

PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG UNIVERSITAS ADZKIA DI KOTA PADANG DENGAN SISTEM GANDA SNI GEMPA 1726:2019

(Dyla Midya Octavia, Barkhia Yunas, Mutia Alius, Wiwin Putri Zayu, Dwi Bagas Adanda, Dhea Gusmylta Putri)

PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG KANTOR UNIVERSITAS ADZKIA KOTA PADANG DENGAN SISTEM GANDA SESUAI SNI GEMPA 1726:2019

Dyla Midya Octavia¹, Barkhia Yunas^{2*}, Mutia Alius³, Wiwin Putri Zayu⁴, Dwi Bagas Adanda⁵, Dhea Gusmylta Putri⁶

^{1,2,4,5,6} Prodi Teknik Sipil, Universitas Adzkia, Kota Padang

³ Prodi Teknik Industri, Universitas Adzkia, Kota Padang

Jl. Taratak Paneh No. 7 Korong Gadang, Kalumbuk, Kec. Kuranji, Kota Padang, Sumatera Barat 25175

E-mail: dyla.mo@adzkia.ac.id¹, barkhiayunas@adzkia.ac.id^{2*}, mutiaalius.ti@adzkia.ac.id³,

wiwinpz.adzkia@gmail.com⁴

(*) Penulis Korespondensi

(Artikel dikirim: 01 Agustus 2025, Direvisi: 11 Agustus 2025, Diterima: 30 Agustus 2025)

DOI: <http://dx.doi.org/10.30742/axial.v13i2.4757>

ABSTRAK: Kota Padang merupakan wilayah dengan tingkat aktivitas seismik yang tinggi, sehingga memerlukan desain struktur bangunan yang adaptif dan andal terhadap beban gempa. Perancangan ini bertujuan merancang struktur Gedung Universitas Adzkia berlantai enam menggunakan Sistem Ganda sesuai ketentuan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019. Metodologi perancangan meliputi studi literatur untuk menentukan sistem struktur yang tepat, perencanaan awal (*preliminary design*), pemodelan 3D menggunakan *software* ETABS v.18 dengan penambahan elemen *shear wall*, serta analisis struktur terhadap kombinasi pembebanan mengacu pada ketentuan desain Sistem Ganda dan metode dinamik respons spektrum. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur memenuhi seluruh persyaratan desain gempa, dengan faktor koreksi skala terhadap gaya geser dinamis terhadap statis sebesar 1644,98 kN, partisipasi massa melebihi 90%, simpangan antar lantai di bawah batas 0,002h, serta stabil terhadap pengaruh efek *P-Delta*. Pada arah X, nilai *interstory drift ratio* (θ) tertinggi terjadi di lantai 3 sebesar 0,0177 rad dan terendah di atap sebesar 0,0022 rad, sedangkan pada arah Y, nilai tertinggi sebesar 0,0161 rad dan terendah 0,0116 rad. Seluruh nilai θ berada jauh di bawah batas 0,0909 rad ($<0,25$). Sistem Ganda yang diterapkan mampu memikul 26,24% gaya lateral gempa pada arah X dan 26,31% pada arah Y, melampaui syarat minimum 25%. Elemen struktur seperti balok, kolom, pelat lantai setebal 125 mm, dan *shear wall* setebal 300 mm dirancang sesuai standar kekuatan dan kekakuan sebesar 73,76% arah X dan 73,69% arah Y. Dengan demikian, penerapan Sistem Ganda pada Gedung kantor Universitas Adzkia terbukti efektif, aman, dan relevan untuk pengembangan desain bangunan tahan gempa khususnya Kota Padang.

KATA KUNCI : *bangunan tahan gempa, ETABS, perancangan gedung, SNI 1726:2019, sistem ganda*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat kerawanan gempa yang sangat tinggi karena letaknya berada pada jalur Cincin Api Pasifik. Kondisi geologis ini menyebabkan sering terjadinya gempa bumi dengan intensitas beragam yang berpotensi menimbulkan kerusakan serius terhadap infrastruktur, khususnya pada bangunan bertingkat tinggi. Salah satu jenis bangunan yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap gempa adalah gedung kantor program studi, administrasi dan ruang kelas, yang tidak hanya menjadi tempat berlangsungnya kegiatan akademik dan administrasi, tetapi juga berperan penting dalam menjaga keberlangsungan layanan pendidikan tinggi, khususnya di wilayah rawan gempa seperti Kota Padang. Oleh karena itu, perencanaan struktur bangunan gedung kantor

yang terdiri dari kantor program studi, administrasi dan ruang kelas harus mempertimbangkan aspek ketahanan terhadap gempa sebagai prioritas utama.

Dalam konteks ini, Sistem Ganda menjadi salah satu alternatif solusi struktural yang direkomendasikan oleh SNI 1726:2019 untuk perancangan struktur bangunan gedung tahan gempa. Sistem Ganda dirancang untuk memiliki daktilitas tinggi dan mampu menahan gaya lateral akibat gempa, dengan tetap mempertahankan stabilitas serta integritas struktural. Peraturan ini menekankan pentingnya pendekatan perancangan yang mampu menghadapi deformasi besar akibat beban gempa, sehingga struktur tetap berdiri dan melindungi penghuninya. Implementasi Sistem Ganda telah banyak diteliti pada gedung bertingkat delapan ke atas atau fasilitas vital,

namun masih sedikit kajian yang fokus pada penerapannya pada gedung bertingkat menengah di wilayah rawan gempa seperti Kota Padang.

Kota Padang sebagai salah satu kota besar di wilayah pesisir barat Sumatera memiliki tingkat aktivitas seismik yang tinggi sebesar 7,6 Skala Magnitudo. Kondisi ini menuntut diterapkannya pendekatan desain struktural yang adaptif dan sesuai dengan regulasi terbaru demi menjamin keamanan struktur bangunan gedung beserta penghuninya.

Rumusan masalah dalam perancangan ini adalah bagaimana merancang struktur gedung Universitas Adzkie berlantai enam di Kota Padang dengan yang terdiri dari kantor program studi, administrasi dan ruang kelas menggunakan Sistem Ganda sesuai SNI 1726:2019, serta apakah penerapan Sistem Ganda pada gedung bertingkat mampu menjamin ketahanan seismik dan stabilitas struktur di wilayah rawan gempa melalui analisis performa struktur terhadap beban gempa.

Perancangan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan desain struktur tahan gempa yang aplikatif dan berstandar nasional, khususnya untuk gedung kantor bertingkat menengah di kawasan rawan gempa. Pendekatan yang digunakan melibatkan analisis kebutuhan struktural, simulasi performa gedung terhadap beban gempa, serta optimasi desain dari sisi teknis. Kebaruan dari perancangan ini terletak pada fokus penerapan Sistem Ganda untuk gedung berlantai enam di Kota Padang yang masih jarang diteliti secara komprehensif.

