

Desain dan Analisis Struktur Bangunan Adat Sumatera Barat Terhadap Ketahanan Gempa

*(Design and Analysis of West Sumatera Indigenous Building Structure against the
Durability on Earthquake)*

Khairat Manthani¹ dan Muhammad Fauzan^{1*}

¹Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, PO BOX 220, Bogor, Jawa Barat Indonesia

*Penulis korespondensi: fauzanmuhammad@yahoo.com

Diterima: 21 Februari 2019

Disetujui: 27 Maret 2019

ABSTRACT

Indonesia is an archipelago with a high risk of earthquakes. Traditional houses in Indonesia are very varied, distinctive, and made of wood. Rumah gadang is one of the traditional houses and located in Minangkabau, West Sumatra. Rumah gadang in various regions are threatened due to natural disasters. The purpose of this research were design and analyze rumah gadang structures againts the durability on earthquake. The analysis used software SAP2000 v14 and Microsoft Excel. The main material was pheasant wood or senna siamea with density 800 kg/m^3 and the modulus of elasticity 11000 MPa . Based on the calculation of maximum internal force, the combination of load and resistance factor design (LRFD) was greater than the combination of allowable stress design (ASD). The actual pressure was smaller than the ultimate pressure so structure was fulfill the strength standard. Buckling didn't occur when the ultimate pressure work. Maximum flex occur on the roof was 1.08 cm due to the hight of roof cross-section is smaller than the width off cross-section.

Keywords: ASD, earthquake, LRFD, rumah gadang

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki tingkat resiko terhadap gempa bumi yang cukup tinggi. Wilayah kepulauan Indonesia berada di antara empat sistem tektonik yang aktif, yaitu tapal batas lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, lempeng Filipina, dan lempeng Pasifik. Berbagai bencana telah melanda di sebagian wilayah di Indonesia. Secara historis pun tercatat adanya bencana-bencana yang lebih besar yang pernah terjadi. Bencana alam masih akan terjadi baik yang sudah dapat diprediksi maupun yang belum dapat diprediksi waktunya (Amhar dan Poniman 2010). Kondisi yang rentan akan gempa bumi menyebabkan banyak kerusakan terutama pada tempat tinggal, oleh karena itu tempat tinggal harus dirancang agar tahan

terhadap guncangan gempa. Kayu merupakan bahan alternatif, karena selain ringan juga mudah dikerjakan dan tersedia dalam jumlah cukup besar.

Penggunaan kayu sebagai bahan konstruksi sudah diterapkan jauh sebelum berkembangnya ilmu pengetahuan tentang ilmu pengetahuan tentang teknologi konstruksi baja dan beton. Namun hingga saat ini kayu tetap diminati dalam pekerjaan konstruksi, mengingat kayu memiliki beberapa kelebihan antara lain mempunyai kekuatan spesifik yang tinggi, ringan, mudah didapat, dan di daerah tertentu harganya relatif murah serta dalam pelaksanaannya mudah dilakukan (Widyawati 2010).

Rumah tradisional di Indonesia sangat beragam, khas, dan terbuat dari

kayu. *rumah gadang* merupakan salah satu rumah tradisional yang terdapat di kawasan Alam Minangkabau. Minangkabau merupakan salah satu suku yang terdapat di pulau Sumatera, tepatnya berada di Provinsi Sumatera Barat. Keberadaan *rumah gadang* di berbagai kawasan terancam karena bencana alam. Kawasan Sumatera Barat terdapat pada dua lempeng aktif (Eurasia) yang bila bergesekan menimbulkan gempa tektonik dan merusak struktur *rumah gadang*. Gempa terbesar yang terjadi di Padang pada tanggal 25 Oktober 2010 sebesar 7.8 SR. Gempa menghasilkan energi yang kuat di permukaan bumi dengan gelombang vertikal dan horizontal. Energi gempa kuat tersebut dapat merobohkan bangunan struktural.

