

Evaluasi Sistem Struktur Tahan Gempa Pada Bangunan Strategis Layanan Akademik

Ashraf Dhowian Parabi ¹⁾, Arif Parabi²⁾, Yufiansyah³⁾, Rickhy Artha Octaviyana⁴⁾

¹⁾Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura

^{2,3)} Prorgam Studi Teknik Sipil Universitas Panca Bhakti

⁴⁾Departemen Teknik Informatika, Universitas Tanjungpura

*Koresponden email : parabi97@teknik.untan.ac.id

Diterima: 10 Desember 2024

Disetujui: 30 Desember 2024

ABSTRACT

According to the earthquake zoning map, Pontianak, the capital of West Kalimantan Province, is an area with a very low level of earthquake risk. Nevertheless, recent developments show that structural planning in low-earthquake-risk areas still needs to consider earthquake loads as part of a comprehensive design. This study examines the planning of earthquake-resistant structures in strategic buildings based on academic functions, with a case study of an educational building in an urban area. The planning of structural element dimensions refers to SNI 1726-2012 on earthquake resistance to ensure the building's ability to withstand a combination of dead, live, and earthquake loads. An analysis was carried out using the ETABS program to evaluate the efficiency of structural dimensions in withstanding the acting load. The results showed that although Pontianak's seismic risk is low, applying earthquake standards still results in efficient structural elements, meeting technical requirements, and increasing structural preparedness for potential dynamic loads. This study emphasizes the importance of integrating earthquake-resistant principles in strategic buildings, even in areas with low-risk zoning, as an anticipatory measure in disaster mitigation.

Keywords: Earthquake resistance, structure, etabs.

ABSTRAK

Pontianak, sebagai Ibu Kota Provinsi Kalimantan Barat, berdasarkan peta zonasi gempa termasuk wilayah dengan tingkat risiko gempa sangat rendah. Meskipun demikian, perkembangan terkini menunjukkan bahwa perencanaan struktur di daerah berisiko gempa rendah tetap perlu mempertimbangkan beban gempa sebagai bagian dari desain yang komprehensif. Penelitian ini mengkaji perencanaan struktur tahan gempa pada bangunan strategis berbasis fungsi akademik, dengan studi kasus pada suatu gedung pendidikan yang berlokasi di kawasan perkotaan. Perencanaan dimensi elemen struktur mengacu pada SNI 1726-2012 tentang ketahanan gempa untuk memastikan kemampuan bangunan dalam menahan kombinasi beban mati, hidup, dan gempa. Analisis dilakukan menggunakan program ETABS untuk mengevaluasi efisiensi dimensi struktur dalam menahan beban yang bekerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun risiko seismik di Pontianak rendah, penerapan standar gempa tetap menghasilkan elemen struktur yang efisien, memenuhi persyaratan teknis, dan meningkatkan kesiapsiagaan struktural terhadap potensi beban dinamik. Studi ini menegaskan pentingnya integrasi prinsip tahan gempa pada bangunan strategis, bahkan di wilayah dengan zonasi risiko rendah, sebagai langkah antisipatif dalam mitigasi bencana.

Kata Kunci: Tahan gempa, struktur, ETABS

PENDAHULUAN

Bangunan strategis berbasis fungsi akademik, seperti gedung rektorat, laboratorium, dan ruang kuliah, memegang peran kritis dalam mendukung aktivitas pendidikan, penelitian, dan pelayanan masyarakat di lingkungan perguruan tinggi. Di Kota Pontianak, Kalimantan Barat, pembangunan infrastruktur akademik yang tangguh terhadap gempa menjadi semakin relevan meskipun wilayah ini tergolong zona seismik rendah berdasarkan Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2020 [1]. Sebagai contoh, Universitas Panca Bhakti (UPB) Pontianak, yang berlokasi di jantung kota, tidak hanya berfungsi sebagai pusat akademik tetapi juga sebagai simbol ketahanan infrastruktur pendidikan. Pembangunan gedung strategis seperti Gedung Rektorat UPB harus mengintegrasikan sistem struktur tahan gempa untuk memastikan keselamatan pengguna, keberlanjutan operasional kampus, dan perlindungan aset intelektual, terutama dalam skenario bencana yang tidak terduga.

