Vol. 12 No. 2 Bulan Oktober (2026) Halaman Artikel (175-183)

JURNAL TEKNIK SIPIL : RANCANG BANGUN

Website: https://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/rancangbangun

Pengaruh Kontinuitas Vertikal Dinding Geser terhadap Kapasitas Lateral Rangka Beton Bertulang Tujuh Lantai: Analisis Modal dan Statik Nonlinier

Influence of Shear-Wall Vertical Continuity on the Lateral Capacity of a Seven-Story RC Frame: Modal and Nonlinear Static Analyses

Taufiq Ilham Maulana[1*], Hakas Prayuda[2], dan Muhammad Ibnu Syamsi[3]

[(1,2,3)] Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Indonesia

Abstrak

Elemen struktur dinding geser mampu meningkatkan kekakuan dan kapasitas lateral bangunan beton bertulang, namun efektivitasnya dipengaruhi oleh orientasi dan kontinuitas sepanjang tinggi bangunan. Penelitian ini mengevaluasi respons seismik gedung beton bertulang tujuh lantai melalui lima konfigurasi: portal terbuka tanpa dinding geser (F), dinding geser satu sisi arah X hingga lantai ketujuh (FSW) dan lantai ketiga (FSWH), serta dinding geser dua sisi arah X dan Y hingga lantai ketujuh (FSWF) dan lantai ketiga (FSWH2). Pemodelan menggunakan STERA_3D dengan analisis modal empat ragam pertama dan analisis statik nonlinier arah X dan Y. Parameter yang dibandingkan meliputi periode getar, hubungan percepatan spektral (Sa) dengan perpindahan spektral (Sd) pada kurva kapasitas, rasio simpangan antarlantai, serta distribusi gaya geser tingkat. FSWF memiliki periode fundamental terpendek, yaitu 0,439 detik, sedangkan F, FSW, dan FSWH memiliki periode ragam pertama hampir sama, sekitar 0,765 detik. Percepatan spektral tertinggi tercatat pada FSWF arah Y, yaitu 796,1 gal. Pada model berdinding geser parsial, rasio simpangan antarlantai maksimum meningkat pada lantai keempat dan kelima, mencapai 5,387% pada FSWH arah X dan 5,530% pada FSWH2 arah Y. Dinding geser penuh pada kedua arah memperpendek periode alami struktur, sedangkan penghentian vertikal dinding geser berkaitan dengan konsentrasi deformasi di atas lantai dengan penghentian dinding.

Kata Kunci: analisis pola ragam, dinding geser, periode getar alami, rasio simpangan antar lantai, statik nonlinier.

Abstract

Shear walls enhance the stiffness and lateral capacity of reinforced concrete buildings, although their effectiveness depends on orientation and vertical continuity. This study evaluates the seismic response of a seven-story reinforced concrete building using five configurations: a bare frame (F); single-sided X-direction shear walls extending to the seventh (FSW) or third floor (FSWH); and two-sided X- and Y-direction shear walls extending to the seventh (FSWF) or third floor (FSWH2). STERA_3D was used for modal analysis of the first four modes and nonlinear static analyses in the X and Y directions. Evaluated parameters included natural periods, spectral acceleration (S_a) – spectral displacement (S_d) capacity curves, interstory drift ratios, and story shear distributions. FSWF had the shortest fundamental period (0.439 s), while F, FSW, and FSWH exhibited similar first-mode periods (approximately 0.765 s). The highest spectral acceleration, 796.1 gal, occurred for FSWF in the Y direction. For partial-height shear walls, maximum interstory drift ratios increased at the fourth and fifth floors, reaching 5.387% for FSWH in X and 5.530% for FSWH2 in Y. Full-height shear walls in both directions shortened the natural period, whereas vertical wall termination was associated with deformation concentration above the wall termination story.

Keywords: *Modal Analysis, Shear Walls, Natural Period, Interstory Drift Ratio, Nonlinear Static Analysis.*

PENDAHULUAN

Sistem rangka beton bertulang pada bangunan bertingkat harus menyediakan kekuatan, kekakuan, dan deformabilitas lateral yang memadai ketika mengalami pembebanan gempa. Pada bangunan yang mengandalkan sistem rangka saja, peningkatan tinggi bangunan dapat diikuti oleh peningkatan fleksibilitas lateral sehingga pengendalian simpangan menjadi salah satu aspek penting dalam perencanaan. Penambahan dinding geser merupakan salah satu strategi yang lazim digunakan untuk meningkatkan kekakuan dan kapasitas lateral, tetapi efektivitasnya tidak hanya ditentukan oleh keberadaan dinding, melainkan juga oleh posisi dan orientasinya pada denah.

Studi terbaru di Indonesia telah memperkuat pentingnya optimasi konfigurasi dinding geser. Hasibuan et al. (2026) membandingkan beberapa konfigurasi dinding pada model gedung tujuh lantai menggunakan analisis pushover dan menemukan bahwa penempatan dinding yang lebih efektif dapat memperpendek periode, meningkatkan kapasitas lateral, dan mengurangi drift. Meskipun demikian, ruang kajian masih tersedia untuk menelaah secara

(*)Corresponding author
Telp : (0274) 387656 ext. 251
E-mail : taufiq.im@ft.umy.ac.id
http://doi.org/10.33506/rb.v12i02.6294
Received xx Bulan Tahun; Accepted xx Bulan Tahun; Available online xx Bulan Tahun
E-ISSN: 2614-4344 P-ISSN: 2476-8928

khusus hubungan antara orientasi dinding pada denah, kontinuitas vertikal dinding, perubahan urutan mode translasi dan torsi, serta perubahan kapasitas dan lokasi konsentrasi drift pada dua arah horizontal menggunakan satu model dasar yang dibuat identik sehingga pengaruh konfigurasi dinding dapat diisolasi.

