

Analisis Performa Struktur Kayu Glulam Akasia Mangium Akibat Beban Dinamis *Overhead Crane*

BAGUS ILHAM RIYADI¹, NESSA VALIANTINE DIREDDA², DST

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional)

2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional)

Email : bagus.ilham@itenas.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa struktur kayu glulam akasia mangium dalam menahan beban dinamis yang ditimbulkan oleh sistem overhead crane pada bangunan gudang industri, dengan pendekatan pemodelan numerik menggunakan perangkat lunak SAP2000. Analisis difokuskan pada respons struktur terhadap gaya dinamis, termasuk partisipasi modal, simpangan lateral (drift), gaya geser dasar (base shear), dan efek P-Delta. Berdasarkan hasil preliminary design kayu maka digunakan dimensi balok 640 mm × 340 mm dan kolom 400 mm × 400 mm dengan tebal laminasi sebesar 40 mm. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kayu glulam akasia mangium memiliki kapasitas yang kompetitif dalam meredam getaran dan mendistribusikan beban, meskipun terdapat batasan dalam kekakuan dibandingkan dengan material konvensional seperti baja. Temuan ini mendukung potensi kayu glulam sebagai alternatif material struktural yang berkelanjutan untuk aplikasi industri, khususnya pada bangunan dengan beban dinamis berulang. Penelitian ini juga memberikan rekomendasi teknis untuk desain dan implementasi struktur glulam dalam konteks operasional overhead crane.

Kata kunci : Kayu Glulam Akasia Mangium, Beban Crane, SAP2000, Struktur Kayu

1. PENDAHULUAN

Dalam pembangunan fasilitas industri, *overhead crane* sering digunakan untuk memindahkan material berat, sehingga struktur bangunan harus mampu menahan beban dinamis secara efektif. Umumnya, struktur baja menjadi pilihan utama dalam desain bangunan industri karena kekuatannya dalam menghadapi beban dinamis. Namun, pada kasus ini, struktur gudang menggunakan material kayu glulam dari akasia mangium sebagai elemen utama penyalur beban. Kayu glulam merupakan material rekayasa yang memiliki potensi sebagai alternatif struktural, terutama dalam konteks keberlanjutan dan efisiensi sumber daya lokal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa struktur kayu glulam akasia mangium dalam menghadapi beban dinamis *overhead crane*. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak SAP2000 untuk mengevaluasi respons struktur terhadap gaya dinamis dan parameter analisis struktur seperti partisipasi massa, simpangan antar lantai, gaya geser dasar, dan pengaruh efek P-Delta.

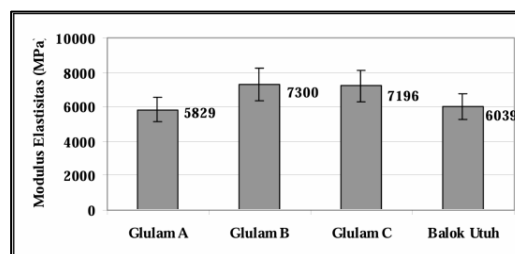
2. METODOLOGI

Penelitian ini diawali dengan pengumpulan data primer dan sekunder yang diperlukan untuk proses pemodelan struktur. Data yang dikumpulkan meliputi jenis dan mutu material struktur gudang serta *crane*, dimensi elemen struktural, dan konfigurasi sistem *crane* yang digunakan. Setelah data terkumpul, dilakukan studi literatur melalui penelaahan jurnal ilmiah dan buku teknis yang relevan, guna memperkuat landasan teoritis dan mendukung pendekatan analisis yang digunakan. Berdasarkan referensi dan data yang tersedia, dilakukan *preliminary design* untuk struktur kayu glulam Akasia Mangium, dengan mempertimbangkan karakteristik mekanis dan standar desain yang berlaku. Pemodelan struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak SAP2000. Setelah model dinyatakan stabil, hasil dari pemodelan dianalisis untuk menilai respons struktur terhadap beban tersebut, dengan fokus pada parameter seperti partisipasi massa, simpangan antar lantai, gaya geser dasar, dan efek pengaruh P-Delta. Hasil analisis kemudian dibahas secara sistematis untuk menarik kesimpulan dan merumuskan rekomendasi teknis terkait kelayakan penggunaan material kayu glulam akasia mangium dalam struktur bangunan industri yang memikul beban *crane*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Preliminary Design Kayu Akasia Mangium dan Pemodelan

Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh Indah Sulistyawati, Naresworo Nugoho, Surjono Suryokusumo, dan Yusuf Sudo Hadi dengan judul "Kekakuan dan Kekuatan Lentur Maksimum Balok Glulam dan Utuh Kayu Akasia". Nilai modulus elastisitas kayu akasia mangium seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 1** dan nilai konversi sifat mekanis kayu gergajian menjadi kayu glulam akasia mangium pada penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 1**.



