

RekaRacana Vol 11 No 1 2025

by Yosafat Pranata

Submission date: 18-Mar-2025 09:17PM (UTC+0700)

Submission ID: 2563753705

File name: 13591-34544-1-SM.pdf (650.75K)

Word count: 4062

Character count: 24205

Model Kurva Bilinier Tegangan-Regangan Lentur, Tekan Sejajar Serat, dan Tekan Tegaklurus Serat Kayu Simalambuo (*Lophopetalum sp.*)

YOSAFAT AJI PRANATA^{1*}, TANI FRISDA², NOVI³,
SOFHIE ANGELA HAGIYANTO⁴

- ¹ Program Magister Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha, Bandung, Indonesia
² B. Pelaksana Penyediaan Perumahan Sumatera II, Kementerian PUPR, Medan, Indonesia
³ Program Sarjana Teknik Industri, Universitas Kristen Maranatha, Bandung, Indonesia
⁴ Program Sarjana Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha, Bandung, Indonesia
Email: yosafat.ap@gmail.com

ABSTRAK

Kayu Simalambuo (*Lophopetalum sp.*) dari Nias banyak dipergunakan sebagai bahan baku kayu untuk membuat bangunan kayu dengan fungsi untuk tempat tinggal. Penelitian ini bertujuan mendapatkan model kurva tegangan-regangan kayu Simalambuo (*Lophopetalum sp.*). Ruang lingkup penelitian yaitu kurva tegangan-regangan kayu yang dipelajari adalah sifat mekanika lentur dan tekan (sejajar serat dan tegaklurus serat kayu). Data sifat mekanika kayu diperoleh dari penelitian sebelumnya yaitu pengujian destruktif mengacu standar ASTM D143 dengan metode primer, dengan bahan baku kayu berasal dari Pulau Nias. Hasil penelitian yaitu model kurva tegangan-regangan lentur, tekan arah sejajar serat, dan tekan arah tegaklurus serat memberikan kontribusi bagi praktisi dan akademisi dalam perencanaan bangunan kayu tahan gempa. Model kurva bilinier tegangan-regangan hasil penelitian ini dapat menjadi referensi untuk analisis elastik maupun inelastik bangunan gedung kayu.

Kata kunci: sifat mekanika, simalambuo, nias, eksperimental, bangunan

ABSTRACT

Simalambuo wood (*Lophopetalum sp.*) from Nias is widely used as wood raw material to make wooden buildings with residential functions. This research aims to obtain a curve model of the stress-strain of Simalambuo wood (*Lophopetalum sp.*). The scope of the research is the stress-strain curve of wood are the mechanical properties of flexural and compressive (parallel to the grain and perpendicular to the grain). Data on the mechanical properties of wood was obtained from previous research, namely destructive testing referring to the ASTM D143 standard using the primary method, with wood raw materials originating from Nias Island. The results of the research, namely the curve model of the stress-strain in term of bending, compression parallel to the grain, and compression perpendicular to the grain provide a contribution to practitioners and academics in design of earthquake-resistant wooden buildings. The bilinear stress-strain curve model resulting from this research can be a reference for elastic and inelastic analysis of wooden buildings.

Keywords: mechanical properties, simalambuo, nias, experimental, building

1. PENDAHULUAN

Pohon Simalambuo (*Lophopetalum sp.*) banyak dijumpai di Pulau Nias, Provinsi Sumatera Utara. Kayu Simalambuo pada umumnya dipergunakan oleh penduduk sebagai bahan baku kayu utama untuk membuat bangunan kayu dengan fungsi untuk tempat tinggal, yaitu sebagai kolom, balok, papan lantai, dan papan untuk dinding. Bangunan kayu eksisting yang pada saat ini sudah berusia puluhan tahun pada umumnya masih berfungsi dengan baik, tidak terdapat kerusakan pada komponen struktural akibat beberapa kali kejadian gempa bumi, yaitu antara lain tahun 2005, 2022, dan 2024.

Penelitian ini bertujuan mendapatkan model kurva hubungan tegangan dan regangan kayu Simalambuo (*Lophopetalum sp.*). Ruang lingkup penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Model kurva tegangan-regangan yang dipelajari adalah lentur, **tekan sejajar serat, dan tekan tegak lurus serat kayu**. Model kurva yang diteliti adalah idealisasi dalam bentuk model bilinear elastik-pasca elastik.
2. Data primer penelitian menggunakan data hasil pengujian yang sebelumnya telah dilakukan oleh tim peneliti [1], yaitu pengujian sifat mekanika kayu dengan metode pengujian destruktif menggunakan acuan peraturan ASTM D143 [2].
3. Pembuatan benda uji dalam penelitian tersebut mengacu **pada** metode primer [2] dengan menggunakan bahan baku kayu berasal dari Pulau Nias. **Jumlah benda uji** untuk **masing-masing** tipe pengujian adalah **3** (tiga) **benda uji** sesuai acuan ASTM D143 [2].
4. Penentuan beban batas proporsional (beban leleh) dihitung dengan menggunakan metode CSIRO [3].

