OPEN ACCESS

Smong, Journal of Disaster Management

Vol 3, No 1, tahun, 01 – 13
P-ISSN: and E- ISSN:
https://ejournal.unmuha.ac.id/index.php/pmb/index

EVALUASI PENGGUNAAN KOLOM KOMPOSIT SEBAGAI STRATEGI MITIGASI STRUKTURAL GEMPA PADA BANGUNAN PENDIDIKAN DI KOTA BANDA ACEH

EVALUATION OF COMPOSITE COLUMN UTILIZATION AS A STRUCTURAL SEISMIC MITIGATION STRATEGY FOR EDUCATIONAL BUILDINGS IN BANDA ACEH

Riska Amalia 1*[a], Munawir 2[b]
[a,b,] Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Aceh, Banda Aceh, Indonesia

Info Artikel:
- Artikel Masuk: 19/06/2026 Artikel diterima: 30/06/2026

ABSTRAK (dalam Bahasa Indonesia)

Kota Banda Aceh merupakan wilayah dengan tingkat kerawanan gempa yang tinggi sehingga bangunan pendidikan harus dirancang memiliki ketahanan struktur yang memadai untuk menjamin keselamatan pengguna. Salah satu alternatif peningkatan kapasitas struktur adalah penggunaan kolom komposit yang menggabungkan material baja dan beton. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penggunaan kolom komposit terhadap ketahanan gempa bangunan pendidikan melalui studi kasus Gedung Belajar Universitas Bina Bangsa Getsempena Banda Aceh. Analisis dilakukan dengan membandingkan kinerja struktur eksisting yang menggunakan kolom baja profil H 300×300×10×15 dengan model struktur kolom komposit tipe *concrete encased column* berukuran 45×45 cm menggunakan perangkat lunak SAP2000 v25. Metodologi penelitian menggunakan analisis numerik berbasis pemodelan struktur tiga dimensi dengan pendekatan respons spektrum sesuai SNI 1726:2019. Pembebanan mengacu pada SNI 1727:2020, SNI 1726:2019, dan SNI 1729:2020. Parameter yang dianalisis meliputi kapasitas aksial, gaya geser dan evaluasi kinerja seismik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kolom komposit meningkatkan kapasitas aksial sebesar 12,61% pada beban dinamik. Kapasitas geser meningkat sebesar 1,19% pada beban dinamik. Selain itu, seluruh rasio interaksi PMM berada di bawah 1,0 dan simpangan antar lantai memenuhi batas yang diizinkan berdasarkan ketentuan desain seismik. Hasil ini menunjukkan bahwa kolom komposit mampu meningkatkan kekakuan, stabilitas, dan ketahanan gempa bangunan pendidikan serta mendukung konsep Sekolah Aman Bencana (SPAB) sebagai tempat evakuasi, pusat pengungsian, dan fasilitas publik pascabencana di wilayah rawan gempa.

Kata Kunci : baja, concrete encased, kinerja struktur, kolom, komposit

ABSTRACT

Banda Aceh is located in a highly seismic region, requiring educational buildings to possess adequate structural resistance to ensure occupant safety. One alternative for improving structural performance is the use of composite columns that combine steel and concrete materials. This study aims to analyze the effect of composite columns on the seismic resistance of educational buildings through a case study of the Learning Building of Universitas Bina

Bangsa Getsempena, Banda Aceh. Structural performance was evaluated by comparing the existing steel column system (H 300×300×10×15 profile) with a concrete-encased composite column system measuring 45×45 cm using SAP2000 v25 software. The research methodology employs a numerical analysis based on three-dimensional structural modeling with a response spectrum approach in accordance with SNI 1726:2019. Structural loads were applied according to SNI 1727:2020, SNI 1726:2019, and SNI 1729:2020 standards. The evaluated parameters included axial capacity, shear force, and seismic performance evaluation. The results indicate that composite columns increased axial capacity by 12.61% under dynamic loading, while shear capacity increased by 1.19%. Furthermore, all PMM interaction ratios remained below 1.0 and inter-story drift values satisfied seismic design requirements. These findings demonstrate that composite columns enhance structural stiffness, stability, and earthquake resistance, while also supporting the concept of Disaster-Safe Schools (SPAB) as evacuation shelters, temporary refugee centers, and post-disaster public facilities in earthquake-prone areas.

Keyword: *steel, concrete encased, structural performance, columns, composite*

Cara men-sitasi (IEEE Style):
Nama belakang, Nama depan., & Nama belakang 2, Nama depan 2. (Tahun). Judul artikel. Smong, Jurnal Manajemen Bencana, vol*(no), Halaman-halaman.*

1. PENDAHULUAN

Aceh merupakan salah satu wilayah dengan tingkat aktivitas seismik tertinggi di Indonesia akibat keberadaan zona subduksi dan Sesar Sumatra yang aktif [1]. Pengalaman bencana gempa dan tsunami tahun 2004 menunjukkan pentingnya penerapan prinsip bangunan tahan gempa, khususnya pada bangunan publik dan fasilitas pendidikan yang memiliki tingkat okupansi tinggi [2].

Dalam hal pendidikan tinggi, gedung belajar memiliki peran penting sebagai fasilitas utama yang mendukung proses perkuliahan dan kegiatan akademik lainnya, di mana kualitas sarana dan prasarana sangat memengaruhi proses pembelajaran dan output lulusan [3]. Oleh karena itu, pemilihan sistem struktur yang memiliki kapasitas, kekakuan dan stabilitas yang baik menjadi aspek penting dalam perencanaan bangunan. Bangunan pendidikan harus mampu mempertahankan kinerja strukturalnya selama dan setelah kejadian gempa agar dapat melindungi pengguna serta mendukung keberlanjutan aktivitas Pendidikan [4].

