



Desain Struktur Bangunan Bertingkat Tahan Gempa di Wilayah Pontianak

Ashraf Dhowian Parabi*, Chandra Alip Pratama, Fairuz Adibah, Astisza Syahla

Ludmilla Parabi

Universitas Tanjungpura, Indonesia

Email: parabi97@teknik.untan.ac.id*

Abstrak

Kalimantan Barat, dengan ibu kotanya yang terletak di ekuator, secara historis dikategorikan sebagai wilayah dengan intensitas seismik sangat rendah berdasarkan peta zonasi gempa nasional. Kondisi ini mengakibatkan banyak bangunan di kawasan tersebut tidak dirancang dengan mempertimbangkan gaya lateral akibat aktivitas seismik. Namun, perkembangan terkini dalam praktik rekayasa struktur menekankan pentingnya mengintegrasikan analisis beban gempa bahkan pada zona seismik rendah sebagai langkah antisipasi dan peningkatan standar keselamatan bangunan. Dalam konteks ini, dilakukan studi perancangan struktur gedung perkantoran berlantai banyak di kawasan pusat kota dengan pendekatan desain tahan gempa sesuai regulasi terkini. Metodologi perencanaan mengacu pada SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, yang mengintegrasikan perhitungan beban gravitasi (mati dan hidup) serta beban lateral gempa rencana. Tujuan utamanya adalah menghasilkan dimensi elemen struktur yang optimal—memenuhi kriteria keamanan, efisiensi material, dan kesesuaian terhadap standar yang berlaku. Validasi dimensi struktur yang telah ditetapkan dilakukan melalui pemodelan dan analisis menggunakan perangkat lunak berbasis metode elemen hingga, yaitu ETABS. Proses ini memungkinkan evaluasi komprehensif terhadap respons struktur terhadap kombinasi pembebanan yang bekerja, serta verifikasi apakah konfigurasi struktur yang direncanakan mampu menahan gaya-gaya internal secara efektif dengan tingkat efisiensi yang memadai.

Kata kunci: Beban gempa; etabs; perencanaan; struktur.

Abstract

West Kalimantan, with its capital located at the equator, has historically been categorized as a region with very low seismic intensity based on the national seismic zonation map. This condition has resulted in many buildings in the area not being designed with consideration for lateral forces due to seismic activity. However, recent developments in structural engineering practice emphasize the importance of integrating seismic load analysis even in low seismic zones as an anticipatory measure and enhancement of building safety standards. In this context, a structural design study of a multi-story office building in the city center area was conducted using an earthquake-resistant design approach in accordance with current regulations. The planning methodology refers to SNI 1726-2012 concerning Procedures for Earthquake Resistance Planning for Building Structures, which integrates the calculation of gravity loads (dead and live) as well as lateral design earthquake loads. The primary objective is to produce optimal structural element dimensions—meeting safety criteria, material efficiency, and compliance with applicable standards. Validation of the established structural dimensions was performed through modeling and analysis using finite element method-based software, namely ETABS. This process enables comprehensive evaluation of the structural response to working load combinations, as well as verification of whether the planned structural configuration can effectively resist internal forces with an adequate level of efficiency.

Keywords: Earthquake load, etabs, Planning, Structure.

PENDAHULUAN

Provinsi Kalimantan Barat merupakan salah satu wilayah strategis di Indonesia yang terus mengalami pertumbuhan pesat dalam sektor infrastruktur dan pembangunan (Aprilia & Tiarawat, 2023; Carolin & Kurniati, 2025; Najmi & Fitriyani, 2023; Zahroo, 2023). Sebagai provinsi terluas ketiga di Indonesia dengan posisi geografis yang unik di garis khatulistiwa, Kalimantan Barat memiliki karakteristik geologi dan seismik yang berbeda dibandingkan

wilayah lain (Fitri, 2025). Berdasarkan peta zonasi gempa Indonesia, wilayah ini termasuk dalam kategori zona seismik rendah hingga sangat rendah, yang secara historis menyebabkan minimnya pertimbangan beban gempa dalam perencanaan struktur bangunan (Angglena & Pandey, 2025; Arifin et al., 2024; Febrian et al., 2025; Mantri & Sutarman, 2015).

Seiring dengan perkembangan kota-kota di Kalimantan Barat, khususnya di kawasan perkotaan, terjadi peningkatan signifikan dalam pembangunan infrastruktur dan fasilitas publik (Sutanto et al., 2014). Pertumbuhan ini menuntut penerapan standar konstruksi yang lebih ketat dan komprehensif, termasuk implementasi desain tahan gempa sesuai dengan regulasi nasional terkini (Harita et al., 2024). Hal ini sejalan dengan filosofi desain modern yang menekankan pentingnya antisipasi risiko seismik bahkan pada wilayah dengan intensitas gempa rendah (Lesttianto, 2025).

