

STUDI EKPERIMENTAL KEKUATAN STRUKTUR RANGKA BATANG DENGAN MENGGUNAKAN KAYU BUS MERAUKE

Budi Doloksaribu¹, Dewi Sriastuti Nababan²

^{1,2}. Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Musamus
Email : budi@unmus.ac.id¹, nababan@unmus.ac.id²

Abstrak

Ketersediaan bahan pembangunan di lokasi pekerjaan dapat meminimalisir biaya pekerjaan konstruksi. Kayu umumnya mudah diperoleh di wilayah-wilayah tropis sehingga pemilihan bahan kayu berpengaruh terhadap efisiensi biaya bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat dari kayu Bus (*Melaleuca cajuputi*) dan kayu Rahai (*Acacia auriculiformis*), yang banyak terdapat di wilayah Kabupaten Merauke, dan kekuatan struktur rangka batang dengan menggunakan kayu Bus. Hasil penelitian pada konstruksi rangka batang menunjukkan bahwa kegagalan konstruksi rangka batang dengan bentang 6 meter terjadi akibat terjadinya *tekuk torsional* pada konstruksi rangka batang. Penambahan pengaku lateral pada lokasi pembebanan dengan jarak 2,2 meter dari tumpuan (model-2) dibandingkan dengan pengaku lateral hanya pada kedua tumpuan (model-1) dapat meningkatkan kekuatan struktur rangka batang. Peningkatan kekuatan struktur rangka batang model-2 terhadap model-1 adalah sebesar 186,16% dengan kekuatan benda uji model-1 sebesar 751,51 kg dan benda uji model-2 sebesar 2.150,705 kg.

Kata kunci : Kayu bus, kayu rahai, rangka batang.

PENDAHULUAN

Pertambahan penduduk mengakibatkan meningkatnya permintaan akan kebutuhan bangunan baik rumah tinggal, perkantoran, pertokoan, dan gedung-gedung lainnya. Pemilihan material bahan konstruksi dilakukan berdasarkan ketersediaan bahan di lokasi pekerjaan sehingga biaya pembangunan akan lebih ekonomis.

Penggunaan material bahan bangunan memperhatikan *properties* dari pada bahan tersebut sehingga alasan penggunaan dalam setiap perencanaan/pembangunan sesuai dengan harapan. Dasar perencanaan yaitu dengan memperhatikan sifat mekanis dari bahan yang akan digunakan sehingga perencanaan dimensi bahan dapat dilakukan. Semakin tinggi mutu dari sebuah bahan yang akan digunakan maka penggunaan dimensi dalam memikul beban layan dapat diperkecil.

Luas Hutan di Kabupaten Merauke adalah 1.926.850,06 Hektar [2]. Kayu yang biasa beredar di pasaran adalah kayu Bus (*Melaleuca cajuputi*) dan kayu Rahai (*Acacia*

auriculiformis). Kayu Bus ada 2 (dua) jenis yaitu kayu Bus Merah dan kayu Bus Putih. Penggunaan kayu Bus sebagai bahan konstruksi biasanya dikategorikan sebagai kayu kelas awet 2 namun seiring dengan perkembangan pengetahuan, sesuai[1], kayu dikategorikan dalam kode E-5 hingga E-25 sehingga perlu diperiksa sifat-sifatnya untuk dapat disesuaikan dengan kode kayu tersebut

Menurut [3], bangunan apartemen bertingkat sampai dengan 10 lantai dari bahan kayu sudah ada di negara-negara Eropa seperti Inggris dan Swedia. *The Canadian Commission on Building and Fire Codes (CCBFC)* mengembangkan konstruksi bangunan dengan menggunakan material kayu sampai dengan 6 lantai hanya saja dengan mempertimbangkan faktor bahaya terhadap kebakaran maka bangunan yang disarankan sampai dengan 4 lantai[12]. Selain itu, bangunan kayu memiliki berat yang jauh lebih ringan dibandingkan dengan material bahan bangunan lainnya sehingga ratio kekuatan terhadap massa bangunan lebih tinggi jika dibandingkan dengan

