

# EVALUASI TEKNIS KEKUATAN STRUKTUR RUMAH KAYU TRADISIONAL PRODUKSI DESA WOLOAN TERHADAP GEMPA SESUAI STANDAR NASIONAL INDONESIA (SNI)

Nurjannah Baharta

Servie O. Dapas, Ronny Pandaleke

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [nurjannahbaharta@gmail.com](mailto:nurjannahbaharta@gmail.com)

## ABSTRAK

*Rumah kayu tradisional produksi desa Woloan dievaluasi secara teknis, baik material maupun sistem strukturnya. Kayu yang digunakan diambil sampelnya dan diuji di laboratorium Fakultas Teknik Unsrat untuk mendapatkan sifat mekanis kayu yang sesuai dengan kondisi di lapangan, yang dibutuhkan untuk analisis struktur rumah kayu tersebut.*

*Kayu yang digunakan untuk kolom/tiang dan balok adalah Kayu Besi / Aliwowos (Homalium Foetidum Benth), yang secara teori memiliki kelas kuat I/II, sedang untuk lantai dan dinding digunakan kayu cempaka atau nantu. Dimensi kolom/tiang adalah 18cm x18cm, 18cm x9cm, 15cm x 9.5cm, 9cm x9cm, dan balok berukuran 15cm x10cm untuk balok utama dan 15cm x5cm untuk balok anak.*

*Hasil pengujian dari laboratorium untuk jenis kayu besi jenis aliwowos didapatkan nilai modulus elastisitas  $E = 13771,83$  dan  $E_{min} = 6436,655$ . Modulus elastisitas yang diperoleh terdapat dalam rentang modulus elastisitas kayu struktural berdasar SNI Kayu 2013.*

*Hasil uji material kayu di laboratorium kemudian dijadikan input pada program bantu komputasi untuk mengevaluasi dan menganalisis struktur rumah kayu tradisional desa Woloan. Evaluasi desain struktur rumah kayu yang dilakukan secara manual berdasarkan hasil analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa struktur rumah kayu tersebut mampu memikul beban yang direncanakan.*

**Kata Kunci:** *Evaluasi teknis, rumah, kayu, Desa Woloan, SNI*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Hutan di Indonesia yang sangat potensial terbagi menjadi hutan alam, hutan rakyat dan hutan tanaman industri. Dalam bentuk pengawasan pemerintah terhadap maraknya penebangan liar pada hutan alam, sumber bahan kayu sebagai bahan bangunan maupun untuk industri lainnya mulai beralih pada hasil hutan tanaman industri dan hutan rakyat Masyarakat Indonesia banyak menggunakan material kayu dalam berbagai macam sektor kebutuhan, termasuk juga diantaranya sektor bangunan dan konstruksi. Di Indonesia penggunaan kayu untuk keperluan konstruksi, jika dilihat dari segi ekonomi, sangatlah menguntungkan karena jumlah dan jenisnya yang sangat beragam.

Kayu Besi / Aliwowos (*Homalium Foetidum Benth*) adalah kayu yang tergolong paling berat. Kayu ini memiliki kelas kuat I/II sehingga lebih sesuai digunakan sebagai bahan kayu struktural seperti tiang rumah. Sedangkan kayu merah (nyatoh/nantu) merupakan salah satu jenis kayu tropis yang tersebar luas di berbagai area di

Indonesia. Namun demikian, kayu ini lebih mudah ditemukan di wilayah Sulawesi dibanding wilayah lainnya di negara ini. bahkan hampir semua suplai nyato/nantu di Jawa berasal dari Sulawesi.

### Rumusan Masalah

Untuk memenuhi kriteria perencanaan yang baik dalam hal kekuatan konstruksi bangunan tersebut. Maka diperlukan pengujian material kayu yang digunakan. Data material tersebut akan diinputkan pada *software ETABS* untuk analisa struktur konstruksi rumah kayu tradisional tersebut.

Dari rumusan masalah diatas maka peneliti melakukan evaluasi teknis kekuatan struktur rumah kayu tradisional produksi Desa Woloan terhadap gempa sesuai Standar Nasional Indonesia SNI.

### Batasan Masalah

Untuk membatasi setiap permasalahan yang akan muncul dalam penelitian, maka diperlukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Menggunakan program ETABS

2. Menggunakan SNI 7973-2013 Spesifikasi Desain untuk Konstruksi Kayu.
3. Lokasi penelitian berada Desa Woloan Kec.Tomohon Barat Kota Tomohon
4. Model rumah kayu tradisional ukuran Type 7 x 12 M.
5. Tidak meninjau tipe sambungan.
6. Menggunakan SNI 1726-2012 “Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung”.
7. Menggunakan SNI 1727-2013 “Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Stuktur lain”.

**Tujuan Penelitian**

Untuk melakukan evaluasi teknis kekuatan struktur konstruksi rumah kayu tradisional Woloan sesuai SNI 7973-2013.

**Manfaat Penelitian**

1. Untuk mengetahui seberapa besar kekuatan rumah kayu tradisional yang ditempatkan di daerah rawan gempa .
2. Untuk mengetahui apakah rumah kayu asal Desa Woloan mengikuti standar SNI kayu atau tidak.
3. Menganalisa struktur rumah kayu tradisional dengan rangka menggunakan kayu besi jenis Aliwowos.

**LANDASAN TEORI**

**Pengertian Kayu**

Kayu merupakan satu dari beberapa bahan konstruksi yang sudah lama dikenal masyarakat, didapatkan dari semacam tanaman yang tumbuh di alam dan dapat diperbaharui secara alami. Faktor-faktor seperti kesederhanaan dalam pengerjaan, ringan sesuai dengan lingkungan (*environmental compatibility*) telah membuat kayu menjadi bahan konstruksi yang dikenal di bidang konstruksi ringan (*light construction*).

