

ANALISA STRUKTUR GEDUNG 8 LANTAI DARI MATERIAL KAYU TERHADAP BEBAN GEMPA

Rahman Satrio Prasajo

Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta
Jalan Sunter Permai Raya, Jakarta Utara
Email : prasajo.uta45@gmail.com

ABSTRAK

Material kayu sebagai salah satu bahan konstruksi memiliki daya tarik tersendiri dari sudut pandang seni dan arsitektur, namun penggunaan material kayu sebagai bahan konstruksi memiliki keterbatasan, antara lain keterbatasan pada ketahanan serta kekuatan struktur jika dibandingkan dengan material struktur beton dan baja. Rekayasa material kayu yang dilakukan untuk meningkatkan ketahanan dan kekuatan material kayu salah satunya dengan melakukan teknik laminasi beberapa jenis kayu yang dibuat per *layer* menjadi satu elemen struktur, yang dapat digunakan sebagai balok atau kolom pada satu rangkaian sistem struktur konstruksi bangunan kayu.

Penelitian ini mengkaji perilaku struktur konstruksi bangunan kayu terhadap pembebanan gempa berupa deformasi struktur, periode getar, frekuensi natural serta kapasitas maksimum (jumlah lantai maksimum) yang dapat diterapkan pada struktur dengan material kayu.

Kata kunci : Konstruksi kayu, Beban gempa.

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Material kayu sebagai salah satu bahan konstruksi memiliki daya tarik tersendiri dari sudut pandang seni dan arsitektur, namun penggunaan material kayu sebagai bahan konstruksi memiliki beberapa keterbatasan, antara lain keterbatasan dari sisi ketahanan serta kekuatan struktur jika dibandingkan dengan material struktur beton dan baja, serta keterbatasan jumlah kayu, mengingat semakin langkanya material kayu yang tersedia dipasaran sebagai akibat menurunnya luas lahan hutan kayu serta lamanya masa tanam dari pohon kayu tersebut.

Semakin berkembangnya ilmu rekayasa material, tidak terkecuali pada rekayasa material kayu. menghasilkan banyak penelitian serta penemuan dalam upaya meningkatkan ketahanan dan kekuatan material kayu sebagai bahan konstruksi serta berkembangnya ilmu rekayasa biologi yang memungkinkan pertumbuhan pohon kayu lebih cepat dari waktu yang dibutuhkan untuk tumbuh pada waktu normal.

Rekayasa material kayu yang dilakukan untuk meningkatkan ketahanan dan kekuatan material kayu salah satunya dengan melakukan teknik laminasi beberapa jenis kayu yang dibuat per *layer* menjadi satu elemen struktur, yang dapat digunakan sebagai balok atau kolom pada satu rangkaian sistem struktur bangunan kayu.

Banyaknya penelitian yang mengangkat kajian material kayu, tetapi tidak diimbangi dengan banyaknya penelitian yang mengangkat kajian tentang penerapan penggunaan material kayu sebagai satu rangkaian sistem stuktur. Ini menjadi minat tersendiri bagi penulis untuk melakukan penelitian dengan judul :

“Analisa Struktur Gedung 8 Lantai Dari Material Kayu Terhadap Beban Gempa”

Penelitian ini mengkaji perilaku struktur (deformasi, periode, dan frekuensi natural struktur) serta kapasitas jumlah lantai maksimum dari konstruksi bangunan kayu terhadap pembebanan gempa.

Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah sebagai berikut :

1. Kurangnya nilai ketahanan dan kekuatan pada material kayu baik pada saat pembebanan statik maupun dinamik.
2. Minimnya jumlah lantai yang dapat diterapkan pada suatu konstruksi bangunan kayu.

Rumusan Masalah

Dari identifikasi masalah diatas, dapat dibuat perumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perilaku struktur konstruksi bangunan kayu berlantai banyak terhadap beban gempa dilihat dari deformasi struktur, periode getar, serta frekuensi natural struktur.
2. Berapa jumlah lantai maksimum dari suatu bangunan yang dapat dibuat dengan menggunakan material kayu.

Batasan Penelitian

1. Penelitian ini tidak melakukan uji laboratorium terhadap nilai properties material kayu.
2. Nilai properties material kayu diperoleh dari penelitian/pengujian terkait sebelumnya.
3. Pada pemodelan beban gempa, tipe tanah diasumsikan sebagai tanah sedang.

Tujuan Penelitian

1. Melakukan analisa terhadap perilaku dinamik konstruksi bangunan kayu berlantai banyak.
2. Menemukan parameter efektifitas jumlah lantai maksimum.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi desain ketahanan struktur untuk konstruksi bangunan kayu berlantai banyak.

