



Analisis dan Perkuatan Kolom Baja Struktural Akibat Beban Gempa Menggunakan HBeam

^{1,*}Ni Putu Silvi, ²Ni Putu Laintarawan

¹Program studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ngurah Rai

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia

^{1,*}silvi@unr.ac.id, ²Ltrwnn@gmail.com

Abstract

Evaluation or study of existing building structures must consider the strength and stiffness of structural components due to gravity and earthquake loads. The strengthening to the existing Hbeam column structure is to add steel plates to the existing Hbeam column. This method is a way to improve structural performance due to earthquake loads in terms of ease of implementation, time and cost when compared to replacing or adding new structural components. The purpose of this study was to analyze the strengthening of Hbeam column steel plate due to seismic loads. Parameters analyzed were vibration period, lateral displacement, base shear and internal forces due to earthquake loads. This research is a quantitative analytical research, where the geometry data of the 3D frame portal structure is determined independently, while the material and loading data are based on (SNI 1727:2013) and (SNI 1729:2019). The 3D frame portal is modeled and analyzed using finite element-based software, ETABS. The results of the analysis show that the strengthening of the Hbeam column by adding a steel plate to the existing Hbeam column which is installed horizontally in the middle of the cross section with dimensions of 15 mm thick and 145 mm long (18.59% of the cross-sectional area of the Hbeam column) increases the stiffness of the structure by 12.01% and 14.2% respectively - for vibration period and lateral drift, respectively. The lateral displacement is smaller than the allowable lateral displacement with a drift ratio of less than 130%, so the structure does not experience a soft story. The average maximum internal forces (moment, shear and axial force) due to the earthquake load of the column structure with reinforcement increased by 12.50%, 9.68% and 14.01% respectively compared to the structure without strengthening along with the addition of dimensions to the existing Hbeam column. Stiffness of the structure with strengthening increases 13.74% compared to the structure without reinforcement.

Keywords: analysis, strengthening, structural steel, Hbeam column, earthquake load

Abstrak

Evaluasi atau kajian untuk struktur bangunan eksisting harus mempertimbangkan unsur kekuatan dan kekakuan akibat beban gravitasi dan beban gempa. Alternatif perkuatan pada struktur kolom *Hbeam eksisting* adalah dengan menambahkan pelat baja pada kolom *Hbeam eksisting*. Dimana cara ini adalah untuk meningkatkan kinerja struktur akibat beban gempa dari segi kemudahan pelaksanaan, waktu dan biaya jika dibandingkan mengganti atau menambah komponen struktur baru. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perkuatan pelat baja struktur kolom *Hbeam* akibat beban gempa respons spektrum. Parameter yang dianalisis adalah waktu getar, simpangan lateral, gaya geser dasar dan gaya-gaya dalam akibat beban gempa. Penelitian ini adalah penelitian analitis kuantitatif, dimana data geometri struktur portal 3D *frame* ditentukan sendiri, sedangkan data material dan pembebanan berdasarkan SNI 1727:2013 dan SNI 1729:2019. Portal 3D *frame* dimodel dan dianalisis dengan *software* berbasis elemen hingga yaitu *software* ETABS. Hasil analisis menunjukkan bahwa perkuatan kolom *Hbeam* dengan menambahkan pelat baja pada kolom *Hbeam eksisting* yang dipasang horizontal pada tengah penampang dengan dimensi tebal 15 mm dan panjang 145 mm (luasnya 18.59% terhadap luas penampang kolom *Hbeam*) menambah kekakuan struktur sebesar 12.01% dan 14.2% masing-masing untuk waktu getar dan simpangan lateral. Simpangan lateral yang terjadi lebih kecil dari simpangan lateral ijin dengan *drift ratio* lebih kecil dari 130%, sehingga struktur tidak mengalami *soft story*. Gaya-gaya dalam maksimum rata-rata akibat beban gempa struktur kolom dengan perkuatan meningkat masing-masing sebesar 12.50%, 9.68% dan 14.01% dibandingkan dengan struktur tanpa perkuatan seiring dengan penambahan dimensi pada kolom *Hbeam existing*. Kekakuan struktur dengan perkuatan meningkat 13.74% dibandingkan struktur tanpa perkuatan.

Kata kunci: analisis, perkuatan, baja struktural, kolom *Hbeam*, beban gempa

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 21-02-2023 | Selesai Revisi: 11-03-2023 | Diterbitkan Online: 15-04-2023