Dalam konteks pengembangan infrastruktur pendidikan tinggi di wilayah ini, perencanaan bangunan gedung bertingkat memerlukan analisis struktur yang cermat dengan mempertimbangkan berbagai kombinasi pembebanan (Pratama et al., 2020). Material beton bertulang menjadi pilihan dominan dalam konstruksi struktur bangunan modern karena memiliki fleksibilitas desain yang tinggi, kemudahan aplikasi di lapangan, waktu pelaksanaan yang relatif cepat, serta kuat tekan yang memadai untuk menahan beban-beban yang bekerja (Susilo et al., 2023). Kombinasi antara beton dan tulangan baja menghasilkan sistem struktur komposit yang efisien dalam menahan gaya tarik dan tekan secara bersamaan (Putra et al., 2020).

Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini mengambil studi kasus pada perencanaan struktur gedung perkantoran berlantai banyak yang terletak di Gedung Rektorat Universitas Panca Bhakti, Pontianak. Rumusan masalah yang diangkat adalah bagaimana merencanakan elemen-elemen struktur beton bertulang yang mampu menahan kombinasi beban mati, beban hidup, dan beban gempa rencana sesuai dengan ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku, khususnya SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung.

Penelitian tentang Desain Struktur Bangunan Bertingkat Tahan Gempa di Wilayah Pontianak memberikan manfaat teoretis dan praktis yang penting dalam bidang teknik sipil, khususnya rekayasa struktur dan gempa. Secara teoretis, penelitian ini memperkaya kajian ilmiah mengenai perilaku struktur bangunan bertingkat terhadap beban gempa pada wilayah dengan karakteristik tanah lunak, sehingga dapat menjadi referensi akademik bagi pengembangan ilmu dan penelitian selanjutnya. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan teknis bagi perencana dan praktisi konstruksi dalam merancang bangunan yang aman, efisien, dan sesuai standar ketahanan gempa, serta menjadi bahan pertimbangan bagi pemerintah daerah dalam penyusunan kebijakan, pengawasan pembangunan, dan upaya mitigasi risiko bencana guna mendukung pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan dan berketahanan di wilayah Pontianak.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian terapan dengan pendekatan kuantitatif yang berfokus pada perencanaan dan analisis struktur gedung beton bertulang tahan gempa. Metode yang digunakan adalah metode deskriptif analitis dengan menerapkan prosedur perhitungan berdasarkan standar teknis yang berlaku di Indonesia, khususnya SNI 2847-2013 tentang

Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung. Pendekatan penelitian dilakukan melalui pemodelan struktur tiga dimensi dengan bantuan perangkat lunak analisis struktur berbasis metode elemen hingga untuk memperoleh respons struktur yang akurat terhadap kombinasi pembebanan yang bekerja.

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari konsultan perencana proyek dan instansi terkait. Data yang dikumpulkan meliputi data gambar arsitektural yang mencakup denah, tampak, potongan, dan detail bangunan untuk setiap lantai. Data penyelidikan tanah berupa hasil uji Standard Penetration Test (SPT) dan data sondir digunakan untuk menentukan klasifikasi situs dan daya dukung fondasi. Data spesifikasi material mencakup mutu beton dan mutu baja tulangan yang akan digunakan dalam perencanaan struktur. Selain itu, data parameter seismik wilayah diperoleh dari peta gempa Indonesia untuk penentuan spektrum respons desain sesuai lokasi geografis bangunan.

Tahap perencanaan pendahuluan atau preliminary design merupakan analisis awal untuk memperkirakan dimensi elemen-elemen struktur utama yang meliputi pelat, balok, dan kolom. Gedung yang direncanakan merupakan bangunan dengan struktur beton bertulang yang terdiri dari tujuh lantai dengan dimensi panjang 43,20 meter dan lebar 18 meter. Tinggi setiap lantai adalah 4 meter sehingga total ketinggian bangunan mencapai 28 meter, dengan konfigurasi geometri yang dirancang untuk mengakomodasi fungsi perkantoran dengan mempertimbangkan aspek efisiensi ruang dan kenyamanan pengguna.