2. TINJAUAN LITERATUR

2.1 Riwayat Penelitian Kayu Simalambuo

Kayu simalambuo, yang merupakan jenis kayu yang awet dan dapat digunakan dalam jangka waktu yang **sangat** lama [4]. Penelitian tentang sifat mekanika kayu Simalambuo (*Lophopetalum sp.*) **telah dilakukan sebelumnya**, yaitu **antara lain oleh** Azizah dkk. [5] dan Iswanto dkk. [6]. Azizah dkk. [5] telah meneliti sifat mekanika kayu Simalambuo (*Lophopetalum sp.*) dengan bahan baku kayu berasal dari Pulau Nias dengan mempertimbangkan pengaruh metode desinfektan termomekanikal, dengan hasil penelitian yaitu kekerasan permukaan sebesar 256,73 kg/cm²; modulus ruptur sebesar 2.828,23 kg/cm²; dan modulus elastisitas sebesar 97,47 kg/cm². Selanjutnya Iswanto dkk. [6] melakukan penelitian tentang karakteristik kayu Simalambuo (*Lophopetalum sp.*) dari Pulau Nias dengan hasil penelitian menunjukkan bahwa kayu Simalambuo memiliki berat jenis 0,42 (420 kg/m³) dan diklasifikasikan dalam kelas kekuatan III-IV.

2.2 Bangunan Kayu

Bangunan kayu tipe *frame* memerlukan kayu kualitas tinggi sebagai bahan baku penyusun komponen kolom dan balok. Kayu kelas 1 pada umumnya mempunyai ukuran dan diameter yang besar, sehingga dapat dipergunakan baik sebagai kayu solid maupun kayu laminasi. Adanya sistem laminasi memungkinkan bagi perencana bangunan untuk membuat penampang balok maupun kolom dengan dimensi dan ukuran sesuai kebutuhan. Hal ini didukung hasil penelitian sebelumnya yaitu analisis struktur bangunan berbasis kayu laminasi memberikan kapasitas kekuatan dan kekakuan hampir sama dengan bangunan berbasis kayu solid, akibat pengaruh beban gempa rencana [7].

Secara umum, kayu dapat dipergunakan tidak hanya untuk komponen struktur kolom dan balok pada bangunan tipe *frame*, namun juga dipergunakan untuk komponen penyusun struktur atap. Ada beberapa keuntungan dari penggunaan kayu jika dilihat dari sisi kekuatan material, yaitu sifat mekanika kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan material canai dingin [8]. Dari kajian teoritis rumah adat Nias pada penelitian sebelumnya [9], bangunan kayu di Pulau Nias memenuhi 6 (enam) parameter desain berkelanjutan, yaitu tapak dan guna lahan, komunitas, kesehatan dan kesejahteraan, material, energi, serta air. Selain itu, pembelajaran dari rumah tradisional Nias yaitu penggunaan elemen diagonal (bresing) dan elemen struktur dengan sistem panggung yang sesuai dengan konsep arsitektur berkelanjutan.

2.3 Kekuatan Lentur

Kekuatan lentur adalah batas kapasitas yang dapat dicapai oleh kayu atau komponen kayu yang menerima beban lentur sehingga mengakibatkan terjadinya kegagalan. Batas kapasitas dalam konteks ini adalah beban proporsional, yaitu ketika material mengalami perubahan perilaku dari elastik menjadi plastik. Selain itu batas kapasitas pada kondisi puncak adalah beban ultimit ketika material mengalami kegagalan akibat beban lentur.

Pengujian lentur kayu dapat menggunakan acuan ASTM D143 [2]. Dalam acuan ini, terdapat dua pilihan metode pengujian yaitu metode primer dan metode sekunder dengan perbedaan yaitu ukuran benda uji dan kecepatan pembebanan pada saat pengujian. Perhitungan nilai kekuatan lentur menggunakan referensi mekanika bahan dasar [10] yaitu teori tegangan normal (lentur) seperti ditampilkan pada **Persamaan 1**. Kekuatan lentur pada kondisi beban proporsional (F_{by}) dan kondisi beban maksimum (F_{bu}) selanjutnya dapat dihitung dengan menggunakan **Persamaan 2 s.d. Persamaan 5**.

