

Studi Perencanaan Struktur Balok dan Kolom pada Rencana Gedung Fakultas Teknik UNIMUDA Sorong

Arsyi Qodriyanto¹, Andi Rahmat¹, Eko Tavip Maryanto^{1*}

¹Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong, Sorong, Indonesia

Email: ¹arsiyanto97@gmail.com, ²andirahmat@unimudasorong.ac.id,

^{3*}ekotavip@unimudasorong.ac.id

(* : coresponding author)

Abstrak– Fakultas Teknik di Universitas Muhammadiyah Sorong membutuhkan gedung baru karena meningkatnya aktivitas akademik dan meningkatnya permintaan akan ruang kelas, laboratorium, dan fasilitas pendukung. Karena kampus ini terletak di daerah rawan gempa, yang dipengaruhi oleh patahan Sorong dan zona seismik Papua, desain struktur bangunan harus mempertimbangkan ketahanan terhadap gempa. Studi ini mengusulkan desain gedung dengan sistem rangka tahan pemikul momen khusus (SRPMK) untuk memberikan duktilitas dan ketahanan terhadap beban lateral. Hasil analisis menunjukkan bahwa elemen struktural yang dibutuhkan adalah kolom dengan ukuran 100 cm × 100 cm dan balok dengan ukuran 70 cm × 100 cm.. Distribusi ruang gedung direncanakan berdasarkan elevasinya, serta rencana zonasi vertikal dan horizontal, untuk mengatur ruang di setiap lantai. Mengingat lokasi pembangunan berada di zona patahan Sorong dan hasil analisis menunjukkan bahwa struktur mampu memenuhi persyaratan kinerja gedung terhadap beban lateral maupun vertikal maka sistem SMRF dianggap solusi struktural paling cocok untuk Gedung Fakultas Teknik.

Kata Kunci: Ketahanan Gempa, Gedung Fakultas Teknik, Desain Struktur, Sistem Rangka Tahan Momen Khusus (SRPMK)

Abstract– The Faculty of Engineering at Universitas Muhammadiyah Sorong requires a new building due to increasing academic activities and the growing demand for classrooms, laboratories, and supporting facilities. Since the campus is located in a disaster-prone area influenced by the Sorong fault and the Papua seismic zone, the structural design of the building must incorporate earthquake resistance. This study proposes a building design utilizing a Special Moment Resisting Frame (SMRF) system to provide ductility and resistance against lateral loads. The analysis results indicate that the required structural elements consist of columns measuring 100 cm × 100 cm and beams measuring 70 cm × 100 cm. The spatial distribution of the building is planned based on its elevation, as well as vertical and horizontal zoning plans, to arrange the space on each floor. Considering that the construction site is situated within the Sorong fault zone and the analysis demonstrates that the structure successfully meets the building performance requirements for both lateral and vertical loads, the SMRF system is considered the most suitable structural solution for the Faculty of Engineering Building.

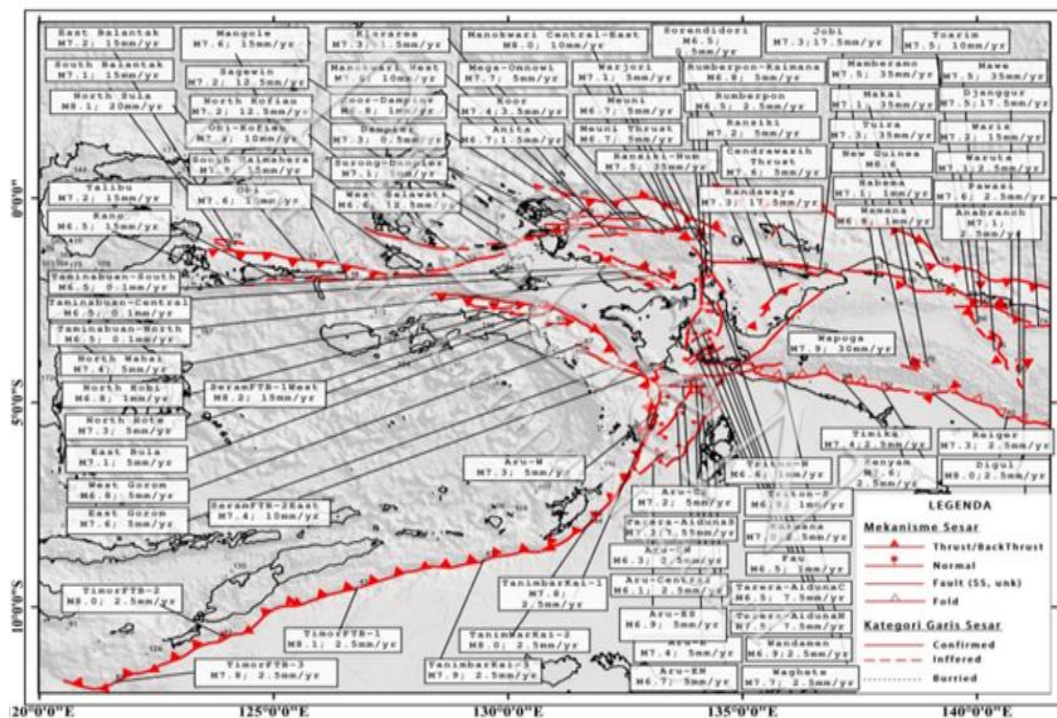
Keywords: Earthquake Resistance, Faculty Of Engineering Building, Structural Design, Special Moment Resisting Frame (SMRF)