2. METODE PERANCANGAN

Perancangan ini menggunakan pendekatan kuantitatif rekayasa yang bertujuan untuk merancang struktur gedung berlantai enam di Kota Padang menggunakan Sistem Ganda sesuai SNI Gempa 1726:2019. Metodologi yang diterapkan mencakup tahapan-tahapan teknis mulai dari kajian pustaka hingga analisis struktur kombinasi pembebanan.

2.1 Studi Literatur

Tahap awal dimulai dengan kajian literatur terhadap teori-teori dan standar yang relevan dalam perencanaan struktur gedung tahan gempa. Kajian mencakup prinsip desain Sistem Ganda, konsep daktilitas, aturan dalam SNI 1726:2019, serta analisis struktur yang berlaku di Indonesia.

2.2 Penentuan Sistem Struktur

Setelah studi literatur, sistem struktur dipilih berdasarkan performa seismik. Sistem Ganda

dipilih karena memiliki kemampuan daktilitas tinggi dan memenuhi syarat sistem struktur utama dalam desain tahan gempa. Pemilihan ini juga mempertimbangkan potensi penambahan *shear wall* dan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPMK) untuk memperkuat kekakuan lateral gedung.

2.3 Preliminary Design

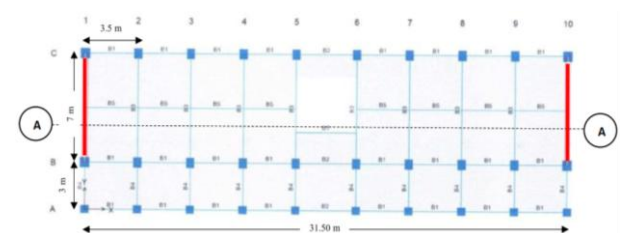
Perancangan awal (*preliminary design*) dilakukan untuk menetapkan perkiraan dimensi elemen struktur (balok, kolom, pelat, *shear wall*), jenis serta mutu material beton bertulang sesuai SNI. Tahap ini menghasilkan konfigurasi awal elemen struktural untuk pemodelan.

2.4 Pemodelan Struktur

Model struktur 3D dibuat menggunakan perangkat lunak ETABS. Model mencakup gedung kantor setinggi 22,2 meter (6 lantai) dengan *shear wall* tambahan pada sisi gedung. Beban gravitasi (beban mati dan beban hidup), beban lateral gempa, dan *response spectrum* sesuai zona seismik Kota Padang diinputkan ke dalam model.

Adapun data-data teknis perencanaan dalam perancangan ini sebagai berikut:

- a. Fungsi gedung : Perkantoran
- b. Jumlah Lantai : 6 Lantai
- c. Tinggi gedung : 22,2 m
- d. Jenis Struktur : Beton bertulang
- e. Mutu Beton (f'_c) : 30 MPa
- f. BV Beton : 24 kN/m³
- g. Modulus Elastisitas Beton : $4700\sqrt{f'_c}$ MPa
- h. Tegangan Leleh (F_y) : BJTS (420 MPa) dan BJTP (280 MPa)
- i. Modulus Elastisitas Baja : 200.000 MPa
- j. Ukuran Gedung : 31,50 m × 10 m



Gambar 1. Structural Layout
(Sumber: diolah peneliti)

Denah gedung yang akan dirancang dapat dilihat pada **Gambar 1**. *Shear wall* pada Gedung ini terletak pada titik kolom B ke C dengan panjang 7 m (tanda merah pada **Gambar 1**). Jarak antar kolom pada gedung ini adalah 3,5 m.

PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG UNIVERSITAS ADZKIA DI KOTA PADANG DENGAN SISTEM GANDA SNI GEMPA 1726:2019

(Dyla Midya Octavia, Barkhia Yunas, Mutia Alius, Wiwin Putri Zayu, Dwi Bagas Adanda, Dhea Gusmylta Putri)

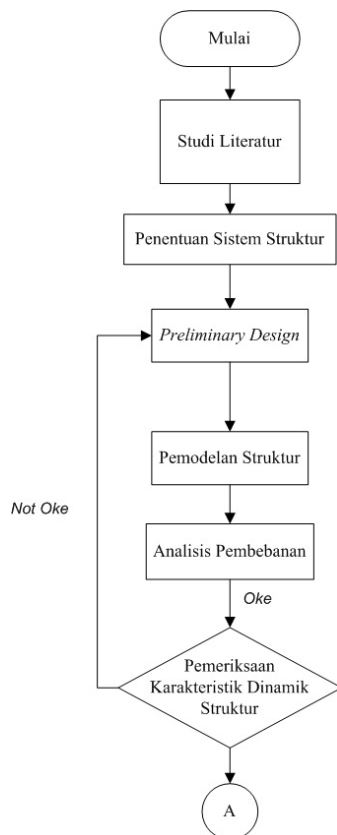
2.5 Tahapan Analisis

Analisis struktur dilakukan dalam tiga tahap utama:

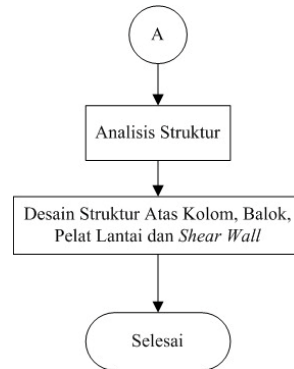
- Analisis Pertama: Mengevaluasi periode natural bangunan dan rasio partisipasi massa, serta memastikan sistem memenuhi syarat sistem bila diterapkan.
- Analisis Kedua: Menilai parameter keamanan struktur terhadap gempa seperti skala beban gempa, simpangan antar lantai (*inter-story drift*) dan pengaruh efek P-Delta.
- Analisis Ketiga: Menghitung gaya dalam struktur akibat kombinasi pembebanan sesuai dengan sistem Sistem Ganda dan ketentuan desain gempa pada SNI 1726: 2019.

2.6 Perencanaan Elemen Struktur

Berdasarkan hasil analisis, dilakukan perancangan elemen struktur atas seperti balok, kolom, pelat lantai dan dinding geser. Analisis elemen struktur ini diterapkan untuk menjamin performa daktilitas struktur saat terjadi gempa. Tahapan perancangan struktur gedung kantor Universitas Adzkia digambarkan dalam **Gambar 2 dan 3**.