Spesifikasi material yang digunakan dalam perencanaan struktur ini mengacu pada standar mutu yang berlaku di Indonesia. Mutu beton yang digunakan untuk seluruh elemen struktur adalah $f_c' 25$ MPa, yang memenuhi persyaratan minimum untuk struktur rangka pemikul momen sesuai SNI 2847-2013. Untuk tulangan, digunakan baja tulangan ulir dengan tegangan leleh 400 MPa sebagai tulangan utama pemikul lentur dan aksial, serta baja tulangan polos dengan tegangan leleh 390 MPa untuk aplikasi tertentu. Pemilihan spesifikasi material ini mempertimbangkan ketersediaan di pasaran lokal serta kemampuannya dalam menahan kombinasi beban gravitasi dan beban lateral akibat gempa yang bekerja pada struktur.

Penentuan dimensi awal pelat dilakukan berdasarkan rasio bentang dan ketentuan tebal minimum sesuai SNI 2847-2013 pasal 9.5, dengan mempertimbangkan jenis pelat satu arah atau dua arah berdasarkan perbandingan bentang. Dimensi balok ditentukan berdasarkan ketentuan tebal minimum yang mengacu pada SNI 2847-2013 tabel 9.5(a), dengan mempertimbangkan kondisi tumpuan dan panjang bentang. Untuk kolom, dimensi awal dihitung berdasarkan beban aksial rencana yang bekerja dengan memperhitungkan rasio penulangan awal dan faktor reduksi kekuatan. Hasil perhitungan dimensi awal ini selanjutnya digunakan sebagai input data dalam pemodelan struktur untuk analisis lebih lanjut.

Setelah diperoleh gaya-gaya dalam dari hasil analisis struktur, dilakukan desain penulangan untuk setiap elemen struktur. Desain penulangan pelat dilakukan dengan menghitung tulangan lentur arah x dan y berdasarkan momen maksimum yang terjadi, serta tulangan susut dan suhu yang memenuhi ketentuan minimum. Penulangan balok mencakup perhitungan tulangan lentur untuk menahan momen positif dan negatif, tulangan geser untuk menahan gaya geser yang bekerja, serta tulangan torsi jika diperlukan.

Penulangan kolom dirancang sebagai elemen struktur yang menerima kombinasi beban aksial dan momen lentur dengan menggunakan diagram interaksi kolom. Untuk struktur yang

didesain dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), pendetailan tulangan harus memenuhi persyaratan khusus yang diatur dalam SNI 2847-2013 pasal 21, termasuk persyaratan panjang penyaluran, sambungan lewatan, dan pengekangan di daerah sendi plastis.

Perencanaan fondasi dilakukan berdasarkan hasil analisis daya dukung tanah dan beban yang diterima dari struktur atas. Jenis fondasi dipilih berdasarkan kondisi tanah dan besar beban yang harus dipikul, dengan mempertimbangkan efisiensi dan keamanan struktur. Untuk fondasi tiang pancang, perhitungan daya dukung ultimit dilakukan menggunakan metode Meyerhoff berdasarkan data SPT atau sondir, yang memperhitungkan kontribusi tahanan ujung dan tahanan selimut tiang. Efisiensi kelompok tiang dihitung menggunakan formula Converse-Labarre untuk menentukan daya dukung kelompok tiang yang efektif.

Pile cap dirancang sebagai struktur peralihan yang mendistribusikan beban dari kolom ke tiang-tiang pancang, dengan perhitungan penulangan lentur dan geser dua arah. Kontrol terhadap beban maksimum pada setiap tiang dilakukan untuk memastikan tidak melampaui daya dukung ijin tiang.

Tahapan penelitian disusun secara sistematis dimulai dari pengumpulan data, perencanaan pendahuluan dimensi elemen struktur, perancangan sarana pendukung gedung seperti tangga dan lift, pemodelan dan analisis struktur menggunakan ETABS, kontrol dan desain tulangan elemen struktur, hingga perencanaan fondasi. Setiap tahapan dilakukan evaluasi untuk memastikan dimensi dan tulangan yang dihasilkan memenuhi kriteria keamanan, kekakuan, dan efisiensi sesuai standar yang berlaku. Jika hasil kontrol menunjukkan ketidaksesuaian dengan persyaratan, dilakukan revisi dimensi dan analisis ulang hingga diperoleh desain struktur yang optimal. Proses penelitian diakhiri dengan penyusunan dokumen gambar kerja dan laporan perencanaan struktur yang komprehensif.



Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan Struktur

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dimensi Elemen Struktur Hasil Preliminary Design

Berdasarkan perhitungan preliminary design yang mengacu pada SNI 2847-2013, diperoleh dimensi elemen struktur yang memenuhi persyaratan tebal minimum. Untuk elemen balok, dimensi balok induk yang digunakan adalah 350 mm x 700 mm untuk bentang 7200 mm, dengan tebal minimum yang dipersyaratkan sebesar 372,509 mm. Dimensi balok anak yang digunakan adalah 250 mm x 500 mm, yang juga memenuhi kriteria tebal minimum berdasarkan rasio bentang terhadap tinggi. Penentuan dimensi balok mempertimbangkan kondisi tumpuan dan pola pembebanan yang bekerja pada struktur.

