

EVALUASI PERILAKU STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT LIMA MENGGUNAKAN KOLOM PENDEK AKIBAT BEBAN GEMPA

Mhd. Ridwan

Dosen Jurusan Teknik Sipil,
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Padang

ABSTRAK

Komponen struktur yang sering mengalami kerusakan akibat deformasi gaya gempa adalah kolom. Pada penelitian tugas akhir ini akan dibahas tentang evaluasi perilaku struktur gedung beton bertingkat lima dengan kolom pendek menggunakan model portal dua dimensi untuk mengetahui nilai deformasi yang terjadi disepanjang tinggi gedung. Permodelan ini dilakukan dengan empat tipe posisi kolom pendek yang akan dianalisa dengan program SAP2000 yang didesain sesuai peraturan SNI 03-2874-2002 dan SNI 03-1726-2012. Evaluasi perilaku struktur gedung dengan empat tipe posisi kolom pendek menunjukkan bahwa akibat penempatan kolom pendek disepanjang tinggi gedung displacement yang terjadi berbeda dan perpindahan antar lantai menjadi tidak seragam. Kemampuan struktur kolom pendek pada ke-empat model portal dalam menerima beban gempa ini ditinjau dari posisi terhadap bentangan portal terlihat bahwa pada kolom pendek yang berada ditepi menerima beban lebih kecil daripada kolom pendek yang berada di tengah. Displacement struktur yang terjadi pada portal 1 yaitu sebesar 0,0451m, portal 2 sebesar 0,0415m, portal 3 sebesar 0,0418m, dan portal 4 sebesar 0,0429m. Dari diagram interaksi kolom diketahui bahwa kemampuan kolom pendek menerima beban gempa berada pada batas keseimbangannya dengan kondisi seperti yang dimodelkan tetapi perilaku kolom pendek berubah.

Kata kunci: Gempa, Kolom Pendek, dan Portal.

1. Pendahuluan

Penggunaan jenis kolom dengan panjang yang berbeda ini diharapkan dapat mendukung bangunan sesuai dengan keindahan arsitektur, fungsi ruang, dan pembebanan rencana. Tetapi pada daerah rawan gempa diperlukan desain struktur yang memiliki daktilitas tinggi untuk menerima deformasi gaya gempa. Penelitian tugas akhir ini akan meneliti tentang perilaku struktur gedung bertingkat lima yang menggunakan kolom pendek akibat gaya gempa. Untuk pembebanan secara lateral maka diberikan model beban gempa yang direncanakan untuk tanah lunak pada wilayah gempa kota Padang, berdasarkan hasil analisa statik ekuivalen menurut SNI 03-1726-2012.

Tujuan yang ingin diperoleh dari Tugas Akhir ini, adalah: Untuk mengetahui perilaku struktur gedung dan kolom pendek akibat beban gempa.

Manfaat dari penelitian ini, adalah untuk meningkatkan pengetahuan dalam memperoleh perencanaan desain struktur kolom pendek pada bangunan bertingkat yang lebih baik dan ramah gempa, tanpa mengesampingkan dan menghilangkan unsur estetika dan keindahan arsitektur.

Penulis akan membatasi ruang lingkup masalah dalam penelitian ini agar analisa perhitungan dan pembahasan materi lebih detail, yaitu sebagai berikut:

- Bentuk kolom yang akan ditinjau berpenampang bujursangkar.
- Studi ini hanya meninjau kolom pendek sebagai salah satu elemen struktur bangunan dengan posisi kolom pendek yang terikat oleh balok.
- Permodelan struktur yang dianalisa menggunakan portal dua dimensi (2D), model bangunan berfungsi sebagai gedung kantor, dan berada pada zona gempa VI yaitu kota Padang.
- Variasi untuk analisa perilaku dilakukan terhadap posisi kolom pendek pada struktur portal.
- Studi ini hanya menggunakan program SAP 2000 sebagai alat bantu analisa. Penelitian difokuskan terhadap evaluasi perilaku struktur gedung menggunakan kolom pendek akibat gempa.

2. Landasan Teori

James G. Macgregor; *Reinforced Concrete Mechanic and Design third edition (1997)*, menerangkan bahwa kolom adalah suatu struktur vertikal yang menerima beban tekan langsung secara aksial dengan atau tidak disertai dengan terjadinya momen. Secara umum pembebanan dimensi sebuah kolom sangat dipengaruhi oleh tinggi. Pada struktur portal yang daktail, pada kolom terjadi distribusi momen yang berbeda antara kolom sebelah bawah dan sebelah atas. Akibat

distribusi momen dari hasil analisa struktur akan mengakibatkan ragam vibrasi pada struktur yang akan menyebabkan deformasi pada kolom. Hubungan antara momen dan gaya aksial yang terjadi pada kolom dapat menentukan nilai kemampuan dari kolom dalam memenuhi batas layan struktur. Apabila kolom menerima momen utama, maka kolom akan berdefleksi secara lateral, akibatnya akan ada momen tambahan (momen sekunder) sebesar beban aksial kolom P dikalikan dengan defleksi lateral Δ , sehingga momen ini disebut momen P- Δ . Menurut ACI dalam mendesain kolom pendek, pengaruh momen sekunder (P- Δ) tidak boleh mempengaruhi kekuatan kolom lebih dari 5%. Untuk menentukan jenis kolom dapat digunakan persamaan yaitu:

$$\frac{kl_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \dots \dots \dots (2.1)$$

