

Perencanaan Struktur Atas Beton Bertulang Gedung 5 Lantai Menggunakan *Software* ETABS

Salsabila¹, Aidil Abrar², Mutia Lisya³

¹⁾Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Dumai
Jl. Utama Karya Bukit Batrem II
Email: salsabila97.dumai@gmail.com

ABSTRAK

Perencanaan struktur gedung tahan gempa sangat penting, pada suatu kondisi beban gempa lebih dominan dari pada beban axial akibat dari gravitasi bumi. Berdasarkan dari permasalahan, dilakukan perencanaan yang bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis dimensi struktur yang digunakan mampu menahan beban yang bekerja pada struktur gedung 5 Lantai, menganalisis nilai simpangan antar lantai struktur akibat dari gaya geser gempa, menganalisis kinerja struktur berdasarkan ATC – 40, dan menganalisis kestabilan struktur akibat pengaruh beban P-Delta. Untuk mendapatkan tujuan tersebut, dilakukan preliminary design untuk mendapatkan dimensi struktur, perhitungan pembebanan, dan analisis struktur menggunakan *software* ETABS V19, dan berlokasi di Kelurahan Mundam, Kecamatan Medang Kampai, Kota Dumai. Hasil analisis kestabilan struktur akibat pengaruh P-delta, dapat diketahui bahwa kestabilan struktur maksimum arah x akibat pengaruh P-delta sebesar 0,009785 dan kestabilan struktur maksimum arah y akibat pengaruh P – delta sebesar 0,032068. Semua lantai aman karena tidak melebihi nilai maksimum.

Kata kunci: ATC-40, Beton bertulang, ETABS V19, Stuktur atas.

ABSTRACT

The design of earthquake-resistant building structures is very important, in a condition the earthquake load is more dominant than the axial load due to the earth's gravity. Based on the problem, planning is carried out which aims to determine and analyze the dimensions of the structure used to withstand loads acting on a 5-story building structure, analyze the value of the deviation between floors of the structure due to earthquake shear forces, analyze the performance of the structure based on ATC- 40, and analyze the stability structure due to the influence of P – Delta load. To achieve this goal, a preliminary design was carried out to obtain structural dimensions, load calculations, and structural analysis using ETABS V19 software, and located in Mundam Village, Medang Kampai District, Dumai City. The results of the analysis of structural stability due to the influence of P-delta, it can be seen that the maximum structural stability in the x direction due to the influence of P - delta is 0.009785 and the maximum structural stability in the y direction due to the influence of P - delta is 0.032068. All floors are safe because they do not exceed the maximum value.

Keywords: ATC-40, ETABS V19, Reinforced concrete, Upper structures.

Pendahuluan

Desain struktural merupakan substansi dari suatu perencanaan bangunan sebab menentukan apakah suatu bangunan dengan rancangan tertentu mampu berdiri atau tidak. Rencana pembebanan merupakan data utama sebagai informasi untuk perencanaan elemen

struktural seperti beban mati, beban hidup, beban angin, beban mekanikal elektrikal, dan beban gempa.

Potensi runtuhnya struktur akan membahayakan keselamatan dari penghuni atau pemakai struktur tersebut. Oleh karena itu para insinyur dituntut mendesain struktur dengan kemampuan tahan gempa. Desain gedung tahan gempa haruslah memperhatikan kriteria-kriteria dan pendetailan sesuai code yang berlaku.

Pemodelan struktur gedung yang akan direncanakan ditinjau dengan menggunakan program ETABS V19 dan penerapannya terhadap prosedur analisis *pushover*. Penggunaan analisis *pushover* untuk mengetahui pola keruntuhan gedung, Apakah analisis *pushover* menunjukkan struktur gedung berperilaku linear menjadi nonlinear saat terjadi keruntuhan.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui analisis simpangan antar lantai struktur gedung yang direncanakan dan mengetahui level kinerja struktur menurut ATC-40 dan analisis kestabilan struktur akibat pengaruh P-delta.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Kelurahan Mundam, Kecamatan Medang Kampai, Kota Dumai, yang dilakukan pada bulan Maret Sampai bulan Juli 2022. Objek yang diteliti adalah perencanaan gedung kuliah 5 lantai dengan jenis pembebanan yaitu: beban mati, beban hidup, beban gempa static dan dinamis.

