

**STUDI ANALISIS DAN EKSPERIMENTAL KUAT  
LENTUR BALOK GLULAM BERPENAMPANG I**

**TESIS**



**Buen Sian**

**NPM: 2007831045**

**PEMBIMBING:**

**Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**PROGRAM PASCASARJANA  
MAGISTER TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

**2009**

**STUDI ANALISIS DAN EKSPERIMENTAL KUAT  
LENTUR BALOK GLULAM BERPENAMPANG I**

**TESIS**

**Buen Sian  
NPM: 2007831045**

**PERSETUJUAN TESIS**

PEMBIMBING MERANGKAP PENGUJI :

Dr. Johannes Adhijoso Tjondro



PENGUJI :

Prof. Bambang Suryoatmono, Ph. D.



PENGUJI :

Dr. Paulus Karta Wijaya



# STUDI ANALISIS DAN EKSPERIMENTAL KUAT LENTUR GLULAM BERPENAMPANG I

Buen Sian

NPM: 2007831045

Pembimbing: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

## ABSTRAK

Dalam studi eksperimental ini digunakan 11 buah balok glulam berpenampang I yang terdiri dari 4 buah balok glulam dengan flens akasia web akasia, 3 buah balok glulam dengan flens meranti web akasia, dan 4 buah balok glulam dengan flens kruing web akasia. Web balok glulam terdiri dari 3 lapis dengan ketebalan 50 mm tiap lapisnya dan direkatkan dengan perekat *strong epoxy*.

Dari hasil pengujian kuat lentur destruktif, harga rata-rata beban batas proporsional  $P_{bp}$  glulam akasia-akasia sebesar 33923 N, harga rata-rata untuk glulam meranti-akasia 55958 N, dan glulam kruing-akasia sebesar 37110 N. Harga rata-rata beban maksimum  $P_{bu}$  glulam akasia-akasia sebesar 44490 N, harga rata-rata untuk glulam meranti-akasia sebesar 64603 N, dan glulam kruing-akasia sebesar 49727 N. Hasil perhitungan analitis menunjukkan kegagalan glulam terutama karena geser, rasio antara beban batas elastis eksperimen dengan beban desain adalah 0,368-0,804. Perhitungan dimensi web menunjukkan semakin pendek bentang balok semakin diperlukan web lebih lebar.

**Kata kunci :** glulam, batas proporsional, kuat geser, kuat lentur.

# ANALYSIS AND EXPERIMENTAL STUDY ON THE FLEXURAL STRENGTH OF I GLULAM BEAM

Buen Sian

NPM: 2007831045

Advisor: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

## ABSTRACT

In this experimental study 11 I glulam beams were tested that is 4 glulam beams with the flens of Acacia and the web of Acacia, 3 glulam beams with the flens of Meranti and the web of Acacia, and 4 glulam beams with the flens of Kruing and the web of Acacia. These web glulam beams were made from three layers with 50 mm thickness for each layer and were bonded by strong epoxy adhesive.

The proportional limit load from bending test are  $P_{bp}$  of Acacia-Acacia glulam is 33923 N, Meranti-Acacia glulam is 55958 N, and Kruing-Acacia is 37110 N. The average maximum load  $P_{bu}$  of Acacia-Acacia glulam is 44490 N, Meranti-Acacia glulam is 64603 N, and Kruing-Acacia is 49727 N. The analytical calculation showed that the rupture of glulam especially because of shear, ratio between the proportional limit loads from experiment and the design loads are 0,368-0,804. Web dimension calculation showed that the shorter the span , the wider the width.