Meskipun risiko gempa di Pontianak dinilai rendah, penerapan standar desain tahan gempa pada bangunan akademik tetap menjadi kebutuhan mendesak. Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726:2019 [2] menegaskan bahwa semua bangunan gedung, termasuk yang berada di zona seismik rendah, wajib memenuhi kriteria ketahanan gempa minimal. Hal ini sejalan dengan rekomendasi Federal Emergency Management Agency (FEMA) [3] yang menekankan pentingnya antisipasi risiko gempa jangka panjang, terutama untuk bangunan strategis yang melayani fungsi publik. Pada kasus Gedung Rektorat UPB, material beton bertulang dipilih sebagai solusi struktural utama karena kemampuannya dalam menahan beban kombinasi (mati, hidup, dan gempa) serta fleksibilitasnya dalam memenuhi kebutuhan desain ruang multifungsi [4].

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja sistem struktur tahan gempa pada Gedung Rektorat UPB menggunakan analisis numerik berbasis software ETABS v19. Fokus utama adalah menguji efisiensi dimensi elemen struktur (balok, kolom, dan pelat) dalam menahan beban gempa sesuai SNI 1726:2019 [2] serta memberikan rekomendasi desain yang optimal. Studi ini menjawab pertanyaan: Bagaimana sistem struktur tahan gempa dapat diimplementasikan secara efektif pada bangunan akademik di zona seismik rendah seperti Pontianak. Hasil evaluasi diharapkan menjadi acuan bagi pengembangan infrastruktur kampus yang aman, berkelanjutan, dan responsif terhadap dinamika lingkungan.

METODE PENELITIAN

1. Gambaran Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Gedung Rektorat Universitas Panca Bhakti, sebuah bangunan strategis berbasis fungsi akademik yang berlokasi di Kota Pontianak, Kalimantan Barat. Gedung ini memiliki dimensi panjang 43,2 meter, lebar 18 meter, dan tinggi total 28 meter dengan tujuh lantai. Setiap lantai memiliki tinggi 4 meter, dirancang sebagai gedung perkantoran untuk mendukung aktivitas administratif dan akademik kampus. Lokasi penelitian berada di lingkungan kampus yang terintegrasi dengan masyarakat sekitar, sehingga aspek ketahanan struktural dan keamanan menjadi prioritas utama

2. Subjek Penelitian

Subjek penelitian mencakup sistem struktur beton bertulang Gedung Rektorat Universitas Panca Bhakti, meliputi elemen-elemen struktural utama seperti pelat, balok, kolom, tangga, lift, dan fondasi. Material yang digunakan adalah beton dengan mutu $f_c' = 25$ MPa dan baja tulangan ulir ($f_y = 400$ MPa) serta polos ($f_y = 390$ MPa). Fokus penelitian terletak pada kemampuan elemen-elemen tersebut dalam memikul

kombinasi beban mati, hidup, dan gempa sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI 1726-2012 dan SNI 2847-2013).

