

PERBANDINGAN STRUKTUR ATAP *MONOBEAM* KAYU GLULAM DENGAN BAJA BENTANG 25 METER

REZA APRIADI
NRP: 0621026

Pembimbing : Dr. YOSAFAT AJI PRANATA, S.T., M.T.
Pembimbing Pendamping : DENI SETIAWAN, S.T., M.T.

ABSTRAK

Dengan penambahan penduduk yang sangat cepat, berimplikasi pada pertumbuhan kebutuhan pembangunan baik dalam bentang pendek maupun bentang panjang, maka mau tidak mau akan berdampak kepada kebutuhan akan material bahan bangunan salah satunya adalah kayu dan baja. Kayu merupakan bahan bangunan yang sesuai sekali sebagai salah satu material konstruksi karena mudah didapat, mudah dikerjakan, bobotnya yang agak ringan, dan cukup tinggi kekuatannya terhadap gaya tarik, tekan maupun lendutan. Kayu ini dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan struktur sehingga digunakan proses perlekatan yang disebut kayu glulam. Glulam adalah susunan beberapa lapis kayu direkatkan satu sama lain secara sempurna menjadi satu kesatuan tanpa terjadi diskontinuitas perpindahan tempat, sedangkan material lain yaitu baja berbentuk profil gilal atau pelat yang dibengkokkan merupakan bahan bangunan atap yang sesuai sekali untuk lebar bentang 10 - 30 m.

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari dan membandingkan penggunaan material kayu glulam dan baja untuk perencanaan struktur atap *monobeam* dan menghitung analisis biaya struktur dengan tinjauan *monobeam* kayu glulam dan baja.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah, untuk analisis kekuatan dengan beban yang sama IWF 350.175.7.11 mampu menahan kuat lentur sebesar 65,61% lebih besar dari gaya ultimitnya dan kayu glulam 150 x 900 mm menahan 22,41% lebih besar dari gaya lentur ultimitnya, sedangkan untuk gaya geser baja mampu menahan sebesar 62,5% lebih besar dari gaya geser ultimit dan glulam sebesar 59,3% lebih besar dari gaya ultimitnya. Untuk kekakuan diperoleh hasil lendutan sebesar 15,34 mm untuk kayu glulam dan 37,924 mm untuk baja. Material kayu lebih berat dibandingkan baja dengan persen beda sebesar 29,042 % dan harga material kayu glulam lebih tinggi dibandingkan material baja dengan persen beda sebesar 6,67%.

Kata kunci: Kayu, Baja, Glulam, *Monobeam*.

COMPARISON OF STEEL AND GLULAM WOOD FOR MONOBEAM ROOF STRUCTURE WITH SPAN 25 METER

**REZA APRIADI
NRP: 0621026**

**Supervisor : Dr. YOSAFAT AJI PRANATA, S.T., M.T.
Co-Supervisor: DENI SETIAWAN, S.T., M.T.**

ABSTRACT

Rapid population growth implies a growing need for landscape development in both short and long spans, it will inevitably affect the demand for building materials such as wood and steel. Wood is a very suitable building material as a construction material because it is easy to get, easy to work, a rather light weight, high strength and tensile strength, creep and deflection. This wooden structure was developed to meet the needs of attachment process used glulam timber. Glulam is the formation of several layers of wood glued to each other perfectly into a single unit without any displacement discontinuity, while other material is steel roller or plate shaped profile which is curved roof building materials suitable for the wide landscape was 10-30 m.

The purpose of this research is to study and compare the use of glulam wood and steel for roof structure of the review monobeam planning and cost analysis to calculate the structure of the review monobeam glulam wood and steel.

The conclusion of this research are, for glulam wood with the size 150 x 900 mm (arranged by 6 lamina 150 x 150 mm) and steel 350.175.7.11 found that the deflection of the timber monobeam is smaller (more rigid) than steel with a percent relative difference 9,29%, the timber monobeam is heavier than steel with a percent relative difference 29,04%, and the fabrication cost of the timber monobeam is higher than steel with a percent relative difference 6,67%.

Keywords: Wood, Steel, Glulam, *Monobeam*.