Kebaruan penelitian ini terletak pada matriks komparatif lima model yang secara simultan memvariasikan orientasi dinding geser yaitu tanpa dinding, dinding satu arah, dan dinding dua arah orthogonal, termasuk serta kontinuitas vertikalnya yaitu dinding penuh sampai lantai ketujuh dan terhenti pada lantai ketiga. Perbandingan tidak hanya dilakukan terhadap kurva kapasitas lateralnya, tetapi juga terhadap empat ragam getar awal dan distribusi perpindahan, sehingga pengaruh penghentian dinding terhadap terbentuknya konsentrasi deformasi tepat di atas level terminasi dapat diteliti.

Penelitian ini dibatasi pada satu gedung beton bertulang kategori lantai menengah (*mid-rise*) dengan tujuh lantai, satu geometri denah dan tinggi lantai, kondisi tumpuan tetap, serta variasi dimensi dinding geser yang terbatas pada panjang dinding sesuai bentang model dan ketebalan 300, 250, dan 200 mm mengikuti lantai strukturnya. Analisis hanya mencakup analisis modal elastik dan analisis statik nonlinier; sedangkan analisis riwayat waktu nonlinier tidak dilakukan dan efek P–Δ tidak diaktifkan dalam model *pushover*. Oleh karena itu, hasil penelitian dimaksudkan sebagai studi komparatif antar-konfigurasi dan tidak digeneralisasikan secara langsung untuk jumlah lantai, rasio dinding, kondisi tanah, material, atau sistem struktur lainnya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan pengaruh tata letak dan kontinuitas vertikal dinding geser terhadap karakteristik modal, kapasitas lateral, serta distribusi deformasi pada rangka beton bertulang tujuh lantai. Lima model dianalisis menggunakan STERA_3D, yaitu rangka tanpa dinding, dinding satu arah penuh, dinding satu arah parsial hingga lantai ketiga, dinding dua arah penuh, dan dinding dua arah parsial hingga lantai ketiga. Evaluasi dilakukan berdasarkan empat mode getar awal serta kurva *pushover* arah X dan Y untuk mengidentifikasi konfigurasi yang memberikan peningkatan respons lateral paling efektif sekaligus mengungkap konsekuensi struktural dari penghentian dinding pada ketinggian antara.

TINJAUAN PUSTAKA

Simon et al. (2023) menunjukkan bahwa perubahan orientasi dan lokasi dinding menghasilkan respons simpangan dan *drift* yang berbeda, sedangkan Mentari dan Nursani (2021) menunjukkan bahwa konfigurasi lokasi dinding perlu dipilih dengan mempertimbangkan respons keseluruhan struktur. Penelitian yang lebih baru oleh Uysal et al. (2025) juga menegaskan bahwa rasio sekaligus lokasi dinding geser memengaruhi perilaku nonlinier bangunan beton bertulang.

Selain konfigurasi denah, penilaian respons seismik memerlukan pendekatan analisis yang dapat menangkap perubahan karakteristik struktur sebelum dan setelah respons memasuki kondisi nonlinier. Analisis modal dapat digunakan untuk mengidentifikasi periode alami struktur serta kecenderungan respons translasi dan torsi, sementara analisis statik nonlinier atau pushover memberikan hubungan antara gaya geser dasar dan perpindahan lateral hingga struktur memasuki respons inelastik. Liu et al. (2020) menunjukkan pemanfaatan kerangka analisis pushover untuk memperkirakan kebutuhan seismik pada sistem dinding beton bertulang. Studi parametris oleh Khelaifia et al. (2024) selanjutnya menunjukkan bahwa jumlah dan posisi dinding dapat menghasilkan perbedaan yang berarti pada respons nonlinier, sedangkan Fuqaha dan Nugroho (2025) memperlihatkan melalui pemodelan pushover bahwa geometri sistem ganda beton bertulang berpengaruh terhadap kekakuan dan kapasitas seismiknya.

Efektivitas dinding geser juga bergantung pada kontinuitas kekakuan sepanjang tinggi bangunan. Dinding yang tidak diteruskan sampai lantai atas dapat menghasilkan perubahan kekakuan yang mendadak pada level terminasi. Jiang et al. (2021), melalui kajian pada struktur rangka–dinding geser dengan ketidakberaturan vertikal setback, menunjukkan bahwa ketidakberaturan vertikal dapat meningkatkan konsentrasi deformasi pada area transisi. Dalam konteks bangunan beton bertulang di Indonesia, Prayuda et al. (2023) juga menunjukkan bahwa ketidakberaturan vertikal memengaruhi perilaku seismik bangunan yang dianalisis secara tiga dimensi. Lebih lanjut, Pratiwi et al. (2026) mengevaluasi bangunan 20 lantai dengan dinding geser yang tidak menerus sepanjang tinggi bangunan dan menunjukkan pentingnya mencermati distribusi drift dan respons inelastik di sekitar level penghentian dinding.

METODE

Rancangan Analisis

Penelitian dilakukan melalui pemodelan numerik tiga dimensi menggunakan STERA_3D. Perangkat lunak tersebut memiliki fasilitas untuk analisis modal elastik tiga dimensi dan analisis statik nonlinier pushover pada struktur bangunan. Pada penelitian ini, ruang lingkup analisis sengaja dibatasi pada kedua jenis analisis tersebut dan tidak mencakup analisis

respons spektrum maupun riwayat waktu. Dokumentasi resmi STERA_3D mencantumkan analisis modal elastik tiga dimensi dan analisis statik nonlinier sebagai bagian dari kemampuan perangkat lunak oleh Saito (2020). Dalam hal ini, STERA_3D digunakan pada penelitian ini dengan mengacu pada referensi artikel bereputasi sebelumnya yaitu pada penelitian artikel Syamsi et al. (2021), artikel Maulana & Syamsi (2023), artikel Maulana, Syamsi, & Majima (2023), artikel Maulana, Syamsi, Monika, & Prayuda (2023), dan artikel Paudel et al. (2024).