Perencanaan struktur suatu bangunan harus dapat memenuhi kriteria seperti mempunyai kekuatan (*strength*) yang cukup untuk menahan beban sesuai dengan fungsi bangunan. Selain itu, bangunan tersebut juga Bangunan harus menjamin kenyamanan (*serviceability*), keselamatan (*safety*), dan keandalan fungsi sesuai umur rencana (durability) [5]. Kekuatan rencana dari suatu kolom adalah berbanding lurus antara faktor reduksi kekuatan dan kekuatan nominalnya [6]. Kolom merupakan bagian rangka utama struktur yang berfungsi menahan beban dari lantai atas dan mendistribusikannya ke lantai bawah sampai ke bagian pondasi [7]. Pada wilayah seperti Kota Banda Aceh yang berada pada zona seismik aktif, perencanaan struktur menjadi semakin krusial karena tingginya potensi beban gempa yang dapat memicu kerusakan struktur. Kondisi ini diperparah oleh masih adanya bangunan pendidikan yang belum sepenuhnya dirancang berdasarkan standar ketahanan gempa terbaru. Selain itu, bangunan pendidikan memiliki jumlah pengguna yang relatif banyak dalam satu waktu, sehingga risiko yang ditimbulkan akibat kegagalan struktur menjadi lebih besar. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi terhadap sistem struktur yang digunakan pada bangunan pendidikan guna

meningkatkan ketahanan terhadap beban gempa, sehingga bangunan tetap mampu melindungi pengguna dan mempertahankan fungsinya pasca gempa.

Baja struktur adalah suatu jenis baja yang berdasarkan pertimbangkan ekonomi, kekuatan sifatnya, cocok untuk pemikul beban [8]. Beberapa keunggulan baja sebagai material struktur adalah mempunyai kekuatan tinggi. Kekuatan ini diukur menggunakan tegangan lelehnya (Fy) atau batas tegangan tarik (Fu), sehingga menjadikan kekuatan terendah baja masih unggul dari material lain [9]. Namun demikian, kekakuannya relatif lebih rendah serta rentan terhadap korosi pada lingkungan pesisir. Kondisi tersebut dapat memengaruhi durabilitas dan kinerja struktur dalam jangka panjang, sehingga diperlukan sistem struktur yang memiliki ketahanan lebih baik terhadap korosi dan kebakaran [10]. Konsep kolom komposit didasarkan pada pemanfaatan keunggulan masing-masing material, di mana beton memiliki kemampuan yang baik dalam menahan beban tekan, sedangkan baja unggul dalam menahan beban Tarik [11]. Kombinasi kedua material tersebut menghasilkan elemen struktur dengan kapasitas yang lebih tinggi, efisiensi dimensi penampang, serta kinerja yang lebih baik terhadap beban lateral dan gempa [12]. Meskipun memiliki berbagai keunggulan, penerapan teknologi kolom komposit pada bangunan institusi pendidikan di Indonesia masih relatif terbatas, sehingga diperlukan kajian lebih lanjut untuk mengevaluasi efektivitas penggunaannya [13]. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kolom komposit memiliki kapasitas aksial dan lentur yang lebih tinggi dibandingkan kolom baja maupun beton konvensional. Namun, kajian mengenai efektivitas penggunaan kolom komposit pada bangunan pendidikan di wilayah rawan gempa masih terbatas, khususnya di Kota Banda Aceh.

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penggunaan kolom komposit terhadap ketahanan gempa bangunan pendidikan melalui studi kasus Gedung Belajar Universitas Bina Bangsa Getsempena. Dalam melakukan analisis desain struktur bangunan perlu adanya gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur [14]. Beberapa faktor seperti beban mati, beban hidup dan beban gempa dapat mempengaruhi kekuatan dalam suatu konstruksi gedung [15]. Kemudian analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak SAP2000 versi 25 dengan pemodelan struktur sebagai portal ruang, karena perangkat lunak ini mampu menganalisis gaya dalam, deformasi, dan respons struktur secara komprehensif pada bangunan sederhana maupun kompleks [16]. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi rekomendasi dalam pengembangan desain bangunan Pendidikan terhadap bencana gempa.

2. METODE

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada Gedung Belajar Universitas Bina Bangsa Getsempena yang berlokasi di Kota Banda Aceh. Bangunan terdiri atas tiga lantai dan berada pada kawasan yang memiliki potensi ancaman gempa bumi.

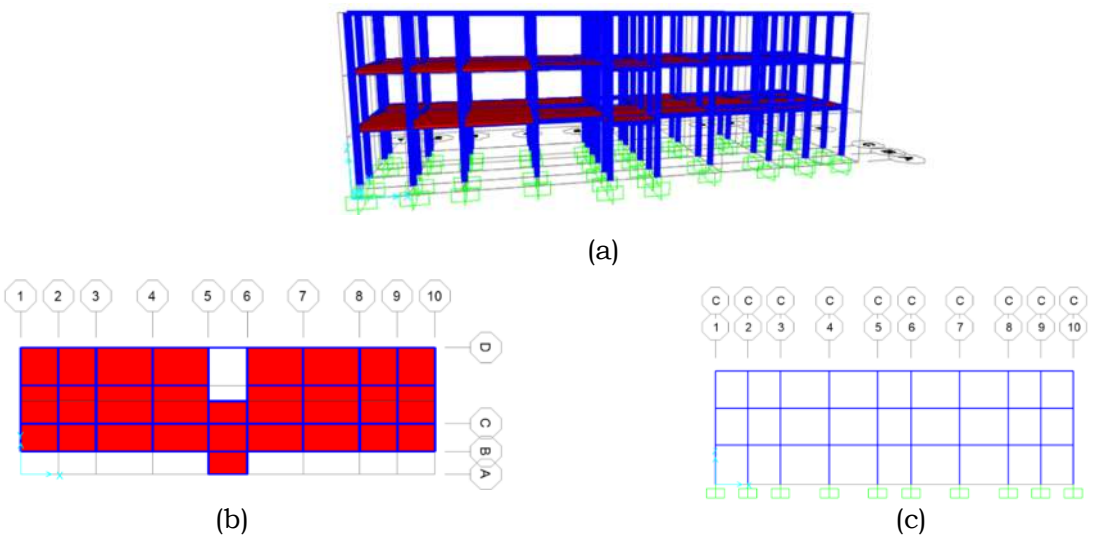
2.2. Pengumpulan Data

Data pada penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh langsung oleh peneliti di lapangan berupa dokumentasi lapangan. Sementara itu, data sekunder adalah diperoleh dari berbagai sumber yang telah tersedia sebelumnya, seperti buku, jurnal, laporan, atau dokumen lainnya untuk melengkapi serta mendukung kebutuhan data dalam penelitian.