1. PENDAHULUAN

Universitas Pendidikan Muhammadiyah (UNIMUDA) Sorong adalah salah satu Perguruan Tinggi Swasta milik Organisasi Muhammadiyah yang berdiri di Kabupaten Sorong Provinsi Papua Barat, Perguruan Tinggi yang memiliki tujuh (7) kelompok rumpun keilmuan dalam bentuk Fakultas dan salah satunya Fakultas Teknik. Kampus Unimuda Sorong memiliki 3 gedung utama sebagai fasilitas prasarana belajar, yaitu gedung K.H. Ahmad Dahlan, gedung Imas Mas Mansyur, dan gedung Drs. Malak yang digunakan sebagai fasilitas ruang perkuliahan, ruang praktek, ruang laboratorium, dan kantor. Akan tetapi gedung-gedung tersebut digunakan secara acak dan tidak terbagi berdasarkan fungsi pemakaiannya maupun berdasarkan program studinya, yang mengakibatkan ketidakberaturan dan mengalami kekurangan berbagai fasilitas utama maupun pendukung. Oleh sebab itu, sebagai upaya untuk memenuhi kebutuhan fasilitas yang ada, maka dilakukan studi perencanaan struktur gedung Fakultas Teknik Unimuda Sorong (Putranto et al. 2014).

Dalam perencanaan struktur gedung Fakultas Teknik Unimuda Sorong mengusung konsep bangunan tahan gempa sebagai usaha untuk memenuhi aspek keamanan sebab direncanakan pada wilayah yang memiliki resiko gempa. Hal ini dimaksudkan sebagai langkah untuk menjamin

keselamatan dan keamanan bagi pengguna di dalamnya, jika suatu saat akan terjadi bencana alam berupa gempa bumi maka bangunan tersebut dapat mempertahankan kemampuannya (Sirih 2020). Mempertimbangkan bahwa wilayah Sorong masuk dalam Zona Sesar Aktif di wilayah kegempaan Papua yaitu Sesar Kepala Burung dapat dilihat pada gambar 1, maka sewaktu-waktu gedung akan menerima guncangan pada saat terjadi gempa bumi yang tidak dapat diprediksi kapan waktu kejadiannya. Maka dalam penelitian ini direncanakan struktur gedung Fakultas Teknik dengan Sistem Rangka Pemikul Gaya Seismik yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (Balok 2020). Tujuan dari penelitian ini yaitu: merencanakan struktur gedung tahan gempa sesuai SNI 1726:2019; menghitung dimensi elemen struktur dan penulangan elemen struktur sesuai SNI 2847:2019; dan membuat gambar detail penulangan elemen struktur sesuai SNI 2847:2019 (Sni--2019). Pada penelitian ini tidak merencanakan anggaran biaya dan hanya meliputi dimensi kolom dan balok.



Gambar 1. Peta Sumber Gempa Indonesia: Wilayah Maluku-Papua Tahun 2017

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2019, struktur bangunan gedung wajib memiliki sistem yang mampu menahan gaya lateral maupun vertikal secara menyeluruh. Sistem tersebut harus memenuhi aspek kekuatan, kekakuan, serta kemampuan menyerap energi yang memadai agar bangunan dapat bertahan terhadap guncangan gempa sesuai parameter desain, tanpa melampaui batas deformasi yang telah ditetapkan. Analisis dinamik merupakan pendekatan perhitungan struktur yang mempertimbangkan pengaruh beban dinamis dan umumnya digunakan sebagai alat verifikasi terhadap hasil analisis awal yang telah dilakukan sebelumnya. Besarnya kekuatan gempa rencana ditentukan oleh periode ulang gempa yang digunakan, termasuk nilai percepatan tanah yang perlu diperhitungkan dalam perencanaan. Untuk bangunan pada umumnya, digunakan nilai probabilitas sebesar 10% terlampaui dalam kurun waktu masa layan bangunan selama 50 tahun, yang setara dengan periode ulang sekitar 475 tahun. Selain itu, kekuatan gempa rencana dapat direduksi hingga batas tertentu melalui penggunaan faktor reduksi gaya yang dikenal dengan istilah *force reduction factor* (R). Nilai – nilai terkait dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) SNI 2847:2019