**Kayu Besi Jenis Aliwowos**

Kayu Besi / Aliwowos (*Homalium Foetidum Benth*) adalah kayu yang tergolong paling berat.

Tabel 1. Kelas kuat kayu kayu besi.

No	Suku	Nama Botanis	Nama Dagang	Kuat Kelas	B.J kering udara			Kelas Awet
					Min.	Max.	Rata2	
1	Flacourtiaceae	Homalium foetidum benth	Kayu besi jenis aliwowos	I/II	0,69	0,76	0,72	I/II

Kayu ini memiliki kelas kuat I/II sehingga lebih sesuai digunakan sebagai bahan kayu struktural seperti tiang rumah.

**Kayu Nantu**

Ciri umum kayu nantu adalah warna kayu bervariasi warna dari coklat-kuning, coklat muda, coklat ungu, coklat merah sampai coklat atau merah tua. Kayu gubal berwarna lebih muda, tetapi biasanya hanya sedikit berbeda dari kayu teras, tebal seringkali sampai 10 cm. Tekstur kayu agak halus sampai kasar dan merata. Arah serat lurus agak berpadu, permukaan kayu agak licin atau mengkilap. Berat jenis kayu berkisar 0,48-0,87 sedangkan modulus elastisitas pada kondisi kering udara berkisar ± 12846 MPa (Martawijaya 1981:105).

Kayu Nantu/nyato :

- Berat jenis (yang diambil) : 0,67
- Kelas Kuat : I, II, III
- Kelas Awet : II, III

**Konstruksi kayu**

Konstruksi rumah kayu adalah bangunan rumah dengan menggunakan sistem struktur rangka pemikul dari bahan kayu. Bisa disebut sebagai rumah kayu, ciri-cirinya yaitu seluruh komponen struktur atap, balok dan kolom serta dinding yang digunakan adalah kayu. Contoh konkritnya adalah rumah kayu tradisional produksi Desa Woloan (Gambar 1).



Gambar 1. Rumah kayu tradisional Woloan

**Kadar Lengas atau Kadar Air**

Kadar air kayu adalah banyaknya air yang terkandung dalam kayu yang dinyatakan dalam persen terhadap berat kering ovennya. Kadar air kering udara adalah kondisi kayu dalam keadaan kering udara yang mana pada kondisi ini kayu tidak menyerap atau melepaskan air. Untuk mendapatkan kadar air, dapat dihitung dengan rumus:

$$m = \frac{Wg - Wd}{Wd} \times 100\%$$

dimana:

- m = Kadar Lengas atau Kadar Air (%)
- Wd = Berat Kayu kering-oven
- Wg = Berat Kayu Basah

Di Indonesia kadar lengas atau kering udara berkisar:

- Kadar lengas kayu berat : 40%
- Kadar lengas kayu ringan : 200%
- Fiber Saturation Point (FSP) 24%-30%
- Kadar lengas kayu kering udara : 12% - 18% rata-rata 15%
- Kadar lengas kering mutlak (kering oven) adalah 0%

**Berat jenis**

Menentukan berat jenis pada kadar air m% (Gm).

$$Gm = \frac{\rho}{(1.000(1+\frac{m}{100}))}$$

dimana:  $\rho$  = kerapatan kayu (kg/m<sup>3</sup>)

m = kadar air (m%)

Gm = berat jenis pada kadar air m%

$$a = \frac{30-m}{30}$$

$$Gb = \frac{Gm}{(1+0,265*a*Gm)}$$

Menentukan berat jenis pada kadar air 15%

$$G = \frac{Gb}{(1-0,133 Gb)}$$

dimana: G = berat jenis pada kadar air 15%

Gb = berat jenis dasar

**Kerapatan Kayu**

Kerapatan suatu benda yang homogen adalah massa atau berat persatuan volume, sehingga kerapatan selalu dinyatakan dengan satuan gram/cm<sup>3</sup> atau kg/m<sup>3</sup>. Massa atau berat dan volume pada perhitungan kerapatan kayu dapat menggunakan berbagai macam kondisi kayu (kondisi segar/basah, kering udara, kadar air tertentu dan kering tanur).

Kerapatan Kayu ( $\rho$ ) kg/m<sup>3</sup>

$$\rho = \frac{Wg}{Vg}$$

Dimana:  $\rho$  = kerapatan kayu (kg/m<sup>3</sup>)

Wg = berat kayu basah

**SNI 7973 2013: Spesifikasi Disain untuk Konstruksi Kayu**

Perencanaan struktur kayu harus memenuhi syarat kekuatan, kekakuan dan kestabilan disamping efisien dari segi ekonomis. SNI 7973:2013 Spesifikasi disain untuk konstruksi kayu telah mengatur tatacara disain struktur kayu tersebut. LRFD dan ASD yang digunakan dalam

NDS 2012 menjadi salah satu acuan untuk SNI 7973:2013.

**Modulus elastisitas**

Modulus Elastisitas Modulus elastisitas (E) merupakan pengukuran kemampuan kayu untuk menahan perubahan bentuk atau lentur yang terjadi sampai dengan batas elastisnya. Semakin besar bebannya, semakin tinggi tegangan yang timbul dan semakin besar perubahan bentuk yang terjadi sampai batas elastis.