Studi literatur Studi literatur dari jurnal dan buku yang terkait dalam analisis *nonlinier pushover*. Mempelajari semua yang berhubungan dengan analisis *nonlinier pushover*. Buku acuan yang dipakai antara lain SNI 03-1726-2002 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung, Peraturan pembebanan berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung SNI 03-1727-1989, *Applied Technology Council for Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings volume-1 (ATC-40)*, *Federal Emergency Management Agency for Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings (FEMA-356)*. Pengumpulan data dilakukan dengan cara meninjau lokasi perencanaan di Kelurahan Mundam, Kecamatan Medang Kampai, Kota Dumai dan melakukan desain gedung yang direncanakan.

Hasil dan Pembahasan

Berikut hasil dari analisis berat bangunan secara manual dikontrol dengan hasil analisis menggunakan *software* ETABS, dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kontrol analisis perhitungan massa gedung

Lokasi	Berat Bangunan (kg)		Selisih (%)	Ket
	Manual	ETABS		
Lantai dasar	285872,7278	285873,91	0,0004	Oke
Lantai 2	656579,0	666684,32	1,52	Oke
Lantai 3	655920,98	668040,97	1,81	Oke
Lantai 4	655920,98	668040,97	1,81	Oke
Lantai 5	655920,98	668040,97	1,81	Oke
Lantai 5/atap	4664447,12	503177,91	7,29	Oke

Parameter Spektra Tanah

Parameter spektra tanah lunak Kota Dumai berkoordinat lintang 1038'10,5774" dan bujur 101026'53,6892" sebagai berikut:

Kelas situs	= Tanah lunak
PGA	= 0,1338
SS	= 0,2632
S1	= 0,2182
T0	= 0,23 dtk
Ts	= 1,15 dtk
Sds	= 0,41
Sd1	= 0,47
TL	= 20 dtk

Periode alami fundamental

Berdasarkan SNI 1726:2019, Pasal 7.8.2, Tabel 17 dengan parameter SD1 = 0,47 nilai Cu diambil sebesar = 1,4. Nilai batas atas periode fundamental $T_a \max = 0,4615 \times 1,4 = 0,6461$ dtk. Kontrol T_a arah x $0,4615 \leq 0,98 \geq 0,646$, nilai T_a arah x tidak memenuhi Kontrol T_a arah y $0,4615 \leq 0,98 \geq 0,646$, nilai T_a arah y tidak memenuhi

Penentuan koefisien respon seismik

Kontrol nilai koefisien respon seismik sebagai berikut:

$C_{sx} = 0,01804 \leq 0,082 \leq 0,1269$, nilai C_{sx} memenuhi persyaratan

$C_{sy} = 0,01804 \leq 0,082 \leq 0,1269$, nilai C_{sy} memenuhi persyaratan

Perhitungan Gaya Geser Gempa Rencana (Base Shear)

$$V_x = V_y$$

$$V_x = 0,082 \times 3459859,05 = 283708,4421 \text{ kg}$$

$$\Sigma W \cdot h = 22907666665922,30$$

Tabel 2. Perhitungan gaya geser setiap lantai berdasarkan arah.

Lantai	Distribusi gempa arah x	Distribusi gempa arah y
F0	0 kg	0 kg
F1	22018,71028 kg	22018,71028 kg
F2	44216,82827 kg	44216,82827 kg
F3	66325,24241 kg	66325,24241 kg
F4	88433,65655 kg	88433,65655 kg
F5	62714,00459 kg	62714,00459 kg

Kurva Respon Spektrum

Dari parameter-parameter diatas didapat grafik kurva respon spektrum sebagai berikut:

Tabel 3. Nilai perioda dan percepatan tanah

T	Sa	T	Sa	T	Sa
0	0,1640	1,95	0,2410	4,05	0,1160
0,1	0,2699	2,05	0,2293	4,15	0,1133
0,23	0,4100	2,15	0,2186	4,25	0,1106