Pada perencanaan kolom pendek didesain untuk menerima gaya aksial yang besar dengan nilai eksentrisitas dari hal-hal yang tidak terduga, ditinjau berdasarkan dua kondisi, yaitu:

1. Kolom Pendek dengan Beban Sentris

Kapasitas beban sentris maksimum diperoleh dengan menambah kontribusi beton yaitu $(A_g - A_{st}) 0,85 f'_c$ dan kontribusi baja tulangan yaitu $A_{st} f_y$, dimana A_g luas penampang bruto dan A_{st} luas total tulangan baja. Kapasitas beban sentris maksimum yaitu :

$$P_o = (A_g - A_{st}) 0,85 f'_c + A_{st} f_y \dots \dots \dots (2.2)$$

Kuat rencana kolom sengkang dan kolom bulat dihitung Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 12.3 (5(1)), dengan faktor reduksi ϕ untuk kolom sengkang sebesar 0,65 dan ϕ untuk kolom bulat 0,70.

2. Kolom Pendek dengan Beban Eksentris

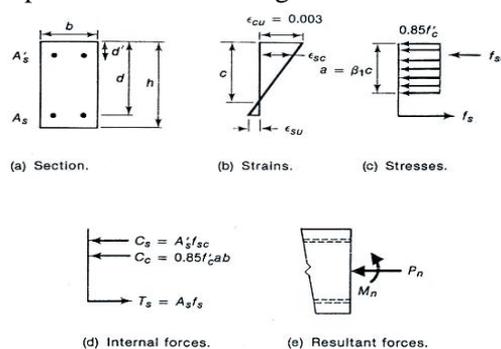
Kolom yang menahan beban eksentris mengakibatkan baja pada sisi yang tertarik akan mengalami tarik dengan garis netral dianggap kurang dari tinggi efektif penampang (d). Apabila angka kelangsingan $kl_u/r \leq 22$ maka tergolong kolom pendek. Berdasarkan regangan yang terjadi pada baja tulangan yang tertarik, kondisi awal keruntuhan digolongkan menjadi dua yaitu :

- Keruntuhan tarik yang diawali dengan luhuhnya tulangan tarik , $P_n < P_{nb}$.
- Keruntuhan tekan yang diawali dengan kehancuran beton, $P_n > P_{nb}$.
- Kondisi *balance* terjadi saat baja tulangan mengalami luluh bersamaan dengan regangan beton. $P_n = P_{nb}$

Beton mencapai kekuatan maksimum f'_c pada saat regangan desak maksimal mencapai 0,003. Pada perencanaan kolom secara eksentris dapat diselesaikan dengan dua cara, antara lain:

1. Metode Pendekatan Diagram $P_n - M_n$.
2. Metode Pendekatan Whitney

Berdasarkan diagram Mohr dapat diasumsikan sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Mohr tegangan dan regangan.

Analisa Kolom Pendek Terhadap Gaya Lateral Geser.

Pada kolom pendek terjadi efek perbesaran momen akibat gaya goyangan (*sway force*), dari SNI 03-2847-2002 ditentukan indeks stabilitas suatu tingkat (Q) untuk portal yang bergoyang atau tidak bergoyang:

$$Q = \frac{\sum P_u \Delta_o}{V_u I_c} \leq 0,05 \dots \dots \dots (2.3)$$

Berdasarkan RSNI 1726-201X defleksi pada pusat massa di tingkat ke x (δ_x) ditentukan dari persamaan berikut:

$$\delta x = \frac{C_d \cdot \delta x_e}{I_e} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

Cd = faktor amplikasi defleksi.

δxe = defleksi pada lokasi tinjauan sesuai hasil analisa elastic.

Ie = faktor keutamaan gempa.