Pada penelitian ini, digunakan dua jenis analisis. Analisis pertama adalah analisis modal yang difokuskan pada ragam ke-1 hingga ragam ke-4. Analisis kedua adalah analisis statik nonlinier pada arah X dan Y. Deformasi target ditetapkan sebagai rasio simpangan atap terhadap tinggi bangunan sebesar 1/50 dari tinggi antar lantai, yaitu 4 meter. Dengan tinggi total 28 m, target perpindahan atap adalah 0,56 m atau 56 cm. Analisis dilakukan secara inkremental hingga 500 langkah, dan tidak dilakukan analisis riwayat waktu nonlinier.

Untuk lantai digunakan asumsi diafragma kaku dua dimensi. Dalam formulasi STERA_3D, pilihan 2D rigid floor mempertahankan lantai kaku pada bidangnya dan membebaskan deformasi keluar bidang. Tumpuan dasar dimodelkan sebagai tumpuan jepit dengan seluruh derajat kebebasan translasi dan rotasi pada tumpuan dasar ditahan.

Parameter analisis statik nonlinier yang digunakan dalam pembahasan adalah seperti pada Persamaan 1 seperti berikut ini.

$$R_i = \frac{\Delta_i - \Delta_{i-1}}{h_i} \qquad (1)$$

dengan R_i sebagai *interstory drift ratio* tingkat ke-i, Δ_i dan $\Delta_{(i-1)}$ sebagai perpindahan lantai yang berurutan, serta h_i sebagai tinggi tingkat.

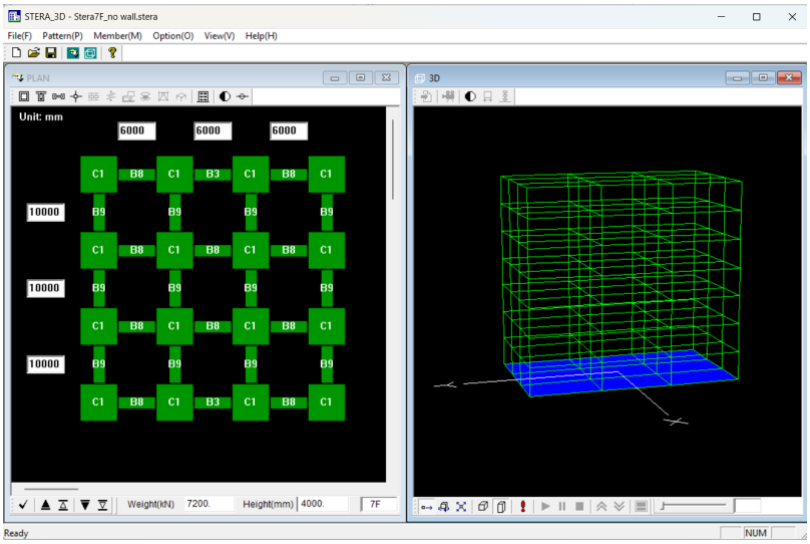
Untuk kurva gaya geser tingkat ternormalisasi digunakan Persamaan 2 seperti berikut ini.

$$C_{Q,i} = \frac{Q_i}{W} \qquad (2)$$

dengan Q_i sebagai gaya geser tingkat dan W sebagai berat total bangunan. Penggunaan Q_i/W mengikuti definisi hasil *drift-shear* pada manual STERA_3D, yaitu *story shear divided by total weight*. Dengan berat setiap lantai Adalah 7.200 kN untuk tujuh lantai, berat total model adalah 50.400 kN.

Geometri Gedung

Model terdiri atas tujuh lantai dengan tinggi setiap lantai 4.000 mm sehingga tinggi total bangunan adalah 28.000 mm. Denah terdiri atas tiga bentang pada arah X dengan panjang masing-masing 6.000 mm dan tiga bentang pada arah Y dengan panjang masing-masing 10.000 mm. Ukuran keseluruhan denah adalah 18 m × 30 m. Setiap lantai mempunyai empat garis kolom pada masing-masing arah sehingga terdapat 16 kolom per lantai. Perbedaan antarmodel hanya diberikan pada keberadaan, orientasi, dan kontinuitas vertikal dinding geser. Dengan mempertahankan portal dasar yang sama, perubahan respons dapat dikaitkan secara lebih langsung dengan konfigurasi dinding. Gambar 1 menunjukkan model 3 dimensi menggunakan STERA_3D, sekaligus menampilkan geometri gedung dengan portal saja (model F).



Gambar 1. Model Tiga Dimensi Spesimen Gedung.

Konfigurasi Lima Spesimen Gedung

Perbedaan antarmodel hanya diberikan pada keberadaan, orientasi, dan kontinuitas vertikal dinding geser. Dengan mempertahankan portal dasar yang sama, perubahan respons dapat dikaitkan secara

lebih langsung dengan konfigurasi dinding, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 berikut ini.

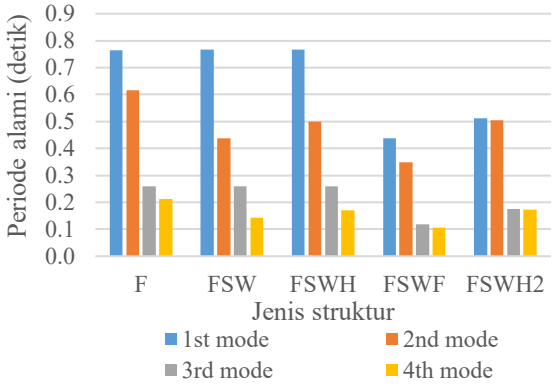
Tabel 1. Detail Lima Spesimen Gedung

Kode	Konfigurasi	Ketinggian dinding
F	Portal tanpa dinding geser	Tidak ada
FSW	Dinding geser satu arah	Lantai 1-7
FSWH	Dinding geser satu arah	Lantai 1-3
FSWF	Dinding geser dua arah	Lantai 1-7
FSWH2	Dinding geser dua arah	Lantai 1-3

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Periode Getar Alami Struktur

Gambar 2 memperlihatkan perbandingan periode getar alami pada empat ragam pertama dari lima konfigurasi struktur beton bertulang tujuh lantai, yaitu F, FSW, FSWH, FSWF, dan FSWH2. Secara umum, variasi penempatan dan kontinuitas dinding geser memberikan pengaruh yang berbeda terhadap karakteristik dinamik struktur, bergantung pada arah translasi dominan setiap ragam getar.