Untuk elemen pelat lantai, dilakukan analisis rasio bentang untuk menentukan jenis pelat satu arah atau dua arah. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dengan bentang bersih 3300 mm pada kedua arah, diperoleh rasio bentang sama dengan 1, sehingga pelat dikategorikan sebagai pelat dua arah. Perhitungan momen inersia penampang balok dengan mempertimbangkan lebar efektif sayap menghasilkan nilai alfa rata-rata sebesar 28,135. Dengan nilai tersebut dan mengacu pada SNI 2847-2013 untuk kondisi alfa lebih besar dari 2,0, tebal pelat minimum yang dipersyaratkan adalah 84,86 mm, namun tidak boleh kurang dari 90 mm. Berdasarkan pertimbangan teknis dan praktis pelaksanaan, tebal pelat yang digunakan adalah 120 mm untuk pelat lantai tipikal dan 100 mm untuk pelat lantai dak.

Dimensi kolom ditentukan berdasarkan beban aksial yang bekerja dengan memperhitungkan rasio penulangan awal sebesar 1 persen. Kombinasi pembebanan untuk lantai tipikal menghasilkan beban ultimate sebesar 49092,43 kg, sedangkan untuk lantai atap sebesar 35087,86 kg. Dengan memperhitungkan berat sendiri kolom dan menggunakan faktor reduksi kekuatan, luas penampang kolom yang diperlukan adalah 295,5988 cm². Kolom direncanakan dengan penampang persegi 500 mm x 500 mm yang memberikan luas penampang 2500 cm², sehingga memenuhi persyaratan kekuatan yang diperlukan.

Parameter Gempa dan Spektrum Respons Desain

Penentuan parameter gempa untuk lokasi bangunan di Pontianak dilakukan berdasarkan peta gempa Indonesia dalam SNI 1726-2012. Dari peta gempa diperoleh parameter percepatan spektral pada periode pendek S_s sebesar 0,25g dan parameter percepatan spektral pada periode 1 detik S_1 sebesar 0,05g. Bangunan dikategorikan sebagai kategori risiko II dengan faktor keutamaan gempa I_e sebesar 1,00 sesuai fungsinya sebagai gedung perkantoran.

Klasifikasi situs berdasarkan data Standard Penetration Test (SPT) menunjukkan nilai rata-rata N -SPT sebesar 3,13 untuk kedalaman 30 meter. Dengan nilai tersebut, tanah pada lokasi bangunan diklasifikasikan sebagai kelas situs SE atau tanah lunak sesuai ketentuan SNI 1726-2012. Koefisien situs untuk periode pendek F_a diperoleh sebesar 2,5 dan koefisien situs untuk periode 1 detik F_v sebesar 3,5. Parameter percepatan spektral respons desain yang diperoleh adalah $SDS = 0,417$ untuk periode pendek dan $SD1 = 0,117$ untuk periode 1 detik.

Berdasarkan parameter SDS dan $SD1$ yang diperoleh, kategori desain seismik struktur ditentukan dengan mengacu pada tabel klasifikasi dalam SNI 1726-2012. Nilai $SDS = 0,417$ menghasilkan kategori desain seismik C, sedangkan nilai $SD1 = 0,117$ menghasilkan kategori desain seismik B. Kategori desain seismik yang digunakan untuk perencanaan adalah kategori C, yaitu kategori yang lebih konservatif dari kedua nilai tersebut. Kurva spektrum respons desain dibuat berdasarkan parameter-parameter yang telah dihitung, dengan nilai spektrum

respons percepatan maksimum sebesar 0,417g pada periode pendek.

Analisis Beban Gempa dan Respons Struktur

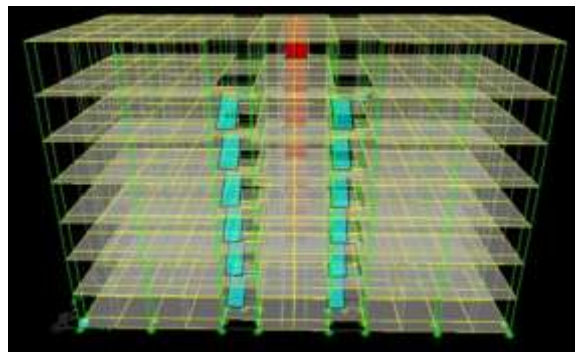
Analisis beban gempa dilakukan dengan menggunakan metode analisis spektrum respons yang memperhitungkan karakteristik dinamis struktur. Berat seismik efektif struktur dihitung dari kontribusi beban mati dan sebagian beban hidup pada setiap tingkat bangunan. Total berat struktur gedung yang diperoleh dari perhitungan adalah 23245,88 kg untuk lantai atap dan 27950,36 kg untuk lantai tipikal. Dengan tujuh lantai bangunan, berat seismik total yang diperhitungkan dalam analisis gempa mencakup seluruh massa struktur yang berkontribusi terhadap gaya inersia saat terjadi gempa.