**Keywords :** glulam, proportional limit, shear strength, bending strength.

## PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Pengasih dan Penyayang atas kebaikan dan penyertaannya sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Teknik Struktur pada program pascasarjana, Universitas Katolik Parahyangan Bandung. Tesis ini membahas permasalahan struktur dengan judul: “ STUDI ANALISIS DAN EKSPERIMENTAL KUAT LENTUR BALOK GLULAM BERPENAMPANG I “

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Johannes Adhijoso Tjondro, selaku dosen pembimbing yang telah sabar membimbing, menyediakan banyak waktu, tenaga dan pikirannya selama penyusunan tesis ini.
2. Bapak Prof. Bambang Suryoatmono, Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan yang berharga untuk penyusunan tesis ini.
3. Bapak Dr. Paulus Karta Wijaya selaku dosen penguji dan kepala Laboratorium Struktur yang telah memberikan saran berharga dan ijin penggunaan laboratorium untuk penyusunan tesis ini.
4. Kakak dan kakak ipar serta keponakan tersayang yang telah memberikan doa, perhatian dan dukungan selama ini.
5. Semua teman-teman dosen di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan atas perhatian dan dukungan yang diberikan.
6. Semua teman-teman persekutuan doa atas perhatian dan semangat yang diberikan.
7. Bapak Cuncun Priatna yang telah banyak membantu dalam pembuatan benda uji dan uji ekperimental di laboratorium.
8. Semua pihak yang turut membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna mengingat keterbatasan waktu dan kemampuan penulis. Penulis menerima saran dan kritik yang membangun dan berharap tesis ini berguna untuk referensi bagi mahasiswa

dan pihak lain yang mengambil struktur atau material kayu sebagai topik penelitian.

Bandung, Agustus 2009

Penulis,

Buen Sian

2007831045

# DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang	1
1.2 Tujuan penelitian	4
1.3 Ruang lingkup penelitian	4
1.4 Metodologi penelitian	5
1.5 Sistematika penulisan	5
BAB II TINJAUAN LITERATUR	
2.1 Struktur sel kayu	7
2.2 Kayu sebagai material ortotropik	8
2.3 <i>Hardwood</i> dan <i>juveline wood</i>	9
2.4 Faktor utama yang mempengaruhi sifat mekanik kayu	10
2.4.1 Berat jenis ( <i>Specific Gravity</i> )	10

2.4.2	Kadar air	11
2.4.3	Cacat kayu	12
2.5	Glulam	15
2.5.1	Keuntungan glulam	15
2.5.2	<i>Checks</i> pada glulam	17
2.6	Tegangan pada penampang	18
2.6.1	Tegangan geser	18
2.6.2	tegangan lentur	19
2.7	Lendutan	20
2.8	Kuat acuan	21
2.9	Sifat mekanik kayu	22
2.10	Perekat kayu	23

### BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Rencana pengujian	26
3.2	Persiapan penelitian	26
3.3	Analisis tegangan dan lendutan	27
3.3.1	Tegangan dan kuat lentur glulam	27
3.3.2	Lendutan	28
3.4	Persiapan benda uji	29
3.4.1	Dimensi benda uji	30

### BAB IV UJI EKSPERIMENTAL KUAT LENTUR BALOK GLULAM

4.1	Langkah pengujian	31
4.2	Pengujian kuat geser perekat	31

4.3	Pengujian kadar air dan berat jenis	33
4.4	Pengujian kuat lentur	36
4.4.1	Pengujian kuat lentur non-destruktif	36
4.4.2	Pengujian kuat lentur destruktif	38
BAB V ANALISIS HASIL PENGUJIAN		
5.1	Analisis hasil pengujian kuat lentur destruktif	41
5.2	Perhitungan kuat lentur analitis	47
5.3	Kuat geser lem	51
5.4	Beban lentur analitis dan beban lentur hasil eksperimen	53
5.5	Analisis dimensi flens dan web	55
5.6	Keruntuhan benda uji	57
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		
6.2	Kesimpulan	62
6.2	Saran	64
DAFTAR PUSTAKA		65
LAMPIRAN		67