Gambar 2. Periode alami struktur hasil analisis ragam.

Pada ragam pertama (Mode 1), model F, FSW, dan FSWH menunjukkan periode getar alami yang relatif sama, masing-masing sebesar 0,76454 detik, 0,76562 detik, dan 0,76584 detik. Ketiga ragam tersebut didominasi oleh translasi arah Y. Kesamaan periode ini mengindikasikan bahwa pemasangan dinding geser yang berorientasi pada arah X, baik secara penuh hingga lantai ketujuh maupun secara parsial hingga lantai ketiga, tidak memberikan perubahan berarti terhadap karakteristik kekakuan lateral struktur pada arah Y. Dengan demikian, arah Y tetap menjadi arah yang lebih fleksibel pada ketiga konfigurasi tersebut.

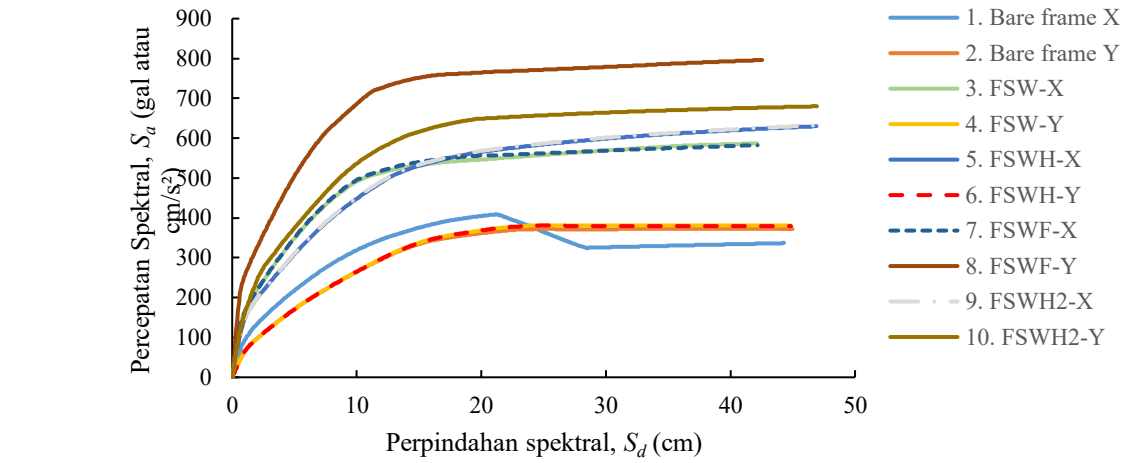
Perbedaan yang lebih signifikan terlihat pada ragam kedua (Mode 2), yang didominasi oleh translasi arah X untuk model F, FSW, dan FSWH. Periode getar alami model F sebesar 0,61501 detik berkurang menjadi 0,50037 detik pada model FSWH dan 0,43702 detik pada model FSW. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan dinding geser meningkatkan kekakuan lateral struktur pada arah pemasangannya. Dinding geser yang menerus hingga lantai ketujuh menghasilkan peningkatan kekakuan modal yang lebih besar dibandingkan dinding geser parsial yang hanya mencapai lantai ketiga. Sementara itu, periode Mode 2 pada model FSWH dan FSWH2 relatif berdekatan, yaitu 0,50037 detik dan 0,50365 detik. Kesamaan tersebut berkaitan dengan konfigurasi dinding geser arah X yang sama-sama dihentikan pada lantai ketiga, meskipun model FSWH2 memiliki tambahan dinding geser pada arah Y.

Pada ragam ketiga (Mode 3), periode model F, FSW, dan FSWH kembali menunjukkan nilai yang hampir sama, yaitu sekitar 0,26 detik. Berdasarkan komponen massa efektif modal, ragam ketiga pada ketiga konfigurasi tersebut didominasi oleh translasi arah Y dengan pola deformasi tingkat lebih tinggi. Temuan ini memperkuat indikasi bahwa penambahan dinding geser pada arah X tidak banyak memengaruhi karakteristik ragam translasi arah Y, baik pada ragam fundamental maupun ragam tingkat lebih tinggi.