Gambar 2. Tahapan Perancangan



Gambar 3. Tahapan Perancangan (Lanjutan)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penentuan Sistem struktur

Dalam merencanakan sistem struktur bangunan gedung, langkah awal yang krusial adalah mengidentifikasi Kategori Desain Seismik (KDS) berdasarkan kondisi seismik wilayah konstruksi. Penentuan kategori ini sangat mempengaruhi pendekatan perencanaan struktur yang akan diterapkan agar sesuai dengan karakteristik wilayah Kota Padang. Perencanaan struktur mengacu pada data KDS yang relevan untuk wilayah tersebut sesuai SNI 1726:2019. Penentuan KDS dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Penentuan KDS (*Parameter Respons Spektra Kota Padang*)

No	Data	Variabel	Nilai
1.	Kategori Resiko Gedung Perkantoran	K	II
2.	Faktor Keutamaan Gempa	I	1,5
3.	Parameter Percepatan Tanah (Ss, S1)		
	a. Percepatan Respon Spektral MCE dari Peta Gempa pada Periode Pendek	SS	1,125
	b. Percepatan Respon Spektral MCE dari Peta Gempa pada Periode 1 Detik	S1	0,5737
4.	Kelas Lokasi/ Klasifikasi Situs	SC	Tanah Keras, Batuan Lunak
5.	Faktor Koefisien Situs (Fa, Fv)		
	a. Koefisien Situs untuk periode pendek	Fa	1,2
	b. Koefisien Situs untuk periode panjang	Fv	1,4

No	Data	Variabel	Nilai
6.	Parameter Respon Spektrum Percepatan (SMS dan SM1)		
a.	Percepatan Respon Spektral MCE Periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap kelas situs (SMS = Fa. Ss)	SMS	1,350
b.	Percepatan Respon Spektral MCE Periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap kelas situs (SMS = Fv. S1)	SM1	0,8031
7.	Parameter Percepatan Spektrum Desain (SDS,SD1)		
a.	Percepatan Respon Spektral Pada periode Pendek (SDS = 2/3 SMS)	SDS	0,90
b.	Percepatan Respon Spektral Pada periode 1 detik (SD1 = 2/3 SM1)	SD1	0,55
8.	Spektrum Respons Design		
a.	To = 0,2 SD1/ SDS	T0	0,12
b.	Ts = SD1/ SDS	Ts	0,61
9.	Seismic Design Category (KDS)		
a.	Based on the SDS Parameter	KDS	D
b.	Based on the SD1 Parameter	KDS	D

(Sumber : SNI 1726 : 2019)

Setelah memperoleh nilai KDS D, sistem struktur dapat ditentukan berdasarkan **Tabel 1** pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726:2019. Oleh karena itu, sistem struktur yang akan digunakan adalah Sistem Ganda.

3.2 Preliminary Design Struktur

Preliminary Design bertujuan menetapkan dimensi kolom, balok, pelat lantai, *shearwall* dan fondasi, dengan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847:2019 untuk Sistem Ganda.

3.2.1 Preliminary Design Kolom

Perhitungan dimensi kolom didasarkan pada pengaruh beban mati dan beban hidup pada struktur. Beban hidup dan beban mati harus memenuhi persyaratan (SNI 2847:2019):

$$P_u \leq 0,3 \cdot A_g \cdot f_c' \quad \dots (1)$$

Keterangan:

P_u : Beban aksial total yang ditahan kolom (kg)

A_g : Luas Penampang Kolom (mm^2)

f_c' : Kuat Tekan Beton (kg/mm^2)

Hasil perhitungan *preliminary design* kolom dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. *Preliminary Design* Kolom lantai 2 sampai lantai 6

No	Kolom	Lebar (b) mm	Tinggi (h) mm	Lantai
1.	K1	500	600	1 - 6
2.	K2	500	600	1 - 6
3.	KSW (kolom shear wall)	600	600	1 - 6

(Sumber : diolah peneliti)

3.2.2 Preliminary Design Balok

SNI 2847:2019 menetapkan batasan dimensi untuk elemen balok. Perencanaan dimensi awal yang diatur pada SNI 2847:2019 menetapkan batasan untuk tinggi dan lebar penampang balok. Syarat tinggi minimum untuk penampang balok dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Tinggi Minimum Balok Non Prategang

Kondisi Perletakan	Tinggi Minimum (h)
Perletakan Sederhana	L/16
Menerus Satu Sisi	L/18,5
Menerus Dua Sisi	L/21
Kantilever	L/8

(Sumber : SNI 2847:2019)

Desain untuk balok dibuat dengan membedakan desain balok utama dan balok tangga. Tinggi minimum balok untuk balok utama dihitung dengan menggunakan rumus berikut (SNI 2847:2019) :

$$\dots (2)$$

Untuk perhitungan tinggi minimum balok tangga menggunakan rumus berikut (SNI 2847:2019) :

$$h \geq \frac{1}{21} L, 5 \quad \dots (3)$$

Untuk lebar badan balok harus memenuhi syarat berikut (SNI 2847:2019):

$$\frac{1}{2} h \leq b_w \leq \frac{2}{3} \quad \dots (4)$$

Keterangan:

h : Tinggi Balok

b_w : Lebar Badan Balok

Adapun hasil dimensi dari *preliminary design* elemen balok diuraikan pada **Tabel 4**.

PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG UNIVERSITAS ADZKIA DI KOTA PADANG DENGAN SISTEM GANDA SNI GEMPA 1726:2019

(Dyla Midya Octavia, Barkhia Yunas, Mutia Alius, Wiwin Putri Zayu, Dwi Bagas Adanda, Dhea Gusmylta Putri)

Tabel 4. *Preliminary Design* Balok lantai 2 sampai 5

<i>Preliminary Design</i> Balok			
Balok	Lebar (b) (mm)	Tinggi (h) (mm)	Panjang (L) (mm)
B1	300	600	3500
B2	300	600	4000
B3	350	600	7000
B4	300	600	3000
B5	200	500	3500
BT (Balok Tangga)	200	500	4000

(Sumber: diolah peneliti)

3.2.3 Preliminary Design Pelat Lantai

Berdasarkan ketentuan SNI 2847:2019 pasal 8.3.1.2, hasil *preliminary design* menunjukkan bahwa pelat lantai gedung ini direncanakan dengan tebal pelat 125 mm, yang dipilih untuk memenuhi persyaratan kekuatan, kekakuan, serta ketahanan terhadap beban yang bekerja sesuai standar perencanaan beton bertulang.

3.2.4 Preliminary Design Dinding Geser

Menurut SNI 2847:2019, desain awal elemen dinding geser diatur pada pasal 11.3.1.1. Hasil dari desain awal elemen dinding geser memiliki ketebalan sebesar 300 mm yang ditunjukkan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. *Preliminary Design* Dinding Geser

No	Jenis Dinding Geser	Tebal (mm)
1	Dinding Geser (SHW 1)	300
2	Dinding Geser (SHW 2)	300

(Sumber : SNI 2847:2019)

3.3 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur dilakukan menggunakan program ETABS V.18 berdasarkan denah dan hasil perhitungan *preliminary design* sebelumnya.

3.3.1 Edit Story dan Grid System

Membuat *story* dan *grid* yang sesuai dengan denah gedung yang telah direncanakan adalah langkah pertama dalam proses pemodelan struktur menggunakan program ETABS V.18.

3.3.2 Define Material Properties

Tujuan dari *define material* adalah untuk menentukan jenis material yang akan digunakan dalam pemodelan struktur. Pada perancangan digunakan beton dengan mutu 30 Mpa.

3.3.3 Define Section Properties

Berdasarkan *preliminary design* yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya, elemen

struktur yang akan digunakan dalam pemodelan struktur didefinisikan dalam *Section Properties Definition*. Elemen struktur yang akan didefinisikan adalah *Frame Section*, *Slab Section* dan *Wall Section*.