3. Jenis dan Desain Penelitian

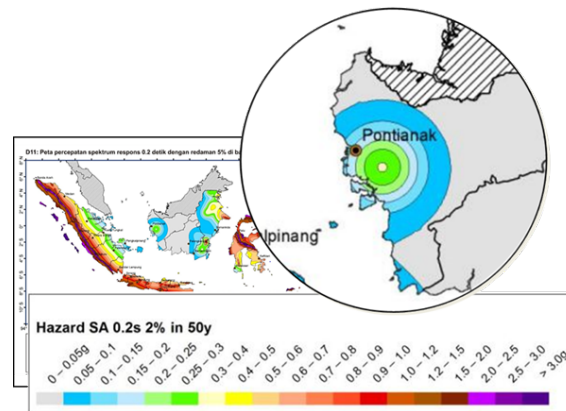
Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-analitis dengan desain terapan (applied research) di bidang teknik sipil. Tahapan penelitian dimulai dari perencanaan pendahuluan dimensi struktur (pelat, balok, kolom) secara manual berdasarkan SNI, dilanjutkan dengan pemodelan struktur menggunakan program komputer (seperti ETABS) untuk analisis beban dan gaya dalam. Desain penelitian mengikuti diagram alir sistematis yang mencakup pengumpulan data arsitektural, pemodelan, analisis beban, kontrol dimensi, desain tulangan, hingga penyusunan laporan akhir.

4. Instrumen Penelitian

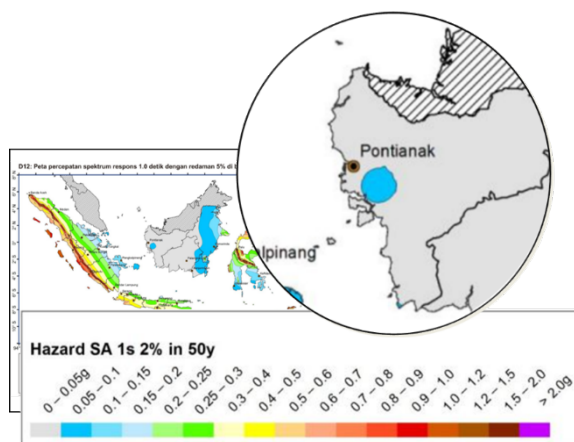
Instrumen utama yang digunakan meliputi program analisis struktur (ETABS) untuk simulasi numerik, standar SNI 1726-2012 (ketahanan gempa), SNI 2847-2013 (persyaratan beton bertulang), dan SNI 1727-2013 (pembebanan gedung), serta data sekunder berupa gambar arsitektur dan hasil penyelidikan tanah. Diagram alir penelitian berfungsi sebagai panduan operasional untuk memastikan konsistensi tahapan, mulai dari pengumpulan data hingga penyusunan laporan akhir.

Tabel 1. Kombinasi Pembebanan

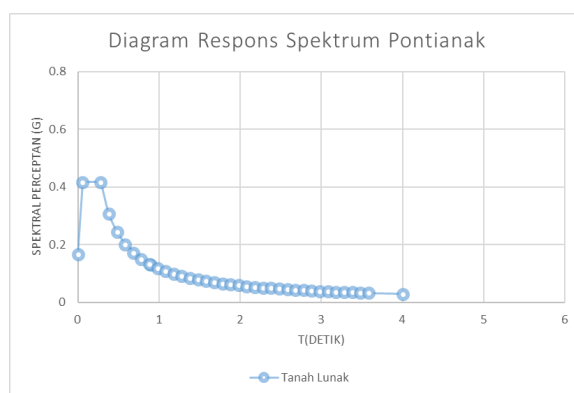
Nama Kombinasi	Kombinasi Pembebanan	Jenis Kombinasi
Kombinasi 1	1,4 D + 1,4 SW	Kombinasi Pembebanan tetap (akibat beban mati dan hidup)
Kombinasi 2	1,2 D + 1,2 SW + 1,6 L	
Kombinasi 3	1,2D + 1,2SW + 0,5L + 1EQx	Kombinasi Pembebanan sementara (akibat beban mati, hidup, dan gempa statis)
Kombinasi 4	1,2D + 1,2SW + 0,5L - 1EQx	
Kombinasi 5	1,2D + 1,2SW + 0,5L + 1EQy	
Kombinasi 6	1,2D + 1,2SW + 0,5L - 1EQy	Kombinasi pembebanan sementara (akibat beban mati, hidup, dan gempa dinamis respons spektrum)
Kombinasi 7	1,2D + 1,2SW + 0,5L + 1RSPx	
Kombinasi 8	1,2D + 1,2SW + 0,5L - 1RSPx	
Kombinasi 9	1,2D + 1,2SW + 0,5L + 1RSPy	
Kombinasi 10	1,2D + 1,2SW + 0,5L - 1RSPy	