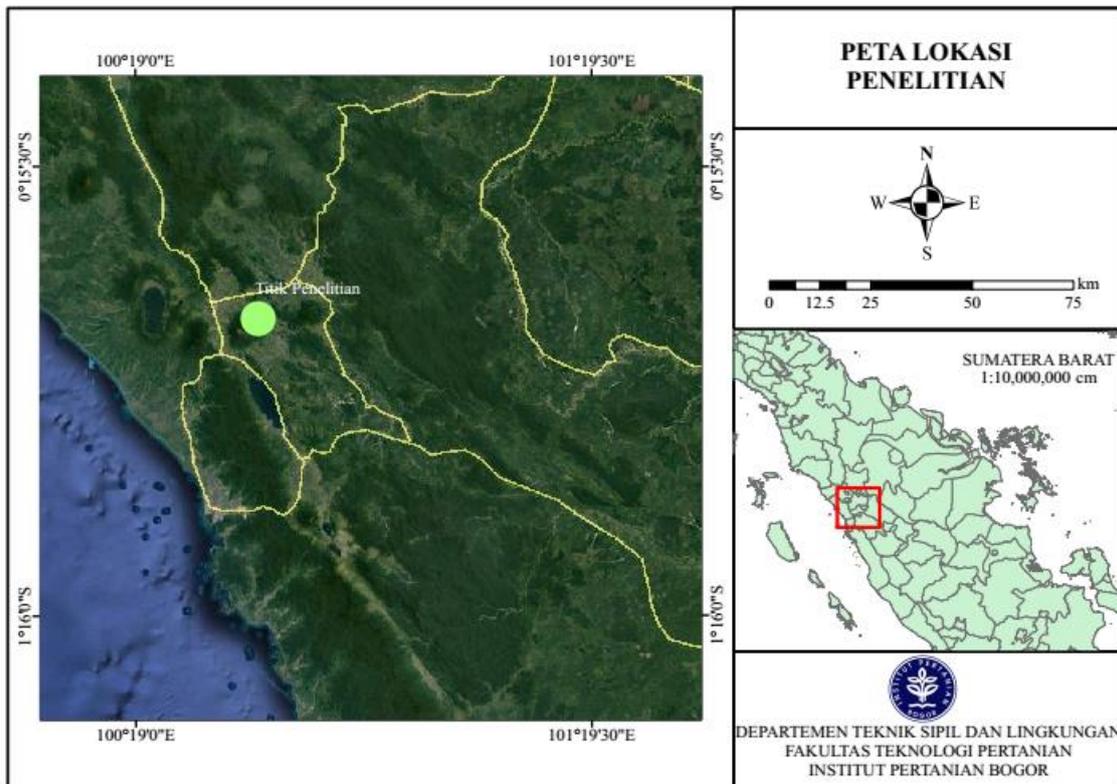
METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan selama 4 bulan, dari bulan April – Juni 2017. Data penelitian diperoleh dari Sumatera Barat. Pengolahan data dilakukan di Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah sebuah laptop HP model 14-d051TU yang dilengkapi dengan program SAP2000 14.0.0., AutoCAD 2014, Microsoft Word 2013 dan Microsoft Excel 2013. Penelitian ini menggunakan peraturan-peraturan yang berlaku sebagai standar yaitu peraturan – peraturan yang berkaitan dengan standar konstruksi kayu, yaitu SNI 7973:2013 tentang Standar Spesifikasi Desain untuk Konstruksi Kayu,

SNI 1726:2012 tentang Standar Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, dan peta gempa Indonesia 2010, dan SNI 1727:2013 tentang Standar Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain.

Proses pengolahan data dilakukan dengan menggunakan software SAP2000. Konstruksi rumah adat Sumatera Barat akan dimodelkan dalam program. Pemodelan meliputi geometri struktur bangunan, bentuk dan definisi material yang digunakan, dan pemodelan beban statik dan beban gempa. Pembebanan yang digunakan adalah pembebanan tegangan izin dan faktor ketahanan. Struktur yang telah dimodelkan akan diolah dengan analisis respon spektrum. Hasil dari analisis program membahas perilaku gempa berdasarkan perubahan geometri pada struktur akibat beban statik dan beban gempa. Analisis respon spektrum dari pemodelan akan menghasilkan *bending momen, axial force, shear force* dan *displacement*. Hasil analisis program adalah kekuatan struktur menahan beban dengan dimensi yang telah ditentukan. Nilai *bending momen, axial force, shear force* dan *displacement* akan dibandingkan dengan nilai hasil perhitungan berdasarkan persamaan (2), (4), (6), dan (8). Nilai perbandingan harus sesuai dengan syarat pada persamaan (1), (3), (5), (7). Jika dimensi yang ditentukan tidak memenuhi kekuatan struktur maka dimensi diganti dengan dimensi baru sampai struktur tersebut kuat menahan beban yang ada.



