



KINERJA STRUKTUR GEDUNG FASHION GALLERY TERHADAP PENGGUNAAN KAYU LAMINASI LABAN

ERMA DESIMALIANA^{1,*}, ZACHRA KAMILA RAMADHINI², ALTIE SANTIKA ARIFIN³, DELINAISMIE NURRENSYAH⁴

¹ Dosen Prodi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung, Jawa Barat

² Mahasiswa Prodi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung, Jawa Barat

³ Mahasiswa Prodi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Jawa Barat

⁴ Mahasiswa Prodi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknologi dan Rekayasa Cerdas, Universitas Kristen Maranatha, Bandung, Jawa Barat

*Corresponding Author: ermadesmaliana@itenas.ac.id

Naskah diterima: 28 Januari 2025. Disetujui: 16 Maret 2025. Diterbitkan: 31 Maret 2025

ABSTRAK

Seiring dengan berkembangnya industri fashion di Indonesia, pembangunan proyek konstruksi juga meningkat terutama gedung perbelanjaan. Material konstruksi yang umumnya digunakan pada proyek gedung perbelanjaan yaitu komposit antara beton bertulang dengan baja, sehingga diperlukan alternatif material konstruksi lainnya yang ramah lingkungan dan berkelanjutan seperti kayu laminasi Laban. Maka, penelitian ini menganalisis kinerja struktur gedung Fashion Gallery di Kota Bandung terhadap penggunaan kayu laminasi Laban dengan bantuan perangkat lunak ETABS. Analisis struktur dilakukan menggunakan beban seismik, baik respon spektra sesuai SNI 1726:2019 maupun riwayat waktu sesuai FEMA 356. Dari metode respon spektra dilakukan pengecekan periode, ragam getar, gaya geser dasar, dan simpangan antar lantai; sedangkan metode riwayat waktu dilakukan pengecekan tingkat kinerja. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa penggunaan kayu laminasi Laban pada struktur gedung Fashion Gallery di Kota Bandung ternyata menunjukkan kinerja struktur yang baik dengan tingkat kinerja LS (Life Safety). Tingkat kinerja struktur LS ini mengisyaratkan bahwa gedung perbelanjaan hanya boleh mengalami kerusakan pada elemen balok saja sehingga penghuninya masih dapat menyelamatkan diri ketika beban seismik terjadi. Hal ini juga didukung oleh nilai rasio drift lateral berada di rentang 1% hingga 2%.

Kata kunci : gedung perbelanjaan, kayu laminasi Laban, kinerja struktur, respon spektra, riwayat waktu

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri fashion berdampak signifikan terhadap pembangunan gedung perbelanjaan di dunia konstruksi. Di dunia konstruksi, pemilihan material sangat krusial bagi tercapainya keberhasilan pembangunan proyek gedung (Suwantara & Suryantini, 2014). Material konstruksi juga berpengaruh terhadap biaya dan estetika. Kayu telah lama menjadi material utama untuk diaplikasikan gedung perumahan, komersial dan infrastruktur lainnya (Aldiansyah, et al., 2019). Sebagai material konstruksi, kayu memiliki keunggulan dalam hal kekuatan, ketersediaan dan dapat diperbaharui. Selain itu, kayu juga memiliki keunggulan dalam segi estetika, dapat diolah menjadi berbagai bentuk dan ukuran sesuai kebutuhan konstruksi (Herbudiman, et al., 2020). Penggunaan kayu sebagai material konstruksi menjadi isu penting terkait kelestarian sumber daya hutan, sehingga perlu adanya upaya identifikasi jenis kayu yang akan digunakan seperti kayu hutan industri (HTI) atau kayu hutan rakyat (HTR) (Desmaliana, 2017). Selain jenis kayu, sifat mekanis dan sifat fisis kayu juga menjadi hal yang krusial untuk menentukan kualitas dan kesesuaian kayu dalam pengaplikasian tertentu di dunia konstruksi (Firdausy, et al., 2020).

Kayu dapat dikelola secara berkelanjutan, serta material konstruksi ramah lingkungan (Yupa, et al., 2024). Selain itu, kayu juga bersifat ortotropik, yang memiliki 3 (tiga) arah sumbu utama yaitu longitudinal, tangensial dan radial (Diredja, 2018). Pada arah sumbu longitudinal (sumbu kuat), kayu memiliki kekakuan dan kekuatan yang sangat tinggi. Namun, pada 2 (dua) arah sumbu lainnya (tangensial dan radial) ternyata kayu cenderung lemah dan lunak. Oleh karena itu, pemodelan non-linier kayu memerlukan banyak parameter pendekatan (Pranata, et al., 2021). Arah sumbu longitudinal merupakan sejajar dengan serat kayu. Arah sumbu radial merupakan tegak lurus terhadap serat kayu dan normal terhadap lingkaran pertumbuhan. Arah sumbu tangensial merupakan tegak lurus terhadap serat kayu, tetapi memiliki sudut tangensial terhadap lingkaran pertumbuhan.

Kayu laminasi, salah satu produk kayu rekayasa selain LVL, yang terdiri dari beberapa rekatan lapisan kayu solid bermutu rendah menggunakan lem dengan arah sejajar serat (Abdurachman & Hadjib, 2009; Abdurrahman, et al., 2018; Cahyono, et al., 2014; Hermanto, 2015; Saputra, et al., 2015; Suyanti, 2020). Proses perekatan dengan lem ini biasanya dilakukan baik ke arah horisontal maupun vertikal. Adapun hasil dari perekatan berupa papan atau balok, yang dipengaruhi oleh ukuran tebal dan lebar. Secara umum, kayu laminasi digunakan pada rangka gedung dengan bentang yang lebar. Hal ini dikarenakan, kayu laminasi dapat diaplikasikan pada bentang di atas 50 m (Sudarman, et al., 2020). Kayu laminasi menjadi salah satu inovasi untuk mengatasi keterbatasan material kayu solid berdiameter besar dan berkualitas sebagai material konstruksi gedung (Sugiri, et al., 2013, 2016; Sulistyawati, et al., 2008; Taufik, et al., 2019; Usman, et al., 2013, 2015). Salah satu keunggulan kayu laminasi dibandingkan produk kayu rekayasa lainnya, yaitu bentuk produksinya dapat disesuaikan dengan permintaan. Dari segi arsitektural, model rangka gedung dapat didesain sedemikian rupa, sehingga permasalahan mengenai keterbatasan terhadap desain struktur gedung dapat diatasi.

