

Sifat Mekanis Bahan Kayu pada Rumah Tradisional Batak Karo (*Mechanical Properties of Timber Materials on Batak Karo Traditional House*)

F. Dona Artha¹, Yulianto P Prihatmaji^{2*}

¹Jurusan Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang km 14, Yogyakarta, 55584, Indonesia

²Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang km 14, Yogyakarta, 55584, Indonesia

*Penulis korespondensi: prihatmaji@uii.ac.id

Abstract

Batak Karo Traditional House in North Sumatra, known as Siwaluh Jabu used pengki (*Ulmus lanceifolia*), ingul (*Toona sureni*), haudolok (*Syzygium* sp.), and simartolu (*Schima* sp.) woods. Evaluation mechanical properties of wood with compression, three-point bending, four point bending, and four point shear test was performed to determine the compressive strength, MOR, shear strength, MOE, and shear modulus (G). To determine the differences of mechanical properties between Batak Karo and Java wood, teakwood (*Tectona grandis*) and Jackfruit wood (*Artocarpus heterophyllus*) are selected as a control specimen. The value of MOE and yield stress have strong relationship with density. The higher the density resulted in the higher MOE and yield stress. MOE, MOR, and G in the bending test have not strong relationship with density. The value of MOR and G, teakwood from Java has similar mechanical properties to pengki wood, while angka (*Artocarpus heterophyllus*) wood has similar mechanical properties to haudolok wood. Shear strength has a weak relationship with the density. In terms of shear strength, teak wood has similar mechanical properties to pengki wood, while angka wood has similar mechanical properties to haudolok wood.

Keywords : bending test, compression test, mechanical properties, shear test, traditional house Batak Karo

Abstrak

Rumah Tradisional Batak Karo Sumatera Utara yang dikenal dengan Rumah Adat Siwaluh Jabu menggunakan beberapa jenis kayu yaitu kayu pengki (*Ulmus lanceifolia*), kayu ingul (*Toona sureni*), kayu haudolok (*Syzygium* sp.), dan kayu simartolu (*Schima* sp.). Evaluasi sifat mekanik kayu menggunakan uji desak, uji lentur tiga titik, uji lentur empat titik, dan uji geser empat titik untuk mengetahui kuat desak, MOR, kuat geser, modulus young atau MOE, dan modulus geser. Untuk mengetahui perbedaan sifat mekanis kayu yang digunakan pada pembangunan rumah Batak Karo dengan kayu Jawa, maka kayu jati (*Tectona grandis*) dan kayu angka (*Artocarpus heterophyllus*) dipilih sebagai spesimen pembandingan. Nilai MOE dan tegangan leleh memiliki hubungan yang kuat dengan kerapatan. Semakin tinggi nilai kerapatan semakin tinggi nilai MOE dan tegangan leleh. Nilai MOE, MOR, dan modulus geser (G) pada uji lentur memiliki hubungan yang tidak begitu kuat dengan kerapatan. Dari nilai MOR dan G, kayu jati mempunyai sifat yang mirip dengan kayu pengki, sedangkan kayu angka mirip dengan kayu haudolok. Dari uji geser, nilai kuat geser memiliki hubungan yang tidak begitu kuat dengan kerapatan. Dari segi kuat geser, kayu jati mempunyai sifat yang hampir mirip dengan kayu pengki, sedangkan kayu angka mempunyai sifat yang hampir mirip dengan kayu haudolok.

Kata kunci : rumah tradisional Batak Karo, sifat mekanis, uji desak, uji geser, uji lentur

Pendahuluan

Sebagai salah satu material yang paling sering digunakan, kayu merupakan bahan bangunan yang relatif banyak dikembangkan. Teknik pengolahan dan konstruksi yang dipadukan dengan keunggulan material kayu membuat konstruksi bangunan kayu tahan terhadap guncangan gempa. Beberapa keunggulan kayu sebagai bahan bangunan yaitu mudah dalam pengerjaan dan desain, tahan lama, energi pengerjaan yang rendah, dapat dipakai kembali, dan merupakan bahan terbarukan (Cahyono *et al.* 2014a, 2014b, Lestari 2016). Keunggulan tersebut didukung pula oleh potensi kayu dari hutan di Indonesia yang cukup tinggi. Namun, dari 4000 jenis pohon penghasil kayu, hanya sekitar 400 jenis kayu yang telah dikenal dan teridentifikasi sifat dan penggunaannya (Martawijata *et al.* 1980).