Gambar 1. Modulus Elastisitas Balok Laminasi (Glulam) dan Balok Utuh Kayu Akasia Mangium (Sumber: Sulistyawati, Nugoho, Suryokusumo, dan Hadi, 2008)

Tabel 1. Nilai Konversi Kayu Gergajian dengan Kayu Glulam Akasia Mangium

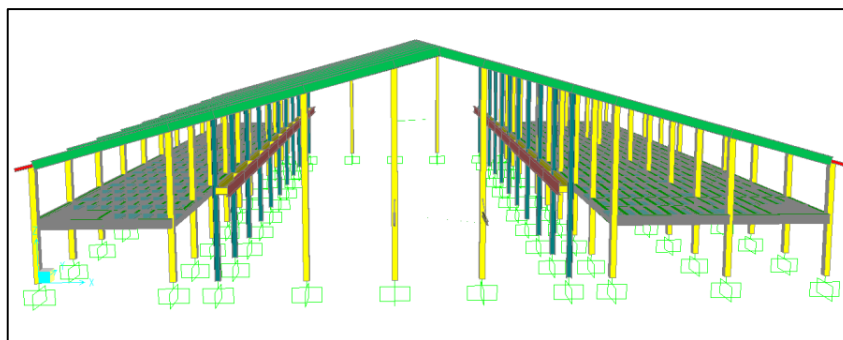
Nilai Desain Acuan	Simbol	Kayu Gergajian	Kayu Glulam
		(MPa)	(MPa)
Berat jenis	ρ	0,52	0,572
Kuat lentur	Fb	3,1	10,220
Kuat tarik	Ft	2,8	7,240
Kuat tekan sejajar serat	Fc	2,8	11,443
Kuat geser	Fv	0,37	0,729
Modulus geser	G	-	392,535
Modulus elastisitas	E	6039	6340,950
Modulus elastisitas minimum	E_{min}	3020	3170

Berdasarkan hasil perhitungan *preliminary design* untuk dimensi awal yang direncanakan mengacu pada peraturan SNI 7973 – 2013 tentang spesifikasi desain untuk konstruksi kayu, maka didapatkan dimensi balok dan kolom seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil *Preliminary Design* Balok dan Kolom

No.	Elemen	Dimensi	Tebal Lapis	Jumlah Lapis
		mm	mm	mm
1.	Balok	640 × 320	40	16
2.	Kolom	400 × 400	40	10

Berikut ini hasil pemodelan bangunan struktur kayu seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Hasil Model Tampak Depan Kayu Glulam Akasia Mangium

3.2 Partisipasi Massa

Analisis mencakup jumlah ragam yang memadai untuk mencapai partisipasi massa kumulatif minimal 90% pada masing-masing arah horizontal ortogonal. Pemodelan gedung telah memenuhi kriteria ini. Berdasarkan hasil analisis, didapatkan bahwa jumlah ragam pada struktur ini sudah melebihi dari 90%. Untuk mode 1 yaitu translasi arah Y, mode 2 yaitu translasi arah X, dan mode 3 yaitu rotasi serta periode pendekatan T_x sebesar 0,6631 detik dan T_y sebesar 0,7119 detik

3.3 Resonansi Periode Getar

Pemeriksaan resonansi dilakukan dengan membandingkan periode getar alami struktur dan periode getar mesin *crane*. Berdasarkan hasil perbandingan pada **Tabel 3**, periode getar struktur masuk zona resonansi *crane*. Solusinya, perkuat sambungan, tambah elemen pengaku, dan ubah konfigurasi agar frekuensi menjauh dari zona kerja.

Tabel 3. Hasil Perbandingan Resonansi Periode Getar

Arah	Resonansi Periode Struktur Kayu	Resonansi Periode Mesin <i>Crane</i>	
		Kapasitas 5 ton	Kapasitas 20 ton
	Hz	Hz	Hz
X	1.508	1 - 5	1 - 8
Y	1.405	1 - 5	1 - 8
Z	1.607	1 - 5	1 - 8

3.4 Gaya Geser Dasar

Pemeriksaan skala gaya dengan membandingkan gaya geser dasar ragam pada struktur yang dimodelkan dengan gaya geser dasar yang dihitung menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen. Seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Perbandingan Gaya Geser Dasar Statik dan Dinamik

Base Shear	Dinamik (Vt)	Statik (V)	Faktor skala	kontrol
	Geser Dasar (kN)	Geser Dasar (kN)	V/Vt	(Vt) $\geq$ 100% V
arah x	964.79	778.0853	0.806483	OK
arah y	778.52	778.0853	0.999445	OK

Berdasarkan nilai gaya geser dasar statik dan dinamik pada struktur kayu dapat disimpulkan pada arah x dan y tidak perlu ada penyesuaian *scale factor* pada kasus beban gempa arah x dan y.