Modulus elastis kayu dapat dihitung melalui pemberian beban sebagai tegangan yang diberikan pada kayu dan mengamati penunjukan oleh garis rambut sebagai regangan. Penentuan mutu kayu pada umumnya diklasifikasikan menurut jenis kayu tersebut. Namun, parameter SNI (Standar Nasional Indonesia) modulus elastisitas dipakai untuk menentukan mutu kayu, bukan terhadap jenisnya tapi pada setiap balok dan potongan kayu tersebut.

Tabel 2. Nilai Desain dan Modulus Elastis Lentur Acuan

Kode Mutu	Nilai Desain Acuan (MPa)					Modulus Elastisitas Acuan (MPa)	
	F <sub>b</sub>	F <sub>t</sub>	F <sub>c</sub>	F <sub>v</sub>	F <sub>cL</sub>	E	E <sub>min</sub>
E25	26.0	22.9	18.0	3.06	6.11	25000	12500
E24	24.4	21.5	17.4	2.87	5.74	24000	12000
E23	23.2	20.5	16.8	2.73	5.46	23000	11500
E22	22.0	19.4	16.2	2.59	5.19	22000	11000
E21	21.3	18.8	15.6	2.50	5.00	21000	10500
E20	19.7	17.4	15.0	2.31	4.63	20000	10000
E19	18.5	16.3	14.5	2.18	4.35	19000	9500
E18	17.3	15.3	13.8	2.04	4.07	18000	9000
E17	16.5	14.6	13.2	1.94	3.89	17000	8500
E16	15.0	13.2	12.6	1.76	3.52	16000	8000
E15	13.8	12.2	12.0	1.62	3.24	15000	7500
E14	12.6	11.1	11.1	1.48	2.96	14000	7000
E13	11.8	10.4	10.4	1.39	2.78	13000	6500
E12	10.6	9.4	9.4	1.25	2.50	12000	6000
E11	9.1	8.0	8.0	1.06	2.13	11000	5500
E10	7.9	6.9	6.9	0.93	1.85	10000	5000
E9	7.1	6.3	6.3	0.83	1.67	9000	4500
E8	5.5	4.9	4.9	0.65	1.30	8000	4000
E7	4.3	3.8	3.8	0.51	1.02	7000	3500
E6	3.1	2.8	2.8	0.37	0.74	6000	3000
E5	2.0	1.7	1.7	0.23	0.46	5000	2500

Sumber: SNI 7973- 2013 hal.29

Keterangan:

E : Modulus Elastisitas Lentur

F<sub>b</sub> : Kuat Lentur

F<sub>t</sub>// : Kuat Tarik Sejajar Serat

F<sub>c</sub>// : Kuat Tekan Sejajar Serat

F<sub>v</sub> : Kuat Geser

F<sub>cL</sub> : Kuat Tekan Tegak Lurus Serat

Nilai modulus elastisitas lentur (E<sub>w</sub>) dalam satuan MPa dapat diperkirakan dengan persamaan

dibawah ini dimana G adalah berat jenis kadar air standar (15%)

$$E_w = 16000G^{0,71}$$

Modulus elastisitas acuan untuk stabilitas balik dan kolom  $E_{min}$

$$E_{min} = E (1 - 1,645COV_E)(1,03)/1,66$$

dimana:

- E = Modulus elastisitas acuan
- 1,03 = faktor koreksi untuk mengoreksi nilai E ke basis lentur murni
- 1,66 = faktor keamanan
- $COV_E$  = koefisien variasi modulus elastisitas

Tabel 3. Koefisien variasi pada Modulus Elastisitas ( $COV_E$ ) untuk glulam dan gergajian

	$COV_E$
Kayu gergajian yang dipilah secara visual	0,25
Kayu yang dievaluasi secara mekanis (MEL)	0,15
Kayu yang dipilah tegangannya secara mekanis (MRS)	0,11
Kayu glulam struktural	0,10

Sumber: SNI 7973- 2013

**Momen lentur, gaya geser, dan lendutan**

Momen atau tegangan lentur aktual tidak boleh melebihi nilai desain lentur terkoreksi. Batang lentur direncanakan untuk dapat mendukung:

Gaya momen lentur

$$M_u \leq M' \quad M' = S_x \cdot F_b'$$

dimana:

- $M_u$  = Momen Lentur Terfaktor
- $M'$  = Tahanan Lentur Terkoreksi
- $S_x$  = Modulus Penampang Lentur
- $F_b'$  = Kuat Lentur Terkoreksi

Untuk penampang segi empat:  $S_x = b.d/6$

dimana:

- b = Lebar Penampang
- d = Tinggi penampang

Gaya geser :  $V_u \leq v'$

dimana:

- $v'$  = Tahanan Geser Terkoreksi
- $V_u$  = Gaya Geser terfaktor

Untuk penampang segi empat :  $V' = \frac{2}{3}F_v'.b.d$

- $F_v'$  = Kuat geser sejajar serat terkoreksi
- $V'$  = Gaya Geser Terkoreksi
- b = Lebar penampang
- d = Tinggi Penampang

**Kuat tekan sejajar serat**

Gaya atau tegangan tekan sejajar serat aktual tidak boleh melebihi nilai desain tekan terkoreksi. Perhitungan  $F_c$  harus didasarkan atas luas penampang neto apabila penampang tereduksi terjadi dibagian kritis dari panjang kolom yang paling berpotensi mengalami tekuk.

$$P_u \leq P' \quad P' = F_c' \cdot A_g'$$

dimana:

- $P_u$  : Gaya tekan terfaktor
- $P'$  : Kapasitas tekan terkoreksi
- $F_c'$  : Kuat tekan sejajar serat terkoreksi
- $A_g$  : Luas penampang bruto