material beton dan baja [3]. Material kayu masih mudah ditemukan di Kabupaten Merauke dan kayu juga merupakan material bangunan yang dapat diperbaharui. Pemilihan material kayu juga semakin diminati masyarakat dengan menggunakan sentuhan arsitektural dan bahkan ada bangunan beton yang dibuat dengan menirukan motif dari kayu[10]. Pengujian terhadap penggunaan material kayu akan dilakukan dengan membuat model dari konstruksi struktur rangka batang kayu[11].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan adalah dengan eksperimental yang dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Musamus dengan melakukan pengujian terhadap sifat-sifat kayu yang digunakan dan pemodelan struktur rangka batang dengan menggunakan konstruksi kayu menggunakan kayu Bus [4].

1. Kerangka Alur Penelitian

Penelitian dilakukan dengan langkah-langkah pelaksanaan agar penelitian dapat berjalan dengan baik, sistematis dan tepat sasaran untuk mencapai tujuan yang diharapkan [5]. Langkah-langkah yang dilakukan dibuat dalam bentuk diagram alir penelitian seperti terlihat pada gambar 2:



Gambar 1. Diagram alur penelitian

2. Rancangan Penelitian

a. Persiapan material

Bahan penelitian ini adalah kayu Bus (*Melaleuca cajuputi*) dan kayu Rahai (*Acacia auriculiformis*), Kayu tersebut banyak digunakan sebagai rangka bangunan baik pada rangka atap, maupun pada rangka dinding kancingan untuk rumah tinggal namun kekuatan kayu tersebut sesuai dengan

peraturan kayu [1] belum dilakukan penelitian.

b. Persiapan alat

Persiapan alat dilakukan terhadap peralatan yang akan digunakan dalam pengujian di laboratorium [7].

3. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan studi eksperimental di laboratorium. Penelitian dimaksudkan untuk menguji sifat-sifat kayu yang ada di pasaran Kabupaten Merauke dan penggunaannya sebagai bahan konstruksi rangka batang [8]. Pengujian rangka batang dilakukan dengan mendistribusikan beban sampai rangka batang tersebut mengalami kegagalan dalam memikul beban yang diberikan[9].

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sifat Fisik Kayu

1. Kadar air kayu

Kadar air kayu hasil pengujian terhadap Kayu Bus Putih adalah 17,5%, Kadar air Kayu Bus Merah adalah 18,7 % dan Kadar air Kayu Rahai adalah 16,6%.

Batas penggunaan kadar air kayu adalah 12 – 17 %. Untuk mencapai kadar air pada kondisi batas maka dibutuhkan waktu kering tanur kayu yang lebih lama karena ketersediaan kayu di pasaran hampir keseluruhan dalam kondisi basah/baru ditebang sementara dengan keterbatasan waktu pelaksanaan penelitian sehingga kondisi kering kayu yang digunakan adalah pada kadar air tersebut di atas.

2. Berat jenis kayu

Berat jenis kayu hasil pengujian yang diperoleh adalah Kayu Bus Putih sebesar 627 kg/m^3 , Kayu Bus Merah sebesar 879 kg/m^3 , dan Kayu Rahai sebesar 615 kg/m^3 .

B. Sifat Mekanik Kayu

1. Kuat tarik kayu

Nilai kuat tarik sejajar serat ($f_{t/s}$) yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian laboratorium adalah Kayu Bus Putih sebesar

0,496 MPa, Kayu Bus Merah sebesar 0,637 MPa, dan Kayu Rahai sebesar 0,512 MPa.

2. Kuat tekan kayu

Nilai kuat tekan ($f_{c//}$) yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian laboratorium adalah Kayu Bus Putih sebesar 0,141 MPa, Kayu Bus Merah sebesar 0,127 MPa, dan Kayu Rahai sebesar 0,164 MPa.