Gambar 1. Peta Percepatan Spektrum Respons 0,2 Detik



Gambar 2. Peta Percepatan Spektrum Respons 1,0 Detik



Gambar 3. Diagram Respons Spektrum Pontianak

Tabel 2. Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,00
III	1,25
IV	1,50

Tabel 3. Koefisien Situs F_v

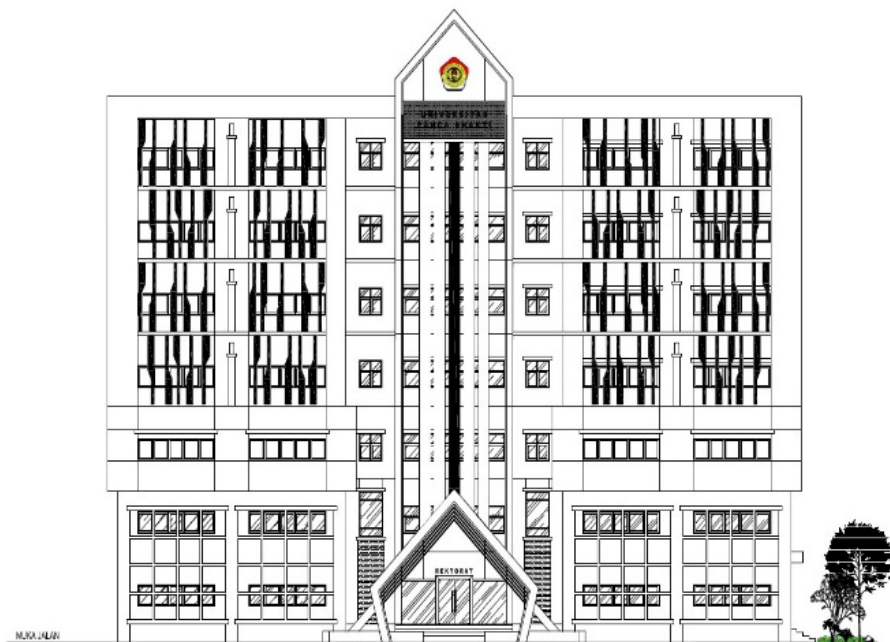
Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$S1 \leq 0,25$	$S1 = 0,5$	$S1 = 0,75$	$S1 = 1,0$	$S1 \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF			SSb		

Tabel 4. Koefisien Situs F_a

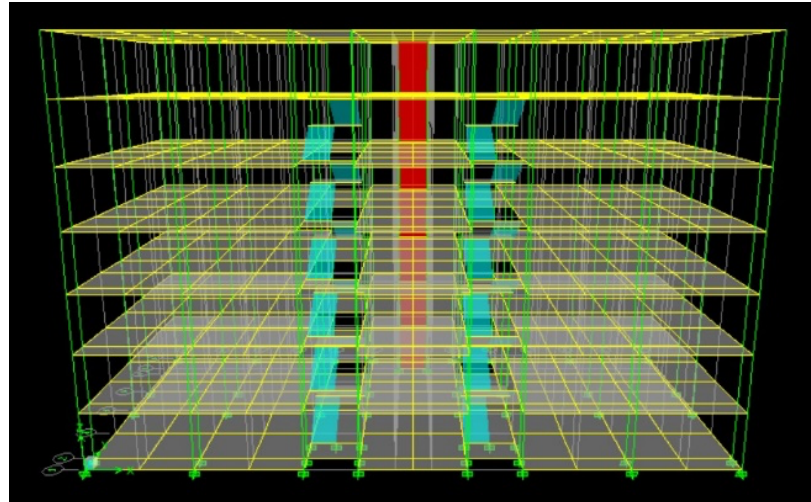
Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCEr) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$S1 \leq 0,1$	$S1 = 0,2$	$S1 = 0,3$	$S1 = 0,4$	$S1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SSb				