2.3. Pemodelan Struktur

Objek penelitian dalam studi ini merupakan gedung bertingkat dengan jumlah 3 lantai, di mana tinggi antar lantai adalah sekitar 3,6 m untuk lantai 1 dan 3,4 m untuk lantai berikutnya, sehingga total tinggi bangunan mencapai sekitar 10,4 m. Struktur bangunan dimodelkan sebagai portal ruang. Sistem struktur eksisting menggunakan struktur baja berupa portal rangka momen (*moment resisting frame*) dengan elemen utama berupa kolom dan balok baja. Kolom menggunakan profil baja H 300×300×10×15 (BJ 41), sedangkan balok menggunakan profil baja I 250×125×6×9 dan I 300×150×6,5×9.

Dalam penelitian ini, dilakukan modifikasi pada elemen kolom dengan mengganti kolom baja *eksisting* menjadi kolom komposit tipe *concrete encased*, yaitu profil baja H 300×300×10×15 yang dibungkus beton dengan dimensi penampang 450×450 mm. Pemodelan struktur dianalisis menggunakan perangkat lunak SAP2000 versi 25 dengan pendekatan model portal ruang (*space frame*), di mana struktur dimodelkan sebagai sistem portal tiga dimensi (3D) yang terdiri dari dua kondisi, yaitu kolom baja sebagai struktur eksisting dan model dengan kolom komposit sebagai struktur modifikas



Gambar 1. Pemodelan Struktur

2.4. Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur portal diperhitungkan dengan menggunakan software SAP2000 v25. Beban-beban yang bekerja akan menjadi bahan perhitungan awal dalam merencanakan struktur untuk mendapatkan besar dan arah gaya yang bekerja. Beban yang akan di input diuraikan sebagai berikut:

1. Beban mati (dead load) mencakup berat sendiri bangunan yang dihitung secara otomatis pada software SAP2000 v25 untuk material. Selain itu, terdapat juga beban mati tambahan berdasarkan SNI 1727:2020.
2. Beban hidup (*live load*) berdasarkan penggunaan gedung sebagai ruang belajar dan koridor. Pada atap dilakukan perhitungan beban hidup atap berdasarkan SNI 1727:2020

   Beban gempa (*earthquake load*) dalam penelitian ini mengacu pada SNI 1726:2019. Penentuan parameter gempa diawali dengan klasifikasi jenis tanah berdasarkan data hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT), di mana diperoleh nilai rata-rata $\overline{(N)}$=49,645

sehingga tanah pada lokasi Gedung Belajar Universitas Bina Bangsa Getsempena dikategorikan sebagai tanah sedang (SD). Bangunan termasuk dalam kategori risiko IV sebagai fasilitas pendidikan dengan faktor keutamaan gempa (Ie) =1,5. Parameter percepatan spektral diperoleh dari situs resmi peta gempa Indonesia menggunakan koordinat lintang 5°35'04.0" dan bujur 95°21'24.5", yang menghasilkan nilai Ss = 1,50 dan S1= 0,60. Berdasarkan klasifikasi tanah tersebut diperoleh nilai percepatan spektral desain SDS =1,00dan SD1= 0,68, sehingga struktur termasuk dalam kategori desain seismik tinggi dengan sistem struktur rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Sistem penahan gaya seismik yang digunakan adalah rangka baja pemikul momen khusus serta rangka komposit baja-beton pemikul momen khusus dengan parameter yang sama, yaitu koefisien modifikasi respons (R) = 8, faktor kuat lebih sistem (Ω_o) = 3, dan faktor pembesaran defleksi Cd = 5,5.

Seluruh beban-beban yang diperhitungkan di input menggunakan faktor pembesaran dan kombinasi (*load combination*). Kombinasi beban yang diperhitungkan harus disesuaikan dengan beban-beban yang direncanakan sebelumnya.

2.5. Analisa Struktur

Analisa struktur pada perencanaan ini digunakan analisa frame 3D menggunakan software SAP2000 versi 25, penggunaan aplikasi ini untuk mendapatkan besarnya gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur.

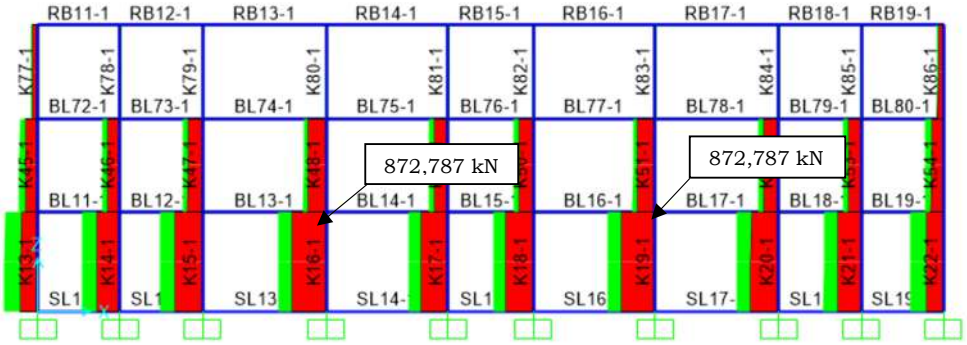
2.6. Analisa Rasio Kapasitas Penampang

Analisa Rasio Kapasitas Penampang dilakukan dengan melakukan perbandingan antara rasio kapasitas kolom komposit. Dimana nilai yang dipilih adalah hasil dari output software SAP2000 v25. Selain itu, dianalisa juga besar nilai perpindahan (displacement) akibat gaya lateral yang terjadi.