Salah satu bangunan yang menggunakan material kayu dalam konstruksinya adalah rumah tradisional Batak Karo Sumatera Utara atau dikenal juga dengan rumah adat Siwaluh Jabu. Struktur utama dari rumah tradisional ini menggunakan beberapa jenis kayu yaitu kayu pengki (*Ulmus lanceifolia*), kayu ingul, kayu haudolok (*Syzygium* sp.), dan kayu simartolu (*Schima* sp). Pemilihan bahan bangunan dan proses pembangunan Rumah Adat Siwaluh Jabu yang tidak menggunakan paku, besi, atau pengikat kawat, tetapi menggunakan pasak dan tali ijuk menambah keunikan Rumah Tradisional Batak Karo tersebut. Selain estetika bangunan, keunikan rumah adat tersebut juga adalah kemampuan bangunan menahan beban yang sangat dipengaruhi oleh sifat mekanis kayu.

Sifat mekanis kayu adalah sifat yang berhubungan dengan ukuran kemampuan

kayu untuk menahan gaya luar yang membebani kayu. Kayu yang dibebani akan menimbulkan tegangan dalam kayu yang pada akhirnya dapat merubah bentuk kayu. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan kayu diantaranya adalah faktor biologis (mikroorganisme yang menyerang kayu), kadar air, berat jenis kayu. Faktor-faktor tersebut pada dasarnya dapat dimanipulasi sehingga upaya pencegahan gangguan kekuatan kayu dapat dipertahankan, misalnya upaya pengawetan dengan zat kimia, pengeringan dan manipulasi percepatan tumbuh.

Keunikan struktur bangunan Rumah Adat Siwaluh Jabu membuat sifat mekanis dari empat jenis kayu yang digunakan menarik untuk diketahui. Pada penelitian ini, pengujian sifat mekanis dilakukan untuk mengetahui kuat desak, kuat lentur atau *Modulus of Rupture* (MOR), kuat geser, Modulus Young atau *Modulus Of Elasticity* (MOE), dan Modulus Geser (G) kayu pengki, kayu ingul, kayu haudolok, dan kayu simartolu. Sebagai perbandingan, dilakukan pula pengujian sifat mekanis kayu jati (*Tectona grandis*) dan kayu nangka (*Artocarpus heterphyllus*).

Bahan dan Metode

Kayu pengki, kayu ingul, kayu haudolok, dan kayu simartolu diambil dari Kabupaten Karo Sumatera Utara, sedangkan kayu nangka dan kayu jati diambil dari Yogyakarta. Spesimen kayu diuji menggunakan uji desak penuh dan parsial, uji lentur tiga titik (*three point bending test*), uji lentur empat titik (*four point bending test*), dan uji geser 4 titik (*four point shear test*). Semua pengujian dilakukan pada arah radial dan tangensial menggunakan mesin Instron 100 KN.

Sebelum pengujian, semua spesimen dimasukkan ke dalam sebuah ruangan suhu 22 °C dengan kelembaban 60% selama 2 bulan. Setelah pengujian, seluruh spesimen dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 48 jam. Kadar air spesimen diperoleh dari selisih antara bobot setelah dan sebelum pengeringan. Kerapatan diukur dengan membagi berat kering oven dengan volume.