1. Pendahuluan

Kajian struktur terhadap bangunan yang sudah dibangun harus mempertimbangkan dua unsur utama yaitu kuat dan kaku elemen struktur existing akibat beban mati, hidup dan beban lateral (beban gempa atau beban lateral lainnya). Frekuensi beban gempa di Indonesia terhadap gedung semakin tinggi sejalan dengan bertambahnya potensi gempa di Indonesia. Parameter yang digunakan untuk menilai kekakuan struktur gedung akibat beban gempa adalah simpangan lateral (akibat beban gempa), waktu getar, gaya geser dasar dan gaya-gaya dalam. Simpangan lateral akibat beban gempa dan waktu getar struktur harus lebih kecil dari simpangan dan waktu getar yang diijinkan menurut SNI 1729:2019 [3]. Ada beberapa cara untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan struktur bangunan akibat beban gempa pada bangunan existing adalah dengan cara menambah *shearwall* pada beberapa lokasi struktur, memperkuat kolom baja *existing* dengan pelat baja atau tulangan biasa, menambah kekuatan bresing pada kolom dan sebagainya. Perkuatan *shearwall* pada struktur adalah untuk meningkatkan kinerja struktur yaitu dapat memperkecil simpangan lateral, waktu getar struktur dan gaya geser dasar akibat beban gempa [6]. Salah satu alternatif perkuatan pada struktur kolom *Hbeam existing* adalah dengan menambahkan pelat baja pada kolom *HBeam existing*. Cara ini adalah cara untuk meningkatkan kinerja struktur akibat beban gempa dari segi kemudahan pelaksanaan, waktu dan biaya jika dibandingkan mengganti atau menambah komponen struktur baru. Beberapa penelitian

analitis dan eksperimental perkuatan kolom telah dilakukan sebelumnya. Penelitian yang dilakukan oleh Faridmehr [7] adalah meneliti mengenai sambungan semi kaku balok dan kolom baja struktural untuk mengetahui kekuatan, kekakuan dan keuletan dari sambungan tersebut. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen di laboratorium dan menghasilkan bahwa sambungan semi rigid direkomendasikan analisis dan desain. Penelitian tentang perkuatan baja juga diteliti oleh Dewobroto [8] yaitu melakukan penelitian tentang perkuatan dengan menggunakan CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymers*) pada kolom pendek baja SHS dengan dan tanpa insulasi. Metode yang digunakan adalah metode ekperimental. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil uji suhu pada kolom yang diperkuat dan diisolasi CFRP mampu meningkatkan ketahanan suhu lebih dari 60 menit dengan rasio beban 0.2 yang menunjukkan tingkat ketahanan terhadap suhu yang memuaskan. Liu [9] melakukan penelitian tentang kolom *steel tubes* dengan perkuatan las yang dibebani dengan beban kerja. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental dan analitis dengan bantuan *software*. Hasil penelitiannya adalah pengelasan secara kontinu menyebabkan pengurangan aksial sedangkan pengelasan hibrid secara efektif mengurangi deformasi dan menghasilkan tegangan tarik dan tekan sekitar las. Tegangan tekan lebih besar daripada komponen perkuatan. Mekhlafi [11] melakukan penelitian perkuatan mengenai Investigasi eksperimental dan numerik untuk mengetahui kekuatan perkuatan pada kolom HSST yang diperkuat

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 21-02-2023 | Selesai Revisi: 11-03-2023 | Diterbitkan Online: 15-04-2023

secara eksternal menggunakan pembungkus polimer CFRP. Simulasi elemen hingga (FE) tiga dimensi menggunakan ABAQUS dan divalidasi terhadap hasil eksperimen. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa pembungkus CFRP cukup kuat untuk meningkatkan kekuatan tekan utama kolom, sedangkan pembungkus parsial tidak menunjukkan kuat tekan yang memadai. Hasil studi parametrik *finite element* menunjukkan bahwa rasio diameter terhadap ketebalan menurun dengan bertambahnya diameter *tube*. Penelitian perkuatan *seismic* juga dilakukan oleh Shan [13] yaitu metode perkuatan seismik kolom beton bertulang terkekang dengan pengikat pelat baja. Metode yang digunakan adalah uji eksperimental. Hasil pengujian dilaboratorium menunjukkan bahwa perkuatan dengan sistem jacket baja atau pembungkus pelat baja mampu meningkatkan kapasitas lentur dan geser serta aksial kolom beton bertulang tersebut terhadap beban gempa. Penelitian lain juga melakukan penelitian mengenai perilaku kolom *stainless steel* yang diperkuat dengan baja tulangan secara longitudinal. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental dan numerik dengan menggunakan *software ABAQUS*. Hasil studi parametrik menunjukkan bahwa perkuatan dengan dua batang baja karbon adalah konfigurasi yang paling praktis dan menghasilkan kekakuan dan kekuatan struktur yang optimal dimana daya dukung beban ultimate berbanding terbalik dengan rasio D/t [14].

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka tujuan penelitian dalam artikel ini adalah untuk menganalisis dan melakukan perkuatan terhadap kolom *HBeam* akibat beban gempa respons spektrum

menggunakan bantuan *software* ETABS. Parameter yang dianalisis adalah waktu getar, simpangan lateral, gaya geser dasar dan gaya-gaya dalam (momen, gaya geser dan gaya aksial) pada kolom baja *Hbeam* akibat beban gempa atau beban lateral.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian analitis kuantitatif, dimana geometri struktur ditentukan sendiri, sedangkan material dan beban sesuai SNI 1727:2013 dan SNI 1729:2019. Portal *3D frame* dimodel dan dianalisis dengan *software* berbasis elemen hingga [10] yaitu *software* ETABS.