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} \quad \dots (1)$$

$$F_{by} = \frac{M_y \cdot y}{I} \quad \dots (2)$$

$$F_{bu} = \frac{M_u \cdot y}{I} \quad \dots (3)$$

$$\varepsilon_{by} = \frac{F_{by}}{E} \quad \dots (4)$$

$$\varepsilon_{bu} = \frac{F_{bu}}{E} \quad \dots (5)$$

dengan σ adalah tegangan normal [MPa], M adalah momen akibat beban lentur [N.mm], y adalah jarak dari pusat berat penampang ke serat terluar [mm], I adalah momen inersia penampang [mm⁴], F_{by} adalah kekuatan lentur pada kondisi beban proporsional [MPa], F_{bu} adalah kekuatan lentur pada kondisi beban ultimit [MPa], M_y adalah momen akibat beban proporsional [N.mm], M_u adalah momen akibat beban ultimit [N.mm], ε_{by} adalah regangan pada saat beban proporsional [mm/mm], ε_{bu} adalah regangan pada saat beban ultimit [mm/mm], E adalah modulus elastisitas [MPa], dan E_p adalah modulus plastis atau kemiringan kurva pasca elastik [MPa]. Modulus elastisitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan lendutan elastis [6] seperti ditampilkan pada **Persamaan 6**.

$$d = \frac{PL^3}{48EI} \quad \dots (6)$$

dengan d adalah lendutan dalam konteks beban elastis [mm], P adalah beban pada kondisi elastis [N], dan L adalah panjang bentang bersih balok (760 mm).

2.4 Kekuatan Tekan Sejajar Serat

Kekuatan tekan sejajar arah serat adalah batas kapasitas yang dapat dicapai kayu atau komponen kayu sehingga mengalami perubahan perilaku elastis menjadi pasca elastis sampai dengan kegagalan akibat tekan aksial, dengan arah beban sejajar serat. Pengujian tekan dengan orientasi arah sejajar serat kayu dapat menggunakan acuan ASTM D143 [2]. Dalam acuan ini, terdapat dua pilihan metode pengujian yaitu metode primer dan metode sekunder dengan perbedaan yaitu ukuran benda uji dan kecepatan pembebanan pada saat pengujian. Perhitungan nilai kekuatan tekan pada arah sejajar serat menggunakan referensi mekanika bahan dasar [10] yaitu teori tegangan normal (aksial) seperti ditampilkan pada **Persamaan 7**. Kekuatan tekan pada kondisi beban proporsional (F_{cy}) dan kondisi beban maksimum (F_{cu}) selanjutnya dapat dihitung dengan menggunakan **Persamaan 8 s.d. Persamaan 11**.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \dots (7)$$

$$F_{cy} = \frac{P_{cy}}{A} \quad \dots (8)$$

$$F_{cu} = \frac{P_{cu}}{A} \quad \dots (9)$$

$$\varepsilon_{cy} = \frac{\Delta_{cy}}{L} \quad \dots (10)$$

$$\varepsilon_{cu} = \frac{\Delta_{cu}}{L} \quad \dots (11)$$

dimana P adalah beban aksial tekan [MPa], A adalah jarak luas penampang benda uji [mm²], F_{cy} adalah kekuatan tekan arah sejajar serat dalam konteks beban proporsional [MPa], F_{cu} adalah kekuatan tekan arah sejajar serat dalam konteks beban ultimit [MPa], P_{cy} adalah beban aksial tekan proporsional [N], P_{cu} adalah beban aksial tekan ultimit [N], ε_{cy} adalah regangan pada saat beban proporsional [mm/mm], ε_{cu} adalah regangan pada saat beban ultimit [mm/mm], Δ_{cy} adalah perpindahan akibat beban aksial tekan proporsional [mm], Δ_{cu} adalah perpindahan akibat beban aksial tekan ultimit [mm], dan L adalah panjang benda uji mengacu ketentuan metode primer ASTM D143 yaitu sebesar 200 mm [2].

2.5 Kekuatan Tekan Tegak Lurus Serat

Kekuatan tekan tegak lurus arah serat adalah batas kapasitas yang dapat dicapai kayu atau komponen kayu sehingga mengalami perubahan perilaku elastis menjadi pasca elastis sampai dengan kegagalan akibat tekan aksial, dengan arah beban tegak lurus serat. Kekuatan batas dalam konteks ini adalah kondisi beban batas proporsional saja. Pengujian tekan tegak lurus serat kayu dapat menggunakan acuan ASTM D143 [2]. Pengujian dihentikan ketika deformasi mencapai 50 mm. Kekuatan tekan beban proporsional ($F_{cy\perp}$) dihitung dengan menggunakan **Persamaan 12** dan **Persamaan 13**.

$$F_{cy\perp} = \frac{P_{cy\perp}}{A} \quad \dots (11)$$

$$\varepsilon_{cy\perp} = \frac{\Delta_{cy\perp}}{L_{\perp}} \quad \dots (12)$$

Model Kurva Bilinier Tegangan-Regangan Lentur, Tekan Sejajar Serat, dan Tekan Tegaklurus Serat Kayu Simalambuo (Lophopetalum sp.)

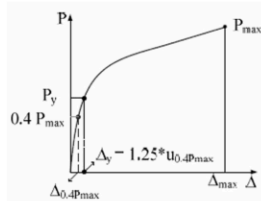
dengan $F_{cy\perp}$ adalah kekuatan tekan tegaklurus serat dalam konteks beban proporsional [MPa], $P_{cy\perp}$ adalah beban aksial tekan proporsional [N], $\varepsilon_{cy\perp}$ adalah regangan pada saat beban proporsional [mm/mm], $\Delta_{cy\perp}$ adalah perpindahan akibat beban aksial tekan proporsional [mm], dan L_{\perp} adalah tebal benda uji sesuai metode primer ASTM D143 yaitu sebesar 50mm [2].

