanan Kempa 1,5 MPa.

Gagal geser pada balok bambu laminasi dengan referensi tekanan kempa 1,5 MPa mengindikasikan bahwa balok tersebut tidak memenuhi kekuatan geser yang diharapkan. Ini bisa disebabkan beberapa faktor, termasuk kualitas bahan, proses pembuatan strukturnya.



Gambar 5. Pengujian Gagal Geser Pada Balok Bambu Laminasi Dengan Jarak Incising 4x4 Mm Tekanan Kempa 1,5 MPa.

Gagal geser pada balok bambu laminasi dengan jarak incising 4x4 mm dan tekanan Kempa 1,5 MPa menunjukkan bahwa balok tersebut tidak memenuhi kekuatan geser yang diharapkan dalam kondisi tersebut.



Gambar 6. Pengujian Gagal Geser Pada Balok Bambu Laminasi Dengan Incising 6x6 Mm Tekanan Kempa 1,5 MPa.

Gagal geser pada balok bambu laminasi dengan jarak incising 6x6 mm dan tekanan Kempa 1,5 MPa menunjukkan bahwa balok tersebut tidak memenuhi kekuatan geser yang diharapkan dalam kondisi tersebut.



Gambar 7. Pengujian Gagal Geser pada Balok Bambu Laminasi Dengan Jarak Laminasi 8x8 Mm Tekanan Kempa 1,5 MPa.

Gagal geser pada balok bambu laminasi dengan jarak incising 8x8 mm dan tekanan Kempa 1,5 MPa menunjukkan bahwa balok tersebut tidak memenuhi kekuatan geser yang diharapkan dalam kondisi tersebut

Tabel 1. Data Fisik Masing-Masing Balok Uji Bambu Laminasi Tekanan Kempa 1,5 MPa.

No	Kode Balok	Ukuran Balok Uji			Volume (cm ³)	Berat (N)	Berat/Volume		Kadar Air (%)
		Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Panjang (cm)			Balok Uji (N/m ³)	Rerata (N/m ³)	
1	Reff-1,5-1	5,36	5,26	50,65	1428,01	12	8557,39		14,00
2	Reff-1,5-2	5,17	5,37	51,48	1429,10	12	8641,83	8378,09	14,00
3	Reff-1,5-3	5,15	5,42	50,48	1408,94	11	7935,06		15,00
4	Incs 4x4-1,5-1	5,52	5,86	51,49	1665,46	13	7688,57		15,00
5	Incs 4x4-1,5-2	5,75	5,75	52,48	1735,02	13	7342,85	7593,71	14,00
6	Incs 4x4-1,6-3	5,68	5,68	51,48	1660,71	13	7749,71		15,00
7	Incs 6x6-1,5-1	5,21	5,36	50,88	1420,85	13	9012,18		14,00
8	Incs 6x6-1,5-2	5,45	5,74	50,65	1584,58	13	7998,98	8167,08	14,67
9	Incs 6x6-1,5-3	5,72	5,82	50,57	1683,56	13	7490,07		15,00
10	Incs 8x8-1,5-1	5,48	5,48	50,72	1523,14	12	8108,24		14,00
11	Incs 8x8-1,5-2	5,85	5,88	51,58	1774,32	11	6374,28	7490,83	14,00
12	Incs 8x8-1,5-3	5,68	5,47	51,58	1602,63	13	7989,98		14,00
RATA - RATA									14,39

Berdasarkan data fisik masing-masing balok referensi tanpa incising dengan kode 1,5 dengan rata-rata 8378,09 MPa, incising 4x4 dengan rata-rata 7593,71 MPa, incising 6x6 dengan rata-rata 8167,08 MPa, incising 8x8 dengan rata-rata 7490,83 MPa sehingga data fisik masing-masing bambu laminasi tekanan kempa 1,5 MPa yaitu jarak paling besar pada refferensi tanpa incising dengan nilai rata-rata 8378,09 MPa.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Momen Internal Balok Bambu Laminasi Tekanan Kempa 1,5 MPa.