2.1 Properties Material

Komponen struktur kolom dan balok baja struktural menggunakan material baja struktural BJ37 dengan tegangan ultimit, $f_u = 370$ MPa dan tegangan leleh, $f_y = 240$ MPa (SNI 1729:2019), *Poisson Ratio* = 0.3, berat volume material baja = 7850 kg/m^3 [1]. Sedangkan pelat lantai menggunakan beton bertulang, mutu beton $f_c = 21$ MPa, *Poisson Ratio* = 0.2 dan berat volume = 2400 kg/m^3 [1].

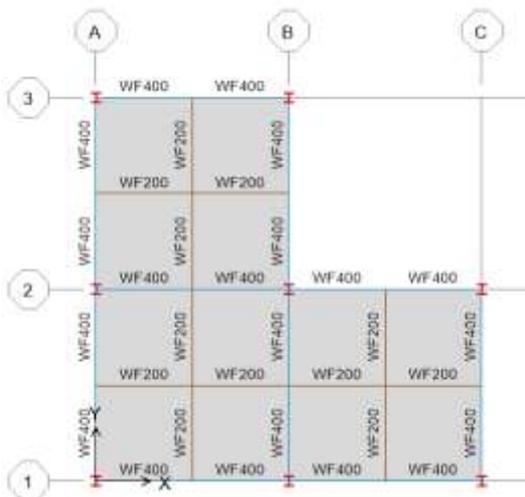
2.2 Geometri dan Pemodelan

Struktur ini dimodel sebagai geometri struktur tiga dimensi dimana pelat lantai juga ikut serta dimodel. Jarak antar grid kolom adalah 6 m dan tinggi *story* pertama adalah 4 m dan tinggi *story* lainnya adalah 3.5 m dengan jumlah *story* adalah 4. Ketebalan pelat lantai dan atap adalah 120 mm [2]. Kolom baja struktural menggunakan kolom baja *HBeam* dengan dimensi $300 \times 300 \times 10 \times 15$ mm dan balok induk baja struktural menggunakan dimensi IWF400x200x8x13 mm dan balok anak baja

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 21-02-2023 | Selesai Revisi: 11-03-2023 | Diterbitkan Online: 15-04-2023

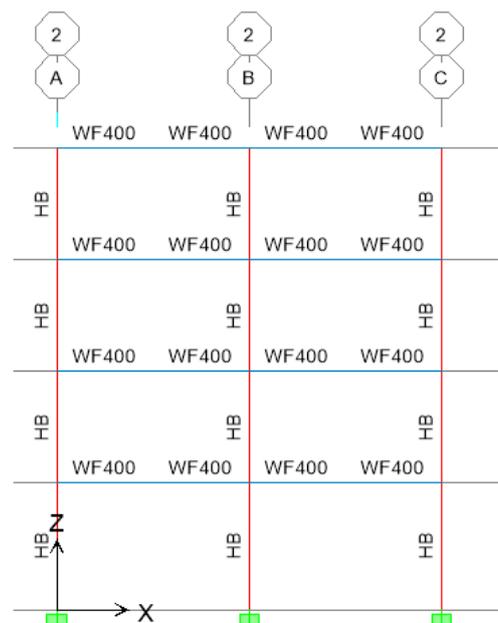
struktural menggunakan dimensi IWF200x100x5.5x8 mm. Struktur ini dimodel dan analisis secara *3D frame* menggunakan ETABS. Balok dan kolom dimodel sebagai elemen *frame* dan pelat dimodel sebagai elemen *shell*. Pondasi dimodel sebagai perletakan jepit. Join balok dan kolom dimodel sebagai sambungan *semi rigid* dengan faktor *rigid* = 0.5 [7]. Model dibuat menjadi dua buah model yaitu (a) model struktur *frame 3D* kolom tanpa perkuatan dan model (b) adalah model struktur *frame 3D* kolom dengan perkuatan pelat baja pada kolom *HBeam*. Tebal perkuatan pelat baja diambil sama dengan tebal sayap kolom *HBeam*. Sambungan pelat baja dengan kolom existing adalah menggunakan sambungan las. Denah lantai dan story tipikal disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



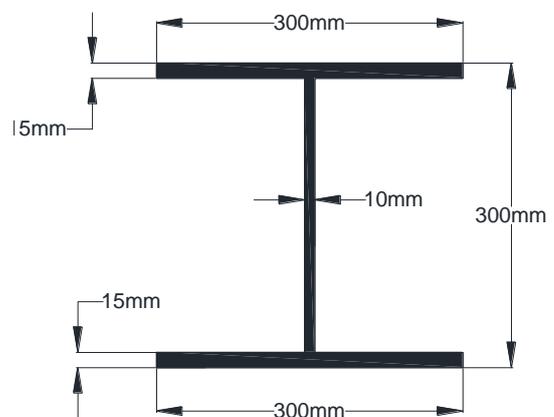
Gambar 1. Denah tipikal struktur kolom tanpa dan dengan perkuatan