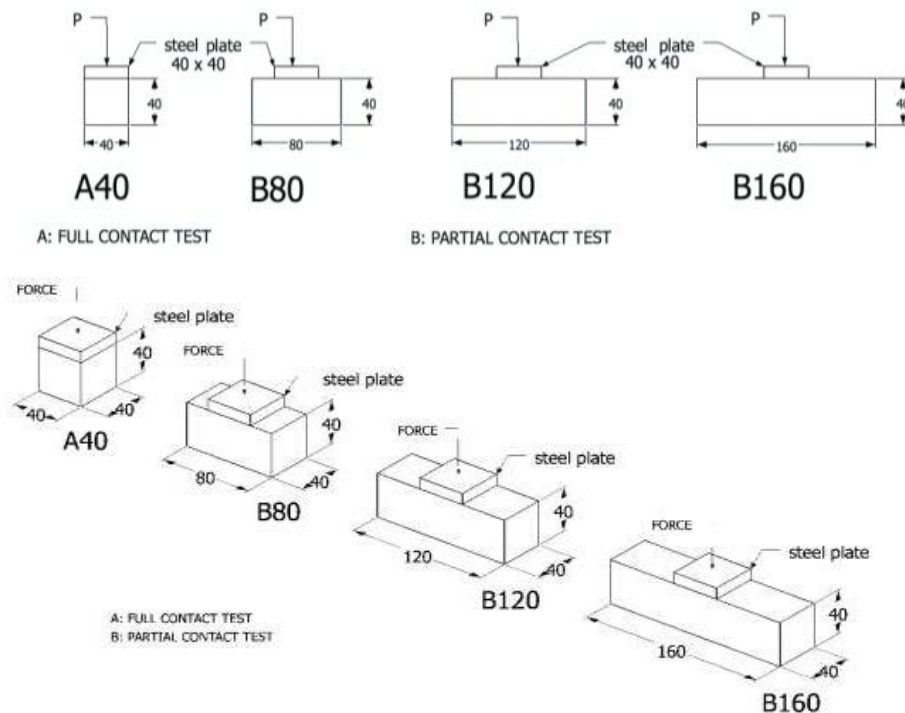
Uji desak

Kayu dengan arah radial dan tangensial berukuran (40 x 40 x 40) mm³, (40 x 40 x 80) mm³, (40 x 40 x 120) mm³, dan (40 x 40 x 160) mm³ disiapkan. Skema uji desak pada arah radial dan tangensial

masing-masing dilakukan secara penuh dan parsial seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Tipe A menunjukkan uji desak penuh dan tipe B menunjukkan uji desak parsial dengan jarak akhir 0,5; 1,0; dan 1,5 kali dari ketinggian (Gambar 2). Prosedur pembebanan dengan beban statis pada kecepatan 0,5 mm per menit diterapkan sampai deformasi 3 mm.

Uji lentur tiga titik, uji lentur empat titik, dan uji geser empat titik

Spesimen kayu berukuran (20 x 20 x 380) mm³ disiapkan untuk masing-masing uji lentur tiga titik dan uji lentur empat titik. Spesimen kayu ukuran (20 x 20 x 220) mm³ digunakan untuk uji geser empat titik.



Gambar 1 Skema uji desak penuh (A40) dan uji desak parsial (B80, B120, dan B160) (Prihatmaji 2012).

Setiap pengujian dilakukan pada arah radial dan tangensial. Skema pengujian dan proses pengujian dilakukan seperti pada Gambar 3 dan 4. Mesin uji Instron 100 kN digunakan untuk menerapkan beban statis yang diletakkan di tengah 2 tumpuan dengan panjang bentang 360 mm pada kecepatan 0,5 mm per menit. Beban diterapkan sampai terjadi kerusakan dan beban kembali ke nol untuk uji lentur empat titik dan uji geser empat titik. Dari pengujian lentur tiga titik akan didapat nilai E_{global} , nilai E_{local} dan MOR didapatkan dari pengujian lentur empat titik. Nilai E_{global} dan E_{local} yang sudah didapat akan digunakan

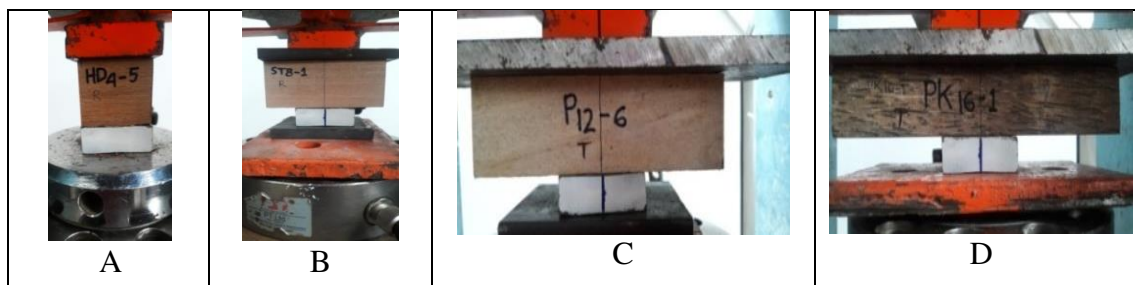
untuk menghitung nilai modulus geser (G). Pengujian geser empat titik dilakukan untuk mendapatkan nilai kekuatan geser (f_s).

Nilai Modulus elastisitas pada uji desak didapatkan menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

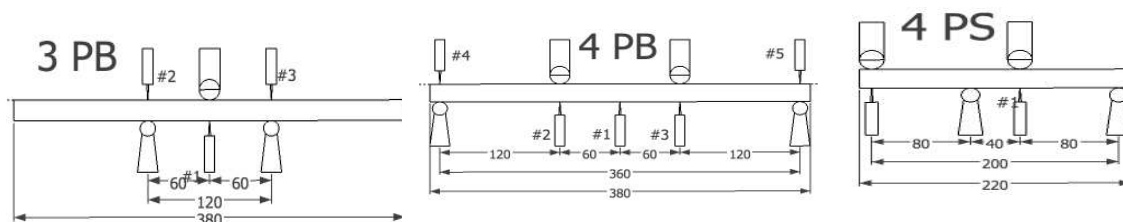
$$E = \frac{L^3 \tan \theta}{48 I} \quad (1)$$

