



PEMODELAN DAN ANALISIS RESPONS STRUKTUR GEDUNG PERKULIAHAN DI KOTA SEMARANG MENGGUNAKAN ETABS

MODELING AND EVALUATION OF THE RESPONSE OF LECTURE BUILDING STRUCTURES IN SEMARANG CITY USING ETABS

Hari Catra Cadudasa^{1*}, Talitha Zhafira², Dimas Alvian³, Hani Purwanti⁴

(^{1,2,3,4}) Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Semarang

Abstrak

Pertumbuhan populasi mahasiswa yang terus meningkat setiap tahunnya memerlukan penyediaan fasilitas ruang kuliah yang memadai, terjamin keamanannya, dan memberikan kenyamanan untuk mendukung kelancaran proses pembelajaran. Konstruksi gedung kampus perlu dirancang dengan sistem struktural yang kuat dan dapat bertahan terhadap gaya lateral yang ditimbulkan oleh aktivitas seismik maupun hembusan angin, terutama mengingat keterbatasan area pembangunan yang mengharuskan konstruksi vertikal menggunakan material beton yang diperkuat baja tulangan. Standar yang digunakan dalam perancangan ini mengacu pada SNI 2847:2019 yang mengatur konstruksi beton dan SNI 1726:2019 yang membahas aspek ketahanan terhadap gempa bumi. Studi ini dimaksudkan untuk mengeksplorasi proses perancangan bangunan kampus berlantai lima dengan mengimplementasikan konsep dual system. Langkah awal perancangan mencakup penetapan ukuran preliminer untuk komponen struktural seperti balok, kolom, pelat lantai, dan shear wall, yang kemudian divisualisasikan melalui aplikasi ETABS versi 20.3.0. Evaluasi struktural menggunakan pendekatan spektrum respons sesuai regulasi SNI 1726:2019 untuk mengukur performa bangunan, mengidentifikasi adanya irregularitas, dan menghitung beban internal pada tiap komponen. Aspek-aspek perilaku struktur yang dievaluasi mencakup deformasi, drift antar tingkat, dan kestabilan efek P-Delta. Berdasarkan temuan analisis, perancangan detail komponen struktural dilaksanakan mengikuti pedoman SNI 2847:2019. Kesimpulan penelitian memperlihatkan bahwa bangunan telah memenuhi batasan drift dan kestabilan P-Delta yang dipersyaratkan. Teridentifikasi adanya irregularitas pada bidang horizontal berupa torsional irregularity tipe 1a dan 1b serta re-entrant corner irregularity, yang mengakibatkan perlunya amplifikasi gaya rancang diafragma. Output perancangan menghasilkan berbagai variasi elemen struktural bagian atas beserta sistem pondasi dengan menggunakan tiang pancang sebagai komponen substruktur.

Kata Kunci: analisis, displacement, respon spektrum, ETABS

Abstract

The continuous growth of the student population each year requires the provision of adequate lecture hall facilities that are safe and comfortable to support the smooth running of the learning process. Campus building construction must be designed with a strong structural system that can withstand lateral forces caused by seismic activity and wind gusts, especially given the limited construction area that requires vertical construction using reinforced concrete materials. The standards used in this design refer to SNI 2847:2019, which regulates concrete construction, and SNI 1726:2019, which discusses aspects of earthquake resistance. This study review to explore the design process a five-story campus building by implementing the dual system concept. The initial design steps include determining the preliminary sizes for structural components such as beams, columns, floor slabs, and shear walls, which are then visualized using ETABS version 20.3.0. Structural evaluation uses a response spectrum approach in accordance with SNI 1726:2019 regulations to measure building performance, identify irregularities, and calculate internal loads on each component. The aspects of structural behavior evaluated include deformation, inter-story drift, and P-Delta stability. Based on the findings of the analysis, the detailed design of structural components was carried out in accordance with SNI 2847:2019 guidelines. The research concluded that the building met the required drift and P-Delta stability limits. Irregularities were identified in the horizontal plane in the form of type 1a and 1b torsional irregularities and re-entrant corner irregularities, which necessitated the amplification of the diaphragm design force. The design output produced various variations of the upper structural elements and foundation system using piles as substructure components.

Keywords: analysis, displacement, response spectrum, ETABS

PENDAHULUAN

Kota Semarang sebagai pusat pemerintahan Provinsi Jawa Tengah mengalami pertumbuhan penduduk dan aktivitas ekonomi yang cukup pesat. Perkembangan tersebut berdampak langsung pada meningkatnya kebutuhan sumber daya manusia yang

berkualitas, khususnya melalui penyediaan sarana pendidikan tinggi yang memadai. Salah satu fasilitas penting dalam mendukung proses pendidikan adalah gedung perkuliahan yang memenuhi aspek keselamatan, kenyamanan, dan keandalan struktur (Arifin et al., 2021).