2.6 Modulus Elastisitas

Kekakuan (*stiffness*) material merupakan kemampuan menahan perubahan bentuk atau kelengkungan, dengan indikasi yaitu parameter modulus elastisitas. Modulus elastisitas adalah kemiringan atau slope berupa garis linier pada kurva tegangan-regangan hasil uji lentur pada kondisi material masih berperilaku elastik [10].

2.7 Beban Bataproporsional Metode CSIRO

Metode CSIRO dikembangkan oleh Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation [3], yaitu menggunakan asumsi bahwa titik peralihan leleh dari kondisi elastik menjadi inelastik diperoleh pada kondisi 40% beban ultimit dikalikan dengan faktor 1,25. Skematik penentuan beban proporsional ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Penentuan beban proporsional dengan metode CSIRO [3]

2.8 Pengujian Destruktif Sifat Mekanika Kayu

Spesimen untuk uji lentur dalam penelitian [1] dibuat berdasarkan acuan berdasarkan spesifikasi benda uji primer peraturan ASTM D143 [2] yaitu ukuran penampang 50 mm x 50 mm x 760 mm. Metode pengujian lentur yaitu satu beban terpusat ditengah bentang (*center-point loading test*). Kecepatan pembebanan (*crosshead*) sebesar 2,5 mm/menit [2]. Spesimen untuk uji tek kayu arah sejajar serat dibuat juga menggunakan acuan metode primer ASTM D143, yaitu ukuran 50mm x 50mm x 200mm. Tipe pembebanan tekan sejajar serat adalah *strain rate* dengan nilai sebesar 0,003 mm/mm per menit atau *displacement rate* sebesar 0,6 mm per menit [2]. Selanjutnya untuk spesimen tekan arah tegak lurus serat dibuat juga menggunakan acuan metode primer ASTM D143 dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 150mm. Tipe pembebanan tekan tegaklurus serat yaitu *displacement rate* sebesar 0,305 mm per menit [2].

2.9 Persamaan Empiris Sifat Mekanika Kayu

Sifat mekanika kayu yaitu modulus elastisitas, modulus ruptur, kekuatan tekan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 14 s.d. Persamaan 17 berdasarkan referensi dari *Forest Product Laboratory* [11].

$$E = 16.500G^{0,07} ; \text{ satuan MPa} \quad \dots (14)$$

$$MoR = 171.200G^{1,13} ; \text{ satuan kPa} \quad \dots (15)$$

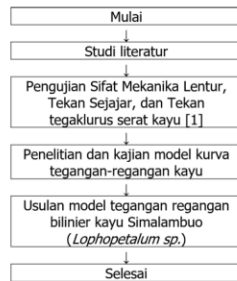
$$F_{cy} = 75.900G^{0,89} ; \text{ satuan kPa} \quad \dots (16)$$

$$F_{cy\perp} = 21.500G^{2,08} ; \text{ satuan kPa} \quad \dots (17)$$

dengan G adalah berat jenis (*specific gravity*) kayu.

3. METODE

Penelitian ini menggunakan metode pengujian eksperimental di laboratorium untuk mendapatkan data empiris sifat mekanika kayu [1]. Metode pengujian mengacu pada metode [1] pada ASTM D143 [2] dengan jumlah benda uji untuk masing-masing sifat mekanika lentur, tekan sejajar serat, dan tekan tegak lurus serat adalah 3 (tiga) benda uji.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Selanjutnya data dipergunakan untuk mempelajari beban proporsional (perubahan kondisi material kayu dari perilaku elastik menjadi plastik) dan beban ultimit. Data-data yang diperoleh selanjutnya dipergunakan untuk menyusun kurva hubungan tegangan dan regangan kayu. Diagram alir penelitian selengkapnya ditampilkan pada Gambar 2.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Lentur

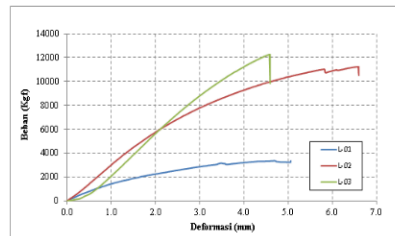
Pengujian lentur dilakukan dengan jumlah benda uji sebanyak 3 (tiga) buah [1]. Ukuran panjang benda uji 800 mm dengan bentang bersih benda uji sebesar 760 mm. Benda uji lentur mempunyai ukuran penampang 50 mm x 50 mm [2]. Metode pengujian menggunakan metode *center-point loading test*. Tipe pembebanan adalah monotonik. Gambar 3a memperlihatkan benda uji balok kayu akan di-uji dengan *Universal Testing Machine* (UTM) [12]. Untuk mengukur lendutan balok maka ditempatkan 1 (satu) buah LVDT tepat ditengah bentang balok. Gambar 3b memperlihatkan proses pengujian untuk benda uji. Gambar 3c memperlihatkan ragam kegagalan seluruh benda uji. Secara umum pola kegagalan yang terjadi adalah *simple tension* [2].