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

ASTM	= <i>American Society for Testing and Materials</i>
b	= lebar penampang (mm)
E	= modulus elastisitas (MPa)
$E_L$	= modulus elastisitas searah sumbu longitudinal (MPa)
$E_R$	= modulus elastisitas searah sumbu radial (MPa)
$E_T$	= modulus elastisitas searah sumbu tangensial (MPa)
$F_{bp}$	= kuat lentur (MPa)
$F_{bu}$	= kuat lentur maksimum (MPa)
$F_v$	= kuat geser (MPa)
G	= modulus geser (MPa)
$G_{LR}$	= modulus geser arah longitudinal-radial (MPa)
$G_{Lt}$	= modulus geser arah longitudinal-tangensial (MPa)
$G_{RT}$	= modulus geser arah radial-tangensial (MPa)
Glulam	= <i>Glued laminated Timber</i>
h	= tinggi penampang (mm)
I	= momen inersia ( $\text{mm}^4$ )
$I_{tr}$	= momen inersia transformasi ( $\text{mm}^4$ )
L	= panjang bentang (mm)
LVDT	= <i>Linier Variable Differential Transformers</i>
M	= momen lentur (N.mm)
MC	= kadar air / <i>Moisture Content</i> (%)

MOE	= <i>Modulus of Elasticity</i> (MPa)
MOR	= <i>Modulus of Rupture</i> (MPa)
P	= beban terpusat (N)
$P_{bp}$	= beban pada saat batas elastis (N)
$P_{bu}$	= beban maksimum (N)
$P_v$	= beban pada batas keruntuhan geser (N)
Q	= gaya lintang (N)
SG	= berat jenis / <i>Specific Gravity</i>
t	= waktu (s)
UTM	= <i>Universal Testing Machine</i>
V	= Volume benda uji ( $\text{mm}^3$ )
$W_{wet}$	= massa basah (gr)
$W_{dry}$	= massa kering (gr)
$\delta$	= lendutan (mm)
$\delta_g$	= lendutan akibat geser (mm)
$\delta_l$	= lendutan akibat lentur (mm)
$\mu$	= rasio Poisson
$\sigma$	= tegangan normal akibat lentur (MPa)
$\tau$	= tegangan geser (MPa)

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman	
1.1	Bangunan yang menggunakan <i>glulam</i>	3
2.1	Gambar mikroskopis dari sel berbentuk pipa	7
2.2	Kekuatan sel kayu berbentuk pipa	8
2.3	Sumbu ortotropik kayu	8
2.4	Karakteristik <i>juveline wood</i>	10
2.5	Efek mata kayu terhadap tegangan	12
2.6	Efek <i>cross grain</i> pada kekuatan	13
2.7	(a) <i>Diagonal grain</i> (b) <i>Spiral grain</i>	13
2.8	Tipe <i>shake</i> dan <i>check</i>	14
2.9	(a) sampai (g) Material yang disusun kembali dengan laminasi	15
2.10	Penampang kayu berbeda	17
2.11	Mutu kayu berbeda	17
2.12	<i>Checks</i> pada <i>glulam</i>	18
2.13	Diagram tegangan lentur dan geser pada penampang I	18
2.14	Diagram tegangan lentur transformasi	20
2.15	a. Lendutan di tengah bentang <i>symmetric three-point bending test</i>	20
	b. Lendutan di tengah bentang <i>symmetric four-point bending test</i>	
2.16	Atas: Penampang garis lem tidak rusak oleh pisau pemotong	23
	Bawah: Penampang rusak karena pengampelasan	
3.1	(a) Alat pengukur kadar air (b) Alat pengukur kelembaban	26
3.2	(a) UTM	26
	(b) <i>Data logger</i> , computer dan alat penunjang lain	26

3.3	<i>Four-point bending test</i>	28
3.4	Lendutan ditengah bentang	28
3.5	Dimensi benda uji geser perekat	30
3.6	Dimensi balok glulam	30
4.1	Pengujian kuat geser perekat	31
4.2	Hubungan beban dengan lendutan pada lamina akasia	37
4.3	Hubungan beban dengan lendutan pada lamina meranti	37
4.4	Hubungan beban dengan lendutan pada lamina kruing	37
4.5	Pengujian <i>Four-point bending test</i>	38
4.6	Lamina-lamina direkatkan dan dijepit	39
4.7	Pengujian kuat lentur	39
5.1	Gambar hubungan antara beban dengan lendutan glulam AA1	41
5.2	Gambar hubungan antara beban dengan lendutan glulam AA2	42
5.3	Gambar hubungan antara beban dengan lendutan glulam AA3	42
5.4	Gambar hubungan antara beban dengan lendutan glulam AA4	42
5.5	Gambar hubungan antara beban dengan lendutan glulam MA1	43
5.6	Gambar hubungan antara beban dengan lendutan glulam MA2	43
5.7	Gambar hubungan antara beban dengan lendutan glulam MA3	44
5.8	Gambar hubungan antara beban dengan lendutan glulam KA1	44
5.9	Gambar hubungan antara beban dengan lendutan glulam KA2	45
5.10	Gambar hubungan antara beban dengan lendutan glulam KA3	45
5.11	Gambar hubungan antara beban dengan lendutan glulam KA4	45
5.12	Diagram tegangan lentur pada beban batas elastis glulam AA1	47
5.13	Diagram tegangan lentur pada glulam AA2	47
5.14	Diagram tegangan lentur pada glulam AA3	48

