

ANALISIS PEMODELAN STRUKTUR TERHADAP DAMPAK KESALAHAN PELAKSANAAN PEKERJAAN KOLOM PADA BANGUNAN GEDUNG

Kristy Gracella Poutri¹, Fajri Yusmar²

^{1,2}Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Email: kristygracella052@gmail.com

Abstrak: Pada pelaksanaan proyek konstruksi di lapangan sering ditemukan berbagai kesalahan teknis, salah satunya adalah penyimpangan koordinat kolom dari posisi as rencana. Pada studi kasus Gedung Perkuliahan di Kota Padang, eksentrisitas kolom melebihi batas toleransi yang ditetapkan oleh standar internasional ACI 117-10. Penyimpangan diluar batas toleransi tersebut dianggap sebagai cacat konstruksi dan harus dievaluasi ulang secara struktural. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan gaya aksial (P) dan momen lentur (MX, MY) pada tiga kondisi pemodelan struktur, yaitu: (1) model normal sesuai rencana, (2) opsi 1, eksentrisitas kolom bergeser di seluruh lantai, dan (3) opsi 2, yaitu kolom hanya bergeser pada lantai satu, sementara lantai dua dan seterusnya tetap mengikuti perencanaan awal dengan metode rigid link. Pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS. Hasil analisis menunjukkan bahwa perbandingan antara model normal dan opsi 1, terjadi perubahan gaya aksial (P) sebesar -1,450 % hingga 9,235 %, sedangkan untuk perubahan momen lentur hingga 63,114 %. Perubahan ini terjadi akibat terjadinya pergeseran lokasi as bangunan. Sementara itu, pada model normal dengan opsi 2 (rigid link), gaya aksial tidak mengalami perubahan, namun terjadi peningkatan momen lentur yang signifikan pada sumbu Y hingga -1142,631 % akibat pengaruh efek P-Delta. Berdasarkan hasil tersebut, model pada opsi 1 dianggap lebih stabil dan aman secara struktural dibandingkan opsi 2 karena tidak ada pengaruh efek P-Delta.

Kata Kunci : Analisis, eksentrisitas, kolom.

Abstract : In the implementation of construction projects in the field, various technical errors are often found, one of which is the deviation of column coordinates from the planned axle position. In the case study of the Lecture Building in Padang City, the eccentricity of the column exceeded the tolerance limit set by the international standard ACI 117-10. Deviations beyond the tolerance limit are considered as construction defects and must be structurally re-evaluated. This study aims to compare the axial force (P) and bending moment (MX, MY) in three structural modeling conditions, namely: (1) the normal model as planned, (2) option 1, where the column eccentricity is shifted on all floors, and (3) option 2, where the column is only shifted on the first floor, while the second floor and so on follow the original planning with the rigid link method. Modeling was performed using ETABS software. The analysis results show that the comparison between the normal model and option 1, there is a change in axial force (P) of -1.450% to 9.235%, while for bending moment changes up to 63.114%. This change occurs due to a shift in the location of the building axle. Meanwhile, in the normal model with option 2 (rigid link), the axial force does not change, but there is a significant increase in bending moment in the Y-axis up to -1142.631% due to the influence of P-Delta effect. Based on these results, the model in option 1 is considered more stable and structurally safer than option 2 because there is no P-Delta effect.

Keyword : Analysis, eccentricity, column

PENDAHULUAN

Dalam proses perencanaan suatu gedung, komponen struktur komponen elemen-elemen

penyusun dari struktur, yang harus direncanakan dengan tepat dan sesuai dengan standar dan peraturan yang berlaku. Perencanaan struktur