Kayu Laban (*Vitex pubescens*), salah satu jenis kayu keras di Indonesia, dengan daya tahan dan kelembaban yang tinggi (Juniawan, et al., 2015). Kayu Laban memiliki tinggi 25 – 30 m dan diameter 70 cm, kelas awet I, serta kelas kuat I – II. Di Indonesia, kayu Laban terdapat di Sumatera, Jawa, Kalimantan dan Sulawesi. Kayu Laban ini seringkali digunakan dalam proyek konstruksi seperti jembatan dan gedung. Kayu Laban memiliki kerapatan berkisar 800 – 950 kg/m³ dengan kadar air sebesar 15%. Berdasarkan SNI 7973:2013, kayu Laban memiliki berat jenis sebesar 0,81 (0,72 – 0,87). Nilai modulus elastisitas rata-rata (E) kayu Laban sebesar 14.058,30 MPa sehingga jika merunut pada SNI 7973:2013 maka kayu Laban

termasuk dalam kode mutu antara E14 dan E15. Data sifat mekanis kayu Laban seperti kekuatan lentur, tarik, tekan, dan geser akan diinterpolasi dari kode mutu antara E14 dan E15 (Tabel 1).

Tabel 1. Nilai Desain Acuan Kayu Laban

ρ	F_b [MPa]	F_t [MPa]	F_c [MPa]	F_v [MPa]	E [MPa]	E_{min} [MPa]
0,81	12,256	11,164	11,164	1,488	14.058,300	7.092,150

Sifat mekanis kayu laminasi Laban diperoleh dari persamaan konversi (Diredja, et al., 2019; Taufik, et al., 2019) berikut.

$$F_{b,g} = 7 + 1,15F_t \quad (1)$$

$$F_{t,g} = 5 + 0,8F_t \quad (2)$$

$$F_{c,g} = 7,2F_t^{0,45} \quad (3)$$

$$F_{v,g} = 0,32F_t^{0,8} \quad (4)$$

$$E_g = 1,05E \quad (5)$$

$$G_g = 0,065E \quad (6)$$

$$\rho_g = 1,10\rho \quad (7)$$

Dengan $F_{b,g}$ merupakan kekuatan lentur; $F_{t,g}$ merupakan kekuatan tarik; $F_{c,g}$ merupakan kekuatan tekan; $F_{v,g}$ merupakan kekuatan geser tarik; E_g merupakan modulus elastisitas; G_g merupakan modulus geser; dan ρ_g merupakan berat jenis. Dari Tabel 2 dapat dilihat nilai desain acuan kayu laminasi hasil konversi dari Persamaan 1 hingga Persamaan 7.

Tabel 2. Nilai Desain Acuan Kayu Laminasi Laban Hasil Konversi

ρ_g	$F_{b,g}$ [MPa]	$F_{t,g}$ [MPa]	$F_{c,g}$ [MPa]	$F_{v,g}$ [MPa]	G_g [MPa]	E_g [MPa]	$E_{min,g}$ [MPa]
0,85	19,839	13,931	23,487	2,205	456,895	14.761,200	7.381,000

Karena kayu bersifat ortotropik, maka Bodig dan Jayne (1993) dalam (Mardikanto, et al., 2011) mengusulkan baik modulus elastisitas maupun modulus geser pada tiga arah sumbu (longitudinal, tangensial, dan radial).

$$E_L : E_R : E_T \approx 20 : 1,6 : 1 \quad (8)$$

$$E_L : G_{LR} \approx 14 : 1 \quad (9)$$

$$G_{LR} : G_{LT} : G_{RT} \approx 10 : 9,4 : 1 \quad (10)$$

Dengan E_L merupakan modulus elastisitas longitudinal; E_R merupakan modulus elastisitas radial; E_t merupakan modulus elastisitas tangensial; G_{LR} merupakan modulus geser longitudinal-radial; G_{LT} merupakan modulus geser longitudinal-tangensial; G_{RT} merupakan modulus geser radial-tangensial. Dari Tabel 3 dapat dilihat nilai desain acuan kayu laminasi hasil konversi dari Persamaan 8 hingga Persamaan 10.

Tabel 3. Nilai Modulus Elastisitas dan Modulus Geser Kayu Laminasi Laban

E_L [MPa]	E_R [MPa]	E_T [MPa]	G_{LR} [MPa]	G_{LT} [MPa]	G_{RT} [MPa]
14.761,200	1.180,896	738,060	1.054,371	991,110	105,437

Penelitian terdahulu (Julianto, et al., 2023) mengenai respon strukur gedung belajar baru SMAN 1 Margaasih menggunakan kayu Durian (kayu kelas kuat II – III), baik kayu solid maupun kayu laminasi, menghasilkan nilai periode struktur yang lebih kecil, berat struktur yang lebih ringan, serta simpangan antar lantai yang lebih kecil dari gedung eksisting.