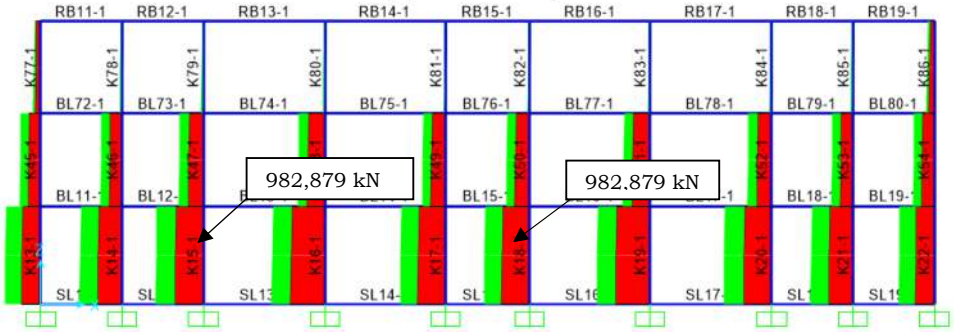
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kapasitas Aksial Kolom

Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan kolom komposit meningkatkan kapasitas aksial struktur secara signifikan. Pada pembebanan dinamik peningkatan mencapai 12,61%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa kombinasi baja dan beton mampu menghasilkan kapasitas tekan yang lebih besar dibandingkan kolom baja tunggal. Kondisi tersebut sangat penting pada bangunan di daerah rawan gempa karena kolom harus mampu menahan kombinasi beban gravitasi dan beban lateral secara bersamaan. Peningkatan kapasitas aksial pada kolom komposit terjadi karena adanya mekanisme kerja bersama (*composite action*) antara inti baja dan beton pembungkus. Baja memberikan kontribusi terhadap kekuatan tarik dan daktilitas struktur, sedangkan beton berfungsi meningkatkan kapasitas tekan serta menunda terjadinya tekuk lokal pada profil baja. Sinergi kedua material tersebut menghasilkan elemen struktur yang lebih kuat dan stabil dalam menerima beban yang bekerja selama umur layan bangunan.



(a) Kolom Baja



(b) Kolom Komposit

Gambar 2. Diagram Portal Pu Beban Dinamis Maksimum

Dari perspektif mitigasi bencana, peningkatan kapasitas aksial merupakan indikator penting dalam meningkatkan keandalan bangunan terhadap bahaya gempa bumi. Saat terjadi gempa, kolom menjadi elemen utama yang harus tetap mampu menopang beban vertikal bangunan meskipun menerima gaya lateral yang besar. Kegagalan kolom akibat kapasitas tekan yang tidak memadai dapat memicu keruntuhan sebagian maupun keruntuhan progresif bangunan yang berpotensi menyebabkan korban jiwa dan kerugian ekonomi yang besar. Oleh karena itu, peningkatan kapasitas aksial yang dicapai melalui penggunaan kolom komposit berkontribusi langsung terhadap peningkatan keselamatan struktur.

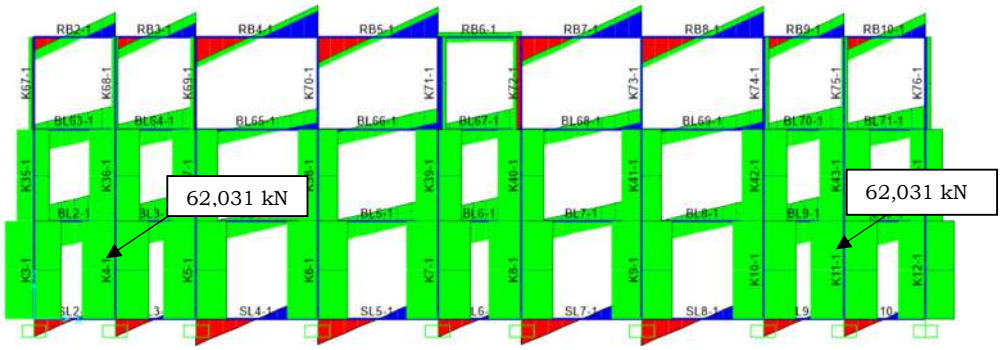
Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas aksial pada kondisi pembebanan dinamik lebih tinggi dibandingkan pembebanan statik. Hal ini mengindikasikan bahwa kolom komposit memiliki respons yang lebih baik terhadap pengaruh gempa yang bersifat dinamis. Kemampuan tersebut sangat dibutuhkan pada bangunan publik seperti gedung pendidikan, perkantoran, dan fasilitas pelayanan masyarakat yang diharapkan tetap berfungsi setelah terjadinya bencana. Dalam konsep resilient infrastructure, struktur yang memiliki kapasitas lebih besar terhadap beban gempa akan memiliki peluang yang lebih tinggi untuk mempertahankan fungsi operasionalnya selama dan setelah kejadian bencana.

Bagi Kota Banda Aceh yang berada pada kawasan dengan tingkat bahaya gempa tinggi akibat pengaruh zona subduksi Sumatra, penerapan kolom komposit dapat menjadi salah satu strategi mitigasi struktural yang efektif. Selain meningkatkan kapasitas struktur, penggunaan kolom komposit juga mendukung upaya pengurangan risiko bencana melalui penyediaan bangunan yang lebih aman, tahan terhadap kerusakan, serta

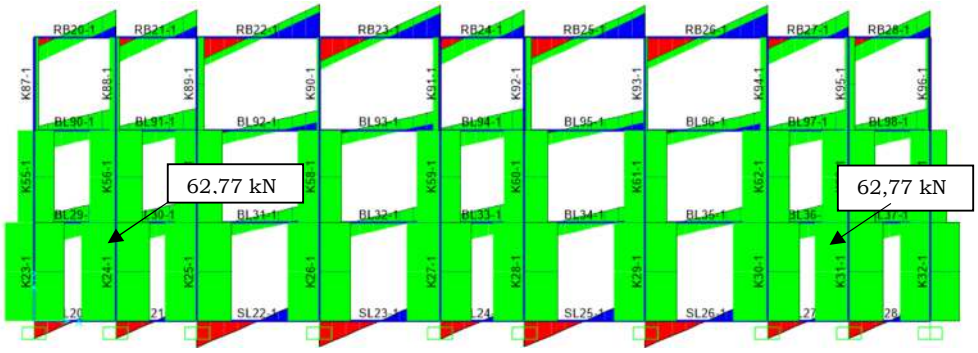
mampu melindungi pengguna bangunan ketika terjadi gempa bumi. Dengan demikian, peningkatan kapasitas aksial yang diperoleh tidak hanya memberikan keuntungan dari sisi teknis struktur, tetapi juga memiliki nilai strategis dalam mendukung pembangunan infrastruktur publik yang tangguh bencana.

