

Analisis Respon Struktur Beton Bertulang Dengan Penambahan Tingkat Menggunakan H-Beam

Analysis of Reinforced Concrete Structure Response With Increased Level Using H-Beam

¹Faya Deva Tryansyah, ²Akhmad Nur Sahid Hidayatullah, ³Iqbal Aziz, ⁴Nazua Aulyanti Falah

¹Teknik Sipil, Teknik, Universitas Pelita Bangsa

²Teknik Sipil, Teknik, Universitas Pelita Bangsa

³Teknik Sipil, Teknik, Universitas Pelita Bangsa

⁴Teknik Sipil, Teknik, Universitas Pelita Bangsa

¹fayadevat@gmail.com, ²akhmadnursahidhidayatullah@gmail.com, ³iqbalaziz612@gmail.com,

⁴awaaulyanti17@gmail.com.

Abstract

The addition of floors to existing reinforced concrete buildings is often carried out to meet space requirements without expanding the land area. However, adding floors can affect the structural response to vertical and lateral loads, particularly seismic loads. This study aims to analyze the response of reinforced concrete structures due to floor additions by using H-beam steel elements as supplementary structures. The research method used is numerical analysis with structural modeling before and after the floor addition. The parameters analyzed include lateral displacement, internal forces in structural elements, and the structural capacity ratio. The analysis results show that the use of H-beams can increase the structural capacity and reduce lateral displacement, but proper joint design is needed to maintain deformation compatibility between concrete and steel. Thus, adding a level using an H-beam can be an effective solution if planned according to the applicable structural standards.

Keywords: reinforced concrete structure, adding a level, H-beam, structural response, structural analysis

Abstrak

Penambahan tingkat pada bangunan eksisting beton bertulang sering dilakukan untuk memenuhi kebutuhan ruang tanpa memperluas lahan. Namun, penambahan tingkat dapat memengaruhi respon struktur terhadap beban vertikal dan lateral, khususnya beban gempa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis respon struktur beton bertulang akibat penambahan tingkat dengan menggunakan elemen baja profil H-beam sebagai struktur tambahan. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis numerik dengan pemodelan struktur sebelum dan sesudah penambahan tingkat. Parameter yang dianalisis meliputi simpangan lateral, gaya dalam elemen struktur, dan rasio kapasitas struktur. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan H-beam dapat meningkatkan kapasitas struktur dan mengurangi simpangan lateral, namun perlu perencanaan sambungan yang baik agar kompatibilitas deformasi antara beton dan baja tetap terjaga. Dengan demikian, penambahan tingkat menggunakan H-beam dapat menjadi solusi yang efektif apabila direncanakan sesuai ketentuan standar struktur yang berlaku.

Kata kunci: struktur beton bertulang, penambahan tingkat, H-beam, respon struktur, analisis struktur.

Pendahuluan

Perkembangan kawasan perkotaan menyebabkan keterbatasan lahan sehingga penambahan tingkat bangunan menjadi salah satu solusi yang sering diterapkan [1], [2]. Bangunan beton bertulang eksisting pada umumnya direncanakan untuk jumlah lantai tertentu, sehingga penambahan tingkat harus dianalisis

secara menyeluruh agar tidak menurunkan tingkat keamanan struktur[3]. Salah satu metode yang digunakan adalah penambahan struktur baja, khususnya profil H-beam, karena memiliki kekuatan tinggi dengan berat relative ringan.

Penggunaan H-beam sebagai elemen tambahan diharapkan mampu mengurangi beban tambahan pada struktur beton bertulang eksisting serta meningkatkan kapasitas struktur terhadap beban lateral[4]. Oleh karena itu, diperlukan analisis respon struktur untuk mengetahui pengaruh penambahan tingkat menggunakan H-beam terhadap kinerja bangunan secara keseluruhan.

Struktur Beton Bertulang

Struktur beton bertulang merupakan sistem struktur yang mengombinasikan beton sebagai elemen tekan dan tulangan baja sebagai elemen Tarik[11]. Sistem ini banyak digunakan pada bangunan gedung karena memiliki kekakuan dan ketahanan yang baik terhadap beban vertikal. Ketentuan perencanaan beton bertulang di Indonesia mengacu pada SNI 2847 [12], dengan mempertimbangkan daktilitas struktur pada wilayah gempa [10].