Frame Section digunakan untuk mendefinisikan penampang berupa balok dan kolom berdasarkan Pasal 6.6.3.1.1 dalam SNI 2847:2019, data mengenai momen inersia dan luas penampang yang dapat diterima untuk analisis elastis dengan beban yang telah difaktorkan dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Momen Inersia Penampang yang Diizinkan

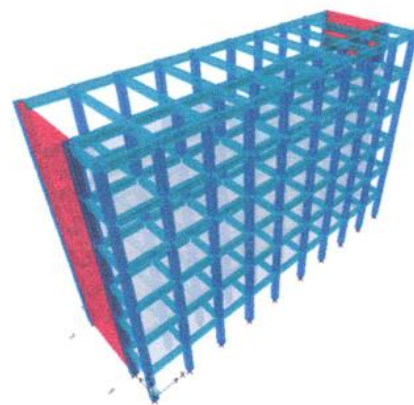
Bagian dan Kondisi	Momen Inersia	Luas Penampang
Kolom	0,70 I _g	1,0 A _g
Dinding Tidak retak	0,70 I _g	
Dinding Retak	0,35 I _g	
Balok	0,35 I _g	
Pelat datar dan slab datar	0,25 I _g	

(Sumber: SNI 2847 : 2019)

Momen inersia (**Tabel 6**) diinputkan pada *property/stifness modification factor* pada aplikasi ETABS.

3.4 Pemodelan Struktur pada Aplikasi Etabs (3D)

Setelah mendefinisikan *grid*, *story*, *material*, dan *section property* dalam program ETABS V.18.0.1 selesai, langkah selanjutnya yaitu memodelkan struktur sesuai denah yang direncanakan. Hasil pemodelan struktur untuk proyek akhir ini ditunjukkan dalam **Gambar 4** dan **5** yang menunjukkan denah struktur dan model struktur 3D.



Gambar 4. 3D Structural Model
(Sumber: diolah peneliti)

3.5 Analisis Pembebanan

3.5.1 Beban Hidup

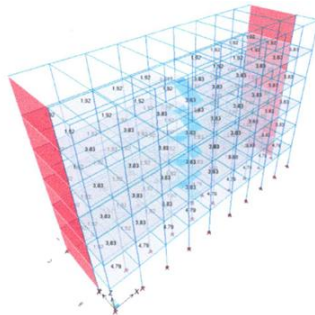
Berdasarkan ketentuan dalam SNI 1727:2020, beban hidup terdistribusi merata pada gedung kantor dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Beban hidup gedung kantor lantai

No	Ruangan	Beban (Q_i)	Satuan
1.	Ruang kantor, beban hidup lantai 2	1,96	kN/m ²
2	Koridor, beban hidup lantai 2	4,79	kN/m ²
3	Koridor, beban hidup lantai 3 sampai 6	3,83	kN/m ²
4	Tangga	4,79	kN/m ²

(Sumber: SNI 1727:2020)

Dari **Tabel 7** dilakukan input beban hidup pada program ETABS V.18 seperti pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Beban Hidup (LL) pelat lantai
(Sumber: diolah peneliti)

3.5.2 Beban Mati

Pada proses analisis pembebanan yang dihitung adalah beban mati tambahan (*Superimposed Dead Load/ SIDL*). Sementara itu, beban mati struktur telah dihitung secara otomatis oleh program ETABS V.18 berdasarkan data dimensi dan karakteristik material yang diinputkan dalam perencanaan. Beban mati tambahan mencakup beban mati pada balok, pelat lantai dan pelat tangga.

a) Beban Mati pada Balok

Perhitungan beban mati yang terdapat pada balok dapat dilihat pada **Tabel 8** dan **Tabel 9**.

Tabel 8. Beban mati pada balok

Balok Utama 400 mm × 600 mm				
No	Nama	Dimensi (m ²)	Berat Jenis (kN/m ³)	qu (kN/m)
B1	Tinggi Lantai	4,0		
	H Balok	0,6		
	Tinggi Dinding	3,7	2,5	9,25
Total				9,25

(Sumber: diolah peneliti)

Tabel 9. Beban mati pada balok tangga

Balok Tangga 200 mm × 500 mm				
No	Nama	Dimensi (m ²)	Berat Jenis (kN/m ³)	qu (kN/m)
1.	Tinggi Lantai	4,0		
2.	H Balok	0,5		
3.	Tinggi Dinding	3,5	2,5	8,75
Total				8,75

(Sumber: diolah peneliti)

b) Beban Mati pada Pelat Lantai

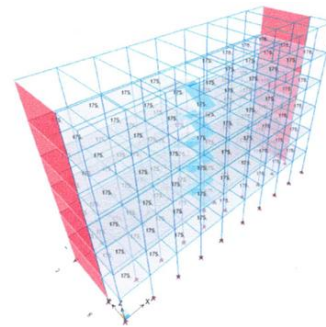
Beban mati pada pelat lantai timbul karena adanya berat spesi, instalasi *mechanical electrical plumbing* (MEP), plafon dan keramik. Data beban mati pada pelat lantai seperti pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Beban mati pada pelat lantai

No	Jenis Beban	Berat Jenis (kN/m ³)	Tebal (m)	qut (kN/m ²)
1.	BV Spesi	2200	0,02	0,44
2.	BV Plafon	20	1	0,2
3.	BV MEP	25	-	0,25
4.	BV Keramik	2400	0,01	0,24
Total				1,13

(Sumber: SNI 1727:2020)

Dari tabel diatas dapat dilihat penginputan beban mati pada balok, pelat lantai dan tangga pada program ETABS V.18 seperti **Gambar 6**.



Gambar 6. Beban Mati (DL) pada balok dan pelat lantai
(Sumber: diolah peneliti)

3.5.3 Beban Gempa

Beban gempa yang digunakan dalam perancangan ini ditentukan melalui analisis dinamis, yaitu analisis berdasarkan respons spektra. Berat bangunan memiliki hubungan langsung dengan besarnya beban gempa, karena beban gempa merupakan gaya inersia yang besarnya sebanding dengan massa (berat) bangunan. Semakin berat bangunan, semakin besar pula gaya inersia yang timbul akibat gerakan tanah saat gempa, sehingga beban yang

PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG UNIVERSITAS ADZKIA DI KOTA PADANG DENGAN SISTEM GANDA SNI GEMPA 1726:2019

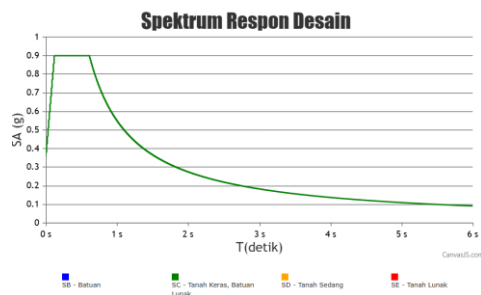
(Dyla Midya Octavia, Barkhia Yunas, Mutia Alius, Wiwin Putri Zayu, Dwi Bagas Adanda, Dhea Gusmylta Putri)

harus ditahan struktur juga semakin besar.

