

STUDI PERBANDINGAN ANALISIS BANGUNAN KAYU DAN BAJA BERTINGKAT DUA TAHAN GEMPA

**PARLINDUNGAN EBENEZER
NRP : 0921029**

Pembimbing : Dr. YOSAFAT AJI PRANATA, S.T., M.T.

ABSTRAK

Masih banyaknya masyarakat di daerah-daerah Indonesia yang mendirikan bangunan dengan meterial kayu sehingga berdampak pada bertambahnya penggunaan kayu dan berakibat berkurangnya pemeliharaan hutan yang dapat menyerap karbon dioksida sebagai pengurangan maraknya bahaya efek Global Warming di dunia.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dan mendesain bangunan bertingkat dua dengan beban yang sama sehingga menghasilkan waktu getar yang sama pada material kayu dan baja tahan gempa dengan bantuan program SAP200 serta menganalisis dan mendesain sambungan yang akan digunakan.

Dari hasil analisis bangunan bermaterial kayu dan baja dengan waktu getar yang sama, yaitu untuk tinjauan komponen lentur, komponen tekan, dan sambungan, secara umum diperoleh kesimpulan bahwa perencanaan bangunan bermaterial Baja menghasilkan kekuatan elemen lebih rendah dibandingkan dengan bangunan bermaterial Kayu, sehingga hasil yang diperoleh adalah lebih konservatif dan lebih aman.

Kata kunci: Perbandingan bangunan Baja dan Kayu, Gempa, *NDS*, *SNI* Baja.

***COMPARATIVE STUDY OF WOOD AND STEEL
BUILDING ANALYSIS OF TWO-STORIED
EARTHQUAKE RESISTANT***

**PARLINDUNGAN EBENEZER
NRP: 0921029**

Supervisor : DR. YOSAFAT AJI PRANATA, S.T., M.T.

ABSTRACT

Still a large number of communities in areas of Indonesia who founded the building with wooden material until impact on increasing the use of wood and result in reduced maintenance of forests that can absorb the carbon dioxide as rampant danger reduction effects of Global Warming in the world.

The purpose of this study is to analyze and design the two-storey building with the same load resulting in a time of a similar material on the vibrating wood and earthquake resistant steel with the help of the program as well as analyzing and designing SAP200 connection that will be used.

From the results of the analysis of wooden and steel with material building with the same vibrating time, namely to review components of support, components, and connections, press in general conclusion that planning produces strength Steel with material building elements are lower compared to wood material Wood buildings, so that the results obtained are more conservative and more secure.

Keywords: comparison of steel and wood buildings, earthquake, NDS, SNI steel.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN.....	iii
PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN	iv
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR.....	v
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR NOTASI	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Sistematika Penulisan.....	4
1.5 Lisensi Perangkat Lunak	4
1.5 Metodologi Penelitian	4
BAB II STUDI LITERATUR	7
2.1 Kayu	7
2.1.1 Sifat Utama Kayu	7
2.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Kayu	8
2.1.3 Jenis dan Penggunaan Kayu	8
2.1.4 Pengawetan Kayu	9
2.1.5 Klasifikasi Berdasarkan Kekuatan Kayu	9

2.2	Konstruksi Bangunan Kayu	11
2.2.1	Konstruksi Dinding Batang Tersusun	11
2.2.2	Konstruksi Dinding Rangka Tersusun	11
2.3	Perencanaan Kayu Berdasarkan <i>NDS</i>	12
2.3.1	Balok	12
2.3.2	Kolom	16
2.3.3	Sambungan	19
2.4	Baja.....	28
2.4.1	Konstruksi Bangunan Baja	28
2.4.2	Sifat Utama Baja	30
2.4.3	Kelebihan dan Kekurangan Baja	31
2.4.4	Klasifikasi Berdasarkan Kekuatan Baja	32
2.5	Perencanaan Konstruksi Baja Berdasarkan SNI 03-1279-2002	32
2.5.1	Perencanaan Struktur Balok	33
2.5.2	Perencanaan Struktur Kolom	39
2.5.3	Sambungan	43
2.6	Beban	47
2.6.1	Beban Gravitasi	47
2.6.2	Beban Gempa.....	49
2.7	Program SAP2000.....	54
BAB III STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN		55
3.1	Data Struktur dan Material	55
3.1.1	Data Gedung	56
3.1.2	Data Material	63
3.2	Perencanaan Rumah Sakit di Darat Bermaterial Kayu	63
3.2.1	Pemodelan Gedung	63
3.2.2	Pemodelan Beban Gravitasi.....	76
3.2.3	Pemodelan Beban Gempa.....	81
3.2.4	Analisis dan Hasil	87
3.3	Analisis Berdasarkan <i>NDS</i> 2012	100
3.3.1	Perhitungan Balok	100
3.3.2	Perhitungan Kolom.....	103