5.15	Diagram tegangan lentur pada glulam AA4	48
5.16	Diagram tegangan lentur pada glulam MA1	48
5.17	Diagram tegangan lentur pada glulam MA2	49
5.18	Diagram tegangan lentur pada glulam MA3	49
5.19	Diagram tegangan lentur pada glulam KA1	49
5.20	Diagram tegangan lentur pada glulam KA2	50
5.21	Diagram tegangan lentur pada glulam KA3	50
5.22	Diagram tegangan lentur pada glulam KA4	50
5.23	Diagram tegangan geser yang ditinjau	51
5.24	Dimensi penampang dengan berat jenis sama dan berbeda	55
5.25	Grafik hubungan SG dengan lebar web/lebar flens	55
5.26	Grafik hubungan SG berbeda dengan lebar web/lebar flens	56
5.27	Keruntuhan <i>cross-grain tension</i> dan slip	57
5.28	Keruntuhan <i>horizontal shear</i>	58
5.29	Keruntuhan <i>cross-grain tension</i> dan <i>horizontal shear</i>	58
5.30	Keruntuhan <i>simple tension</i> dan slip	59
5.31	Keruntuhan <i>horizontal shear</i>	59
5.32	Keruntuhan <i>horizontal shear</i>	59
5.33	Kegagalan perekat	60
5.34	Kegagalan perekat dan keruntuhan <i>cross-grain tension</i>	60
5.35	Keruntuhan <i>horizontal shear</i>	60
5.36	Kegagalan perekat dan keruntuhan <i>cross-grain tension</i>	61
5.37	Kegagalan perekat	61

## DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
2.1	Hubungan antara sifat mekanik dan berat jenis (Wood Handbook)	11
2.2	Nilai kuat acuan berdasarkan SNI 03-XXXX-2002	22
3.1	Pengaruh lendutan akibat geser pada kayu sejenis berpenampang I	29
4.1	Hasil uji kuat geser perekat pada kayu akasia-akasia	32
4.2	Hasil uji kuat geser perekat pada kayu meranti-akasia	32
4.3	Hasil uji kuat geser perekat pada kayu kruing-akasia	33
4.4	Hasil pengujian kadar air dan berat jenis kayu akasia-akasia	34
4.5	Hasil pengujian kadar air dan berat jenis kayu meranti-akasia	35
4.6	Hasil pengujian kadar air dan berat jenis kayu kruing-akasia	35
4.7	Pengujian kuat lentur non-destruktif	36
5.1	Pengujian kuat lentur destruktif	46
5.2	Hasil rata-rata kuat lentur destruktif	46
5.3	Perhitungan kuat lentur analisis	51
5.4	Kuat geser analitis dan kuat geser lem	52
5.5	Perkiraan terjadi kegagalan	52
5.6	Perbandingan beban lentur analitis dengan hasil eksperimental	53
5.7	Perbandingan beban maksimum eksperimental dan analitis	53
5.8	Perbandingan beban eksperimen	54
5.9	Beban desain	54
5.10	Hubungan berat jenis dengan lebar web	55
5.11	Hubungan berat jenis berbeda 1 dengan lebar web	55