Dari persamaan (1) dapat ditulis nilai E_{global} sebagai berikut,

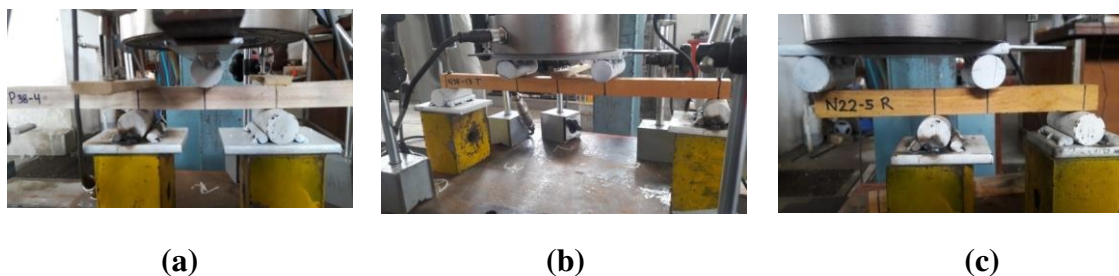
$$E_{global} = \frac{L^3 \tan \theta}{48 I} \quad (2)$$



Gambar 2 Pengujian desak kayu.

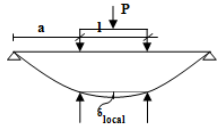


Gambar 3 Skema uji lentur tiga titik, uji lentur empat titik, dan uji geser empat titik Prihatmaji (2012).



Gambar 4 Uji lentur tiga titik, uji lentur empat titik, dan uji geser empat titik.

Nilai E_{local} dan MOR didapat dengan menggunakan persamaan (3) dan (4).



$$E_{local} = \frac{a \cdot l^2}{16 I} K_{local} \quad (3)$$

$$MOR = \frac{3Pmax \cdot l}{2bh^2} \quad (4)$$

Nilai E_{global} dan E_{local} digunakan untuk menghitung nilai Modulus Geser (G), seperti yang ditunjukkan pada persamaan (5).

$$G = \frac{1,2h^2}{l^2 \left(\frac{1}{E_{global}} \right) - \left(\frac{1}{E_{local}} \right)} \quad (5)$$

Untuk mendapatkan kekuatan geser dari pengujian geser empat titik akan digunakan persamaan (6) seperti berikut ini.

$$f_s = \frac{5Pmax}{4bh} \quad (6)$$

Hasil dan Pembahasan

Sifat fisis mekanis dari pengujian tekan

Kerapatan

Setiap jenis kayu yang digunakan pada konstruksi Rumah Adat Siwaluh Jabu memiliki kerapatan yang berbeda-beda. Hasil pengukuran kerapatan pada uji tekan radial dan uji tekan tangensial menunjukkan nilai pada masing-masing jenis kayu yang relatif sama (Tabel 1 & 2). Kayu haudolok memiliki kerapatan tertinggi sebesar 865,25-887,82 kg cm⁻³, sedangkan kerapatan terendah diperoleh

pada kayu ingul yaitu 409,72-411,53 kg cm⁻³. Dari keempat jenis kayu asal Kabupaten Karo tersebut, hanya kayu ingul yang memiliki kerapatan lebih rendah dari kayu jati ($\rho = 528,30-540,70$ kg cm⁻³). Sementara itu, kerapatan kayu haudolok dan kayu pengki ($\rho = 713,47-730,45$ kg cm⁻³) lebih tinggi dari kerapatan kayu nangka ($\rho = 631,18-670,16$ kg cm⁻³).

Modulus young (MOE)

Secara umum, MOE pada arah radial (Tabel 1) lebih tinggi dari pada MOE arah tangensial (Tabel 2). Kayu ingul memiliki nilai MOE terendah yaitu sebesar 102,88-197,24 N mm⁻² pada arah radial dan 114,38-188,06 N mm⁻² pada arah tangensial. Sementara itu, kayu haudolok mempunyai nilai MOE tertinggi yaitu sebesar 978,52-542,68 N mm⁻² pada arah radial dan 767,97-379,34 N mm⁻² pada arah tangensial. Berbeda dengan kerapatan, jika dibandingkan dengan kayu nangka dan kayu jati, hanya kayu haudolok yang memiliki nilai MOE lebih tinggi.

