

Kajian Kinerja Struktural Beton Bertulang dan Struktur Kayu dalam Desain Bangunan Hotel

BAIZAL FIRMANSYAH¹, NESSA VALIANTINE, DST

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)
 2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)
- Email : baizalfirmansyah@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini membandingkan respons struktur sistem beton bertulang dan rangka kayu gergajian Bangkirai pada Hotel X Ciater, dengan analisis ETABS 22.0 berdasarkan beban mati, gempa statik dan dinamik (SNI 1726:2019), serta desain kayu (SNI 7973:2023). Evaluasi meliputi kapasitas lentur dan geser balok, interaksi lentur-tekan kolom, waktu getar alami, gaya geser dasar, distribusi lateral, simpangan antar-lantai, lendutan, dan efektivitas penampang. Hasil menunjukkan balok kayu memiliki rasio lentur 0,76–0,87 dan geser 0,22–0,58; balok beton 0,42–0,80 (lentur) dan 0,23–0,53 (geser). Kolom kayu berinteraksi lentur-tekan rasio 0,37–0,84; beton 0,36–0,88. Waktu getar kayu $\approx 0,63$ s, beton $\approx 0,94$ s, sehingga gaya geser dasar kayu 500 kN jauh lebih rendah daripada beton 2258 kN. Meskipun lendutan dan simpangan kayu lebih tinggi, keduanya memenuhi batas δ_{izin} dan $0,025 h$. Rangka kayu Bangkirai terbukti efisien, ringan, dan kompetitif secara seismik.

Kata kunci: beton bertulang, kayu bangkirai, respons gempa, rasio kapasitas

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Subang di Jawa Barat semakin dikenal sebagai tujuan wisata berkat keindahan alamnya, khususnya kawasan Ciater yang menawarkan pemandangan air panas alami dan pemandangan pegunungan yang memanjakan mata. Lonjakan kunjungan memunculkan kebutuhan akan akomodasi yang memadai, sehingga dirancanglah Hotel X Ciater dengan penekanan pada aspek struktur untuk memastikan tingkat keselamatan dan kenyamanan tamu. Pada umumnya, konstruksi bangunan di Indonesia menggunakan beton bertulang dan baja, yang meski memiliki kekuatan dan daya dukung tinggi, seringkali menghadapi kendala mutu bahan, kesulitan pengawasan proses pengecoran, serta jejak karbon yang besar dari produksi semen. Berangkat dari tantangan tersebut, diperlukan alternatif material yang tetap memenuhi standar teknis sekaligus lebih ramah lingkungan.

Kayu bangkirai muncul sebagai alternatif menarik karena sifat elastis dan kemampuannya meredam guncangan seismik lebih baik dibandingkan material kaku lainnya. Dengan potensi tumbuh hingga ketinggian 40 meter dan diameter batang mencapai 120 cm, bangkirai termasuk salah satu kayu keras unggulan di Indonesia (www.lamudi.co.id), serta menawarkan pengelolaan yang lebih berkelanjutan bila dilakukan secara tepat. Penelitian ini memiliki tiga tujuan utama: pertama, mengevaluasi respons struktur Hotel X Ciater yang menggunakan beton bertulang; kedua, menganalisis kinerja struktur apabila elemen utama diganti dengan kayu bangkirai; dan ketiga, membandingkan hasil kedua skenario untuk memberikan rekomendasi material terbaik dalam perancangan hotel..

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan mengevaluasi respons struktur bangunan hotel eksisting menggunakan gambar kerja yang diberikan oleh Hotel X Ciater. Struktur bangunan hotel memiliki ketinggian 5 m pada lantai dasar, 4,25 m pada lantai dua dan 3,52 m pada lantai 3 dan atap sehingga total mencapai 19,29 m, dengan luas keseluruhan sekitar 7887 m². Pemodelan struktur eksisting dianalisis menggunakan perangkat lunak ETABS. Selanjutnya, melakukan perancangan struktur alternatif memakai kayu bangkirai gergajian dengan mengunci nilai rasio kapasitas struktur eksisting, setelah rasio kapasitas struktur alternatif sudah sesuai dengan pendekatan rasio kapasitas struktur eksisting dilakukan lah pemodelan struktur alternatif kayu bangkirai dengan beban yang identic, terakhir melakukan pengecekan respons kedua struktur melalui ETABS serta secara perhitungan manual. Setelah pemeriksaan respons pada kedua model, dilakukan uji banding hasil.