Tabel 4. Keberlakuan factor-faktor koreksi untuk kayu gergajian

	Hanya DTI	DTI dan DFBK										Hanya DFBK		
		Faktor Durasi Beban	Faktor Layan Basah	Faktor Temperatur	Faktor Stabilitas Balok	Faktor Ukuran	Faktor Penggunaan rebah	Faktor Tusukan	Faktor Komponen struktur Berulang	Faktor Stabilitas Kolom	Faktor Kekakuan Tekuk	Faktor Luas Tumpu	Faktor Koverasi Format	Faktor Kelahanan
$F_b' = F_b \cdot x$	$C_D$	$C_M$	$C_t$	$C_L$	$C_F$	$C_u$	$C_i$	$C_v$	-	-	-	2,54	0,85	$\lambda$
$F_t' = F_t \cdot x$	$C_D$	$C_M$	$C_t$	-	$C_F$	-	$C_i$	-	-	-	-	2,70	0,80	$\lambda$
$F_v' = F_v \cdot x$	$C_D$	$C_M$	$C_t$	-	-	-	$C_i$	-	-	-	-	2,88	0,75	$\lambda$
$F_{c\perp} = F_{c\perp} \cdot x$	-	$C_M$	$C_t$	-	-	-	$C_i$	-	-	-	$C_u$	1,67	0,90	-
$F_c' = F_c \cdot x$	$C_D$	$C_M$	$C_t$	-	$C_F$	-	$C_i$	-	$C_p$	-	-	2,40	0,90	$\lambda$
$E' = E \cdot x$	-	$C_M$	$C_t$	-	-	-	$C_i$	-	-	-	-	-	-	-
$E_{min}' = E_{min} \cdot x$	-	$C_M$	$C_t$	-	-	-	$C_i$	-	-	$C_T$	-	1,76	0,85	-

Sumber: SNI 7973- 2013

Tabel 5. Faktor Layan Basah,  $C_M$

$F_D$	$F_t$	$F_v$	$F_{c\perp}$	$F_c$	E dan $E_{min}$
0,85*	1,0	0,97	0,67	0,8**	0,9

\*apabila  $F_c \leq 8 \text{ MPa}$ ,  $C_M = 1,0$   
 \*\*apabila  $F_c \leq 5,2 \text{ MPa}$ ,  $C_M = 1,0$

Sumber: SNI 7973- 2013

Tabel 6. Faktor Temperatur,  $C_t$

Nilai Desain Acuan	Kondisi Kadar Air Layan <sup>1</sup>	$C_t$		
		$T \leq 38^\circ\text{C}$	$38^\circ\text{C} < T \leq 52^\circ\text{C}$	$52^\circ\text{C} < T \leq 65^\circ\text{C}$
$F_t, E, E_{min}$	Basah atau Kering	1,0	0,9	0,9
$F_b, F_v, F_c,$ dan $F_{c\perp}$	Kering	1,0	0,8	0,7
	Basah	1,0	0,7	0,5

<sup>1</sup>Kondisi basah dan kering untuk kayu gergajian, glulam struktural, balok kayu I prapabrikasi, kayu komposit struktural, dan panel kayu struktural ditetapkan berturut-turut di 4.1.4, 5.1.5, 7.1.4, 8.1.4, dan 9.3.3.

Sumber: SNI 7973- 2013

Tabel 7. Faktor Tusukan,  $C_i$

Nilai desain	$C_i$
$E, E_{min}$	0,95
$F_b, F_t, F_c, F_v$	0,80
$F_{c\perp}$	1,00

Sumber: SNI 7973- 2013

**Faktor stabilitas kolom (Cp)**

Untuk struktur tekan yang ditahan perpindahan lateral diseluruh panjangnya disemua arah, maka Cp = 1,0. Untuk struktur tekan lainnya dihitung sesuai kondisi ujungnya.

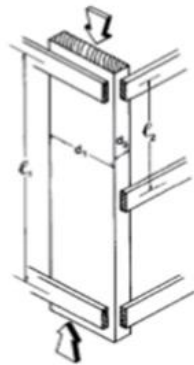
Panjang efektif kolom (ℓe): ℓe = (Ke) ℓ

Tabel 6. Koefisien Panjang Tekuk Ke

Ragam Tekuk						
Nilai Ke teoritis	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Nilai Ke desain yang disarankan apabila kondisi ideal merupakan pendekatan	0,65	0,80	1,2	1,0	2,10	2,4
Kode kondisi ujung						
	Tidak dapat berotasi, tidak dapat bertranslasi					
	Dapat berotasi, tidak dapat bertranslasi					
	Tidak dapat berotasi, dapat bertranslasi					
	Dapat berotasi, dapat bertranslasi					

Sumber: SNI 7973- 2013

Rasio kelangsingan ℓ/d diambil yang “terbesar” diantara ℓe1/d1 dan ℓe2/d2, rasio kelangsingan tidak boleh melebihi 50.