3.2 Kapasitas Geser Struktur

Kapasitas gaya geser meningkat sebesar dan 1,19% pada pembebanan dinamik. Hasil ini menunjukkan bahwa kolom komposit memberikan kontribusi terhadap peningkatan kemampuan struktur dalam menahan gaya lateral akibat gempa. Peningkatan kapasitas geser tersebut menunjukkan bahwa kombinasi material baja dan beton mampu bekerja secara efektif dalam mendistribusikan gaya-gaya horizontal yang timbul selama terjadi peristiwa seismik. Beton pembungkus berperan meningkatkan kekakuan elemen struktur, sedangkan profil baja di dalam kolom memberikan tambahan kekuatan dan daktilitas yang dibutuhkan untuk merespons beban gempa yang bersifat dinamis.



(a) Kolom Baja



(b) Kolom Komposit

Gambar 3. Diagram Portal Vu Beban Dinamis Maksimum

Dalam konteks mitigasi bencana gempa, kapasitas geser merupakan salah satu parameter penting yang menentukan kemampuan suatu bangunan untuk bertahan terhadap gaya lateral. Ketika gempa terjadi, gaya inersia yang dihasilkan akan bekerja secara horizontal dan menyebabkan bangunan mengalami deformasi, pergeseran, maupun konsentrasi tegangan pada elemen-elemen struktural. Apabila kapasitas geser

elemen struktur tidak mencukupi, maka terjadi retak geser, kegagalan sambungan hingga keruntuhan parsial maupun total bangunan. Oleh karena itu, peningkatan kapasitas geser yang diperoleh pada kolom komposit menjadi indikator bahwa struktur memiliki tingkat keamanan yang lebih tinggi terhadap potensi kerusakan akibat gempa bumi.

Dari perspektif pengurangan risiko bencana, peningkatan kemampuan menahan gaya lateral tidak hanya berpengaruh terhadap keselamatan struktur utama, tetapi juga berkontribusi dalam mengurangi kerusakan elemen non-struktural seperti dinding pengisi, partisi ruangan, plafon, instalasi listrik, dan utilitas bangunan lainnya. Pada banyak kejadian gempa, kerusakan non-struktural sering menjadi penyebab terganggunya fungsi bangunan meskipun struktur utama masih berdiri. Dengan meningkatnya kapasitas geser dan kekakuan struktur, deformasi bangunan dapat dikendalikan sehingga tingkat kerusakan elemen non-struktural menjadi lebih rendah.

Temuan ini memiliki implikasi yang penting bagi bangunan publik, khususnya bangunan pendidikan yang memiliki tingkat okupansi tinggi dan berfungsi sebagai pusat aktivitas masyarakat. Dalam kondisi darurat pascagempa, bangunan pendidikan sering dimanfaatkan sebagai tempat pengungsian sementara, pusat distribusi bantuan, maupun lokasi koordinasi penanganan bencana. Oleh karena itu, kemampuan bangunan untuk mempertahankan integritas strukturnya selama dan setelah gempa menjadi aspek yang sangat penting dalam mendukung keberlangsungan fungsi pelayanan publik.

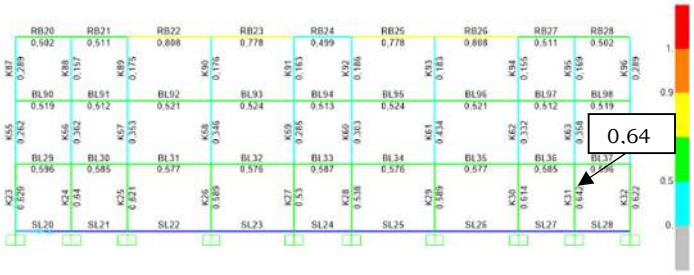
Bagi wilayah Kota Banda Aceh yang berada pada zona bahaya gempa tinggi akibat pengaruh subduksi lempeng Indo-Australia dan Eurasia serta aktivitas sesar aktif di wilayah Sumatra, penerapan kolom komposit dapat menjadi bagian dari strategi mitigasi struktural yang berorientasi pada peningkatan ketahanan infrastruktur. Peningkatan kapasitas geser yang diperoleh menunjukkan bahwa bangunan memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menyerap dan mendistribusikan energi gempa sehingga risiko keruntuhan dapat diminimalkan. Kondisi ini sejalan dengan prinsip pembangunan infrastruktur tahan bencana yang menekankan pentingnya pengurangan kerentanan fisik melalui penerapan teknologi dan material konstruksi yang lebih andal.

Selain itu, hasil penelitian ini mendukung konsep resilient infrastructure yang menjadi salah satu fokus utama dalam kerangka pengurangan risiko bencana. Infrastruktur yang memiliki kapasitas geser lebih tinggi cenderung mengalami tingkat kerusakan yang lebih rendah, membutuhkan biaya rehabilitasi yang lebih kecil, serta memiliki waktu pemulihan yang lebih cepat setelah terjadi bencana. Dengan demikian, penggunaan kolom komposit tidak hanya memberikan manfaat dari sisi teknis struktur, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan ketahanan kota, perlindungan investasi pembangunan, dan keberlanjutan pelayanan publik di wilayah rawan gempa.