Pada kolom pendek dalam kondisi portal dapat dianalisa menggunakan persamaan analisis P-Δ interaktif. Dimana gaya lateral dan vertical Pu dikerjakan pada struktur dan perpindahan relative Δ_i pada setiap tingkat dihitung dengan analisis elastic orde satu. Pada lantai ke-i gaya goyangan adalah hasil penjumlahan gaya geser tingkat dari kolom diatas dan lantai ke-i itu sendiri. Gaya goyangan kemudian ditambahkan ke dalam gaya lateral masing-masing tingkat, sehingga pada lantai dasar merupakan total gaya geser. Sehingga dapat diketahui, deformasi akibat gaya geser yaitu:

$$\Delta_i = \delta x - \delta_{x-1} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana,

$$\Delta l = \delta l \leq \Delta a = 0,02H^x \text{ (sesuai jenis struktur pada tabel 16 RSNI 1726-2012)}$$

$$\Delta a = 0,02H^x \text{ (sesuai jenis struktur pada tabel 16 RSNI 1726-2012)}$$

Pembebanan

Berdasarkan arah gaya yang bekerja, beban pada struktur dibedakan menjadi tiga, yaitu; beban vertikal (gravitasi/aksial), beban horizontal (lateral), dan momen. Jenis beban yang termasuk dalam arah bekerjanya gaya yaitu, sebagai berikut:

- a. Beban vertical, adalah beban yang bekerja searah dengan gravitasi. Yang termasuk dalam beban vertical ini adalah beban mati (*Dead Load*) dan beban hidup (*Live Load*).
- b. Beban horizontal, adalah beban yang bekerja sejajar dengan bidang (lateral). Yang termasuk dalam beban lateral ini adalah beban angin, beban gempa, dan beban khusus.
- c. Gaya momen, adalah gaya yang timbul akibat perilaku struktur terhadap gaya aksial atau gravitasi yang terjadi atau direncanakan berbanding lurus dengan ukuran penampang struktur yang mengenainya. Pengaruh gaya momen akan menyebabkan perkuatan pada rencana struktur seperti pertambahan jumlah tulangan searah dengan gaya yang bekerja, atau perbaikan mutu material yang digunakan.

Analisa Statik Ekuivalen Gempa Rencana.

Analisa beban static ekuivalen adalah suatu cara analisa static pendekatan struktur terhadap beban gempa, dimana diasumsikan bahwa beban static horizontal yang bekerja pada struktur akibat transfer beban secara lateral akibat gempa tidak menimbulkan perubahan mencolok dalam perbandingan antara berat dan kekakuan struktur pada tingkat-tingkat lantainya. Pada perhitungan gaya geser gempa secara static ekuivalen ini memiliki tahap-tahap penyelesaian yaitu:

1. Penentuan kategori resiko bangunan berdasarkan fungsi bangunan.
2. Penentuan klasifikasi situs berdasarkan kondisi tanah pada wilayah gempa.
3. Menentukan desain percepatan spectra untuk perioda terpendek dari kelas situs.
4. Jenis kategori desain seismic nya terhadap jenis struktur bangunan.
5. Menentukan desain respon spectrum untuk memperoleh perioda dasar (T_a).
6. Menghitung gaya geser dasar gempa berdasarkan berat total struktur dan koefisien respon seismic.

Gaya geser dasar akibat beban gempa ditetapkan dengan persamaan berikut ini:

$$V = C_s \cdot W \dots \dots (2.13)$$

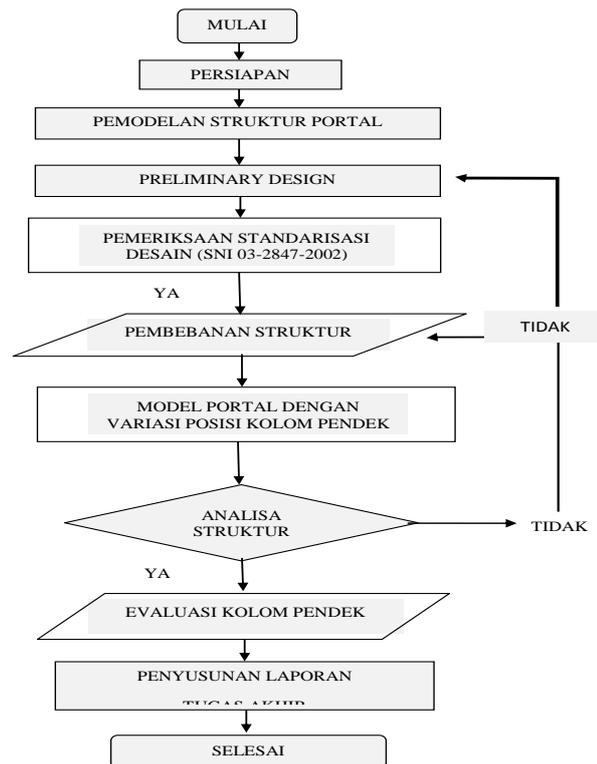
Gaya gempa lateral (F_x) yang timbul pada setiap tingkat ditentukan dari persamaan:

$$F_x = C_{vx} \cdot V \dots \dots (2.14)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x H_x^k}{\sum_1^n w_i H_i^k} \dots \dots (2.15)$$

3. Metodologi

Berdasarkan tahapan pelaksanaan kegiatan studi tugas akhir ini dapat diterangkan menggunakan skema alur penelitian yaitu, sebagai berikut

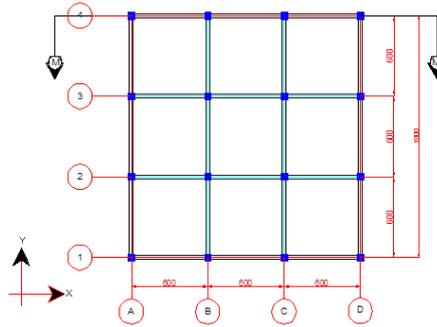


Gambar 3. Flowchart Pelaksanaan Penelitian.