Gambar 2. Kolom Masif Sederhana  
Sumber: SNI 7973- 2013

$$F_{cE} = \frac{0.822E'_{min}}{(\ell_e/d)^2}$$

Sehingga diperoleh:

$$C_p = \frac{1+(F_{cE}/F'_c)}{2c} - \sqrt{\left[\frac{1+(F_{cE}/F'_c)}{2c}\right]^2 - \frac{F_{cE}/F'_c}{c}}$$

dimana:

Fc = Nilai desain tekan acuan sejajar serat dikalikan dengan semua factor koreksi kecuali Cp

c = 0,8 untuk kayu gergajian

c = 0,85 untuk pancang dan tiang kayu bundar

c = 0,9 untuk glulam struktural atau kayu komposit struktural

Tabel 7. Faktor konversi format, K<sub>F</sub> (DFBK)

Aplikasi	Properti	K <sub>F</sub>
Komponen struktur	F <sub>b</sub>	2,54
	F <sub>t</sub>	2,70
	F <sub>v</sub> , F <sub>rt</sub> , F <sub>s</sub>	2,88
	F <sub>c</sub>	2,40
	F <sub>oL</sub>	1,67
	E <sub>min</sub>	1,76
Semua Sambungan	(semua nilai desain)	3,32

Sumber: SNI 7973- 2013

Tabel 8. Faktor Ketahanan, φ (DFBK)

Aplikasi	Properti	Simbol	Nilai
Komponen struktur	F <sub>b</sub>	φ <sub>b</sub>	0,85
	F <sub>t</sub>	φ <sub>t</sub>	0,80
	F <sub>v</sub> , F <sub>rt</sub> , F <sub>s</sub>	φ <sub>v</sub>	0,75
	F <sub>c</sub> , F <sub>oL</sub>	φ <sub>c</sub>	0,90
	E <sub>min</sub>	φ <sub>s</sub>	0,85
	Sambungan	(semua)	φ <sub>z</sub>

Sumber: SNI 7973- 2013

Tabel 9. Faktor efek waktu, λ (DFBK)

Kombinasi Beban <sup>2</sup>	λ
1,4(D+F)	0,6
1,2(D+F) + 1,6(H) + 0,5(L, atau R)	0,6
1,2(D+F) + 1,6(L+H) + 0,5(L, atau R)	0,7 apabila L adalah gudang 0,8 apabila L adalah hunian 1,25 apabila L adalah dampak
1,2D + 1,6(L, atau R) atau (L atau 0,8W)	0,8
1,2D + 1,6W + L + 0,5(L, atau R)	1,0
1,2D + 1,0E + L	1,0
0,9D + 1,6W + 1,6H	1,0
0,9D + 1,0E + 1,6H	1,0

- Faktor efek waktu, λ, lebih besar dari pada 1,0 tidak berlaku pada sambungan atau komponen struktur yang diberi perlakuan dengan vakum tekan dengan bahan pengawet larut air (lihat Referensi 30) atau kimawi penghambat api.
- Kombinasi beban dan faktor beban yang konsisten dengan ASCE 7 dicantumkan di sini untuk memudahkan. Beban nominal harus sesuai dengan N.1.2.

Sumber: SNI 7973- 2013

**Lendutan**

Untuk balok dengan beban merata sepanjang bentang,

$$\Delta_{max} = \frac{5}{384} \frac{wL^4}{EI}$$

Untuk balok dengan beban terpusat di tengah bentang,

$$\Delta_{max} = \frac{1}{48} \frac{PL^3}{EI}$$

**Tegangan lentur**

Rumus untuk balok yang menahan tegangan lentur ialah :

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

dimana :

σ = Tegangan lentur (kg/cm<sup>2</sup>)

M = Momen Lentur mksimum (kg.cm)

W = Modulus penampang (cm<sup>2</sup>)

**METODOLOGI PENELITIAN**

**Data Penelitian**

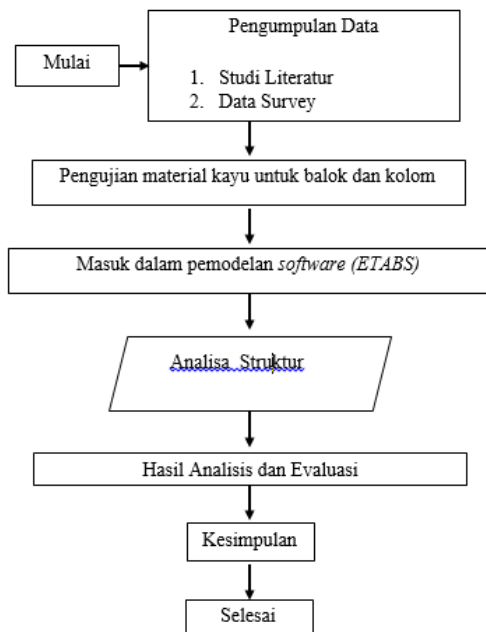
Rumah Kayu Tradisional Woloan



Gambar 3. Rumah Kayu yang di Teliti

- Ukuran rumah : 7 X 12 M
- Rangka rumah menggunakan jenis kayu besi Aliwos (Aliwos Perempuan)
- Lantai, dinding, dan plafon menggunakan kayu nyato/nantu
- Kolom Utama 18cm x 18cm
- Kolom Anak 18cm x 9cm
- Kolom Anak I 15cm x 9.5cm
- Kolom Anak II 9cm x 9cm
- Balok Utama 15cm x 10cm
- Balok Anak 15cm x 5cm

**Bagan Alir Penelitian**



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Pengujian Material Kayu**

*Kadar air*

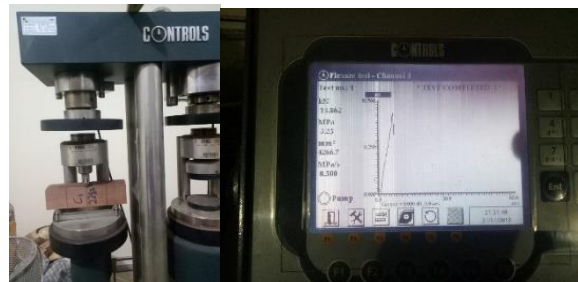


Gambar 5. Benda Uji Kadar Air

Tabel 10. Kadar air hasil pengujian

SAMPSEL	DIMENSI	Berat Kayu Basah (Wg)	Berat Kayu Kering Oven (Wd)	volume Kayu	Kadar Air
				m3	m (%)
1	30 mm x 30 mm x 30 mm	25,43	22,3	0,000027	14,0359
A	30mm x 30 mm x 30 mm	24,2	21,1	0,000027	14,6919
3	30mm x 30 mm x 30 mm	24,7	21,6	0,000027	14,3519
4	30 mm x 30mm x 30 mm	26,1	22,8	0,000027	14,4737