Gambar 4 memperlihatkan kurva hubungan beban terpusat (P , satuan N) terhadap lendutan ditengah bentang (d , satuan mm). Tabel 1 memperlihatkan hasil perhitungan beban proporsional (P_{by}) dengan metode CSIRO [3], lendutan dalam konteks beban proporsional (d_y), beban batas ultimit, dan lendutan dalam konteks beban ultimit (d_u). Beban ultimit (P_{bu}) adalah beban puncak ketika benda uji mengalami kegagalan.

Model Kurva Bilinier Tegangan-Regangan Lentur, Tekan Sejajar Serat, dan Tekan Tegaklurus Serat Kayu Simalambuo (*Lophopetalum sp.*)



(a) Benda uji lentur (b) Pengujian lentur (c) Ragam kegagalan
Gambar 3. Benda uji, pengujian, dan ragam kegagalan benda uji lentur [1]



Gambar 4. Hasil pengujian lentur yaitu kurva beban-lendutan (deformasi) balok [1]

Tabel 1. Perhitungan Beban Batas dan Lendutan Batas [1]

Benda Uji	P_{by} [N]	d_y [mm]	F_{bu} [N]	d_u [mm]
L-01	1.753,9	1,3	3.362,9	5,1
L-02	6.595,4	2,3	11.239,2	6,6
L-03	8.135,8	2,8	12.273,5	4,6
Rerata	5.495,0	2,1	8.958,5	5,4

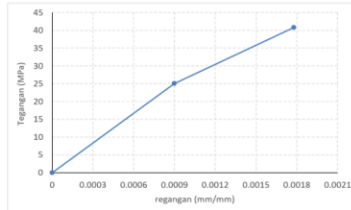
Hasil perhitungan pada **Tabel 1** memperlihatkan bahwa secara umum kekuatan lentur (proporsional) kayu yaitu sebesar 5.495,0 N; sedangkan kekuatan lentur (kondisi batas ultimit) yaitu sebesar 8.958,5 N; deformasi dalam konteks beban proporsional tercapai yaitu sebesar 2,1 mm; dan deformasi dalam konteks beban ultimit tercapai yaitu sebesar 5,4 mm. Untuk mengetahui besarnya modulus elastisitas (E), maka digunakan persamaan lendutan elastik [23] seperti ditampilkan pada **Persamaan 11**. Perhitungan tegangan dan regangan normal (lentur) dilakukan dengan menggunakan **Persamaan 2 s.d. Persamaan 5**. Hasil perhitungan tegangan dan regangan ditampilkan pada **Tabel 2** dan **Gambar 5**.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Tegangan dan Regangan Mormal (lentur)

Keterangan	σ [N]	ϵ [mm/mm]
Proporsional	25,1	0,0009
Ultimit	40,9	0,0018

4.2 Pengujian Tekan

Pengujian tekan sejajar arah serat dan pengujian tekan arah tegak lurus serat dilakukan untuk mendapatkan parameter sifat mekanika kekuatan tekan kayu. Benda uji tekan dengan orientasi arah sejajar serat ditampilkan pada **Gambar 6a**, benda uji tekan dengan orientasi arah tegak lurus serat ditampilkan pada **Gambar 6b**, dengan masing-masing jumlah benda uji adalah sebanyak 3 (tiga) buah benda uji [1].



Gambar 5. Model kurva bilinear untuk lentur



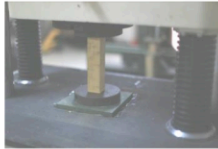
(a) Arah sejajar serat



(b) Arah tegak lurus serat

Gambar 6. Benda uji tekan [1]

Gambar 7a menampilkan pengujian tekan untuk arah sejajar serat, **Gambar 7b** menampilkan mode kegagalan pada benda uji tekan arah sejajar serat. Selanjutnya **Gambar 8a** menampilkan pengujian tekan untuk arah tegak lurus serat, dan **Gambar 8b** menampilkan mode kegagalan pada benda uji tekan arah tegak lurus serat.

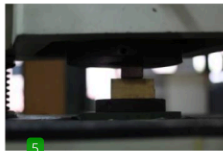


(a) Pengujian



(b) Mode kegagalan

Gambar 7. Pengujian tekan dan mode kegagalan uji tekan arah sejajar serat [1]



(a) Pengujian

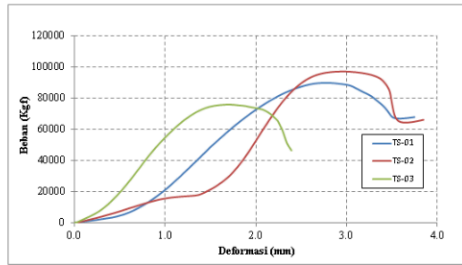


(b) Mode kegagalan

Gambar 8. Pengujian tekan dan mode kegagalan uji tekan arah tegak lurus serat [1]

Gambar 9 dan **Tabel 3** memperlihatkan kurva beban-deformasi hasil pengujian tekan arah sejajar serat, **Gambar 10** dan **Tabel 4** memperlihatkan kurva beban-deformasi hasil pengujian tekan arah tegak lurus serat.