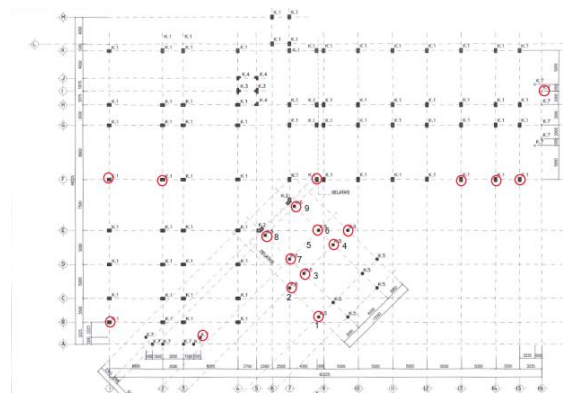
gedung melibatkan berbagai perhitungan teknis yang bertujuan untuk memastikan bahwa gedung dapat menahan beban yang bekerja, baik itu beban mati, beban hidup, maupun beban dinamis seperti gempa.

Visti Rurianti Dwi (2021), membahas faktor-faktor kegagalan akibat kesalahan pelaksanaan konstruksi di Indonesia, termasuk ketidakpatuhan terhadap standar desain teknis, pengoperasian, dan pemeliharaan bangunan, serta aspek hukum yang terkait. Pada praktik pelaksanaan proyek konstruksi di lapangan, sering dijumpai berbagai kesalahan teknis maupun non-teknis yang berdampak serius terhadap kualitas dan keselamatan struktur. Salah satu contoh kesalahan yang juga terjadi di lapangan, ada di Gedung Perkuliahan yang dibangun di Kota Padang. Pada proyek ini, terjadi penyimpangan signifikan terhadap gambar rencana, yaitu pergeseran koordinat kolom dari posisi as yang seharusnya dengan deviasi horizontal mencapai lebih dari 100 mm di beberapa titik.

Data kesalahan ini dibuktikan melalui dokumen temuan lapangan yang disusun oleh konsultan pengawas, di mana dalam laporan tersebut tercatat sebanyak 19 titik kolom mengalami pergeseran posisi yang melebihi toleransi standar, bahkan salah satunya tercatat menyimpang hingga 210 mm dari garis as rencana. Temuan ini dilengkapi dengan dokumentasi foto dan hasil pengukuran aktual di lapangan yang menunjukkan adanya ketidaksesuaian posisi kolom dengan gambar perencanaan awal. Dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2 berikut:



Gambar 1. Contoh Kesalahan pada pemasangan kolom



Gambar 2. Denah Total Posisi Kesalahan Pada Kolom

Kesalahan tersebut secara teknis bertentangan dengan standar internasional yang tercantum dalam ACI 117-10, yaitu dokumen yang mengatur tentang *Standard Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials*. Dalam ACI 117-10 disebutkan bahwa toleransi deviasi horizontal untuk elemen vertikal seperti kolom maksimal adalah ± 25 mm, tergantung pada tinggi bangunan dan kondisi pelaksanaan. Penyimpangan di luar batas ini dianggap sebagai cacat konstruksi dan harus dievaluasi ulang secara struktural.

Penelitian mengenai dampak kesalahan semacam ini juga dilakukan oleh Lipin et al. (2025), yang menganalisis pengaruh kekurangan tulangan lokal dan eksentrisitas sambungan kolom terhadap keandalan struktural bangunan industri baja. Studi tersebut menunjukkan bahwa kolom tanpa tulangan lokal dan dengan eksentrisitas 100–150 mm mengalami penurunan kapasitas dukung hingga 52% dibandingkan kondisi ideal.

Salah satu faktor pemicu terjadinya kesalahan tersebut adalah karena proyek Gedung Perkuliahan ini dikerjakan secara terpisah antara struktur bawah dan struktur atas (*multiyear*). Struktur bawah atau pondasi dikerjakan pada tahun pertama, sedangkan struktur atas baru mulai dikerjakan pada tahun kedua. Jeda waktu yang cukup panjang tanpa pengendalian koordinasi dan dokumentasi yang ketat menyebabkan terjadinya ketidaksesuaian saat melanjutkan pekerjaan.