*Kuat lentur*

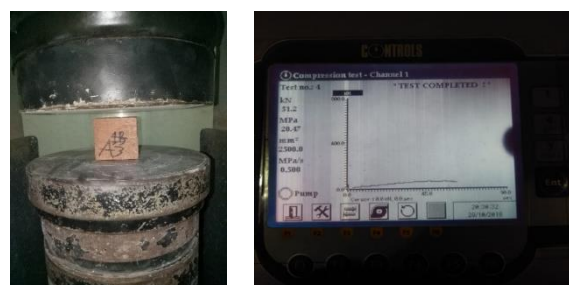


Gambar 6. Pengujian dan hasil sampel C1

Tabel 11. Hasil pengujian kuat lentur

SAMPSEL	Volume kayu			berat awal wg (gr)	vol.kayu (Vg) m3	P (KN)	Fc' (MPa)
	b(mm)	l(mm)	h(mm)				
C1	160,1	40	40	229,2	0,000256	13,862	3,25
Cox	160,1	40	40	231,4	0,000256	155,113	3,54
C3	160,1	40	40	229,1	0,000256	14,662	3,44
C4	160,1	40	40	227,7	0,000256	15,050	3,53
Rata - Rata						187,3995	11,1125

*Kuat tekan tegak lurus serat*



Gambar 7. Pengujian kuat tekan tegak lurus serat

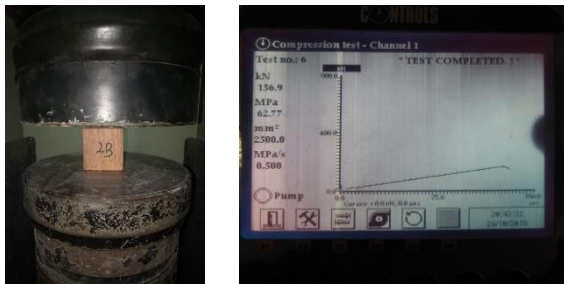
Tabel 12. Hasil pengujian kuat tekan tegak lurus serat

SAMPSEL	Volume kayu			berat awal wg (gr)	vol.kayu (Vg) m3	P (KN)	Fc $\pm$ (MPa)
	b(mm)	l(mm)	h(mm)				
A1	50	50	50	103,4	0,000125	125,1	50,03
A2	50	50	50	105,8	0,000125	57,7	23,07
A3	50	50	50	103,5	0,000125	51,2	20,47
A4	50	50	50	105,1	0,000125	63,1	25,25
Rata - Rata						249,775	99,8825

Tabel 15. Modulus Elastisitas dan Mutu Kayu

Nomor Sampel	Berat Jenis Pada Kaadar Air15 % (G)	Modulus Elastisitas		Mutu Kayu
		E	Emin	
1	0,8205	13903,15	6498,03	E13
2	0,7801	13413,97	6269,4	
3	0,7967	13615,31	6363,5	
4	0,8415	14154,905	6615,69	
Jumlah	3,2388	55087,335	25746,62	
Rata-Rata	0,8097	13771,83375	6436,655	

**Kuat tekan sejajar serat**



Gambar 7. Pengujian kuat tekan sejajar serat

Tabel 13. Hasil pengujian kuat tekan sejajar serat

SAMPSEL	Volume kayu			berat awal wg (gr)	vol.kayu (Vg) m3	P (KN)	Fc (MPa)
	b(mm)	l(mm)	h(mm)				
B1	50	50	50	103,4	0,000125	147,1	58,86
B2	50	50	50	103,7	0,000125	156,9	62,77
B3	50	50	50	119,7	0,000125	169,6	67,85
B4	50	50	50	112,3	0,000125	174,7	69,89
Rata - Rata						517,3	206,9525