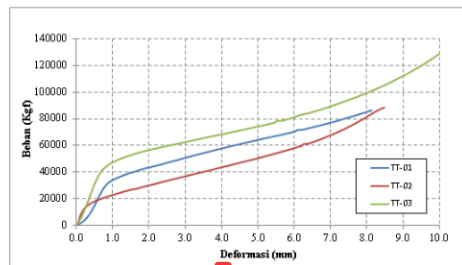
Model Kurva Bilinier Tegangan-Regangan Lentur, Tekan Sejajar Serat, dan Tekan Tegaklurus Serat Kayu Simalambuo (*Lophopetalum sp.*)



Gambar 9. Kurva beban-deformasi benda uji tekan arah sejajar serat [1]

Tabel 3. Hasil Pengujian untuk Tekan Arah Sejajar Serat [1]

Benda Uji	P_{cy} [N]	Δ_{cy} [mm]	P_{cu} [N]	Δ_{cu} [mm]
TS-01	71.442,9	2,0	89.823,6	4,7
TS-02	88.323,4	2,5	97.085,8	3,8
TS-03	64.018,4	1,2	75.878,6	2,4
Rerata	74.594,9	1,9	87.596,0	3,7



Gambar 10. Kurva beban-deformasi benda uji tekan arah tegak lurus serat [1]

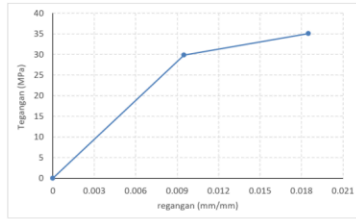
Tabel 4. Hasil Pengujian untuk Tekan Arah Tegak Lurus Serat

Benda Uji	$P_{cy\perp}$ [N]	$\Delta_{cy\perp}$ [mm]
TT-01	27.821,3	0,7
TT-02	12.936,6	0,2
TT-03	42.409,8	0,7
Rerata	27.722,6	0,6

Perhitungan tegangan dan regangan normal (aksial) dilakukan dengan menggunakan Persamaan 8 s.d. Persamaan 11 untuk tekan arah sejajar serat, sedangkan untuk tekan arah tegak lurus serat dihitung dengan Persamaan 12 dan Persamaan 13. Hasil perhitungan tegangan-regangan disampaikan pada Tabel 5 (tekan arah sejajar serat) dan Tabel 6 (tekan arah tegaklurus serat). Sedangkan model kurva bilinier disampaikan pada Gambar 11 (tekan arah sejajar serat) dan Gambar 12 (tekan arah tegak lurus serat).

Tabel 5. Hasil Perhitungan Tegangan-Regangan Aksial Tekan Arah Sejang Serat

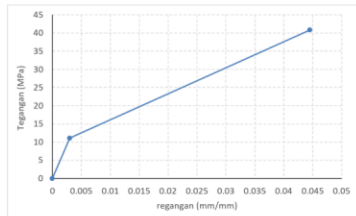
Keterangan	σ [N]	ϵ [mm/mm]
Proporsional	29,8	0,0095
Ultimit	35,0	0,0185



Gambar 11. Model kurva bilinear untuk tekan sejang serat kayu

Tabel 6. Hasil Perhitungan Tegangan dan Regangan Aksial Tekan Arah Tegak Lurus Serat

Keterangan	σ [N]	ϵ [mm/mm]
Proporsional	11,1	0,0030



Gambar 12. Model kurva bilinear untuk tekan tegak lurus serat kayu

4.3 Pembahasan

Dalam perencanaan komponen struktur lentur (balok) baik itu berdasarkan metode Desain Faktor Beban Ketahanan (DFBK) maupun metode Desain Tegangan Ijin (DTI) sesuai SNI 7973 [13], diperlukan parameter kekuatan lentur (F_b) dan modulus ruptur (MoR). Penelitian ini memberikan kontribusi yaitu dua parameter tersebut dapat menggunakan referensi model kurva bilinear seperti disampaikan pada **Tabel 2** dan **Gambar 5**.

Dalam perencanaan komponen struktur tekan, sebagai contoh kolom pada bangunan gedung atau batang tekan pada struktur tipe rangka batang (*truss*) baik itu berdasarkan metode Desain Faktor Beban Ketahanan (DFBK) maupun metode Desain Tegangan Ijin (DTI) sesuai SNI 7973 [13], diperlukan parameter kekuatan tekan (F_c). Penelitian ini memberikan kontribusi yaitu parameter tersebut dapat menggunakan referensi model kurva bilinear seperti disampaikan pada **Tabel 5** dan **Gambar 11**. Sedangkan parameter kekuatan tekan tegak lurus serat kayu sebagaimana ditampilkan pada **Tabel 6** dan **Gambar 12** dapat dimanfaatkan untuk perencanaan (sebagai contoh) komponen pada bangunan yang menerima beban tekan tegak lurus serat pada bagian tepi serat terluar penampang.