Gambar 1 Lokasi penelitian

Desain konstruksi kayu mencakup tekanan, dan kuat tarik (AWC 2005). Berikut diantaranya kuat lentur, kuat geser, kuat ketentuan desain yang digunakan

$M' \geq M$	(1)	$T' \geq T$	(7)
$M' = F_b' S$	(2)	$T' = F_t' A$	(8)
$V' \geq V$	(3)	$\Delta = \frac{5wl^4}{384EI} \leq \delta_{ijin}$	(9)
$V' = 2/3 F_v' A$	(4)	$P_{teknuk} = \frac{\sigma_{tk} \times F_{br}}{\omega} \geq P_u$	(10)
$P' \geq P$	(5)		
$P' = C_P A F_c^*$	(6)		

Keterangan:

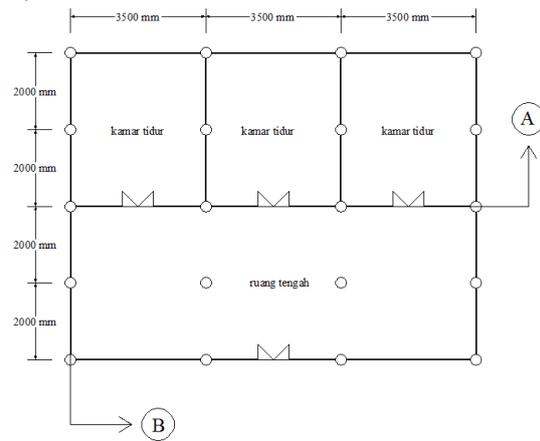
M' = Momen nominal	(kNm)	F_t' = kuat tarik acuan koreksi	(kN)
M = Momen <i>ultimate</i>	(kNm)	Δ = lendutan	(m)
F_b' = Kuat lentur acuan koreksi	(kN)	w = beban merata	(kN/m)
S = Modulus penampang	(m ³)	l = panjang bentang	(m)
V' = gaya geser nominal	(kNm)	E = modulus elastisitas	(kN/m ²)
V = gaya geser <i>ultimate</i>	(kNm)	I = momen inersia	(m ⁴)
F_v' = kuat geser acuan koreksi	(kN)	σ_{tk} = tegangan tekan ijin	(kN/m ²)
A = luas penampang	(m ²)	F_{br} = luas penampang bruto	(m ²)
P' = gaya tekan nominal	(kNm)	ω = faktor tekuk	
P = gaya tekan <i>ultimate</i>	(kNm)		
F_c^* = nilai kuat tekan acuan dikalikan dengan semua faktor kecuali C_P			
T' = gaya tarik nominal	(kNm)		
T = gaya tarik <i>ultimate</i>	(kNm)		