Tabel 2 Rekapitulasi hasil uji pendahuluan kayu

Jenis Kayu	Kode kayu	Kadar air (%)		Berat jenis (gr/cm3)		Kuat Lentur (MPa)		Kuat Tarik (MPa)		Kuat Tekan //serat (MPa)		Modulus Elastisitas (MPa)	
		Pengujian	Rata-rata	Pengujian	Rata-rata	Pengujian	Rata-rata	Pengujian	Rata-rata	Pengujian	Rata-rata	Pengujian	Rata-rata
Bus Putih	BU-1	17,35	17,50 6	0,531	0,53 4	93,72	89,460	0,508	0,496	0,142	0,141	6337,257	6521,425
	BU-2	17,68		0,539		85,20		0,484		0,142		6705,593	
	BU-3	17,20		0,536						0,139			
	BU-4	17,70		0,530									
	BU-5	17,60		0,533									
Bus Merah	BU-1	19,28	18,68 9	0,738	0,74 1	66,80	63,234	0,642	0,638	0,129	0,128	6176,658	5576,426
	BU-2	20,13		0,738		69,47		0,666		0,130		4918,584	
	BU-3	16,74		0,747		53,44		0,605		0,124		5634,035	
	BU-4	18,11		0,742									
	BU-5	19,20		0,741									
Rahai	BU-1	16,96	16,58 7	0,534	0,52 8	42,60	48,990	0,545	0,513	0,161	0,165	7087,347	7697,997
	BU-2	16,02		0,527		55,38		0,508		0,173		8308,648	
	BU-3	16,77		0,522				0,484		0,161			
	BU-4	16,52		0,530									
	BU-5	16,67		0,525									

3. Kuat lentur

Nilai kuat lentur (f_b) yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian laboratorium adalah Kayu Bus Putih sebesar 89,46 MPa, Kayu Bus Merah sebesar 63,2 MPa, dan Kayu Rahai sebesar 49,0 MPa.

4. Modulus elastisitas

Nilai modulus elastisitas (E) yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian laboratorium adalah Kayu Bus Putih sebesar 6521,42 MPa, Kayu Bus Merah sebesar 5576,43 MPa, dan Kayu Rahai sebesar 7698,0 MPa.

Hasil yang diperoleh dari pengujian di atas terhadap kuat tarik dan uat tekan kayu cukup jauh berbeda dengan nilai acuan dan modulus elastisitas kayu pada Tabel 1. Hal ini kemungkinan terjadi karena alat uji yang digunakan perlu untuk dilakukan kalibrasi alat yang digunakan. Sebagai pembanding

diperlukan pengujian sifat-sifat kayu pada laboratorium kayu lainnya.

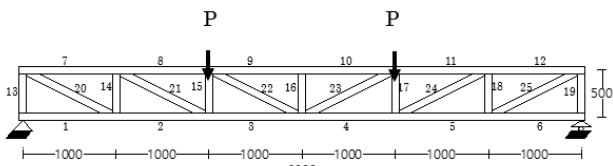
C. Perilaku Konstruksi Rangka Batang

Pengujian rangka batang dilakukan terhadap rangka batang tunggal dengan menggunakan sokongan lareral pada:

- Kedua ujung tumpuan (Model-1)
- Kedua ujung tumpuan dan pada jarak 2,2

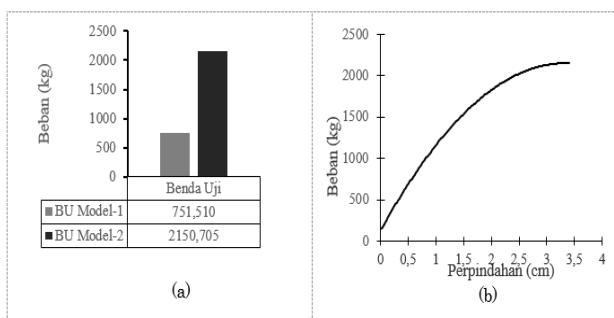
meter dari panjang bentang (Model-2)

Bentuk benda uji konstruksi rangka batang selangkapnya dapat dilihat pada gambar 3. Konstruksi rangka batang yang digunakan tergolong statis tertentu dimana $m = 2j + n$ ($25 = 2 \times 14 - 3$). Berdasarkan pengujian yang dilakukan, diperoleh hasil kekuatan rangka batang dengan menggunakan sokongan lateral pada kedua tumpuan dan sokongan lateral pada jarak 2,2 m dari tumpuan (model-2) jauh lebih besar dibandingkan dengan sokongan lateral hanya dilakukan pada kedua ujung tumpuan (Model-1). Kegagalan struktur rangka batang pada kedua model pengujian yang dilakukan terjadi karena pengaruh tekuk torsional (*lateral torsional buckling*).