3.3 Evaluasi Kinerja Seismik

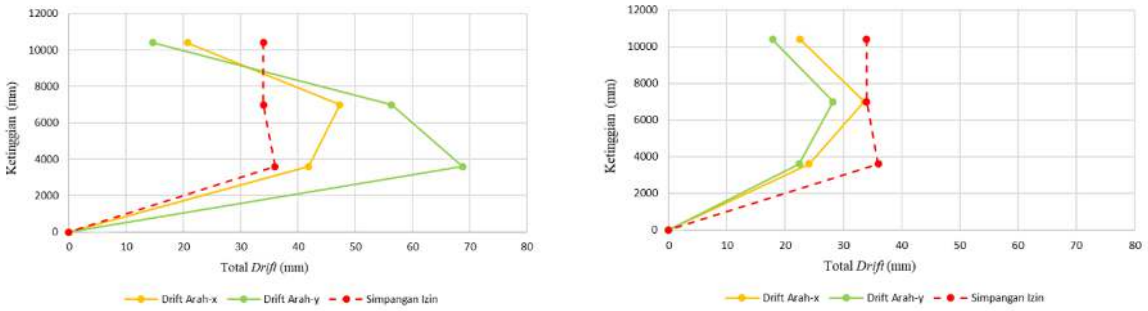
Pemeriksaan yang dilakukan untuk mengetahui kapasitasi kolom komposit adalah menggunakan interaksi aksial-momen (PMM). Seluruh kolom komposit memiliki rasio interaksi PMM di bawah 1,0 dengan nilai maksimum sebesar 0,642 di lantai 1, karena kolom ini memikul beban dari seluruh lantai di atasnya, baik beban gravitasi maupun beban lateral akibat gempa. Hal ini sesuai dengan prinsip distribusi beban vertikal pada

struktur bertingkat, di mana kolom pada lantai dasar menerima beban terbesar dan menjadi elemen yang paling kritis namun, kapasitas kolom masih berada dalam kondisi aman dan memiliki cadangan kekuatan terhadap peningkatan beban.



Gambar 5. Rasio Maksimum Portal Memanjang AS – D (1-10)

Analisis simpangan antar lantai menunjukkan bahwa struktur baja mengalami simpangan yang melampaui batas izin pada beberapa lantai. Sebaliknya, struktur komposit menghasilkan simpangan yang seluruhnya berada di bawah batas izin sesuai SNI 1726:2019. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan kolom komposit mampu meningkatkan kontrol deformasi lateral dan memperbaiki kinerja seismik bangunan pendidikan secara keseluruhan.



(a) Struktur Baja (b) Struktur Komposit

Gambar 4. Simpangan Antar Lantai Pada Struktur

Nilai rasio interaksi PMM yang berada jauh di bawah batas maksimum menunjukkan bahwa kolom komposit tidak hanya mampu menahan beban yang direncanakan, tetapi juga masih memiliki cadangan kapasitas yang cukup besar apabila terjadi peningkatan beban akibat kejadian ekstrem seperti gempa bumi yang melebihi kondisi desain normal. Dalam perspektif mitigasi bencana, keberadaan cadangan kapasitas struktur (reserve strength) merupakan faktor penting karena memberikan tingkat keamanan tambahan ketika bangunan mengalami kondisi pembebanan yang tidak terduga. Semakin besar cadangan kapasitas yang dimiliki suatu struktur, semakin kecil kemungkinan terjadinya kegagalan elemen utama yang dapat memicu keruntuhan bangunan secara progresif.

Selain aspek kekuatan, hasil penelitian menunjukkan bahwa kolom komposit mampu mengendalikan simpangan antar lantai sehingga seluruh nilai deformasi memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam SNI 1726:2019. Pengendalian simpangan merupakan salah satu indikator utama dalam desain bangunan tahan gempa karena deformasi yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan serius pada elemen struktural maupun non-struktural. Pada bangunan pendidikan, kerusakan non-struktural seperti retaknya dinding, runtuhnya plafon, pecahnya kaca, rusaknya instalasi listrik, serta terganggunya sarana pembelajaran sering kali menjadi penyebab utama terhentinya aktivitas pendidikan pascabencana. Oleh karena itu, kemampuan kolom komposit dalam membatasi deformasi lateral memberikan manfaat yang signifikan dalam menjaga keberlangsungan fungsi bangunan setelah terjadi gempa.

Dari sudut pandang pengurangan risiko bencana, hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan kolom komposit tidak hanya meningkatkan kekuatan struktur, tetapi juga mengurangi tingkat kerentanan bangunan terhadap kerusakan. Bangunan yang mampu mempertahankan stabilitas dan mengalami deformasi yang terkendali akan memberikan perlindungan yang lebih baik bagi penghuni selama proses evakuasi. Kondisi ini sangat penting pada bangunan pendidikan yang umumnya menampung banyak pengguna dalam waktu yang bersamaan, sehingga keselamatan penghuni menjadi prioritas utama dalam perencanaan struktur tahan gempa.

Temuan ini juga memiliki implikasi penting terhadap konsep functional resilience atau ketahanan fungsi bangunan. Infrastruktur pendidikan yang tetap dapat beroperasi setelah kejadian gempa akan mempercepat proses pemulihan sosial dan pendidikan masyarakat terdampak. Bahkan dalam kondisi darurat, bangunan pendidikan sering dimanfaatkan sebagai lokasi pengungsian sementara, pusat distribusi bantuan, maupun tempat koordinasi penanganan bencana. Oleh karena itu, kemampuan struktur untuk tetap berada pada kondisi aman dan tidak mengalami deformasi berlebihan merupakan bagian penting dari strategi mitigasi bencana yang berorientasi pada keberlanjutan layanan publik.