Parameter *respons* spektra yang diperoleh (Tabel 1) kemudian dimasukkan ke dalam program ETABS v.18 sebagai beban gempa, di mana besarnya gaya gempa ditentukan oleh berat total bangunan. Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.8, diperoleh massa struktur W sebesar 2117,232 ton dengan koefisien seismik $C_s = 0,125$. Dari hasil perhitungan, diperoleh *base shear* analisis statis adalah 2.586,35 kN, sedangkan *base shear* dari analisis *respons* spektra mencapai 5.462,88 kN.

Penentuan kelas situs tanah mengacu pada SNI 1726:2019, dengan kategori SC (tanah keras/batuan lunak) berdasarkan data PUSKIM (Respons Spektra Indonesia <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>) melalui koordinat lokasi perencanaan.

Selanjutnya, dengan merujuk pada parameter *respons* spektra tersebut, dihitung nilai periode getar struktur (T) dan *respons* spektra percepatan (S_a). Hasil perhitungan ini kemudian digunakan untuk menggambarkan grafik *respons* spektra, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Spectral Response Graph for Padang City

Grafik *respons* spektral untuk Kota Padang menunjukkan bahwa percepatan spektral (S_a) mencapai puncaknya sekitar 0,9 g pada periode getar $T \approx 0,2-0,3$ detik. Kondisi ini menggambarkan bahwa struktur dengan periode alami singkat, umumnya bangunan rendah dan kaku, akan mengalami percepatan maksimum akibat pengaruh gempa. Setelah melewati periode tersebut, nilai percepatan spektral menurun secara bertahap seiring bertambahnya periode. Hal ini terjadi karena pada bangunan dengan periode lebih panjang, *respons* gempa tidak lagi didominasi percepatan melainkan bergeser menjadi simpangan atau perpindahan, sehingga percepatan relatif yang diterima struktur semakin kecil. Dengan demikian, puncak pada grafik ini menunjukkan periode kritis yang perlu diperhatikan dalam perancangan struktur di Padang, karena

bangunan dengan periode alami pada kisaran tersebut akan menerima beban gempa terbesar.

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan di sumbu X (memanjang) adalah 4348,3 kN dan sumbu Y (melintang) adalah 2913,6 kN. Beban gempa yang dipikul *shear wall* pada sumbu X adalah 3207,2 kN dan dipikul rangka adalah 1141,1 kN. Sedangkan beban gempa yang dipikul *shear wall* pada sumbu Y adalah 2146,9 kN dan yang dipikul rangka adalah 766,7 kN.

3.6 Pemeriksaan Karakteristik Dinamik (Analisis Struktur)

Pemeriksaan karakteristik dinamik dilakukan dengan melakukan *running* pada aplikasi ETABS V.18. setelah semua beban diinputkan. Proses pengecekan karakteristik dinamik struktur yang dilakukan terbagi menjadi 3 tahap.

3.6.1 Pengecekan Pertama

Pengecekan pertama pada desain bertujuan untuk memeriksa parameter *mode shape*, partisipasi massa struktur serta pengecekan terhadap *frame* pemikul momen. Pada *frame* pemikul momen sendiri, *frame* harus mampu memikul minimal 25% gaya seismik desain yang bekerja pada struktur.

a. Pemeriksaan Mode Shape

Pemeriksaan bentuk mode (*mode shape*) dilakukan dengan menganalisis arah deformasi struktur pada setiap mode getar untuk menentukan apakah respon yang terjadi didominasi oleh translasi atau rotasi. Secara umum, *mode shape* pertama dan kedua memperlihatkan deformasi berupa translasi, sedangkan *mode shape* ketiga cenderung menunjukkan deformasi rotasi. Analisis dilakukan dengan mengacu pada nilai partisipasi massa struktur pada arah UX, UY, dan RZ (Tabel 11 dan 12). Apabila nilai UX dan UY lebih besar dibandingkan RZ, maka *mode shape* dikategorikan sebagai translasi. Sebaliknya, apabila nilai RZ lebih dominan dibandingkan UX dan UY, maka *mode shape* tersebut dikategorikan sebagai rotasi. Dalam hal ini, UX, UY, dan UZ menggambarkan komponen perpindahan translasi struktur masing-masing terhadap sumbu global X, Y, dan Z. Sedangkan RX, RY, dan RZ merepresentasikan komponen rotasi struktur terhadap sumbu global X, Y, dan Z. Dengan demikian, pemeriksaan bentuk mode dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai karakteristik dinamik struktur serta kontribusi masing-masing arah deformasi terhadap respon getar bangunan.

Tabel 11. Komponen Perpindahan Translasi Struktur pada sumbu UX, UY, UZ

Mode	Period	UX	UY	UZ
1.	0.754	69,44%	0,086%	0.0%
2.	0.704	0,129%	43,50 %	0.0%
3.	0.390	0.004%	29,92%	0.0%

(Sumber: diolah peneliti)

Tabel 12. Komponen Rotasi Struktur terhadap sumbu RX, RY, RZ

Mode	Period	RX	RY	RZ
1.	0.754	11.6%	57,20%	0.0%
2.	0.704	57,20%	11.6%	0.0%
3.	0.390	41.71%	0.0%	11.71%

(Sumber: diolah peneliti)

b. Pemeriksaan Partisipasi Massa Struktur Berdasarkan Pasal 7.9.1.1 SNI 1726:2019, partisipasi massa struktur yang diakumulasikan dari translasi arah X (sum UX) dengan persentase sebesar 90,35% pada *mode* 9, arah Y (sum UY) dengan persentase sebesar 90,78% pada *mode* 8 dan rotasi arah z (sum UZ) dengan persentase sebesar 91,84% pada *mode* 10. Meskipun demikian, partisipasi massa struktur diizinkan setidaknya sebesar 90% dari *massa* total struktur. Partisipasi massa struktur hampir mencapai 100% saat *mode shape* ke 100. Nilai partisipasi massa struktur tersebut terdapat pada **Tabel 13**.

Tabel 13. Partisipasi Massa Struktur

Mode	Period	SumUX	SumUY	SumRZ
1	0.754	69.44%	68.74%	0.00%
2	0.704	69.57%	68.76%	0.00%
3	0,390	69.57%	73.50%	0.00%
4	0.215	72.70%	75.90%	73.65%
5	0.201	80.25%	78.82%	75.44%
6	0.168	80.94%	84.07%	82.20%
7	0.148	87.65%	87.14%	86.30%
8	0.139	89,52%	90,78%	87.20%
9	0.135	90,35%	90,82%	87.20%
10	0.132	91.54%	92,47%	91,84%
98	0.03	99.43%	99.54%	98.73%
99	0.034	99.43%	99.54%	98.73%
100	0.033	99.43%	99.54%	98.73%

(Sumber: diolah peneliti)

c. Pemeriksaan Kontribusi Rangka: Minimum 25% Gaya Lateral

SNI 1729:2019 mensyaratkan bahwa rangka harus dapat memikul 25% gaya gempa yang terjadi. Hal ini dapat dihitung melalui penjumlahan *joint reaction* akibat beban gempa (respon spektrum). Gempa Arah X dapat ditentukan dengan gaya gempa (FX) rangka ditambahkan dengan berat *shear wall* sebesar 4348,3 kN dan gaya gempa (FX) *shear wall* adalah 3207,2 kN.

