

EFEK RASIO KETINGGIAN DAN LUASAN LANTAI SETBACK DUA ARAH TERHADAP RESPONS DINAMIK STRUKTUR

The Effects of Height and Floor Area Ratios on Two-Way Setback's Dynamic Structural Response

Remigildus Cornelis,¹ Raynaldo Lewlelek,² dan Andi Kumalawati³

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana
Jalan Adisucipto, Penfui, Kupang, Nusa Tenggara Timur

Surel: ¹remi@staf.undana.ac.id; ²raynaldolelek1203@gmail.com; ³Kumalawati@gmail.com

Diterima : 24 Agustus 2023

Disetujui : 6 Oktober 2023

Abstrak

Struktur bangunan setback adalah jenis struktur dengan luasan lantai yang berkurang akibat tonjolan ke dalam atau memiliki suatu lonjakan bidang lantai. Beberapa faktor yang mempengaruhi respons struktur dengan desain setback terhadap beban gempa meliputi rasio luasan setback, rasio tinggi setback, arah setback (satu arah atau dua arah), dan letak setback (simetris atau asimetris) akan ditinjau. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dampak dari rasio luasan dan ketinggian lantai setback dua arah terhadap respons dinamik struktur menggunakan beberapa variasi model setback yang sesuai dengan persyaratan SNI 1726:2019. Dalam penelitian ini, terdapat sepuluh model struktur yang diteliti, terdiri dari satu model struktur tanpa setback (model kontrol) dan sembilan model struktur dengan desain setback dua arah. Respons struktur pada model-model ini terhadap beban gempa dianalisis menggunakan metode respons spektrum. Temuan penelitian menunjukkan bahwa variasi rasio luasan dan ketinggian setback yang semakin meningkat akan mengakibatkan penurunan perpindahan antar tingkat, gaya geser dasar, gaya geser antar tingkat, dan kekakuan struktur antar tingkat. Pada lantai setback, simpangan antar tingkat, momen maksimum balok dan momen maksimum kolom antar tingkat akan semakin besar sebaliknya akan semakin kecil pada lantai tingkat non setback. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur dengan rasio luasan dan ketinggian setback yang memenuhi persyaratan SNI 1726:2019 adalah struktur setback jenis MRL36 yaitu jenis struktur dengan rasio luasan setback 36% dari luasan total dan rasio ketinggian setback 25% dari tinggi total struktur.

Kata Kunci: Lantai setback, tinggi lantai, luas lantai, respon dinamik, pengaruh dua arah

Abstract

Setback building is a building that has a floor area at the top that stand out or has a jump on the floor plane. Several parameters that influence the response of setback structure to earthquake loads are the ratio of setback area, the ratio of setback height, the setback direction (one-way or two-way), and the location of the setback (symmetrical or asymmetrical). This study aims to determine the effect of the setback area ratio and the ratio of the setback height to the dynamic response of the two-way setback structure and to determine the variations of the setback model that meets the requirements according to SNI 1726:2019. In this study, there were 10 structural models studied consisting of 1 non setback structure model (control model) and 9 two-way setback structure models which were analyzed using the spectrum response method. The results showed that the greater the variation in the setback area ratio and the variation in the setback height ratio, the displacement between levels, the ground shear force, the shear force between levels and the stiffness of the structure between levels will be smaller. Based on the deviation between levels, the maximum moment of beams and the maximum moment of column between levels will be greater on the floor setback but will be smaller on the floor that is not setbacked. The structure model with ratio of setback area and ratio of setback height that meets all requirements according to SNI 1726:2019 is an MRL36 setback structure model with the setback area ratio of 36% of the total area and the setback height ratio of 25% of the total height of the structure.

Keywords: Setback floor, floor height, floor area, dynamic response, two-way effect

PENDAHULUAN

Bersamaan dengan kemajuan dan perubahan dalam industri, teknologi, dan ilmu pengetahuan yang semakin modern, dunia industri konstruksi gedung juga mengalami kemajuan dan perkembangan. Hal ini terlihat dari penggunaan variasi model geometrik struktur gedung dari yang sederhana hingga yang sangat kompleks. Struktur bangunan *setback* adalah salah satu model struktur bangunan yang sering digunakan untuk bangunan tinggi di Indonesia.

Indonesia adalah salah satu wilayah yang rawan terhadap gempa. Di daerah rawan gempa, yang menjadi fokus perhatian adalah keamanan struktur bangunan. Karena itu perlu sekali untuk memahami respon struktur terhadap beban gempa. Salah satu faktor yang mempengaruhi respon struktur terhadap beban gempa adalah model geometrik bangunan. Bentuk geometri beraturan memiliki respon yang berbeda dengan geometrik tidak beraturan. Hal ini karena pada bangunan beraturan pusat massa dan pusat kekakuan berhimpit, sedangkan pada bangunan tidak beraturan keduanya tidak berhimpit.

Model bangunan *setback* adalah model struktur bangunan dengan geometrik yang tidak beraturan. Model struktur ini memiliki luasan lantai di bagian atas yang menjorok ke dalam atau memiliki suatu loncatan bidang lantai. Luasan lantai yang di *setback* sering digunakan sebagai ruang terbuka untuk bersantai, seperti pada gedung hotel maupun gedung perkantoran. Jenis struktur ini memiliki masalah yaitu transisi dari kekakuan yang relatif besar ke kekakuan yang relatif rendah (Chandra 2019). Beberapa faktor yang mempengaruhi respon struktur *setback* antara lain rasio luasan lantai *setback* terhadap luasan *non setback* di bawahnya, rasio ketinggian lantai *setback* terhadap tinggi lantai di bawah *setback*, arah *setback* (baik satu arah maupun dua arah), letak *setback* (simetris atau asimetris), dan berbagai faktor lainnya (Elisabet dkk, 2019).