5.12	Hubungan berat jenis berbeda 2 dengan lebar web	56
5.13	Keruntuhan dan kegagalan perekat pada glulam	57

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar belakang

Kayu merupakan bahan konstruksi yang sejak lama sudah digunakan sebelum penggunaan baja dan beton. Besarnya potensi hutan di Indonesia menyebabkan sampai sekarang bahan kayu masih banyak digunakan sebagai bahan konstruksi. Bahan kayu cukup mudah didapatkan, ringan, mudah dikerjakan dan ekonomis. Kebutuhan kayu untuk perumahan masih meningkat dan persediaan kayu dari hutan alam terutama kayu yang berkualitas baik dan berpenampang besar makin berkurang. Adanya penanaman hutan tanaman industri (HTI) diharapkan memenuhi kebutuhan kayu sebagai bahan bangunan..

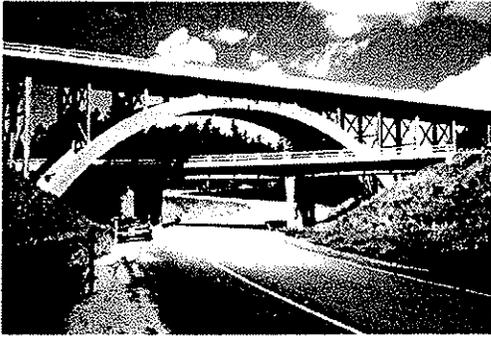
Tanaman dari hutan tanaman pada umumnya dari jenis pohon yang cepat tumbuh dan bisa ditebang dalam waktu kurang dari 10 tahun. Contoh jenis pohon HTI adalah seperti akasia dan sengon. Oleh karena batang kayunya sebagian besar masih berumur muda (*juvenile wood*) maka umumnya mempunyai kerapatan rendah, diameter tidak terlalu besar, bertekstur kasar, banyak arah serat spiral (Senft et al. 1986). Penerapan teknologi pengolahan kayu untuk mendapatkan kayu berpenampang besar dengan kinerja yang baik dari pohon cepat tumbuh diperlukan. Di luar negeri *Engineered Wood Products (EWP)* yaitu produk kayu olahan yang dipakai dalam dunia konstruksi sudah banyak dikembangkan, diantaranya *glued laminated timber (glulam)*, *Parallel Strand Lumber (PSL)*, *Oriented Strand lumber (OSL)*, dan *Laminated Veneer Lumber (LVL)* (Frank Lam 2003).

*Glued-laminated timber* atau *glulam* didefinisikan di dalam ASTM D3737 sebagai '*a material glued up from suitably selected and prepared piece of wood either in a straight or curved form with the grain of all pieces essentially parallel to the longitudinal axis of the member*'. Kayu laminasi (*glulam*) biasanya terdiri dari dua atau lebih lapisan laminasi yang mempunyai ketebalan 50 mm (nominal 2 inch) sedangkan untuk yang dilengkungkan ketebalan laminasinya 19 mm (nominal 1

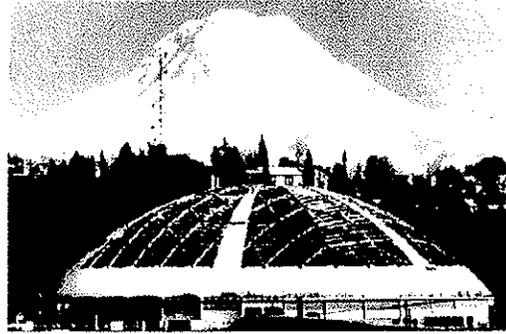
inch). Glulam bisa diproduksi dengan penampang besar yang jauh melebihi penampang yang dihasilkan dari kayu utuh dan juga bentang panjang yang hanya terbatas oleh kemampuan pabrik pembuat dan transportasinya. Glulam mempunyai keuntungan lain dibandingkan kayu utuh yaitu memperbaiki kekuatan dan kekakuan, bebas menentukan bentuk geometrinya, memungkinkan untuk menggabungkan beragam kualitas kayu laminasinya disesuaikan dengan tegangan yang diharapkan dan bentuknya lebih stabil bila berhubungan dengan temperatur sekitarnya (Serrano 2003).