Gaya atau Elelmen Struktur	Φ	Pengecualian
Momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial	0,65-0,90 Sesuai pasal 21.2.2 SNI 2847:2019	Di dekat ujung komponen pratarik (<i>pretension</i>) dimana strand belum sepenuhnya bekerja, ϕ harus sesuai dengan 21.2.3
Geser	0,75	Persyaratan tambahan untuk struktur tahan gempa terdapat pada 21.2.4
Torsi	0,75	-
Tumpu (<i>bearing</i>)	0,65	-
Zona angkur pascatarik (<i>post-tention</i>)	0,85	-
Bracket dan korbel	0,75	-

Tabel 2. (Lanjutan) Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ) SNI 2847:2019

Gaya atau Elelmen Struktur	Φ	Pengecualian
Strut, ties, zona nodal, dan daerah tumpuan yang dirancang dengan strut and-tie di Pasal 23	0,75	-
Komponen sambungan beton pracetak terkontrol leleh oleh elemen baja dalam tarik	0.90	-
Beton polos	0,60	-
Angkur dalam elemen beto	0,45 – 0,75 sesuai Pasal 17	-

2.2 Pembebanan Struktur

2.2.1 Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati (*dead load*) merupakan beban gravitasi yang ditimbulkan oleh berat bangunan berdasarkan jumlah elemen struktur yang ada pada bangunan, besar beban mati pada bangunan harus diperhitungkan secara detail sebab akan digunakan dalam analisa struktur bangunan tersebut.

2.2.2 Beban Hidup (*Life Load*)

Beban hidup ialah beban gravitasi yang diakibatkan oleh adanya aktivitas pada masa layan bangunan, beban hidup harus diperhitungkan dengan nilai beban maksimum pada saat masa layan berlangsung dan tidak diperkenankan lebih rendah dari beban merata minimum yang ditetapkan.

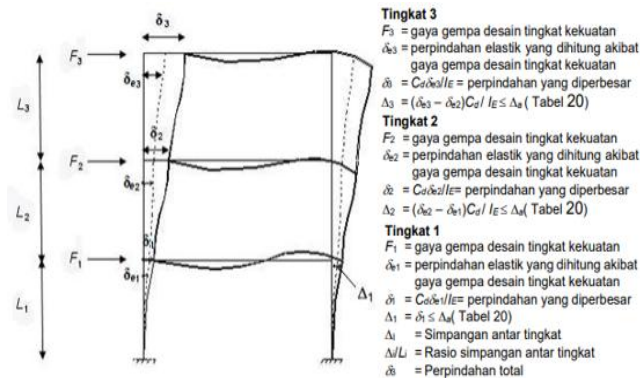
2.2.2 Beban Gempa (*Seismic Load*)

Beban gempa adalah beban yang timbul pada struktur bangunan gedung yang terjadi akibat gerakan pada lapisan tanah oleh fenomena gempa bumi dengan arah gaya bolak balik. Pada SNI 1726:2019 telah diatur mengenai pembebanan gempa di Indonesia, memuat persyaratan minimum mengenai beban dan kombinasinya yang harus digunakan pada perancangan struktur bangunan gedung tahan gempa. Pada analisa yang berkaitan terhadap beban gempa, masuk dalam beberapa poin yaitu: wilayah kegempaan Indonesia, kategori risiko bangunan, faktor keutamaan gempa, kategori desain, kombinasi sistem struktur, dan prosedur analisa (Penelitian et al. n.d.).

2.3 Analisis Spektrum Respons Ragam

2.3.1 Simpangan Antar Tingkat (Δ)

Dalam pasal 7.8.6. SNI 1726:2019, penentuan simpangan antar tingkat desain(Δ) harus dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau (dapat dilihat pada gambar 2.)



Gambar 2. Penentuan simpangan antar tingkat (Sumber : Gambar 10 SNI 1726:2019)

Tabel 3. Jenis jenis Database

Nama	Nomor	Field
MySQL	10	100
Oracle	15	130
Access	20	400

2.4 Sistem

2.4.1 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Berdasarkan ketentuan SNI, sistem struktur beton yang digunakan untuk menahan gaya seismik adalah sistem rangka, dimana elemen-elemen struktur beserta sambungannya bekerja menahan beban lateral melalui mekanisme lentur. Sistem ini diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). (Tampubolon n.d.).