(*)Corresponding author

Telp : -

E-mail : thalita@usm.ac.id

<http://doi.org/10.33506/rb.v12i01.5509>

Received 06 Maret 2026; Accepted 28 April 2026; Available online 30 April 2026

E-ISSN: 2614-4344 P-ISSN: 2476-8928

Pada pembangunan gedung bertingkat, terutama di wilayah dengan tingkat aktivitas seismik yang cukup tinggi, pemilihan sistem struktur dan material menjadi faktor yang sangat menentukan. Sistem struktur yang banyak diterapkan pada bangunan beton bertulang adalah sistem rangka pemikul momen, sistem dinding geser, maupun kombinasi keduanya dalam bentuk sistem ganda. Sistem ganda memanfaatkan rangka pemikul momen dan dinding geser secara bersamaan untuk menahan beban gravitasi serta beban lateral akibat gempa (No et al., 2022).

Perencanaan gedung perkuliahan ini menggunakan sistem struktur ganda dengan rangka pemikul momen khusus, yang dirancang mampu berperilaku duktail dan menyerap energi gempa secara efektif. Untuk menjamin keamanan kinerja struktur, perencanaan dilakukan dengan mengacu standar nasional yang berlaku, antara lain (SNI 2847, 2019); (SNI 1726, 2019), (SNI 1727, 2020), dan (SNI 1729, 2020). Penerapan standar tersebut diharapkan dapat menghasilkan bangunan yang memenuhi persyaratan kekuatan, stabilitas, serta kemudahan pelaksanaan konstruksi (Pinontoan et al., 2025).

Kebaruan penelitian ini terletak pada perencanaan dan analisis struktur gedung perkuliahan beton bertulang berlantai lima yang tergolong bangunan bertingkat menengah, namun dirancang menggunakan sistem struktur ganda pada wilayah dengan kategori desain seismik D. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya membahas gedung bertingkat tinggi atau bangunan dengan konfigurasi denah yang relatif simetris, penelitian ini secara khusus mengkaji pengaruh ketidakberaturan horizontal, seperti *torsional irregularity* dan *re-entrant corner irregularity*, terhadap respons struktur. Selain itu, penelitian ini menggunakan parameter gempa terbaru berdasarkan Peta Desain Spektra Indonesia 2025 serta mengevaluasi kinerja struktur melalui analisis respons spektrum meliputi simpangan, *story drift*, efek P-Delta, dan kontribusi rangka pemikul momen dalam sistem ganda (Hidayati & Riqi, 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan dan menganalisis struktur gedung perkuliahan beton bertulang berlantai lima di Jalan Pemuda, Kota Semarang, dengan menggunakan sistem struktur ganda sesuai ketentuan SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019, serta menganalisis respons struktur terhadap beban gempa melalui metode dinamik respons spektrum menggunakan perangkat lunak ETABS. Evaluasi kinerja struktur dilakukan dengan meninjau displacement, simpangan antar tingkat (*story drift*), gaya geser dasar, stabilitas efek P-

Delta, serta identifikasi ketidakberaturan struktur horizontal dan vertikal, khususnya *torsional irregularity* dan *re-entrant corner irregularity*. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menilai kelayakan penerapan sistem struktur ganda melalui kontribusi rangka pemikul momen terhadap gaya gempa serta menghasilkan perencanaan detail elemen struktur atas dan struktur bawah yang memenuhi persyaratan kekuatan, kekakuan, dan keamanan sebagai jawaban atas judul penelitian yang dikaji (Rendra et al., 2015).

TINJAUAN PUSTAKA

Dasar Teori

Struktur Beton Bertulang pada Gedung Bertingkat

Struktur beton bertulang merupakan sistem struktur yang banyak digunakan pada bangunan bertingkat karena memiliki kekuatan tekan yang tinggi serta mampu menahan beban gravitasi dan beban lateral secara efektif. Beton bekerja optimal menahan gaya tekan sedangkan baja tulangan berfungsi menahan gaya tarik sehingga kombinasi keduanya mampu meningkatkan kapasitas struktur terhadap beban luar. Dalam perencanaan gedung bertingkat, penggunaan beton bertulang harus memenuhi persyaratan kekuatan, stabilitas, dan daktilitas yang telah ditetapkan dalam standar perencanaan struktur beton. (Didik Purwantoro & N Fajar, 2023)

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} \quad (1)$$

keterangan:

β = rasio bentang pelat

L_y = bentang panjang pelat (m)

L_x = bentang pendek pelat (m)

Sistem Struktur Ganda (Dual System)

Sistem struktur ganda merupakan kombinasi antara sistem rangka pemikul momen dan dinding geser yang bekerja secara bersamaan dalam menahan beban lateral akibat gempa maupun angin. Pada sistem ini, rangka pemikul momen berfungsi menahan sebagian gaya gempa serta memberikan daktilitas pada struktur, sedangkan dinding geser berperan meningkatkan kekakuan lateral bangunan. Berdasarkan ketentuan perencanaan struktur tahan gempa, rangka pemikul momen pada sistem ganda harus mampu menahan minimal 25% dari gaya gempa yang bekerja pada struktur. (Bugis, 2017).