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
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xx
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
1.6 Metodologi Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Desain Struktur	6
2.1.1 Struktur Atap <i>Monobeam</i> Baja	6
2.1.2 Pengertian Balok Laminasi Lem (<i>Glulam</i>)	7
2.1.3 Komponen atap <i>monobeam</i>	8
2.1.4 Pembebanan	9
2.2 Desain Berdasarkan Peraturan Baja.....	10
2.2.1 Kombinasi Pembebanan.....	11
2.2.2 Faktor Reduksi	12
2.2.3 Kontrol terhadap Lendutan	13
2.2.4 Kontrol Terhadap Kelangsingan	13
2.2.5 Kontrol Terhadap Lentur	14
2.2.6 Kontrol Terhadap Kuat Geser	15
2.3 Desain Berdasarkan Peraturan Kayu NDS 2005.....	15
2.3.1 Dasar Perencanaan	18
2.3.2 Faktor Koreksi	19
2.3.3 Kontrol Terhadap Lentur	21
2.3.4 Kontrol Terhadap Geser.....	22
2.3.5 Kombinasi Tekan Aksial dan Lentur	22

2.4	Desain Terhadap Beban Angin Berdasarkan Peraturan AS/NZS 2002.....	23
2.5	Analisis Biaya	28
2.6	Perencanaan Sambungan.....	29
2.6.1	Atap <i>Monobeam</i> Baja	29
2.6.2	Atap <i>Monobeam</i> Kayu Glulam	32
2.6.3	Sambungan Las	37
BAB III STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN		40
3.1	Data Struktur Atap	40
3.2	<i>Preliminary</i> Desain Struktur Atap <i>Monobeam</i>	41
3.2.1	Pendimensian <i>Gording</i>	42
3.2.2	Pembebanan	46
3.2.3	Atap <i>Monobeam</i> dengan Baja	47
3.2.4	Atap <i>Monobeam</i> dengan Kayu Glulam.....	49
3.3	Analisis Atap <i>Monobeam</i> Baja dengan <i>SAP2000</i>	53
3.3.1	Langkah-langkah Pemodelan Struktur.....	53
3.3.2	Kontrol Lendutan	57
3.3.3	Kontrol Kekuatan.....	58
3.3.4	Perencanaan Sambungan Baja	60
3.4	Analisis Atap <i>Monobeam</i> Kayu Glulam dengan <i>SAP2000</i>	72
3.4.1	Langkah-langkah Pemodelan Struktur.....	72
3.4.2	Kontrol Lendutan	74
3.4.3	Kontrol Kekuatan Kayu Glulam	75
3.4.4	Perencanaan Sambungan.....	76
3.5	Analisis Biaya	90
3.6	Pembahasan.....	96
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN		98
4.1	Kesimpulan	98
4.2	Saran	98
DAFTAR PUSTAKA		99
LAMPIRAN.....		100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Struktur Atap Dengan Kayu Glulam	2
Gambar 1.2	Rangka Atap Menggunakan Baja IWF.....	3
Gambar 1.3	Diagram Alir Penelitian.....	5
Gambar 2.1	Distribusi Tegangan Tumpu Kayu Pada Sambungan Baut	33
Gambar 2.2	Geometrik Sambungan Baut.....	34
Gambar 2.3	Tipe-tipe Sambungan Las	38
Gambar 2.4	Jenis-jenis Sambungan Las.....	39
Gambar 3.1	Denah Struktur.....	40
Gambar 3.2	<i>Preliminary</i> Desain Struktur Atap <i>Monobeam</i>	41
Gambar 3.3	Penampang Profil C.....	42
Gambar 3.4	Statis Momen Penampang Profil C	43
Gambar 3.5	Beban Mati Tambahan Pada Atap	46
Gambar 3.6	Beban Pekerja Pada Atap	46
Gambar 3.7	Beban Hujan Pada Atap.....	47
Gambar 3.8	Statis Momen Penampang IWF.....	48
Gambar 3.9	Denah Atap.....	49
Gambar 3.10	<i>Input Plan Grid</i> Secara Manual.....	53
Gambar 3.11	Tampilan <i>Grid Data</i> Sesuai Ukuran.....	54
Gambar 3.12	Mendefinisikan Material	54
Gambar 3.13	<i>Input Data Property Material</i>	54
Gambar 3.14	Input Dimensi <i>Web</i> dan <i>Flens</i>	54
Gambar 3.15	Model Struktur Atap Dua Dimensi Tampilan XZ.....	55
Gambar 3.16	<i>Input</i> Perletakan.....	55
Gambar 3.17	Mendefinisikan <i>Static Load Case</i>	56
Gambar 3.18	<i>Input</i> Beban <i>Super Dead Load</i> Pada Atap <i>Monobeam</i>	56
Gambar 3.19	<i>Input</i> Beban <i>Live Load</i> Pada Atap <i>Monobeam</i>	56
Gambar 3.20	<i>Input</i> Beban Hujan Pada Atap <i>Monobeam</i>	56
Gambar 3.21	Tampilan <i>Input</i> Kombinasi Pembebanan	57
Gambar 3.22	Tampilan <i>Run Now</i> Pada <i>SAP2000</i>	57
Gambar 3.23	Tampilan Hasil Lendutan	57
Gambar 3.24	Tampilan Tegangan Maksimum σ_{11}	58
Gambar 3.25	Tampilan Tegangan Maksimum σ_{12}	59
Gambar 3.26	Statis Momen Pada IWF.....	59
Gambar 3.27	Letak Sambungan	60
Gambar 3.28	Tegangan Lentur S_{11} Pada <i>SAP2000</i>	60
Gambar 3.29	Tegangan Geser S_{12} Pada <i>SAP2000</i>	61
Gambar 3.30	Sambungan Detail A.....	63
Gambar 3.31	Momen Sambungan.....	64
Gambar 3.32	Tegangan Lentur S_{11} Pada <i>SAP2000</i>	65
Gambar 3.33	Tegangan Geser S_{12} Pada <i>SAP2000</i>	65
Gambar 3.34	Sambungan Detail B.....	67
Gambar 3.35	Momen Sambungan.....	68