Penelitian yang lain (Sudarman & Attar, 2020) mengenai ketahanan Rumah Vernakular Sulawesi Selatan menggunakan kayu Kumea Batu (kayu kelas kuat II – III) terhadap beban gempa melalui pemodelan perangkat lunak SAP2000, menunjukkan kondisi yang stabil pada jenis tanah keras. Hal ini dibuktikan dengan nilai simpangan arah X dan arah Y lebih kecil dibandingkan dengan simpangan izin, sehingga Rumah Vernakular Sulawesi Selatan ini memiliki ketahanan gempa yang lebih baik terhadap beban gempa. Penelitian lainnya (Prasojo, 2017) menganalisis perilaku struktur gedung 8 lantai dari kayu solid dan kayu laminasi ternyata lebih elastis dalam merespon beban gempa, terlihat dari nilai deformasi maksimum yang masih di bawah deformasi izin sebesar 30 mm. Penelitian yang lain (Diredja, et al., 2019) menganalisis kinerja struktur bangunan rumah tinggal kayu glulam Mahoni dengan menggunakan *pushover analysis*, ternyata tingkat kinerjanya yaitu DC (*Damage Control*) berdasarkan SNI 1729:2019 dan tingkat kinerjanya yaitu IO (*Immediate Occupancy*) berdasarkan ATC-40.

Tingkat kinerja gedung terhadap beban seismik dapat dianalisis menggunakan metode riwayat waktu (Diredja, 2012). Data rekaman beban seismik yang digunakan pada penelitian ini yaitu Big Bear City (USA), Christchurch (New Zealand), dan Izmir (Turki). Struktur gedung yang ditinjau pada penelitian ini berfungsi sebagai pusat perbelanjaan.

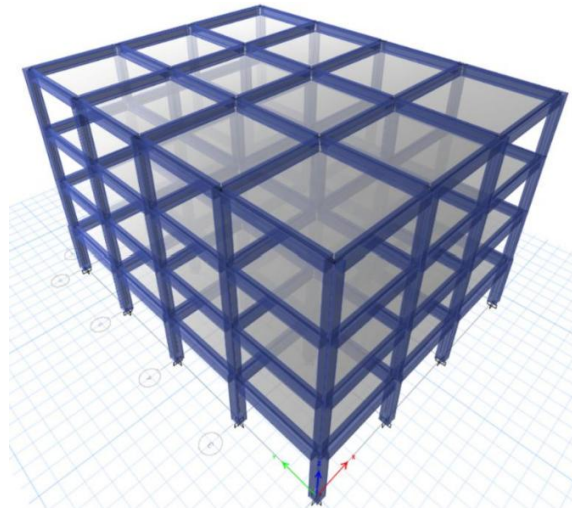
Penelitian ini akan menganalisis penggunaan material kayu laminasi Laban sebagai elemen struktural, baik balok maupun kolom, pada gedung perbelanjaan Fashion Gallery di Kota Bandung. Maka, akan didapatkan respon struktur meliputi periode, arah dan jumlah ragam getar, gaya geser dasar, simpangan antar lantai, juga tingkat kinerja berdasarkan FEMA 356.

2. METODE PENELITIAN

Analisis kinerja struktur gedung perbelanjaan Fashion Gallery menggunakan bantuan perangkat lunak ETABS sesuai dengan gambar kerja yang tersedia. Hal ini dikarenakan gedung perbelanjaan yang akan dimodelkan, merupakan gedung eksisting yang telah difungsikan. Berdasarkan gambar kerja, tinggi per lantai struktur gedung perbelanjaan yaitu 4 m dengan tinggi keseluruhan yaitu 16 m. Jarak bentang antar kolom yaitu 6 m dan 7 m, dengan panjang keseluruhan arah X yaitu 19 m dan arah Y yaitu 24 m sehingga luas area keseluruhan yaitu 456 m². Selanjutnya, struktur gedung perbelanjaan akan dianalisis ulang dengan menggunakan material kayu laminasi Laban. Hal ini dilakukan untuk mengetahui respon struktur sesuai SNI 1726:2019 dan tingkat kinerja struktur sesuai FEMA 356. Dimensi-dimensi elemen struktural, baik balok maupun kolom, terlihat pada Tabel 4, memiliki tebal lapisan kayu laminasi Laban berukuran 50 mm. Pelat lantai menggunakan plywood kayu Laban dengan tebal 35 mm. Adapun tampilan 3D struktur gedung perbelanjaan Fashion Gallery, terlihat pada Gambar 1.

Tabel 4. Rekapitulasi Elemen Struktural dengan Kayu Laminasi Laban

Lantai	Balok		Kolom	
	<i>b</i> [mm]	<i>h</i> [mm]	<i>b</i> [mm]	<i>h</i> [mm]
4	250	350	250	250
3	250	300	250	250
2	250	300	300	300
1	250	300	300	300

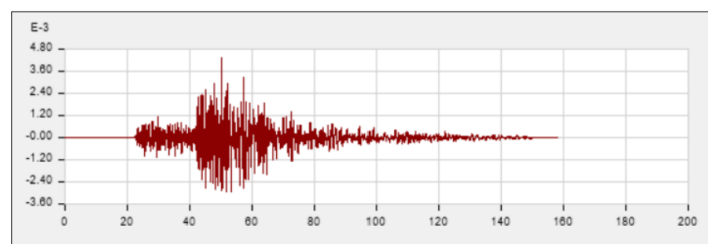


Gambar 1. Pemodelan 3D Struktur Gedung Perbelanjaan Fashion Gallery di Kota Bandung