Pembebanan pada Struktur Gedung

Dalam perencanaan struktur gedung bertingkat, pembebanan terdiri dari beban gravitasi dan beban lateral. Beban gravitasi meliputi beban mati yang berasal dari berat sendiri struktur dan elemen

nonstruktural serta beban hidup yang berasal dari aktivitas penghuni bangunan. Sementara itu, beban lateral dapat berupa beban gempa dan beban angin yang bekerja secara horizontal terhadap struktur. Penentuan nilai pembebanan harus mengacu pada standar pembebanan yang berlaku agar struktur mampu menahan kombinasi beban yang terjadi selama masa layan bangunan. (Agus et al., 2025)

Analisis Dinamik Respons Spektrum

Analisis respons spektrum merupakan metode analisis dinamik yang digunakan untuk mengevaluasi respons struktur terhadap beban gempa dengan mempertimbangkan kontribusi berbagai mode getar struktur. Metode ini menghubungkan periode alami struktur dengan percepatan spektral gempa sehingga dapat diperoleh respons maksimum berupa simpangan, gaya dalam, dan percepatan struktur. Analisis respons spektrum banyak digunakan dalam perencanaan bangunan tahan gempa karena mampu memberikan hasil yang lebih realistis dibandingkan metode statik ekuivalen pada struktur bertingkat. (Bai & Zhao, 2018)

$$V = C_s \times W \quad (2)$$

Keterangan

V = gaya geser dasar (kN)

C_s = koefisien respons seismik

W = berat efektif struktur (kN)

Simpangan Antar Tingkat (Story Drift)

Simpangan antar tingkat atau story drift merupakan selisih perpindahan lateral antara dua lantai berturut-turut akibat pengaruh beban gempa atau beban lateral lainnya. Parameter ini menjadi indikator penting dalam mengevaluasi kinerja struktur bangunan karena simpangan yang terlalu besar dapat menyebabkan kerusakan pada elemen struktural maupun non-struktural. Oleh karena itu, standar perencanaan struktur menetapkan batas maksimum simpangan antar tingkat agar struktur tetap aman dan nyaman digunakan selama masa layan bangunan.

$$\Delta = \delta_i - \delta_{i-1} \quad (3)$$

Dimana,

Δ = simpangan antar tingkat

δ_i = displacement lantai ke-i

δ_{i-1} = displacement lantai di bawahnya

Efek P-Delta pada Struktur Gedung

Efek P-Delta merupakan fenomena nonlinier geometrik yang terjadi akibat interaksi antara gaya aksial vertikal dan perpindahan lateral struktur. Ketika struktur mengalami simpangan akibat beban gempa, gaya aksial yang bekerja pada kolom dapat menimbulkan momen tambahan yang meningkatkan deformasi struktur. Jika efek ini tidak dikendalikan,

maka dapat mengurangi stabilitas struktur secara keseluruhan. Oleh karena itu, dalam analisis struktur gedung bertingkat perlu dilakukan pengecekan koefisien stabilitas untuk memastikan bahwa pengaruh efek P-Delta masih berada dalam batas yang diizinkan. (Rahmadi Valdis et al., 2026)

$$\theta = \frac{P \times \Delta}{V \times h} \quad (4)$$

ialah

θ = koefisien stabilitas

P = gaya aksial vertikal (kN)

Δ = simpangan antar tingkat (m)

V = gaya geser tingkat (kN)

h = tinggi tingkat (m)

Pemodelan Struktur Menggunakan ETABS

ETABS merupakan perangkat lunak analisis dan perancangan struktur yang banyak digunakan dalam perencanaan bangunan bertingkat. Program ini mampu melakukan pemodelan struktur tiga dimensi, analisis beban statik maupun dinamik, serta evaluasi kinerja struktur terhadap berbagai kondisi pembebanan. Melalui ETABS, engineer dapat memperoleh parameter respons struktur seperti displacement, story drift, gaya geser dasar, serta distribusi gaya dalam pada elemen struktural secara lebih akurat dan efisien. (Asrib et al., 2025)

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode analisis struktur dengan pendekatan desain berbasis kinerja. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, preliminary design, pemodelan struktur, analisis beban, dan detailing elemen struktur (Zebua et al., 2019).

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder meliputi data geometri bangunan, data tanah dari penyelidikan Standard Penetration Test, dan parameter gempa dari peta Desain Spektra Indonesia 2025. Lokasi perencanaan berada di Jalan Pemuda, Pandansari, Kecamatan Semarang Tengah, Kota Semarang, Jawa Tengah (Hayer et al., 2025).