Terkait kondisi tersebut, pihak kontraktor, konsultan pengawas, dan tim teknis proyek mengajukan beberapa opsi solusi untuk menangani permasalahan yang ada di lapangan. Adapun alternatif yang ditawarkan antara lain:

1. Opsi pertama: Tetap melanjutkan pekerjaan struktur atas berdasarkan kondisi eksisting, namun pada lantai dua dan seterusnya akan

dilakukan penyesuaian kembali terhadap grid as perencanaan awal.

2. Opsi kedua: Melanjutkan pekerjaan struktur atas dengan mengikuti posisi kolom eksisting yang telah bergeser diteruskan ke lantai atas.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perbandingan gaya kasial dan momen lentur struktur pada kondisi normal dengan opsi 1, melakukan perbandingan gaya aksial dan momen lentur struktur pada kondisi normal dengan opsi 2, serta perbandingan dari gaya aksial dan momen lentur normal dengan opsi 1 dan opsi 2 untuk mengetahui model mana yang memberikan respon struktur lebih stabil dan aman.

METODE PENELITIAN

1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan proses awal rancangan penelitian di mulai dengan mengumpulkan literature pendukung berupa buku, jurnal, artikel terkait penelitian, dan rujukan standar SNI 1726-2019 (gempa), 1727-2020 (pembebanan), 1729-2020 (baja structural), 2847-2019 (beton struktural), ACI 117-10 (Standard Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials). Serta referensi akademis lain yang relevan dan digunakan untuk memperkuat landasan teori dan pendekatan metodologi penelitian.

2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis data yaitu:

- 1) Data sekunder yang diperoleh dari pihak ketiga atau sumber yang sudah ada sebelumnya. Dalam penelitian ini, data sekunder diperoleh dari pihak pelaksana proyek dan perencana teknis Gedung Perkuliahan, berupa shop drawing dan dokumen perencanaan struktur yang memuat spesifikasi material (mutu beton dan baja).
- 2) Data primer diperoleh langsung dari lapangan melalui observasi dan dokumentasi kondisi bangunan yang ada. Dilakukan pengukuran posisi kolom dan melakukan komunikasi dengan tim teknis lapangan untuk memperoleh informasi tambahan terkait penyebab dan kronologi pelaksanaan pekerjaan.

3. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur bangunan gedung menggunakan aplikasi ETABS dilakukan 3 jenis pemodelan yaitu:

- 1) Model rencana dalam kondisi normal mengikuti shop drawing.
- 2) Model opsi 1, kolom yang mengalami peyimpangan digeser dari lantai dasar hingga lantai atas.
- 3) Model opsi 2, kolom yang digeser hanya pada lantai satu sedangkan lantai dua sampai lantai atas tetap pada posisi gambar rencana, menggunakan sambungan pengaku (rigid link) untuk distribusi beban.

4. Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur dilakukan sesuai dengan standar perencanaan. Dengan menginput beban mati (dead load), beban hidup (live load), dan beban dinamis seperti beban gempa berdasarkan respon spektrum yang merujuk pada SNI 1726-2019.

5. Validasi Model

Setelah proses pembebanan struktur dilakukan, langkah selanjutnya adalah melakukan validasi terhadap model normal untuk memastikan bahwa model yang dibuat di ETABS sudah sesuai secara teknis. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan manual dan hasil dari ETABS, terutama pada reaksi perletakan. Apabila model selisihnya kecil, maka model dianggap sudah benar dan dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.

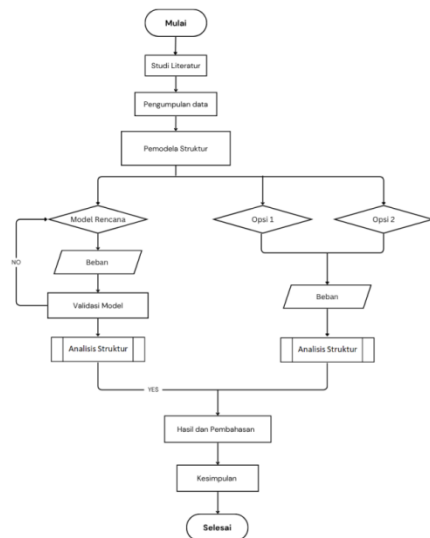
6. Analisis Struktur

Selanjutnya dilakukan analisis struktur, merupakan proses menentukan respon suatu bangunan atau elemen struktural terhadap berbagai beban yang bekerja pada bangunan Gedung Perkuliahan. Pada analisis yang dilakukan ini analisis reaksi perletakan dan gaya dalam, serta kapasitas struktur.