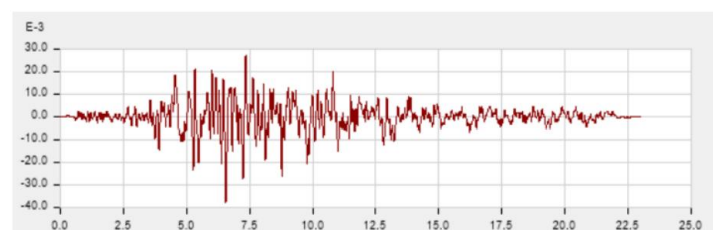
Struktur gedung perbelanjaan Fashion Gallery diberikan *Super Imposed Dead Load* (SIDL) pada pelat berupa lantai dan penutupnya sebesar $0,80 \text{ kN/m}^2$; mekanikal elektrik dan plumbing sebesar $0,35 \text{ kN/m}^2$; *plafond* sebesar $0,30 \text{ kN/m}^2$; atap dak beton sebesar $0,96 \text{ kN/m}^2$. Serta, SIDL pada balok eksterior berupa dinding hebel sebesar $1,2 \text{ kN/m}^2$. Adapun *Live Load* (LL) pada pelat di antaranya sebesar $4,79 \text{ kN/m}^2$ untuk koridor dan ruang publik, serta $3,59 \text{ kN/m}^2$ untuk lantai di atasnya.

Berdasarkan SNI 1726:2019, beban seismik yang digunakan yaitu respon spektra di Kota Bandung untuk kelas situs E (tanah lunak) dengan parameter desainnya antara lain PGA $0,498 \text{ g}$; S_S $1,121 \text{ g}$; S_1 $0,493 \text{ g}$; T_0 $0,19 \text{ detik}$; T_s $0,97 \text{ detik}$; S_{DS} $0,75 \text{ g}$; dan S_{D1} $0,73 \text{ g}$.

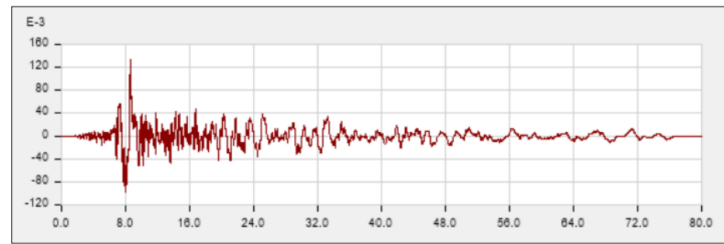
Adapun data percepatan seismik masukan (akselerogram) yang digunakan minimum 3 akselerogram yang telah disesuaikan dengan respon spektra lokasi gedung perbelanjaan Fashion Gallery. Data akselerogram ini digunakan untuk menganalisis tingkat kinerja struktur gedung perbelanjaan Fashion Gallery dengan metode riwayat waktu, terlihat pada Gambar 2 hingga Gambar 4 dan Tabel 5 berikut.



Gambar 2. Rekaman Gempa Big Bear City – USA 2003



Gambar 3. Rekaman Gempa Christchurch – New Zealand 2011



Gambar 4. Rekaman Gempa Izmir – Turki 1977

Tabel 5. Data *Peer Ground Motion*

Nama Gempa	Tahun	Negara	Magnitudo	Nama Stasiun	V_{s30} [m/s]	Kedalaman Gempa [km]
Big Bear City	2003	USA	4,92	Mill Creek Ranger	387,12	6,30
Christchurch	2011	New Zealand	6,20	PEEC	551,30	6,00
Izmir	1977	Turki	5,30	Izmir	535,25	5,00

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian membahas hasil pemodelan struktur gedung perbelanjaan Fashion Gallery pada perangkat lunak ETABS mengenai respon strukturnya sesuai SNI 1726:2019 dan tingkat kinerja strukturnya sesuai FEMA 356.

3.1. Jumlah dan Arah Ragam Getar

Menurut SNI 1726:2019, salah satu parameter respon struktur terhadap beban seismik yaitu jumlah dan arah ragam getar (Hilmi, et al., 2021; Kamarudin & Erizal, 2021). Jumlah ragam getar harus mencapai 100% dari massa faktual pada tiap arah, baik horisontal maupun ortogonal, supaya mendapatkan rasio massa berpartisipasi yang terkombinasi. Dari hasil analisis rasio massa berpartisipasi, jumlah ragam getar sudah mencapai 100% pada mode 12. Adapun arah ragam getar yang terjadi antara lain translasi X, translasi Y serta rotasi Z.

3.2. Periode

Periode berarti waktu yang dibutuhkan struktur gedung perbelanjaan untuk merampungkan satu siklus getaran akibat beban seismik. Periode yang diperoleh dari luaran perangkat lunak ETABS ($T_{a\text{ ETABS}}$) akan dikomparasikan dengan periode maksimum ($T_{a\text{ maksimum}}$) dan periode minimum ($T_{a\text{ minimum}}$) sesuai SNI 1726:2019. Nilai periode ini akan menjadi nilai acuan, yang selanjutnya digunakan untuk menentukan parameter koefisien seismik (C_s). Dari Tabel 6, periode struktur arah X dan arah Y yang digunakan (T_a yang digunakan) yaitu 0,791 detik, karena nilai $T_{a\text{ ETABS}}$ ternyata di bawah nilai $T_{a\text{ minimum}}$.

Tabel 6. Periode

Arah	$T_{a\text{ minimum}}$ [detik]	$T_{a\text{ maksimum}}$ [detik]	$T_{a\text{ ETABS}}$ [detik]	T_a yang digunakan [detik]
X	0,565	0,791	1,454	0,791
Y			1,406	

3.3. Gaya Geser Dasar

Gaya geser dasar dipengaruhi oleh parameter C_s juga berat seismik gedung (W). C_s diperoleh respon spektra, serta dipengaruhi oleh parameter percepatan respon spektral desain periode pendek (S_{DS}) sebesar 0,750 g; percepatan respon spektral desain periode 1 detik (S_{D1}) sebesar 0,728 g; percepatan respon spektral maksimum; koefisien modifikasi respon (R) sebesar 7; T_a sebesar 0,791 detik; dan faktor keutamaan gempa (I_e) sebesar 1. Dari Tabel 7, koefisien seismik (C_s) arah X dan arah Y yang digunakan yaitu 0,107 g.