4. Hasil dan Pembahasan Permodelan Struktur

Permodelan struktur untuk penelitian ini akan ditinjau dan dianalisa secara 2 dimensi (2D) berupa portal bertingkat lima menggunakan program SAP2000 v.14. Adapun data spesifikasi yang akan digunakan adalah, sebagai berikut:

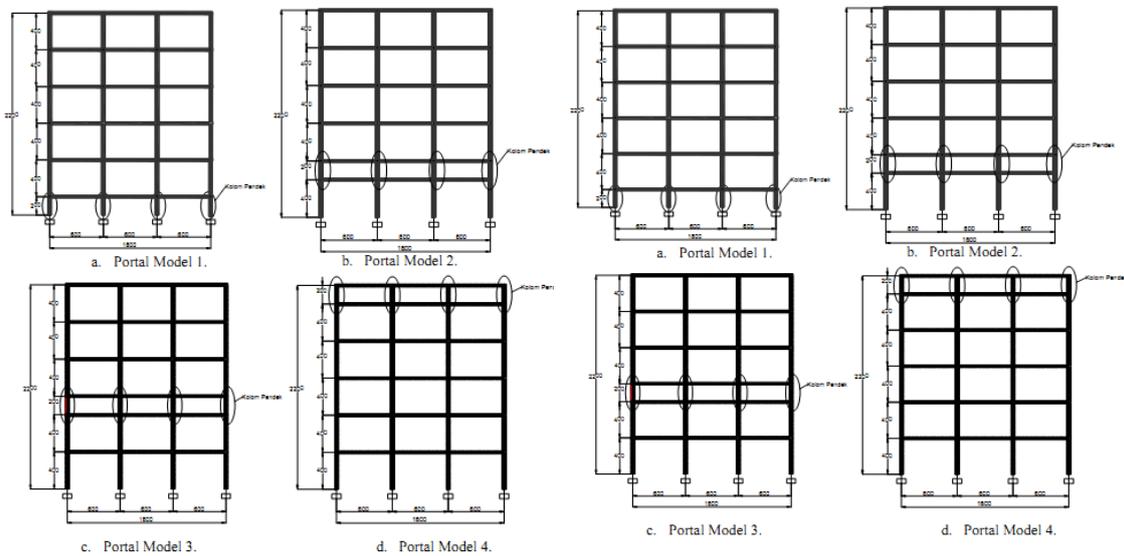
1. Data Umum Bangunan,
 - Lokasi Perencanaan : Padang
 - Kondisi tanah/wil. gempa: Lunak/zona 6
 - Fungsi gedung : Perkantoran.
 - Luas bangunan, A_t : $18 \times 18 \text{ m}^2$.
 - Jumlah Lantai Rencana, n : 5 lantai.
 - Tinggi bangunan total, H : 22 m
 - Tinggi perlantai umum, h : 4 m
 - Tinggi kolom pendek , h_2 : 2 m
 - Jarak bentang antar kolom : 6 m.
 - Jenis Kategori struktur : SRPMK
2. Data mutu material,
 - Berat Jenis Beton (W_c) : 2400 kg/m^3
 - Mutu Beton , f_c' : 30 MPa
 - Mutu Baja tulangan , f_y : 400 MPa
 - Modulus Elastisitas baja, E_s : $2,0 \times 10^5 \text{ MPa}$



Gambar 4 Denah Model Tampak Atas.

Variasi Permodelan Struktur

Pada model struktur, karena kolom pendek difungsikan hanya sebagai kolom bantu penambah elevasi lantai dengan ukuran tinggi (h) sebesar 2 m, sehingga pada lantai yang menggunakan kolom pendek akan memiliki tinggi lantai total sebesar 6 meter. Untuk perkuatan struktur pada kolom pendek digunakan pengikat berupa balok dengan dimensi yang sama dengan balok induk sehingga diharapkan suatu struktur yang kaku.