7. Hasil dan Pembahasan

Melakukan persentase perbandingan hasil gaya aksial dan momen akibat dampak kesalahan eksentrisitas kolom terhadap respon struktur, serta melihat model mana yang memberikan respon struktur lebih aman dan stabil.

Alur penelitian dapat dilihat berdasarkan diagram alir berikut:



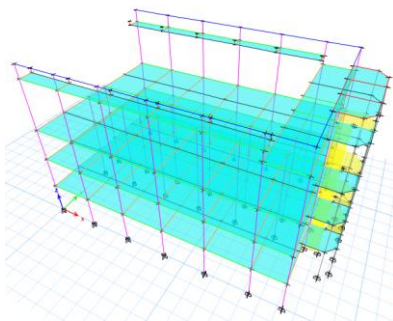
Gambar 3. Diagram Alir Perancangan Tugas Akhir

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pemodelan Struktur

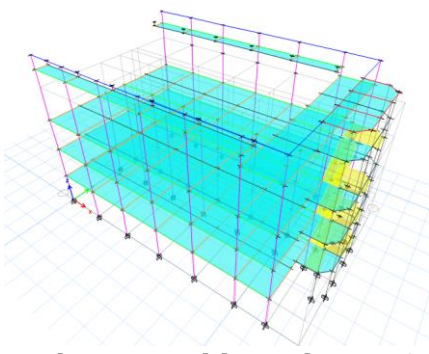
Berikut merupakan 3 jenis pemodelan struktur bangunan Gedung Perkuliahan di Kota padang yang terdiri dari Model normal, Model Opsi 1 dan Model Opsi 2 dalam bentuk 3D.

- 1) Pemodelan normal merupakan gedung yang dimodelkan sesuai dengan gambar rencana, seperti Gambar 4 dibawah ini:



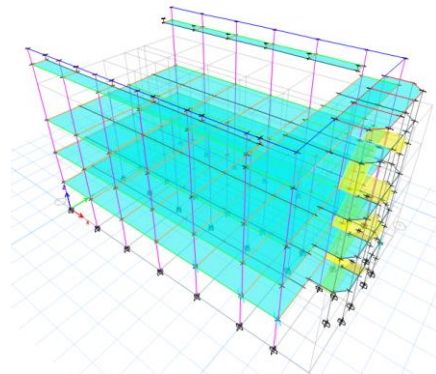
Gambar 4. Pemodelan Gedung Normal

- 2) Pemodelan opsi 1 adalah bangunan gedung yang memiliki eksentrisitas kolom yang di geser di seluruh lantai seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemodelan Gedung Opsi 1

- 3) Pemodelan opsi 2, yaitu kolom hanya bergeser pada lantai satu, sementara lantai dua dan seterusnya tetap mengikuti perencanaan awal dengan metode rigid link.



Gambar 6. Pemodelan Gedung 3D Opsi 2

2. Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur merupakan semua jenis gaya yang bekerja pada suatu komponen struktur bangunan gedung. Berikut adalah jenis-jenis pembebanan yang digunakan:

- 1) Beban Mati

Beban mati merupakan berat sendiri bahan konstruksi yang bersifat tetap dan tidak mengalami perubahan selama masa pakai, beban ini berasal dari material penyusun bangunan berupa baja dan beton.