Tabel 7. Koefisien Seismik

Arah	C_s minimum [g]	C_s maksimum [g]	C_s hitung [g]	C_s yang digunakan [g]
X	0,033	0,131	0,107	0,107

Analisis struktur terhadap gaya geser dasar pada gedung perbelanjaan dilakukan baik dengan menggunakan respon spektra maupun riwayat waktu. Pada metode riwayat waktu, data akselerogram yang digunakan yaitu Big Bear City, Christchurch, dan Izmir. Setelah dilakukan pengecekan terhadap gaya geser dasar arah X dan arah Y menggunakan respon spektra dan riwayat waktu, ternyata diperlukan adanya pembesaran faktor skala beban seismik. Hal ini diperlukan agar gaya geser dasar dinamik (V_t) melebihi gaya geser dasar statik (V) seperti yang disyaratkan SNI 1726:2019 (Tabel 8).

Tabel 8. Gaya Geser Dasar terhadap Beban Seismik

Arah	V [kN]	V_t Respon Spektra [kN]	V_t Big Bear City [kN]	V_t Christchurch [kN]	V_t Izmir [kN]
X	340,25	491,17	469,73	960,90	508,02
Y	340,25	504,18	387,82	1.049,83	486,774

3.4. Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai yaitu perbedaan antara deformasi horisontal pada elevasi lantai yang ditinjau dengan elevasi lantai di bawahnya. Simpangan antar lantai terlihat pada Tabel 9, Gambar 7, dan Gambar 8.

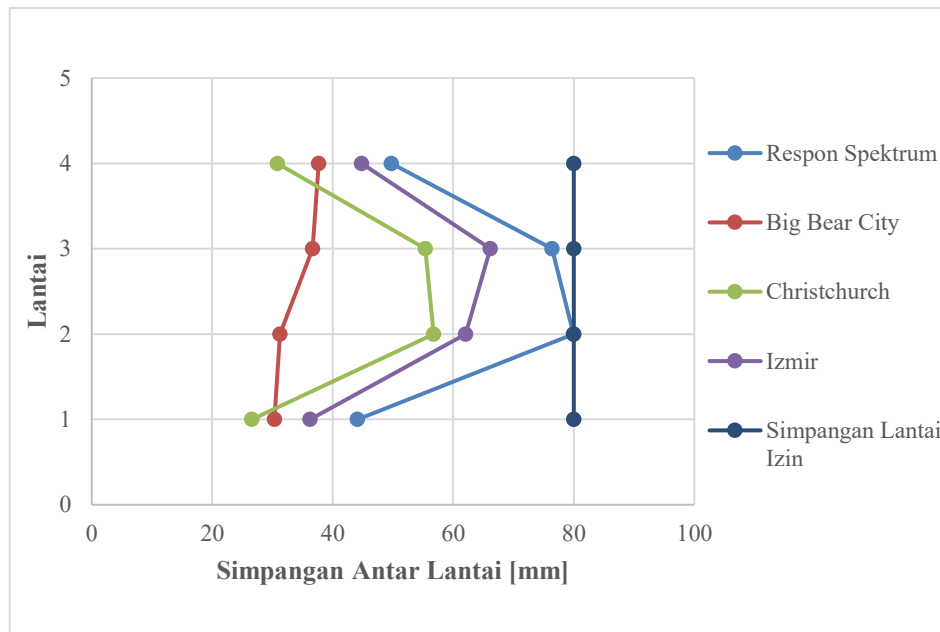
Tabel 9. Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Seismik

Lantai	Δ [mm]	Δ_X Respon Spektr. [mm]	Δ_Y Respon Spektr. [mm]	Δ_X Big Bear City [mm]	Δ_Y Big Bear City [mm]	Δ_X Christchurch [mm]	Δ_Y Christchurch [mm]
4	80	49,75	45,86	37,67	21,31	30,84	21,12
3	80	76,41	72,27	36,67	36,11	55,38	42,32
2	80	79,95	76,90	31,24	46,83	56,75	49,49
1	80	44,12	43,09	30,32	29,08	26,57	25,08

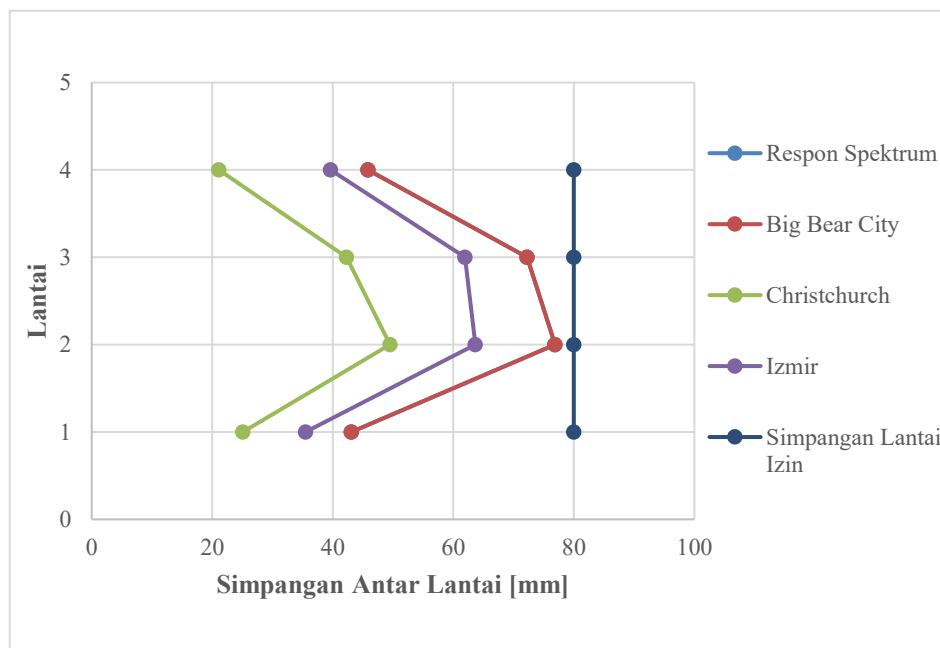
Tabel 9. Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Seismik (lanjutan)