Gedung yang direncanakan memiliki 5 lantai dengan tinggi total 23,5 meter dari elevasi nol. Bentuk denah persegi panjang dengan panjang 30 meter dan lebar 23 meter. Material yang digunakan adalah beton bertulang dengan mutu beton 35 MPa untuk balok, kolom, pelat lantai, shear wall, pile cap, dan tie beam. Mutu beton untuk tiang pancang adalah 52 MPa. Mutu baja tulangan yang digunakan adalah 420 MPa untuk tulangan ulir dan 280 MPa untuk tulangan polos (Rendi, Ishak and Kurniawan, 2021).

Preliminary design dilakukan untuk menentukan pendimensian awal elemen berdasarkan SNI 2847-2019. Dimensi balok ditentukan berdasarkan panjang bentang dengan tinggi balok sesuai ketentuan tumpuan dan lebar balok $1/2$ sampai $2/3$ dari tinggi balok. Tebal pelat ditentukan berdasarkan jenis pelat satu arah atau dua arah. Dimensi kolom ditentukan berdasarkan estimasi beban yang diterima dengan persyaratan ukuran penampang terkecil lebih besar dari 300 mm dan perbandingan dimensi tidak kurang dari 0,4. Ketebalan dinding geser direncanakan 300 mm sesuai persyaratan minimum SNI 2847-2019 (Rendi, Ishak and Kurniawan, 2021).

Pemodelan struktur dilakukan menggunakan software ETABS versi 20.3.0. Model struktur dibuat dalam bentuk tiga dimensi dengan memasukkan data geometri, material, dan pembebanan. Pembebanan yang diperhitungkan meliputi beban mati, beban hidup, beban gempa, dan beban angin. Beban gempa dianalisis menggunakan metode analisis dinamik respons spektrum berdasarkan SNI 1726-2019 (Giroth., Handono. and Dapas., 2024).

Analisis respons spektrum dilakukan untuk mengevaluasi perilaku struktur terhadap beban gempa. Parameter yang dievaluasi meliputi displacement, simpangan antar lantai, story shear, dan koefisien stabilitas P-Delta. Kontrol ketidakberaturan struktur dilakukan untuk mengidentifikasi ketidakberaturan horizontal dan vertikal sesuai SNI 1726-2019 (Giroth., Handono. and Dapas., 2024).

Detailing elemen struktur dilakukan berdasarkan hasil analisis dengan mengacu pada SNI 2847-2019. Perhitungan kebutuhan tulangan dilakukan untuk pelat lantai, balok, kolom, dinding geser, dan pondasi tiang pancang. Perhitungan daya dukung pondasi dilakukan berdasarkan data tanah hasil penyelidikan SPT (Mangunsari, Sukarna and Setiawan, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preliminary

Penentuan dimensi awal dilakukan untuk memperoleh tinggi minimum berdasarkan bentang. Diketahui bentang balok induk sepanjang 6000 mm, sehingga :

$$h_{min} = \frac{L}{12}$$

$$= \frac{6000}{12}$$

$$= 375 \text{ mm}$$

$$b_{min} = \frac{2}{3} \times 375 = 250 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, maka balok induk dengan panjang bentang 6000 mm dirancang menggunakan dimensi 500 x 300 mm. Preliminary design menghasilkan estimasi dimensi elemen struktur balok direncanakan dengan 6 tipe dimensi yaitu G1 (500x300 mm), G2 (250x150 mm), G3 (700x400 mm), B1 (350x200 mm), B2 (200x150 mm), dan B3 (600x400 mm). Dalam menentukan jenis pelat dengan analisis yang dinyatakan dalam rasio bentang Panjang terhadap bentang pendek pelat (β) yaitu :

$$\beta = \frac{L_{ny}}{L_{nx}}$$

$$= \frac{2.750}{2.750} = 1$$

Pengecekan jenis plat $1 < 2$, maka plat masuk kategori plat 2 arah, sehingga distribusi momen terjadi ke dua arah dan pelat didesain dengan pertimbangan pembagian beban memanjang dan melintang, Pelat lantai direncanakan dengan tebal 120 mm untuk pelat dua arah. Perencanaan kolom dilakukan agar elemen tersebut mampu menahan beban aksial terfaktor yang berasal dari seluruh lantai dan atap, serta momen maksimum akibat kombinasi beban terfaktor yang bekerja pada satu bentang dengan perhitungan sebagai berikut :

$$b = h = \sqrt{Ag}$$

$$Ag = \sqrt{1993,41}$$

$$= 44,64 \text{ cm}$$

Mengacu pada hasil evaluasi perhitungan, dipilih dimensi kolom dengan ukuran 700 x 700 mm. Kolom direncanakan dengan 3 tipe dimensi yaitu K1 (700x700 mm) untuk lantai 1-3, K2 (600x600 mm) untuk lantai 4-5, dan K3 (500x500 mm) untuk rooftop. Perencanaan awal *Shear Wall* mengacu pada ketentuan minimum tebal dinding terhadap tinggi dan Panjang bentang. Berdasarkan ketentuan :

$$200 \text{ mm} \geq \frac{L}{25}$$

$$200 \text{ mm} \geq \frac{4000}{25}$$

$$200 \text{ mm} \geq 160 \text{ mm}$$

Maka Dinding geser direncanakan dengan ketebalan 300 mm dan panjang 3000 mm, Hal ini dimaksudkan untuk menjamin kecukupan kekakuan lateral struktur sehingga dapat menahan gaya geser yang ditimbulkan oleh gempa