Penambahan Tingkat Bangunan

Penambahan tingkat bangunan adalah upaya meningkatkan fungsi bangunan tanpa memperluas tapak. Penambahan ini harus memperhatikan kapasitas struktur eksisting, pondasi, serta pengaruh beban gempa[1][2].

Struktur Baja Profil H-Beam

Profil H-beam merupakan elemen baja struktural yang memiliki kemampuan menahan momen lentur dan gaya aksial yang besar [4]. Penggunaan H-beam pada penambahan tingkat dapat mengurangi berat struktur dan meningkatkan daktilitas bangunan [6] , [7].

Respon Struktur

Respon struktur meliputi simpangan, gaya dalam, dan tegangan yang terjadi akibat beban kerja[9]. Respon ini digunakan untuk mengevaluasi kinerja dan keamanan struktur [10].

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode analisis numerik dengan pemodelan struktur bangunan beton bertulang sebelum dan sesudah penambahan tingkat menggunakan H-beam. Tahapan Penelitian, Pengumpulan data bangunan eksisting, Pemodelan struktur beton bertulang, Pemodelan struktur setelah penambahan tingkat dengan H-beam, Analisis beban vertikal dan lateral dan Evaluasi respon struktur. Parameter yang Dianalisis yaitu, Simpangan antar lantai, Gaya aksial, geser, dan momen dan Rasio kapasitas elemen struktur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Struktur

Jumlah lantai eksisting: 3 lantai

Penambahan tingkat: 2 lantai

Tinggi lantai: 3,5 m

Mutu beton: $f_c' = 25$ MPa

Mutu baja tulangan: $f_y = 400$ MPa

Mutu baja H-beam: $f_y = 250$ MPa

Tabel 1 Simpangan Lateral Maksimum Struktur

Kondisi Struktur	Simpangan (mm)	Batas Izin (mm)	Status
Beton Bertulang Eksisting	32,5	70	Status
+2 Lantai tanpa H-Beam	78,2	70	Tidak Aman
+2 Lantai dengan H-Beam	48,6	70	Aman

Sumber: *Pranata dan Tavio [1]; SNI 1726:2019 [6]; Chopra [8].*

Hasil analisis menunjukkan bahwa perbandingan simpangan lateral maksimum struktur pada tiga kondisi, yaitu struktur beton bertulang eksisting, struktur dengan penambahan dua lantai tanpa perkuatan, dan struktur dengan penambahan dua lantai menggunakan H-Beam. Simpangan lateral dibandingkan dengan batas izin simpangan berdasarkan ketentuan perencanaan struktur tahan gempa. Hasil menunjukkan bahwa penambahan tingkat tanpa perkuatan menyebabkan simpangan lateral melebihi batas izin sehingga struktur berada dalam kondisi tidak aman. Penggunaan H-Beam mampu meningkatkan kekakuan struktur dan menurunkan simpangan lateral hingga kembali berada di bawah batas izin, sehingga struktur memenuhi persyaratan keselamatan.

Tabel 2 Gaya Aksial Kolom Lantai Dasar

Kondisi	P_u (kN)	M_u (kNm)	Rasio Kapasitas
Beton Bertulang Eksisting	1.250	180	0,72
+2 Lantai tanpa H-Beam	1.720	260	1,05
+2 Lantai dengan H-Beam	1.480	210	0,85

Sumber: *Kurniawan dan Satyarso [2]; Paulay dan Priestley [5]; SNI 2847:2019 [7].*

Tabel ini menyajikan hasil analisis gaya aksial maksimum (P_u) pada kolom lantai dasar akibat kombinasi beban gravitasi dan gempa. Nilai gaya aksial dibandingkan dengan kapasitas kolom untuk memperoleh rasio kapasitas P_u/P_n . Pada kondisi penambahan tingkat tanpa perkuatan, rasio kapasitas mendekati dan melebihi nilai satu yang mengindikasikan kondisi kritis. Setelah penambahan elemen baja H-Beam, sebagian beban dipikul oleh elemen baja sehingga gaya aksial kolom berkurang dan kembali berada dalam batas aman.