Periode fundamental struktur dihitung menggunakan metode pendekatan berdasarkan tinggi bangunan total 28 meter. Untuk sistem rangka beton pemikul momen, parameter C_t yang digunakan adalah 0,0466 dengan eksponen x sebesar 0,9 sesuai SNI 1726-2012. Periode fundamental hasil analisis ETABS kemudian dibandingkan dengan periode fundamental pendekatan untuk memastikan nilai yang digunakan memenuhi batasan yang dipersyaratkan. Kontrol Rayleigh dilakukan untuk memverifikasi bahwa periode fundamental struktur berada dalam rentang yang wajar.

Distribusi gaya gempa horizontal pada setiap tingkat dihitung berdasarkan gaya geser dasar seismik yang telah ditentukan. Pola distribusi vertikal gaya gempa memperhitungkan ketinggian masing-masing tingkat dan berat seismik efektif pada tingkat tersebut. Analisis dinamis menggunakan metode Holzer dilakukan untuk memperoleh mode shape dan frekuensi getar struktur. Dari hasil perhitungan Holzer diperoleh frekuensi getar sebesar 6,260 rad/detik dengan waktu getar 1,003 detik. Kontrol kinerja batas layan dilakukan dengan memeriksa simpangan antar lantai tidak melebihi batasan yang dipersyaratkan dalam SNI 1726-2012.

Hasil Pemodelan dan Analisis Struktur dengan ETABS

Pemodelan struktur tiga dimensi dilakukan menggunakan program ETABS dengan mengacu pada ACI 318-99 dan ASCE 7-10, yang merupakan basis dari SNI 2847-2013 dan SNI 1726-2012. Elemen pelat dimodelkan sebagai elemen shell, balok sebagai elemen beam, dan kolom sebagai elemen column dengan dimensi yang telah ditentukan pada tahap preliminary design. Pembebanan yang diinput meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa dengan kombinasi pembebanan sesuai ketentuan peraturan.



Gambar 2. Pemodelan ETABS Gedung

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam analisis mencakup kombinasi pembebanan tetap dan sementara. Kombinasi pembebanan tetap terdiri dari kombinasi 1,4D dan 1,2D + 1,6L yang memperhitungkan beban mati dan beban hidup tanpa pengaruh gempa. Kombinasi pembebanan sementara meliputi kombinasi dengan gempa statik ($1,2D + 0,5L \pm E$) dan kombinasi dengan respons spektrum ($1,2D + 0,5L \pm RSP$) untuk arah X dan Y. Total terdapat sepuluh kombinasi pembebanan yang dianalisis untuk memperoleh gaya dalam maksimum pada setiap elemen struktur.

Hasil analisis struktur berupa gaya-gaya dalam yang bekerja pada setiap elemen struktur diperoleh dari output ETABS. Untuk elemen pelat, momen lentur maksimum arah X ($M11_{max}$) sebesar 11,86 kNm dan momen lentur arah Y ($M11_{min}$) sebesar -10,62 kNm. Untuk elemen balok, output ETABS menampilkan momen lentur, gaya geser, dan momen torsi pada berbagai posisi sepanjang bentang balok. Momen tumpuan maksimum yang terjadi pada balok sebesar 260,371 kNm dan momen lapangan sebesar 226,924 kNm akibat kombinasi pembebanan 1,2DL + 1,6LL + 0,5R. Gaya geser maksimum pada balok mencapai 205,56 kN dengan momen torsi sebesar 38,614 kNm.

Desain Penulangan Elemen Struktur

Desain penulangan pelat lantai dilakukan berdasarkan momen lentur maksimum hasil analisis ETABS. Untuk pelat lantai tipikal dengan tebal 120 mm, tinggi efektif yang diperhitungkan adalah 96 mm dengan memperhitungkan selimut beton 20 mm dan diameter tulangan. Momen ultimate pada area lapangan sebesar 13,178 kNm menghasilkan rasio penulangan perlu sebesar 0,0030, yang lebih besar dari rasio penulangan minimum 0,0028. Luas tulangan yang diperlukan adalah 288 mm² dengan jarak antar tulangan 174,44 mm. Untuk efisiensi pelaksanaan, digunakan wiremesh M8-150 mm yang memenuhi kebutuhan penulangan baik pada area lapangan maupun tumpuan.