Gambar 5. Portal model dengan variasi posisi kolom pendek

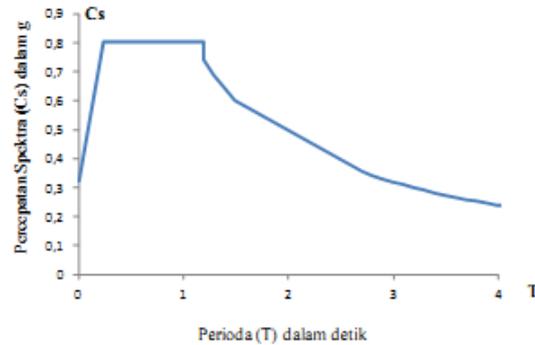
Pembebanan Struktur

Pada penelitian ini digunakan kombinasi beban berdasarkan SNI 2847 dan ACI 318 yaitu: $1,2 DL+1LL+1EL$.

Beban arah lateral yang dikenai berupa beban gempa, beban gempa ini akan mengenai struktur portal berupa beban titik pada setiap lantai searah horizontal. Beban gempa ini dihitung sesuai standar peraturan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Gedung dengan SNI 03-1726-201X menggunakan analisa pendekatan adalah analisa static equivalen (SE). Berdasarkan kategori dan jenis kategori struktur yaitu Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), dari tabel-tabel literature diketahui nilai variable yaitu:

- Faktor kategori desain seismic (KDS) : 3
- Faktor keutamaan gempa (I_e) : 1,25
- Faktor koefisien modifikasi respon gempa (R) : 8
- Faktor kuat lebih sistem (Ω_x) : 3
- Faktor pembesaran defleksi (C_d) : 5,5

Dari semua variable tersebut diatas, maka dapat ditentukan garfik desain respon spectra dan perioda untuk jenis tanah lunak di kota Padang wilayah kegempaan VI adalah:



Gambar 6. Grafik Desain Spektra untuk tanah lunak kota Padang.

Berdasarkan tipe struktur, dan tinggi total bangunan gedung dari tabel 2.10 literature diperoleh nilai, yaitu;

- $C_t = 0,0466$
- $x = 0,9$
- $H = 22$ m.
- $C_u = 1,4$

Nilai perioda alami,

$$T_a = C_t * H^x = 0,0466 * 22^{0,9} = 0,753 \text{ detik}$$

Nilai perioda maksimum,

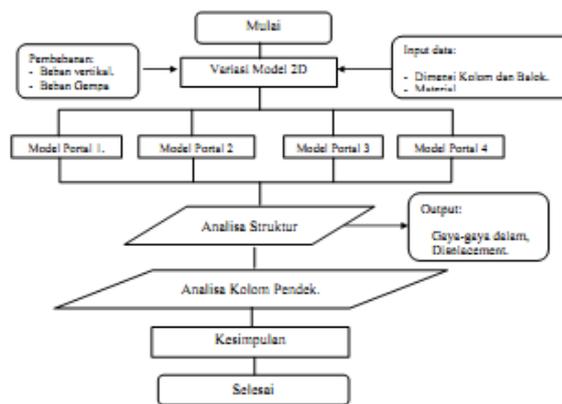
$$T_{max} = C_u * T_a = 0,753 * 1,4 = 1,05 \text{ detik.}$$

Nilai Koefisien respon seismic,

$$C_s = 0,126 \text{ g.}$$

Sehingga untuk beban gempa setiap model portal dihitung tersendiri dengan nilai total beban gempa adalah $V = 2.369,5$ kN.

Metoda Analisa

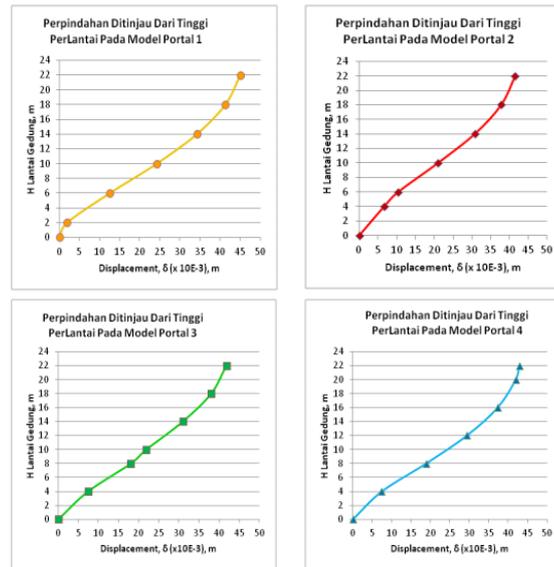


Gambar 8. Flowchart Analisa Struktur untuk Evaluasi Perilaku Kolom Pendek.