Tabel 14. Gaya Lateral yang Ditopang oleh Rangka

Direction	Location	Supported Forces (kN)	Shear Wall Percentage (%)	Frame Percentage (%)	Gaya Lateral >25%
X-100%	Shearwall	3207.2	73.76%	26.24%	ok
	Total	4348.3			
Y-100%	Shearwall	2146.9	73.69%	26.31%	ok
	Total	2913.9			

(Sumber : diolah peneliti)

Adapun gempa Arah Y dapat ditentukan dengan gaya gempa (FX) rangka ditambahkan dengan berat *shear wall* sebesar 2913,6 kN dan gaya gempa (FX) *shear wall* adalah 2146,9 kN. Dari data pada **Tabel 14**, dapat ditarik kesimpulan bahwa struktur telah memenuhi persyaratan. Dimana besar gaya lateral yang dipikul oleh *frame* telah melebihi 25%, yaitu sebesar 26.24% untuk arah X dan 26.31% untuk arah Y. Besar gaya gempa yang dipikul *shear wall* adalah 73,76% (arah X) dan 73,69% (arah Y), lebih kecil dari 75%.

3.6.2 Pemeriksaan Kedua

Pengecekan ini bertujuan untuk memeriksa faktor skala gempa, simpangan antar lantai, pengaruh P-Delta, ketidakberaturan horizontal, dan ketidakberaturan vertikal.

1) Pemeriksaan Faktor Skala Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2019, gaya geser dinamik harus besar sama dengan gaya geser statik. Apabila memiliki nilai kurang maka gaya tersebut akan dikalikan V/V_t . Berikut hasil perhitungan untuk faktor skala gempa baru yang dapat dilihat pada **Tabel 15**.

Tabel 15. Pemeriksaan Faktor Skala

Gaya Gempa	V _x (kN)	V _y (kN)
Static(V _s)	2586.35	2586.35
Dynamic (V _d)	5462.88	5462.88
Multiplication Coefficient	1.000	1.000
Comparison	1.001	1.000
Cek Gaya geser Dinamis terhadap Statis		

PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG UNIVERSITAS ADZKIA DI KOTA PADANG DENGAN SISTEM GANDA SNI GEMPA 1726:2019

(Dyla Midya Octavia, Barkhia Yunas, Mutia Alius, Wiwin Putri Zayu, Dwi Bagas Adanda, Dhea Gusmylta Putri)

Gaya Gempa	V _x	V _y
	(kN)	(kN)
Cek $V_d \geq V_s$	OK	OK
Scale Factor	1644.98	1644.98
Scale Factor correction	1644.98	1644.98

(Sumber: diolah peneliti)

2) Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai (*Story Drift*)

Untuk menghitung simpangan antar lantai, perlu mengetahui perpindahan lateral pada setiap tingkat. Perpindahan lateral tingkat diatur sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam pasal 7.8.6 SNI 1726:2019.

Tabel 16. Simpangan Antar Lantai Arah X

Simpangan Perlantai (<i>Inter Story drift</i>)											
Lantai	h (mm)	Simpangan		δ_x (mm)	δ_y (mm)	Simpangan yang Di Perbesar			Syarat drift Δ_s (Ijin) (mm)	Δ_s/ρ	Cek Kontrol $\Delta_{max} < \Delta_{ijin}$
		U _x (mm)	U _y (mm)			Δ_x (mm)	Δ_y (mm)	Δ_{max} (mm)			
Atap	3700	39.59	12.06	131.98	40.19	22.99	5.13	22.99	37	28,46	Aman
Lantai 6	3700	32.70	10.52	108.99	35.06	27.24	6.76	27.24	37	28,46	Aman
Lantai 5	3700	24.53	8.49	81.75	28.30	27.72	8.02	27.72	37	28,46	Aman
Lantai 4	3700	16.21	6.09	54.03	20.28	25.26	8.57	25.26	37	28,46	Aman
Lantai 3	3700	8.63	3.51	28.77	11.71	19.67	7.73	19.67	37	28,46	Aman
Lantai 2	3700	2.73	1.20	9.10	3.99	9.10	3.99	9.10	37	28,46	Aman

(Sumber: diolah peneliti)

Tabel 17. Simpangan Antar Lantai Arah Y

Simpangan Perlantai (<i>Inter Story Drift</i>)											
Lantai	h (mm)	Simpangan		δ_x (mm)	δ_y (mm)	Simpangan yang Di Perbesar			Syarat drift Δ_s (Ijin) (mm)	Δ_s/ρ	Cek Kontrol $\Delta_{max} < \Delta_{ijin}$
		U _x (mm)	U _y (mm)			Δ_x (mm)	Δ_y (mm)	Δ_{max} (mm)			
Atap	3700	25.01	39.12	83.38	130.40	14.59	16.50	16.50	37	28,46	Aman
Lantai 6	3700	20.64	34.17	68.79	113.90	14.57	21.95	21.95	37	28,46	Aman
Lantai 5	3700	16.27	25.58	54.22	91.95	16.16	26.23	26.23	37	28,46	Aman
Lantai 4	3700	11.42	19.71	38.06	65.71	16.52	28.01	28.01	37	28,46	Aman
Lantai 3	3700	6.46	11.31	21.54	37.71	14.31	24.98	24.98	37	28,46	Aman
Lantai 2	3700	2.17	3.82	7.23	12.73	7.23	12.73	12.73	37	28,46	Aman

(Sumber: diolah peneliti)

Berdasarkan **Tabel 16** dan **17** dapat dinyatakan bahwa nilai simpangan antar lantai arah x dan y tidak melebihi simpangan izin (syarat *drift* $\Delta_s = 37$ mm) sehingga memenuhi syarat pada SNI 1726:2019. Dimana untuk gedung kantor dengan kategori resiko bangunan II sebesar 0,002h ketinggian setiap lantai. Perhitungan simpangan antar lantai sebagai berikut (Lantai 5):

$$h_{sx} = 3700 \text{ mm}$$

$$\delta_y = 28.30 \text{ mm}$$

$$\Delta_x = 27.72 \text{ mm}, \text{ sehingga}$$

$$\Delta_{max} = 27.72 \text{ mm}$$

Batas ijin:

$$\theta_{ijin} = 0.01, \text{ maka } \Delta_s = 0.01 \times 3700 = 37 \text{ mm}$$

dengan,

$$\rho = 1.30 \rightarrow \Delta_{ijin} = \frac{37}{1.30} = 28.46 \text{ mm}$$

$$\Delta_{max} = 27.72 \text{ mm} \leq 28.46 \text{ mm} \text{ (aman)}$$

3) Pengaruh P-Delta

Pemeriksaan efek P-Delta dilakukan untuk memastikan stabilitas struktur bangunan gedung terhadap pengaruh gaya lateral akibat beban gempa, baik dalam arah X maupun Y. Efek P-Delta memperhitungkan pengaruh tambahan gaya-gaya dalam akibat deformasi lateral bangunan gedung, sehingga menjadi aspek penting dalam evaluasi struktur tinggi.