HASIL DAN PEMBAHASAN

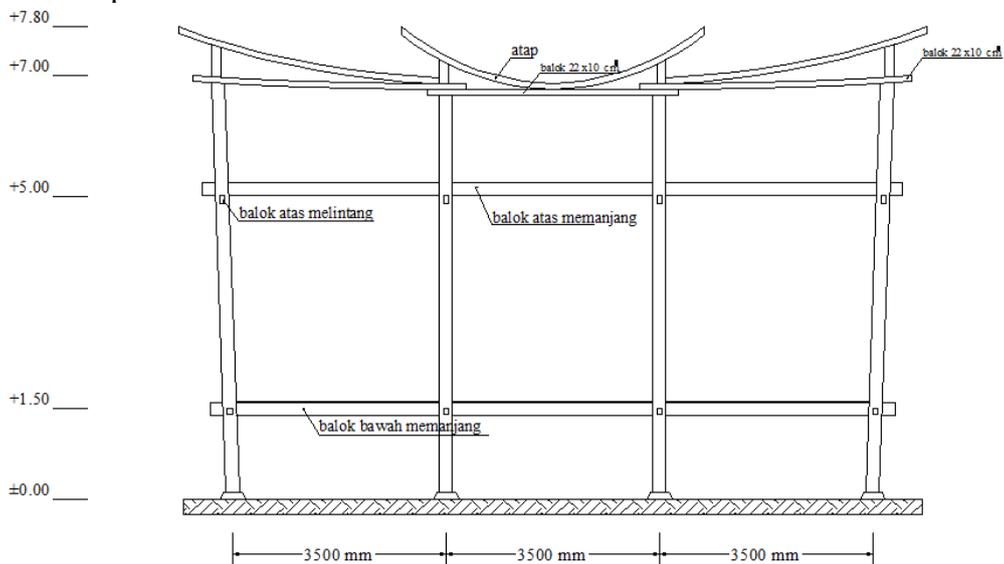
Permodelan

Desain struktur *rumah gadang* dibuat sangat sederhana. Oleh karena itu denah *rumah gadang* yang digunakan adalah *rumah gadang* rakyat tiga yang memiliki ruang dalam sederhana. Pola ruangnya terdiri dari tiga lanjar (linier) dan tiga ruang. Anjuang tidak terdapat di ruang dalam sehingga hanya terdapat ruang tengah dan tiga kamar tidur. Ruang tengah merupakan area publik, ruang lepas biasa digunakan untuk beraktivitas seperti menerima tamu, berkumpul, dan makan (Abdullah *et al.* 2015). Pondasi *rumah gadang* berupa pondasi yang kayu diletakkan diatas batu lempeng dan batu diletakkan di atas tanah yang disebut dengan pondasi *umpak* (Ihsan 2008). Tujuan pembuatan pondasi seperti ini adalah untuk menghindari keretakan atau pada kolom bangunan pada saat terjadi gempa (Mukhtar *et al.* 2013). Permodelan pondasi yang digunakan adalah peletakan jepit. Peletakan jepit yang dimaksudkan kolom dijepitkan pada batu atau beton yang dijadikan tumpuan.

Sambungan yang ada pada rumah tradisional dianggap sambungan yang kaku namun tidak dapat dianggap sebagai sambungan sendi. Sambungan dimodelkan dengan sambungan *partial fixity* pada sambungan antara balok dan kolom dimana kolom dianggap menerus dari pondasi sampai atap. Denah, potongan memanjang dan potongan melintang dari *rumah gadang* disajikan pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.

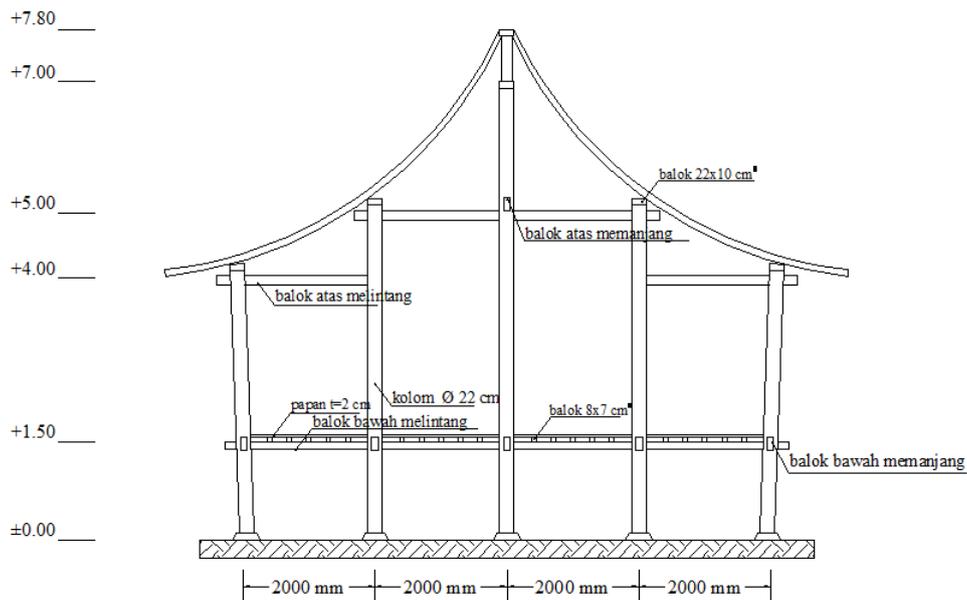


Gambar 2 Denah *rumah gadang* desain



POTONGAN MEMANJANG A

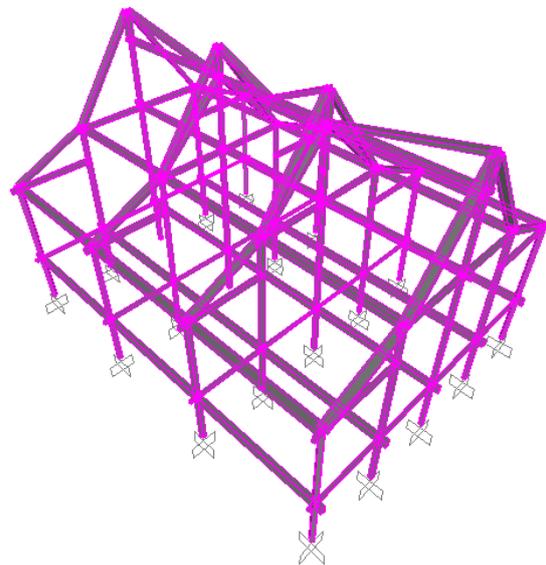
Gambar 3 Potongan memanjang *rumah gadang*