5. Teknik Analisis Data

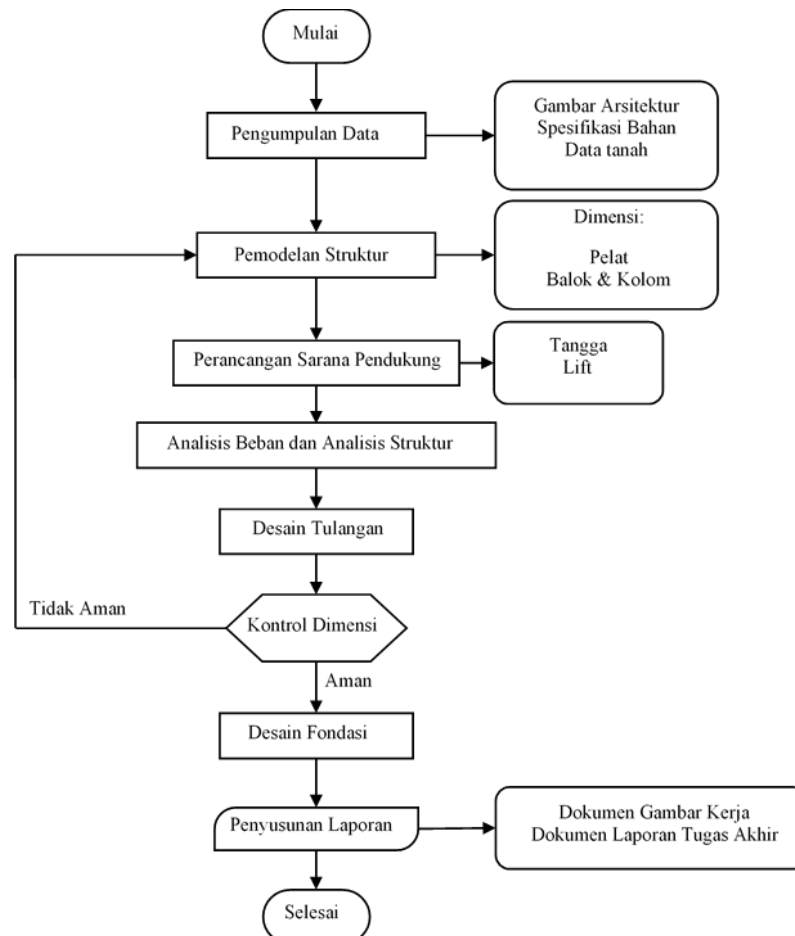
Tahapan analisis data dilakukan melalui simulasi berbantuan komputer. Pertama, pemodelan struktur 3D gedung dibuat berdasarkan denah dan dimensi yang telah direncanakan. Selanjutnya, beban statis (mati dan hidup) serta dinamik (gempa dan angin) diterapkan sesuai spektrum respons seismik Pontianak dan SNI 1727-2013. Program komputer digunakan untuk menghitung gaya dalam (momen, geser, aksial) pada setiap elemen struktur. Hasil simulasi divalidasi dengan memeriksa kesesuaian dimensi dan tulangan terhadap kriteria keamanan SNI. Jika ditemukan ketidakamanan, iterasi desain dilakukan hingga seluruh elemen memenuhi syarat. Hasil akhir dituangkan dalam dokumen gambar kerja dan laporan teknis yang mendetail.