Pembebanan Struktur

Beban gravitasi dan beban lateral. Beban mati tambahan pelat lantai sebesar $2,69 \text{ kN/m}^2$ terdiri dari finishing lantai, ducting AC, instalasi plumbing, plafond, dan partisi dinding. Beban hidup bervariasi sesuai fungsi ruangan dengan nilai $1,92 \text{ kN/m}^2$ untuk ruang kelas, $2,87 \text{ kN/m}^2$ untuk perpustakaan, dan $4,79 \text{ kN/m}^2$ untuk ruang serbaguna. Beban gempa dihitung menggunakan metode respons spektrum menggunakan nilai percepatan spektral desain sebesar $0,7113 \text{ g}$ untuk periode pendek dan $0,6350 \text{ g}$ pada periode 1 detik. Kategori desain seismik gedung adalah D dengan sistem struktur ganda yang memiliki koefisien modifikasi respons sebesar 8 (Tungadi *et al.*, 2024).

Analisis Beban Gempa

Metode respons spektrum menghasilkan periode fundamental struktur $1,118$ detik. Koefisien respons seismik yang digunakan adalah $0,1065$. Berat efektif struktur sebesar 59.594 kN menghasilkan gaya geser dasar $7.948,13 \text{ kN}$. Analisis partisipasi massa menunjukkan akumulasi partisipasi massa mencapai 90% pada mode ke-5 untuk arah Y dan mode ke-6 untuk arah X. Metode kombinasi ragam yang digunakan adalah SRSS karena interval persentase periode antar mode melebihi 15% (Subhan, 2015).

Kontrol Ketidakberaturan

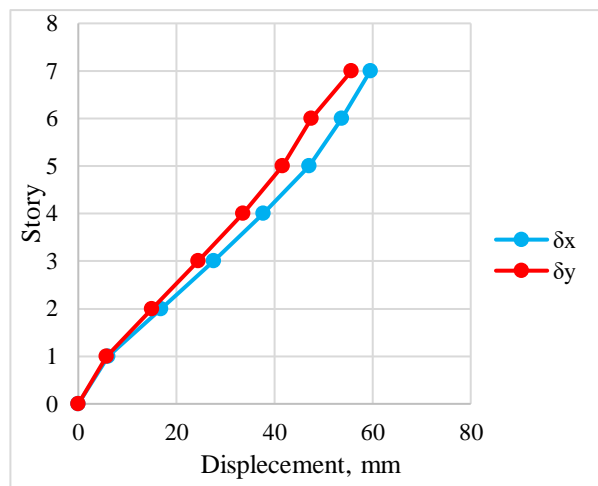
Kontrol ketidakberaturan horizontal menunjukkan gedung mengalami ketidakberaturan torsi tipe 1a dan 1b pada arah X dengan rasio simpangan maksimum terhadap simpangan rata-rata berkisar $1,4$ hingga $1,444$. Pada arah Y tidak terjadi ketidakberaturan torsi dengan rasio berkisar $1,058$ hingga $1,157$. Gedung juga mengalami ketidakberaturan sudut dalam karena proyeksi denah dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15% dimensi denah struktur. Tidak terjadi ketidakberaturan diskontinuitas diafragma, ketidakberaturan pergeseran tegak lurus bidang, dan ketidakberaturan sistem non paralel.

Kontrol ketidakberaturan vertikal menunjukkan tidak terjadi ketidakberaturan kekakuan tingkat

lunak, ketidakberaturan berat, ketidakberaturan geometrik vertikal, ketidakberaturan diskontinuitas bidang, dan ketidakberaturan tingkat lemah. Akibat ketidakberaturan yang terjadi, gaya desain diafragma harus ditingkatkan 25% , struktur harus dianalisis menggunakan model 3 dimensi, momen torsi tak terduga harus diperbesar, dan faktor redundansi sebesar $1,3$ harus diperhitungkan (Nanda, 2023).

Analisis Perilaku Struktur

Menunjukkan *displacement* maksimum terjadi pada lantai atap dengan nilai $59,537 \text{ mm}$ untuk arah X dan $55,713 \text{ mm}$ untuk arah Y. Maximum *story drift* tertinggi terjadi pada lantai 3 dengan rasio $0,004788$ untuk arah X dan $0,003184$ untuk arah Y. Semua nilai *drift* masih berada di bawah batas maksimum yang diizinkan yaitu $0,020$.