No	Kode Balok	K (1/mm)	Gaya Internal (N)	Lengan Momen (mm)	Momen Internal		Momen Eksternal		Rasio Momen Internal dan Eksternal (%)	Kenaikan Momen eksternal dan Eksternal (%)
					Hasil (kNmm)	Rerata (kNmm)	Hasil (kNmm)	Rerata (kNmm)		
1	Reff-1,5-1	0,00038883	39540,05	35,37	1399		9160			
2	Reff-1,5-2	0,000741659	72396,48	34,59	2504	2028	8145	8743	23,2	-
3	Reff-1,5-3	0,000165235	60785,54	35,90	2182		8925			
4	Incs 4x4-1,5-1	0,000378750	49084,59	39,26	1927		13470			
5	Incs 4x4-1,5-2	0,000255407	42630,97	38,74	1652	1555	12465	13058	11,9	49,35
6	Incs 4x4-1,5-3	0,000228978	27994,00	38,83	1087		13240			
7	Incs 6x6-1,5-1	0,000858938	80770,83	34,80	2811		12110			
8	Incs 6x6-1,5-2	0,000609169	72844,60	37,88	2759	3073	12385	12280	25,0	40,45
9	Incs 6x6-1,5-3	0,000789183	96580,66	37,78	3649		12345			
10	Incs 8x8-1,5-1	0,00024626	27140,72	37,40	1015		11175			
11	Incs 8x8-1,5-2	0,000207704	31436,98	40,11	1261	1025	11367	11104	9,2	27,00
12	Incs 8x8-1,5-3	0,000191535	21109,92	37,81	798		10770			
RATA - RATA										38,93333333

Pada hasil perhitungan momen internal bambu referensi tanpa incising dengan kode 1,5 dengan rata-rata 8743 MPa, incising 4x4 dengan rata-rata 13058 MPa, incising 6x6 dengan rata-rata 12280 MPa, incising 8x8 dengan rata-rata 11104 MPa sehingga hasil perhitungan momen internal dengan tekanan kempa 1,5 MPa yaitu jarak paling besar pada incising 4x4 dengan nilai rata-rata 13058 MPa

Tabel 3. Hasil Analisis Variabel Penelitian Balok Bambu Laminasi Tekanan Kempa 1,5 MPa.

No	Kode Balok	Tekanan Kempa	Beban Maks	Lendutan Maks	MOR	MOE	Kerapatan	Faktor Kekakuan	Kelengkungan	Momen Internal	Momen Eksternal
		(MPa)	(N)	(mm)	(MPa)	(MPa)	(T/m3)	(kNm2)	(1/mm)	(kNmm)	(kNmm)
1	Reff-1,5-1	1,5	18320	12,05	37,23	2696,50	0,855739	23,558	0,00038883	1399	9160
2	Reff-1,5-2	1,5	16290	16,33	56,25	3620,27	0,864183	10,982	0,000741659	2504	8145
3	Reff-1,5-3	1,5	17850	14,78	59,56	4034,79	0,793506	14,934	0,000597648	2182	8925
4	Incs 4x4-1,5-1	1,5	26940	30,90	75,74	4666,79	0,768857	35,564	0,000378750	1927	13470
5	Incs 4x4-1,5-2	1,5	24930	11,77	70,54	6113,15	0,734285	37,963	0,000328346	1652	12465
6	Incs 4x4-1,5-3	1,5	26480	10,17	74,39	7268,14	0,774971	57,822	0,000228978	1087	13240
7	Incs 6x6-1,5-1	1,5	24220	12,22	68,57	5465,579	0,901218	14,181	0,000853988	2811	12110
8	Incs 6x6-1,5-2	1,5	24770	12,88	69,87	5288,13	0,799898	20,331	0,000609169	2759	12385
9	Incs 6x6-1,5-3	1,5	24690	13,22	64,44	4561,50	0,749007	15,643	0,000789183	3649	12345
10	Incs 8x8-1,5-1	1,5	22350	10,1	68,88	6818,29	0,810824	45,379	0,000246260	1015	11175
11	Incs 8x8-1,5-2	1,5	18120	9,05	46,21	2944,64	0,637428	39,076	0,000231859	1261	11367
12	Incs 8x8-1,5-3	1,5	21540	11,36	64,08	3605,48	0,798998	56,230	0,000191535	798	10770
RATA - RATA		11296,41667									

Pada pengujian hasil Analisa penelitian balok bambu laminasi tekanan kempa 1,5 MPa 11296,41667 dengan momen eksternal paling tinggi yang diperoleh 13470 kNmm dan paling rendah yang diperoleh adalah 8145 kNmm

Tabel 4. Modulus Elastisitas Balok Bambu Laminasi Pada Tekanan Kempa 1,5 MPa.