Beberapa hasil peneliti lain yaitu Rumimper dkk, pada tahun 2013 menyimpulkan adanya perbedaan simpangan yang cukup signifikan antara lantai yang memiliki massa dan kekakuan yang berbeda pada bangunan *setback*. Hasil penelitian Vardhan dan Shah 2016 terhadap bentuk geometrik C dan L juga menunjukkan trend yang sama. Menurut Putera dan Hidayat 2017, penggunaan dinding geser pada struktur *setback* akan memperkecil periode dan simpangan struktur namun memperbesar gaya geser struktur. Menurut Sayyed dkk, 2017, struktur *setback* menghasilkan perubahan nilai simpangan

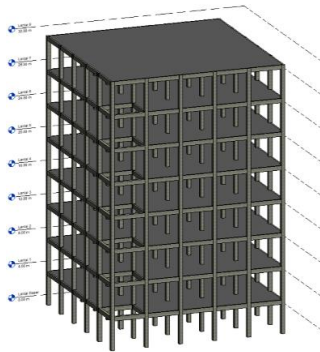
antar lantai yang ekstrim dan tiba-tiba pada bagian yang di *setback* dan juga bertambahnya rasio tinggi lantai *setback* terhadap lantai *non setback* menyebabkan kekakuan struktur pada bangunan akan berkurang. Menurut (Mohammad dkk, 2017) semakin bertambahnya panjang struktur *step-back setback (SETACS)* maka periode struktur, perpindahan lantai atas dan gaya geser dasar akan semakin besar sedangkan *story drift*, dan gaya geser antar lantai akan semakin kecil. Menurut Aditya 2019, *story drift* dan *displacement* pada model struktur *setback* simetris lebih besar jika dibandingkan dengan model struktur *setback* asimetris. Menurut Pangestu dkk, 2021 semakin besar tinggi lantai *setback* maka semakin kecil kekakuan struktur dan *base shear* pada arah yang di *setback*. Penelitian lainnya oleh Tumbal dkk, 2019 terhadap variasi luasan *setback* memperlihatkan bahwa semakin kecil rasio luasan *setback* maka simpangan pada lantai teratas semakin kecil. Menurut (Fakhrurrazy dkk, 2015), metode respons spektrum memperlihatkan hasil yang lebih konservatif jika dibandingkan metode statik ekuivalen.

Beberapa peneliti terdahulu telah meneliti mengenai pengaruh adanya *setback* pada suatu struktur terhadap respons dinamik strukturnya, namun struktur *setback* yang ditinjau merupakan struktur *setback* hanya dalam satu arah (2D, dua dimensi) dan belum ditinjau dalam dua arah (3D, tiga dimensi), padahal dalam kenyataannya semua sistem struktur adalah sistem struktur 3D. Karena itu, penelitian ini difokuskan pada mekanisme pengaruh respon struktur *setback* yang dimodelkan secara 3D. Model struktur *setback* akan dimodelkan dalam dua arah dan analisis akan dilakukan secara numerik dengan bantuan *software* ETABS v18. Parameter yang dianalisis adalah pengaruh rasio luasan *setback* dan rasio ketinggian lantai *setback* terhadap respons dinamik struktur. Penelitian ini juga difokuskan pada penggunaan metode respon spektrum yang mengacu pada SNI 1726:2019.

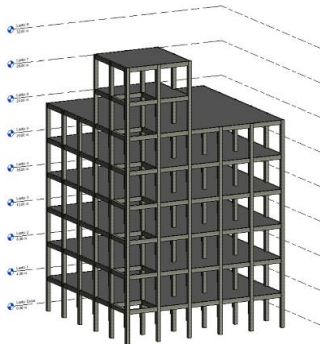
METODE

Data penelitian berupa dimensi kolom, balok dan tebal pelat ditentukan berdasarkan hasil *preliminary design* sesuai (SNI 2847-2019 2019). Berdasarkan hasil *preliminary design* diperoleh dimensi kolom 60 cm x 60 cm, dimensi balok 30 cm x 55 cm dan tebal pelat 12 cm. Mutu beton yang digunakan (f_c) adalah 25 Mpa, mutu baja tulangan utama adalah 420 Mpa, dan tulangan transversal adalah 280 Mpa. Struktur yang dianalisis memiliki fungsional gedung sebagai gedung perkantoran dengan dimensi gedung 20 m x 20 m dan tinggi total

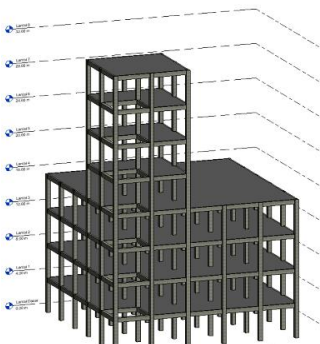
gedung 32 m dengan tinggi antar tingkat 4 m. Model struktur akan dianalisis dengan metode respons spektrum menggunakan *software* ETABS v18. Model 3D untuk 10 model struktur yang terdiri dari bangunan *non setback* (model kontrol) dan bangunan *setback* dapat dilihat pada Gambar 1.