- 2) Beban Mati Tambahan (*Super Imposed Dead Load*)

Beban mati tambahan adalah adalah beban yang muncul setelah konstruksi utama bangunan selesai dan elemen-elemen tetap dipasang, namun sifatnya tetap permanen. Adapun beban yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Beban Mati Tambahan (SIDL)

No	Jenis	Beban (kN/m ²)
1	Pelat lantai 1,2,3	1,51
2	Pelat tangga	1,3
3	Beban inding 1,2,3,4	5,25
4	Beban dinding tangga 1,2,3,4	5,4

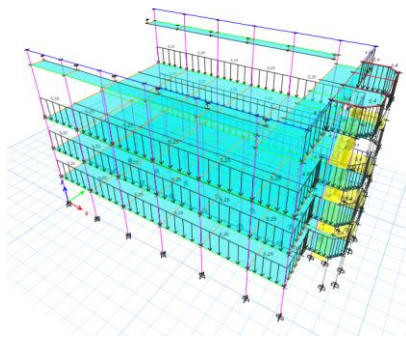
- 3) Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup merupakan beban yang diakibatkan pergerakan seperti aktivitas manusia, perabotan yang dapat dipindahkan, mesin yang tidak permanen, dan bahkan beban parkir kendaraan pada bangunan. Beban hidup yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada SNI

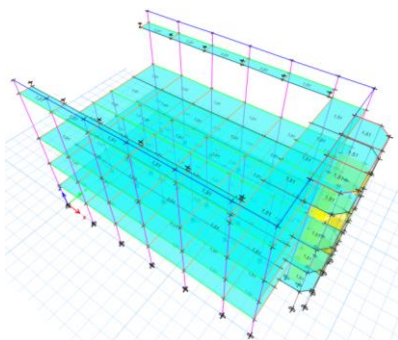
1726-2019, sebagaimana ditampilkan dalam tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Beban Hidup Ruang (Live Load)

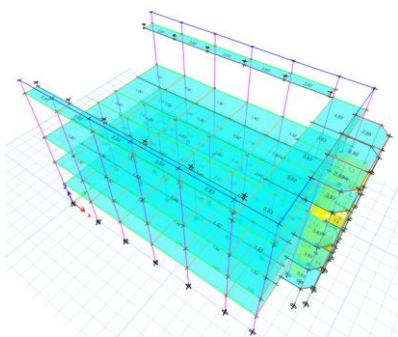
No	Fungsi Ruang	Beban (kN/m ²)
1	Kelas dan ruang guru besar	1,92
2	Ruang baca dan laboratorium	2,87
3	Mushola dan ruang pertemuan	4,79
4	Gudang / pantry	6
5	Koridor	3,83



Gambar 7. Beban Mati Tambahan Dinding (SIDL)

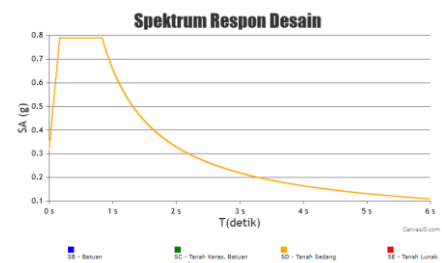


Gambar 8. Beban SIDL Plat Lantai



Gambar 9. Beban Hidup (Live Load)

Respon spektrum desain bertujuan untuk menggambarkan reaksi maksimum dari struktur terhadap gempa berdasarkan frekuensi alami struktur dan karakteristik tanah di lokasi. Seperti Gambar 10 berikut:



Gambar 10. Grafik Respon Spektrum

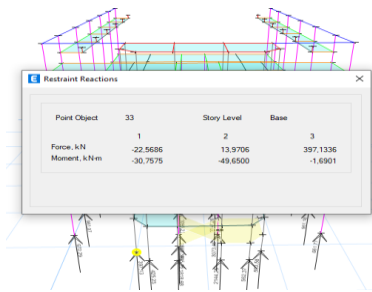
Kombinasi pembebanan merupakan proses penggabungan beberapa jenis beban seperti beban hidup, beban mati, beban mati tambahan, dan beban gempa. Kombinasi ini mengikuti aturan dari standar teknis SNI 1726-2019 seperti Tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Kombinasi Beban