Model tanpa perkuatan menggunakan kolom Hbeam 300x300x10x15 mm seperti disajikan pada Gambar 3. Untuk mendapatkan dimensi dan posisi perkuatan pelat baja, maka dilakukan analisis *trial and error* menggunakan *software*. Analisis *trial and error* ini juga memperhitungkan beban gravitasi dan beban gempa respons spektrum yang dilakukan untuk

beberapa kali percobaan. Hasil analisis menunjukkan bahwa luas penampang yang didapat adalah sebesar 18.59% dari luas penampang kolom *Hbeam* tanpa perkuatan. Dengan demikian, didapatkan dimensi pelat baja dengan tebal (t) = 15 mm dan panjang 145 mm yang dipasang pada bagian badan (web) penampang Hbeam secara horizontal sepanjang tinggi kolom *Hbeam* [6] seperti disajikan pada Gambar 4.

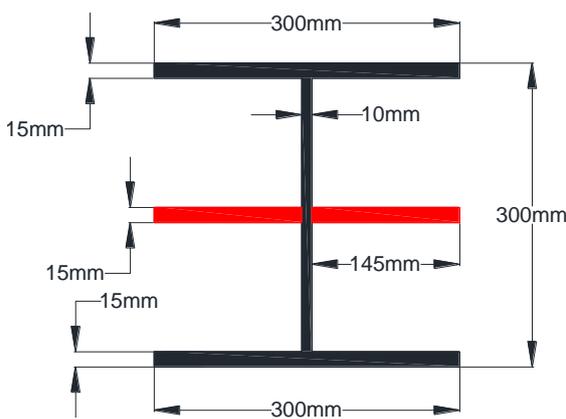


Gambar 2. Portal tipikal struktur kolom tanpa dan dengan perkuatan



Gambar 3. Penampang kolom tanpa perkuatan

Informasi Artikel



Gambar 4. Penampang kolom dengan perkuatan

Penambahan pelat perkuatan baja dalam model dengan software ETABS menggunakan penampang *SD Section*, dimana struktur *Hbeam existing* ditambahkan model pelat baja seperti disajikan pada Gambar 4.

2.3 Beban-Beban

Beban-beban yang bekerja pada struktur ini adalah: beban mati, beban mati tambahan, beban hidup dan beban gempa. Beban mati adalah beban berat sendiri komponen struktur yang langsung dihitung oleh *software*. Beban mati tambahan adalah beban yang bekerja selain beban mati akibat berat sendiri yaitu beban tembok sebesar 250 kg/m^2 (beban ini akan didistribusikan sebagai beban merata per m berdasarkan tinggi tembok, berat spesi, tegel dan MEP = 150 kg/m^2 dikerjakan pada pelat lantai dan pelat atap. Beban hidup pada lantai dan atap masing-masing 200 kg/m^2 dan 100 kg/m^2 [1]. Beban gempa yang digunakan adalah beban gempa respons spektrum dengan wilayah gempa adalah Kota Denpasar dengan kondisi tanah pada lokasi adalah jenis tanah lunak (Gambar 5). *Damping ratio* untuk jenis struktur ini adalah 15% (untuk jenis

struktur beton bertulang) [5]. Kombinasi beban yang diperhitungkan sebagai berikut [3]:

$$U_1 = 1.4DL,$$

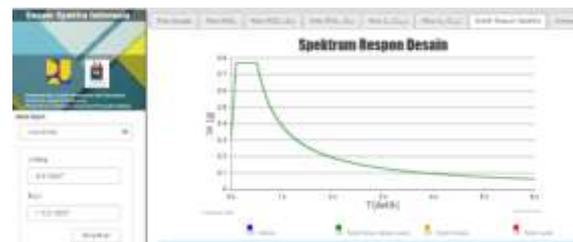
$$U_2 = 1.2DL + 1.6LL,$$

$$U_3 = 1.2DL + LL + E_x + 0.3E_y,$$

$$U_4 = 1.2DL + LL - E_x - 0.3E_y,$$

$$U_5 = 1.2DL + LL + 0.3E_x + E_y,$$

$$U_6 = 1.2DL + LL - 0.3E_x - E_y.$$



Gambar 5. Respon spektrum gempa wilayah kota Denpasar, tanah keras [12]

2.4 Parameter Gempa Dinamis

Pembatasan waktu getar alami SNI 1726:2019 Pasal 7.8 tidak boleh lebih besar dari persamaan 2.9 SNI 1726:2019 dikalikan dengan koefisien batas atas (C_u) pada tabel 14 SNI 1726:2019.