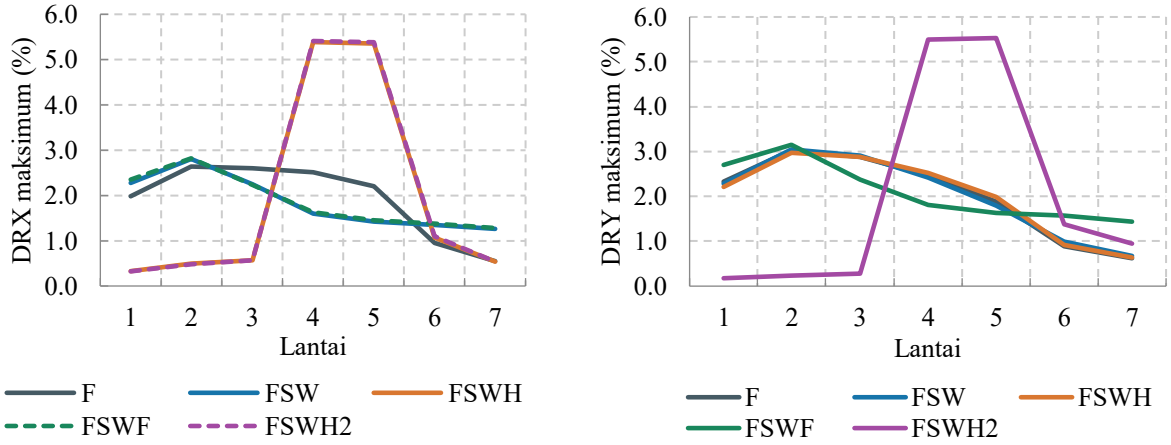
Berbeda dengan ketiga konfigurasi tersebut, model FSWF memperlihatkan periode getar yang lebih pendek, yaitu 0,43853 detik pada Mode 1 dan 0,34931 detik pada Mode 2. Arah translasi dominan pada kedua ragam tersebut masing-masing adalah X dan Y. Perubahan urutan arah dominan ini menunjukkan bahwa pemasangan dinding geser penuh pada kedua arah ortogonal menghasilkan distribusi kekakuan lateral yang berbeda dibandingkan model tanpa dinding geser atau dengan dinding geser satu arah. Pada model FSWH2, periode Mode 1 dan Mode 2 masing-masing sebesar 0,51178 detik dan 0,50365 detik, yang menunjukkan kedekatan karakteristik dinamik translasi arah Y dan X. Secara keseluruhan, hasil analisis modal menunjukkan bahwa efektivitas dinding geser dipengaruhi oleh orientasi pemasangan dan kontinuitasnya sepanjang ketinggian bangunan.

Analisis Kurva Kapasitas Spektral

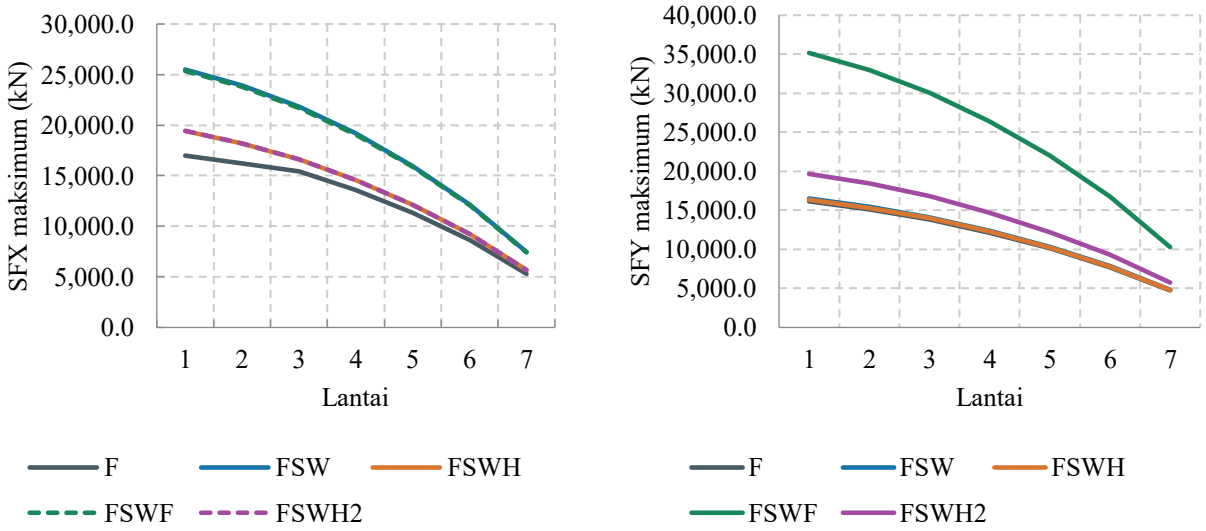
Gambar 3 memperlihatkan perbandingan kurva kapasitas spektral hasil analisis pushover statik nonlinier pada lima konfigurasi struktur beton bertulang tujuh lantai, yaitu F, FSW, FSWH, FSWF, dan FSWH2. Kurva disajikan dalam hubungan antara percepatan spektral (*spectral acceleration*, S_a) dan perpindahan spektral (*spectral displacement*, S_d) untuk pembebanan arah X dan Y. Perbandingan ini bertujuan mengevaluasi pengaruh orientasi dan kontinuitas dinding geser terhadap karakteristik kapasitas lateral struktur pada kedua arah ortogonal. Gambar 4 menunjukkan rasio simpangan antar lantai arah X dan Y sedangkan pada Gambar 5, disajikan distribusi gaya geser tingkat arah X dan Y.



Gambar 3. Kurva kapasitas Spektral.



Gambar 4. Rasio Simpangan Antar Lantai arah X dan Y.



Gambar 5. Distribusi Gaya Geser Tingkat arah X dan Y.

Pada model portal terbuka tanpa dinding geser (F), kurva kapasitas arah X menunjukkan peningkatan percepatan spektral hingga mencapai nilai maksimum sebesar 409,1 gal pada perpindahan spektral 21,25 cm. Setelah mencapai kapasitas maksimum tersebut, kurva mengalami penurunan hingga mencapai sekitar 336,7 gal pada perpindahan spektral 44,30 cm. Penurunan ini mengindikasikan adanya degradasi kapasitas lateral pada tahap deformasi nonlinear yang lebih lanjut. Sementara itu, respons arah Y

memperlihatkan peningkatan percepatan spektral yang lebih bertahap hingga mencapai sekitar 372,2 gal, tanpa penurunan kapasitas yang berarti pada rentang perpindahan yang dianalisis. Perbedaan karakteristik kedua arah menunjukkan bahwa struktur portal terbuka memiliki respons nonlinear yang tidak identik terhadap pembebanan lateral ortogonal.