Gambar 2. Bentuk benda uji konstruksi rangka batang

Hasil pengujian konstruksi rangka batang pada Model-1, memiliki kekuatan sebesar 751,51 kg dengan kegagalan yang terjadi adalah teku torsional. Konstruksi rangka batang dengan menggunakan sokongan lateral pada kedua ujung tumpuan dan pada jarak 2,2 meter dari tumpuan (Model-2) memiliki kekuatan yang jauh lebih besar dari Model-1. Kekuatan konstruksi rangka batang Model-2 hingga terjadi gagal *lateral torsional buckling* adalah sebesar 2150,705 kg. Peningkatan kekuatan pada benda uji Model-2 terhadap benda uji Model-1 adalah sebesar 186,16% pada (Gambar 3).



Gambar 3. Kekuatan struktur rangka batang hasil pengujian

Kegagalan konstruksi pada kedua model benda uji yang dilakukan dapat dilihat pada (Gambar 4).



Gambar 4. Bentuk kegagalan konstruksi rangka batang hasil pengujian



(b)

Gambar 5. Bentuk kegagalan konstruksi rangka batang hasil pengujian

Hasil pengujian sifat mekanis kayu terhadap kuat tarik dan kuat tekan yang digunakan terlihat sangat kecil sehingga dilakukan pendekatan nilai kuat tarik dan kuat tekan dengan menggunakan nilai modulus elastisitas dengan nilai $E = 6551$ MPa sehingga dengan menggunakan Tabel-1 kayu digolongkan pada kode E-13 dengan nilai $F_t = 10,4$ MPa dan $F_{c//} = 10,4$ MPa. Perbedaan nilai F_t dan F_c hasil pengujian ini kemungkinan besar diakibatkan oleh faktor kalibrasi alat yang digunakan sehingga sebagai pembanding perlu dilakukan pengujian sifat mekanis kayu pada laboratorium pengujian kayu lainnya.

Berdasarkan analisis rangka batang terhadap batang tarik dan batang tekan sesuai dengan dimensi kayu yang digunakan (4/8) cm maka diperoleh nilai kuat tarik dan kuat tekan kayu setelah dikalikan dengan faktor-faktor koreksi adalah sebesar :

1. Kuat tarik terkoreksi dengan menggunakan nilai $F_t = 10,4$ MPa, $C_M = 1,0$, $C_t = 1,0$, $C_F = 1,0$, $C_i = 0,8$, $K_F = 2,7$, $\Phi_t = 0,8$, dan $\lambda = 0,8$, diperoleh $(F_t') = F_t \cdot C_M \cdot C_t \cdot C_F \cdot C_i \cdot K_F \cdot \Phi_t \cdot \lambda = 10,4 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,8 \times 2,7 \times 0,8 \times 0,8 = 14,38$ MPa, sehingga tahanan tarik terkoreksi (T') = $F_t' \times A_n = 14,38 \times (40 \times 80 / 1,25) = 3,68$ Ton.
2. Kuat tekan terkoreksi dengan menggunakan nilai $F_t = 10,4$ MPa, $C_M = 0,8$, $C_t = 1,0$, $C_F = 1,0$, $C_i = 0,8$, $C_p = 0,96$ $((1+\alpha c)/2c) - [(1+\alpha c)/2c]^2 - \alpha c/c^{0,5}$, $K_F = 2,4$, $\Phi_c = 0,9$, dan $\lambda = 0,8$, diperoleh $(F_c') = F_c \cdot C_M \cdot C_t \cdot C_F \cdot C_i \cdot K_F \cdot \Phi_c \cdot \lambda = 10,4 \times 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,8 \times 2,7 \times 0,9 \times 0,8 = 11,52$ MPa, sehingga tahanan tekan terkoreksi (C') = $F_c' \times A_n = 11,52 \times (40 \times 80 / 1,25) = 3,68$ Ton.