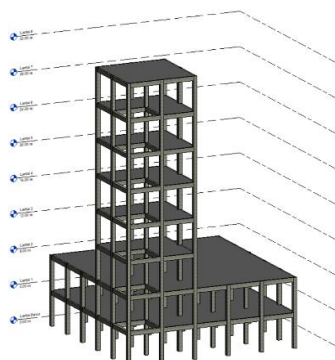
(a). Model struktur tidak ada *setback*



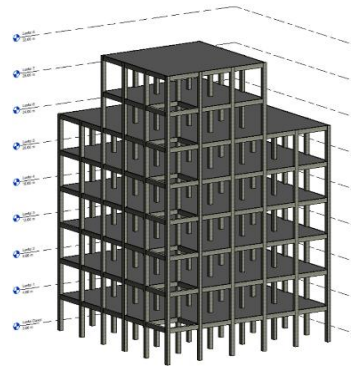
(b). Model struktur *setback* MRL84



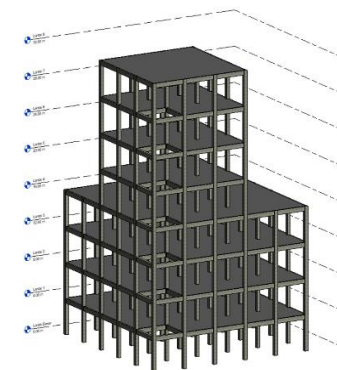
(c). Model struktur *setback* MRL84T50



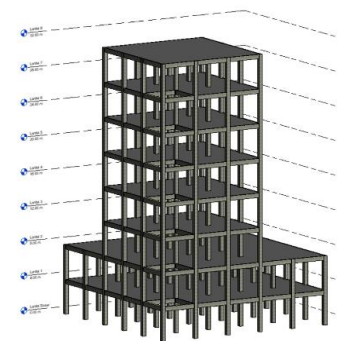
(d). Model struktur *setback* MRL84T75



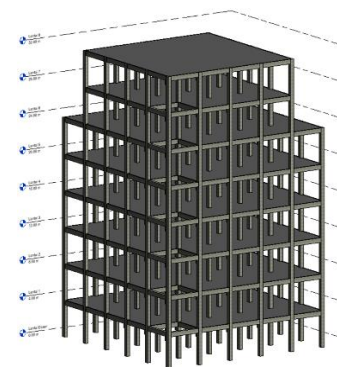
(e). Model struktur *setback* MRL64



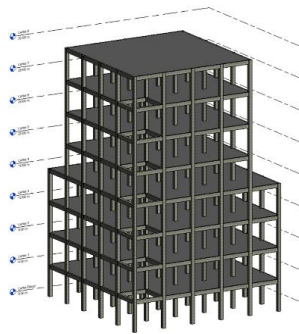
(f). Model struktur *setback* MRL64T50



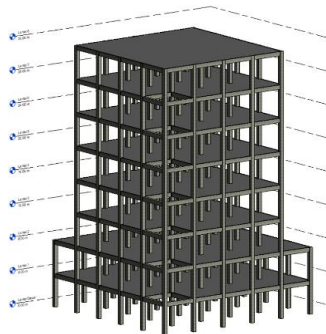
(g). Model struktur *setback* MRL64T75



(h). Model struktur *setback* MRL36



(i). Model struktur setback MRL36T50



(j). Model struktur setback MRL36T75

Gambar 1 Model Struktur Non Setback dan Setback

Rangkuman variasi rasio luasan setback (RL) serta variasi rasio ketinggian setback (RT) untuk semua model struktur ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Variasi Rasio Luasan (RL) dan Ketinggian Setback (RT) Dua Arah pada Struktur

Nama Model	RL	RT	Luasan Setback (m ²)	Tinggi Setback (m)
<i>Non setback</i>	-	-	-	-
MRL84	84%	25%	84	8
MRL84T50	-	50%	84	16
MRL84T75	-	75%	84	24
MRL64	64%	25%	64	8
MRL64T50	-	50%	64	16
MRL64T75	-	75%	64	24
MRL36	36%	25%	36	8
MRL36T50	-	50%	36	16
MRL36T75	-	75%	36	24

Keterangan : Variasi RL merupakan variasi rasio luasan lantai yang di setback terhadap luasan total lantai struktur (luasan totalnya 400 m²). Variasi RT merupakan variasi rasio tinggi setback terhadap tinggi total struktur (tinggi totalnya 32 m).

Langkah-langkah penelitian ini antara lain: (1) Pengumpulan data dan pemodelan struktur gedung seperti model layout bangunan, tinggi antar lantai,