Pada arah X, hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai *interstory drift ratio* (θ) tertinggi terjadi pada Lantai 3 sebesar 0.0177 rad, dan nilai terkecil berada pada atap sebesar 0.0022 rad. Batas maksimum *drift ratio* yang diizinkan

axial, Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi Vol. 13, No.2, Agustus 2025, Hal. 220-231

adalah 0.0909. Semua nilai θ dari lantai 2 hingga atap berada jauh di bawah nilai batas yang ditentukan. Dengan kata lain, nilai $\theta < 0.25$ yang berarti semua lantai dalam kondisi stabil terhadap efek P-Delta arah X.

Sementara itu dalam arah Y, nilai *interstory drift* ratio tertinggi terjadi pada Lantai 3 sebesar 0.0161 rad dan yang terkecil pada Lantai 6 sebesar 0.0110 rad. Sama seperti arah X, nilai maksimum yang diizinkan adalah 0.0909 dan semua nilai θ masih berada jauh di bawah batas tersebut. Artinya, seluruh lantai juga dinyatakan stabil terhadap efek P-Delta arah Y.

3.6.3 Pengecekan Ketiga

- 1) Gaya dalam elemen struktur balok dengan Sistem Ganda

Dalam desain balok utama memiliki dimensi lebar 400 mm dan tinggi 600 mm dengan bentang 4 m dan 7 m. Balok Tangga (BT) memiliki dimensi lebar 200 mm dan tinggi 500 mm dengan bentang 4 m. Pada balok B3 dengan panjang 7 m gaya dalam atau *shear* tertinggi (V2) sebesar 138631,9 N dan momen lentur negatif (M-) pada balok di area tumpuan sebesar 144113650 Nmm menunjukkan desain dikontrol oleh tulangan atas tumpuan (6D22 mm), tulangan pinggang tumpuan (2D22 mm) dan sengkang geser (D13-100 mm). Momen lentur positif (M+) diperoleh sebesar 23382497 Nmm relatif kecil sehingga tulangan bawah umumnya minimum/ *serviceability*, sedangkan beban (P) = 485133,4 kN. Gaya dalam elemen struktur balok pada tumpuan dan lapangan dapat dilihat pada Tabel 18 dan 19.

Tabel 18. Gaya Dalam elemen Struktur Balok 4 – 7 meter (Tumpuan)

Tipe	PJg (mm)	Gaya Desain Balok Lantai 2 hingga 6					
		Tumpuan					
		P (N)	V2 (N)	V3 (N)	T (Nmm)	M3+ (Nmm)	M3- (Nmm)
B1	3500	32161,73	60098,68	193,4	666507,7	8791255	34962847
B2	4000	575393,9	52410,18	83,63	10907,7	5149384	29972580
B3	7000	485133,4	138631,9	95,3	203820	23382497	144113650
B4	3000	4250,64	45547,29	22,49	8017,7	0	35377928
B5	3500	4723,54	40050,88	9,68	2198,02	9925646	44490458
BT	4000	7931,68	11253,43	52,92	95429,7	838934,7	5096034,1

(Sumber: diolah peneliti)

Tabel 19. Gaya dalam Elemen Struktur Balok 4 – 7 meter (Lapangan)

Tipe	PJg (mm)	Gaya Desain Balok Lantai 2 hingga 6					
		Lapangan					
		P (N)	V2 (N)	V3 (N)	T (Nmm)	M3+ (Nmm)	M3- (Nmm)
B1	3500	32161,73	29753,12	193,4	66650,75	24480664	0
B2	4000	57593,91	28057,04	83,63	10907,73	22589449	2827530,4
B3	7000	48513,36	70591,48	95,3	519297,2	122640141	0
B4	3000	4250,64	36444,79	22,49	8017,697	8128337,8	15882229
B5	3500	0	0	0	0	0	0
BT	4000	7931,68	13800,24	52,92	95429,72	3376947,2	3561481,5

(Sumber: diolah peneliti)

- 2) Gaya dalam elemen struktur atap dengan sistim Sistem Ganda

Dalam desain balok atap tipe BT memiliki bentang 3,5m dan 7,6 m Sedangkan balok atap tipe BC memiliki 1,6 meter. Gaya dalam elemen struktur balok atap pada tumpuan dan lapangan dapat dilihat pada Tabel 20 dan 21.

- 3) Gaya dalam elemen struktur kolom dengan Sistem Ganda

Berdasarkan SNI 2847:2019, desain kolom harus memperhitungkan kekuatan terhadap kombinasi gaya aksial, momen lentur dan gaya geser yang mungkin terjadi. Gaya dalam elemen struktur kolom dapat dilihat pada Tabel 22.

Pada perancangan ini kontrol yang dilakukan adalah syarat *drift* dan efek P-Delta, tidak melakukan kontrol terhadap syarat detailing penulangan.

PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG UNIVERSITAS ADZKIA DI KOTA PADANG DENGAN SISTEM GANDA SNI GEMPA 1726:2019

(Dyla Midya Octavia, Barkhia Yunas, Mutia Alius, Wiwin Putri Zayu, Dwi Bagas Adanda, Dhea Gusmylta Putri)

Tabel 20. Gaya dalam Elemen Struktur Balok Atap (Tumpuan)

Tipe	Pjg (mm)	Gaya Desain Balok Atap					
		Tumpuan					
		P (N)	V2 (N)	V3 (N)	T (Nmm)	M3+ (Nmm)	M3- (Nmm)
B1	7600	111142	153975	7888,45	401749	75200961	232846460
B2	3500	74879,8	144093	810,94	86606	192260637	222117514
B3	5000	111437	84488,3	19837	783178	90223668	128502895
B4	4900	32626,7	86830,4	273,37	92108,2	52579817	126652967
B5	7600	0	0	0	0	0	0
BC	1600	37925,2	372298	20613,6	152127	290977814	292540685

(Sumber: diolah peneliti)

Tabel 21. Gaya Dalam Elemen Struktur Balok Atap (Lapangan)

Tipe	Pjg (mm)	Gaya Desain Balok Atap					
		Lapangan					
		P (N)	V2 (N)	V3 (N)	T (Nmm)	M3+ (Nmm)	M3- (Nmm)
B1	7600	111142	96293,9	7888,45	401749	149633178	65754551
B2	3500	74879,8	130286	810,94	86606	96873973	96980496,7
B3	5000	111437	77330,8	19837	783178	72747868	89312381,9
B4	4900	32626,7	54252,4	273,37	92108,2	75987274	35671023,7
B5	7600	0	0	0	0	0	0
BC	1600	37925,2	368499	20613,6	152127	147378352	144381515,1