Gambar 3.36	Perletakan Gording Pada Atap <i>Monobeam</i>	69
Gambar 3.37	Beban Geser Pada Gording	69
Gambar 3.38	Detail Sambungan Gording	70
Gambar 3.39	Tebal Las	71
Gambar 3.40	Input Data Material.....	72
Gambar 3.41	<i>Material Type</i>	72
Gambar 3.42	<i>Input Data Property Material</i>	72
Gambar 3.43	<i>Input Dimensi Kruing, Lem, Flens, dan Web</i>	73
Gambar 3.44	Model Struktur Atap Dua Dimensi Tampilan XZ.....	74
Gambar 3.45	Tampilan Hasil Lendutan	74
Gambar 3.46	Tegangan Lentur S_{11} Pada <i>SAP2000</i>	75
Gambar 3.47	Tegangan Lentur S_{12} Pada <i>SAP2000</i>	75
Gambar 3.48	Letak Sambungan	76
Gambar 3.49	Sambungan Kayu dan Pelat Baja 2 Irisan Menyambung 3 Komponen	76
Gambar 3.50	Tegangan Lentur S_{11} Pada Balok Glulam dari <i>SAP2000</i>	78
Gambar 3.51	Detail Sambungan Kayu Detail A	81
Gambar 3.52	Tegangan Lentur S_{11} Kayu Pada <i>SAP2000</i>	81
Gambar 3.53	Tegangan Lentur S_{11} Kayu Pada <i>SAP2000</i>	81
Gambar 3.54	Sambungan Kayu Detail B	84
Gambar 3.55	Beban Geser Pada Gording	85
Gambar 3.56	Sambungan Gording Terhadap Kayu	86
Gambar 3.57	Detail Lem	87
Gambar 3.58	Denah Atap Tampak Atas	90
Gambar 3.59	Detail Lem	91
Gambar L1.1	Distribusi Beban Mati Pada Perletakan Sederhana	101
Gambar L1.2	Distribusi Beban Hidup Pada Perletakan Sederhana.....	101
Gambar L1.3	Distribusi Beban Hujan Pada Perletakan Sederhana	102
Gambar L1.4	Bagan Beban Angin.....	103
Gambar L1.5	Pembebanan Yang Dipikul Gording	103
Gambar L2.1	Reaksi Tumpuan Frame Pada Perletakkan Jepit Rol.....	113
Gambar L2.2	Reaksi Tumpuan Area Pada Perletakkan Jepit Rol	113
Gambar L2.3	Hasil Momen Maksimum Pada Frame	114
Gambar L2.4	Tegangan S_{11} Pada <i>SAP2000</i>	115
Gambar L3.1	Sambungan Baja	116