penetapan mutu bahan, model pembebanan struktur, dimensi komponen struktur, rasio luasan setback, dan rasio ketinggian setback. (2) Pemodelan struktur non setback (model kontrol) pada ETABS v18. Model ini akan dijadikan acuan untuk model-model lainnya. (3) Analisis dan evaluasi terhadap kekuatan struktur untuk memastikan dimensi penampang balok dan kolom memenuhi persyaratan (*capacity ratio* ≤ 1) sesuai syarat SNI 1726:2019. (4) Dimensi elemen struktur yang memenuhi syarat diaplikasikan pada semua model struktur termasuk model struktur setback. (5) Analisis struktur menggunakan ETABS v18 untuk semua model struktur baik struktur setback maupun struktur non setback dengan metode statik ekuivalen untuk mengecek pola ragam gerak struktur dan partisipasi massa struktur. (6) Analisis dinamik respon spektrum dengan ETABS v18 untuk semua model struktur mengetahui respon struktur antara lain gaya geser dasar (*based shear*), gaya geser antar tingkat (*inter-story shear*), perpindahan antar tingkat (*inter-story drift*), simpangan antar tingkat (*inter-story displacement*), momen maksimum pada balok dan kolom antar tingkat, kekakuan struktur antar tingkat (*inter-story stiffness*), pengaruh p-delta dan ketidakberaturan struktur. (7) Analisis pengaruh variasi rasio ketinggian setback maupun variasi rasio luasan setback terhadap respons dinamik struktur yang diperoleh untuk semua model struktur, dan model struktur dengan rasio tinggi setback dan rasio luasan setback yang memenuhi syarat SNI 1726:2019.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketidakberaturan Horisontal Struktur

Ketidakberaturan horisontal struktur diperiksa sesuai SNI 1726:2019 Pasal 7.3.2 Tabel 13 halaman 59. Hasil pemeriksaan ketidakberaturan horisontal struktur untuk semua model seperti pada Tabel 2 terlihat bahwa terdapat 8 model struktur yang mengalami ketidakberaturan horisontal tipe 1a dimana 8 model tersebut memiliki drift ratio maksimum yang melebihi 1,2 sesuai persyaratan pada SNI 1726:2019.

Terdapat 6 model struktur yang mengalami ketidakberaturan horisontal tipe 3 yaitu struktur yang memiliki luas bukaan yang lebih besar dari 50% luas total lantai struktur. Menurut SNI 1726:2019 Model struktur yang memiliki salah satu ketidakberaturan horisontal ini akan dianggap masuk dalam kategori struktur tidak beraturan horisontal.

Tabel 2 Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal untuk Semua Model Struktur

Model Struktur	Ketidakberaturan Horizontal					
	Tipe					
	1a	1b	2	3	4	5a&b
Non setback	-	-	-	-	-	-
MRL84	√	-	-	√	-	-
MRL84 RT50	√	-	-	√	-	-
MRL84 RT75	√	-	-	√	-	-
MRL64	√	-	-	√	-	-
MRL64 RT50	√	-	-	√	-	-
MRL64 RT75	√	-	-	√	-	-
MRL36	-	-	-	-	-	-
MRL36 RT50	√	-	-	-	-	-
MRL36 RT75	√	-	-	-	-	-

Ketidakberaturan Vertikal Struktur

Ketidakberaturan vertikal struktur diperiksa sesuai SNI 1726:2019 Pasal 7.3.2 Tabel 14 halaman 61. Hasil analisis seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal untuk Semua Model Struktur

Model Struktur	Ketidakberaturan Vertikal					
	Tipe					
	1a	1b	2	3	4	5a&b
Non setback	-	-	-	-	-	-
MRL84	-	-	√	-	-	-
MRL84 RT50	-	-	√	-	-	-
MRL84 RT75	-	-	√	-	-	-
MRL64	-	-	√	-	-	-
MRL64 RT50	-	-	√	-	-	-
MRL64 RT75	-	-	√	-	-	-
MRL36	-	-	-	-	-	-
MRL36 RT50	-	-	-	-	-	-
MRL36 RT75	-	-	-	-	-	-

Ada 6 model struktur memiliki ketidakberaturan vertikal tipe 2 karena memiliki massa efektif di setiap tingkat melebihi 150% dari massa efektif di tingkat terdekat. Perbedaan berat struktur yang signifikan antara lantai dengan setback dan lantai non setback, atau lantai di bawahnya, menjadi penyebab utama fenomena ini.

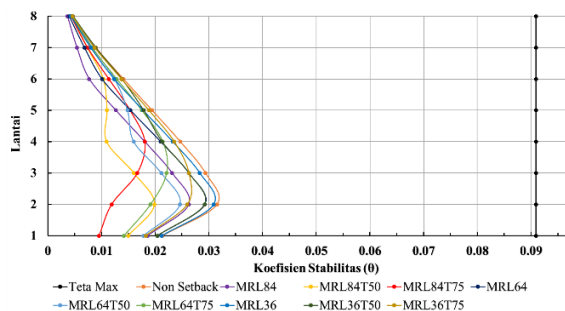
Syarat Gaya Geser Dasar (Base Shear)

Perhitungan gaya geser dasar struktur sesuai SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.4.1 halaman 78. Disyaratkan bahwa kombinasi respons untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam atau akibat gempa dinamik (V_t) tidak boleh kurang dari 100% dari gaya geser (V) dan dihitung dengan metode statik ekuivalen. Sesuai hasil analisis struktur yang telah dilakukan dengan *scale factor* awal sebesar $1.225,831 \text{ mm/s}^2$, gaya geser dasar (*base shear*) yang diperoleh akibat

beban gempa dinamik lebih kecil daripada gaya geser dasar (*base shear*) akibat gempa statik. Namun pada SNI 1726:2019 diberikan solusi yaitu gaya geser dasar tersebut harus dikalikan dengan V/V_t . Oleh karena itu, setelah dilakukan analisis kembali dengan memasukkan *scale factor* baru maka nilai gaya geser dasar untuk 10 model struktur akibat beban gempa dinamik yang terjadi lebih besar daripada gaya geser dasar akibat beban gempa statik sesuai Tabel 4. Dengan demikian, semua model struktur memenuhi gaya geser dasar sesuai SNI 1726:2019.