No.	Kombinasi Beban
1	1,4D
2	1,2D + 1,6L
3	1,358 D + L + 1,3EQx + 0,39EQy
4	1,358D + L + 1,3EQx - 0,39EQy
5	1,358D + L - 1,3EQx + 0,39EQy
6	1,358D + L - 1,3EQx - 0,39EQy
7	1,358D + L + 0,39EQx + 1,3EQy
8	1,358D + L + 0,39EQx - 1,3EQy
9	1,358D + L - 0,39EQx + 1,3EQy
10	1,358D + L - 0,39EQx - 1,3EQy
11	0,742D + 1,3EQx + 0,39EQy
12	0,742D + 1,3EQx - 0,39EQy
13	0,742D - 1,3EQx + 0,39EQy
14	0,742D - 1,3EQx - 0,39EQy
15	0,742D + 0,39EQx + 1,3EQy
16	0,742D + 0,39EQx - 1,3EQy
17	0,742D - 0,39EQx + 1,3EQy
18	0,742D - 0,39EQx - 1,3EQy

3. Validasi Model

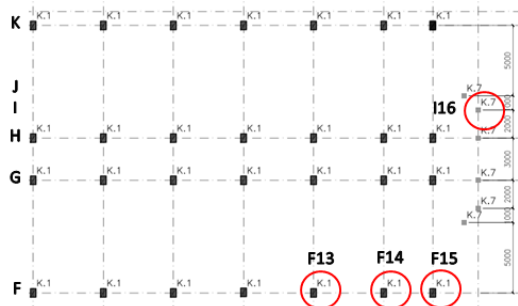
Tujuan dilakukan validasi untuk memastikan bahwa hasil analisis tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, sehingga dapat disimpulkan bahwa model struktur yang disusun telah akurat secara teknis.



Gambar 11. Joint Reaction Untuk Validasi Model

Berdasarkan hasil perhitungan manual didapatkan total reaksi perletakan sebesar 412,44 kN. Sementara itu, hasil dari ETABS menunjukkan reaksi perletakan sebesar 397,13 kN. Selisih antara keduanya sekitar 3,8%. Perbedaan yang terjadi masih dalam batas wajar, karena kurang dari 5%, sehingga dapat disimpulkan bahwa pemodelan ETABS cukup baik dan analisis dapat diterima.

Berikut ini Gambar 12 denah bangunan gedung yang mengalami eksentrisitas kolom:



Gambar 12. Denah Gambar Bangunan Yang Mengalami Eksentrisitas

4. Analisis

Reaksi perletakan (*joint reaction*) adalah gaya-gaya yang muncul pada titik tumpuan atau perletakan suatu struktur balok, kolom ataupun kuda-kuda sebagai respons terhadap beban yang bekerja pada struktur tersebut. Reaksi ini berfungsi untuk menahan gaya eksternal agar struktur tetap seimbang dan tidak bergerak. Berikut ini hasil *output case gaya* gravitasi reaksi perletakan eksentrisitas kolom dapat dilihat pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6.

Tabel 4. Output Reaksi Perletakan Kondisi Normal

Kolom	FZ (kN/m)	MX (kN/m)	MY (kN/m)
F15	494,3334	17,7244	3,0984
F14	809,487	30,2469	2,5864
F13	799,235	36,6739	1,1203

116	114,8278	4,2271	0,5208
-----	----------	--------	--------

Tabel 5. Output Reaksi Perletakan Kondisi Opsi 1

Kolom	FZ (kN/m)	MX (kN/m)	MY (kN/m)
F15	452,8412	17,2876	4,1744
F14	727,4764	28,0886	3,5741
F13	778,4031	36,6739	1,1247
116	120,5562	4,2271	0,3761