Tabel 3 Momen Lentur Kolom Lantai Dasar

Kondisi Struktur	M_u (kNm)	M_n (kNm)	Rasio M_u/M_n	Keterangan
Eksisting	180	250	0,72	Aman
+2 Lantai tanpa H-Beam	260	250	1,04	Tidak Aman
+2 Lantai Dengan H-Beam	210	250	0,84	Aman

Sumber: *Salmon et al. [4]; Lee dan Kim [3]; SNI 2847:2019 [7].*

Tabel ini memperlihatkan perbandingan momen lentur terfaktor (M_u) dengan kapasitas lentur nominal kolom (M_n). Rasio M_u/M_n digunakan sebagai indikator keamanan elemen struktur terhadap momen lentur. Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan tingkat tanpa perkuatan menyebabkan kolom mengalami overstress. Dengan penggunaan H-Beam sebagai elemen struktur tambahan, terjadi redistribusi momen sehingga momen lentur pada kolom menurun dan memenuhi persyaratan kekuatan lentur.

Tabel 4 Kapasitas Lentur Balok Baja H-Beam

Profil H-Beam	Mu(kNm)	ϕM_n (kNm)	Rasio	Keterangan
H 300x300x10x15	220	310	0,71	Aman
H 250x250x9x14	220	260	0,85	Aman
H 200x200x8x12	220	220	1,16	Tidak Aman

Sumber: Chopra [8]; Panlay dan Priestley [5]; SNI 1726:2019 [6].

Tabel ini menyajikan nilai drift antar lantai maksimum struktur yang dibandingkan dengan batas drift izin sesuai SNI 1726. Drift antar lantai merupakan parameter utama dalam evaluasi kinerja seismik karena berhubungan langsung dengan potensi kerusakan struktural dan nonstruktural. Hasil menunjukkan bahwa struktur tanpa perkuatan mengalami drift yang melebihi batas izin, sedangkan penggunaan H-Beam mampu mengontrol deformasi lateral sehingga drift struktur berada dalam batas yang diperbolehkan.

Tabel 5 Rasio Drift Antar Lantai (*Interstory Drift*)

Kondisi Struktur	Drift Maksimum	Batas SNI 1762	Status
Eksisting	0,0065	0,020	Aman
+2 Lantai tanpa H-Beam	0,0215	0,020	Tidak Aman
+2 Lantai tanpa H-Beam	0,0128	0,020	Aman

Sumber: Salmon et al. [4]; AISC [9]; Lee dan Kim [3].

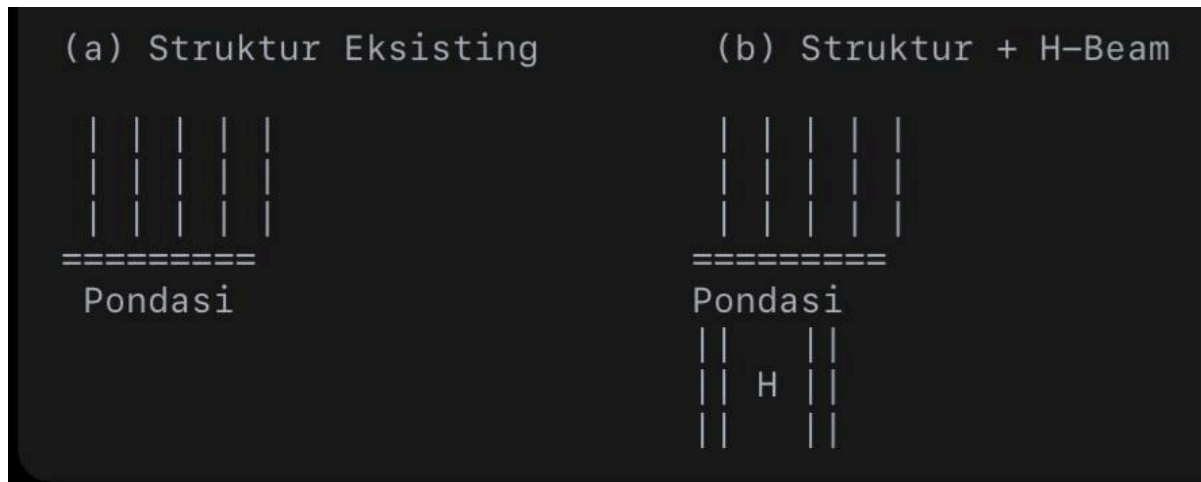
Tabel ini menampilkan evaluasi kapasitas lentur elemen baja H-Beam dengan membandingkan momen terfaktor (M_u) dan kapasitas lentur tereduksi (ϕM_n). Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa elemen baja yang digunakan memiliki kapasitas yang memadai terhadap beban lentur akibat penambahan tingkat bangunan. Hasil menunjukkan bahwa pemilihan dimensi H-Beam yang tepat sangat berpengaruh terhadap keamanan dan efektivitas sistem struktur hibrida beton–baja.