Gambar 1. Displacement struktur

Pada grafik gambar 1 Kontrol simpangan antar tingkat menunjukkan seluruh lantai memenuhi persyaratan batas simpangan antar tingkat ijin. Pada arah X, simpangan antar tingkat berkisar $17,615 \text{ mm}$ hingga $39,637 \text{ mm}$. Pada arah Y, simpangan berkisar $11,741 \text{ mm}$ hingga $34,797 \text{ mm}$. Nilai simpangan pada beberapa lantai sudah mendekati $80-90\%$ dari batas ijin 40 mm sehingga dalam implementasi di lapangan tetap diperlukan kontrol kualitas konstruksi yang ketat. Hasil rekapitulasi disajikan dalam table 1 & 2 berikut:

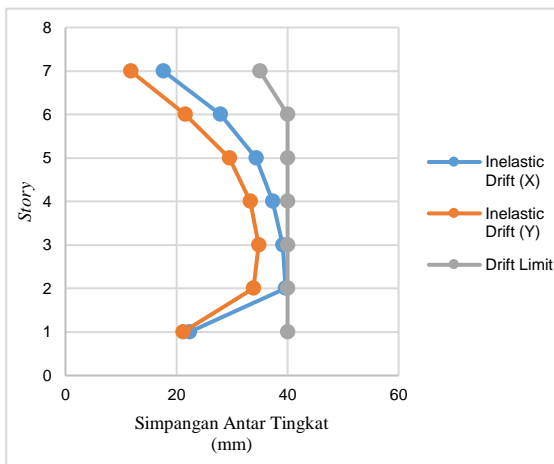
Tabel 1. Simpangan antar tingkat izin arah x

| Lantai | hsx | δ | Δ | Δ/p | Ket |
|----------|------|----------|----------|------------|------|
| Atap | 3500 | 50,713 | 11,741 | 35,000 | Aman |
| Rooftop | 4000 | 47,511 | 21,553 | 40,000 | Aman |
| Lantai 5 | 4000 | 41,633 | 29,524 | 40,000 | Aman |
| Lantai 4 | 4000 | 33,581 | 33,312 | 40,000 | Aman |
| Lantai 3 | 4000 | 24,496 | 34,797 | 40,000 | Aman |
| Lantai 2 | 4000 | 15,006 | 33,873 | 40,000 | Aman |
| Lantai 1 | 4000 | 5,768 | 21,149 | 40,000 | Aman |

Tabel 1. Simpangan antar tingkat izin arah y

| Lantai | hsx | δ | Δ | Δ/p | Ket |
|----------|------|----------|----------|------------|------|
| Atap | 3500 | 59,537 | 17,615 | 35,000 | Aman |
| Rooftop | 4000 | 54,733 | 24,277 | 40,000 | Aman |
| Lantai 5 | 4000 | 47,112 | 34,309 | 40,000 | Aman |
| Lantai 4 | 4000 | 37,755 | 37,301 | 40,000 | Aman |
| Lantai 3 | 4000 | 27,582 | 39,182 | 40,000 | Aman |
| Lantai 2 | 4000 | 16,896 | 39,637 | 40,000 | Aman |
| Lantai 1 | 4000 | 6,086 | 22,315 | 40,000 | Aman |

Pada Tabel 1 & 2 satuan dalam mm. Grafik yang menampilkan perbandingan antara simpangan antar tingkat aktual dan simpangan antar tingkat yang diizinkan ditunjukkan pada Gambar 2 berikut :



Gambar 2. Perbandingan simpangan antar tingkat arah x dan y

Pada grafik gambar 2 menunjukkan Pola simpangan yang meningkat dari lantai 1 ke lantai atas kemudian menurun di atap merupakan karakteristik normal dari respons dinamik struktur gedung bertingkat, dimana lantai-lantai tengah cenderung mengalami

simpangan antar tingkat maksimum karena efek kombinasi dari massa yang terakumulasi dan distribusi gaya lateral gempa. Meskipun hasil analisis menunjukkan struktur aman terhadap persyaratan drift, perlu diperhatikan bahwa simpangan pada beberapa lantai sudah mendekati 80-90% dari batas ijin.

Kontrol efek P-Delta menunjukkan seluruh lantai memiliki koefisien stabilitas yang jauh di bawah batas maksimum 0,0909. Pada arah X, nilai koefisien stabilitas berkisar 0,0046 rad hingga 0,0252 rad. Pada arah Y, nilai berkisar 0,0050 rad hingga 0,0187 rad. Hasil ini mengonfirmasi struktur memiliki kekakuan lateral yang memadai sehingga pengaruh efek geometri nonlinier dapat diabaikan (Putri, 2022).