TINJAUAN PUSTAKA

Material Kayu

Tegangan ijin (σ) kayu :

Tabel 1. Tegangan Ijin Kayu

No	Tegangan (kg/cm ²)	Kelas Kayu				
		I	II	III	IV	V
1	σ ijin lt	150	100	75	50	-
2	σ ijintk = σ ijintr	130	85	60	45	-
3	σ ijintk	40	25	15	10	-
4	σ ijin	20	12	8	5	-

Modulus elastisitas kayu (E) :

Tabel 2. Modulus Elastisitas Kayu

Kelas Kayu	E (kg/cm ²)
I	1.25×10^5

II	1×10^5
III	8×10^4
IV	6×10^4

Kayu laminasi (glulam)

Glulam merupakan bahan ideal untuk struktur dengan bentang besar, untuk balok lurus dan *tapered* dapat digunakan untuk bentang sampai dengan 30m atau lebih, pernyataan ini dikemukakan oleh Thelandersson (2002). *Forest and Wood Products Research and Development Corporation* dari *Australian Government* (2007), mengemukakan bahwa glulam dapat dibuat menjadi komponen struktural dengan dimensi besar dan panjang yang terbuat dari banyak lamina dengan ukuran tipis. Kapasitas kekuatan bertambah dibandingkan dengan kekuatan komponen lamina awalnya, dan laminasi disusun sejajar arah serat.

Kombinasi Pembebanan LRFD

Beban desain yang dimasukkan dalam perhitungan meliputi beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa.

Kombinasi pembebanan yang digunakan mengacu pada metode *Load Resistance Factor Design* (LRFD), sebagai berikut :

$$U = 1.4DL$$

$$U = 1.2DL + 1.6LL + 0.5(La \text{ atau } H)$$

$$U = 1.2DL + 1.6(La \text{ atau } H) + (LL \text{ atau } 0.5W)$$

$$U = 1.2DL + 1.0W + LL + 0.5(La \text{ atau } H)$$

$$U = 1.2DL + 1.0E + LL$$

$$U = 0.9DL + 1.0W$$

$$U = 0.9DL + 1.0E$$

Dimana :

DL = Beban Mati

LL = Beban Hidup

La = Beban Hidup di Atap

H = Beban Hujan

W = Beban Angin

E = Beban Gempa

Teori Kekakuan Struktur

Matriks Kekakuan Elemen

Kekakuan struktur dipengaruhi oleh nilai modulus elastisitas bahan (E), inersia penampang (I), panjang elemen (L), serta perilaku elemen struktur itu sendiri yang dipengaruhi oleh gaya yang bekerja, seperti gaya tarik, gaya tekan, torsi, maupun kombinasi. Matriks Kekakuan Lokal Elemen sebagai berikut :

$$[S]_m = \begin{bmatrix} \frac{EA}{\ell} & 0 & 0 & -\frac{EA}{\ell} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{\ell^3} & \frac{6EI}{\ell^2} & 0 & -\frac{12EI}{\ell^3} & \frac{6EI}{\ell^2} \\ 0 & \frac{6EI}{\ell^2} & \frac{4EI}{\ell} & 0 & -\frac{6EI}{\ell^2} & \frac{2EI}{\ell} \\ -\frac{EA}{\ell} & 0 & 0 & \frac{EA}{\ell} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{\ell^3} & -\frac{6EI}{\ell^2} & 0 & \frac{12EI}{\ell^3} & -\frac{6EI}{\ell^2} \\ 0 & \frac{6EI}{\ell^2} & \frac{2EI}{\ell} & 0 & -\frac{6EI}{\ell^2} & \frac{4EI}{\ell} \end{bmatrix}$$

Matriks transformasi koordinat lokal elemen menjadi koordinat global struktur

$$T = \begin{bmatrix} \cos\beta & \sin\beta & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\sin\beta & \cos\beta & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos\beta & \sin\beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\sin\beta & \cos\beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Deformasi struktur diperoleh dengan melakukan analisa struktur dengan metode matriks.

Analisa Respon Spektrum

Analisa ragam spektrum respon digunakan sebagai simulasi gempa. Asumsi bangunan dibangun diatas tanah sedang dengan kondisi wilayah gempa 4.