Lantai	Δ [mm]	Δ_X Izmir [mm]	Δ_Y Izmir [mm]
4	80	44,79	39,63
3	80	66,15	61,93
2	80	62,06	63,67
1	80	36,23	35,47

Simpangan antar lantai arah X dan arah Y yang terjadi, ternyata masih berada di bawah simpangan antar lantai yang diizinkan (Δ).



Gambar 5. Simpangan Antar Lantai Arah X



Gambar 6. Simpangan Antar Lantai Arah Y

3.5. Rasio Kapasitas Penampang

Pemeriksaan rasio kapasitas penampang kayu laminasi Laban belum dapat dilakukan pada perangkat lunak ETABS, maka pemeriksaan elemen struktural (balok dan kolom) dilakukan dengan perhitungan manual berdasarkan SNI 7973:2013. Perhitungan manual ini perlu memperhatikan gaya-gaya yang terjadi pada elemen struktural. Dengan hierarki struktur gedung harus memiliki kolom kuat dan balok lemah, maka pengecekan rasio kapasitas penampang menjadi sangat penting terutama kolom. Kolom tidak boleh mengalami kegagalan, sehingga perlu diperiksa perilaku lentur, aksial dan kombinasi aksial lentur.

Gaya lentur yang terjadi pada kolom dari perangkat lunak ETABS kemudian dibandingkan dengan kapasitas penampang kolom kayu laminasi Laban sesuai SNI 7973:2013. Rasio antara gaya lentur maksimum yang terjadi terhadap kapasitas penampang kolom kayu laminasi Laban ternyata menunjukkan hasil kurang dari satu yaitu 0,32; sehingga dapat dinyatakan bahwa kolom kayu laminasi Laban memiliki kekuatan yang memadai dalam menahan beban yang terjadi. Begitu pula gaya aksial juga kombinasi aksial dan lentur, semua hasil rasio kapasitas penampangnya memiliki nilai yang baik yaitu kurang dari satu.

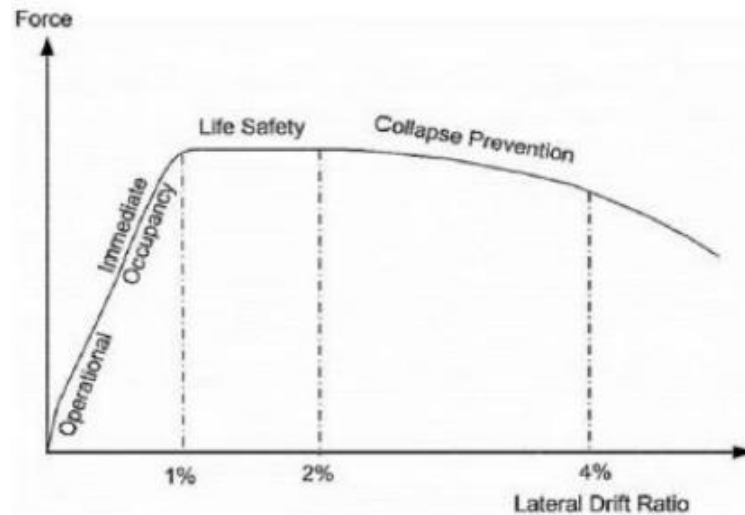
3.6. Tingkat Kinerja Berdasarkan FEMA 356

Tingkat kinerja dapat dihitung dari nilai target perpindahannya (δ_t) dengan menggunakan riwayat waktu berdasarkan FEMA 356. Parameter yang mempengaruhi δ_t terlihat pada Tabel 10. C_0 dipengaruhi oleh struktur bangunan di atas 5 lantai, C_1 dipengaruhi oleh $T_e \leq T_s$, C_2 dipengaruhi oleh asumsi *frame type 2* dan *immediate occupancy*, C_3 dipengaruhi oleh kekakuan pasca leleh positif dan C_m dipengaruhi oleh massa efektif bernilai 1 (*number of stories 3 or more* dan *other*) (FEMA 356, 2020). Nilai target perpindahan dan rasio drift lateral dapat dilihat pada Tabel 10. Berdasarkan FEMA 356, nilai rasio drift lateral didapatkan dari perbandingan antara δ_t terhadap tinggi keseluruhan.

Dari Tabel 10 dan Gambar 9 di bawah, tingkat kinerja struktur gedung perbelanjaan Fashion Gallery berada pada tingkat LS (*Life Safety*). Hal ini terlihat dari rasio *drift* lateral, baik pada arah X maupun arah Y, ternyata berada di rentang 1%–2%. Pada tingkat kinerja LS, struktur gedung perbelanjaan Fashion Gallery ternyata hanya mengalami kerusakan pada elemen baloknya tanpa mengalami kerusakan pada elemen kolomnya, sehingga penghuninya mengevakuasi ketika terjadi beban seismik.