No	Kode Balok	P		Lendutan		Lebar	Tinggi	Panjang	MOE	
		Max	Proposional	Max	Proposional				Balok Uji	Rerata
		(N)	(N)	(mm)	(mm)				(MPa)	(MPa)
1	Reff-1,5-1	18320	6046	12,05	3,98	63,6	62,6	506,5	2696,5	
2	Reff-1,5-2	16290	5376	16,33	5,39	51,7	53,7	514,8	3620,27	
3	Reff-1,5-3	17850	5891	14,78	4,88	51,5	54,2	504,8	4034,79	3450,52
4	Incs 4x4-1,5-1	26940	8890	30,9	5,25	55,2	57,6	514,9	4666,79	
5	Incs 4x4-1,5-2	24930	8227	11,77	3,88	56,1	57,5	524,8	6113,15	
6	Incs 4x4-1,5-3	26480	8738	10,17	3,36	56,8	56,8	514,8	7268,14	6016,03
7	Incs 6x6-1,5-1	24220	7993	12,22	4,03	56,1	56,6	508,8	5465,58	
8	Incs 6x6-1,5-2	24770	8174	12,88	4,15	54,5	57,4	506,5	5288,13	
9	Incs 6x6-1,5-3	24690	8148	13,22	4,36	57,2	58,2	505,7	4561,5	5105,07
10	Incs 8x8-1,5-1	22350	7376	10,1	3,33	54,8	54,8	507,2	6818,29	
11	Incs 8x8-1,5-2	18120	5980	9,05	4,99	58,5	58,8	515,8	2944,64	
12	Incs 8x8-1,5-3	21540	4565	11,36	3,75	56,8	54,7	505,6	3605,48	4456,14
RATA - RATA		4756,94								

Kemudian balok referensi tanpa incising dengan kode 1,5 dengan modulus elastisitas 3450,52 MPa, incising 4x4 dengan modulus elastisitasnya 6016,03 MPa, incising 6x6 dengan modulus elastisitas 5105,07 MPa, incising 8x8 dengan modulus elastisitas 4456,14 MPa, sehingga modulus elastisitas dengan jarak paling besar pada incising 4x4 dengan nilai rata-rata 6016,03 MPa

Tabel 5. Modulus of Rupture Balok Bambu Laminasi Pada Tekanan Kempa 1,5 MPa.

No	Kode Balok	P Maks	Lendutaan Max	Lebar	Tinggi	Panjang	MOR	
		(N)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	Balok Uji (Mpa)	Rerata (Mpa)
1	Reff-1,5-1	18320	12,05	63,6	62,6	506,5	37,23	
2	Reff-1,5-2	16290	16,33	51,7	53,7	514,8	56,25	
3	Reff-1,5-3	17850	14,78	51,5	54,2	504,8	59,56	51,01
4	Incs 4x4-1,5-1	26940	30,9	55,2	57,6	514,9	75,74	
5	Incs 4x4-1,5-2	24930	11,77	56,1	57,5	524,8	70,54	
6	Incs 4x4-1,5-3	26480	10,17	56,8	56,8	514,8	74,39	73,56
7	Incs 6x6-1,5-1	24220	12,22	56,1	56,6	508,8	68,57	
8	Incs 6x6-1,5-2	24770	12,88	54,5	57,4	506,6	69,87	
9	Incs 6x6-1,5-3	24690	13,22	57,2	58,2	505,7	64,44	67,63
10	Incs 8x8-1,5-1	22350	10,1	54,8	54,8	507,2	68,88	
11	Incs 8x8-1,5-2	18120	9,05	58,5	58,8	515,8	46,21	
12	Incs 8x8-1,5-3	21540	11,36	56,8	54,7	505,6	64,08	59,72
	RATA - RATA							62,98

Pada Modulus of Rupture balok referensi tanpa incising dengan kode 1,5 dengan rata-rata 51,01 MPa, incising 4x4 dengan rata-rata 73,56 MPa, incising 6x6 dengan rata-rata 67,63 MPa, incising 8x8 dengan rata-rata 59,72 MPa, sehingga Modulus of Rupture balok laminasi dengan tekanan kempa 1,5 MPa yaitu jarak paling besar pada incising 4x4 dengan nilai rata-rata 73,56 MPa.

Tabel 6. Perhitungan Momen Internal Dan Rasio Momen Eksternal Balok Bambu Laminasi Pada Tekanan Kempa 1,5 MPa.