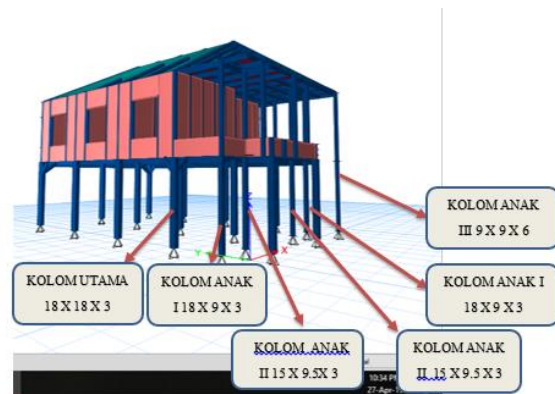
**Kerapatan kayu**

Tabel 14. Kerapatan kayu

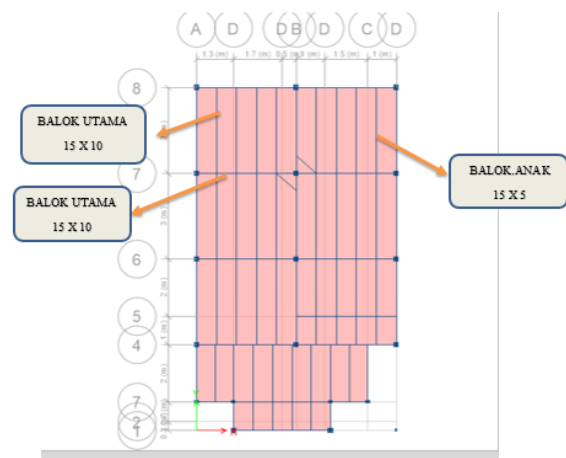
Nama Pengujian	Nama sampel	Berat Awal	volume	Kerapaatan (kg/m3)
		(wg)	m3	
kadar air	1	25,43	0,000027	941,85
	2	24,2	0,000027	896,30
	3	24,7	0,000027	914,81
	4	26,1	0,000027	966,67
TEGAK LURUS SERAT	A1	103,4	0,000125	827,20
	A2	105,8	0,000125	846,40
	A3	103,5	0,000125	828,00
	A4	105,1	0,000125	840,80
SEJAJAR SERAT	B1	103,4	0,000125	827,20
	B2	103,7	0,000125	829,60
	B3	119,7	0,000125	957,60
	B4	112,3	0,000125	898,40
KUAT TARIK LENTUR	C1	229,2	0,000256	895,31
	C2	231,4	0,000256	903,91
	C3	229,1	0,000256	894,92
	C4	227,7	0,000256	889,45

Dari hasil perhitungan berdasarkan hasil pengujian laboratorium didapatkan modulus elastisitas (E) dan mutu kayu seperti pada Tabel 15, berikut.

**Pemodelan dengan software Etabs untuk Analisis Struktur**



Gambar 8. Pemodelan untuk Analisa Struktur



Gambar 9. Konfigurasi Balok Lantai

**Evaluasi Kekuatan Struktur**

**Kolom 18cm x 18cm**

PERHITUNGAN KOLOM

DIMENSI : 18 x 18

DIK : Kelas Mutu Kayu E13 dan kelas mutu A

E =	13771,83 mpa	Cm =	0,8
Emin =	6436,65 mpa	Ct =	1
L1 =	3000 mm	Cf =	1
L2 =	3000 mm	Ci =	0,8
d1 =	180 mm	Kf =	2,4
d2 =	180 mm	$\phi_c$ =	0,9
fc =	10,4 mpa	$\lambda$ =	0,8
Ag =	32400 mm <sup>2</sup>		

1. menentukan panjang efektif kolom maka Ke = 1

$$Le1 = Ke \times L1 \quad Le2 = Ke \times L2$$

$$Le1 = 3000 \text{ mm} \quad Le2 = 3000 \text{ mm}$$

2. menentukan Rasio Kelangsingan Le/d

Le1/d1 = 3000/180      Le2/d2 = 1500/180  
 Le1/d1 = 16.66667      Le2/d2 = 16.66667

kontrol Rasio Kelangsingan

Le/d < 50  
 16.66667 < 50 OK ..!!!

3. Kuat tekan sejajar serat

Fc = 0,8 x Fc tabel      Kuat Tekan Mutu A  
 Fc = 0,8 x 10,4      Fc = 0,75 X 8,32  
 Fc = 8.32 Mpa      Fc = 6.24 Mpa

Fc\* = Fc x Cm x Ct x Cf x Ci  
 Fc\* = 6,24 x 0,8 x 1 x 1 x 0,8  
 Fc\* = 3.9936 Mpa

$$S_x = \frac{1}{6} b^2 h$$

$$S_x = 250000 \text{ mm}^3$$

$$m'y = F_b' \times S_x$$

$$m'y = 2883625$$

kontrol

$$\frac{M_{uy}}{\lambda \phi b m'} \leq 1$$

$$0.011933509 \leq 1 \quad \text{OK !!!}$$

4. menghitung faktor stabilitas kolom Cp

$$F_{CE} = \frac{0.822 \times 6436.65}{(e)_{(e)_{(e)}}^2} = 19.04422 \text{ Mpa}$$

$$C_p = \frac{1 + (19.044/3.9936)}{2 \times 0.8} \cdot \sqrt{\frac{1 + \frac{19.044}{3.9936}}{2 \times 0.8}} + \frac{19.044/3.9936}{0.8} = 8.454943$$

Cp = 2.907739 - √8,454943 - 5,960787  
 Cp = 2.907739 - 2.494143  
 Cp = 0.413596

2. Akibat Geser

φv = 0.75  
 λ = 0.8  
 b = 10 cm      100 mm  
 h = 15 cm      150 mm

$$\frac{V}{\lambda \phi v V'} \leq 1$$

5. kuat tekan tekoreksi (Fc')

Fc' = Fc x Cm x Ct x Cf x Ci x Cp x Kf x φc x λ  
 Fc' = 2.140649 Mpa

6. Kapasitas Tekan Terkoreksi (P')

P' = Fc' x Ag  
 P' = 69357.02 N  
 P' = 69.35702 KN

(PU) gaya dalam dari analisa ETABS = 56.5231 KN

KONTROL :      P' = 69.35702 KN  
                     PU = 56.5231 KN

69.35702 > 56.5231 OK !!!