Tabel 10. Level Kinerja Struktur Berdasarkan FEMA 356 Akibat Beban Seismik

Beban Seismik	Arah	T [detik]	C_0	C_1	C_2	C_3	R	S_a	δ_t [m]	Lateral Drift Ratio [%]	Level Kinerja
Respon Spektra	X	0,610	1,35	1,42	1	1	9,305	1,194	0,211	1,321	LS
	Y	0,610	1,35	1,51	1	1	9,293	1,193	0,216	1,059	LS
Big Bear City	X	0,592	1,35	1,28	1	1	9,291	1,230	0,170	1,063	LS
	Y	0,583	1,35	1,22	1	1	9,299	1,247	0,170	1,062	LS
Christchurch	X	0,539	1,35	1,33	1	1	9,30	1,351	0,169	1,055	LS
	Y	0,561	1,35	1,28	1	1	9,302	1,296	0,169	1,059	LS
Izmir	X	0,593	1,35	1,22	1	1	9,299	1,228	0,170	1,064	LS
	Y	0,551	1,35	1,31	1	1	9,299	1,321	0,169	1,057	LS



Gambar 7. Level kinerja struktur

4. KESIMPULAN

Penggunaan material konstruksi alternatif berupa kayu laminasi Laban pada struktur gedung perbelanjaan Fashion Gallery di Kota Bandung, ternyata menunjukkan hasil tingkat kinerja yang baik. Respon struktur gedung perbelanjaan yang ditinjau berdasarkan jumlah dan arah ragam getar, periode, gaya geser dasar, simpangan antar lantai, juga tingkat kinerjanya berdasarkan FEMA 356. Struktur gedung kayu laminasi Laban ini memiliki fleksibilitas yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan material konstruksi lainnya yaitu beton ataupun baja. Nilai periode yang didapatkan dari luaran hasil pemodelan pada perangkat lunak ETABS cukup merefleksikan struktur gedung yang sebenarnya yaitu 0,8 detik pada arah X dan arah Y. Struktur gedung perbelanjaan Fashion Gallery yang cukup simetris pada arah X dan arah Y, juga menghasilkan gaya geser dasar yang hampir sama pada kedua arah. Oleh karena itu, bentuk struktur gedung mempengaruhi gaya geser dasar. Simpangan antar lantai pada arah X dan arah Y yang terjadi memiliki nilai yang masih di bawah batas aman, dengan nilai maksimum ± 79 mm.

Penilaian tingkat kinerja struktur gedung pebelanjaan dilakukan dengan metode riwayat waktu berdasarkan FEMA 356. Metode ini menggunakan 3 (tiga) data rekaman seismik, yang memiliki karakteristik hampir sama dengan beban seismik di Kota Bandung. Adapun data rekaman seismik yang dipilih adalah gempa Big Bear City, Christchurch, dan Izmir. Berdasarkan FEMA 356, tingkat kinerja struktur gedung perbelanjaan Fasion Gallery termasuk dalam LS (*Life Safety*). Tingkat kinerja struktur ini mampu memberikan kesempatan bagi pengunjung gedung perbelanjaan Fashion Gallery untuk mengevakuasi diri ketika terjadi beban seismik. Oleh karena itu, kayu laminasi Laban dapat direkomendasi sebagai salah satu pilihan material konstruksi alternatif untuk diaplikasikan pada proyek konstruksi gedung di Indonesia. Kayu laminasi Laban ternyata tidak hanya kuat secara struktural, namun juga dapat menjadi salah satu material konstruksi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurachman, A. & Hadjib, N. (2009). Sifat Fisik dan Mekanik Papan Lamina Campuran Kayu Mangium dan Sengon. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 27(3).