Penulangan balok dirancang untuk menahan kombinasi beban lentur, geser, dan torsi yang bekerja. Untuk balok dengan dimensi 350 mm x 700 mm, tinggi efektif yang diperhitungkan adalah 638,5 mm. Pada area tumpuan dengan momen ultimate 260,371 kNm, rasio penulangan yang diperlukan adalah 0,0055 dengan luas tulangan 1229,11 mm². Berdasarkan perhitungan, digunakan tulangan lentur 5D19 yang memberikan luas tulangan 1416,925 mm² dengan kapasitas momen nominal 299,076 kNm. Pada area lapangan dengan momen ultimate 226,924 kNm, digunakan tulangan lentur 4D19 dengan kapasitas momen nominal 242,217 kNm.

Penulangan geser balok dirancang dengan memperhitungkan kontribusi kekuatan geser beton dan tulangan geser. Kapasitas geser nominal beton V_c dihitung sebesar 189,953 kN, sehingga dengan gaya geser ultimate 205,56 kN diperlukan tulangan geser untuk menahan kelebihan gaya geser. Kuat geser yang harus disumbangkan tulangan geser V_s adalah 63,094 kN. Dengan menggunakan sengkang D12, diperoleh jarak tulangan geser 200 mm yang memenuhi persyaratan spasi maksimum. Kapasitas geser nominal total yang diperoleh adalah 328,481 kN, lebih besar dari gaya geser ultimate yang bekerja. Untuk penulangan torsi, dengan momen torsi ultimate 38,614 kNm yang melebihi batas torsi yang dapat diabaikan, diperlukan tulangan torsi tambahan dengan luas 0,804 mm² per spasi.

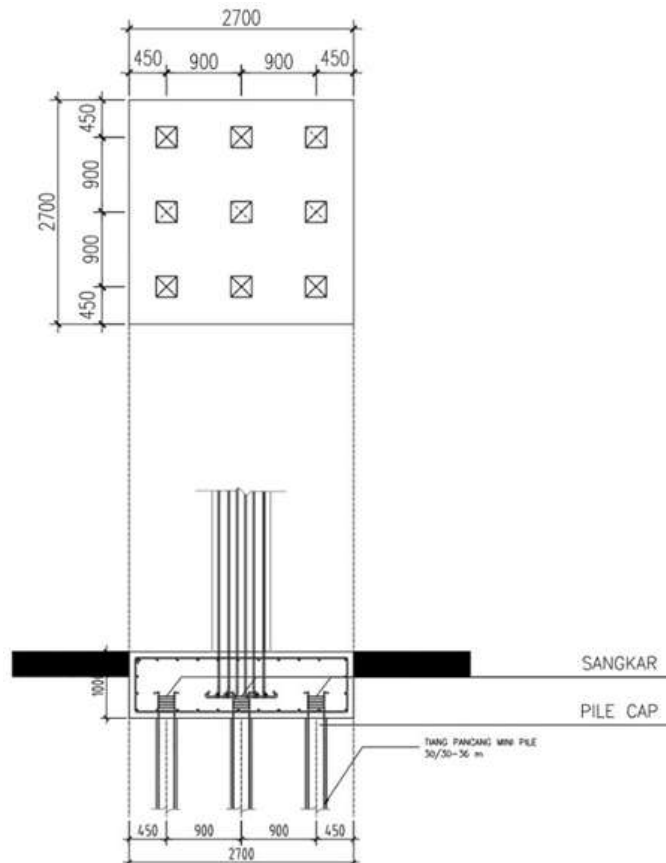
Penulangan kolom dirancang sebagai elemen struktur yang menerima kombinasi beban

aksial dan momen lentur. Kolom dengan dimensi 700 mm x 700 mm pada lantai 1 menerima beban aksial ultimate sebesar 4095,63 kN dan momen ultimate 388,33 kNm. Desain penulangan menggunakan diagram interaksi kolom dengan menghitung kondisi-kondisi kritis seperti kondisi aksial konsentris, kondisi balanced, dan kondisi aksial tertarik. Pada kondisi aksial konsentris diperoleh kapasitas aksial P_0 sebesar 11666,48 kN, sedangkan pada kondisi balanced diperoleh kapasitas P_b sebesar 4152,978 kN dengan momen M_b sebesar 1259,078 kNm. Berdasarkan analisis diagram interaksi, digunakan tulangan longitudinal 12D19 yang memberikan luas tulangan total 3400,62 mm² atau sekitar 0,7% dari luas penampang kolom. Tulangan sengkang untuk kolom dirancang dengan D10-150 mm yang memenuhi persyaratan pengekanan dan kapasitas geser.