Perencanaan Awal (*Preliminary design*)

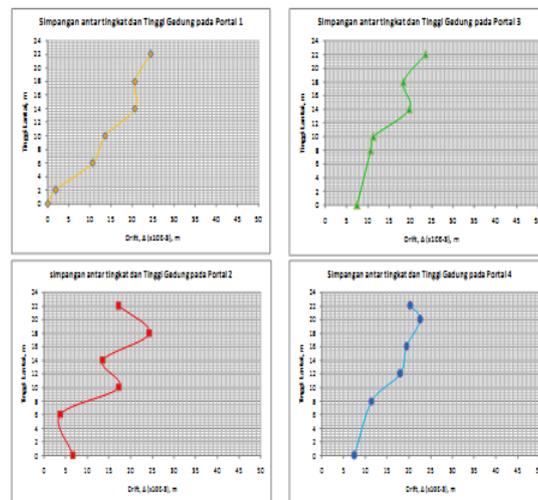
- Pelat, Untuk tebal minimum pelat (h) pada setiap lantai adalah 200 mm.
- Balok. Dimensi balok pada permodelan ini dibuat seragam yaitu : 350x500mm.
- Kolom, berdasarkan SNI 03-2847-2002, untuk kolom persegi, Digunakan dimensi penampang kolom dalam mm, yaitu:500 x 500 mm.

Deformasi Lateral



Gambar 9. Perpindahan Per-Tinggi Lantai akibat Beban Kombinasi Lateral.

Dari grafik deformasi lateral pada model portal yang diteliti (Gambar 9) dapat terlihat bahwa perletakan posisi kolom pendek pada setiap tinggi lantai memberikan pengaruh deformasi sebesar 75%. Hal ini disebabkan oleh karena perbedaan tinggi dari kolom pendek dan jumlah total beban gravitasi per lantai ditinjau dari fungsinya sehingga hasil distribusi dari gaya geser gempa dasar menjadi tidak merata.



Gambar 10. Perpindahan Per-Tinggi Lantai akibat Beban Kombinasi Lateral.

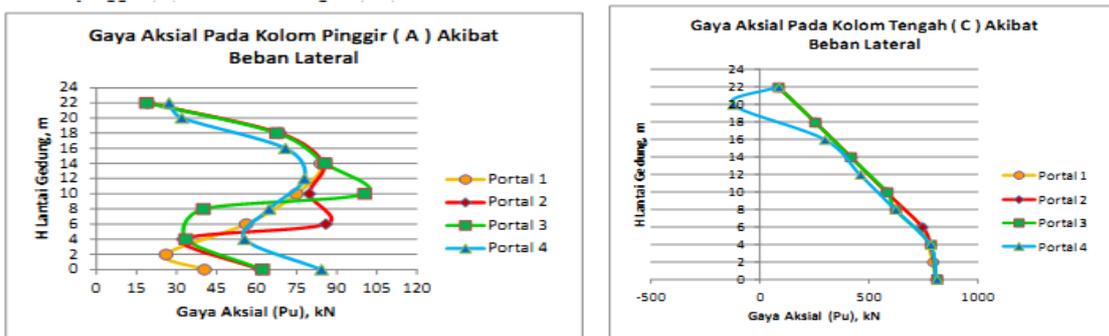
Pada ke empat gambar grafik tersebut diatas terlihat bahwa:

1. Pada portal 1, dimana kolom pendek terletak pada elevasi $\pm 0-2$ m atau kolom pendek dipergunakan sebagai kolom pedestal, simpangan antar lantai yang terjadi pada elevasi kolom pendek terlihat bernilai lebih kecil, sehingga terlihat struktur bawah lebih kaku dengan nilai simpangannya lebih kecil.
2. Pada portal 2, dimana kolom pendek terletak pada lantai 1 dengan elevasi $\pm 4-6$ m. Terlihat bahwa struktur dari elevasi $0-6$ m nilai simpangannya linier, tetapi di elevasi atas nilai drift menjadi tidak beraturan sebesar $7,567$ mm.
3. Pada portal 3, dengan kolom pendek yang terletak pada elevasi $\pm 8-10$ m, sangat terlihat bahwa arah simpangan antar lantai yang terjadi tidak beraturan, dengan beda penyimpangan sebesar

- 6, 259 mm. Akibat posisi kolom pendek yang berada hampir ditengah-tengah tinggi total gedung mengakibatkan pemusatan kekakuan massa ditengah bentangan.
- Portal 4, dimana kolom pendek diposisikan pada tingkat puncak atau elevasi $\pm 20-22$ m menunjukkan terjadinya arah simpangan tingkat yang berbalik arah dari simpangan tingkat dibawahnya, menyebabkan arah deformasi akibat gaya geser gempa menjadi lebih besar.