Bagi Kota Banda Aceh yang memiliki sejarah panjang kejadian gempa dan tsunami, penerapan kolom komposit pada bangunan publik dapat menjadi salah satu bentuk mitigasi struktural yang mendukung pembangunan infrastruktur tangguh bencana. Kinerja struktur yang ditunjukkan oleh rasio PMM yang aman dan simpangan antar lantai yang terkendali mencerminkan peningkatan kapasitas bangunan dalam menghadapi ancaman gempa di masa mendatang. Dengan demikian, penggunaan kolom komposit tidak hanya memberikan keuntungan teknis berupa peningkatan kekuatan dan kekakuan struktur, tetapi juga berkontribusi terhadap upaya pengurangan risiko bencana, perlindungan keselamatan masyarakat, serta pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan melalui penyediaan fasilitas publik yang lebih aman dan resilien terhadap bencana.

3.4 Implikasi Penggunaan Kolom Komposit terhadap Mitigasi Bencana Gempa pada Bangunan Publik

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kolom komposit mampu meningkatkan kapasitas aksial, kapasitas geser, kapasitas lentur, serta mengurangi deformasi lateral bangunan. Peningkatan tersebut memiliki implikasi penting terhadap upaya mitigasi bencana gempa pada infrastruktur publik, khususnya bangunan pendidikan yang memiliki tingkat okupansi tinggi.

Dalam konsep pengurangan risiko bencana, ketahanan struktur bangunan merupakan salah satu bentuk mitigasi struktural yang bertujuan mengurangi potensi kerusakan fisik dan korban jiwa ketika terjadi gempa bumi. Bangunan pendidikan termasuk kategori fasilitas publik yang harus tetap berfungsi selama maupun setelah kejadian bencana karena dapat digunakan sebagai tempat evakuasi sementara, pusat koordinasi darurat, maupun sarana pemulihan pascabencana. Oleh karena itu, peningkatan kinerja struktur melalui penggunaan kolom komposit menjadi salah satu strategi penting dalam mewujudkan infrastruktur yang tangguh terhadap bencana.

Peningkatan kapasitas aksial sebesar 12,61% pada pembebanan dinamik menunjukkan bahwa kolom komposit memiliki kemampuan lebih baik dalam menahan kombinasi beban gravitasi dan beban gempa. Kondisi ini mengurangi kemungkinan terjadinya kegagalan kolom yang merupakan elemen utama penopang bangunan. Dalam perspektif mitigasi bencana, kegagalan kolom sering kali menjadi penyebab utama keruntuhan progresif bangunan yang dapat menimbulkan korban jiwa dalam jumlah besar.

Selain itu, peningkatan kapasitas momen lentur hingga 33,25% pada pembebanan dinamik menunjukkan bahwa kolom komposit memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menyerap dan mendistribusikan energi gempa. Kemampuan ini berkontribusi terhadap peningkatan daktilitas struktur sehingga bangunan tidak mengalami keruntuhan secara tiba-tiba ketika menerima beban gempa yang besar. Struktur yang memiliki daktilitas tinggi umumnya memberikan waktu yang lebih panjang bagi penghuni untuk melakukan evakuasi sebelum terjadi keruntuhan total.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa seluruh nilai simpangan antar lantai pada struktur komposit berada di bawah batas yang diizinkan oleh SNI 1726:2019. Simpangan antar lantai yang terkendali merupakan indikator penting dalam desain bangunan tahan gempa karena berhubungan langsung dengan tingkat kerusakan elemen non-struktural seperti dinding pengisi, plafon, pintu, jendela, serta utilitas bangunan. Kerusakan pada elemen-elemen tersebut sering menjadi penyebab terganggunya fungsi bangunan pascagempa meskipun struktur utama masih berdiri. Dengan demikian, penggunaan kolom komposit tidak hanya meningkatkan keselamatan struktur tetapi juga menjaga keberlanjutan fungsi bangunan pendidikan setelah bencana.

Dari sudut pandang manajemen risiko bencana, peningkatan kekakuan struktur yang ditunjukkan oleh bertambahnya nilai reaksi tumpuan mengindikasikan bahwa bangunan memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mengendalikan respons terhadap getaran gempa. Kondisi ini sangat relevan untuk Kota Banda Aceh yang berada pada wilayah dengan tingkat bahaya gempa tinggi akibat pengaruh zona subduksi Sumatra dan aktivitas sesar lokal. Infrastruktur pendidikan yang memiliki kekakuan dan stabilitas

yang memadai akan lebih mampu mempertahankan tingkat pelayanan minimum setelah terjadi bencana.

Keunggulan lain dari kolom komposit adalah adanya lapisan beton yang melindungi profil baja dari pengaruh korosi. Karakteristik ini menjadi nilai tambah bagi bangunan publik di kawasan pesisir seperti Kota Banda Aceh yang memiliki kelembaban udara tinggi dan paparan lingkungan laut yang dapat mempercepat degradasi material baja. Dengan meningkatnya umur layan struktur, biaya pemeliharaan dapat ditekan dan tingkat keandalan bangunan dalam menghadapi bencana tetap terjaga dalam jangka panjang.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan kolom komposit tidak hanya memberikan manfaat teknis berupa peningkatan kapasitas struktur, tetapi juga mendukung pencapaian tujuan pengurangan risiko bencana melalui pembangunan infrastruktur publik yang lebih aman, tangguh, dan berkelanjutan. Temuan ini sejalan dengan prinsip Build Back Better dalam kerangka kerja pengurangan risiko bencana yang menekankan pentingnya pembangunan fasilitas publik yang memiliki tingkat ketahanan lebih tinggi terhadap ancaman bencana di masa depan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, penggunaan kolom komposit tipe *concrete encased column* terbukti mampu meningkatkan kinerja struktur bangunan pendidikan terhadap beban gempa dibandingkan dengan kolom baja konvensional. Peningkatan kapasitas aksial, dan geser menunjukkan bahwa struktur menjadi lebih kuat dan kaku, serta mampu mengurangi risiko keruntuhan saat terjadi gempa. Selain itu, parameter kinerja seperti rasio interaksi PMM dan simpangan antar lantai telah memenuhi persyaratan peraturan desain seismik, sehingga struktur dinilai aman secara teknis. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan kolom komposit dapat menjadi solusi efektif dalam meningkatkan ketahanan bangunan terhadap gempa, khususnya pada bangunan pendidikan di wilayah rawan gempa.