(Sumber: diolah peneliti)

Tabel 22. Gaya Dalam Elemen Struktur Kolom Lantai 2 s.d 6

Tipe Kolom	Dimensi		Gaya Desain Kolom Lantai 2 S.D Atap					
	Dimensi B (mm)	Dimensi H (mm)	P (N)	V2 (N)	V3 (N)	T (N)	M2 (Nmm)	M3 (Nmm)
K1	500	600	3889005,4	33327,84	21603,25	0	68050224	104667689
K2	500	500	5272998,3	139693,3	172037,5	30162444	79997067	164309295
KSW	600	600	8464372,2	59868,78	202966,4	29074446	294436617	124631040

(Sumber: diolah peneliti)

4. KESIMPULAN

Perancangan struktur Gedung kantor Universitas Adzkia berlantai enam di Kota Padang menggunakan Sistem Ganda sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019 untuk kategori desain seismik (KDS) D diperoleh hasil adalah: 1. Analisis model struktur menggunakan ETABS v.18 dengan beban mati, beban hidup, dan beban gempa menunjukkan bahwa balok, kolom, pelat, dan *shear wall* memenuhi persyaratan dimensi serta kekuatan sesuai standar SNI; 2. Pemeriksaan performa seismik menunjukkan partisipasi massa > 90%, simpangan antar lantai tidak melebihi 0,002h, serta nilai *interstory drift ratio* (θ) tertinggi 0,0177 rad (arah X) dan 0,0161 rad (arah Y), yang seluruhnya jauh di bawah batas maksimum 0,0909 rad ($< 0,25$) sehingga struktur aman terhadap efek P-Delta; 3. Struktur dinyatakan stabil karena faktor koreksi skala gaya geser dinamis terhadap statis mencapai 1644,98 kN,

sesuai dengan kriteria perencanaan; 4. *Frame* struktur mampu memikul lebih dari 25% gaya lateral gempa, yaitu 26,24% pada arah X dan 26,31% pada arah Y, sehingga memenuhi syarat penerapan SRPMK, dan *shear wall* memikul gaya lateral lebih kecil dari 75%, yaitu 73.76% pada arah X dan 73.69% pada arah Y.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Adzkia, khususnya Program Studi Teknik Sipil dan Teknik Industri atas bantuan dana, fasilitas dan kesempatan untuk melaksanakan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

Alius, M., Yunas, B., Syafri, Y. P., Octavia, D. M., Zayu, W. P., Furqani, F., Adevia, J., Depi, J. W. S., Saira, R. P & Riansyah, M. N. (2024). Pendampingan Masyarakat Nagari Batahan Jorong Sawah Mudik

- dalam Pembangunan Masjid Taqwa: Perencanaan dan Desain Masjid. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Sains dan Teknologi*, 3(4), 123-137. <https://doi.org/10.58169/jpmsaintek.v3i4.648>
- Arumugam, V., Keshav, L., Achuthan, A., & Dasappa, S. (2022). Seismic evaluation of Advanced Reinforced concrete structures. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2022(1), 4518848. <https://doi.org/10.1155/2022/4518848>
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 - Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2021). SNI 2847:2021 - Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. Jakarta: BSN.
- Basyira, M., Amira, F., Maricara, S., & Okaa, I. G. M. (2022). Perancangan Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Ruko 4 Lantai Berdasarkan SNI 2847-2019 dan SNI 1726-2019. *Civil Engineering Journal*, 3(2). <https://doi.org/10.22487/renstra.v3i2.446>
- Hashemi, A., Fast, T., Dickof, C., Jackson, R., Bitu, H. M., Malczyk, R., Zarnani, P., & Quenneville, P. (2023, June 25–30). *Seismic resilient mass timber structures using innovative connections: Latest research, design methods and case studies*. Paper presented at the Canadian Conference – Pacific Conference on Earthquake Engineering 2023, Vancouver, British Columbia, Canada. <https://www.caee.ca/document/7579/>
- Irawan, D., & Machmoed, S. P. (2024). Perencanaan struktur beton bertulang gedung perkantoran di 10 lantai dengan metode sistem rangka pemikul momen khusus di Kabupaten Ende. *axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, 12(2), 083-092. <http://dx.doi.org/10.30742/axial.v12i2.3378>
- Moehle, J. P. (2015). *Seismic design of reinforced concrete buildings* (Vol. 814). New York: McGraw-Hill Education. <https://doi.org/10.1155/2022/7851648>
- Nguyen, X. H., Le, D. D., Nguyen, Q. H., & Nguyen, H. Q. (2020). Seismic performance of RCS beam-column joints using fiber reinforced concrete. *Earthquakes and Structures*, 18(5), 599-607. <https://doi.org/10.12989/eas.2020.18.5.599>
- Rahman, F. N. F., & Khatulistiwa, U. (2025). Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Untuk Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Hotel “Lustrio” Di Kota Mataram. *axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, 12(3), 147-160. <http://dx.doi.org/10.30742/axial.v12i3.4024>
- Septian, M. A. (2024). *Desain Struktur Gedung Perkantoran 10 Lantai Di Daerah Gempa Kuat* (Doctoral dissertation, Universitas Andalas). <http://scholar.unand.ac.id/477633/>
- Solikin, M., & Balich, R. P. (2023). Perbandingan Evaluasi Kinerja Bangunan Gedung Tahan Gempa yang Didesain dengan Metode SRPMM & SRPMK berdasarkan SNI 1726: 2019 (Studi Kasus Gedung RSUD Rawat Inap Pandanarang Boyolali, Jawa Tengah). *Prosiding Simposium Nasional Rekayasa Aplikasi Perancangan dan Industri*, 8-20. <https://proceedings.ums.ac.id/rapi/article/view/3477>
- Wang, C., Tian, P., & Chan, T. M. (2024). Seismic behavior of modular buildings with reinforced concrete (RC) structural walls as seismic force resisting system. *Engineering Structures*, 315, 118378. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2024.118378>
- Wang, Z., Pan, W., & Zhang, Z. (2020, August). High-rise modular buildings with innovative precast concrete shear walls as a lateral force resisting system. In *Structures* (Vol. 26, pp. 39-53). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.04.006>
- Yunas, B., Alius, M., & Syafri, Y. P. (2024). Analisis perkuatan lentur balok beton bertulang dengan lapisan semen grouting pada daerah tekan menggunakan software ATHENA. *Jurnal Ilmu Teknik (TEKTONIK)*, 1(4), 301–314. <https://doi.org/10.62017/tektonik>
- Yunas, B., Octavia, D. M., Syafri, Y. P., Zayu, W. P., Furqoni, F., Ramadhi, R., & Ernawati, E. (2024). Structural design of a 10-story office building using the special moment frame system (SMFS) in Padang, West Sumatra. *CIVED*, 11(3), 1041-1056. <https://doi.org/10.24036/cived.v11i3.652>