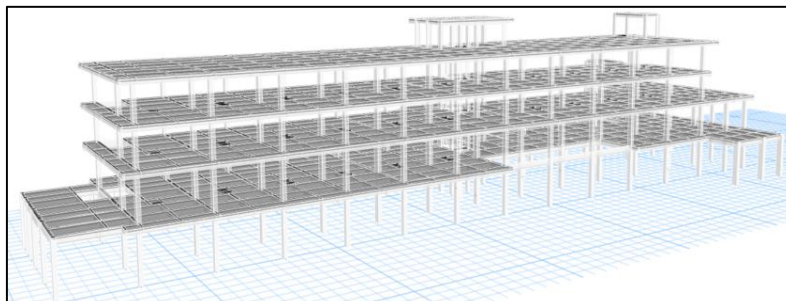
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur gedung eksisting bermaterialkan beton bertulang mutu $f_c' 30$ MPa memiliki dimensi balok serta kolom yang lebih besar dibandingkan dengan struktur bermaterialkan kayu bangkirai gergajian. Berikut hasil perancangan dimensi di setiap lantainya:

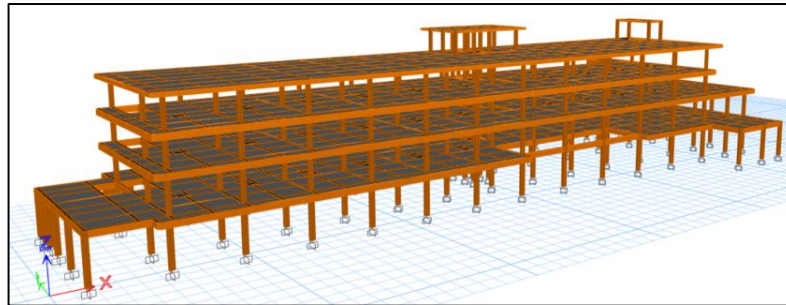
Tabel 1. Dimensi Komponen Struktural yang Ditinjau

Lantai ke-	Komponen	Struktur Eksisting		Ket	Komponen	Struktur Kayu Bangkirai		Ket
		b	h			b	h	
		mm	mm			mm	mm	
1	Balok B1				Balok B1			
2	Balok B1				Balok B2	300	600	
3	Balok B1	400	700		Balok B3			
4	Balok B1				Balok B4	200	400	
5	Balok BA	300	600	Beton $f_c' 30$ MPa	Balok BA	200	200	Solid / Gergajian
1	Kolom K6				Kolom K1	300	500	
2	Kolom K6	350	800		Kolom K2	300	400	
3	Kolom K6				Kolom K3			
4	Kolom K6				Kolom K5	200	400	
5	Kolom KL	200	500		Kolom KL	200	400	

Adapun visualisasi 3D struktur bangunan hotel eksisting maupun struktur kayu bangkirai yang disajikan pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**.



Gambar 1. Tampilan 3D Struktur Bangunan Hotel Eksisting



Gambar 2. Tampilan 3D Struktur Bangunan Kayu Bangkirai

Kedua model struktur diberikan beban-beban yang identik. Beban mati meliputi berat isi beton material utama yaitu beton normal sebesar 24 kN/m³ dan baja tulangan tulangan sebesar 76,98 kN/m³ untuk struktur eksisting, serta kayu bangkirai gergajian sebesar 7,22 kN/m³. Beban mati tambahan mencakup beban keramik sebesar 0,24 kN/m², instalasi MEP sebesar 0,2 kN/m², beban plafond dan rangka sebesar 0,18 kN/m², spesi dibawah lantai sebesar 0,21 kN/m² serta dinding hebel sebesar 1,2 kali tinggi lantai. Beban hidup yang diterapkan meliputi beban koridor sebesar 4,79 kN/m³ (SNI 1727:2020).

Rasio Kapasitas Struktural

Rasio kapasitas balok maupun kolom eksisting menjadi kunci dalam perancangan struktur kayu bangkirai. Untuk mengetahui kapasitas balok eksisting, balok dan kolom struktur alternatif dilakukan secara perhitungan manual, sedangkan kolom eksisting dihasilkan ETABS.