Sejalan dengan konsep Sekolah Aman Bencana (SPAB), hasil penelitian ini menegaskan bahwa bangunan pendidikan yang dirancang tahan gempa tidak hanya berfungsi sebagai tempat belajar, tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai tempat evakuasi sementara, pusat pengungsian, dan fasilitas publik pascabencana. Oleh karena itu, disarankan agar perencanaan bangunan sekolah ke depan tidak hanya berfokus pada aspek kekuatan struktur, tetapi juga mengintegrasikan fungsi kebencanaan secara menyeluruh.

5. REFERENSI

[1] E. W. Kaban, R. Sirait, and N. Nasution, “Analisis Energi Potensial Gempa Bumi Di Zona Subduksi Provinsi Aceh,” *Jnanaloka*, pp. 79–86, 2025, doi: 10.36802/jnanaloka.2025.v6-no2-79-86.

[2] P. Istiqamah, S. Humayra, and Huzaim, “Strengthening capacity study of reinforced concrete school building structure in Banda Aceh toward earthquakes and tsunami hazards,” *E3S Web Conf.*, vol. 340, 2022, doi: 10.1051/e3sconf/202234002005.

[3] I. H. Karbila and U. Usman, “Analisis Ketersediaan Dan Kelayakan Sarana Prasarana Perkuliahan Di Perguruan Tinggi,” *SULTANIST J. Manaj. dan Keuang.*,

vol. 9, no. 1, pp. 1–13, 2021, doi: 10.37403/sultanist.v9i1.225.
[4] A. Kristianto, D. R. Wiyono, D. Setiawan, A. Suhendra, and Y. Aji, "I N Vestigasi Da N Mitigasi Struktur Ba N Gu N a N Sekolah Akibat Gempa Bumi Cia N Jur," *J. Pengabdi. Kpd. Masy.*, vol. 3, no. 2, pp. 91–106, 2023.
[5] B. Alfandi, R. A. Safitri, and D. Purwanto, "Perencanaan High Rise Building Atau Bangunan Bertingkat Dengan Permodelan Kolom Dan Balok Transfer," *Struct. (Jurnal Sipil)*, vol. 1, no. 2, p. 1, 2022, doi: 10.31000/civil.v1i2.6929.
[6] A. Hernadi, R. Sahara, and S. U. Dewi, "Perbandingan Kekuatan Kolom Berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019," *Borneo Eng. J. Tek. Sipil*, vol. 5, no. 3, pp. 237–247, 2021, doi: 10.35334/be.v5i3.1661.
[7] R. Nursani and M. S. Al Huseinny, "Analisis Perbandingan Perilaku Struktur Gedung Dengan Kolom Komposit Dan Kolom Non Komposit," *J. Tek. Sipil*, vol. 21, no. 2, p. 196, 2022, doi: 10.26418/jtst.v21i2.50218.
[8] M. Z. Rozikin, Warsito, and B. Suprapto, "Studi Perencanaan Struktur Baja Pada Bangunan Gedung Kampus Stkip Al Hikmah Surabaya," *J. Rekayasa Sipil*, vol. 8, no. 1, pp. 23–33, 2020.
[9] M. Ghazali, A. Mauliani, B. Alamsyah, and A. L. Kusena, "BANGUNAN STRUKTUR ATAS DENGAN KONSTRUKSI BAJA," vol. xx, pp. 1–5, 2024.
[10] A. F. Muharam, E. Wahyuni, and D. Iranata, "Modifikasi Perencanaan Struktur Apartemen One East Residence Surabaya dengan Struktur Komposit Baja Beton dan Base Isolator: High Damping Rubber Bearing," *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 2, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v6i2.25114.
[11] I. W. Giatmajaya, I. G. O. Darmayasa, and N. K. S. Astati Sukawati, "Perencanaan Struktur Komposit Baja-Beton Dengan Metode Lrfd (Load And Resistance Factor Design) Ruang Kelas Lantai Iii Smk Pariwisata Labuan Bajo – Flores – Ntt," *J. Ilm. Vastuwidya*, vol. 3, no. 2, pp. 52–61, 2020, doi: 10.47532/jiv.v3i2.214.
[12] M. Z. Fauzi, E. Wahyuni, and B. Suswanto, "Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Brooklyn Alam Sutera menggunakan Struktur Komposit Baja-Beton dengan Sistem Rangka Berpengaku Eksentris," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 1, 2018, doi: 10.12962/j23373539.v7i1.29171.
[13] A. P. Alfidaus, S. O. Dapas, and B. D. Handono, "Evaluasi Teknis Penggunaan Kolom Komposit Baja Beton Pada Bangunan Bertingkat Banyak," *J. Sipil Statik*, vol. 7, no. 2, pp. 285–290, 2019, [Online]. Available: https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jss/article/view/22799
[14] F. H. Jaya, "Analisis Struktur Bangunan Terhadap Beban Horizontal Pada Gedung Rawat Inap Rumah Sakit Dadi Tjokro Dipo Bandar Lampung," *Tek. Sains J. Ilmu Tek.*, vol. 4, no. 1, pp. 17–24, 2019, doi: 10.24967/teksis.v4i1.635.
[15] S. J. Syahland and M. A. Silova, "Analisis Pembebanan Struktur Bangunan Atas Gedung Kantor Kelurahan Kampung Baru Raya Bandar Lampung," *Pros. Semin. Nas. Penelit. dan Pengabdi. Kpd. Masy.*, vol. 2, no. 1, pp. 77–91, 2022, doi: 10.24967/psn.v2i1.1488.
[16] T. Oktavia, Deffa Diana & Roesdiana, "Jurnal Konstruksi Dan Infrastruktur Teknik Sipil Dan Perencanaan," *J. Konstr. dan infrastruktur*, vol. X, no. 1, pp. 1–6, 2022, [Online]. Available: https://jurnal.ugj.ac.id/index.php/Konstruksi/article/view/6586/2754