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat Mekanis Baja Struktural	11
Tabel 2.2	Faktor Reduksi (ϕ) Untuk Kekuatan Batas.....	12
Tabel 2.3	Batas Lendutan Maksimum	13
Tabel 2.4	Rasio Tebal Terhadap Lebar Untuk Elemen Profil I.....	14
Tabel 2.5	Faktor Konversi, K_F	18
Tabel 2.6	Faktor Waktu, λ	19
Tabel 2.7	Faktor Tahanan ϕ	19
Tabel 2.8	Faktor Koreksi Layan Basah, C_M	19
Tabel 2.9	Faktor Koreksi Suhu, C_t	19
Tabel 2.10	Faktor Penggunaan Datar, C_{fu}	20
Tabel 2.11	Korelasi, E_{sb} , F_{sb} dan F_{bu} dengan G	22
Tabel 2.12	<i>Terrain/Height Multipliers For Gust Wind Speeds Limit State Design-All Regions And Ultimate Limit State-Regions A, W And B</i>	24
Tabel 2.13	<i>Terrain/Height Multipliers For Gust Wind Speeds Limit State Design-All Regions And Ultimate Limit State-Regions C And D</i>	25
Tabel 2.14	<i>Walls-External Pressure Coefficient $C_{p,e}$ For Rectangular Enclosed Buildings-Windward Wall (W)</i>	26
Tabel 2.15	Faktor Reduksi Area (K_a)	27
Tabel 2.16	<i>Action Factors For Wind Pressure Contributing From Two Or More Building Surfaces To Effects On Major Structural Elements</i>	27
Tabel 2.17	Faktor Panjang Efektif.....	28
Tabel 2.18	Jarak Tepi Minimum Baut.....	31
Tabel 2.19	Faktor Koreksi Layan Basah pada Sambungan Kayu	33
Tabel 2.20	Faktor Koreksi Suhu untuk Sambungan.....	34
Tabel 2.21	Faktor Koreksi Sambungan Baut.....	34
Tabel 2.22	Tahanan Lateral Acuan Satu Baut (Z) Pada Sambungan Dengan Dua Irisan yang Menyambung Tiga Komponen.....	36
Tabel 2.23	Kuat Tumpu Kayu (F_c) Dalam Psi.....	37
Tabel 2.24	Ukuran Minimum Las Sudut.	39
Tabel 3.1	Perhitungan Z_u	79
Tabel 3.2	Perhitungan Z_u	82
Tabel 3.3	Harga Material.....	90
Tabel 3.4	Perhitungan Biaya Kuda-kuda Baja	95
Tabel 3.5	Perhitungan Biaya Kuda-kuda Kayu	95
Tabel 3.6	Perbandingan Atap Monobeam Baja dan Kayu	96
Tabel L.1	Kombinasi Pembebanan	111

DAFTAR NOTASI

A_b	Luas penampang bruto, mm^2
A_w	Luas dari badan, tinggi keseluruhan dikalikan dengan ketebalan badan, d_{tw} (mm^2)
b	Lebar elemen penampang, mm
b	lebar komponen struktur (mm)
C_L	Faktor stabilitas balok
C_M	Faktor koreksi layan basah
C_t	Faktor koreksi suhu
C_v	Koefisien geser badan
C_v	Faktor Volume untuk kayu laminasi struktural dilem atau kayu
C_{fu}	Faktor penggunaan datar
C_g	Faktor koreksi Geometrik
d	tinggi komponen struktur (mm).
d	Diameter baut
d_b	Diameter baut nominal pada daerah tak berulir, mm
DL	beban mati nominal, Kg
E	Modulus elastis baja = 29.000 ksi (200.000 Mpa)
E	beban gempa, yang ditentukan menurut SNI 03-1726-1989, atau penggantinya.
E_{min}'	Modulus elastisitas lentur rerata terkoreksi, MPa
f_u^b	Tegangan tarik putus baut, MPa
F_{cm}	kuat tumpu kayu utama MPa
F_{cs}	Kuat tumpu pelat sekunder MPa
F_u	Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan, Mpa. Modulus elastis geser baja = 80.000 Mpa
F_y	Tegangan leleh minimum yang disyaratkan, Mpa. Seperti yang digunakan dalam spesifikasi ini, "tegangan leleh" menunjukkan baik