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (1)$$

dengan h_n adalah tinggi total bangunan (m), C_t dan x dari Tabel 15 SNI 1726:2019. Pada tabel 15, untuk struktur baja, nilai $C_t = 0.0724$ dan $x = 0.80$, sehingga T_a menjadi:

$$T_a = 0.0724 \cdot h_n^{0.80} \quad (2)$$

Koefisien C_u tabel 14 SNI 1726:2019 adalah 1.4. Waktu getar < T_a . C_u . Simpangan antar tingkat dihitung menggunakan SNI 1726:2019 pasal 7.8.6. Simpangan antar tingkat akibat gempa (Δ) harus sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di story paling atas dan paling bawah yang ditinjau serta tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat ijin (Δ_a).

$$\Delta_i < 0.020h_i \quad (3)$$

Informasi Artikel

dimana Δ_i = simpangan tingkat ke-i dan h_i = tinggi tingkat. Disamping itu, juga ditinjau kemungkinan keruntuhan pada tingkat lunak (*soft story*) yaitu keruntuhan akibat hilangnya kekakuan lateral tingkat pertama dibandingkan kekakuan lateral tingkat-tingkat di atasnya. *Soft story* didefinisikan sebagai perbandingan *drift ratio* suatu tingkat dengan *drift ratio* tingkat di atasnya dengan syarat harus kurang dari 130%. *Drift ratio* adalah perbandingan antara simpangan terhadap tinggi tingkat. *Soft story* terjadi apabila memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

$$Dr_i > 1.3 Dr_{i+1} \quad (4)$$

$$D_r = \frac{\Delta_i}{h_i} \quad (5)$$

Dengan Dr_i = *drift ratio* tingkat ke-i dan Dr_{i+1} = *drift ratio* tingkat ke -i+1.

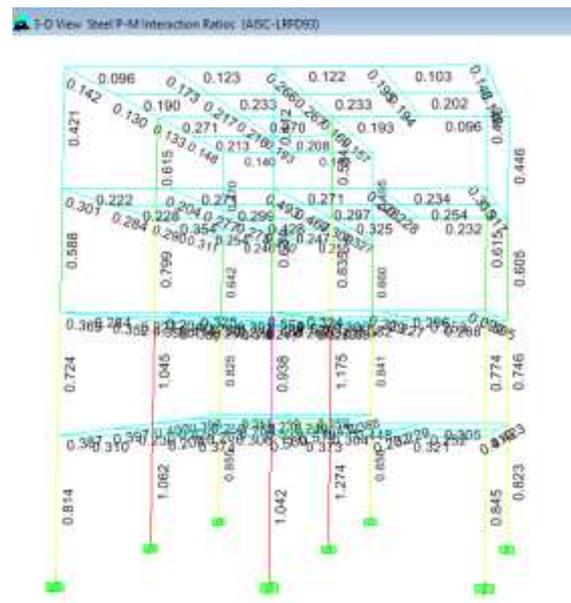
2.5 Metode Elemen Hingga (MEH)

Metode elemen hingga adalah suatu metode yang digunakan untuk menghasilkan penyelesaian masalah diferensial, baik diferensial biasa dan parsial serta untuk menyelesaikan problem dalam domain continuum. Persamaan diferensial banyak digunakan untuk model masalah engineering. Untuk itu, sangat penting bagi insinyur untuk memahami dan menerapkan metode elemen hingga. Metode elemen hingga dikembangkan untuk memecahkan problem mekanika benda padat (*solid mechanic*), mekanika fluida (*fluid mechanic*), perpindahan panas (*heat transfer*), elektromagnetik (*electro magnetism*), getaran (*vibration*), analisis modal (*modal analysis*), dan banyak lagi problem engineering lainnya. Proses inti MEH adalah membagi kontinum kompleks menjadi elemen-elemen kecil yang lebih sederhana. Solusi tiap-tiap elemen

digabungkan menjadi pemecahan masalah secara global [10].

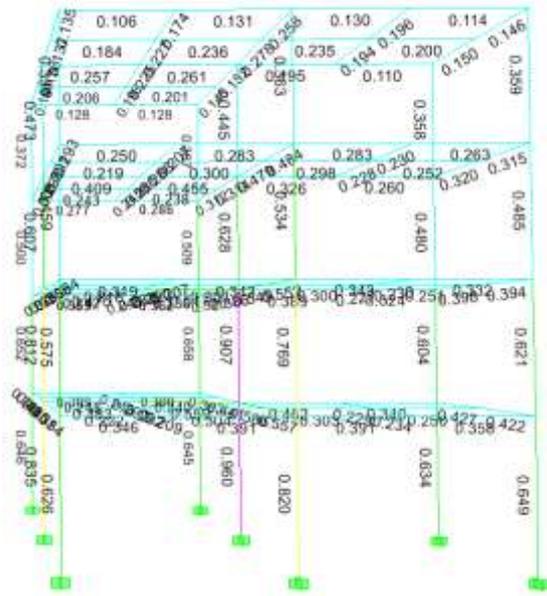
3. Hasil dan Pembahasan

Langkah awal yang dilakukan dalam analisis ini adalah menganalisis struktur 3D *frame* terhadap beban gravitasi dan beban gempa. Setelah di analisis, langkah berikutnya adalah pengecekan atau kontrol terhadap kapasitas penampang kolom dan balok model tanpa dan dengan perkuatan sesuai beban-beban ultimit yang bekerja pada model struktur tersebut. Gambar 5(a) menunjukkan bahwa *Steel P-M Interaction Ratios* model tanpa perkuatan mengalami *over stress* pada kolom story 1 dan story 2 (Gambar 6a). Setelah kolom baja *HBeam* 400x400x10x15 mm diperkuat dengan pelat baja tebal 15 mm dan panjang = 145 mm yang dipasang secara horizontal di sepanjang tinggi penampang, maka kapasitas penampang tidak terjadi *over stress* seperti Gambar 6b.