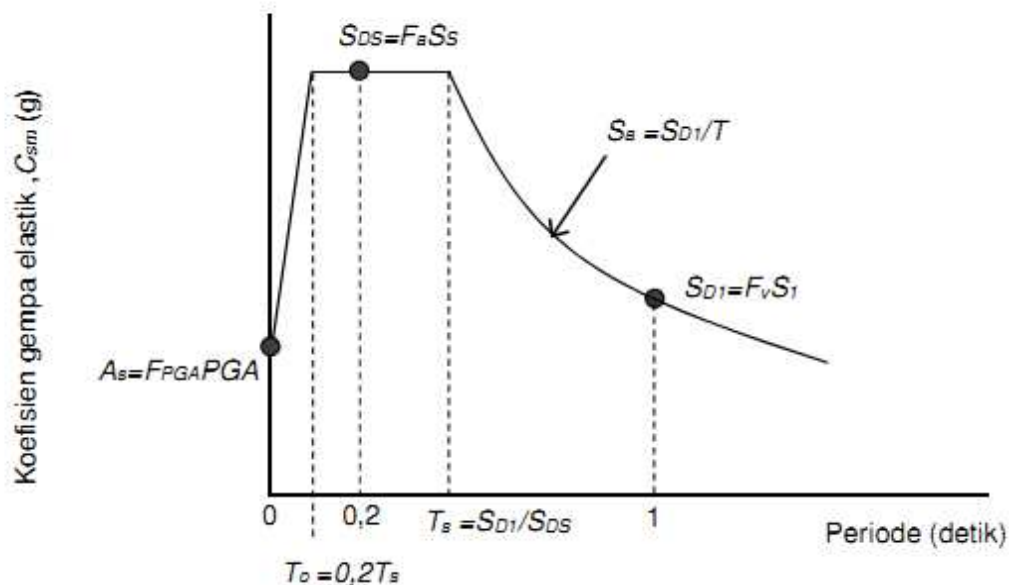
Tabel 3. Faktor amplikasi untuk PGA dan 0.2 detik (F_{PGA}/F_a)

Kelas situs	$PGA \leq 0.1$ $S_s \leq 0.25$	$PGA = 0.2$ $S_s = 0.5$	$PGA = 0.3$ $S_s = 0.75$	$PGA = 0.4$ $S_s = 1.0$	$PGA > 0.5$ $S_s \geq 1.25$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Tabel 4. Besarnya nilai faktor amplikasi untuk periode 1 detik (F_v)

Kelas situs	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
Batuan Keras	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

(SA)					
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS



Gambar 1. Bentuk tipikal respon spektra di permukaan tanah

Koefisien respon gempa elastik

Untuk periode lebih kecil dari T_0 , koefisien respon gempa elastik (C_{sm}) didapatkan dari persamaan berikut :

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s$$

Untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 , dan lebih kecil atau sama dengan T_s , respons spektra percepatan C_{sm} sama dengan S_{DS} .

Untuk periode lebih besar dari T_s , koefisien respon gempa elastik C_{sm} didapat dari persamaan berikut :

$$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T}$$

Bila respon dinamik struktur gedung dinyatakan dengan

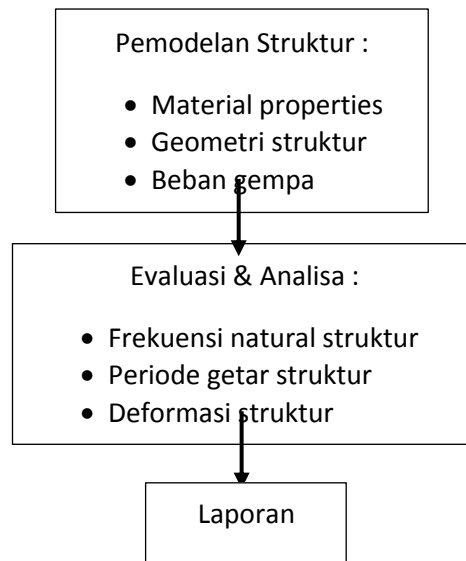
$$V \geq 0.8 V_1$$

V_1 adalah gaya geser dasar nominal sebagai respons ragam yang pertama terhadap pengaruh gempa rencana, dinyatakan dengan persamaan :