Hasil Perencanaan Fondasi Tiang Pancang

Perencanaan fondasi dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi tanah lunak berdasarkan data penyelidikan tanah. Analisis daya dukung tiang pancang dilakukan menggunakan metode Meyerhoff berdasarkan data SPT dan sondir untuk berbagai ukuran tiang. Untuk tiang pancang ukuran 20 cm x 20 cm, daya dukung ultimat yang diperoleh berkisar antara nilai tertentu berdasarkan kedalaman penetrasi. Perhitungan juga dilakukan untuk tiang pancang ukuran 25 cm x 25 cm dan 30 cm x 30 cm untuk memperoleh alternatif dimensi yang optimal.

Konfigurasi kelompok tiang dirancang dengan memperhitungkan efisiensi kelompok menggunakan formula Converse-Labarre. Daya dukung kelompok tiang yang efektif lebih kecil dari penjumlahan daya dukung individual karena adanya efek kelompok. Pile cap dirancang sebagai struktur peralihan dengan dimensi yang memadai untuk mendistribusikan beban dari kolom ke tiang-tiang pancang. Perhitungan penulangan pile cap meliputi penulangan lentur dan kontrol geser dua arah (punching shear) untuk memastikan kapasitas yang memadai. Beban maksimum pada setiap tiang dalam kelompok dihitung dengan memperhitungkan eksentrisitas beban akibat momen yang bekerja, dan dikontrol tidak melebihi daya dukung ijin tiang.



Gambar 3. Gambar Detail Fondasi

KESIMPULAN

Perencanaan struktur gedung perkantoran tujuh lantai dengan sistem beton bertulang tahan gempa telah dilakukan sesuai dengan ketentuan SNI 2847-2013 dan SNI 1726-2012. Berdasarkan hasil preliminary design dan analisis struktur menggunakan ETABS, dimensi elemen struktur yang digunakan meliputi pelat lantai dengan tebal 120 mm, balok induk dengan dimensi 350 mm x 700 mm, balok anak 250 mm x 500 mm, dan kolom 500 mm x 500 mm hingga 700 mm x 700 mm yang telah memenuhi persyaratan kekuatan dan kekakuan. Parameter gempa untuk wilayah Pontianak menunjukkan nilai SDS sebesar 0,417 dan SD1 sebesar 0,117 dengan klasifikasi tanah lunak (SE), sehingga struktur dikategorikan dalam kategori desain seismik C.

Penulangan elemen struktur yang dirancang mampu menahan kombinasi beban gravitasi dan beban gempa, dengan balok menggunakan tulangan lentur 5D19 pada tumpuan dan 4D19 pada lapangan, serta tulangan geser berupa sengkang D12-200 mm. Kolom dirancang dengan tulangan longitudinal 12D19 dan sengkang D10-150 mm yang memenuhi persyaratan strong column weak beam sesuai filosofi desain struktur tahan gempa. Fondasi tiang pancang direncanakan dengan memperhitungkan daya dukung tanah lunak menggunakan konfigurasi kelompok tiang yang efisien dengan pile cap sebagai struktur transisi. Analisis kinerja struktur menunjukkan bahwa simpangan antar lantai memenuhi batas layan yang dipersyaratkan, dan struktur mampu menahan beban gempa rencana secara aman.

Berdasarkan hasil perencanaan yang telah dilakukan, beberapa saran untuk penelitian selanjutnya maupun implementasi praktis dapat direkomendasikan. Perlu dilakukan analisis

lebih lanjut terhadap alternatif sistem struktur seperti sistem ganda dengan kombinasi rangka dan dinding geser untuk meningkatkan kekakuan lateral struktur, terutama pada bangunan dengan tingkat lebih tinggi. Evaluasi terhadap efek P-Delta dan analisis pushover dapat ditambahkan untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif tentang perilaku inelastis struktur saat terjadi gempa kuat.