Tabel 4 Pengecekan Gaya Geser Dasar, V

Model	V_{statik} (kN)	V_{dinamik} (kN)
Non setback	2.414,0402	2.414,0474
MRL84	1.900,6787	1.900,6878
MRL84T50	1.387,3171	1.387,3191
MRL84T75	873,9556	873,9559
MRL64	2.026,9821	2.026,9835
MRL64T50	1.639,9239	1.639,9301
MRL64T75	1.252,8658	1.252,8855
MRL36	2.198,1026	2.198,1054
MRL36T50	1.982,1649	1.982,1737
MRL36T75	1.766,2273	1.766,2650



Gambar 2 Efek P-delta pada Semua Model Struktur Akibat Gempa Dinamik pada Dua Arah

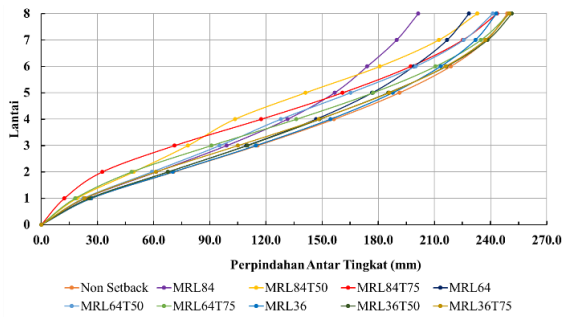
Pengaruh P-delta

Sesuai SNI 1726:2019 Pasal 7.8.7 halaman 76, menyatakan bahwa struktur yang lolos dalam pemeriksaan pengaruh p-delta adalah struktur yang memiliki koefisien stabilitas (θ) yang lebih kecil dari koefisien stabilitas maksimum (θ_{maks}). Pengaruh P-delta ditunjukkan pada Gambar 2.

Hasil analisis pengaruh p-delta pada struktur terlihat pada Gambar 2. Dapat disimpulkan bahwa semua model struktur memiliki nilai $\theta < \theta_{\text{maks}}$. Hal ini menandakan bahwa pengaruh P-delta untuk semua model struktur tidak perlu diperhitungkan. Dengan demikian, semua model struktur responnya tidak dipengaruhi oleh P-delta sesuai SNI 1726:2019.

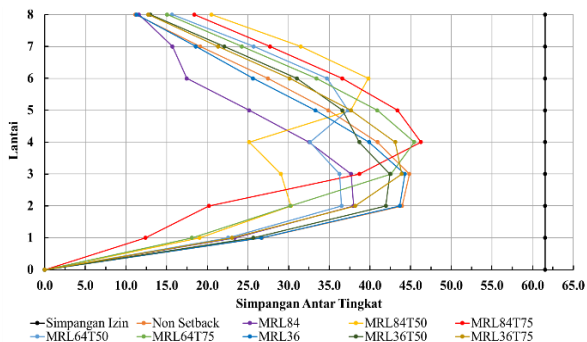
Perbandingan Perpindahan antar Tingkat

Peningkatan nilai rasio tinggi *setback* linier dengan perpindahan antar tingkat untuk lantai dengan *setback* namun berbanding terbalik pada lantai *non setback*. Semakin kecil rasio luasan *setback* maka perpindahan antar tingkat semakin besar. Hal ini dikarenakan suatu struktur semakin mendekati keadaan beraturan maka perpindahan yang terjadi juga semakin besar. Perbandingan perpindahan antar tingkat untuk 10 model struktur seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Perpindahan Antar Tingkat (*Inter-Story Displacement*) Semua Model Struktur Akibat Gempa Dinamik Arah Utara-Selatan dan Arah Timur-Barat

Hasil penelitian ini selaras dengan hasil penelitian terdahulu antara lain Aditya 2019; Mohammad 2017; Pangestu dkk, 2021; Rumimper dkk, 2013; Sayyed dkk, 2017; Tumbal dkk 2019 yang secara keseluruhan kesimpulannya bahwa semakin kecil luasan *setback* maka semakin besar perpindahannya dan juga perpindahan struktur pada bangunan *setback* lebih kecil daripada bangunan *non setback*.



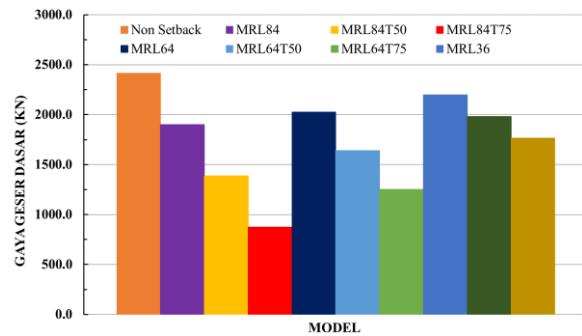
Gambar 4 Simpangan Antar Tingkat (*Inter-Story Drift*) Semua Model Struktur Akibat Gempa Dinamik Arah Utara-Selatan dan Arah Timur-Barat