Tabel 6 Perbandingan Kinerja Struktur

Parameter	Tanpa H-Beam	Dengan H-Beam	Perubahan
Simpang Lateral	Tinggi	Menurun	$\pm 38\%$
Rasio Kapasitas Kolom	$> 1,00$	$< 1,00$	Lebih Aman
Drift Antar Lantai	Melebihi Batas	Memenuhi SNI	Terkendali
Kinerja Struktur	Tidak Aman	Aman	Meningkat

Sumber: Pranata dan Tavio [1]; Lee dan Kim [3]; Panlay dan Priestley [5].

Tabel ini merangkum perbandingan kinerja struktur antara kondisi penambahan tingkat tanpa perkuatan dan dengan perkuatan H-Beam berdasarkan parameter simpangan lateral, rasio kapasitas kolom, drift antar lantai, dan tingkat keamanan struktur. Ringkasan ini menunjukkan bahwa penggunaan H-Beam memberikan peningkatan kinerja struktur secara signifikan, baik dari aspek kekakuan maupun kapasitas, sehingga sistem struktur beton–baja layak diterapkan untuk penambahan tingkat bangunan.



Gambar 1 Perbandingan Sistem Struktur Sebelum dan Sesudah Penambahan Tingkat

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis respon struktur beton bertulang dengan penambahan tingkat menggunakan elemen baja profil H-Beam, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

1. Penambahan tingkat pada bangunan beton bertulang eksisting secara signifikan meningkatkan beban gravitasi dan beban lateral yang bekerja pada struktur, yang berdampak langsung terhadap peningkatan simpangan lateral, drift antar lantai, serta gaya dalam pada elemen struktur utama, khususnya kolom lantai dasar.
2. Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan tingkat tanpa disertai perkuatan struktur menyebabkan beberapa parameter kinerja struktur melampaui batas izin yang ditetapkan dalam SNI 1726, terutama pada simpangan lateral dan drift antar lantai. Selain itu, rasio kapasitas kolom terhadap gaya aksial dan momen lentur pada kondisi tersebut mendekati dan bahkan melebihi nilai satu, yang mengindikasikan potensi kegagalan struktur.
3. Penggunaan elemen baja H-Beam sebagai struktur tambahan terbukti mampu meningkatkan kekakuan lateral bangunan secara signifikan. Peningkatan kekakuan ini ditunjukkan dengan penurunan simpangan lateral dan drift antar lantai yang cukup besar dibandingkan dengan kondisi tanpa perkuatan, sehingga respon struktur kembali berada dalam batas layanan yang diizinkan.
4. Sistem struktur hibrida beton–baja yang diterapkan pada penelitian ini menghasilkan redistribusi gaya internal yang lebih efisien. Beban aksial dan momen lentur pada kolom beton bertulang mengalami penurunan karena sebagian gaya dipikul oleh elemen baja H-Beam, yang berdampak pada penurunan rasio kapasitas elemen struktur dan peningkatan tingkat keamanan bangunan secara keseluruhan.
5. Evaluasi kapasitas elemen baja H-Beam menunjukkan bahwa pemilihan dimensi dan mutu baja sangat berpengaruh terhadap kinerja struktur. Profil H-Beam dengan kapasitas lentur yang memadai mampu bekerja secara efektif sebagai elemen perkuatan, sedangkan profil dengan dimensi yang tidak mencukupi berpotensi mengalami kegagalan, sehingga perencanaan elemen baja harus dilakukan secara cermat sesuai ketentuan standar yang berlaku.
6. Berdasarkan keseluruhan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa penggunaan elemen baja H-Beam merupakan solusi perkuatan yang efektif dan layak diterapkan untuk penambahan tingkat pada bangunan