Prinsip utama dalam mendesain glulam adalah untuk mengoptimalkan kinerja kayu dalam penggunaannya dengan meminimalkan materialnya dan biaya produksinya. Kayu dalam bentuk utuh mungkin bukan elemen yang efisien dalam menerima beban karena adanya cacat kayu. Dengan menggergaji dalam bentuk laminasi akan diperoleh kinerja yang lebih baik, misalnya: (a) Meletakkan cacat kayu secara acak. (b) Menghilangkan mata kayunya dan disambung. (c) Mengkombinasikan dengan kayu yang bermutu lebih tinggi pada lapisan atas dan bawahnya. (d) Dibentuk penampang yang berbeda seperti penampang I atau box akan memberikan kekuatan dan kekakuan yang lebih baik (Bodig ; jayne 1993).

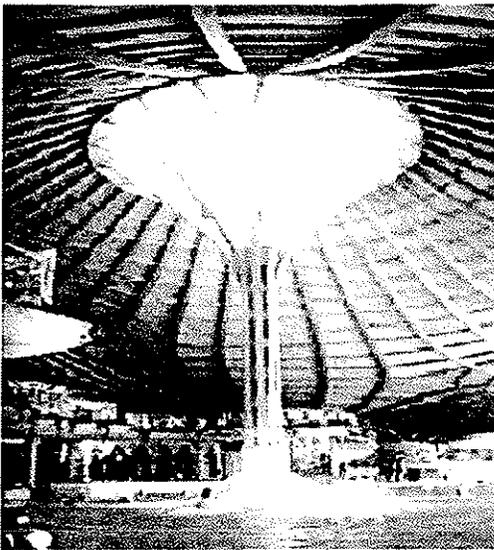
Pada tesis ini akan dilakukan pengujian terhadap kuat lentur pada balok glulam yang berpenampang I dengan menggunakan jenis kayu cepat tumbuh yang sama dalam satu penampang misalnya kayu akasia (*acasia mangium*) atau dikombinasikan dengan kayu kualitas lebih tinggi dengan tujuan untuk mengoptimalkan kinerja dari kayu cepat tumbuh yang berdiameter kecil dan banyak cacat kayunya. Jumlah benda uji sebanyak 11 balok glulam dengan bentang masing-masing balok 160 cm dan dilakukan *four-point bending test*. Pertama-tama pengujian dilakukan terhadap material kayu dan lemnya yaitu: kadar air kayu, berat jenis kayu dan kuat geser perekat yang digunakan dan selanjutnya pengujian dilakukan terhadap kuat lentur non-destrutif pada kayu laminanya kemudian kuat lentur destruktif balok glulam Dengan menggunakan balok berpenampang I diharapkan dapat diperoleh penampang yang lebih efisien dalam kekuatan dan kekakuannya dibandingkan dengan penampang persegi panjang dari kayu utuh gergajian.



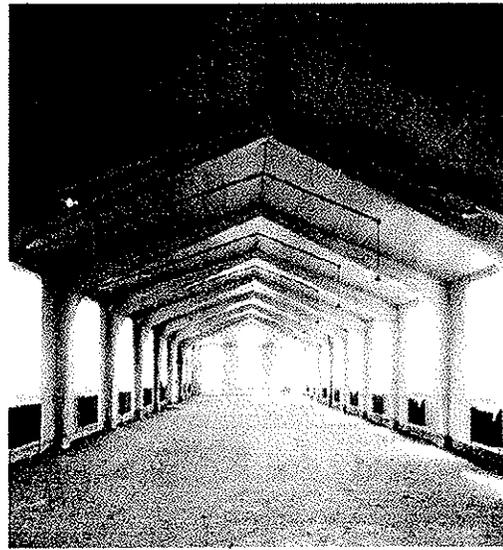
a)



b)



c)



d)

Gambar 1.1 Bangunan yang menggunakan *glulam*. a) Jembatan pelengkung tiga sendi, South Dakota, USA, b) Tacoma Dome, Washington, USA, c) Salah satu bangunan pertama *glulam* (*Wood Handbook*, USA), d) Atap kolam renang di Jerman (Arge Holz, Dusseldorf)