Perbandingan Simpangan antar Tingkat

Gambar 4 menunjukkan perbedaan simpangan antar tingkat untuk 10 model struktur. Grafik memperlihatkan bahwa peningkatan rasio tinggi

setback dan rasio luasan *setback* linier dengan simpangan antar tingkat pada lantai dengan *setback* namun berbanding terbalik dengan lantai *non setback*. Hal ini dikarenakan simpangan antar lantai tergantung pada perpindahan struktur. Jika perbedaan besaran perpindahan antar dua tingkat yang berdekatan (misal tingkat 1 dan tingkat 2) semakin besar maka berdampak pada simpangan antar tingkat yang juga besar dan dengan demikian bila deviasi perpindahan antar dua tingkat yang berdekatan semakin kecil maka simpangan antar tingkat juga semakin kecil. Hasil temuan penelitian ini selaras dengan hasil penelitian terdahulu antara lain oleh Mohammad dkk, 2017; Pangestu dkk, 2021; Rumimper dkk, 2013; Sayyed dkk, 2017; Tumbal dkk, 2019 yang secara keseluruhan kesimpulannya bahwa simpangan struktur yang terjadi semakin besar jika rasio tinggi *setback*nya semakin besar.

Selain itu, bangunan *setback* memiliki deviasi simpangan antar tingkat yang agak ekstrim ketika masing-masing lantai memiliki kekakuan dan massanya berbeda, sebaliknya hal ini tidak terjadi pada bangunan *non setback* akibat sifat keberaturan struktur.

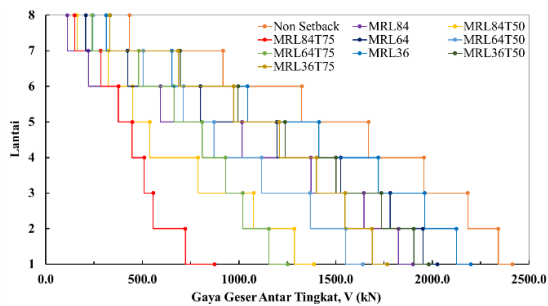


Gambar 5 Gaya Geser Dasar (*Base Shear*) 10 Model Struktur Akibat Gempa Dinamik Arah Utara-Selatan dan Arah Timur-Barat

Perbandingan Gaya Geser Dasar

Grafik perbedaan gaya geser dasar untuk 10 model struktur dapat dilihat pada Gambar 5. Disini memperlihatkan bahwa peningkatan rasio tinggi dan rasio luasan *setback* berdampak pada semakin kecil gaya geser dasar yang terjadi. Hal ini disebabkan berkurangnya berat total dari struktur. Semakin besar rasio tinggi dan rasio luasan *setback* artinya semakin besar kehilangan suatu komponen struktur yang mengakibatkan berat struktur semakin berkurang pada lantai yang mengalami *setback* dan pada akhirnya berat total dari suatu struktur tersebut semakin kecil seiring dengan meningkatnya nilai rasio tinggi *setback*. Ada beberapa penelitian terdahulu yang mengkaji

tentang pengaruh variasi tinggi *setback*, seperti yang dilakukan oleh Mohammad dkk, 2017; Pangestu dkk, 2021; Vardhan dkk, 2016 yang berkesimpulan bahwa semakin tinggi nilai rasio tinggi *setback* maka gaya geser dasar akan semakin kecil dan juga bangunan *non setback* memiliki gaya geser dasar yang lebih besar daripada bangunan *setback*. Penelitian terdahulu mengenai pengaruh rasio luasan *setback* telah diteliti oleh Tumbal dkk, 2019 dengan kesimpulan yang berbeda dengan hasil pada penelitian ini dimana peneliti sebelumnya berkesimpulan bahwa semakin besar rasio luasan *setback* akan memperbesar gaya geser dasar. Perbedaan ini terjadi karena model struktur yang digunakan oleh Tumbal dkk, 2019 adalah model struktur 2D bukan model struktur 3D.

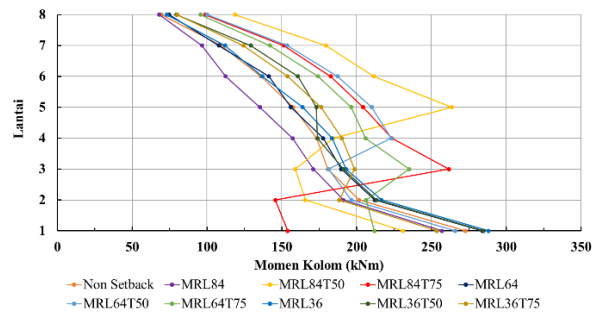


Gambar 6 Distribusi Gaya Geser (*Shear Distribution*) Semua Model Struktur Akibat Gempa Dinamik Arah Timur-Barat dan Arah Utara-Selatan

Perbandingan Distribusi Gaya Geser

Grafik perbedaan gaya geser antar tingkat untuk 10 model struktur dapat dilihat pada Gambar 6. Gambar menunjukkan bahwa secara umum distribusi gaya geser (*inter-storey shear*) struktur *setback* lebih kecil dari struktur *non setback*. Hal ini karena gaya geser sangat bergantung pada massa struktur lantai di atasnya. Semakin luas lantai maka massa struktur akan semakin besar juga. Beberapa penelitian terdahulu terhadap model struktur 2D juga menghasilkan kesimpulan yang sama (Pangestu dkk, 2021).