Kontrol sistem ganda menunjukkan rangka pemikul momen mampu memikul 47,86% gaya seismik pada arah X dan 32,76% pada arah Y. Nilai ini telah memenuhi persyaratan minimum 25% sesuai SNI 1726-2019 sehingga sistem struktur yang digunakan dapat dikategorikan sebagai sistem ganda (Bayanaka *et al.*, 2026)

Detailing Elemen Struktur

Detailing tulangan pelat lantai menghasilkan 1 tipe pelat S1 dengan tebal 120 mm menggunakan tulangan D10-50 untuk tumpuan dan D10-150 untuk lapangan pada arah X dan Y. Pelat tangga dengan tebal 150 mm menggunakan tulangan D16-150 untuk arah X dan D10-150 untuk arah Y dengan tulangan optrade D10-150.

Detailing tulangan balok menghasilkan 6 tipe balok dengan tulangan longitudinal menggunakan D19 dan tulangan transversal D13. Spasi tulangan transversal pada daerah sendi plastis adalah 100 mm dan pada daerah luar sendi plastis adalah 150 mm. Balok tipe G1 dan G3 memerlukan tulangan torsi D13.

Detailing tulangan kolom menghasilkan 3 tipe kolom dengan tulangan longitudinal K1 (28D22), K2 (24D22), dan K3 (20D22). Rasio tulangan longitudinal berkisar 1,55% hingga 2,17% yang memenuhi persyaratan minimum 1% dan maksimum 6%. Tulangan transversal menggunakan 4D13-100 pada daerah sendi plastis dan 4D13-150 pada daerah luar sendi plastis.

Detailing dinding geser menghasilkan badan dinding dengan tebal 300 mm dan panjang 3000 mm menggunakan tulangan 2D19-200 untuk tulangan vertikal dan horizontal. *Boundary element* dengan dimensi 300x450 mm menggunakan tulangan longitudinal 8D22 dan tulangan transversal 3D13-100 (Sumeru and Sutjipto, 2025).

Perencanaan Struktur Bawah

Perhitungan Daya Dukung Tiang

Perencanaan pondasi bertujuan untuk menjamin bahwa beban struktur dapat diteruskan ke tanah secara aman. Perhitungan daya dukung aksial tiang tunggal dilakukan dengan menggunakan metode Meyerhof guna menentukan daya dukung aksial Tunggal

Qijin

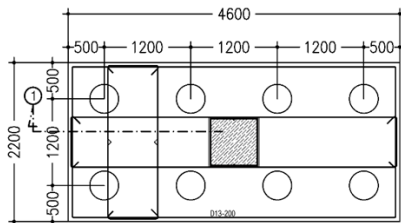
$$= \frac{Q_{ult}}{2,5} = \frac{685,44}{2,5} = 247,18 \text{ Kn}$$

Dari hasil kapasitas yang diperoleh sebesar 247,18 kN. Nilai tersebut selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam menentukan jumlah tiang yang dibutuhkan untuk menahan beban struktur bangunan di atasnya. Menentukan jarak tiang pancang yaitu

$$n = \frac{P}{Q_{all}}$$

$$= \frac{1711,1}{247,18} = 6,9 \text{ tiang}$$

Menentukan jarak tiang pancang seperti pada Gambar 3



Gambar 3. Konfigurasi pilecap

KESIMPULAN

Hasil perencanaan dan analisis struktur gedung perkuliahan beton bertulang berlantai lima di Jalan Pemuda, Kota Semarang, dengan sistem struktur ganda menunjukkan bahwa struktur telah memenuhi persyaratan kekuatan, kekakuan, dan stabilitas sesuai SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019. Analisis respons spektrum menggunakan ETABS membuktikan bahwa displacement, simpangan antar tingkat, serta efek P-Delta berada dalam batas yang diizinkan. Meskipun ditemukan ketidakberaturan horizontal berupa torsional irregularity dan re-entrant corner irregularity, struktur tetap memenuhi kriteria kinerja setelah dilakukan penyesuaian gaya rencana. Dengan demikian, sistem struktur ganda yang direncanakan dinyatakan aman dan layak diterapkan pada wilayah dengan kategori desain seismik D.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Semarang, khususnya Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, atas dukungan institusional, fasilitas akademik, serta kontribusi dalam penyediaan lingkungan penelitian.

$$S \leq 3 D$$

$$\leq 3 \times 400$$

$$\leq 1200 \text{ mm}$$

Berdasarkan analisa keduanya antara total beban struktur dan daya dukung satu tiang, diperoleh kebutuhan tiang pancang sebesar 6,9 kemudian dibulatkan menjadi 8 buah dengan jarak 1200 mm

Cek Penurunan Pondasi Tiang Pancang

$$S = \frac{D}{100} + \frac{q \cdot l}{A_p \cdot E_p}$$

$$= \frac{0,4}{100} + \frac{181,44 \cdot 25}{0,126 \cdot 4700 \sqrt{52.000}}$$

$$= 0,038 \text{ m}$$

$$\text{Sizin} = 10\% D$$

$$= 10\% \times 0,4$$

$$= 0,04 \text{ m}$$

Tiang pancang mengalami penurunan sebesar 0,038 m tidak melebihi penurunan izin, maka penurunan pondasi aman. Hasil analisis perhitungan pondasi tiang pancang menggunakan diameter 400 mm dengan kedalaman 25 meter menghasilkan daya dukung ijin 247,18 kN per tiang. Jumlah tiang pancang bervariasi sesuai beban yang diterima dengan efisiensi kelompok tiang 74,4%. Pile cap direncanakan dengan tebal 800 mm menggunakan tulangan D25-150 untuk kedua arah (Pratama *et al.*, 2018).