## 1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- Mempelajari perilaku balok glulam berpenampang I dengan menggunakan kayu cepat tumbuh atau dikombinasikan dengan kayu kualitas lebih tinggi.
- Mempelajari tegangan yang terjadi pada balok glulam berpenampang I.
- Mempelajari bidang keruntuhan yang terjadi saat pengujian.
- Menguji kuat geser perekat.
- Untuk mendapatkan harga berat jenis kayu pada kadar air tertentu.
- Untuk mendapatkan harga rigiditas lentur glulam.
- Menghitung secara analitis beban pada batas elastis dan beban maksimum kemudian membandingkan dengan hasil penelitian.

## 1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Dalam penelitian ini akan dibatasi permasalahannya sebagai berikut;

- Glulam tersusun dari kayu sejenis yaitu akasia atau dikombinasikan dengan kayu kualitas lebih tinggi yaitu meranti dan kruing.
- Perekat yang digunakan untuk pembuatan glulam adalah perekat *strong epoxy*.
- Penampang balok yang diuji adalah penampang I terdiri dari dua flens dengan ukuran 10 cm x 5 cm dan web yang tersusun dari 3 lamina dengan ukuran masing-masing 5 cm x 5 cm.
- Panjang balok glulam yang diuji 180 cm dengan jarak tumpuan 162 cm.
- Panjang balok lamina yang diuji 180 cm dengan jarak tumpuan 174,5 cm
- Standar pengujian berdasarkan ASTM D-143-94.
- Kadar air kayu berkisar antara 15% - 21%
- Berat jenis kayu akasia berkisar antara 0,24- 0,59
- Berat jenis kayu meranti berkisar antara 0,38- 0,72
- Berat jenis kayu kruing berkisar antara 0,65- 0,94

- Pengujian kuat lentur non-destruktif terhadap balok lamina dengan *symmetric three-point bending test* dan pengujian kuat lentur destruktif dengan *four-point bending test*.
- Jumlah benda uji sebanyak 11 buah.

#### 1.4. Metodologi Penelitian

1. Kajian literatur seperti *text book*, jurnal, *paper*, peraturan-peraturan kayu dan sumber-sumber referensi lainnya dengan tujuan untuk mempelajari teori dasar, teknologi dan pengujian pada bahan kayu khususnya glulam.
2. Mempersiapkan alat yang digunakan.
3. Melakukan analisis pendahuluan terhadap tegangan dan lendutan pada balok glulam berpenampang I.
4. Mempersiapkan benda uji.
5. Uji eksperimental dilakukan pada:
  - a. Material kayu dan perekat yaitu berat jenis kayu, kadar air kayu dan kuat geser perekat.
  - b. Balok lamina terhadap kuat lenturnya dengan pengujian non-destruktif.
  - c. Balok glulam berpenampang I dengan kuat lentur destruktif.
6. Mengolah dan menganalisis data hasil pengujian.
7. Membuat kesimpulan dan saran

#### 1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tesis ini terdiri dari 6 bab yang tersusun sebagai berikut:

##### Bab 1 *Pendahuluan*

Menjelaskan tentang latar belakang masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.

##### Bab II *Kajian Literatur*

Menjelaskan konsep dan teori dasar mengenai kayu pada umumnya, karakteristik dan kelebihan glulam sebagai material konstruksi. Dijelaskan juga rumus-rumus

berat jenis, lendutan dan tegangan yang berhubungan dengan pengujian yang dilakukan.

### *Bab III Metode Penelitian*

Menjelaskan metode penelitian yang terdiri dari persiapan alat yang akan digunakan, analisis terhadap tegangan dan lendutan pada penampang I serta persiapan benda uji.

### *Bab IV Uji Eksperimental Kuat Lentur Kayu*

Menjelaskan tentang langkah-langkah pengujian.

### *Bab V Analisis Hasil Pengujian*

Menjelaskan tentang pengolahan dan analisis data hasil pengujian.

### *Bab VI Kesimpulan dan Saran*

Menyampaikan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan saran-saran yang diperlukan untuk penelitian selanjutnya.