POTONGAN MELINTANG (B)

Gambar 4 Potongan melintang rumah gadang

Material utama adalah kayu johan atau *pheasant wood* atau *senna siamea*. Kayu johan adalah kayu dengan kelas kuat I dan kelas awet I (Meier 2015). Hasil permodelan berupa gambar tiga dimensi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Permodelan rumah gadang

Tabel 1 Material yang digunakan

Material	Keterangan
Nama	Kayu johan atau <i>pheasant wood</i>
Massa jenis	800 kg/m ³
Modulus elastisitas	11000 MPa
<i>Poisson ratio</i>	0.3

Berdasarkan nilai modulus elastisitas kayu johan termasuk dalam kode mutu E11. Produk kayu yang dipilih adalah kayu (kayu gergajian) yang dipilah secara visual. Nilai desain acuan ($F_b, F_t, F_v, F_{c\perp}$,

F_c, E, E_{min}) pada Tabel 2 harus dikalikan dengan faktor koreksi yang ditetapkan untuk menentukan nilai desain terkoreksi ($F_b', F_t', F_v', F_{c\perp}', F_c', E', E_{min}'$) pada Tabel 3.

Tabel 2 Nilai desain dan modulus elastisitas lentur acuan

Kode Mutu	Nilai Desain Acuan (MPa)					Modulus Elastisitas Acuan (MPa)	
	F_b	F_t	F_c	F_v	$F_{c\perp}$	E	E_{min}
E11	9.1	8.0	8.0	1.06	2.13	11000	5500

Tabel 3 Faktor koreksi nilai desain acuan

Faktor koreksi	DTI				DFBK			
	F_b	F_t	F_v	F_c	F_b	F_t	F_v	F_c
C_D	1.60	1.60	1.60	1.60	-	-	-	-
C_M	0.85	1.00	0.97	0.80	0.85	1.00	0.97	0.80
C_t	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
C_L	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-
C_F	$(305/d)^{1/9}$				-	-	-	-
C_{fu}	1.2	-	-	-	1.2	-	-	-
C_j	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
C_r	1.15	-	-	-	1.15	-	-	-
C_P	$[(1+\alpha_c)/2c]-[[(1+\alpha_c)/2c]^2-\alpha_c/c]^{0.5}$ (hanya untuk F_c)							
K_F	-	-	-	-	2.54	2.70	2.88	2.40
ϕ_t	-	-	-	-	0.85	0.80	0.75	0.90
λ	-	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00

Berdasarkan BSN (2013a), beban dan kombinasi pembebanan yang sesuai, telah dikembangkan dan harus digunakan bersama, baik untuk perancangan dengan metode kekuatan ataupun perancangan dengan metode tegangan izin. Beban

nominal adalah besar beban yang ditentukan dalam standar untuk beban mati, hidup, tanah, angin, hujan, banjir, dan gempa. Dimensi rencana yang digunakan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 4 Pembebanan

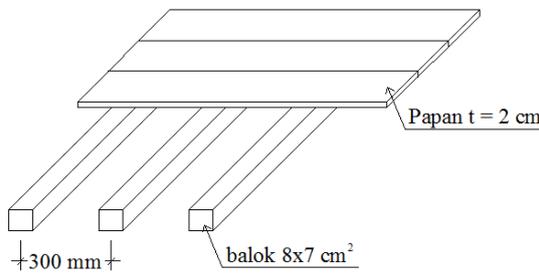
Pembebanan	Nilai
Beban Mati	Berat beban konstruksi
Beban Hidup	
a. Ruang pribadi dan koridor	1.92 kN/m ²
b. Loteng yang tidak didiami tanpa gudang	0.48 kN/m ²
c. Atap datar, berbung dan lengkung	0.96 kN/m ²
Beban Angin	
Beban gempa	Respon spektrum

Tabel 5 Dimensi rencana

Struktur	Bentuk	Dimensi
Kolom	Lingkaran	22 cm
Balok bawah melintang	Persegi	8 x 15 cm ²
Balok bawah memanjang	Persegi	10 x 20 cm ²
Atap	Persegi	22 x 10 cm ²
Balok atas melintang	Persegi	12 x 20 cm ²
Balok atas memanjang	Persegi	10 x 20 cm ²

Pemodelan lantai, dinding, dan atap dimodelkan sebagai beban. Lantai dan dinding menggunakan kayu kelas kuat dua (Ihsan 2008).