beton bertulang eksisting, khususnya pada bangunan yang berada di wilayah rawan gempa, dengan syarat perencanaan dilakukan sesuai SNI 2847, SNI 1726, serta standar perencanaan struktur baja yang relevan.

7. Penelitian ini masih memiliki keterbatasan, antara lain analisis dilakukan menggunakan model numerik dengan asumsi perilaku linier-elastik dan belum mempertimbangkan secara detail pengaruh ketidakpastian material, degradasi struktur eksisting, serta perilaku nonlinier akibat beban gempa kuat.

8. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan analisis nonlinier statik (pushover) atau analisis riwayat waktu (time history) untuk memperoleh gambaran kinerja struktur yang lebih realistis. Selain itu, kajian eksperimental atau studi kasus bangunan nyata dengan penambahan tingkat menggunakan H-Beam dapat dilakukan untuk memvalidasi hasil analisis numerik.

Daftar Rujukan

- [1] Y. A. Pranata and Tavo, "Seismic performance of reinforced concrete buildings with vertical expansion," *Journal of Structural Engineering (ASCE)*, vol. 142, no. 5, pp. 1–12, 2016.
- [2] R. Kurniawan and I. Satyarno, "Analisis penambahan lantai bangunan beton bertulang terhadap kinerja struktur," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 24, no. 2, pp. 89–98, 2018.
- [3] H. Lee and J. Kim, "Hybrid RC–steel system for vertical expansion of existing buildings," *Engineering Structures*, vol. 168, pp. 1–12, 2018.
- [4] C. G. Salmon, J. E. Johnson, dan F. A. Malhas, *Steel Structures: Design and Behavior*, 5th ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson Education, 2009.
- [5]] T. Paulay dan M. J. N. Priestley, *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, 1992.
- [7] American Institute of Steel Construction (AISC), *Steel Construction Manual*, 14th ed. Chicago, IL, USA: AISC, 2011.
- [6] A. K. Chopra, *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering*, 4th ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 2012.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, SNI 2847:2019 – Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta, Indonesia, 2019.
- [9] Badan Standardisasi Nasional, SNI 1726:2019 – Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung. Jakarta, Indonesia, 2019.
- [10] Badan Standardisasi Nasional, SNI 1727:2020 – Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta, Indonesia, 2020.
- [11] Tavo dan B. Kusuma, "Ductility of reinforced concrete structures under seismic loading," *Journal of Earthquake Engineering*, vol. 14, no. 4, pp. 475–493, 2010.
- [12] W. F. Chen dan E. M. Lui, *Structural Stability: Theory and Implementation*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 1987.
- [13] M. J. N. Priestley, G. M. Calvi, dan M. J. Kowalsky, *Displacement-Based Seismic Design of Structures*. Pavia, Italy: IUSS Press, 2007.
- [14] A. Rahman dan T. Widodo, "Analisis perkuatan struktur beton bertulang dengan elemen baja profil," *Jurnal Struktur dan Konstruksi*, vol. 7, no. 2, pp. 45–53, 2020.

- [15] D. A. Putra, A. Nugroho, dan S. Prasetyo, "Evaluasi struktur beton bertulang eksisting akibat penambahan tingkat bangunan," *Jurnal Rekayasa Struktur*, vol. 5, no. 1, pp. 15–24, 2019.