No	Kode Balok	K	h	b	ya	y _b	Gaya Internal	Lengan Momen	Momen Internal		Momen Eksternal		Rasio Momen Internal dan Eksternal (%)
		(1/mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(N)	(mm)	Hasil (kNm)	Rerata (kNm)	Hasil (kNm)	Rerata (kNm)	
1	Reff-1,5-1	0.00038883	52,65	53,65	37,53	15,12	39450,05	35,37	1399		9160		23,2
2	Reff-1,5-2	0.000741659	53,75	51,75	37,98	15,77	72396,48	34,39	2504	2028	8145	8743	
3	Reff-1,5-3	0.000165235	54,25	51,5	38,98	15,27	60785,54	35,9	2182		8925		
4	Incs 4x4-1,5-1	0.000378750	58,6	55,2	41,28	17,32	49084,59	39,26	1927		13470		11,9
5	Incs 4x4-1,5-2	0.000255407	57,5	57,5	40,93	16,57	42630,97	38,74	1652	1555	12465	13058	
6	Incs 4x4-1,5-3	0.000228978	56,8	56,8	40,17	16,63	27994	38,83	1087		13240		
7	Incs 6x6-1,5-1	0.000858938	53,6	52,1	38,91	14,69	80770,83	34,8	2811		12110		25
8	Incs 6x6-1,5-2	0.000609169	57,4	54,5	41,31	16,09	72844,6	37,88	2759	3073	12385	12280	
9	Incs 6x6-1,5-3	0.000789183	58,2	57,2	42,28	15,92	96580,66	37,78	3649		12345		
10	Incs 8x8-1,5-1	0.00024626	54,8	54,8	38,79	16,01	27140,72	37,4	1015		11175		9,2
11	Incs 8x8-1,5-2	0.000207704	58,8	58,5	41,62	17,18	31436,98	40,11	1261	1025	11367	11104	
12	Incs 8x8-1,5-3	0.000191535	54,7	56,8	38,52	16,18	21109,92	37,81	798		10770		
	RATA - RATA												17,325

Pada perhitungan momen internal dan rasio momen eksternal tanpa incising dengan kode 1,5 dengan rasio rata-rata 23,2 MPa, incising 4x4 dengan rasio rata-rata 11,9 MPa, incising 6x6 dengan rasio rata-rata 25 MPa, incising 8x8 dengan rasio rata-rata 9,2 MPa, sehingga perhitungan momen internal rasio momen eksternal yaitu jarak paling besar pada referensi dengan rasio rata-rata 23,2 MPa.

Tabel 7. Perhitungan Tegangan Geser Balok Bambu Laminasi Pada Tekanan Kempa 1,5 MPa.

No	Kode Balok	P Maks (N)	Lendutan Max (mm)	V (N)	ya (mm)	Q (mm ³)	I (mm ⁴)	Fv (Mpa)	Rata-rata Fv (Mpa)
1	Reff-1,5-1	18320	12,05	9160	37,53	35039,98	897044,3	7,19	6,88
2	Reff-1,5-2	16290	16,33	8145	37,98	34724,11	899121,58	6,53	
3	Reff-1,5-3	17850	14,78	8925	38,98	37344,05	979865,17	6,92	
4	Incs 4x4-1,5-1	26940	30,9	13470	41,28	41028,77	1143211,34	10,04	9,86
5	Incs 4x4-1,5-2	24930	11,77	12465	40,93	41322,28	1134514,5	9,2	
6	Incs 4x4-1,5-3	26480	10,17	13240	40,17	38303,52	1034475,82	10,33	
7	Incs 6x6-1,5-1	24220	12,22	12110	38,91	37527,98	994551,8	9,22	9,31
8	Incs 6x6-1,5-2	24770	12,88	12385	39,23	39455,93	1051943,21	9,06	
9	Incs 6x6-1,5-3	24690	13,22	12345	36,72	33901,1	862910,35	9,64	
10	Incs 8x8-1,5-1	22350	10,1	11175	35,47	31374,39	791694,95	8,88	7,94
11	Incs 8x8-1,5-2	18120	9,05	9060	36,72	34238,19	891538,67	6,85	
12	Incs 8x8-1,5-3	21540	11,36	10770	37,78	36728,73	951196,83	8,08	
RATA - RATA									8,4975