Lantai

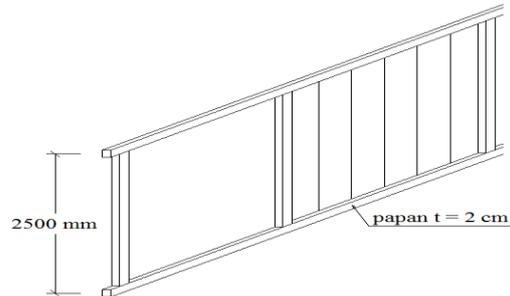


Gambar 6 Permodelan lantai

Pembebanan :

$$\begin{aligned} \text{balok} &= 350 \text{ cm} \times 8 \text{ cm} \times 7 \text{ cm} \times 7 \text{ buah} \\ &= 137200 \text{ cm}^3 \\ \text{papan} &= 350 \text{ cm} \times 200 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \\ &= 140000 \text{ cm}^3 \\ \text{beban merata} &= 277200 \text{ cm}^3 \times 8 \times 10^{-4} \\ &\text{kg/cm}^3 / (350 \text{ cm} \times 200 \text{ cm}) \\ &= 0.0031 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0.31 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Dinding



Gambar 7 Permodelan dinding

Pembebanan :

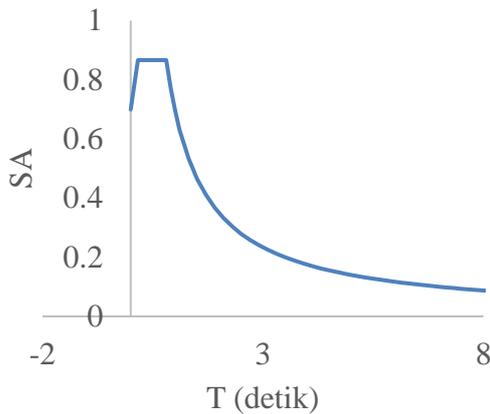
$$\begin{aligned} \text{balok} &= 250 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} = 500 \text{ cm}^2 \\ \text{beban merata} &= 500 \text{ cm}^2 \times 8 \times 10^{-4} \text{ kg/cm}^3 \\ &= 0.4 \text{ kg/cm} = 0.4 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Atap

Atap rumbia diasumsikan sama dengan atap sirap. Penutup atap sirap dengan reng dan kaso per m² bidang atap adalah 40 kg/m² atau 0.39 kN/m² (PPPURG 1987).

Desain Spektrum Gempa

Kurva spektrum gempa dibuat dengan menggunakan Peta Gempa Indonesia 2010 untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun. Lokasi yang dipilih adalah lokasi dengan nilai *peak ground acceleration* (PGA) tertinggi yaitu sebesar > 0.6 g. Lokasi berada di Kabupaten Solok, Sumatera Barat pada koordinat 0°35'58.4"LS dan 100°36'19.4"BT.



Gambar 8 Spektral percepatan desain Sumatera Barat

Parameter respon spektra percepatan desain pada periode pendek (S_{DS}) sebesar 1.3 g dan parameter respon spektra percepatan desain pada periode 1 detik (S_{D1}) sebesar 0.7 g.

Periode waktu getar

Periode yang dianalisa sampai pada periode ke 12. Nilai periode alami utama T_1 diperoleh sebesar 1.449 detik dengan perilaku struktur berdeformasi ke arah memanjang, kemudian berdeformasi ke arah melintang pada periode ke 2 ($T_2 = 1.443$ detik). Lalu kearah memanjang dan melintang seterusnya sampai periode ke 12.

Tabel 6 Periode waktu getar rumah gadang

Periode	Waktu (detik)	Periode	Waktu (detik)
T ₁	2.033	T ₇	0.126
T ₂	2.024	T ₈	0.100
T ₃	1.724	T ₉	0.083
T ₄	0.147	T ₁₀	0.072
T ₅	0.133	T ₁₁	0.044
T ₆	0.129	T ₁₂	0.040

Kekuatan Penampang

Kekuatan penampang dapat diperoleh dari hasil gaya dalam pada struktur rumah gadang disajikan pada

Tabel 7 dan Tabel 8. Gaya dalam didapatkan dari hasil pemrograman SAP2000 dan perhitungan berdasarkan SNI.