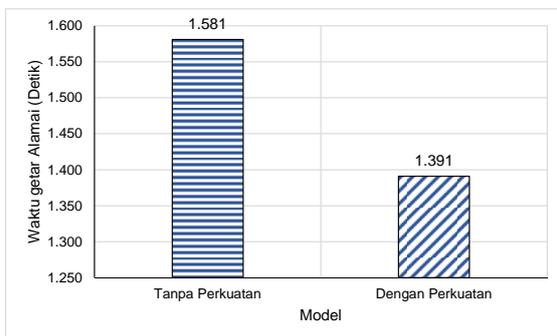
Gambar 6a. *Steel P-M interaction ratios* tanpa perkuatan

Informasi Artikel



Gambar 6b. Steel P-M interaction ratios dengan perkuatan

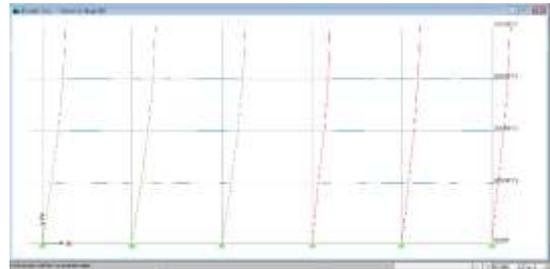
Model tanpa perkuatan menghasilkan waktu getar alami struktur sebesar 1.581 detik, sedangkan model dengan perkuatan sebesar 1.391 detik, sedangkan model tanpa perkuatan memiliki waktu getar struktur lebih panjang 12.01% dibandingkan model dengan perkuatan seperti disajikan pada Gambar 7. Dengan demikian, dengan memperkuat kolom Hbeam



Gambar 7. Waktu getar alami struktur

dengan penambahan pelat baja pada kolom HBeam mampu mengurangi waktu getar struktur, sehingga struktur menjadi lebih kaku serta dapat meredam beban gempa. Dengan menggunakan persamaan (1) dan (2), maka

waktu getar alami yang terjadi lebih kecil dari waktu getar yang diijinkan SNI 1726:2019.



Gambar 8. Skematik simpangan lateral akibat beban gempa kedua model

Tabel 1. Simpangan dan drift ratio akibat beban gempa

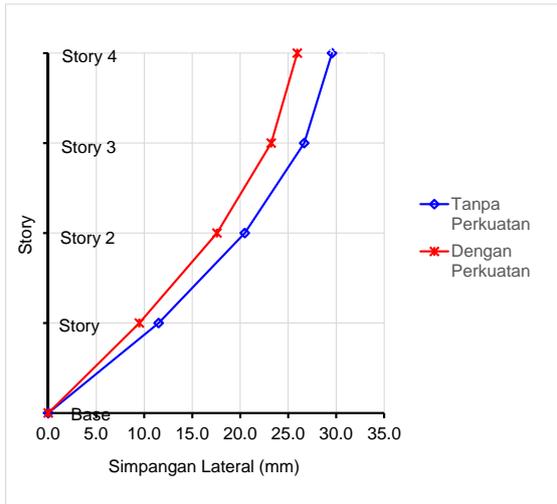
Tingkat	h _{ex} (mm)	Δ (mm)		Δi (mm)	
		Tanpa Perkuatan	Dengan Perkuatan	Tanpa Perkuatan	Dengan Perkuatan
Story 4	3500	2.90	2.71	29.56	25.94
Story 3	3500	6.19	5.65	26.66	23.23
Story 2	3500	8.97	8.09	20.47	17.58
Story 1	4000	11.50	9.49	11.50	9.49
Base	0	0	0	0	0

Tingkat	Δ _{ijin} (mm)	Dr (%)		Dri/Dri+1 (%)	
		Tanpa Perkuatan	Dengan Perkuatan	Tanpa Perkuatan	Dengan Perkuatan
Story 4	70.00	0.008	0.007		
Story 3	70.00	0.008	0.007	90.19	89.55
Story 2	70.00	0.006	0.005	76.78	75.68
Story 1	80.00	0.003	0.002	49.16	47.23
Base	0	0	0	0	0

Simpangan lateral secara skematik model dengan dan tanpa perkuatan disajikan pada Gambar 8. Model dengan perkuatan menghasilkan simpangan lateral akibat beban gempa lebih kecil dibandingkan dengan model tanpa perkuatan. Simpangan lateral model tanpa perkuatan untuk story 1, story 2, story 3 dan story 4 masing-masing sebesar 11.5 mm, 20.47 mm, 26.66 mm dan 29.56 mm. Sedangkan simpangan lateral model dengan perkuatan untuk story 1, story 2, story 3 dan story 4 masing-masing sebesar 9.49 mm, 17.58 mm, 23.23 mm dan 25.94 mm. Dengan demikian, simpangan lateral rata-rata model dengan perkuatan menurun 14.2%