2.4.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

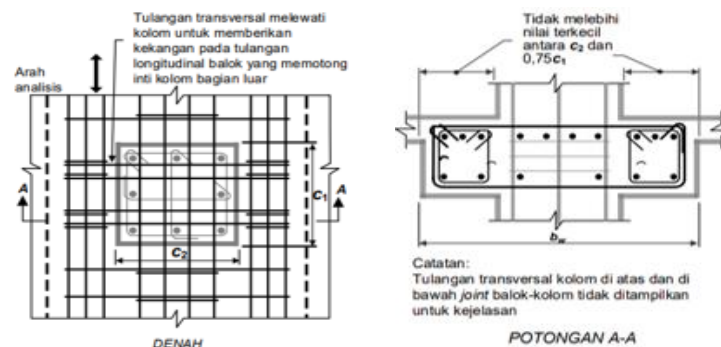
SNI 2847:2019 menetapkan bahwa bangunan yang termasuk dalam Kategori Desain Seismik (KDS) D,E, atau F berpotensi mengalami guncangan tanah yang cukup kuat. Oleh karena itu, sistem struktur beton pemikul gaya seismik yang dipersyaratkan untuk kategori ini adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Ketentuan ini diterapkan dengan tujuan agar struktur memiliki kapasitas deformasi yang cukup untuk menghadapi tuntutan seismik yang tinggi pada kategori desain tersebut. Nilai – nilai yang berkaitan dapat dilihat pada tabel 3. (Sni-- 2019).

Tabel 4. Bagian pasal 18 yang harus dipenuhi dalam penerapan pada umumnya

Komponen yang menahan pengaruh gempa, kecuali jika dinyatakan sebaliknya	Kategori Desain Seismik			
	A (Tidak ada)	B (18.2.1.3)	C (18.2.1.4)	D, E, F (18.2.1.5)
Ketentuan analisis dan perencanaan	Tidak ada	18.2.2	18.2.2	18.2.2, 18.2.4
Material		Tidak ada	Tidak ada	18.2.5 hingga 18.2.8
Elemen sistem rangka pemikul momen		18.3	18.4	18.6 hingga 18.9
Dinding struktur dan balok kopel		Tidak ada	Tidak ada	18.10
Dinding struktur pracetak		Tidak ada	18.5	18.5(2), 18.11

Diafragma dan rangka batang (trusses)	Tidak ada	Tidak ada	18.12
Fondasi	Tidak ada	Tidak ada	18.13
Elemen rangka pemikul momen yang tidak termasuk sistem pemikul gaya seismik	Tidak ada	Tidak ada	18.14
Angkur	Tidak ada	18.2.3	18.2.3

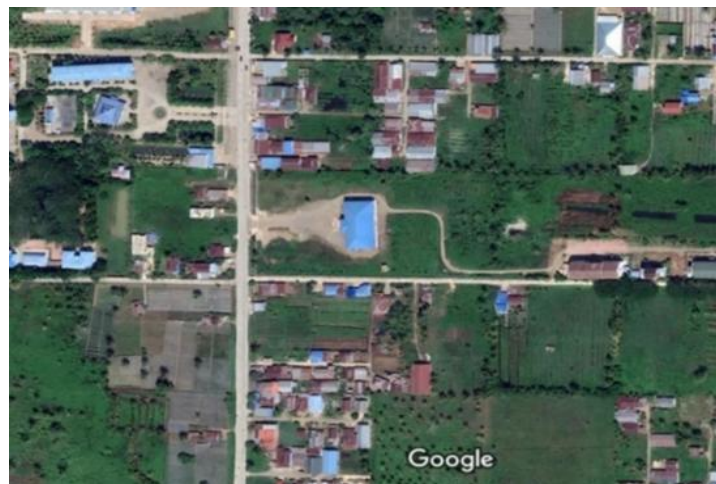
2.4.3 Dimensi Balok SRPMK



Gambar 3. Lebar Efektif Maksimum Balok Lebar (*Wide Beam*) Dipersyaratkan Tulangan Transversal (Sumber: Gambar R18.6.2 SNI 2847:2019)

2.5 Lokasi

Pada perencanaan struktur bangunan Gedung Fakultas Teknik tepat di belakang Gedung Pasca-Sarjana UNIMUA Sorong terletak di Jl. KH. Ahmad Dahlan No. 1 Mariat Pantai, Aimas, Kabupaten Sorong, Papua Barat Daya dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Peta Lokasi Perencanaan Gedung Fakultas Teknik