REFERENSI

- Agus, A., Muzani, S., Zhafira, T., Widorini, T., Setiawan, B., Prodi,), & Sipil, T. (2025). *Jurnal Teknik Sipil Rancang Bangun :Structural Analysis Based On SNI 1726:2019 On The Dormitory Building In Pedurungan Semarang* (Vol. 11).
- Arifin, S. S., Teknik, P. S., Negeri, U., Syukri, M. R., Teknik, P. S., Negeri, U., Utama, K. A., Teknik, P. S., & Negeri, U. (2021). *Analisis kebutuhan infrastruktur hijau di kota gorontalo*. 6(1), 9–13.
- Asrib, A. R., Mappangara, S. B., Rahman, M. J., & Muhammad, A. F. (2025). Tinjauan Teknis Terhadap Perencanaan Struktur Rumah Susun Polda Sulawesi Selatan 3 Lantai Menggunakan ETABS. In *Sustainable Civil Engineering Journal* (Vol. 1, Number 2).
- Bai, X., & Zhao, H. (2018). Reliability Evaluation In Construction Quality Based On Complex Vague Soft Expert Set Method. *Stavební Obzor*

- *Civil Engineering Journal*, 27(3).
<https://doi.org/10.14311/cej.2018.03.0033>
- Bugis, N. (2017). Tinjauan Struktur Pada Pembangunan Hotel Aimas Convention Center Kabupaten Sorong. In *Jurnal Rancang Bangun* (Vol. 2, Number 2).
- Didik Purwantoro, A. S., & N Fajar, dan M. (2023). *Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun Structural Investigation And Assessment Indomaret Building Basuki Rahmat Sorong City*.
<http://doi.org/xxxWebsite:https://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/rancangbangun>
- Fajar, M. N., Setyo, A. D., & Mangandar, E. S. (2023). Studi analisis kinerja struktur gedung bertingkat tidak beraturan terhadap soft storey akibat beban gempa.
- Fajar, M. N., Purnama, M., Purwantoro, A. D. S., Arifin, H., & Maysyurah, A. (2023). Pengaruh Set Back Terhadap Kinerja Batas Layan Struktur Dengan Soft Storey Akibat Beban Gempa: The Effect of Set Back on The Performance of Structural Service Limits with Soft Stores Due to Earthquake Loads. *BENTANG: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 11(2), 235-244.
- Hidayati, N., & Riqi, M. (2023). Analisa ketidakberaturan horizontal dan vertikal pada struktur gedung beton bertulang. 12, 235–243.
- No, V., Juli, E., Rangka, S., Momen, P., Srpmk, K., Sistem, D. A. N., & Cahya, F. O. (2022). Analisis Perbandingan Desain Struktur Gedung Beton Bertulang Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (Srpmk) Dan Sistem Ganda (Dual System) Di Kota Padang. 4(4), 14–20.
- Pinontoan, C. A., Pandaleke, R. E., Handono, B. D., & Sumajouw, M. D. J. (2025). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. 23(93).
- Purwantoro, A. D. S., Fajar, M. N., Arifin, H., Aris, M., & Ja'far, A. (2023). Studi Perbandingan Pengaruh Letak Dinding Geser Pada Bangunan Bertingkat Akibat Beban Gempa. *Konstruksia*, 15(1), 35-45.
- Rahmadi Valdis, Sapta, & Amelia Rajela. (2026). Analisa Pengaruh Efek $P - \Delta$ Terhadap Kinerja Struktur Bangunan Bertingkat Pada Daerah Rawan Gempa.
- Rendra, Rezky., Kurniawandy, Alex., & Djauhari, Zulfikar. (2015). Kinerja Struktur Akibat Beban Gempa Dengan Metode Respon Spektrum Dan Time History (Studi Kasus : Hotel SKA Pekanbaru). 2(2), 1–15.
- SNI 1726, 2019. (2019). Penetapan Standar Nasional Indonesia 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung. (8).
- SNI 1727, 2020. (2020). Penetapan Standar Nasional Indonesia 1727 : 2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain sebagai revisi dari Standar Nasional Indonesia 1727 : 2013 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan. (8).
- SNI 1729, 2020. (2020). Penetapan Standar Nasional Indonesia 1727 : 2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain sebagai revisi dari Standar Nasional Indonesia 1727 : 2013 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan. (8).
- SNI 2847, 2019. (2019). Penetapan Standar Nasional Indonesia 2847 : 2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia 2847 : 2013. (8).