0,33	0,4100	2,25	0,2089	4,35	0,1080
0,43	0,4100	2,35	0,2000	4,45	0,1056
0,53	0,4100	2,45	0,1918	4,55	0,1033
0,63	0,4100	2,55	0,1843	4,65	0,1011
0,73	0,4100	2,65	0,1774	4,75	0,0989
0,83	0,4100	2,75	0,1709	4,85	0,0969
0,93	0,4100	2,85	0,1649	4,95	0,0949
1,03	0,4100	2,95	0,1593	5,05	0,0931
1,13	0,4100	3,05	0,1541	5,15	0,0913
1,15	0,4100	3,15	0,1492	5,25	0,0895
1,25	0,3760	3,25	0,1446	5,35	0,0879
1,35	0,3481	3,35	0,1403	5,45	0,0863
1,45	0,3241	3,45	0,1362	5,55	0,0847
1,55	0,3032	3,55	0,1324	5,65	0,0832
1,65	0,2848	3,65	0,1288	5,75	0,0818
1,75	0,2686	3,75	0,1253	5,85	0,0804
1,85	0,2541	3,85	0,1221	5,95	0,0790
		3,95	0,1190	6	0,0783

Analisis Relasi Gempa Statik Ekuivalen–Gempa Dinamik Respon Spektrum

Tabel 4. Kontrol output gaya geser dasar

<i>Case</i>	<i>ItemType</i>	<i>Item</i>	<i>Static (%)</i>	<i>Dynamic (%)</i>
<i>Modal</i>	<i>Acceleration</i>	UX	100	99,33
<i>Modal</i>	<i>Acceleration</i>	UY	100	98,15
<i>Modal</i>	<i>Acceleration</i>	UZ	0	0

Kontrol Partisipasi Massa Bangunan

Berdasarkan SNI 1726:2019, Pasal 7.9.1.1, menyatakan bahwa jumlah ragam vibrasi yang ditinjau, jumlah ragam minimum untuk mencapai massa ragam terkombinasi minimal 90%.

Tabel 5. Kontrol partisipasi massa bangunan

<i>Case</i>	<i>Mode</i>	<i>Period</i>	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Modal	1	0,985	0,0815	0,3688	0	0,0815	0,3688	0
Modal	2	0,653	0,4714	0,2489	0	0,5529	0,6177	0
Modal	3	0,559	0,2275	0,1415	0	0,7804	0,7592	0
Modal	4	0,311	0,0098	0,0532	0	0,7901	0,8123	0
Modal	5	0,185	0,1216	0,0314	0	0,9118	0,8438	0
Modal	6	0,173	0,0024	0,015	0	0,9142	0,8587	0
Modal	7	0,145	0,0145	0,0732	0	0,9287	0,932	0
Modal	8	0,117	0,0024	0,0071	0	0,9311	0,939	0
Modal	9	0,099	0,0396	0,0081	0	0,9707	0,9471	0

Modal	10	0,092	0,0014	0,0022	0	0,9721	0,9493	0
Modal	11	0,069	0,0039	0,027	0	0,976	0,9763	0
Modal	12	0,067	0,0173	0,0052	0	0,9933	0,9815	0

Kontrol Simpangan Antar Lantai

Analisis simpangan antar lantai diatur didalam SNI 1726:2019, Pasal 7.8.6. Parameter yang dibutuhkan adalah faktor keutamaan gempa $I_e = 1$ dan faktor pembesaran defleksi $C_d = 4,5$.

Tabel 6. Simpangan antar lantai arah x

Story	Displacement Arah x					Ket	Drift rasio x
	hsx mm	δ_{xe} mm	\square mm	\square_i mm	\square_{ijin} mm		
Story 5	20000	17,076	76,842	10,413	307,6923	OKE	0,00064
Story 4	16000	14,762	66,429	15,156	246,1538	OKE	0,000916
Story 3	12000	11,394	51,273	18,9405	184,6154	OKE	0,001124
Story 2	8000	7,185	32,3325	19,8495	123,0769	OKE	0,001169
Story 1	4000	2,774	12,483	12,483	61,53846	OKE	0,000733
Base	0	0	0	0	0	OKE	0

Tabel 7. Simpangan antar lantai arah y

Story	Displacement Arah y					Ket	Drift rasio x
	hsx mm	δ_{xe} mm	\square mm	\square_i mm	\square_{ijin} mm		
Story 5	20000	48,938	220,221	22,734	307,6923	OKE	0,001391
Story 4	16000	43,886	197,487	40,131	246,1538	OKE	0,002415
Story 3	12000	34,968	157,356	54,9675	184,6154	OKE	0,003265
Story 2	8000	22,753	102,3885	61,443	123,0769	OKE	0,003089
Story 1	4000	9,099	40,9455	40,9455	61,53846	OKE	0,002415
Base	0	0	0	0	0	OKE	0

Kinerja gedung arah x menurut ATC – 40

$$\text{Maksimal drift} = \frac{D_t}{H_{total}} = \frac{10,413}{20000} = 0,000521$$

$$\text{Maksimal inelastic drift} = \frac{10,413 - 12,483}{20000} = -0,0001$$

Berdasarkan rasio drift atap menurut ATC – 40, hasil perhitungan maksimal drift menunjukkan bahwa gedung berlevel kinerja *immediate occupancy*, dan maksimal inelastic drift menunjukkan bahwa gedung berlevel kinerja *immediate occupancy*.