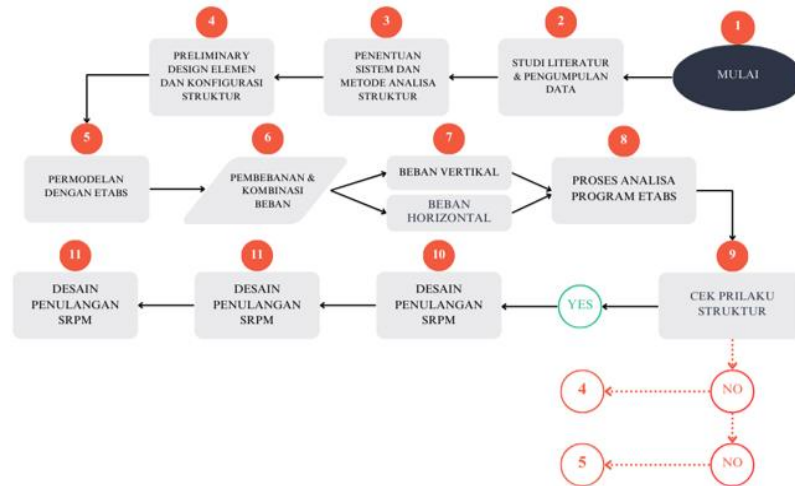
2.6 Metode Analisis Struktur

Metode yang digunakan ialah metode kuantitatif, yaitu melakukan perhitungan secara ilmiah menggunakan standar dan ketentuan yang berlaku dalam perencanaan struktur berupa data angka dan rumus aplikasi software *Etabs* v.19. Tahapan analisa struktur bangunan sebagai berikut:

1. Pengumpulan data, melakukan permodelan
2. Analisa struktur dan cek atau kontrol struktur
3. Menghasilkan output data dari hasil analisa struktur, dan
4. Pengolahan data output dalam perhitungan struktur.

2.7 Bagan Alir Penelitian

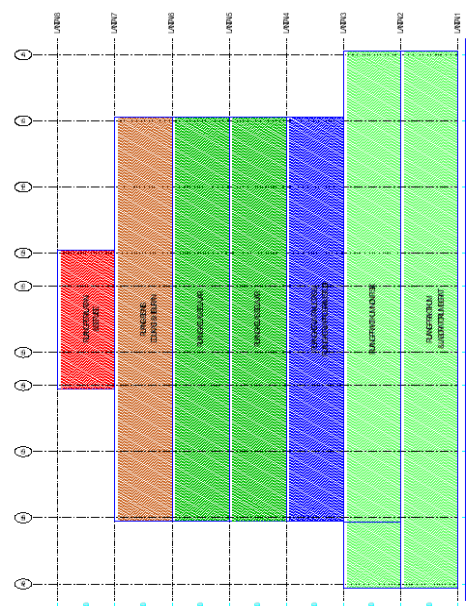
Bagan alir penelitian dapat dilihat pada gambar 5, dibawah ini.