3.5 Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai diperiksa dengan cara membandingkan simpangan antar lantai yang terjadi pada pemodelan dengan simpangan antar lantai yang diizinkan sesuai persyaratan SNI 1726:2019.

Tabel 5. Simpangan Antar Lantai

Story	Displacement		Elastic Drift		h	Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	δ_{ex}	δ_{ey}	δ_{ex}	δ_{ey}		Δ_x	Δ_y		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)		
2	12.748	14.059	4.563	7.487	4000	25.094	41.176	61.538	OK
1	8.186	6.572	8.186	6.572	4000	45.020	36.147	61.538	OK
Dasar	0	0	0	0	0	0	0	0	OK

Berdasarkan analisis simpangan antar lantai yang dilakukan pada material struktur kayu seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 5**, dapat disimpulkan bahwa simpangan antar lantai telah memenuhi syarat dari simpangan antar lantai izin yakni 61,538 mm.

3.6 Pemeriksaan Pengaruh P-Delta

Berdasarkan hasil analisis pada **Tabel 6**, nilai koefisien stabilitas (θ) untuk lantai pertama dan kedua masing-masing sebesar 0.001 dan 0.009. Kedua nilai tersebut berada jauh di bawah batas stabilitas struktur ($\theta \leq 0.10$), sehingga dapat disimpulkan bahwa pengaruh P-Delta tidak signifikan dan struktur dinyatakan stabil terhadap perpindahan lateral akibat beban dinamis *overhead crane*.

Tabel 6. Pengaruh P-Delta

Story	Inelastic Drift		Story Forces			h	Koefisien Stabilitas		Batas Pengaruh P-Delta	Batas Stabilitas Struktur, θ_{max}	Cek
	Δ_x	Δ_y	P	V _x	V _y		θ_X	θ_Y			
	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)						
2	25.094	41.176	24.76	25.03	42.17	4000	0.0011	0.0011	0.1	0.0909	OK
1	45.020	36.147	88.14	64.44	85.83	4000	0.0028	0.0017	0.1	0.0909	OK

4. KESIMPULAN

Struktur kayu glulam akasia mangium menunjukkan performa yang layak digunakan dalam bangunan industri dengan beban dinamis seperti *overhead crane*. Partisipasi massa modal mencapai >90% dalam arah UX, UY, dan RZ, dengan dominasi kontribusi pada mode awal yang mencerminkan efisiensi dinamis dan fleksibilitas tinggi. Meskipun frekuensi alami struktur glulam berada lebih dekat dengan rentang kerja *crane* dan berpotensi mengalami resonansi, hal ini masih dapat diatasi melalui penguatan sambungan dan penyesuaian konfigurasi elemen. Gaya geser dasar yang dihasilkan oleh struktur glulam akasia mangium, menunjukkan bahwa struktur menerima beban gempa yang lebih tinggi dan memerlukan kapasitas penahan gaya lateral yang memadai. Simpangan antar lantai masih dalam batas aman. Efek P-Delta juga menunjukkan performa yang aman. Dari hasil *preliminary design*, dimensi balok dan kolom glulam telah memenuhi syarat rasio kekuatan. Dengan demikian, kayu glulam akasia mangium dapat menjadi alternatif material struktural yang berkelanjutan dan efisien, terutama untuk desain yang mengutamakan nilai estetika dan fleksibilitas, dengan catatan bahwa pengendalian terhadap resonansi dan deformasi perlu diperhatikan dalam perencanaan.

DAFTAR RUJUKAN

- Badan Standarisasi Nasional. (2013). *SNI 7973: 2013 Spesifikasi desain untuk konstruksi kayu*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *SNI 1726: 2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *SNI 1727: 2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Sulistyawati, I., Nugoho, N., Suryokusumo, S., & Hadi, Y. S. (2008). Kekakuan dan kekuatan lentur maksimum balok glulam dan utuh kayu Akasia. *Jurnal Teknik Sipil*, 15(3). <https://doi.org/10.5614/jts.2008.15.3.3>