Tabel 2. Rekapitulasi Rasio Kapasitas Struktural Balok

Eksisting (SBB)					Alternatif (RRK)				
Balok	Unique Names	Story	Rasio		Balok	Unique Names	Story	Rasio	
			Lentur	Geser				Lentur	Geser
B1	175	1	0,760	0,490	B1	175	1	0,767	0,459
B1	858	2	0,802	0,533	B2	858	2	0,867	0,580
B1	1126	3	0,788	0,473	B3	1126	3	0,842	0,463
B1	28	4	0,416	0,228	B4	28	4	0,483	0,220
B2	1393	5	0,215	0,130	B5	1393	5	0,167	0,171

Tabel 3. Rekapitulasi Rasio Kapasitas Struktural Kolom

Eksisting (SBB)					Alternatif (RRK)				
Kolom	Unique Names	Story	Rasio		Kolom	Unique Names	Story	Rasio	
			Aksial	Geser				Aksial	Geser
K6	386	1	0,262	0,574	K1	386	1	0,309	0,551
K6	440	2	0,290	0,875	K2	440	2	0,230	0,840
K6	1319	3	0,203	0,769	K3	1319	3	0,174	0,778
K6	1172	4	0,074	0,661	K4	1172	4	0,017	0,651
KL	1438	5	0,127	0,364	K5	1438	5	0,097	0,378

Peiode Struktur

Nilai periode struktur diperoleh berdasarkan hasil analisis ETABS dengan mempertimbangkan modal partisipasi massa rasio. Rincian nilai tersebut disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Periode Struktur

Arah	Periode pada ETABS detik		T_{a-min} detik		T_{a-max} detik	
	Eksisting	Alternatif	Eksisting	Alternatif	Eksisting	Alternatif
X	1,494	0,778	0,669	0,449	0,936	0,629
Y	1,110	0,700	0,669	0,449	0,936	0,629

Karena nilai periode yang diperoleh dari hasil analisis ETABS secara signifikan lebih besar dibandingkan dengan nilai periode maksimum yang dihitung berdasarkan SNI 1726:2019, maka dalam perhitungan selanjutnya digunakan nilai periode maksimum (T_{a-max}).

Gaya Geser Dasar Seismik

Besarnya gaya geser dasar seismik diperoleh dari hasil perkalian antara berat seismik efektif dengan koefisien respons seismik C_s . Nilai berat seismik efektif tercantum pada **Tabel 5**, sedangkan nilai C_s disajikan pada **Tabel 6**.

Tabel 5. Berat Seismik Efektif

Elevasi	Berat Seismik kN	
	Eksisting	Alternatif
+19.29 m	371.072	3.89
+16.29 m	5022.915	849.05
+12.77 m	3362.083	785.06
+9.25 m	6951.203	1316.94
+5.00 m	8744.237	1785.98
Total	24451.511	4740.92

Tabel 6. Nilai C_s

Struktur	C_{s-max}	C_s	C_{s-min}
Eksisting	0,0925	0,0924	0,0325
Alternatif	0,1574	0,1056	0,0325

Tabel 6 menyajikan nilai koefisien respons seismik C_s yang dihitung berdasarkan ketentuan dalam SNI 1726:2019. Untuk analisis ini, nilai C_s yang digunakan berada diantara batas maksimum (C_{s-max}) dan minimum (C_{s-min}).

Adapun nilai geser dasar seismik struktur bangunan hotel eksisting maupun struktur alternatif kayu, ditunjukkan pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Nilai Gaya Geser

Struktur	Arah Gempa	Gaya Geser Dasar kN	
		Statik (Manual)	Dinamik (ETABS)
Eksisting	X	2258.403	7756.157
Eksisting	Y	2258.403	9920.167
Alternatif Kayu	X	500.44	3031.913
Alternatif Kayu	Y	500.44	2785.487

Distribusi Vertikal Lateral Ekuivalen

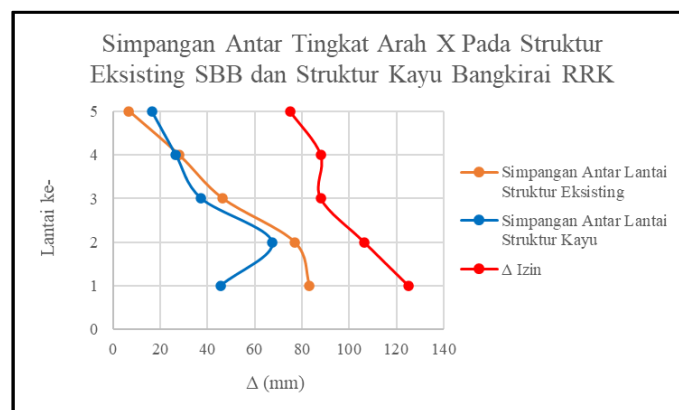
Tabel 8. Nilai Distribusi Vertikal Lateral Ekuivalen