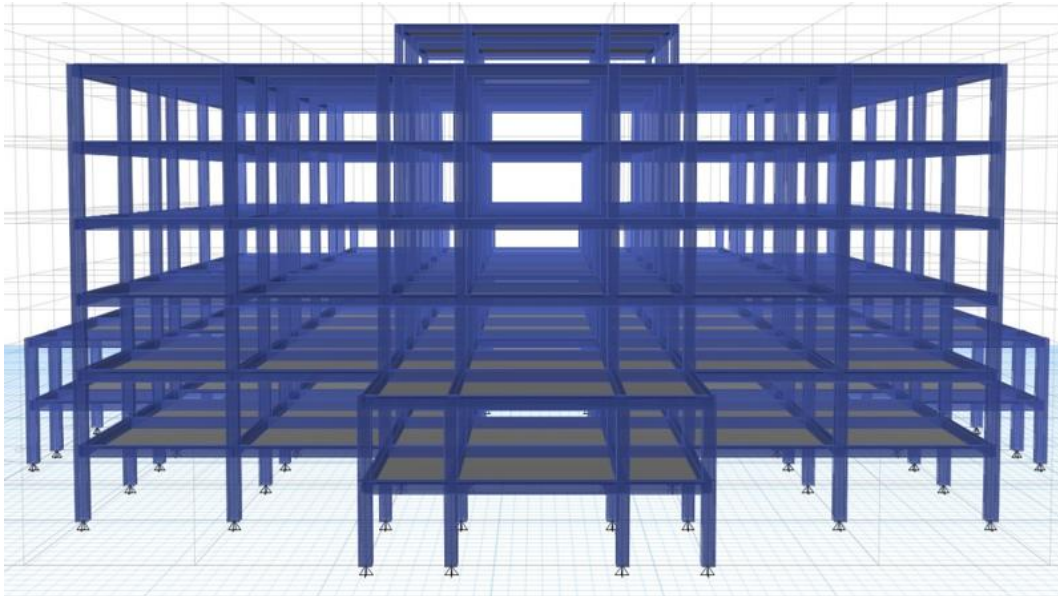
Gambar 5. Bagan Alir Penelitian

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada tahap perencanaan desain bangunan di lakukan studi literature maupun prakiraan kebutuhan akan ruang sebagai penentu untuk mengetahui hubungan antara susunan fungsi bangunan gedung dengan sistem struktur yang akan digunakan (Tampubolon n.d.). Hal ini dimaksudkan sebagai pembatas atau border fungsional dari perencanaan bangunan gedung untuk memberikan aksesibilitas tinggi antar zona lantai, memisahkan standar ruang dan fasilitas yang berbeda-beda, fleksibilitas dalam layanan perawatan, inspeksi, perbaikan dan pelaksanaan layan gedung. Pada gambar 6, dapat dilihat pembagian zonasi menurut elevasi bangunan yaitu pembagian fungsi lantai 1 dan lantai 2 bangunan sebagai ruang praktik dan laboratorium. Pengujian mutu konstruksi dilakukan dengan uji CBR desain atau kepadatan berat/batuan tanah. Pada gambar 7, dapat dilihat tampak depan dari perencanaan gedung.



Gambar 6. Set Elevation View - Zonasi Lantai



Gambar 7. Gambar Gedung Tampak Depan

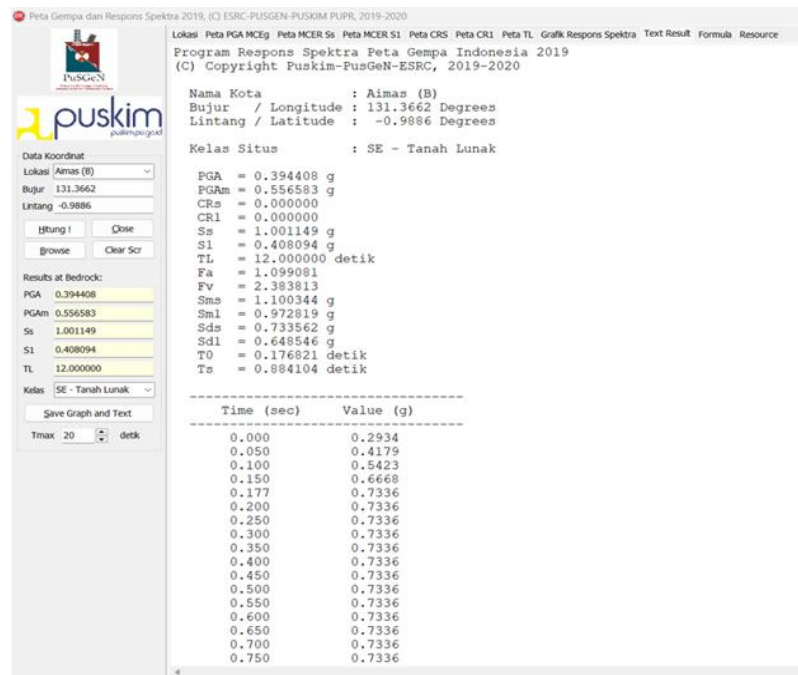
3.1 Analisis Beban Seismik

Pada perencanaan struktur gedung Fakultas Teknik menggunakan analisa beban gempa respon spectrum sesuai SNI 1726:2019, analisa gempa pada struktur bangunan dapat memperhitungkan keamanan dari bangunan berdasarkan target gempa yang mampu dilalui (Pratama et al. 2018).

3.1.1 Kategori Resiko Gempa

Tabel 5. Kategori Resiko Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Bangunan gedung dan non-gedung yang tergolong sebagai fasilitas esensial, mencakup namun tidak terbatas pada: - Bangunan - bangunan bersejarah dan monumental - Gedung sekolah dan sarana pendidikan - Tempat peribadatan - Rumah sakit dan fasilitas layanan kesehatan yang dilengkapi ruang operasi unit gawat darurat - Pos pemadam kebakaran, layanan ambulans, kantor kepolisian, dan fasilitas penyimpanan kendaraan darurat - Tempat evakuasi dari bencana gempa bumi, tsunami, angin kencang, dan bencana alam lainnya - Fasilitas penunjang kesiapsiagaan darurat, sistem komunikasi, pusat kendali operasi, serta sarana pendukung penanggulangan bencana - Instalasi pembangkit energi dan infrastruktur publik lainnya yang diperlukan saat kondisi darurat - Struktur pendukung tambahan Bangunan gedung dan non-gedung yang keberadaannya diperlukan untuk menjaga keberlangsungan fungsi bangunan lain yang masuk dalam kategori risiko IV.	IV