3.3.3	Perhitungan Sambungan	105
3.4	Analisis Berdasarkan <i>SNI</i> 1729-2002	112
3.4.1	Perhitungan Balok	112
3.4.2	Perhitungan Kolom.....	116
3.4.3	Perhitungan Sambungan	121
BAB IV	KESIMPULAN DAN SARAN	127
4.1	Kesimpulan.....	127
4.2	Saran.....	127
DAFTAR PUSTAKA.....		128
LAMPIRAN		129

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1-1	Desain Bangunan Kayu (Sumber: arsendociptakarya.com).....	2
Gambar 1-2	Bagan Alir Penelitian Tugas Akhir.	6
Gambar 2-1	Rasio Panjang Efektif Kolom.....	18
Gambar 2-2	Sambungan Dengan Baut Berpelat Sisi Baja	20
Gambar 2-3	Sambungan Dengan Pasak	20
Gambar 2-4	Moda Kegagalan Sambungan Mekanis	21
Gambar 2-5	Skematik Sambungan Baut <i>Single Shear</i>	23
Gambar 2-6	Skematik Sambungan Baut <i>Double Shear</i>	23
Gambar 2-7	Penempatan Baut	26
Gambar 2-8	Profil <i>Wide Flange</i>	34
Gambar 2-9	Nilai k_c untuk kolom dengan ujung-ujung yang ideal	40
Gambar 2-10	Grafik Monogram.....	41
Gambar 2-11	Wilayah Gempa Indonesia dengan prcepatan puncak batuan dasar periode ulang 500 tahun (Sumber : SNI-1726-2002)	52
Gambar 2-12	Respon Spektrum Gempa Rencana	52
Gambar 3-1a	Tampak Depan Struktur Kayu.....	56
Gambar 3-1b	Tampak Depan Struktur Baja	57
Gambar 3-2a	Tampak Samping Pada Struktur Kayu	57
Gambar 3-2b	Tampak Samping Pada Struktur Baja.....	58
Gambar 3-3	Denah Balok-Kolom Lantai 1	59
Gambar 3-4	Denah Balok-Kolom Lantai 2	60
Gambar 3-5a	Potongan I Pada Struktur Kayu	61
Gambar 3-5b	Potongan I Pada Struktur Baja	61
Gambar 3-6a	Potongan II Pada Struktur Kayu.....	62
Gambar 3-6a	Potongan II Pada Struktur Baja	62
Gambar 3-7	Tampilan <i>Quick Grid Lines</i>	63
Gambar 3-8	Tampilan <i>Default Grid SAP2000</i>	64
Gambar 3-9	Tampilan <i>Define Grid System Data</i>	64

Gambar 3-10 Mendefinisikan Material Kayu.....	65
Gambar 3-11 Mendefinisikan Material Baja	65
Gambar 3-12 Mendefinisikan Material Genteng	66
Gambar 3-13 Mendefinisikan Pelat	66
Gambar 3-14 Mendefinisikan Genteng	67
Gambar 3-15 Mendefinisikan Ukuran Balok Kayu 100/120 (B1).....	67
Gambar 3-16 Mendefinisikan Ukuran Balok Kayu 100/120 (B2).....	68
Gambar 3-17 Mendefinisikan Ukuran Balok Kayu 200/120 (B3).....	68
Gambar 3-18 Mendefinisikan Ukuran Balok Baja IWF 150.150.10.7 (B1).....	69
Gambar 3-19 Mendefinisikan Ukuran Balok Baja 150.150.10.7 (B2).....	69
Gambar 3-20 Mendefinisikan Ukuran Balok Baja 150.150.10.7 (B3).....	70
Gambar 3-21 Mendefinisikan Ukuran Kolom Kayu 240/150 (K1).....	70
Gambar 3-22 Mendefinisikan Ukuran Kolom Kayu 120/150 (K2).....	71
Gambar 3-23 Mendefinisikan Ukuran Kolom Kayu 120/150 (K3).....	71
Gambar 3-24 Mendefinisikan Ukuran Kolom Baja IWF 200.200.12.8 (K1).....	72
Gambar 3-25 Mendefinisikan Ukuran Kolom Baja IWF 300.300.15.10 (K2)....	72
Gambar 3-26 Mendefinisikan Ukuran Kolom Baja 400.400.70.45 (K3)	73
Gambar 3-27 Jenis Perletakan	73
Gambar 3-28 Pemodelan Restoran dengan Material Kayu (Gedung A)	74
Gambar 3-29 Pemodelan Restoran dengan Material Baja (Gedung B).....	74
Gambar 3-30 Tampilan <i>Define Load Patterns</i>	75
Gambar 3-31 Tampilan <i>Load Combination</i>	75
Gambar 3-32 <i>Input</i> Nilai Beban <i>SDL</i> Lantai Material Kayu	77
Gambar 3-33 <i>Input</i> Nilai Beban <i>SDL</i> Lantai Material Baja	78
Gambar 3-34 <i>Input</i> Nilai Beban <i>SDL</i> Atap.....	78
Gambar 3-35 <i>Input</i> Nilai Beban Merata <i>SDL</i> Balok Kayu	79
Gambar 3-36 <i>Input</i> Nilai Beban Merata <i>SDL</i> Balok Baja.....	79
Gambar 3-37 <i>Input</i> Nilai Beban Terpusat <i>SDL</i> Balok Kayu.....	79
Gambar 3-38 <i>Input</i> Beban <i>LL</i> Lantai.....	80
Gambar 3-39 <i>Input</i> Beban <i>LL</i> Genteng	80
Gambar 3-40 Nilai <i>T1</i> dari <i>SAP2000</i> Untuk Material Kayu.....	81
Gambar 3-41 Nilai <i>T1</i> dari <i>SAP2000</i> Untuk Material Baja.....	82