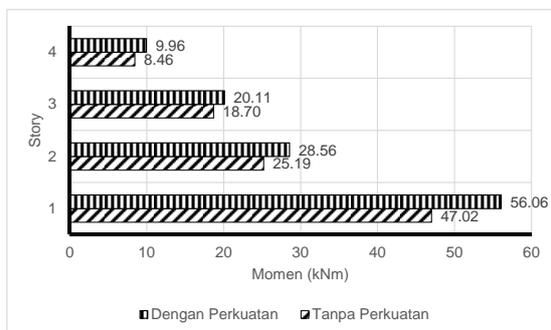
Informasi Artikel

dibandingkan dengan model tanpa perkuatan (Tabel 1 dan Gambar 9).



Gambar 9. Simpangan lateral akibat beban gempa

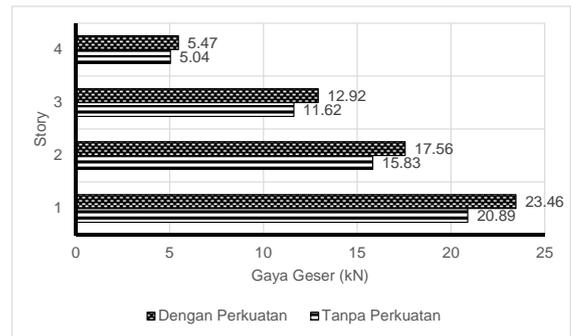
Simpangan horizontal akibat beban gempa model tanpa dan dengan perkuatan menghasilkan simpangan horizontal akibat beban gempa lebih kecil dari simpangan horizontal ijinnya menurut SNI 1726:2019. *Drift ratio* kedua model (dengan dan tanpa perkuatan) lebih kecil dari 130%, sehingga struktur tidak mengalami *soft story* (lemah di satu tingkat), dimana *drift ratio* model tanpa dan dengan perkuatan masing-masing sebesar 90.19% dan 89.55%.



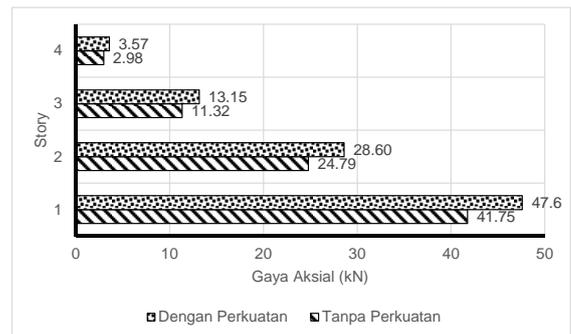
Gambar 10. Momen maksimum kolom pinggir akibat beban gempa

Momen maksimum struktur dengan perkuatan meningkat dibandingkan struktur tanpa perkuatan untuk story 1,2,3 dan 4 masing-

masing sebesar 16.13%, 11.80%, 7.01%, 15.06% (Gambar 10).



Gambar 11. Gaya geser maksimum kolom pinggir akibat beban gempa



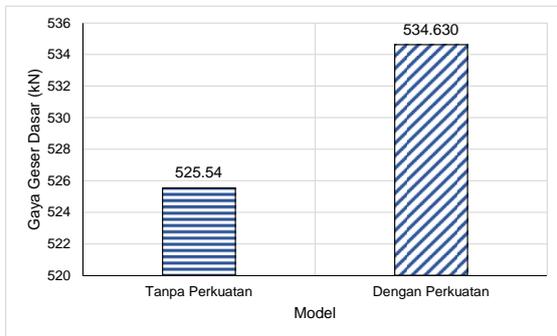
Gambar 12. Gaya aksial maksimum kolom pinggir akibat beban gempa

Gambar 11 menunjukkan bahwa gaya geser maksimum kolom pinggir akibat beban gempa struktur dengan perkuatan lebih besar dibandingkan struktur tanpa perkuatan sebesar 10.95%, 9.85%, 10.06% dan 7.86% masing-masing untuk story 1,2,3 dan 4. Gaya aksial maksimum kolom pinggir akibat beban gempa struktur dengan perkuatan meningkat dibandingkan struktur tanpa perkuatan sebesar 12.29%, 13.32%, 13.92% dan 16.53% masing-masing untuk story 1,2,3 dan 4.

Gaya geser dasar adalah gaya geser yang bekerja pada pangkal struktur. Gaya geser dasar ini dipengaruhi oleh massa struktur dan beban yang bekerja pada struktur tersebut. Gambar 13 menunjukkan bahwa gaya geser dasar akibat beban gempa struktur tanpa

Informasi Artikel

perkuatan adalah sebesar 525.54 kN, sedangkan gaya geser dasar struktur dengan perkuatan adalah sebesar 534.630 kN. Dengan demikian, kekakuan struktur dengan perkuatan meningkat 1.70% dibandingkan dengan struktur tanpa perkuatan.