Gambar 8. Parameter Respon Spektral Desain

Dari lokasi perencanaan yang berada di Aimas-Unimuda Sorong dengan kelas situs tanah lunak didapat nilai percepatan batuan dasar pada periode pendek 0.2 detik $S_s = 1.00115$ g dan nilai percepatan batuan dasar pada periode 1 detik $S_1 = 0.40809$ g.

3.2 Data Perencanaan Balok

1. Geometri Balok

Lebar Balok	b	=	700	mm
Tinggi Balok	h	=	1000	mm
Panjang Balok	L	=	8000	mm
Selimut Bersih	c_c	=	40	mm
Panjang Kolom	c_1	=	1000	mm
Lebar Kolom	c_2	=	1000	mm

2. Material

Kuat Tekan Beton	f'_c	=	30	MPa
Kuat Leleh Baja Tulangan Longitudinal	f_y	=	420	MPa
Kuat Leleh Baja Tulangan Transversal	f_{yv}	=	420	MPa
Diameter Agregat		=	10	mm

3. Diameter Tulangan

Diameter Tulangan Longitudinal	d_b	=	16	mm
Diameter Tulangan Pinggang	d_{bt}	=	16	mm
Diameter Tulangan Sengkang	d_s	=	12	mm

4. Gaya Dalam

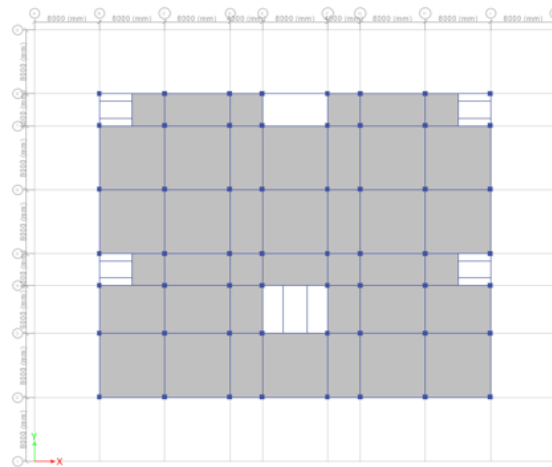
Momen Negatif Tumpuan	$M_{u,tum (-)}$	=	-1132.8485	kNm
Momen Positif Tumpuan	$M_{u,tum (+)}$	=	1002.9519	kNm
Momen Negatif Lapangan	$M_{u,lap (-)}$	=	-412.1205	kNm
Momen Positif Lapangan	$M_{u,lap (+)}$	=	552.282	kNm
Gaya Geser Tumpuan	$V_{u,tumpuan}$	=	950.92	kN
Gaya Geser Lapangan	$V_{u,lapangan}$	=	926.7656	kN
Gaya Geser Gravitasi Tumpuan	$V_{g,tumpuan}$	=	-313.8398	kN
Torsi	T_u	=	16.9458	kNm
Gaya Aksial	P_u	=	0	kN

3.3 Perencanaan Kolom

3.3.1 Pedoman Perhitungan Kolom

Dalam merencanakan plat lantai, pedoman yang dipakai adalah sebagai berikut:

1. SNI 1726-2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non Gedung
2. SNI 03-2847-2019 tentang tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung.



Gambar 9. Rencana Kolom yang Ditinjau

3.3.2 Data Perencanaan Kolom

1. Geometri Kolom

Sisi Pendek kolom	b	=	1000	mm
Sisi Panjang Kolom	h	=	1000	mm
Tinggi Kolom	L	=	4000	mm
Selimut Bersih	c_c	=	40	mm
Tinggi Balok	h_b	=	1000	mm
Tinggi Bersih Kolom	L_n	=	3000	mm

2. Material

Kuat Tekan Beton	f_c'	=	30	MPa
Kuat Leleh Baja Tulangan Longitudinal	f_y	=	420	MPa
Kuat Leleh Baja Tulangan Transversal	f_{yv}	=	420	MPa

3. Diameter Tulangan

Diameter Tulangan Longitudinal	d_b	=	19	mm
Diameter Tulangan Sengkang	d_s	=	13	mm