Hasil penelitian seperti ditampilkan pada **Tabel 7** memperlihatkan bahwa berat jenis hasil pengujian lebih tinggi dibandingkan referensi hasil penelitian Irwanto, dkk. [6]. Nilai modulus ruptur dalam penelitian ini menghasilkan nilai lebih rendah dibandingkan dengan hasil perhitungan dengan referensi *Wood Handbook* [11] yang dihitung dengan **Persamaan 15**, sedangkan modulus elastisitas hasil penelitian lebih tinggi dibandingkan referensi [11] yang dihitung dengan **Persamaan 14**.

Nilai kekuatan tekan sejajar serat kayu dalam penelitian ini menghasilkan nilai lebih tinggi dibandingkan penelitian sebelumnya oleh Azizah, dkk. [5] tetapi lebih rendah dibandingkan dengan hasil perhitungan dengan referensi [11] yang dihitung dengan **Persamaan 16**. Sedangkan untuk tekan tegaklurus serat hasil penelitian menghasilkan nilai $F_{c\perp}$ lebih tinggi dibandingkan referensi [11] yang dihitung dengan **Persamaan 17**.

Tabel 7. Studi Komparasi dengan Data Sekunder Hasil Kajian Literatur [3,4,7]

Keterangan	Hasil penelitian	Azizah dkk. [5]	Irwanto dkk. [6]	FPL [11]
G	0,45	-	0,42	-
F_b (MPa)	25,1	-	-	-
MoR (MPa)	40,9	-	-	69,4
E (MPa)	22.973,1	-	-	15.603,0
F_c (MPa)	29,8	25,2	-	37,3
$F_{c\perp}$ (MPa)	11,1	-	-	4,1

Hasil penelitian sebagaimana disampaikan pada **Tabel 7** memperlihatkan bahwa modulus elastisitas kayu dalam penelitian ini termasuk dalam kategori mutu E22 berdasarkan acuan SNI 7973:2013 [13], hal ini mengindikasikan bahwa kayu termasuk dalam kategori kelas kuat 1. Hal ini menjadi penjelasan bahwa kayu Simalambuo dipilih oleh penduduk Pulau Nias sebagai bahan baku utama penyusun bangunan kayu. Hal ini didukung adanya kearifan lokal penggunaan sistem peredam yaitu kolom yang diletakkan di atas batu sebagai bagian dari sistem resistensi bangunan terhadap gempa [14]. Bentuk arsitektur dari rumah tradisional Nias Selatan sangat khas, dengan salah satu ciri yaitu kolom yang berfungsi sebagai tiang penyangga miring (diagonal) yang berfungsi sebagai breising terletak di bagian bawah rumah [15]. Tiang penyangga utama memerlukan bahan baku kayu kelas 1 dengan ukuran diameter besar.

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian yaitu model kurva hubungan tegangan vs regangan lentur, tekan arah sejajar serat, dan tekan arah tegaklurus serat memberikan kontribusi baik bagi praktisi dan akademisi dalam konteks perencanaan bangunan dengan kayu Simalambuo. Model kurva bilinier tegangan-regangan hasil penelitian ini memberikan informasi nilai tegangan dan regangan pada kondisi beban proporsional dan ultimit, sehingga dapat menjadi referensi analisis elastik maupun inelastik bangunan gedung kayu. Penelitian kayu Simalambuo (*Lophopetalum sp.*) masih jarang dilakukan sehingga diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi yaitu basis data sifat mekanika kayu Simalambuo.

UCAPAN TERIMA KASIH

Data hasil pengujian eksperimental dengan metode destruktif yang digunakan dalam penelitian ini adalah bagian dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh tim peneliti (penulis ke-1 dan ke-2) dengan pendanaan dari Balai Litbang Perumahan Wilayah I Medan