Gambar 1. Tampak Bangunan



Gambar 2. Pemodelan Menggunakan Program Analisa Struktur



Gambar 3. Diagram Alir Perencanaan Struktur

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis perhitungan penulangan struktur utama Gedung Rektorat Universitas Panca Bhakti Pontianak, diperoleh hasil desain tulangan yang memenuhi standar SNI 2847-2013 dan SNI 1726-2012. Untuk pelat lantai tipikal, kebutuhan tulangan dihitung menggunakan wiremesh M8-150 mm pada area lapangan dan tumpuan, dengan rasio tulangan aktual (ρ_{aktual}) sebesar 0,0030, melebihi ρ_{min} (0,0028) namun masih di bawah ρ_{max} (0,014). Simulasi ETABS menunjukkan momen rencana lapangan ($M_u = 13,178 \text{ kNm}$) dan tumpuan ($M_u = 11,8 \text{ kNm}$) terpenuhi oleh kapasitas tulangan yang dipasang.

Pada balok induk, penulangan lentur di area tumpuan menggunakan 5D19 ($A_{s\text{ada}} = 1.416,925 \text{ mm}^2$) mampu menahan momen ultimit ($M_u = 26.550,31 \text{ kgm}$) dengan kapasitas $\Phi M_n = 29.907,606 \text{ kgm}$, melebihi kebutuhan. Di area lapangan, tulangan 4D19 ($A_{s\text{ada}} = 1.133,54 \text{ mm}^2$) memenuhi momen ultimit ($M_u = 23.139,72 \text{ kgm}$) dengan $\Phi M_n = 24.221,704 \text{ kgm}$. Analisis geser menggunakan sengkang $\phi 12-250 \text{ mm}$ juga memastikan kekuatan geser balok ($\phi V_n = 118.424,138 \text{ kg}$) lebih besar dari geser ultimit ($V_u = 16.862,3 \text{ kg}$).

Untuk kolom, penulangan utama 12D19 ($A_s = 3.400,62 \text{ mm}^2$) memenuhi rasio tulangan minimum 1% (4.900 mm^2). Hasil diagram interaksi kolom menunjukkan kapasitas aksial ($P_n = 5.850,9 \text{ kN}$) dan momen ($M_n = 862,826 \text{ kNm}$) mampu menahan beban ultimit ($P_u = 4.095,63 \text{ kN}$ dan $M_u = 388,33 \text{ kNm}$). Sengkang $\phi 10-150 \text{ mm}$ memastikan kekuatan geser kolom ($\phi V_c = 288,211 \text{ kN}$) melebihi geser ultimit ($V_u = 236,36 \text{ kN}$).

Pada pelat tangga dan bordes, tulangan $\phi 12-150 \text{ mm}$ dipasang untuk menahan momen ultimit lapangan ($M_u = 8,22 \text{ kNm}$) dan tumpuan ($M_u = 11,06 \text{ kNm}$), dengan ρ_{min} (0,0058) sebagai acuan. Hasil simulasi ETABS dan perhitungan manual menunjukkan semua elemen memenuhi kriteria kinerja batas layan, termasuk simpangan antar lantai yang berada di bawah batas izin (80–90 mm).

Desain tulangan yang dihasilkan menunjukkan integrasi efektif antara analisis komputasi (ETABS) dan verifikasi manual sesuai SNI. Penggunaan wiremesh M8-150 mm pada pelat dan tulangan D19 pada balok-kolom memastikan efisiensi material tanpa mengorbankan keamanan struktur. Kesesuaian antara periode fundamental struktur hasil analisis Rayleigh ($T_{\text{Rayleigh}} = 1,036 \text{ detik}$) dan ETABS ($T_c = 0,888 \text{ detik}$) mengonfirmasi konsistensi respons dinamik. Hasil ini menegaskan bahwa struktur mampu menahan kombinasi beban mati, hidup, gempa, dan angin, sekaligus memenuhi persyaratan ketahanan gempa meski berada di zona seismik rendah. Implementasi sengkang $\phi 10-150 \text{ mm}$ pada kolom dan balok juga memperkuat ketahanan terhadap geser dan puntir, menjadikan desain ini layak secara teknis dan konstruktif.