4. Gaya Dalam

Kondisi	P	MX	MY	Mu
	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
P Max	7119.4878	-1115.5998	-1186.84	1628.850
P Min	-1594.7101	12.2012	-518.2015	518.345
MX Max	-163.6669	1792.4716	577.4976	1883.204
MX Min	-163.3035	-1792.4716	577.3229	1883.151
MY Max	124.5064	-589.0527	1792.4716	1886.780
MY Min	-123.8769	-581.4696	-1792.4716	1884.426

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan, maka diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem struktur yang paling sesuai untuk digunakan pada perencanaan Gedung Fakultas Teknik adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sistem ini dipilih karena mampu memberikan daktilitas tinggi dan ketahanan terhadap beban gempa, mengingat lokasi pembangunan berada pada wilayah Sesar Sorong yang memiliki aktivitas seismik tinggi.
2. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur mampu memenuhi persyaratan kinerja gedung terhadap beban lateral maupun vertical, serta memenuhi persyarat simpangan antar tingkat izin dan tidak melewati batas maksimal P-Delta (Efek geometris non-linier)
3. Berdasarkan analisis pembebanan dan desain sesuai SNI 2847:2019, diperoleh dimensi elemen struktur yang memenuhi syarat kekuatan dan keamanan, yaitu:
 - a. Kolom utama (K1): 1000 mm × 1000 mm dengan tulangan pokok 15D19 dan sengkang 7D13–90 mm (tumpuan) serta 3D12–150 mm (lapangan).
 - b. Balok utama (B1): 700 mm × 1000 mm dengan tulangan pokok bervariasi sesuai kebutuhan momen di tumpuan dan lapangan, serta sengkang 3Ø12–90 mm (tumpuan) dan 3Ø12–150 mm (lapangan). Dimensi dan penulangan tersebut dinyatakan aman secara analitis terhadap kombinasi pembebanan gempa dan beban gravitasi.
4. Gambar detail penulangan kolom dan balok telah berhasil dibuat berdasarkan hasil desain. Detail struktur mengikuti ketentuan detailing daktilitas tinggi pada persyaratan sistem struktur SRPMK meliputi tulangan pokok, tulangan ekstra, jarak sengkang, dan konfigurasi penulangan pada daerah tumpuan dan lapangan.

4.2 Saran

1. Dalam perencanaan desain, disarankan untuk melakukan pengecekan **mutu material yang tersedia** (*stock availability*) pada lokasi rencana seperti beton mutu tinggi (ready mix; $f'c$ 30 - $f'c$ 45), untuk memastikan kesinambungan antara sumber daya material lokal dengan dengan spesifikasi desain.
2. Perhitungan struktur pada penelitian ini menggunakan beberapa asumsi pembebanan. Oleh karena itu, disarankan dilakukan input beban yang lebih spesifik dan dilakukannya **analisis struktur lanjutan** seperti *pushover analysis* atau *time-history analysis* untuk mendapatkan gambaran kinerja struktur secara lebih detail terhadap gempa besar.
3. Perencanaan ini hanya mencakup elemen utama berupa balok dan kolom. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan studi ini dengan menambahkan **analisis elemen struktur lainnya**, seperti pelat, tangga, pondasi, dan dinding geser, agar desain menjadi lebih komprehensif.
4. Desain struktur yang telah dihasilkan sebaiknya menjadi **acuan awal**, namun tetap perlu dikaji ulang oleh Konsultan Perencanaan Profesional yang memiliki akses data lapangan lebih lengkap, terutama data geoteknik dan kondisi tanah aktual.

REFERENCES

- Balok, Pelat. 2020. *Desain Dan Perencanaan*.
Penelitian, Pusat, Pengembangan Perumahan, Permukiman Badan Penelitian, Pengembangan Kementerian, Pekerjaan Umum, and Perumahan Rakyat. n.d. *PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA TAHUN 2017*.
- Pratama, Adhitya, Januar Oni, Bagus Amandani, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, and Universitas Diponegoro. 2018. "Perencanaan Struktur Gedung Kuliah Fakultas Ekonomi Unnes Semarang." 7:176–88.
- Putranto, E. K. A. Tofani, Pusat Vulkanologi, D. A. N. Mitigasi, and Bencana Geologi. 2014. "KATALOG GEMPABUMI MERUSAK DI INDONESIA TAHUN 1612 – 2014." 2014(57).
- Sirih, Kebon. 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--, Berdasarkan. 2019. *Beton Bertulang*.
Studi, Program, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, and Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. n.d. "No Title."
- Tampubolon, Sudarno P. n.d. *STRUKTUR BETON I*.
- Website, Telp Fax. 2019. "Perkembangan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi , Pemeliharaan Dan Penilaian Kelayakan Dan Bangunan Gedung Dan Nongedung Sebagai Revisi Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung ; (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun." (8).