Penambahan dinding geser pada satu arah menghasilkan perubahan yang jelas pada kurva kapasitas arah X. Model FSW, dengan dinding geser penuh hingga lantai ketujuh, mencapai percepatan spektral sebesar 587,1 gal, sedangkan model FSWH, dengan dinding geser parsial hingga lantai ketiga, mencapai 630,0 gal. Pada rentang perpindahan spektral kecil, kurva FSW menunjukkan percepatan spektral yang lebih tinggi dibandingkan FSWH pada nilai perpindahan yang sama. Akan tetapi, pada rentang perpindahan yang lebih besar, kurva FSWH meningkat hingga melampaui nilai percepatan spektral akhir FSW. Perbedaan ini menunjukkan bahwa peningkatan kekakuan awal tidak selalu diikuti oleh nilai percepatan spektral maksimum yang lebih besar. Pada pembebanan arah Y, kedua model memperlihatkan respons yang hampir berhimpit, dengan percepatan spektral maksimum sekitar 380 gal. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan dinding geser yang hanya berorientasi pada arah X tidak memberikan perubahan berarti terhadap kapasitas spektral arah Y.

Pada konfigurasi dinding geser dua arah, model FSWF menghasilkan percepatan spektral sebesar 582,3 gal pada arah X dan 796,1 gal pada arah Y. Nilai pada arah Y merupakan yang tertinggi di antara sepuluh kurva yang dibandingkan. Peningkatan kapasitas spektral arah Y berkaitan dengan keberadaan dinding geser penuh yang berorientasi pada arah pembebanan tersebut. Sementara itu, model FSWH2 menghasilkan percepatan spektral sebesar 632,4 gal pada arah X dan 680,0 gal pada arah Y. Meskipun nilai percepatan spektral akhir FSWH2 pada arah X lebih besar dibandingkan FSWF, hasil ini tidak secara langsung menunjukkan bahwa konfigurasi parsial memiliki kekakuan awal atau kapasitas gaya geser dasar yang lebih tinggi. Penilaian tersebut perlu mempertimbangkan bentuk kurva secara keseluruhan, besarnya perpindahan saat respons terjadi, serta hasil gaya geser tingkat dari analisis pushover.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa orientasi dinding geser memberikan pengaruh yang besar terhadap kapasitas spektral pada arah pembebanannya. Dinding geser penuh pada kedua arah menghasilkan respons yang lebih seimbang dibandingkan konfigurasi satu arah, meskipun nilai percepatan spektral maksimum tidak selalu lebih tinggi pada setiap arah. Selain itu, hasil distribusi simpangan antarlantai menunjukkan bahwa konfigurasi dinding geser parsial mengalami konsentrasi deformasi yang lebih besar pada lantai keempat dan kelima, tepat di atas lokasi penghentian dinding geser. Dengan demikian, pemilihan konfigurasi dinding geser tidak cukup didasarkan pada besarnya percepatan spektral maksimum, tetapi perlu mempertimbangkan karakteristik deformasi dan distribusi respons lateral sepanjang ketinggian struktur.

Analisis Rasio Simpangan Antarlantai Struktur

Evaluasi rasio simpangan antarlantai (*interstory drift ratio*) dilakukan untuk mengidentifikasi distribusi deformasi lateral pada setiap tingkat bangunan akibat pembebanan pushover statik nonlinier. Perbandingan dilakukan terhadap lima konfigurasi struktur, yaitu F, FSW, FSWH, FSWF, dan FSWH2, berdasarkan nilai maksimum rasio simpangan antarlantai pada arah X dan Y. Secara umum, hasil analisis menunjukkan bahwa kontinuitas dinding geser sepanjang ketinggian struktur memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pola distribusi deformasi lateral.

Pada pembebanan arah X, model F, FSW, dan FSWF menunjukkan rasio simpangan antarlantai maksimum masing-masing sebesar 2,638%, 2,805%, dan 2,819%, yang seluruhnya terjadi pada lantai kedua. Meskipun model FSW dan FSWF memiliki dinding geser penuh hingga lantai ketujuh, rasio simpangan maksimum kedua model tersebut sedikit lebih besar dibandingkan model F pada kondisi analisis yang ditinjau. Namun, pada lantai keempat dan kelima, kedua konfigurasi berdinding geser penuh memperlihatkan rasio simpangan yang lebih rendah daripada model tanpa dinding geser. Hal ini mengindikasikan adanya perubahan distribusi deformasi sepanjang ketinggian bangunan akibat peningkatan kekakuan lateral oleh dinding geser yang menerus.

Perbedaan yang lebih mencolok ditemukan pada model dengan dinding geser parsial, yaitu FSWH dan FSWH2. Kedua model memperlihatkan rasio simpangan antarlantai yang relatif kecil pada tiga lantai terbawah, tetapi mengalami peningkatan tajam pada lantai keempat dan kelima. Rasio simpangan maksimum model FSWH mencapai 5,387% pada lantai keempat, sedangkan model FSWH2 mencapai 5,410% pada lantai yang sama. Pada lantai kelima, masing-masing model juga menunjukkan rasio simpangan yang tinggi, yaitu 5,355% dan 5,382%. Fenomena ini menunjukkan adanya konsentrasi deformasi lateral pada tingkat yang berada tepat di

atas lokasi penghentian dinding geser. Perubahan kekakuan vertikal yang mendadak antara struktur berdinding geser pada lantai pertama hingga ketiga dan struktur portal terbuka pada lantai di atasnya menyebabkan deformasi relatif lebih besar terkonsentrasi pada zona transisi tersebut.