Kinerja gedung arah y menurut ATC – 40

Dt 22,734

Maksimal drift = 0,001137

Htotal 20000 Dt - D1

Maksimal inelastic drift = $\frac{22,734 - 40,131}{20000} = 0,0009$

Htotal

Berdasarkan rasio drift atap menurut ATC – 40, hasil perhitungan *maksimal drift* menunjukkan bahwa gedung berlevel *immediate occupancy*, dan *maksimal inelastic drift* menunjukkan bahwa gedung berlevel kinerja *immediate occupancy*.

Analisis Pengaruh P – Delta

Analisis pengaruh P–delta diatur dalam SNI 1726 : 2019, Pasal 7.8.7, dalam analisis pengaruh P–delta faktor beban tidak perlu melebihi 1,0.

Tabel 8. Analisis pengaruh P – delta arah x

Story	hsx mm	Di mm	P kN	Vx kN	e	max	Cek
Story 5	20000	10,413	5495,13	662,993	0,000959	0,111111	OKE
Story 4	16000	15,156	12026,62	1316,367	0,001923	0,111111	OKE
Story 3	12000	18,9405	18558,1	1788,171	0,00364	0,111111	OKE
Story 2	8000	19,8495	25089,59	2099,815	0,006588	0,111111	OKE
Story 1	4000	12,483	31621	2241,185	0,009785	0,111111	OKE
Base	0	0	0	0	0	0,111111	OKE

Tabel 9. Analisis pengaruh P – delta arah y

Story	hsx mm	Di mm	P kN	Vy kN	e	max	Cek
Story 5	20000	22,734	5495,13	660,5187	0,002101	0,111111	OKE
Story 4	16000	40,131	12026,62	1322,156	0,00507	0,111111	OKE
Story 3	12000	54,9675	18558,1	1799,878	0,010495	0,111111	OKE
Story 2	8000	61,443	25089,59	2106,902	0,020324	0,111111	OKE
Story 1	4000	40,9455	31621	2243,062	0,032068	0,111111	OKE
Base	0	0	0	0	0	0,111111	OKE

Dari hasil analisis pengaruh P – delta arah x dan arah y, dapat diketahui bahwa struktur gedung baru 15 lantai, kestabilan struktur akibat pengaruh P – delta memenuhi.

Perhitungan Penulangan Pelat Tangga

Lendutan jangka panjang

$$\Delta T = 1 + 1,5180 + 1,1321 = 3,2366 \text{ mm}$$

$$\text{Lendutan total } \Delta_{\text{all}} = 1,1321 + 3,2366 = 4,3687 \text{ mm}$$

$$\text{Lendutan izin } \Delta_{\text{max}} = \frac{4472}{240} = 18,6333 \text{ mm}$$

Kontrol lendutan $\Delta_{\text{all}} > \Delta_{\text{max}}$, lendutan pelat memenuhi.

Perhitungan Plat Bordes

Lendutan jangka panjang
 $\Delta T = 1 + 1,5180 + 0,0609 = 1,6105$ mm
 Lendutan total $\Delta_{all} = 0,0609 + 1,6105 = 1,6714$ mm

$$\text{Lendutan izin } \Delta_{max} = \frac{4472}{240} = 18,6333$$
 mm
 Kontrol lendutan $\Delta_{all} > \Delta_{max}$, lendutan pelat memenuhi.

Perhitungan Balok Bordes

Kuat geser $\phi V_n = (20950,38782 + 63302,4) \times 0,75 = 63189,59087$ N
 Kontrol geser nominal $63,19$ kN $> 15,376$ kN geser nominal lebih besar dari geser ultimit. Dari perhitungan tulangan diatas, maka digunakan tulangan geser P12 – 75

Perhitungan Plat

Berikut ini merupakan tulangan yang digunakan berdasarkan masing-masing ukuran.