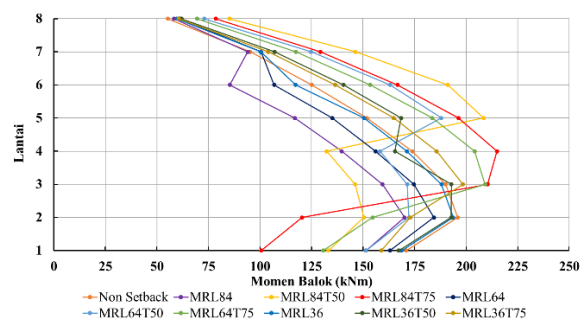
Walaupun distribusi gaya geser lebih kecil dari struktur *non setback* namun terdapat perbedaan yang signifikan antara lantai dengan *setback* dan lantai *non setback*. Hal menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan yang cukup besar pada lantai *non setback* yang berada dibawah lantai dengan *setback*. Peningkatan rasio luasan *setback* dan rasio tinggi *setback* seiring dengan peningkatan konsentrasi tegangan tersebut. (Nurvitri dkk, 2022).



Gambar 7 Momen Maksimum Kolom Antar Tingkat 10 Model Struktur Akibat Gempa Dinamik Arah Timur-Barat dan Utara-Selatan

Perbandingan Momen Maksimum Kolom antar Tingkat

Grafik momen maksimum kolom antar tingkat untuk 10 model struktur seperti pada Gambar 7. Gambar menunjukkan bahwa peningkatan rasio tinggi lantai dan luasan lantai *setback* linier dengan nilai momen maksimum kolom antar tingkat pada lantai dengan *setback* namun berbanding terbalik pada lantai *non setback*. Hal ini dikarenakan terjadinya perubahan geometrik struktur karena adanya *setback* pada lantai tersebut, sehingga berkurangnya berat struktur dan terjadinya lonjakan momen pada peralihan lantai yang tidak di *setback* ke lantai yang di *setback*. Penelitian terdahulu yang membahas tentang pengaruh variasi *setback* terhadap gaya dalam momen maksimum kolom antar tingkat yaitu oleh Pangestu dkk, 2021 bahwa terjadi perubahan momen kolom antar lantai yang signifikan pada struktur *setback* 2 lantai dikarenakan adanya perubahan geometrik struktur pada lantai 5 (14,00 m) dan 6 (17,50 m) arah timur-barat (bentang terpanjang), namun untuk *setback* 1 lantai walaupun ada perubahan geometrik struktur pada lantai 6 arah timur-barat (bentang terpanjang), hal ini hanya berdampak kecil terhadap kolom. Sedangkan Tumbal dkk, 2019



Gambar 8 Momen Maksimum Balok Antar Tingkat Semua Model Struktur Akibat Gempa Dinamik Arah Timur-Barat dan Arah Utara-Selatan

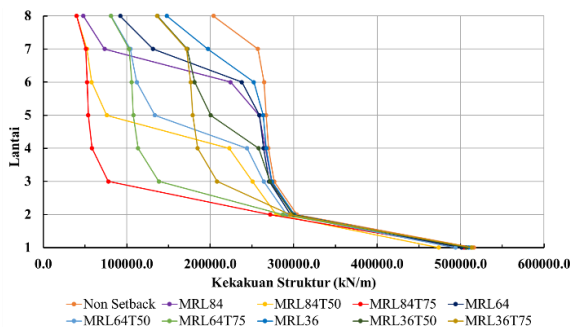
memperlihatkan bahwa tidak terdapat perbedaan momen yang signifikan, hal ini dikarenakan variasi luasan *setback* yang dikaji hanya memiliki tinggi *setback* dengan 1 lantai atau 8,33% dari tinggi struktur.

Perbandingan Momen Maksimum Balok antar Tingkat

Grafik perbedaan momen maksimum balok antar tingkat untuk 10 model struktur seperti pada Gambar 8. Memperlihatkan bahwa peningkatan rasio tinggi lantai *setback* dan luasan lantai *setback* akan memperbesar momen maksimum balok antar tingkat namun berbanding terbalik pada lantai *non setback*. Hal ini dikarenakan terjadinya perubahan geometrik struktur karena adanya *setback* pada lantai tersebut, sehingga berkurangnya berat struktur dan terjadinya lonjakan momen pada peralihan lantai yang tidak di *setback* ke lantai yang di *setback*.

Hasil penelitian ini didukung oleh beberapa beberapa penelitian terdahulu. Penelitian terdahulu yang membahas tentang pengaruh variasi tinggi *setback* terhadap gaya dalam momen maksimum balok antar tingkat yaitu oleh Pangestu dkk, 2021 yang menggunakan *setback* satu arah menyimpulkan bahwa peningkatan rasio tinggi *setback* akan mempengaruhi momen balok secara signifikan.

Penelitian lainnya tentang rasio *setback* dilakukan oleh Tumbal dkk, 2019 berkesimpulan bahwa semakin kecil rasio luasan *setback* maka semakin besar momen balok antar lantai yang terjadi. Hal ini dipengaruhi oleh adanya perubahan massa struktur. Model dengan luasan panel/pelat sebesar 80% menyebabkan massa strukturnya lebih besar dibandingkan dengan massa struktur model lainnya yang memiliki luasan pelat kurang dari 80%.