$$C_p \cdot K_F \cdot \Phi_c \cdot \lambda = 8,5 \times 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,8 \times 0,96 \times 2,4 \times 0,9 \times 0,8 = 11 \text{ MPa, sehingga tahanan tekan terkoreksi (P') = } F_c' \times A_n = 11,00 \times (40 \times 80 / 1,25) = 2,82 \text{ Ton.}$$

Nilai tersebut di atas lebih besar dari angka kegagalan rangka batang yang diperoleh pada saat pengujian sehingga kegagalan rangka batang terjadi adalah sesuai yaitu akibat tekuk torsi yang karena panjang bentang yang digunakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Sifat mekanik kayu yang dilakukan pada pengujian laboratorium diperoleh nilai berat jenis kayu Bus Putih (Kayu A) sebesar 627 kg/m³, kayu Bus Merah (Kayu B) sebesar 879 kg/m³, dan kayu Rahai (Kayu C) diperoleh sebesar 615 kg/m³. Nilai kuat lentur Kayu A, B, dan C masing-masing sebesar 89,46 MPa, 63,2 MPa, dan 49,0 MPa. Nilai kuat tarik sejajar serat Kayu A, B, dan C masing-masing sebesar 0,496 MPa, 0,637 MPa, dan 0,512 MPa. Nilai kuat tekan sejajar serat Kayu A, B, dan C masing-masing sebesar 0,141 MPa, 0,127 MPa, dan 0,164 MPa. Nilai modulus elastisitas Kayu A, B dan C masing-masing sebesar 6.521,42 MPa, 5.576,43 MPa, dan sebesar 7.698,0 MPa.
2. Kekuatan kontruksi rangka batang dengan bentang 6 meter yang dilakukan dengan menggunakan pengaku lateral pada tumpuan (model-1) dan pengaku lateral pada tumpuan dan jarak 2,2 meter dari tumpuan (model-2) mengalami peningkatan sebesar 186,16% dengan nilai kekuatan benda uji model-1 sebesar 751,51 kg dan benda uji model-2 sebesar 2150,705 kg. Kegagalan pada kontruksi rangka batang terjadi karena pengaruh *lateral torsional buckling* pada konstruksi rangka batang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SNI 7973, "Spesifikasi desain untuk konstruksi kayu," *Badan Stand. Nas.*, 2013.
- [2] Suarapapua.com, "Ini Luas Hutan Provinsi dan Kabupaten di Papua dan Papua Barat," www.suarapapua.com, 2019.
- [3] J. A. Tjondro, "Perkembangan dan Prospek Rekayasa Struktur Kayu di Indonesia," *Semin. dan Lokakarya rekayasa Strukt.*, 2014.
- [4] H. Frick, *Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu*. Yogyakarta: Kanisius, 1982.
- [5] T. E. Mardikanto, T. R.; Karlinasari, L.; Bactiar, *Sifat Mekanis Kayu*. Bogor: IPB Press, 2011.
- [6] SNI 03 3399, "Metode pengujian kuat tarik kayu di laboratorium," 1994.
- [7] SNI 03 3958, "Metode pengujian kuat tekan kayu di laboratorium," pp. 1–9, 1995.
- [8] SNI 03 3959, "Metode pengujian kuat lentur kayu di laboratorium," 1995.
- [9] SNI 03 3400, "Metode pengujian kuat geser kayu di laboratorium," pp. 1–9, 1995.
- [10] SNI 03 3960, "Metode Pengujian Modulus Elastisitas Lentur Kayu," pp. 1–15, 1995.
- [11] Y. A. Pranata, K. Kevin, and A. Almuhibsyah, "Struktur Jembatan Rangka Batang Kayu Kelapa," no. April, pp. 406–413, 2017, doi: 10.21460/sendimas2016.2016.01.49.
- [12] A. & P. A. W. Council, *ASD/LRFD Manual for Engineered Wood Construction*, 2005th ed. Washington, DC: United State of America, 2005.