Tabel 10. Perhitungan plat

Plat	Tulang tumpu arah x	Tulang tumpu arah y	Tulang lapangan x	Tulang lapangan y	Kekuatan geser plat	Kontrol lendutan plat
Plat 2,5 x 4,5 m	D12-200	D12-150	D12-200	D12-150	tidak perlu tulangan geser.	Lendutan memenuhi
Plat 3 x 4,5 m	D12-200	D12-150	D12-200	D12-150	tidak perlu tulangan geser.	Lendutan memenuhi
Plat Atap 2,5 x 4,5m	D12-200	D12-200	D12-200	D12-200	tidak perlu tulangan geser.	Lendutan memenuhi
Plat Atap 3 x 4,5 m	D12-200	D12-200	D12-200	D12-200	Tidak perlu tulangan geser.	Lendutan memenuhi

Perhitungan balok

Tabel 11. Perhitungan Balok

Penulangan Balok	Tulang dalam satu baris	Jarak horisontal x	Jarak vertikal y	Tulang momen positif	Tulang momen negatif	Tulang geser	Tulangan Torsi
Balok 35x 45 cm	6 bh	29,40 mm	44 mm	6D19	8D19	P12100	Longitudinal 2D19
Balok 20x35 cm	2 bh	73 mm	44 mm	2D19	4D19	P10100	Tidak perlu

Perhitungan kolom

Tabel 12. Perhitungan kolom

Penulangan Balok	Tulangan dalam satu baris	Jarak horisontal x	Jarak vertikal y	Tulang momen positif	Tulang momen negatif	Tulangan geser	Tulang Torsi
Balok 35x 45cm	6 bh	29,40 mm	44 mm	6D19	8D19	P12100	Longitudinal 2D19
Balok 20x35 cm	2 bh	73 mm	44 mm	2D19	4D19	P10100	Tidak perlu

Simpulan

Setelah dilakukan perhitungan struktur atas gedung 5 lantai di Kota Dumai, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Dari hasil analisis struktur dengan program bantu *software* ETABS V19 menggunakan metode analisis beban gempa statik ekuivalen dan dinamis respon spektrum diketahui bahwa struktur atas gedung 5 lantai di Kota Dumai mampu menahan beban – beban yang bekerja pada struktur.

Dari hasil analisis simpangan antar lantai struktur 5 lantai di Kota Dumai memenuhi persyaratan. Dimana simpangan antar lantai arah x sebesar 17,076 mm dengan drift ratio 0,00064, dan arah y sebesar 48,938 mm dengan drift ratio 0,001391, semua lantai aman karena tidak melebihi simpangan maksimum.

Dari hasil analisis kinerja struktur menurut ATC – 40, maksimal drift arah x = 0,000521 termasuk didalam kategori *immediate occupancy*, dan *maksimal inelastic drift* arah x = -0,0001 menunjukkan bahwa gedung berlevel kinerja *immediate occupancy*. Maksimal drift arah y = 0,001137 menunjukkan bahwa gedung berlevel kinerja *immediate occupancy*, dan *maksimal inelastic drift* arah y = 0,0009 menunjukkan bahwa gedung berlevel kinerja *immediate occupancy*.

Dari hasil analisis kestabilan struktur akibat pengaruh P – delta, dapat diketahui bahwa kestabilan struktur maksimum arah x akibat pengaruh P – delta sebesar 0,009785 dan kestabilan struktur maksimum arah y akibat pengaruh P – delta sebesar 0,032068. Semua lantai aman karena tidak melebihi nilai maksimum sebesar 0,1111.

Daftar Pustaka

- ATC-40. 1996. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Volume 1. California. Seismic Safety Commission State of California.*
- Badan Standarisasi Nasional. 1989. SNI 03-1727-1989. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung. Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. SNI 03-1726-2002 - Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung. Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. SNI 03-2847-2002 - Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2010. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-17262010). Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. SNI 1726:2012 - Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung. Bandung.

- Badan Standardisasi Nasional. 2019. SNI 03-1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. SNI 03-2847-2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- FEMA-356. 2000. *Prestandard and Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings*. Virginia. American Society of Civil Engineers.
- FEMA-440. 2005. *Improvement of Nonlinier Static Seismic Analysis Procedures*. Virginia. American Society of Civil Engineers.