Gambar 3-42	Respons Spektrum Gempa Rencana Wilayah 4 (Sumber: SNII-1726-2002)	83
Gambar 3-43	Nilai W_t dari <i>SAP2000</i> pada Material Kayu	83
Gambar 3-44	Nilai W_t dari <i>SAP2000</i> pada Material Baja	84
Gambar 3-45	<i>Input</i> Nilai Beban <i>FX</i> pada Material Kayu.....	86
Gambar 3-46	<i>Input</i> Nilai Beban <i>FY</i> pada Material Kayu	86
Gambar 3-47	<i>Input</i> Nilai Beban <i>FX</i> pada Material Baja	86
Gambar 3-48	<i>Input</i> Nilai Beban <i>FY</i> pada Material Baja	87
Gambar 3-49a	Deformasi Pada Struktur dengan Material Kayu (Gedung A).....	87
Gambar 3-49b	Grafik deformasi Pada Struktur dengan Material Kayu	88
Gambar 3-50a	Deformasi Pada Struktur dengan Material Baja (Gedung B).....	88
Gambar 3-50a	Grafik deformasi Pada Struktur dengan Material Baja	89
Gambar 3-51	Grafik Perbandingan Deformasi Pada Struktur dengan Material Kayu dan Baja.....	89
Gambar 3-52	Lokasi Kolom Gedung A yang Ditinjau (<i>Axial Force</i>).....	90
Gambar 3-53	Lokasi Balok Gedung A yang Ditinjau (<i>Shear 2-2</i>).....	91
Gambar 3-54	Lokasi Balok Gedung A yang Ditinjau (<i>Moment 3-3</i>).....	91
Gambar 3-55	Lokasi Kolom Gedung B yang Ditinjau (<i>Axial Force</i>)	92
Gambar 3-56	Lokasi Balok Gedung B yang Ditinjau (<i>Shear 2-2</i>).....	92
Gambar 3-57	Lokasi Balok Gedung B yang Ditinjau (<i>Moment 3-3</i>)	93
Gambar 3-58	Hasil <i>Axial Force</i> Pada Kolom Gedung A	94
Gambar 3-59	Hasil <i>Shear 2-2</i> Pada Balok Gedung A	95
Gambar 3-60	Hasil <i>Moment 3-3</i> Pada Balok Gedung A	96
Gambar 3-61	Hasil <i>Axial Force</i> Pada Kolom Gedung B	97
Gambar 3-62	Hasil <i>Shear 2-2</i> Pada Balok Gedung B	98
Gambar 3-63	Hasil <i>Moment 3-3</i> Pada Balok Gedung B.....	99
Gambar 3-64	Sambungan Kolom dengan Balok untuk Kayu	105
Gambar 3-65	Sambungan Kolom dengan Balok untuk Baja.....	121
Gambar 3-66	Sambungan Kolom dengan Kolom untuk Baja	124
Gambar L-1	Denah Bangunan Lantai 1	137
Gambar L-2	Denah Bangunan Lantai 2	138