Pada pembebanan arah Y, model F, FSW, dan FSWH menunjukkan pola distribusi yang relatif serupa, dengan rasio simpangan maksimum masing-masing sebesar 3,027%, 3,047%, dan 2,972% pada lantai kedua. Kesamaan respons ini mengindikasikan bahwa penambahan dinding geser yang hanya berorientasi pada arah X tidak memberikan pengaruh besar terhadap distribusi simpangan antarlantai pada arah Y. Sementara itu, model FSWF menghasilkan rasio simpangan maksimum sebesar 3,151% pada lantai kedua, tetapi menunjukkan rasio simpangan yang lebih rendah daripada model F pada lantai keempat dan kelima. Sebaliknya, model FSWH2 memperlihatkan konsentrasi deformasi yang sangat tinggi pada lantai keempat dan kelima, dengan rasio simpangan masing-masing sebesar 5,499% dan 5,530%.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa dinding geser yang menerus hingga lantai atas cenderung menghasilkan distribusi deformasi yang lebih terkendali pada zona transisi, sedangkan penghentian dinding geser pada lantai ketiga menyebabkan peningkatan rasio simpangan antarlantai yang tajam pada lantai di atasnya. Temuan ini menegaskan pentingnya mempertimbangkan kontinuitas kekakuan lateral sepanjang ketinggian bangunan dalam penentuan konfigurasi dinding geser. Meskipun demikian, konsentrasi rasio simpangan antarlantai tidak secara langsung menunjukkan lokasi terbentuknya sendi plastis, sehingga interpretasi mekanisme kerusakan memerlukan pemeriksaan tambahan terhadap respons nonlinear elemen struktur.

Analisis Distribusi Gaya Geser Tingkat

Distribusi gaya geser tingkat (*story shear force*) dievaluasi untuk mengidentifikasi pengaruh variasi konfigurasi dinding geser terhadap respons gaya lateral pada setiap lantai. Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai maksimum gaya geser tingkat pada arah X dan Y untuk kelima model struktur. Secara umum, seluruh model menunjukkan kecenderungan penurunan gaya geser tingkat dari lantai terbawah menuju lantai teratas. Pola tersebut berkaitan dengan akumulasi gaya lateral yang lebih besar pada lantai bawah dibandingkan lantai atas.

Pada pembebanan arah X, model F menghasilkan gaya geser tingkat maksimum pada lantai pertama sebesar 16.990 kN. Penambahan dinding geser penuh pada model FSW meningkatkan gaya geser tingkat pada lantai tersebut menjadi 25.500 kN, atau sekitar 50,1% lebih besar dibandingkan model F. Model FSWF menunjukkan nilai yang relatif sama, yaitu 25.360 kN, atau meningkat sekitar 49,3% terhadap model F. Kedekatan respons kedua model menunjukkan bahwa penambahan dinding geser arah Y pada konfigurasi FSWF tidak menghasilkan perubahan besar terhadap distribusi gaya geser tingkat pada pembebanan arah X dibandingkan konfigurasi FSW.

Sebaliknya, konfigurasi dinding geser parsial pada model FSWH dan FSWH2 menghasilkan gaya geser tingkat lantai pertama masing-masing sebesar 19.430 kN dan 19.440 kN. Kedua nilai tersebut sekitar 14,4% lebih besar daripada model F, tetapi masih lebih rendah dibandingkan konfigurasi dinding geser penuh. Temuan ini menunjukkan bahwa kontinuitas dinding geser sepanjang ketinggian bangunan memiliki kontribusi penting terhadap besarnya gaya lateral yang dapat dimobilisasi selama analisis pushover. Kedekatan nilai gaya geser tingkat pada model FSWH dan FSWH2 juga menunjukkan bahwa tambahan dinding geser arah Y pada model FSWH2 tidak memberikan pengaruh besar terhadap respons gaya geser tingkat arah X.

Perbedaan yang lebih signifikan terjadi pada pembebanan arah Y. Model F menghasilkan gaya geser tingkat maksimum lantai pertama sebesar 16.160 kN, sedangkan model FSW dan FSWH masing-masing menghasilkan nilai sebesar 16.520 kN dan 16.360 kN. Peningkatan yang relatif kecil pada kedua model tersebut konsisten dengan konfigurasi dinding geser yang hanya berorientasi pada arah X. Sebaliknya, model FSWF menghasilkan gaya geser tingkat lantai pertama sebesar 35.170 kN, atau meningkat sekitar 117,6% dibandingkan model F. Peningkatan yang besar ini menunjukkan pengaruh penambahan dinding geser penuh pada arah Y terhadap kemampuan struktur memobilisasi gaya lateral pada arah pembebanan tersebut. Sementara itu, model FSWH2 menghasilkan gaya geser tingkat sebesar 19.670 kN, atau sekitar 21,7% lebih besar dibandingkan model F.

Berdasarkan perbandingan kedua arah pembebanan, dapat disimpulkan bahwa orientasi dan kontinuitas vertikal dinding geser memberikan pengaruh yang berbeda terhadap distribusi gaya geser tingkat. Konfigurasi dinding geser penuh menghasilkan nilai gaya geser tingkat yang lebih besar pada arah pemasangannya, sedangkan konfigurasi parsial menghasilkan peningkatan yang lebih terbatas. Namun, peningkatan gaya geser tingkat perlu dievaluasi bersama dengan distribusi