Tabel 6. Output Reaksi Perletakan Kondisi Opsi 2

Kolom	FZ (kN/m)	MX (kN/m)	MY (kN/m)
F15	513,0725	14,0991	3,4554
F14	804,4173	23,6681	8,1008
F13	798,0847	28,3809	13,9212
116	126,2291	1,99	0,9197

5. Pembahasan

Dari hasil analisis *joint reaction*, maka dilakukan perbandingan gaya P aksial dan momen lentur MX dan MY kondisi normal dengan opsi 1, serta kondisi normal dengan opsi 2 dengan tujuan untuk melihat pengaruh eksentrisitas pada kolom yang ditinjau. Dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8 berikut:

Tabel 7. Persentase Perbandingan Kondisi Normal dengan Opsi 1

Kolom	Selisih FZ	Selisih MX	Selisih MY
F15	7,855 %	0,402 %	2,934 %
F14	9,235 %	-2,668 %	12,705 %
F13	1,707 %	-1,459 %	-70,624 %
116	-1,450 %	-1,427 %	63,114 %

Tabel 8. Persentase Perbandingan Kondisi Normal dengan Opsi 2

Kolom	Selisih FZ	Selisih MX	Selisih MY
F15	-3,791 %	20,454 %	-11,522 %
F14	0,626 %	21,750 %	-213,208 %
F13	0,144 %	22,613 %	-1142,631 %
116	-9,929 %	52,923 %	-76,594 %

Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat perbedaan nilai gaya dalam aksial dan momen yang terjadi pada masing-masing kolom yang mengalami pergeseran. Perubahan tersebut disebabkan oleh perubahan *tributary area* yang terjadi pada masing-masing kolom akibat terjadinya pergeseran as bangunan. Selain memberikan dampak kepada perubahan beban aksial, perubahan juga terjadi pada momen, akibat terjadinya selisih gaya normal dengan perkalian jarak eksentrisitas yang terjadi, karena momen

merupakan fungsi dari beban dikalikan dengan jarak.

Sedangkan model normal dengan opsi 2 (rigid link) terdapat perbedaan yang cukup signifikan pada momen lentur kolom F13 dapat dilihat pada Gambar 12 dan perbedaan perubahannya hingga -1142,631 %. Sedangkan P aksial dalam rentang --3,791 hingga -9,929 %. Perubahan gaya aksial relative kecil, karna lebih dominan efek P-Delta. Perubahan momen disebabkan oleh perpindahan secara global pada batang kolom Lt 1 Sedangkan kolom Lt 2 s.d Lt 4 tetap diposisi semula.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pembahasan hasil analisis perbandingan semua kondisi eksentrisitas kolom, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Setelah dilakukannya persentase perbandingan gaya P aksial dan momen lentur MX, MY pada setiap model dalam kondisi normal dengan opsi 1 terjadinya perubahan gaya P aksial normal tekan yaitu dalam rentang -1,450 % hingga 9,235 % dan momen dalam rentang 70,624 %. Perubahan tersebut disebabkan oleh pergeseran *joint* sehingga menyebabkan bertambah atau berkurangnya *tributary area*.
2. Hasil persentase perbandingan dari model kondisi normal dengan opsi 2 mengalami perubahan gaya aksial, yang tidak dominan akan tetapi menghasilkan persentase perubahan momen lentur yang sangat besar . Perubahan terbesar terjadi pada kolom F14 yang perbedaan nilainya mencapai -1142,631 %. Adapun nilai momen kolom F14 pada kondisi normal 1,191 kN-m pada saat di rigid link sebesar 13,9212 kN-m. Hal ini disebabkan oleh, lantai dua hingga lantai atas posisi bangunan tetap dan tidak berubah. Sedangkan lantai satu bergeser hal ini mengakibatkan efek P-Delta yang dominan.
3. Dapat disimpulkan bahwa pemodelan opsi 1 lebih direkomendasikan karena efek P-Delta yang timbulkan tidak dominan.