$$V_1 = \frac{C_1 l}{R} W_t$$

METODOLOGI PENELITIAN

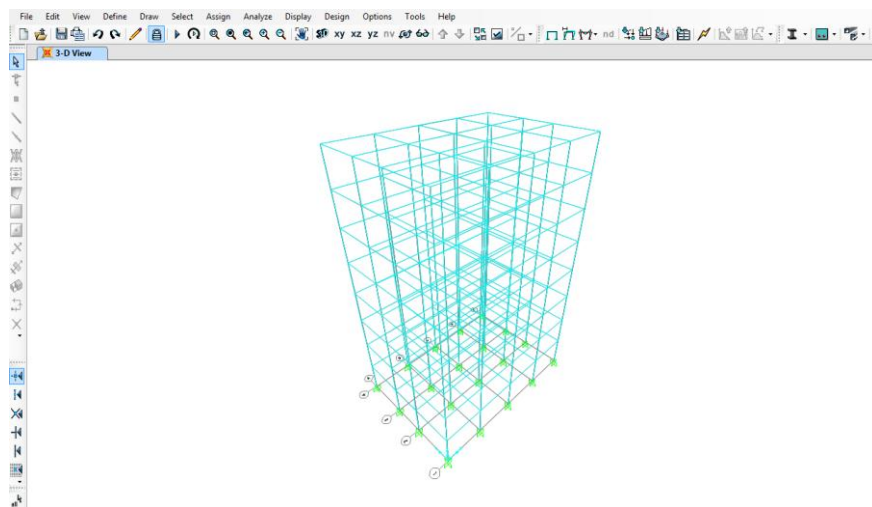
Bagan alir penelitian sebagai berikut :



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geometri struktur



Section Properties

General Section

Section Name K1

Section Notes

Properties

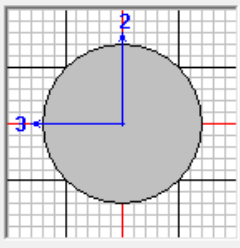
Property Modifiers

Material + KAYU

Dimensions

Depth (t3) 50,

Width (t2) 50,



Display Color ☐

Pemodelan Beban Gempa

Response Spectrum Function Definition

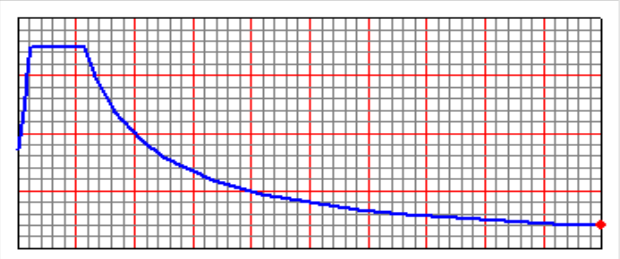
Function Name SPEKTRA JKT

Function Damping Ratio 0,05

Define Function

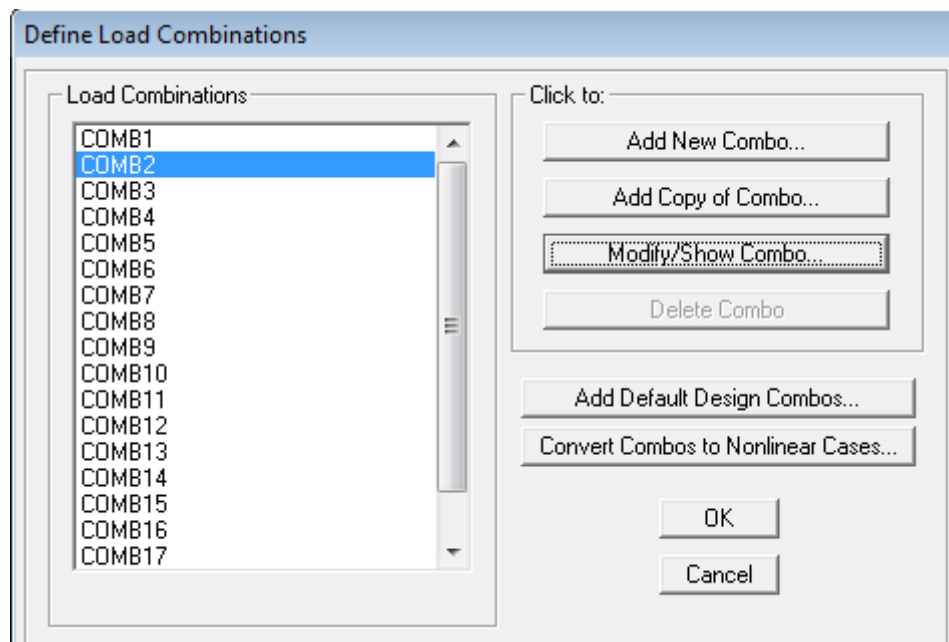
Period	Acceleration
0,	0,344
0	0,344
0,05	0,475
0,07	0,528
0,1	0,606
0,12	0,659
0,14	0,7
0,35	0,7
0,68	0,7
0,8	0,594

Function Graph



(5,9962 , 0,0791)