Tabel 7 Pembebanan tekan dan tarik struktur rumah gadang

Elemen	Dimensi (cm)	A (m ²)	Pn/Tn (kN)		Pu/Tu (kN)
			DTI	DFBK	
Kolom	Ø 22	0.038	235.78	271.69	40.59
Balok Bawah Melintang	8 x 15	0.012	108.01	116.65	7.36
Balok Bawah Memanjang	10 x 20	0.02	174.35	188.30	12.52
Balok Atas Melintang	12 x 20	0.024	209.22	225.96	1.54
Balok Atas Memanjang	10 x 20	0.020	174.35	188.30	2.69
Atap/Kaso	22 x 10	0.022	207.14	223.71	6.31

Tabel 8 Momen dan gaya geser struktur rumah gadang

Elemen	Mn (kNm)		Mu (kNm)	Vn (kN)		Vu (kN)
	DTI	DFBK		DTI	DFBK	
Kolom	20.55	27.72	0.34	35.98	48.58	0.45
Balok Bawah Melintang	4.50	6.08	0.50	11.57	15.62	0.56
Balok Bawah Memanjang	9.69	13.08	0.98	18.67	25.21	1.36
Balok Atas Melintang	11.63	15.70	0.77	22.41	30.25	0.15
Balok Atas Memanjang	9.69	13.08	2.56	18.67	25.21	0.71
Atap/Kaso	5.76	7.77	0.28	22.19	29.95	0.53

Hasil gaya dalam maksimum dibandingkan dengan perhitungan gaya dalam berdasarkan SNI 7973-2013 dengan syarat gaya dalam nominal lebih besar dari gaya *ultimate*. Gaya dalam dengan kombinasi pembebanan DFBK lebih besar dari kombinasi DTI. Kolom dengan diameter 22 cm memiliki gaya tekan nominal atau gaya tekan yang dapat ditahan oleh kolom DTI sebesar 235.78 kN dan DFBK sebesar 271.69 kN sedangkan gaya tekan *ultimate* sebesar 40.59 kN. Gaya tekan aktual lebih kecil daripada gaya tekan *ultimate* sehingga memenuhi syarat

kuat. Momen nominal balok bawah melintang adalah 6.08 kNm lebih besar dari momen ultimate sebesar 0.5 kNm. Gaya geser nominal balok bawah melintang adalah 15.62 kN lebih besar dari gaya geser ultimate sebesar 0.56 kN.

Berdasarkan Tabel 7 dan Tabel 8 gaya dalam yang memenuhi syarat untuk dimensi rencana adalah seluruh elemen dengan dimensi desain yang direncanakan. Selain gaya dalam perlu syarat terhadap kuat lain, yaitu syarat tekuk dan syarat lendutan pada Tabel 9.

Tabel 9 Syarat tekuk dan lendutan

Elemen	Tekuk	Lendutan	Syarat ijin
	P_{tekuk} (kN)	Δ (m)	(m)
Kolom	196.68	-	-
Balok Bawah Melintang	-	0.0064	0.0067
Balok Bawah Memanjang	-	0.0094	0.0120
Balok Atas Melintang	-	0.0067	0.0067
Balok Atas Memanjang	-	0.0087	0.0088
Atap/Kaso	-	0.0108	0.0120

Gaya tekuk pada kolom berdiameter 22 cm adalah 196.68 kN. Gaya tekan ultimate yang dihasilkan sebesar 40.59 kN. Gaya tekan ultimate lebih kecil dari gaya tekuk. Tekuk tidak terjadi ketika gaya tekan ultimate bekerja. Gaya yang bekerja pada balok harus diperiksa terhadap syarat lendutan. Lendutan pada balok bawah melintang berdiameter 8 x 15 cm adalah 0.0064 m. Lendutan ijin pada konstruksi terlindungi sebesar $L/300$.

Lendutan ijin untuk balok bawah melintang adalah 0.0067 m. Lendutan ijin untuk atap menggunakan persamaan untuk konstruksi tidak terlindungi yaitu $L/400$. Lendutan maksimum terjadi pada atap sebesar 0.0108 m atau 1.08 cm karena tinggi penampang atap lebih kecil dari lebar penampang. Lendutan yang terjadi lebih kecil dari lendutan ijin. Gaya yang bekerja memenuhi syarat untuk tekuk dan lendutan.