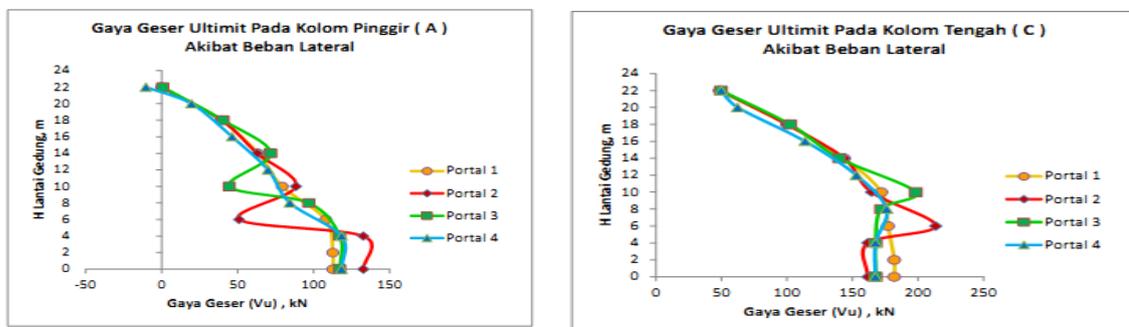
Gaya Dalam

Dari hasil analisa stuktur portal, dapat digambarkan gaya-gaya dalam pada setiap portal model dengan variasi kolom pendek dan dari tinggi perlintai dan di tinjau dari kolom pinggir (A) dan kolom tengah (C).



Gambar 11. Gaya Aksial (Pu) Kolom akibat Beban Kombinasi Lateral.

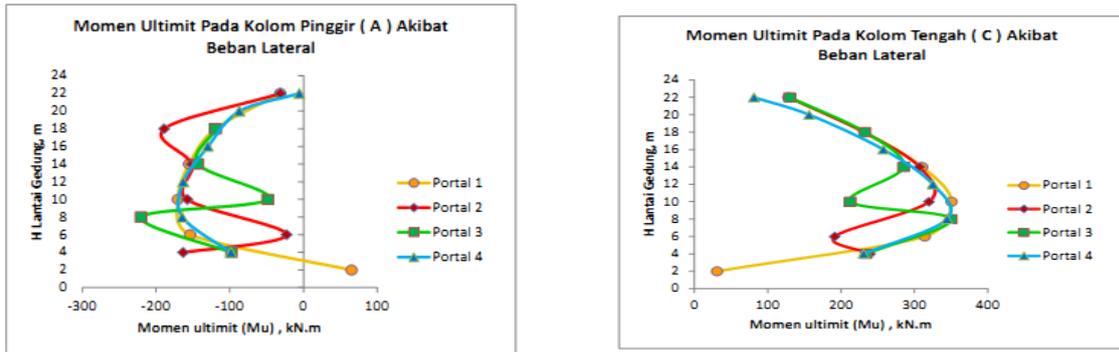
Gaya aksial portal yang terjadi akibat beban gempa statis dan kombinasinya pada kolom pinggir bervariasi terhadap posisi kolom pendek dimana nilai gaya aksial yang terjadi sangat kecil. Sedangkan gaya aksial portal yang terjadi pada kolom tengah lebih seragam, tetapi pada model portal 4, posisi kolom pendek sangat memberikan pengaruh terhadap nilai gaya aksial yang terjadi yaitu bersifat negatif.



Gambar 12. Gaya Geser (Vu) Kolom akibat Beban Kombinasi Lateral.

Gaya geser yang terjadi pada kolom tengah dan kolom pinggir pada keempat model portal dapat terlihat seragam, perbedaan yang terjadi pada kolom pinggir dan kolom tengah diakibatkan dari besar nilai distribusi beban lateral sepanjang tinggi gedung dan penempatan posisi kolom. Akibat dari besarnya nilai beban lateral yang dikenai pada struktur maka gaya geser pada portal ditinjau terhadap kolom pinggir (A) dan kolom tengah (C) berbeda arah.

Momen yang terjadi pada kolom pada model portal ditunjukkan dari Gambar 13, terlihat bahwa posisi kolom pendek sangat berpengaruh terhadap kekakuan struktur. Besarnya momen yang terjadi pertinggi lantai karena dipengaruhi oleh tinggi yang tidak seragam antar kolom pada masing-masing portal sehingga tidak seragam dan cenderung sangat berbeda.



Gambar 13. Momen (M_u) Kolom akibat Beban Kombinasi Lateral.

Analisa Perilaku Kolom Pendek.

Evaluasi terhadap analisa perilaku kolom pendek pada struktur ditinjau dari kemampuan penampang kolom pendek dalam menerima pembebanan lateral memiliki perbedaan antara kolom tepi dan kolom tengah bentangan portal. Hal ini disebabkan oleh tahanan terhadap gaya dorong saat pendistribusian beban gempa yang mengakibatkan struktur kolom tengah lebih besar memikul gaya dibandingkan dengan kolom tepi.

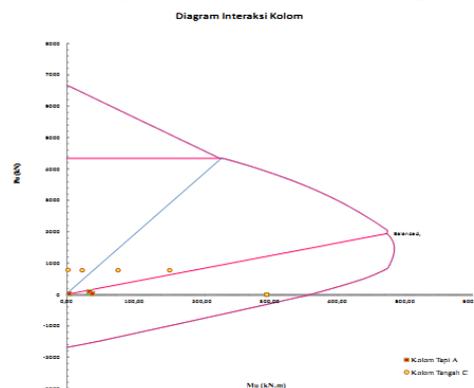
Tabel 1. Hubungan antara Gaya aksial dan Momen pada Kolom Pendek A.