Kombinasi Beban



Parameter dinamik sebagai output dari hasil analisa terhadap beban dinamik

OutputCase	Text	StepType	Text	StepNum	Unitless	Period	Sec	Frequency	Cyc/sec	CircFreq	rad/sec	Eigenvalue	rad2/sec2
1	MODAL	Mode		1		0,103014		9,7074		60,993		3720,2	
2	MODAL	Mode		2		0,088897		11,249		70,68		4995,6	
3	MODAL	Mode		3		0,066097		15,129		95,06		9036,3	
4	MODAL	Mode		4		0,030442		32,849		206,4		42600	
5	MODAL	Mode		5		0,029101		34,364		215,91		46618	
6	MODAL	Mode		6		0,028125		35,556		223,41		49910	
7	MODAL	Mode		7		0,021874		45,715		287,24		82506	
8	MODAL	Mode		8		0,017432		57,366		360,44		129920	
9	MODAL	Mode		9		0,01565		63,897		401,48		161180	
10	MODAL	Mode		10		0,014689		68,08		427,76		182980	
11	MODAL	Mode		11		0,013785		72,54		455,78		207740	
12	MODAL	Mode		12		0,013528		73,919		464,44		215710	

Kinerja Batas Layan

Simpangan antar lantai yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak boleh melampaui 0.03/R kali tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30mm, diambil nilai terkecil.

$$\Delta = \frac{0.03}{R} h \text{ dan } \Delta \leq 30\text{mm}$$

Hasil analisa dengan variasi jumlah lantai

Jumlah Lantai	Deformasi (cm)	Frekuensi Natural (Hz)	Periode Getar (s)
5	2.24	11,98	0,083
6	2,89	11,53	0.087
7	4,2	10,41	0,096
8	5,34	9.707	0.103

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa struktur konstruksi bangunan kayu 6 lantai yang menjadi objek kajian memiliki perilaku yang lebih elastis dalam merespon beban dinamik berupa beban gempa, bila dibandingkan dengan material bangunan beton bertulang dan baja, ditinjau dari deformasi maksimum struktur, serta periode getar.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa konstruksi bangunan kayu masih memenuhi kriteria kekuatan serta ketahanan terhadap beban gempa sampai dengan 6 lantai.

DAFTAR PUSTAKA

- Usman, A.P. & Sugiri, S., 2015. "Analysis of the Strength of Timber and Glulam Timber Beams with Steel Reinforcement", *Journal of Engineering and Technological Sciences ITB*, Vol 47. No.6.
- Sugiri, S., Alamsyah, E.M. & Usman, A.P., 2016. "Potential of Reinforced Indonesian Glulam Beams Using Grade I (Bengkirai), Grade II (Kamper), Grade III (Nyatoh) Woods for Use in Structural Wood Design", *Journal of Engineering and Technological Sciences ITB*, Vol 48. No.2.
- Usman, A.p., Nasution, A. & Sugiri, S., 2013. "Bending Capacity of Glulam Timber, the 6th Civil Engineering Conference in Asia Region (CECAR-6), Jakarta-Indonesia.
- Hermanto, R., 2015. "Studi Eksperimental Hubungan Balok-Kolom Glulam dengan Penghubung Baja Ulir", *Jurnal Rekayasa Sipil* Vol.9, No.2.
- Cahyono, T.D., Wahyudi, I., Priadi, T., Febrianto, F. & Ohorella, S., 2014. "Analisa Modulus Geser dan Pengaruhnya terhadap Kekakuan Panel Laminasi Kayu Samama (*Antocephallus Macrophyllus*)", *Jurnal Teknik Sipil* Vol. 21 No.2.
- Sulistyawati, I., Nugroho, N., Surjokusumo, S. & Hadi, Y.S., 2008. "Kemampuan Defleksi dan Hubungannya Terhadap Kekakuan Lentur Balok Laminasi Kayu A. Mangium", *Jurnal Sipil* Vol.8, No.2.
- Abdurachman, A & Hadjib, N., 2009. "Sifat Fisik dan Mekanik Papan Lamina Campuran Kayu Mangium dan Sengon", *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* Vol.27 No.3.
- Iswanto, D., 2007. "Kajian Terhadap Struktur Rangka Atap Kayu Rumah Tahan Gempa Bantuan P2KP", *Jurnal Ilmiah Perancangan Kota dan Permukiman, ENCLOSURE* Vol.6 No.1.
- Tjondro, J.A., 2014. "Perkembangan dan Prospek Rekayasa Struktur Kayu di Indonesia", *Seminar dan Lokakarya Rekayasa Struktur, Universitas Petra, Surabaya.*
- Standar Nasional Indonesia, 7973-2013, 2013. "Spesifikasi Desain Untuk Konstruksi Kayu", *Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.*