titik leleh minimum yang disyaratkan (untuk baja yang mempunyai titik leleh) atau kekuatan leleh yang disyaratkan (untuk baja yang tidak mempunyai titik leleh.

F_{yb}	tahanan lentur baut, MPa
F_b	Kuat lentur kayu, MPa
F_b'	Kuat lentur kayu terkoreksi
f_b	Tegangan normal/ lentur, MPa
F_v	Kuat geser, MPa
F_b^*	Referensi desain lentur, nilai dikalikan dengan semua faktor koreksi kecuali C_L , MPa
F_{be}	Nilai desain tekuk kritis untuk penampang lentur
f_u	Tegangan tarik putus pelat, MPa
f_v	tegangan geser,MPa
F_v	Kuat geser kayu, MPa
F_v'	Kuat geser sejajar serat terkoreksi, MPa
G	Berat jenis kayu
h	untuk penampang tersusun yang dilas, jarak bersih antara sayap (mm)
H_a	beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air. kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin,hujan,dan lain-lain.
I_e	adalah panjang efektif tak terkekang yang digunakan pada perencanaan batang tekan, mm.
K_F	Faktor konversi
K_F	Tahanan terkoreksi
K_v	Koefisien tekuk geser pelat badan
L	Panjang komponen struktur, (mm)b
L	panjang komponen struktur lentur di antara titik-titik dengan momen nol (mm).
L_a	beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja,peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak

l_m	tebal kayu utama, mm
l_{max}	Panjang maksimum bentang bersih
l_s	tebal pelat sekunder, mm
m	permukaan penampang terhadap berat kering oven
M_n	Kuat lentur nominal
M_p	Momen lentur plastis
M_u	Momen lentur terfaktor
n	jumlah alat pengencang dengan spasi yang seragam pada baris ke i
n_f	jumlah total alat pengencang
n_r	jumlah baris alat pengencang dalam sambungan
r_i	0.5 untuk baut tanpa ulir dan 0.4 untuk baut dengan ulir pada bidang geser
R_b	Faktor kelangsingan balok
R_d	Kuat rencana, N
R_n	kuat nominal.
t_w	Tebal badan baja, mm
t_p	Tebal pelat, mm
T_d	Kuat tarik rencana, N
t_f	Tebal sayap baja, mm
V_n	Kuat geser nominal
V_d	kuat geser rencana baut, N
W	beban angin
x	10 untuk semua spesies kayu
Z	tahanan lateral acuan satu baut
Z_u	Tahanan perlu sambungan
Z_x	Modulus penampang plastis di sumbu x , (mm^3)
Z'	Tahanan terkoreksi sambungan
λ	Faktor waktu kayu komposit struktural.
λ	Parameter kelangsingan
λ_p	Parameter batas kelangsingan
λ_r	Parameter batas kelangsingan untuk elemen nonkompak
ϕ	Faktor reduksi.

ΦM_n	Kuat lentur rencana / momen desain
ϕR_n	kuat rencana.
Φ_f	Faktor reduksi kekuatan saat fraktur
ϕ_z	Faktor tahanan sambungan
$(EA)_m$	kekakuan aksial kayu utama
$(EA)_s$	kekakuan aksial kayu samping
γ	modulus beban atau modulus gelincir untuk satu alat pengencang

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I <i>Preliminary Gording</i>	98
Lampiran II Verifikasi Software	109
Lampiran III Perencanaan Sambungan Balok ke Balok	113