Tegangan leleh

Tegangan leleh material kayu konstruksi rumah adat batak karo memiliki kecenderungan yang sama dengan nilai MOE. Tegangan leleh pada arah radial lebih tinggi daripada tegangan leleh arah tangensial. Tegangan leleh tertinggi hingga terendah keempat jenis tersebut berturut-turut didapati oleh kayu haudolok, kayu pengki, kayu simartolu, dan kayu ingul (Tabel 1 dan 2). Kayu haudolok memiliki nilai tegangan leleh lebih tinggi dari kayu nangka. Sementara itu, kayu simartolu dan kayu ingul memiliki nilai tegangan leleh lebih rendah dari kayu jati.

Tabel 1 Sifat-sifat mekanis kayu uji pada arah serat radial

Jenis kayu	Tipe benda uji								Kerapatan
	A40		B80		B120		B160		
	MOE	Tegangan leleh	MOE	Tegangan leleh	MOE	Tegangan leleh	MOE	Tegangan leleh	
	N mm ⁻²	N mm ⁻²	N mm ⁻²	N mm ⁻²	N mm ⁻²	N mm ⁻²	N mm ⁻²	N mm ⁻²	Kg m ⁻³
Haudolok	542,68	17,96	978,52	34,04	927,95	31,76	751,24	20,64	865,26
Ingul	146,10	3,33	129,33	4,33	197,24	5,48	102,88	2,80	409,72
Pengki	419,67	9,73	307,05	9,99	521,13	14,34	561,35	16,34	730,45
Simartolu	245,28	5,11	351,60	9,28	328,94	8,58	430,24	10,00	548,06
Jati	334,06	6,11	457,95	10,68	562,64	16,06	539,25	12,24	540,70
Nangka	570,98	11,37	541,65	15,32	560,59	15,90	585,06	15,16	670,16

Tabel 2 Sifat-sifat mekanis kayu uji pada arah serat tangensial

Jenis kayu	Tipe benda uji								Kerapatan
	A40		B80		B120		B160		
	MOE	Tegangan leleh	MOE	Tegangan leleh	MOE	Tegangan leleh	MOE	Tegangan leleh	
	N mm ⁻²	N mm ⁻²	N mm ⁻²	N mm ⁻²	N mm ⁻²	N mm ⁻²	N mm ⁻²	N mm ⁻²	Kg m ⁻³
Haudolok	538,92	16,43	767,97	24,65	695,19	21,50	379,34	9,66	887,82
Ingul	114,38	2,51	132,35	2,93	188,06	4,68	116,80	3,32	411,53
Pengki	267,30	8,55	283,48	8,68	345,83	8,33	311,60	14,73	713,47
Simartolu	190,63	5,48	224,24	7,05	283,03	8,42	187,17	5,45	554,12
Jati	372,18	6,63	302,19	6,67	386,38	8,73	339,51	8,85	528,30
Nangka	406,87	10,15	597,95	12,48	536,07	13,55	566,12	13,49	631,18

Korelasi antara kerapatan dan sifat mekanis kayu pada uji tekan

Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan hubungan antara kerapatan dan sifat mekanis 6 jenis kayu yang diuji. Hasil uji korelasi pearson menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat baik antara kerapatan dan MOE maupun antara kerapatan dan tegangan leleh. Semakin tinggi kerapatan maka semakin tinggi pulai nilai MOE dan tegangan leleh.

Sifat fisis mekanis dari pengujian lentur

Kerapatan

Kerapatan dari contoh uji lentur keenam jenis kayu menunjukkan bahwa contoh uji lentur arah radial dan arah tangensial memiliki nilai pada setiap jenis kayu yang relatif sama (Tabel 5 dan 6). Kayu haudolok memiliki kerapatan tertinggi sebesar 701,44-749,05 kg cm⁻³,

sedangkan kerapatan terendah diperoleh pada kayu ingul yaitu 368,86 kg cm⁻³. Dari keempat jenis kayu tersebut, hanya kayu ingul yang memiliki kerapatan lebih rendah dari kayu jati ($\rho = 507,80-519,77$ kg cm⁻³). Sementara itu, kerapatan kayu haudolok dan kayu pengki ($\rho = 715,95-738,19$ kg cm⁻³) lebih tinggi dari kerapatan kayu nangka ($\rho = 643,94-655,25$ kg cm⁻³).

Modulus young's (MOE)

Nilai MOE dari pengujian lentur pada arah radial (Tabel 5) cenderung lebih tinggi dari pada arah tangensial (Tabel 6). Kayu haudolok memiliki nilai MOE tertinggi yaitu 3828,811 N mm⁻² pada arah radial dan 3783,596 N mm⁻² pada arah tangensial. Sementara itu, kayu ingul memiliki MOE terendah yaitu 919,471 N mm⁻² pada arah radial dan 1195,162 N mm⁻² pada arah tangensial.