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1	Kelebihan dan Kekurangan Kayu	8
Tabel 2-2	Jenis dan Penggunaan Kayu.....	9
Tabel 2-3	Kelas Kayu Menurut Keawetannya.....	9
Tabel 2-4	Klasifikasi Berdasarkan Kekuatan Kayu.....	10
Tabel 2-5	Faktor Layah Basah (<i>Wet Service</i>), C_M	14
Tabel 2-6	Faktor Temperatur, C_t	14
Tabel 2-7	Faktor Ukuran, C_F	15
Tabel 2-8	Faktor Torehan (<i>Incising</i>), C_i	15
Tabel 2-9	Faktor Penggunaan Datar (<i>Flat Use</i>), C_{Fu}	15
Tabel 2-10	Faktor Waktu, λ	15
Tabel 2-11	Faktor Tahanaan, ϕ	16
Tabel 2-12	Faktor Konversi Format (<i>Format Conversion</i>), K_F	16
Tabel 2-13	Nilai Desain dan Modulus Elastisitas Lentur Acuan	19
Tabel 2-14	Faktor Temperatur, C_t , untuk Sambungan	24
Tabel 2-15	Faktor Reduksi, R_d	24
Tabel 2-16	Faktor Layah Basah (<i>Wet Service</i>), C_M , untuk Sambungan	25
Tabel 2-17	Syarat Jarak Ujung	27
Tabel 2-18	Syarat Jarak untuk Pengencang dalam Satu Baris	27
Tabel 2-19	Syarat Spasi dalam Baris.....	27
Tabel 2-20	Syarat Jarak Tepi.....	27
Tabel 2-21	Kelebihan dan Kekurangan Baja.....	31
Tabel 2-22	Sifat Mekanis Baja Struktural	32
Tabel 2-23	Faktor Reduksi (ϕ) untuk Keadaan Kekuatan Batas	33
Tabel 2-24	Momen Kritis untuk Tekuk Lateral.....	35
Tabel 2-25	Bentang untuk Pengekang Lateral.....	36
Tabel 2-26	Batas Lendutan Maksimum.....	50
Tabel 2-27	Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung	51
Tabel 2-28	Beban Hidup pada Lantai Gedung	52

Tabel 2-29 Kombinasi Pembebanan.....	54
Tabel 2-30 Faktor Keutamaan I Untuk Berbagai Kategori Gedung.....	54
Tabel 2-31 Parameter Daktilitas Struktur Gedung	55
Tabel 2-32 Koefisien ζ yang Membatasi Waktu Getar Alami Fundamental Struktur Gedung	58
Tabel 3-1 Material Lantai	76
Tabel 3-2 Nilai Beban Gempa Nominal Statik Ekuivalen pada Kayu	84
Tabel 3-3 Nilai Beban Gempa Nominal Statik Ekuivalen pada Baja.....	85
Tabel 3-4 Nilai Hasil Analisis <i>SAP200</i>	100
Tabel L-1 Lendutan yang terjadi pada Kayu dan Baja hasil dari <i>SAP200</i>	131

DAFTAR NOTASI

A	Luas/area/daerah
b	Lebar balok
C	Pusat berat (<i>centroid</i>), Konstanta integral, Faktor respon gempa
C_F	Faktor koreksi ukuran
C_i	Faktor koreksi torehan (<i>Incising</i>)
C_L	Faktor koreksi stabilitas, Koefisien lift
C_M	Faktor koreksi layah basah (<i>Wet Service</i>)
C_m	Koefisien inersia
C_P	Faktor koreksi stabilitas
C_r	Faktor koreksi komponen struktur berulang (<i>Repetitive Member</i>)
C_t	Faktor temperatur
c	Jarak ke sumbu netral
DL	Beban mati
d	Diameter, dimensi, ukuran jarak (<i>distance</i>)
db	Diameter baut (mm)
E, $E_{0,mean}$	Modulus elastisitas
$E_{0,05}$	5% Modulus elastisitas
E_{min}'	Modulus elastisitas acuan
F	Gaya, Beban gempa
$F_{ax,Rk}$	Karakteristik kapasitas tarik baut
F_b	Nilai lentur desain acuan (kuat lentur sejajar serat kayu)
F_b^*	$F_b^* = F_b \cdot C_M \cdot C_t \cdot C_F \cdot C_{fu} \cdot C_i \cdot C_r$
F_b'	Nilai lentur desain terkoreksi (kapasitas)
F_{bE}	$F_{bE} = (1,20 \cdot E_{min}') / R_B^2$
F_c	Nilai tekan desain acuan (kuat tekan sejajar serat kayu)
F_c^*	$F_c^* = F_c \cdot C_M \cdot C_t \cdot C_F \cdot C_i$
F_c'	Nilai tekan desain terkoreksi (kapasitas)
F_{cE}	$F_{cE} = (0,822 \cdot E_{min}') / (l_e/d)^2$
F_i	Beban geser lantai ke i