- Abdurrahman, I.N., Gultom, H.J., & Desmaliana, E. (2018). Kajian Eksperimental Sifat Mekanik Panel Cross Laminated Timber Kayu Sengon dan Kayu Jabon. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 4(4), 78–87. <https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/rekaracana/article/view/2445>
- Aldiansyah, M., Ratnayanti, K.R., & Desmaliana, E. (2019). Kajian Teknis Waktu dan Biaya pada Perbandingan Struktur Atap Kayu dan Struktur Atap Baja Ringan. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 1(5), 118–129. <https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/rekaracana/article/view/2752>
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). SNI 7973:2013 tentang Spesifikasi Desain untuk Konstruksi Kayu. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1727:2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Cahyono, T.D., Wahyudi, I., Priadi, T., Febrianto, F., & Ohorella, S. (2014). Analisa Modulus Geser dan Pengaruhnya terhadap Kekakuan Panel Laminasi Kayu Samama (*Antocephallus Macrophyllus*). *Jurnal Teknik Sipil*, 21(2).
- Desmaliana, E. (2017). Kajian Eksperimental Perilaku Lentur Balok Laminasi Lengkung dari Kayu Jabon. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 3(3), 12–19. <https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/rekaracana/article/view/1640>
- Diredja, N.V. (2012). Analisis Dinamik Riwayat Waktu Gedung Beton Bertulang Akibat Gempa Utama dan Gempa Susulan. *Dinamika Teknik Sipil*, 12(1), 70–77.
- Diredja, N.V. (2018). Kajian Perbandingan Kuat Tumpu Baut Sejajar Serat Hasil Uji Eksperimental dan SNI 7973:2013. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 3(4), 40–47. <https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/rekaracana/article/view/2337>
- Diredja, N.V., Desmaliana, E., & Prasetyo, R. (2019). Analisis Kinerja Struktur Bangunan Rumah Tinggal dengan Kayu Glulam Mahoni. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 3(3), 205–216. <https://doi.org/10.26760/jrh.v3i3.3431>
- Federal Emergency Management Agency. (2000). FEMA 356 Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings. Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- Firdausy, A.I., Waluyohadi, I., & Arifin, E. (2020). Desain Struktur Kayu dengan Metode LRFD. UB Press, Malang.
- Herbudiman, B., Rialita, N.R., & Pranata, Y.A. (2020). Studi Kajian Perilaku Bangunan Gedung Kayu Bertingkat Rendah dengan Analisis Time History. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(2), 172–182. <https://doi.org/10.28932/jts.v16i2.2833>
- Hermanto, R. (2015). Studi Eksperimental Hubungan Balok-Kolom Glulam dengan Penghubung Baja Ulir. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 9(2).
- Hilmi, M., Erizal, & Febrita, J. (2021). Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat dengan Metode Analisis Respon Spektrum Berdasarkan SNI 1726:2019. *J-SIL (Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan)*, 6(3), 143–158. <https://doi.org/10.29244/jsil.6.3.143-158>
- Julianto, B.T., Desimaliana, E., & Diredja, N.V. (2023). Respon Struktur Gedung Belajar Baru SMAN 1 Margaasih terhadap Penggunaan Material Kayu Durian Gergajian dan Laminasi. *JoSC (Journal of Sustainable Construction)*, 2(2), 38–47. <https://doi.org/10.26593/josc.v2i2.6658>
- Juniawan, E., Santosa, A.W.B., & Jokosisworo. (2015). Analisa Kekuatan Sambungan Kayu Laban (*Vites pinnata* L.) pada Konstruksi Gading Kapal Tradisional. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 3(1), 73–82. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/7917>
- Kamarudin, A. & Erizal. (2021). Analisis Kekuatan Struktur Bangunan Dermaga Kayu di Babo Teluk Bintuni, Papua Barat. *J-SIL (Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan)*, 6(2), 81–96. <https://doi.org/10.29244/jsil.6.2.81-96>
- Mardikanto, T.R., Karlinasari, L., & Bahtiar, E.T. (2011). Sifat Mekanis Kayu. IPB Press, Bogor.
- Pranata, Y.A., Suroso, F.A., & Herbudiman, B. (2021). Evaluasi Level Kinerja Bangunan Gedung Kayu Bertingkat Rendah Akibat Beban Gelombang. *BENTANG Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 9(1), 25–36. <https://doi.org/10.33558/bentang.v9i1.2197>
- Prasojo, R.S. (2017). Analisa Struktur Gedung 8 Lantai dari Material Kayu terhadap Beban Gempa. *JKTS (Jurnal Kajian Teknik Sipil)*, 2(1). <https://doi.org/10.52447/jkts.v2i1.582>
- Saputra, A., Sughiarta, I.W., & Rofaida, A. (2015). Kinerja Kolom Kayu Hollow Laminasi pada Berbagai Variasi Lubang. *Spektrum Sipil*, 2(2). 190–203.

- Sudarman & Attar, M. (2020). Study of Vernacular House Endurance in South Sulawesi to Earthquake as a Result of Quality Change in Structure Material. *Vitruvian Jurnal Arsitek, Bangunan & Lingkungan*. 10(1), 61–68.
- Sudarman, Mendila, H., Febriansyah, M.C., & Ibrahim, A. (2020). Penerapan Kayu Laminasi "Glulam" sebagai Material Utama pada Struktur Bangunan Children Centre. *TIMPALAJA: Arcitecture Student Journal*, 2(1), 58–67. <https://doi.org/10.24252/timpalaja.v1i2a7>
- Sugiri, S., Alamsyah, E.M., & Usman, A.P. (2013). Mapping of Indonesian Timber: Potential of Glulam Wooden Beams without Reinforcement and with Reinforcement for Timber Structures. *The 2nd International Conference on Sustainable Infrastructure and Built Environment*, (Bandung, 19-20 November 2013).
- Sugiri, S., Alamsyah, E.M., & Usman, A.P. (2016). Potential of Reinforced Indonesian Glulam Beams Using Grade I (Bengkirai), Grade II (Kamper), Grade III (Nyatoh) Woods for Use in Structural Wood Design. *ournal of Engineering and Technological Sciences ITB*, 48(2).
- Sulistyawati, I., Nugroho, N., Surjokusumo, S., & Hadi, Y.S. (2008). Kemampuan Defleksi dan Hubungannya Terhadap Kekakuan Lentur Balok Laminasi Kayu A. Mangium. *Jurnal Sipil*, 8(2).
- Suwantara, I.K. & Suryantini, P.R. (2014). Kinerja Sistem Struktur Rumah Tradisional Ammu Hawu dalam Merespon Beban Seismik. *Jurnal Pemukiman*, 9(2), 102–114.
- Suyanto, I.R. (2020). Perilaku Cross-Laminated Timber (CLT) Sebagai Material Utama Bangunan Tingkat Menengah Tahan Gempa di Indonesia. *Rekayasa Sipil*, 14(3), 204–210.
- Taufik, R., Desmaliana, E., & Pribadi, A. (2019). Studi Perbandingan Analisis Struktur Rumah 2 Lantai Menggunakan Kayu Glulam dan Kayu Solid Terhadap Beban Gempa. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 10(5), 85–94. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v5i1.85>
- Usman, A.P., Nasution, A., & Sugiri, S. (2013). Bending Capacity of Glulam Timber. *The 6th Civil Engineering Conference in Asia Region (CECAR-6)*, (Jakarta, 20-22 Agustus 2013).
- Usman, A.P. & Sugiri, S. (2015). Analysis of the Strength of Timber and Glulam Timber Beams with Steel Reinforcement. *Journal of Engineering and Technological Sciences ITB*, 47(6), 601–611.
- Yupa, E.S., Agymys, T.A., Fernando, V.E., Sidabutar, Y.F.D., & Suciati, H. (2024). Analisis Penggunaan Kayu sebagai Bahan Konstruksi dalam Pembangunan: Studi Kasus dan Observasi Lapangan. *Zona Sipil: Jurnal Ilmiah*, ()_, 1–6.