Tabel 3 hubungan kerapatan dan MOE hasil pengujian tekan arah radial dan tangensial

Tipe benda uji	Hubungan X dan Y	Model Regresi	r	R ²
A40	1. Kerapatan dan MOE arah radial	MOEr = 0,8949x - 185,01	0,8649	0,7481
	2. Kerapatan dan MOE arah tangensial	MOEt = 0,7406x - 144,93	0,7913	0,6261
B80	1. Kerapatan dan MOE arah radial	MOEr = 1,4731x - 463,17	0,8202	0,6728
	2. Kerapatan dan MOE arah tangensial	MOEt = 1,2158x - 370,41	0,8226	0,6766
B120	1. Kerapatan dan MOE arah radial	MOEr = 1,3869x - 353,74	0,8982	0,8068
	2. Kerapatan dan MOE arah tangensial	MOEt = 0,9402x - 178,2	0,8505	0,7234
B160	1. Kerapatan dan MOE arah radial	MOEr = 1,2156x - 267,65	0,8990	0,8082
	2. Kerapatan dan MOE arah tangensial	MOEt = 0,4913x + 11,641	0,5172	0,2675

Tabel 4 hubungan kerapatan dan tegangan leleh hasil pengujian tekan arah radial dan tangensial

Tipe benda uji	Hubungan X dan Y	Model Regresi	r	R ²
A40	1. Kerapatan dan MOR arah radial	MORr = 0,0315x - 10,83	0,9536	0,9093
	2. Kerapatan dan MOR arah tangensial	MORt = 0,0275x - 8,8093	0,9547	0,9115
B80	1. Kerapatan dan MOR arah radial	MORr = 0,0551x - 20,631	0,8509	0,7241
	2. Kerapatan dan MOR arah tangensial	MORt = 0,0424x - 15,929	0,9188	0,8442
B120	1. Kerapatan dan MOR arah radial	MORr = 0,0495x - 15,72	0,8778	0,7705
	2. Kerapatan dan MOR arah tangensial	MORt = 0,0314x - 8,6038	0,8750	0,7657
B160	1. Kerapatan dan MOR arah radial	MORr = 0,0367x - 10,153	0,9665	0,9342
	2. Kerapatan dan MOR arah tangensial	MORt = 0,016x - 0,7037	0,5991	0,3589

Keempat jenis kayu konstruksi rumah adat Siwaluh Jabu memiliki MOE dari pengujian lentur lebih rendah dari MOE kayu nangka. Kayu haudolok dan kayu pengki memiliki MOE lebih tinggi dari MOE kayu jati.

Kuat lentur (MOR)

Kuat lentur pada arah radial (Tabel 5) lebih tinggi dari pada kuat lentur dari arah tangensial (Tabel 6). Sama halnya dengan MOE, kayu haudolok memiliki MOR tertinggi yaitu $126,267 \text{ N mm}^{-2}$ pada arah radial dan $91,889 \text{ N mm}^{-2}$ pada arah tangensial. Kayu ingul memiliki MOR terendah yaitu $32,516 \text{ N mm}^{-2}$ pada arah radial dan $26,973 \text{ N mm}^{-2}$ pada arah tangensial. Pada arah radial, kayu haudolok memiliki MOR lebih tinggi dari kayu nangka dan kayu jati, sedangkan ketiga kayu asal kabupaten Karo lainnya memiliki MOR yang lebih rendah. Sementara itu, pada arah tangensial seluruh kayu konstruksi rumah tradisional batak karo memiliki MOR lebih rendah dari MOR kayu nangka, tetapi kayu haudolok memiliki MOR lebih tinggi dari kayu jati.

Modulus geser (G)

Sama halnya dengan sifat mekanis lainnya, seluruh modulus geser pada arah radial (Tabel 5) lebih tinggi dari modulus geser arah tangensial (Tabel 6). Modulus geser kayu haudolok baik pada arah radial maupun arah tangensial memiliki nilai tertinggi dari keempat jenis kayu asal Kabupaten Karo yaitu $141,885 \text{ N mm}^{-2}$ pada arah radial dan $131,132 \text{ N mm}^{-2}$ pada arah tangensial. Kayu ingul memiliki MOR terendah yaitu $40,315 \text{ N mm}^{-2}$ pada arah radial dan $31,015 \text{ N mm}^{-2}$ pada arah tangensial. Kayu nangka memiliki modulus geser lebih tinggi dari keempat jenis kayu konstruksi rumah

adat Siwaluh Jabu. Kayu haudolok dan kayu pengki memiliki modulus geser lebih tinggi dari modulus geser kayu jati pada arah tangensial, sedangkan pada arah radial hanya kayu haudolok yang memiliki modulus geser lebih tinggi dari kayu jati.