F_{imax}	Gaya inersia maksimum (N)
$F_{v,Ed}$	Desain kekuatan geser sambungan (N)
$F_{v,Rd}$	Kapasitas desaian kekuatan sambungan (N)
$F_{v,Rk}$	Kapasitas lateral acuan (N)
F_x	Gaya total pada arah x (N)
F_y	Tegangan leleh baja
f_c	Tegangan tekan
$f_{c,0,d}$	Desain kuat tekan
$f_{c,0,k}$	Kuat tekan karakteristik
$f_{m,k}$	Karakteristik kekuatan lentur
$f_{m,y,d}, f_{m,z,d}$	Desain kekuatan lentur sumbu y-y dan z-z
$f_{u,k}$	kekuatan tarik baut
f_u^b	Tegangan tarik putus baut (Mpa)
$f_{v,d}$	Desain kekuatan geser
$f_{v,k}$	Karakteristik kekuatan geser
G	Modulus elastisitas dalam kondisi geser
H	Tinggi, jarak, gaya, reaksi
h	Tinggi, dimensi, ukuran
I	Momen inersia (momen kedua) dari sebuah luas bidang, Faktor keutamaan gedung
I_x, I_y, I_z	Momen inersia terhadap sumbu x, y dan z
i	Radius rotasi, $i = \sqrt{I/A}$
K_F	Faktor konversi format (<i>Format Conversion</i>)
K_θ	$K_\theta = 1 + 0,25(\theta/90)$
k_{def}	Faktor deformasi
k_h	Faktor tinggi balok
k_{mod}	Faktor durasi bangunan
k_{sys}	Faktor sistem kekuatan
k_y, k_z	Faktor stabilitas
L	Panjang jarak
$L_{e,y}, L_{e,z}$	Panjang efektif elemen terhadap sumbu y dan z
L_k	Panjang efektif (mm)

LL	Beban hidup
l_c	Panjang jarak (m)
M_d	Momen maksimum (Nmm)
$M_{y,Rk}$	<i>Yield moment</i> (Nmm)
N_d	Beban aksial desain
N_n	Kuat tekan nominal (N)
N_u	Gaya tekan terfaktor (N)
n	Jumlah alat sambung, jumlah tingkat
n_{ef}	Jumlah efektif alat sambung
P	Gaya, beban terpusat, daya
P_u	Gaya atau beban tekan
P_E	Beban tekuk
$P_{E,y}, P_{E,z}$	Beban tekuk terhadap sumbu y-y dan z-z
Q	Beban merata, statis momen
R	Faktor reduksi gempa, (kgf)
R_B	Rasio kelangsingan
R_w	Gaya akibat angin (kg)
T	Periode gelombang (detik)
T_1	Nilai waktu getar alami fundamental
t	Waktu (detik)
t_w/t_b	tebal <i>web</i> /badan (mm)
t_f/t_s	Tebal <i>flange</i> /sayap (mm)
t_p	Tebal pelat sambungan (mm)
t_1	Tebal pelat pengapit (mm)
t_2	Tebal balok utama (mm)
$u_{net.fin}$	Lendutan maksimum
V_d	Geser maksimum
V_u	Gaya Geser (N)
W_i	Berat lantai tingkat ke-i
W_t	Berat total bangunan termasuk beban hidup
W_u	Gaya cabut yang bekerja pada sambungan
W_y	Modulus penampang

W'	Nilai desain cabut terkoreksi
w	Berat jenis kayu
$W_{net,fin}$	Lendutan ijin
Z	Nilai desain lateral acuan
Z_u	Gaya tarik atau tekan
Z'	Nilai desain lateral terkoreksi
z_i	Ketinggian lantai tingkat ke-i diukur dari taraf penjepitan lateral
λ	Rasio kelangsingan, Faktor waktu
$\lambda_{rel,y}, \lambda_{rel,z}$	Rasio kelangsingan relatif sumbu y-y dan z-z
$\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$	Rasio kelangsingan terhadap sumbu x-x, y-y dan z-z
θ	Sudut gaya arah serat
γ_M	Faktor material
μ	Faktor daktilitas
δ_{max}	Lendutan maksimum
ρ_k	Faktor kepadatan kayu
ρ_m	Kepadatan balok
$\sigma_{m,y,d}, \sigma_{m,z,d}$	Desain tegangan lentur terhadap sumbu x-x dan y-y
$\sigma_{c,0,d}$	Desain tegangan tekan
$\tau_{v,d}$	Desain tegangan geser
ϕ	Faktor Tahanan
ψ	Faktor keamanan