Dalam pelaksanaan konstruksi, perlu diperhatikan aspek quality control material beton dan tulangan untuk memastikan mutu yang digunakan sesuai dengan spesifikasi perencanaan. Detail sambungan balok-kolom harus dilaksanakan dengan cermat mengikuti persyaratan pendetailan khusus untuk struktur tahan gempa, termasuk panjang penyaluran dan pengekangan pada daerah sendi plastis. Untuk kondisi tanah lunak, disarankan melakukan monitoring settlement struktur secara berkala selama masa konstruksi dan setelah bangunan beroperasi untuk memastikan penurunan yang terjadi masih dalam batas toleransi. Penelitian lanjutan dapat mengeksplorasi penggunaan material alternatif seperti beton mutu tinggi atau sistem pracetak untuk meningkatkan efisiensi waktu dan biaya konstruksi tanpa mengorbankan aspek keamanan struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Angglena, M., & Pandey, F. (2025). Pemetaan zona rawan gempa berdasarkan jejak historis gempa dan kerusakan infrastruktur. *Innovative: Journal of Social Science Research*, 5.
- Aprilia, S. N., & Tiarawat, F. (2023). Permasalahan urbanisasi dalam pembangunan ekonomi di Indonesia. *Working Papers*, 2008204086.
- Arifin, F. A. B., Restele, L. O., Harimudin, J., & Hadini, L. O. (2024). Distribusi spasial zona rawan kerusakan gempa berdasarkan hasil interpolasi menggunakan data mikrotremor. *JAGAT (Jurnal Geografi Aplikasi dan Teknologi)*, 8(2). <https://doi.org/10.33772/jagat.v8i2.47740>
- Carolyn, V., & Kurniati, E. (2025). Tantangan pembangunan perkotaan terhadap urbanisasi dan kemacetan di Jakarta: Analisis permasalahan dan solusi. *Jurnal Ilmu Ekonomi*, 4(1). <https://doi.org/10.59827/jie.v4i1.222>
- Febrian, R., Suyatno, R., Salsabila, S., Budiman, F., & Sudaryanto, S. (2025). Analisis spasial berbasis K-means clustering untuk identifikasi daerah rawan gempa berdasarkan data historis. *Cara Mengutip*, 1(1).
- Mantri, S. Y. Y., & Sutarman, T. (2015). Pemetaan daerah rawan gempa bumi berdasarkan data seismisitas di Kabupaten Jayapura. *Sains*, 15.
- Najmi, A. S., & Fitriyani, T. (2023). Permasalahan urbanisasi dalam pembangunan ekonomi di Indonesia. *Working Papers*, 2008204086.
- Zahroo, A. F. (2023). Tantangan pembangunan perkotaan terhadap urbanisasi, lingkungan, dan kemacetan di Jakarta: Analisis permasalahan dan solusi. *Jurnal Ilmu Ekonomi Terapan*, 1(2).
- Fitri, D. N. (2025). Piramida penduduk Kalimantan Barat: Struktur dan implikasinya terhadap pembangunan. *Ekodestinas*, 3(1), 17–26.
- Harita, H., Daeli, S. D., Zalukhu, M. H., & Zebua, D. (2024). Strategi pengelolaan risiko dalam konstruksi gedung tahan gempa di daerah rawan bencana. *Jurnal Ilmu Ekonomi, Pendidikan dan Teknik*, 1(2), 1–10.
- Lestianto, E. W. N. (2025). *Perancangan pengembangan pelabuhan utama Kota Sorong*:

Penerapan multi-hazard dalam pendekatan resilience architecture (Disertasi doctoral, Universitas Islam Indonesia).

- Pratama, S., Hidayat, M. T., & Wijaya, M. N. (2020). Studi alternatif perencanaan bangunan gedung laboratorium vokasi dan industri kreatif vokasi Universitas Brawijaya Kampus Dieng menggunakan struktur balok komposit (profil baja dan beton bertulang). *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, 1(2), 200–211.
- Putra, A. M., Noorhidana, V. A., & Isneini, M. (2020). Pengaruh penambahan serat baja terhadap kuat lentur balok beton bertulang pada beton mutu normal. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 8(2), 367–384.
- Sukirno, I. A., & Ihsanudin. (2025). Studi perbandingan kekuatan beton pracetak dan beton cor pada proyek gedung bertingkat. *Jurnal Bangunan Konstruksi (BARAKKA)*, 3(1), 122–127. <https://doi.org/10.63877/jbk.v3i1.110>
- Susilo, H., Prasetyo, Y., & Suryani, M. (2023). Perbandingan uji tekan pada beton dengan menggunakan sulfur capping (belerang) dan alat rubber capping (plat karet). *Indonesian Journal of Laboratory*, 3, 72. <https://doi.org/10.22146/ijl.v0i3.79601>
- Sutanto, F., Samsurizal, E., & Budi, G. S. (2014). Analisis perhitungan struktur bangunan gedung head office dan showroom Yamaha Pontianak. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 3(2). <https://doi.org/10.26418/jelast.v3i2.8824>



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License