simpangan antarlantai untuk memperoleh gambaran yang lebih lengkap mengenai perilaku struktur. Nilai gaya geser tingkat yang lebih besar tidak secara langsung menunjukkan kinerja seismik yang lebih baik tanpa mempertimbangkan kapasitas elemen struktur dan tingkat deformasi yang terjadi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis modal dan statik nonlinier terhadap lima konfigurasi struktur beton bertulang tujuh lantai menggunakan STERA_3D, dapat disimpulkan bahwa orientasi dan kontinuitas dinding geser memengaruhi karakteristik dinamik, kapasitas spektral, distribusi simpangan antarlantai, serta gaya geser tingkat. Model F, FSW, dan FSWH menunjukkan periode getar ragam pertama yang hampir sama, yaitu sekitar 0,765 detik, dengan translasi dominan arah Y, sedangkan model FSWF menghasilkan periode fundamental terpendek sebesar 0,439 detik atau berkurang sekitar 42,6% dibandingkan model F. Berdasarkan kurva kapasitas Sa–Sd, model FSWF menghasilkan percepatan spektral tertinggi pada arah Y sebesar 796,1 gal, sementara pada arah X nilai percepatan spektral maksimum tidak selalu lebih tinggi pada konfigurasi dinding geser penuh dibandingkan konfigurasi parsial. Hasil evaluasi rasio simpangan antarlantai menunjukkan bahwa penghentian dinding geser pada lantai ketiga menyebabkan konsentrasi deformasi pada lantai di atasnya, terutama pada model FSWH yang mencapai rasio simpangan maksimum 5,387% di lantai keempat pada arah X dan model FSWH2 sebesar 5,530% di lantai kelima pada arah Y. Sementara itu, distribusi gaya geser tingkat memperlihatkan peningkatan respons gaya lateral akibat pemasangan dinding geser, terutama pada model FSWF dalam arah Y yang mencapai 35.170 kN pada lantai pertama, dibandingkan 16.160 kN pada model F. Secara keseluruhan, dinding geser penuh pada kedua arah menghasilkan periode getar yang lebih pendek dan distribusi deformasi yang lebih terkendali pada zona transisi dibandingkan konfigurasi parsial. Oleh karena itu, kontinuitas vertikal dan orientasi dinding geser merupakan parameter penting dalam penentuan konfigurasi struktur, khususnya untuk menghindari konsentrasi deformasi akibat perubahan kekakuan yang mendadak sepanjang ketinggian bangunan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah mendukung penulis dalam menyediakan fasilitas penelitian sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

REFERENSI

Fuqaha, S., & Nugroho, G. (2025). Seismic stiffness evaluation of RC dual systems in varying geometries: A pushover-based study using Indonesian codes. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 27(2), 49–61. doi:10.15294/jtsp.v27i2.25494.

Hasibuan, S. A. R. S., Prayuda, H., Alisibramulisi, A., Adnan, S. H., & Hussin, T. A. R. (2026). Optimization of shear wall placement to improve seismic performance of high-rise buildings using pushover analysis. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 32(1), 35–43. doi:10.14710/mkts.v32i1.74056.

Jiang, H., Huang, Y., He, L., Huang, T., & Zhang, S. (2021). Seismic performance of RC frame-shear wall structures with vertical setback. *Structures*, 33, 4203–4217. doi:10.1016/j.istruc.2021.07.018.

Khelaifia, A., Zine, A., Guettala, S., & Chebili, R. (2024). Assessment of the position and quantity of shear walls their correlation with building height on the seismic nonlinear performance. *Asian Journal of Civil Engineering*, 25(8), 5925–5937. doi:10.1007/s42107-024-01154-1.

Liu, Y., Kuang, J. S., Huang, Q., Gu, Z., & Wang, X. (2020). Spectrum-based pushover analysis for the quick seismic demand estimation of reinforced concrete shear walls. *Structures*, 27, 1490–1500. doi:10.1016/j.istruc.2020.07.040.

Maulana, T. I., & Syamsi, M. I. (2023). Seismic performance improvement of reinforced concrete frame with vertical irregularity using buckling-restrained braces. *AIP Conference Proceedings*, 2846(1), Article 020020. doi:10.1063/5.0154318.

Maulana, T. I., Syamsi, M. I., & Majima, R. (2023). Optimum buckling-restrained braces application to enhance seismic performance of RC frame with curtailed walls. *E3S Web of Conferences*, 429, 05029. doi:10.1051/e3sconf/202342905029

Maulana, T. I., Syamsi, M. I., Monika, F., & Prayuda, H. (2023). The effect of span-to-height aspect ratio to the damage index ratio of RC buildings with vertical irregularity setbacks. *Jurnal Kejuruteraan*, 35(2), 529–537. doi:10.17576/jkukm-2023-35(2)-25

Mentari, S., & Nursani, R. (2021). Analysis of effective location of shear wall for high rise building with U-configuration. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 23(2), 167–176. doi:10.15294/jtsp.v23i2.32009.

Paudel, S., Maulana, T. I., & Prayuda, H. (2024). Seismic vulnerability assessment of regular and vertically irregular residential buildings in Nepal.

Journal of the Civil Engineering Forum, 10(2), 199–208. doi:10.22146/jcef.10316.

Pratiwi, K. H., Purnomo, F. H., Nusantara, J. L. W., Majid, A. A., & Pramono, J. A. (2026). Kinerja seismik dan distribusi sendi plastis pada bangunan 20 lantai dengan dinding geser terputus terhadap beban gempa menggunakan analisis riwayat waktu nonlinear. *Teras Jurnal*, 16(2), 721–734. doi:10.29103/tj.v16i2.1438.

Prayuda, H., Wilasamba, O., Saleh, F., Maulana, T. I., & Firdausa, F. (2023). Evaluasi perilaku seismik akibat ketidakberaturan vertikal pada bangunan beton bertulang bertingkat tinggi. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 28(2), 178–191. doi:10.14710/mkts.v28i2.41765.

Saito, T. (2020). STERA_3D. Toyohashi University of Technology. Diakses pada 27 October 2026, dari laman https://rc.ace.tut.ac.jp/saito/software-e.html.

Simon, A. R., Hridoy, F. K., Siddique, M. F., & Safat, S. A. (2023). Orientation and location of shear walls in RC buildings to control deflection and drifts. *Procedia Structural Integrity*, 46, 162–168. doi:10.1016/j.prostr.2023.06.028.

Syamsi, M. I., Maulana, T. I., Widyantama, H., Ian, M. R., & Lesmana, R. I. (2021). Comparative study of Indonesian seismic codes applied on vertically irregular RC building in high seismicity region. *International Journal of Integrated Engineering*, 13(3), 158–167. doi:10.30880/ijie.2021.13.03.019.

Uysal, Y., Ecemiş, A. S., Aksoylu, C., & Arslan, M. H. (2025). Effects of shear wall ratio and location on earthquake performance of reinforced concrete buildings having different ribbed slab configurations. *Journal of Building Engineering*, 113, 113958. doi:10.1016/j.jobe.2025.113958.