Gambar 9 Kekakuan Struktur Antar Tingkat (*Story Stiffness*) Semua Model Struktur Akibat Gempa Dinamik Arah Timur-Barat dan Arah Utara-Selatan

Perbandingan Kekakuan Struktur antar Tingkat

Grafik kekakuan struktur antar tingkat untuk 10 model struktur dapat dilihat pada Gambar 9. Menunjukkan bahwa semakin besar rasio tinggi *setback* dan rasio luasan *setback* maka kekakuan struktur antar tingkat akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan struktur yang semakin beraturan menghasilkan kekakuan struktur yang semakin besar dibandingkan dengan struktur yang tidak beraturan. Hal ini selaras dengan hasil penelitian Pangestu dkk, 2021 yang menyimpulkan bahwa dengan bertambahnya lantai yang di *setback* maka kekakuan yang terjadi semakin kecil untuk arah lantai yang di *setback*.

KESIMPULAN

Semakin besar rasio luasan dan ketinggian lantai *setback*, maka perpindahan antar tingkat (*story displacement*), gaya geser dasar (*base shear*), gaya geser antar tingkat (*story shear*) dan kekakuan struktur antar tingkat (*story stiffness*) akan semakin kecil. Untuk simpangan antar tingkat (*story drift*), momen maksimum balok antar tingkat dan momen maksimum kolom antar tingkat akan meningkat pada lantai *setback* tetapi akan bertambah kecil pada lantai *non setback*. Pada daerah peralihan antara lantai yang tidak diberi *setback* ke lantai yang diberi *setback* cenderung memiliki lonjakan kekakuan struktur, simpangan, momen pada kolom dan momen pada balok yang besar, sehingga perlu lebih diperhatikan dalam tahap perencanaan. Model struktur dengan variasi rasio ketinggian *setback* serta variasi rasio luasan *setback* yang memenuhi semua persyaratan pada SNI 1726:2019 adalah model struktur *setback* MRL36 yang memiliki rasio luasan *setback* 36% dari luasan total lantai struktur dan rasio ketinggian *setback* 25% dari tinggi total struktur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Alexander Lewlelek dan Andi Kumalawati yang telah membantu terwujudnya penelitian ini dan pimpinan Prodi Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana yang membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Aditya, Fransiskus. 2019. “Studi Analisis Gedung Beton Bertulang dengan Setback Berbentuk Simetris dan Asimetris.” Universitas Katolik Parahyangan.

- Chandra Pramudya A., Harsoyo. 2019. "Analisa Respons Struktur Bangunan Setback dengan Dua Penempatan Bresing Konsentrik Tipe V dan Inverted V (X-2 Lantai)." Universitas Islam Indonesia.
<https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/14029>.
- Pangestu, Kukuh, Remigildus Cornelis, dan Elsy E Hangge. 2021. "Analisis Kinerja Struktur Pada Model Bangunan Setback Menggunakan Metode Time History Analysis." *Jurnal Forum Teknik Sipil* 1 (2): 1-12.
- Elisabet, Tesalonika, Flona Tumbal, Reky S Windah, dan Mielke R. I. A. J. Mondoringin. 2019. "Pengaruh Set-Back pada Tingkat Teratas Bangunan Bertingkat akibat Gempa." *Jurnal Sipil Statik* 7 (Juni): 615-26.
- Fakhrurrazy, Hieryco Manalip, dan Reky S Windah. 2015. "Analisis Dinamis Bangunan Bertingkat Banyak Dengan Variasi Persentase Coakan Pada Denah Struktur Bangunan." *TEKNO* 13 (63): 10-17.
- Mohammad, Zaid, Abdul Baqi, dan Mohammed Arif. 2017. "Seismic Response of RC Framed Buildings Resting on Hill Slopes." In *Procedia Engineering*, 173:1792-99. Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.12.221>.
- Nurvitri, Jini, Sutiono, Ertson Saragih, Didi S Purwanto. 2022. "Studi Analisis Pengaruh Set-Back pada Bangunan Bertingkat Akibat Gempa" *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil : JIMATS* 1 (1) : 1 - 6
- Putera, Tondi Amirsyah, dan Fiqih Hidayat. 2017. "Analisa Perbandingan Simpangan Struktur Gedung Set Back tanpa Dinding Geser dan Pemodelan Letak Dinding Geser di Zona Gempa Tinggi." *Jurnal Teknik Sipil PORTAL* 9 (1): 9-17.
- Rumimper, Berny, S.E Wallah, R.S. Windah, dan S.O. Dapas. 2013. "Perhitungan Inter Story Drift pada Bangunan tanpa Set-Back dan dengan Setback." *Jurnal Sipil Statik* 1 (6): 408-14.
- Sayyed, Oman, Suresh Singh Kushwah, dan Aruna Rawat. 2017. "Seismic Analysis of Vertical Irregular RC Building with Stiffness and Setback Irregularities." *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering* 14 (01): 40-45.
<https://doi.org/10.9790/1684-1401064045>.
- SNI 2847-2019. 2019. "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung." *Standar Nasional Indonesia*.
- SNI 1726-2019. 2019. "Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung." *Standar Nasional Indonesia*.
- Tumbal, Tesalonika Elisabeth Flona, Reky S Windah, dan Mielke R I A J Mondoringin. 2019. "Pengaruh Set Back pada Tingkat Teratas Bangunan Bertingkat Akibat Gempa." *Jurnal Sipil Statik* 7 (Juni): 615-26.
- Vardhan, Nedunuri Vishnu, dan Hemal J Shah. 2016. "Seismic analysis of podium structure using static and dynamic methods." *International Journal of Scientific Development and Research* 1. www.ijedr.org68.