Elevasi	Nilai $F_{x,y}$ kN		Persentase Beda %
	Eksisting	Alternatif	
+19.29 m	79.012	0.88	1%
+16.29 m	859.885	159.49	19%
+12.77 m	420.363	113.21	27%
+9.25 m	573.208	133.81	23%
+5.00 m	325.934	93.04	29%

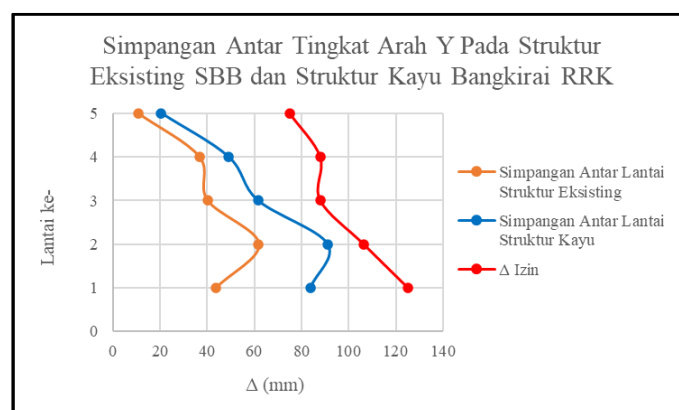
Terjadi perbedaan nilai distribusi vertikal lateral ekuivalen baik pada struktur eksisting maupun struktur alternatif. Perbedaan nilai tersebut sebesar 1-29%, nilai distribusi struktur alternatif jauh lebih kecil dibandingkan dengan nilai struktur eksisting.

Simpangan Antar Lantai

Berikut nilai simpangan antar lantai ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 3. Simpangan Antar Lantai Arah X



Gambar 4. Simpangan Antar Lantai Arah Y

Pada Tabel diatas dapat dikatakan bahwa simpangan antar lantai pada struktur alternatif kayu lebih besar dibanding dengan struktur eksisting.

Kontrol Lendutan

Dengan bentang sepanjang 10 m, maka δ_{izin} sebesar 33,333 m (L/300). Nilai lendutan yang terjadi pada balok eksisting sebesar 18,743 m sedangkan pada struktur alternatif sebesar 20,454. Lendutan yang terjadi pada struktur alternatif lebih besar dibandingkan dengan struktur eksisting, namun lendutan yang terjadi pada kedua struktur masih berada dibatas aman.

KESIMPULAN

Beton bertulang unggul dalam kekakuan dan lendutan minimal, sehingga sangat cocok untuk bangunan bertingkat tinggi dengan batas defleksi ketat. Kayu bangkirai unggul dalam segi efisiensi penampang, respons gempa yang stabil, simpangan antar lantai dan rasio kapasitas tinggi, sekaligus memiliki jejak karbon rendah dan nilai estetika alami. Maka dapat dikatakan bahwa sistem struktur kayu Bangkirai memiliki keunggulan dalam aspek keberlanjutan material, bobot yang ringan, dan kemudahan konstruksi, sehingga cocok untuk proyek dengan tuntutan efisiensi waktu dan fleksibilitas desain. Sebaliknya, sistem beton bertulang unggul dalam hal kekakuan, daya tahan terhadap beban besar, dan kepatuhan terhadap standar bangunan yang lebih mapan, menjadikannya pilihan utama untuk struktur permanen berskala besar. Pemilihan sistem hendaknya disesuaikan dengan karakteristik proyek, syarat desain struktural, dan pertimbangan jangka panjang.

DAFTAR RUJUKAN

- Badan Standardisasi Nasional. 2013. Spesifikasi Desain untuk Konstruksi Kayu, SNI 7973 : 2013. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional (2020). SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Martawijaya, A., Kartasujana, I., Kadir, K., dan Adinugroho, S. (2005). Atlas Kayu Indonesia Jilid I. Bogor: Departemen Kehutanan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Siska, G., Sarinah, dan Bangun, D. L. (2022). "Kualitas Papan Partikel dari Limbah Gergajian Kayu Bangkirai (*Shorea laevis*)". Jurnal Hasil Hutan, Vol. 40, No. 2, hlm. 115–123.