NO Portal	P_u (kN)	M_u (kNm)	e (m)
P 1	26,084	3,148	0,121
P 2	85,887	32,247	0,375
P 3	100,441	33,384	0,332
P 4	27,232	36,995	1,358

Tabel 2. Hubungan antara Gaya aksial dan Momen pada Kolom Pendek C.

NO Portal	P_u (kN)	M_u (kNm)	e (m)
P 1	791,722	1,232	0,002
P 2	781,036	75,123	0,096
P 3	781,044	22,177	0,028
P 4	781,268	151,278	0,194

Jika dilihat dari Diagram Interaksi kapasitas kolom yaitu, sebagai berikut:



Gambar 14. Kapasitas penampang kolom pendek akibat beban lateral.

5. Penutup

Kesimpulan

1. Perilaku struktur dari hasil analisa ke-empat model portal terlihat bahwa deformasi yang terjadi disepanjang tinggi portal tidak beraturan, hal ini karena adanya kolom pendek sehingga terjadi penambahan kekakuan struktur pada elemen terdekat.
2. Dengan penempatan posisi kolom pendek yang berbeda menunjukkan terjadi pemusatan pembebanan pada struktur, dimana seharusnya beban dapat terdistribusi seragam ke sepanjang bentang akibat penggunaan kolom pendek hal tersebut tidak terjadi.
3. Akibat tidak seragamnya distribusi beban sehingga gaya aksial yang pada kolom tepi (A) dan kolom tengah (C) memiliki kemampuan tahanan berbeda.
4. Sedangkan untuk gaya geser dan momen pada kolom tepi (A) dan kolom tengah (C) terlihat berulang dalam arah yang berbeda.
5. Untuk kekuatan kapasitas penampang kolom pendek ditinjau dari hubungan gaya aksial dan momen diketahui bahwa,; pada portal 1 nilai $P \geq M$, pada Portal 2 nilai $P \geq M$, pada portal 3 nilai $P \geq M$, dan pada portal 4 nilai $P \leq M$. Dan pada kolom pendek tepi (A) terjadi keruntuhan akibat batas tarik, sedangkan pada kolom pendek tengah (C) terjadi perilaku keruntuhan akibat batas tekan.

Saran

1. Diharapkan adanya penelitian lebih lanjut dengan data-data dan model penempatan kolom pendek yang berbeda.
2. Diharapkan perencana dapat melakukan peninjauan dan perencanaan khusus pada struktur kolom terutama untuk desain gedung yang menggunakan kolom pendek.

Daftar Pustaka

- Agus, Msc, Rekayasa Gempa Untuk Teknik Sipil, Padang, ITP, 2002.
- American Concrete Institut, *Building Code Requirments for Structural Concrete* (ACI 318-11) and Comentary, USA, 2011.
- Caprani, Dr. Colin, *Design Of Reinforced Concrete Columns, Civel Engineering Design (1)*, 2006 Departemen Pekerjaan Umum, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SK-SNI-T-03-2847-2002), Bandung, 2002.
- Departemen Pekerjaan Umum, Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung SKBI-1.3.53.1987, Jakarta, 1987.
- Departemen Pekerjaan Umum, Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung RSNI-1726-201X, Bandung, 2010.
- Hadi, A. Karim, Jurnal: Perbandingan Kolom Beton Bertulang Akibat Efek P-Delta, Majalah Ilmiah Al-Jibra, ISSN 1411-7797, vol. 11, No. 35. 2010.
- MacGroger. James G, *Reinforce Concrete : Mechanics and Design. 3rd edition*, New Jersey, Prentice Hall, Inc, 1997.
- Mc.Cormack, Jack. James, K. Nelson, *Design of Reinforce Concrete ACI 318-05 Code Edition. 7th edition*, USA. John Wiley & Sons, Inc, 2005.
- Pattisia, Mhd. Amitabh, Jurnal Tugas Akhir: Studi Perilaku Kolom Akibat Gaya Aksial dan Lentur (Beam-Columns) dengan Menggunakan *Abaqus 6.7* Pada Daerah Rawan Gempa, Teknik Sipil, FTSP ITS.
- Tanaka, Yasuo. And Friends, *Study On Shear Failure Properties Of Reinforced Concrete Short Columns, Proceedings of Ninth World Conference on Earthquake Engineering*, Kyoto, Japan. 1988.
- Wahyudi, L. Rahim. Syahril.A, Struktur Beton Bertulang Standar Baru SNI T-151991-03, Jakarta, Penerbit Gramedia, 1997.