Sedangkan, Desain pondasi tiang pancang mengintegrasikan data tanah (SPT) dan analisis struktural secara komprehensif. Penggunaan 16 tiang per kelompok dengan dimensi $30 \times 30 \text{ cm}$ dan jarak spasi 90 cm (3D) memastikan distribusi beban optimal serta menghindari interferensi antar tiang. Efisiensi kelompok tiang (69,2%) menunjukkan pengaruh tata letak terhadap kapasitas keseluruhan, namun tetap aman untuk menahan beban layan. Ketebalan poer (0,8 m) dan penulangan D22-120 mm terbukti efektif menahan geser satu dan dua arah, dengan margin keamanan signifikan antara ϕV_c dan V_u . Rasio tulangan aktual ($\rho = 0,0052$) yang lebih tinggi dari ρ_{min} menjamin daktilitas struktur, sementara penggunaan beton mutu 25 MPa dan baja 400 MPa sesuai standar SNI. Hasil ini menegaskan bahwa desain pondasi tidak hanya memenuhi kebutuhan teknis, tetapi juga efisien dalam penggunaan material, menjadikannya layak untuk diterapkan pada bangunan strategis di wilayah Pontianak.

KESIMPULAN

Penelitian evaluasi struktur pada bangunan layanan akademik yaitu Gedung Rektorat Universitas Panca Bhakti Pontianak berhasil mencapai tujuan utamanya, yaitu merancang bangunan strategis tahan gempa yang efisien dan memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI 2847-2013 dan SNI 1726-2012), meskipun berada di zona seismik rendah. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem struktur beton bertulang dengan dimensi pelat 120 mm, balok induk 350/700 mm, kolom 700/700 mm, serta pondasi tiang pancang 30×30 cm (16 tiang per kelompok) mampu menahan kombinasi beban mati, hidup, dan gempa. Simpangan antar lantai maksimum (6,69 mm) berada di bawah batas ijin (80–90 mm), sementara kapasitas geser dan lentur elemen struktur serta daya dukung pondasi ($Q_{a\sim} = 42,784$ ton per tiang) memenuhi kriteria keamanan. Integrasi analisis manual dan simulasi ETABS memperkuat validitas desain, menegaskan bahwa struktur ini aman, ekonomis, dan siap diaplikasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2020. Jakarta: PUPR, 2020.
- [2] Badan Standardisasi Nasional (BSN), SNI 1726:2019: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung. Jakarta: BSN, 2019.
- [3] Federal Emergency Management Agency (FEMA), NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures, FEMA P-1050. Washington, D.C.: FEMA, 2015.
- [4] D. Saputra dan S. Nurhayati, "Optimasi desain beton bertulang pada bangunan pendidikan di zona seismik rendah," J. Tek. Sipil Lingkungan, vol. 9, no. 1, hlm. 45–60, 2021, doi: 10.14710/jtsl.9.1.45-60.
- [5] A. Asroni dan H. Wijaya, "Evaluasi kinerja struktur gedung pendidikan menggunakan ETABS: Studi kasus di wilayah Pontianak," dalam Pros. Semin. Nas. Tek. Sipil, vol. 5, no. 2, 2022, hlm. 112–125.
- [6] R. Fardiansyah dan H. Wijaya, "Pertimbangan desain seismik untuk infrastruktur akademik di zona risiko rendah," J. Rekayasa Sipil, vol. 8, no. 3, hlm. 210–225, 2020.
- [7] M. Riza, "Aplikasi Perencanaan Struktur Gedung dengan ETABS," Jakarta, ARS Group.
- [8] S. Tanjaya, "Perhitungan Konstruksi Gedung Kantor Sewa Lima Lantai di Pontianak," J. Rekayasa Sipil, <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/38930/75676584930>