Kuat geser (fs)

Kuat geser kayu haudolok, kayu simartolu, dan kayu jati pada arah tangensial (Tabel 6) lebih tinggi dari pada kuat geser arah radial (Tabel 5). Sementara itu, kayu ingul, kayu penki, dan kayu nangka memiliki kuat geser yang lebih tinggi pada arah radial. Baik pada arah radial maupun arah tangensial, kayu pengki memiliki kuat geser tertinggi dari keempat jenis kayu asal Kabupaten Karo yaitu $24,153 \text{ N mm}^{-2}$ pada arah radial dan $17,657 \text{ N mm}^{-2}$ pada arah tangensial, sedangkan kayu ingul memiliki kuat geser terendah yaitu $11,548 \text{ N mm}^{-2}$ pada arah radial dan $9,000 \text{ N mm}^{-2}$ pada arah tangensial. Kayu pengki memiliki kuat geser lebih tinggi dari kayu nangka dan kayu jati pada arah radial, sedangkan pada arah tangensial seluruh kayu asal Kabupaten Karo memiliki kuat geser lebih rendah dari kayu jati dan kayu nangka.

Korelasi antara kerapatan dan sifat mekanis kayu pada uji lentur dan geser

Hubungan antara kerapatan dengan MOE dan MOR 6 jenis kayu pada uji lentur disajikan pada Tabel 7. Hasil uji korelasi pearson menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat baik antara kerapatan dan MOE maupun antara kerapatan dan MOR. Burdon *et al.* (2000) semakin tingginya kerapatan juga akan berpengaruh pada semakin tingginya nilai MOE dan MOR. Nilai kerapatan yang tinggi menunjukkan

bahwa kayu memiliki dinding sel yang lebih tebal dibandingkan dengan kayu berkerapatan rendah. Oleh karena itu, kayu dengan kerapatan yang tinggi akan memiliki kekuatan yang tinggi.

Tabel 8 dan 9 menunjukkan hubungan kerapatan dengan modulus geser serta kerapatan dengan kuat geser 6 jenis

kayu. Hasil uji korelasi pearson menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat baik antara kerapatan dan modulus geser maupun antara kerapatan dan kuat geser. Semakin tinggi kerapatan maka semakin tinggi pula nilai modulus geser dan kuat geser (Arsyad 2011, Bowyer *et al.* 2003).

Tabel 5 Sifat-sifat mekanis kayu uji pada arah serat radial

Jenis kayu	MOE	MOR	G	fs	Kerapatan	Kerapatan
	N mm ⁻²	N mm ⁻²	N mm ⁻²	N mm ⁻²	kg m ⁻³ (220 mm)	kg m ⁻³ (380 mm)
Haudolok	3828,811	126,267	141,885	11,642	565,308	749,050
Ingul	1195,162	32,516	40,315	11,548	417,751	368,860
Pengki	3863,872	75,151	92,336	24,153	707,019	715,950
Simartolu	1846,475	57,564	64,667	13,050	579,299	565,010
Jati	2774,049	77,005	97,383	16,213	502,695	507,800
Nangka	4523,424	120,693	158,401	22,232	689,064	655,250

Tabel 6 Sifat-sifat mekanik kayu uji pada arah serat tangensial

Jenis kayu	MOE	MOR	G	fs	Kerapatan	Kerapatan
	N mm ⁻²	N mm ⁻²	N mm ⁻²	N mm ⁻²	kg m ⁻³ (220 mm)	kg m ⁻³ (380 mm)
Haudolok	3783,596	91,889	131,132	12,832	591,577	701,440
Ingul	919,471	26,973	31,015	9,000	379,171	368,860
Pengki	3384,473	71,297	88,092	17,657	715,798	738,190
Simartolu	1541,638	38,453	43,312	14,968	598,751	489,860
Jati	2397,678	71,601	82,426	17,897	523,025	519,770
Nangka	4185,996	105,689	139,841	22,868	677,615	643,940

Tabel 7 hubungan kerapatan dan MOE/MOR hasil pengujian lentur arah radial dan tangensial

Hubungan X dan Y	Model Regresi	r	R ²
Kerapatan dan MOE arah radial	MOEr = 7,7387x - 1588,8	0,8515	0,7251
Kerapatan dan MOE arah tangensial	MOEt = 8,3233x - 2100,5	0,9059	0,8206
Kerapatan dan MOR arah radial	MORr = 0,2035x - 39,257	0,8001	0,6401
Kerapatan dan MOR arah tangensial	MORt = 0,1691x - 29,93	0,7916	0,6266