KESIMPULAN

Denah *rumah gadang* yang digunakan adalah *rumah gadang* rakyat tiga yang memiliki ruang dalam sederhana dengan ukuran 10.5 x 8 m. Pola ruangnya terdiri dari tiga lanjar (ruang tengah) dan tiga ruang (kamar tidur). Tumpuan yang digunakan adalah perletakan jepit. Material utama adalah kayu johar atau *pheasant wood* atau *senna siamea* dengan massa jenis 800 kg/m³ dan modulus elastisitas 11000 MPa. Kolom berbentuk lingkaran dengan diameter 22 cm. Balok bawah melintang berbentuk persegi dengan ukuran 8 x 15 cm. Balok bawah memanjang berbentuk persegi dengan ukuran 10 x 20 cm. Balok atas melintang berbentuk persegi dengan ukuran 12 x 20 cm. Balok atas memanjang berbentuk persegi dengan ukuran 10 x 20 cm. Atap lengkung berbentuk persegi dengan ukuran 22 x 10 cm.

Berdasarkan perhitungan gaya dalam maksimum dengan kombinasi pembebanan DFBK lebih besar dari kombinasi DTI. Kolom memiliki gaya tekan nominal atau gaya tekan yang dapat ditahan oleh kolom DTI sebesar 235.78 kN dan DFBK sebesar 271.69 kN sedangkan gaya tekan *ultimate* sebesar 40.59 kN. Gaya tekan aktual lebih kecil daripada gaya tekan *ultimate* sehingga memenuhi syarat kuat. Gaya tekuk pada kolom berdiameter 22 cm adalah 196.68 kN. Gaya tekan *ultimate* yang dihasilkan sebesar 40.59 kN. Gaya tekan *ultimate* lebih kecil dari gaya tekuk. Tekuk tidak terjadi ketika gaya tekan *ultimate* bekerja.

Momen nominal balok bawah melintang adalah 6.08 kNm lebih besar dari momen *ultimate* sebesar 0.5 kNm. Gaya geser nominal balok bawah melintang adalah 15.62 kN lebih besar dari gaya geser *ultimate* sebesar 0.56 kN. Lendutan pada balok bawah melintang adalah 0.0064 m. Lendutan ijin untuk balok bawah melintang adalah 0.0067 m.

Lendutan maksimum terjadi pada atap sebesar 1.08 cm. Lendutan yang terjadi lebih kecil dari lendutan ijin. Gaya yang bekerja memenuhi syarat untuk tekuk dan lendutan. Permodelan gempa yang dibuat adalah gempa besar dengan nilai PGA (*peak ground acceleration*) tertinggi. Hasil analisis terhadap desain struktur dengan pengaruh beban gempa menggunakan metode statik ekuivalen menunjukkan bahwa komponen struktur kuat dalam menahan beban terhadap gaya dalam yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah M, Antariksa, Suryasari N. 2015. Pola ruang dalam bangunan *rumah gadang* di kawasan Alam Surambi Sungai Pagu – Sumatera Barat [skripsi]. Semarang (ID): Universitas Brawijaya.
- Amhar F, Poniman A. 2010. Pemetaan kebencanaan dalam seluruh siklus. *Jurnal Geografi*. 3(1): 17-28.
- [AWC] American Wood Council. 2005. *ASD/LRFD Manual for Engineered Wood Construction 2005 Edition*. Washington DC (US): American Forest & Paper Association, Inc.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. SNI 1726:2012. Jakarta (ID): BSN.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2013a. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. SNI 1727:2013. Jakarta (ID): BSN.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2013b. Spesifikasi Desain untuk Konstruksi Kayu. SNI 7973:2013. Jakarta (ID): BSN.
- Ihsan M. 2008. Analisa ketahanan gempa pada struktur rumah tradisional

- Sumatra [skripsi]. Depok (ID): Universitas Indonesia.
- Meier R B. 2015. WOOD! Identifying and Using Hundred of Woods Worldwide.
- Mukhtar M A, Pangarsa G W, Wulandari L D. 2013. Struktur konstruksi arsitektur tradisional bangunan tradisional Keda Suku Ende Lio di Pemukiman Adat Wolotolo. *Jurnal RUAS*. 11(1): 17-28.
- [DPU] Departemen Pekerjaan Umum. 1987. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung. Jakarta (ID): Yayasan Badan Penerbit PU.
- Widyawati R. 2010. Kekuatan sambungan tegak (butt joint) struktur balok laminasi (*glulam beams*) dari kayu lokal. *Jurnal Rekayasa*. 14(1): 27-38