DAFTAR PUSTAKA

Andi, A., Mahendra, B., & Ridwan, M. (2023). Perencanaan Konstruksi Bangunan Gedung Enam Lantai. *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 5(1), 66–73.

Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Sni 2847-2019*, 8, 720.

Between, C., & Equivalent, S. (2024). *Perbandingan Antara Metode Static Equivalent*

Dan Response Spectrum Pada Perencanaan Gedung Asrama Universitas Dr . Soetomo Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). 2.

Dan Penilaian Struktur, I., Didik Purwantoro, A. S., & N Fajar, dan M. (2023). *Jurnal Teknik Sipil : Rancang Bangun Structural Investigation and Assessment Indomaret Building Basuki Rahmat Sorong City*. 09(01), 1–9. <http://doi.org/xxxWebsite:https://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/rancangbangun>

Dewi, H. A., Widayanto, E., & Wiswamitra, K. A. (2023). Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada Pembangunan Rumah Susun Cakung Jakarta Timur. *Rekayasa Sipil*, 17(3), 243–248. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2023.017.03.2>

Dwi Visti Rurianti. (2021). Kegagalan Pelaksanaan Konstruksi Berdasarkan Perspektif Hukum. *Jurnal KODIFIKASI, Universitas Islam Kuantan Singingi*

Kristianto, A., & Yansusan, I. (2015). *Dengan Pen-Binder Untuk Peningkatan Daktilitas*. 1–14.

Liando, F. J., Dapas, S. O., & Wallah, S. E. (2020). Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Kuliah 5 Lantai. *Jurnal Sipil Statik*, 8(4), 471–482.

Nizar, A., Pradana, O., Suprpto, B., Teknik, M., Fakultas, S., Universitas, T., Malang, I., Teknik, D., Fakultas, S., Universitas, T., Malang, I., Teknik, D., Fakultas, S., Universitas, T., & Malang, I. (n.d.). *STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR KOMPOSIT GEDUNG*. 13(1), 365–374.

Siwu, M. M., Pratahis, P. A. K., & Tjakra, J. (2024). Metode Pelaksanaan Konstruksi Penulangan Plat Lantai pada Proyek Pembangunan Gedung SMP Negeri 16 Manado. *Tekno*, 22(87), 115–123. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/tekno/article/view/53830>

SNI 2847. (2019). *SNI_2847_2019_Persyaratan_Beton_Struktur*. 8. Syah, M. A., Ardhyani, M. Z., Fajri, H., Purwandito, M., & Irwansyah, I. (2023). Perbandingan Analisis Struktur Gedung Laboratorium PGSD Universitas Samudra Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Menggunakan ETABS dan BIM Tekla Struktural

Designer. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 20(2), 210–219. <https://doi.org/10.30630/jirs.v20i2.1048>

Tobing, M. F. L., Irsada, R., Abduh, M., & Hariyani, S. (2023). *Gedung Pasar Rakyat Di Jalan Nipah Kuning Dalam (Structure Design of Reinforced Concrete Traditional Market Building on Nipah Kuning Dalam Street)*. 3(2), 35–43.

Trisnoyuwono, D., Lake, A. G., & Daga, W. M. (2022). Kajian Teknis Terhadap Kegagalan Struktur Gedung KPPTSP Di Kota Ruteng, Kabupaten Manggarai. *JUTEKS: Jurnal Teknik Sipil*, 7(1), 36. <https://doi.org/10.32511/juteks.v7i1.887>

Utomo, D. S., & Hakim, E. A. (2023). Analisis Perbandingan Kekuatan Kolom Dengan Variasi Bentuk Penampang. *Seminar Keinsinyuran 2023*, 249–256.

Xiao Congzhen, Qiao Baojuan, Li Jianhui, dkk. (2022). Prediction of Transverse reinforcement of RC Columns Using Machine Learning Techniques. *Advances in Civil Engineering*. Advances in Civil engineering (Wiley). 22(1). <https://doi.org/10.1155/2022/2923069>