Tabel 8 hubungan kerapatan dan G hasil pengujian geser arah radial dan tangensial

Hubungan X dan Y	Model Regresi	r	R ²
Kerapatan dan G arah radial	Gr = 0,2344x - 39,998	0,7459	0,5564
Kerapatan dan G arah tangensial	Gt = 0,2489x - 57,658	0,7957	0,6332

Tabel 9 hubungan kerapatan dan fs kuat geser hasil pengujian geser arah radial dan tangensial

Hubungan X dan Y	Model Regresi	r	R ²
Kerapatan dan fs arah radial	fsr = 0,0413x - 7,3317	0,8245	0,6798
Kerapatan dan fs arah tangensial	fst = 0,0297x - 1,3733	0,7477	0,5590

Kesimpulan

Dari pengujian tekan didapat bahwa nilai MOE dan tegangan leleh memiliki hubungan yang kuat dengan kerapatan. Semakin tinggi nilai kerapatan maka semakin tinggi pula nilai MOE dan tegangan leleh. Kayu haudolok memiliki nilai MOE, nilai tegangan leleh, dan kerapatan tertinggi, sedangkan kayu ingul memiliki nilai MOE, tegangan leleh, dan kerapatan terendah.

Nilai MOE, MOR, dan modulus geser (G) pada pengujian lentur memiliki hubungan yang tidak begitu kuat dengan kerapatan. Kayu nangka memiliki nilai MOE tertinggi pada arah radial dan tangensial. Kayu haudolok memiliki nilai MOR tertinggi pada arah serat radial dan Kayu nangka pada arah tangensialnya. Kayu nangka memiliki nilai modulus geser (G) tertinggi pada kedua arah serat. Kayu ingul memiliki nilai MOE, MOR, dan modulus geser (G) terendah pada arah radial maupun tangensial. Dilihat dari segi MOR dan modulus geser (G), kayu jati mempunyai sifat mekanis yang mirip dengan kayu pengki, sedangkan

kayu nangka mempunyai sifat mekanis yang mirip dengan kayu haudolok.

Dari pengujian geser didapat bahwa nilai kuat geser memiliki hubungan yang tidak begitu kuat dengan kerapatan. Kayu pengki memiliki nilai kuat geser tertinggi pada arah serat radial, dan kayu nangka pada arah tangensial. Kayu ingul memiliki nilai kuat geser terendah pada kedua arah serat. Dilihat dari segi kuat geser, kayu jati mempunyai sifat mekanis yang hampir mirip dengan kayu pengki, sedangkan kayu nangka sifat mekanis yang hampir mirip dengan kayu haudolok.

Daftar Pustaka

- Arsyad E. 2011. Sifat Fisik dan kekuatan kayu akasia mangium (*Acacia mangium Willd*) dari hutan tanaman industrial Kalimantan Selatan. *J. Riset Industri Hasil Hutan*. 30 (1): 20-23.
- Bowyer JL, R Smulsky, Haygreen JG. 2003. *Forest Products and Wood Science: an introduction*. 4th Edition. IOWA: Iowa State University Press.

- Burdon RD, Brittin RAJ, Wakford GB. 2001. Wood stiffness and bending strength in relation to density in four native provenances of pinus radiata. *New Zealand J. For. Sci.* 31(1): 130-146.
- Cahyono TD, Ohorella S, Febrianto F, Priadi T, Wahyudi I. 2014a. Physical and mechanical properties of samama wood glulam. *JITKT*, 12(2):186-195.
- Cahyono TD, Wahyudi I, Priadi T, Febrianto F, Ohorella S. 2014b. Analisis modulus geser dan pengaruhnya terhadap kekakuan panel laminasi kayu samama (*Antocephallus macrophyllus*). *Jurnal Teknik Sipil*, 21(2): 121-127.
- Lestari RY. 2016. Kayu sebagai bahan bangunan gedung bertingkat tinggi yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 8(2) : 99 – 108.
- Mardikanto TR. 2011. *Sifat Mekanis Kayu*. Bogor: IPB Press.
- Martawijaya A *et.al.* 1989. *Atlas Kayu Indonesia*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor.
- Prihatmaji YP, Kitamori A, Murakami S, Komatsu K. 2012. Study on Mechanical Properties of Tropical Timber Hardwood Species : Promoting Javanese Inferior Timbers for Traditional Wooden Houses. *Wood Research Journal*, 3 (1):44-54
- Riwayat naskah
Naskah masuk (*received*): 13 Oktober 2018
Diterima (*accepted*): 18 Desember 2018