Kementerian PUPR tahun anggaran 2018, oleh karena itu tim peneliti mengucapkan terima kasih atas terlaksananya penelitian tersebut. Selanjutnya kajian penelitian kurva tegangan-regangan kayu dalam tulisan ini merupakan penelitian lanjutan (penulis ke-1, ke-3, dan ke-4) dengan pendanaan Skema A dari LPPM Universitas Kristen Maranatha tahun anggaran 2023, oleh karena itu tim peneliti mengucapkan pula terima kasih atas kesempatan yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Balai Litbang Wilayah I Medan (2018). *Simulasi Kehandalan Struktur Rumah Adat Tradisional Nias*, Laporan Akhir Kegiatan.
- [2] American Society for Testing and Materials (2022). *ASTM D143-22 Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber*, American Society for Testing and Materials.
- [3] Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (1996). *Timber evaluation of mechanical joint systems Part 3, Earthquake loading*, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Melbourne, Australia.
- [4] Mendrofa, S., Gea, J.B.I.J., Zega, Y. (2022). "Analisis Quality Control yang Efektif dalam Meningkatkan Kualitas Produk pada UD. Melvin," *Jurnal EMBA*, vol. 10, no. 4, p. 1455-1461, November 2022.
- [5] Azizah, N., Sindika, F., Andriyani, Gea, S. (2022). "Enhancement Mechanical Properties of Simalambuo Wood (*Loppopetalum spp.*) Delignified using NaOH in the Thermomechanical Densification Method," *J. Akademika Kimia*, vol. 11, no. 4, p. 231-235, November 2022.
- [6] Iswanto, A.H., Amanda, D.W., Gea, S., Susilowati, A., Fatriasari, W., Darwis, A., Lubis, M.A.R., Sucipto, T., Syahidah, Subekti, N., Hartono, R., Sutiawan, J., Hidayat, W., Kim, N.H. (2023). "Characteristics of Simalambuo (*Lophopetalum sp.*) wood from Nias Island, North Sumatra Province, Indonesia," *Biodiversitas*, vol. 24, no. 7, p. 4193-4201, Juli 2023.
- [7] Taufik, Desmaliana, E., Pribadi, A. (2019). "Studi Perbandingan Analisis Struktur Rumah 2 Lantai Menggunakan Kayu Glulam dan Kayu Solid Terhadap Beban Gempa," *RekaRacana*, vol. 5, no. 1, p. 85-94, Maret 2019.
- [8] Aldiansyah, M., Ratnayanti, R., Desmaliana, E. (2019). "Kajian Teknis Waktu dan Biaya pada Perbandingan Struktur Atap kayu dan Struktur Atap baja Ringan," *RekaRacana*, vol. 5, no. 1, p. 118-129, Maret 2019.
- [9] Buwono, R.A.M., Arifin, L.S. (2023). "Studi Nilai Keberlanjutan Elemen Struktur Rumah Tradisional Nias," *ACESA*, vol. 5, no. 2, p. 37-49, September 2023.
- [10] Goodno, B.J., Gere, J.M. (2021). *Mechanics of Materials 9th Edition*, ISBN 978-0-3573-7785-7, Publisher Cengage.
- [11] Forest Product Laboratory (2021). *Wood Handbook: Wood as an Engineering Material*, United States Department of Agriculture.
- [12] Hung Ta, Co., Ltd. (2008). *HT-9501 Electro-Hydraulic Servo Universal Testing Machines*, Hung Ta Instrument (Thailand) Co. Ltd.
- [13] Badan Standardisasi Nasional (2013). *Spesifikasi Desain untuk Konstruksi Kayu SNI 7973:2013*, Badan Standardisasi Nasional.
- [14] Bramantyo, B. (2017). "Identifikasi Arsitektur Rumah Tradisional Nias Selatan dan Perubahannya," *Jurnal Permukiman*, vol. 7, no. 3, p. 151-161, November 2012.
- [15] Lestari, I., Sholikah, I.S., Sutjipto, P.B., Soedjarwo, M.P. (2012). "Identifikasi Arsitektur Tradisional Rumah Omo Masyarakat Nias Sebagai Bentuk Pertahanan," *Prosiding Seminar Nasional Arsitektur Pertahanan 2022*, vol. 2, no. 1, p. 100-111, November 2023.

ORIGINALITY REPORT

15%	15%	4%	0%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	journals.itb.ac.id Internet Source	5%
2	www.researchgate.net Internet Source	3%
3	core.ac.uk Internet Source	1%
4	repository.maranatha.edu Internet Source	1%
5	dinarek.unsoed.ac.id Internet Source	1%
6	journal.undiknas.ac.id Internet Source	1%
7	ejournal.unsrat.ac.id Internet Source	<1%
8	www.ffpri.affrc.go.jp Internet Source	<1%
9	adbe.upnjatim.ac.id Internet Source	<1%
10	docplayer.info Internet Source	<1%
11	N.Retno Setiati. "Kajian Penambahan Serat Sintetik Pada Campuran Beton Terhadap Sifat Mekanik Beton", Jurnal Permukiman, 2016 Publication	<1%

12	Internet Source	<1 %
13	garuda.kemdikbud.go.id Internet Source	<1 %
14	"The Advances in Civil Engineering Materials", Springer Science and Business Media LLC, 2019 Publication	<1 %
15	123dok.com Internet Source	<1 %
16	jurnal.untad.ac.id Internet Source	<1 %
17	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
18	sentekmi.maranatha.edu Internet Source	<1 %
19	id.scribd.com Internet Source	<1 %
20	repository.its.ac.id Internet Source	<1 %
21	sedici.unlp.edu.ar Internet Source	<1 %
22	www.unimed.ac.id Internet Source	<1 %
23	Yosafat Aji Pranata, Anang Kristianto, Aan Darmawan. "Modulus Penampang Elastik Balok Kayu Jabon Glulam", Jurnal Permukiman, 2020 Publication	<1 %
24	jurnal.ustjogja.ac.id Internet Source	<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On