Gambar 13. Gaya Geser Dasar akibat beban gempa

Hal ini dipengaruhi oleh massa struktur, dimana massa struktur model dengan perkuatan lebih besar dibandingkan dengan model tanpa perkuatan.

Kekakuan struktur didefinisikan sebagai perbandingan gaya geser dasar dengan simpangan lateral. Kekakuan struktur model dengan perkuatan mengalami peningkatan sebesar 13.74% dibandingkan model tanpa perkuatan seperti disajikan pada Tabel 2. Hal ini disebabkan model dengan perkuatan memiliki massa yang lebih besar.

Tabel 2. Kekakuan struktur

	Model Tanpa Perkuatan	Model Dengan Perkuatan
Simpangan Lateral (mm)	29.56	25.94
Gaya Geser Dasar (kN)	525.54	534.63
Kekakuan (kN/mm)	17.78	20.61

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain:

1. Perkuatan pada kolom *HBeam* dengan cara menambahkan pelat baja horisontal pada tengah penampang dengan tebal 15 mm dan panjang 145 mm (luasnya 18.59% terhadap luas penampang kolom Hbeam) mampu mengurangi waktu getar (memperkaku struktur) sebesar 12.01%.
2. Simpangan lateral (akibat beban gempa) pada model dengan perkuatan mampu mereduksi simpangan lateral akibat beban gempa (memperkaku struktur) sebesar 14.2%.
3. Simpangan lateral lebih kecil dari simpangan lateral ijin dengan *drift ratio* lebih kecil dari 130%, sehingga struktur tidak mengalami *soft story* (atau pelemahan pada story 1).
4. Model dengan perkuatan mampu meningkatkan geser dasar sebesar 1.7% dibandingkan model tanpa perkuatan, hal ini disebabkan karena massa model dengan perkuatan lebih besar.
5. Gaya-gaya dalam maksimum rata-rata akibat beban gempa struktur kolom dengan perkuatan meningkat masing-masing sebesar 12.50%, 9.68% dan 14.01% dibandingkan dengan struktur tanpa perkuatan.
6. Kekakuan struktur dengan perkuatan meningkat 13.74% dibandingkan struktur tanpa perkuatan. Hal ini disebabkan model dengan perkuatan mempunyai massa struktur yang lebih besar.

Informasi Artikel

Saran dalam penelitian ini adalah perkuatan menggunakan tulangan beton disepanjang tinggi kolom atau perkuatan dengan tulangan beton dipasang hanya satu sisi sayap penampang Hbeam. Dapat juga memvariasikan tebal pelat atau diameter tulangan beton perkuatan sedemikian sehingga tebal pelat atau tulangan beton menjadi minimum berdasarkan beban-beban batas yang bekerja pada portal frame 3D tersebut.

Daftar Rujukan

- [1] BSN., 2013. *Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain. SNI 1727:2013*. Jakarta.
- [2] BSN., 2015. *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan, SNI 2847:2019*. Jakarta.
- [3] BSN., 2019. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, SNI 1729:2019*. Jakarta.
- [4] BSN., 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726:2019*. Jakarta.
- [5] Copra, A. K., 1995. *Dynamics of Structure: Theory and Applications to Earthquake Engineering*. New Jersey, Prentice Hall.
- [6] Dewobroto, W., 2016. *Struktur Baja (Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010)*. Jurusan Teknik Sipil UPH. Jakarta.
- [7] Faridmehr, et.al. 2016. "Classification System for Semi-Rigid Beam-to-Column Connections". *Latin American Journal of Solid and Structures*, Brazil.
- [8] Imran, M., et.al. 2020. "Experimental and numerical investigations of CFRP strengthened short SHS steel columns". *Engineering Structures*, 193(2020).
- [9] Liu, H., et.al. 2020. "Axial-Compression Mechanical Properties of Square Steel Columns Strengthened By Welding Under High Load". *Journal of Constructional Steel Research*, 176 (2020).
- [10] Logan, Daryl.L., 2007. *A first Course in the Finite Element Method, 4thEd*. Boston, Canada.
- [11] Mekhlafi, et.al. 2020. "Experimental And Numerical Investigations Of Stainless Steel Tubular Columns Strengthened By CFRP Composites". *Thin-Walled Structures Journal*, 157 (2020).
- [12] Puskim. 2011. "Aplikasi Desain Spektra Indonesia 2011". http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/. Diakses pada 15 Nopember 2020.
- [13] Shan, et.al. 2020. "A Novel Seismic Strengthening Method Of RC Columns Confined By Direct Fastening Steel Plates". *Engineering Structures Journal*, 218 (2020).
- [14] Sharif, et.al. 2019. "Behavior Of Circular Stainless Steel Stub Columns Internally Strengthened By Longitudinal Carbon Steel Bars". *Engineering Structures Journal*, 199 (2019).

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 21-02-2023 | Selesai Revisi: 11-03-2023 | Diterbitkan Online: 15-04-2023