Sumbu X

Vux = 2204.9 N  
 untuk kayu E13 : Fv = 1.39 Mpa

Fv' = C x Fv = 1.358725 Mpa  
 Vx' =  $\frac{2}{3} Fv' \times h \times b$   
 Vx' = 13587.25

kontrol

$$\frac{V}{\lambda \phi v Vx'} \leq 1$$

$$0.270461891 \leq 1 \quad \text{OK !!!}$$

Sumbu Y

Vuy = 69.3 N  
 untuk kayu E13 : Fv = 1.39 Mpa

Fv' = C x Fv = 1.358725 Mpa  
 Vy' =  $\frac{2}{3} Fv' \times h \times b$   
 Vy' = 13587.25

$$\frac{V}{\lambda \phi v Vy'} \leq 1$$

$$0.008500616 \leq 1 \quad \text{OK !!!}$$

### Balok Utama 10cm x 15cm

Balok utama

Dik = Cm = 0.85      Kf = 2.4  
 Ct = 1      φb = 0.85  
 Ce = 1      λ = 0.8  
 Cr = 1.15  
 C = 0.9775  
 b = 10 cm      100 mm  
 h = 15 cm      150 mm

1. Momen Lentur

$$\frac{Mu}{\lambda \phi b m'} \leq 1$$

sumbu X

Mux = 96200 Nmm  
 m' = Fb' x Sx

untuk kayu E13

Fb' = 11.8 Mpa  
 Fb' = 11,8 X 0,9775  
 Fb' = 11.5345

$$S_x = \frac{1}{6} b h^2$$

Sx = 375000 mm<sup>3</sup>  
 m'x = Fb' x Sx  
 m'x = 4325437.5

kontrol

$$\frac{M_{ux}}{\lambda \phi b m'} \leq 1$$

$$0.699657209 \leq 1 \quad \text{OK !!!}$$

sumbu Y

Muy = 23400 Nmm  
 m' = Fb' x Sx

untuk kayu E13

Fb' = 11.8 Mpa  
 Fb' = 11,8 X 0,9775  
 Fb' = 11.5345

3. Akibat Lendutan

E' Untuk E13 : E13 = E' x C  
 E13 = 12707.5 N/mm<sup>2</sup>

Berat jenis: 0.00065 N/mm<sup>3</sup>  
 tebal = 20 mm  
 tinggi = 3 m      3000 mm

Qx = berat jenis x tebal dinding x tinggi dinding  
 Qx = 39 N/mm

$$\delta_{max} = L/300 = \frac{3000}{300} = 10$$

hasil Lendutan dari ETABS (UZ) = 223.342

Sumbu X

Qy = 39 N/mm  
 Lx = 3000 mm  
 Ix = 28125000

$$\Delta_x = \frac{5 Q_y L x^4}{384 E' I_x}$$

Δx = 115.089514

KONTROL :      Δx = ≤ UZ

115.089514 ≤ 223.342 OK !!



Berdasarkan evaluasi yang telah dilakukan, baik kolom maupun balok mampu menerima beban rencana.

**Kontrol terhadap simpangan antar tingkat (drift)**

Perpindahan titik struktur yang terjadi dapat dilihat pada tabel 16. Berikut.

Tabel 16. Perpindahan titik

Story	joint element	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
		mm	mm	mm	mm	mm	mm
Story 2	611	-25.697	16.619	-176.454	0.026319	-0.1622	0.075888
Story 2	677	-63.819	6.619	-166.733	-0.04143	-0.0268	-0.00779
story1	758	-32.119	-15.592	-280.438	-0.05251	0.078794	0.001726
story1	760	-31.637	-16.723	-312.714	-0.06017	0.009021	-0.00195
story1	759	-32.172	-14.555	-223.342	-0.06153	0.004979	-0.00201
story1	811	-38.577	-26.876	-43.419	-0.00536	-0.16722	-0.00204

Sumber: Output Program

Dari tabel 16, diperoleh simpangan max lantai 1 adalah 38,577mm, sedangkan simpangan max antar tingkat 1 dan tingkat 2 adalah 25,242mm. Kedua nilai tersebut lebih kecil dari drift maksimum yang diijinkan sebesar 3000mm x 0,02 = 60mm, sehingga cukup aman terhadap gaya gempa rencana.

**PENUTUP**

**Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap struktur dan material rumah kayu tradisional produk Desa Woloan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Jenis kayu yang digunakan sebagai elemen struktur terdiri dua macam, yaitu: kayu besi jenis Aliwowos dan kayu Nantu/nyatoh yang memenuhi syarat SNI Kayu 2013.
2. Dimensi kayu sebagai elemen struktur yang digunakan sudah memenuhi syarat dari hasil analisa struktur.
3. Hasil pengujian sifat mekanis untuk jenis kayu besi jenis aliwowos didapatkan nilai modulus elastisitas  $E = 13771,83$  dan  $E_{min} = 6436,655$ .
4. Struktur rumah kayu yang digunakan di Desa Woloan memenuhi syarat SNI kayu 2013.

**Saran**

Perlu diadakan penelitian yang lebih detail antara lain mengenai ikatan atau sambungan kayu dirumah kayu Desa Woloan

**DAFTAR PUSTAKA**

Mulyati, 2016. *Bahan Ajar Struktur Kayu*, Jakarta.

P3HH, ITTO, ISWA. 2014. *Petunjuk praktis sifat-sifat dasar jenis kayu Indonesia*. Indonesian Sawmill and Woodworking Association (ISWA).

Siagian, Christin., Servie O. Dapas, Ronny Pandaleke, 2017. *Pengujian Kuat Lentur Kayu Profil Tersusun Bentuk Kotak*, Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.2 April 2017 (95-102) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

SNI 03-2000. 2000. *Tata cara Perencanaan Struktur Kayu untuk Bangunan Gedung*. BSN, Jakarta.

SNI 1726-2012. 2012. *Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung*, BSN, Jakarta.

SNI 1727-2013. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. BSN, Jakarta.

SNI 7973-2013. 2013. *Spesifikasi Desain untuk Konstruksi Kayu*, BSN, Jakarta

Tjondro, J. A., 2014. *Perkembangan dan Prospek Rekayasa Struktur Kayu di Indonesia*. Program Magister Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya.

Halaman ini sengaja dikosongkan