Perhitungan tegangan geser balok tanpa incising dengan kode 1,5 dengan rata-rata 6,88 MPa, incising 4x4 dengan rata-rata 9,86 MPa, incising 6x6 dengan rata-rata 9,31 MPa, incising 8x8 dengan rata-rata 7,94 MPa, sehingga perhitungan tegangan geser balok laminasi yaitu jarak paling besar pada incising 4x4 dengan nilai rata-rata 9,86

Kesimpulan

Data fisik balok bambu laminasi tekanan kempa 1,5 MPa Rata-rata 14,39 jarak paling besar pada referensi tanpa incising dengan nilai rata-rata 8378,09, Hasil momen Internal balok bambu laminasi tekanan kempa 1,5 MPa dengan rata-rata 11296,41667 MPa 38,933 dengan kenaikan momen eksternal dan eksternal paling tinggi 49,35% dan paling rendah 27,00%, hasil perhitungan momen internal balok bambu laminasi tekanan kempa 1,5 MPa dengan rata-rata 38.9333. Modulus elastisitas balok bambu laminasi pada tekanan kempa 1,5 MPa dengan rata-rata 4756,94. Modulus of Rupture balok bambu laminasi pada tekanan kempa 1,5 mpa 62,98. Perhitungan momen internal dan rasio momen eksternal balok bambu laminasi pada tekanan kempa 1,5 MPa rata-rata 17,325. Dan Perhitungan tegangan geser balok bambu laminasi pada tekanan kempa 1,5 MPa dengan rata - rata 8.4975 dalam data ini dapat disimpulkan bahwa incising dengan jarak 4x4 lebih kuat dibandingkan incising dengan jarak 6x6, dan 8x8.

Saran

Adapun saran – saran bagi peneliti selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Bagi peneliti selanjutnya yang melakukan penelitian diharapkan lebih siap dalam proses pengumpulan dan pengumpulan data serta segala sesuatu yang berkaitan dengan penelitian, khususnya dalam observasi.
2. Peneliti hendaknya memahami tujuan penelitian yang akan diteliti dengan memperkuat literatur penelitian yang

berkaitan dengan tujuan penelitian yang akan diteliti.

Terima kasih

Dalam penulisan artikel ini penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan dan kerja sama dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih penulis haturkan kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. Ir. Iskandar Yasin, S.T., CIPM., ASEAN Eng selaku dosen pembimbing 1
2. Ibu Dewi Sulistyorini, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing 2

References

- Belatrix N, A. Y. (2022). Analisis Sifat Mekanik Lentur Papan Laminasi Kombinasi Bambu Petung dan Bambu Ater. *Inersia Informasi dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur*, 18(1), 54-61 .
- Darwis Z., K. H. (2021). . Eksperimental Variasi Sambungan Dengan Alat Sambung Pasak terhadap Kuat Geser Balok Bambu Laminasi. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 1-8.
- I, P. A. (2019). Pemanfaatan Laminasi Bambu Petung untuk Bahan Bangunan. *Science Tech: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 5(2), 23-39. .
- I, Y. (2018). Analisis Mikroskopis Pengaruh Tekanan Kempa Pada Balok Bambu Laminasi. *Renovasi: Rekayasa Dan Inovasi Teknik Sipil*, 3(1), 1-4.
- Manik, P. S. (2022). Analisis Kekuatan Lentur dan Kekuatan Tekan Balok Laminasi Bambu Petung (Dendrocalamus Asper) dan Serat Kelapa

Sebagai Komponen Konstruksi Kapal. *Arena Tekstil*, 37(1).

Ming, C. Y. (2017). Mechanical Properties Of Bamboo and Bamboo Composites: A Review. *J. Adv. Res. Mater. Sci*, 35, 7-26.

Suardika, W. I. (2023). Balok Laminasi Kombinasi Bambu Petung (*Dendroclamus Asper*) dan Bambu Ater (*Gigantochloa Atter*) Sebagai Bahan Kontruksi Alternatif. *Widya Teknik*, 19(1), 55-63.

Syafii M I, S. d. (2019). Pengaruh Variasi Panjang Sambungan Bibir Lurus dan Baut pada Kuat Lentur Balok Bambu Petung Laminasi. *Rekayasa Teknik Sipil*, 3(1).

Wakchaure, M. R. (2012). Effect of Moisture Content on Physical and Mechanical Properties of Bamboo.

Zakikhani, P. Z. (2017). Orphological Mechanical and Physical Properties of Four Bamboo Species. *BioResources*, 12(2), 2479-2495.