

Perhitungan Struktur Atas Gedung Baru Sekolah Tinggi Teknologi Dumai

Ikhlasul Amal¹, Aidil Abrar², Nuryasin Abd³

¹Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, Dumai, Indonesia

^{2,3}Tenaga Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Dumai,
Dumai, Indonesia

Email : ikhlasoelamal@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 baru Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, 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, pembebanan, dan analisis struktur menggunakan *software* ETABS V19, dan berlokasi di Jalan Utama Karya, Dumai. Hasil analisis struktur dengan *software* ETABS V19 menggunakan metode analisis statik ekuivalen dan dinamis respon spektrum diketahui bahwa struktur mampu menahan beban yang bekerja. Dari hasil analisis simpangan antar lantai arah x sebesar 38,3625 mm, dan arah y sebesar 27,27 mm, semua lantai aman. Dari hasil analisis kinerja struktur menurut ATC – 40, maksimal *drift* arah x = 0,0028 dan maksimal *inelastic drift* arah x = 0,0007 menunjukkan bahwa gedung berlevel kinerja *immediate occupancy* (Io). Maksimal *drift* arah y = 0,0019 dan maksimal *inelastic drift* arah y = 0,0009 menunjukkan bahwa gedung berlevel kinerja Io. Dari hasil analisis kestabilan struktur akibat pengaruh P – delta, dapat diketahui bahwa kestabilan struktur maksimum arah x akibat pengaruh P – delta sebesar 0,0127 dan kestabilan struktur maksimum arah y akibat pengaruh P – delta sebesar 0,0245. Semua lantai aman karena tidak melebihi nilai maksimum.

Kata kunci: Respon Spektrum, Simpangan Antar Lantai, Kinerja Struktur, P-Delta

ABSTRACT

Earthquake resistant building structure planning 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 the loads acting on the new building structure of Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, Displacement analyze of the structure due to earthquake shear forces, analyze the performance of the structure based on ATC - 40, and analyze the stability of the structure due to the influence of P – Delta loads. To achieve this goal, a preliminary design was carried out to obtain structural dimensions, load of structure, and structural analysis using ETABS V19 software, and located at Jalan Utama Karya, Dumai. The results of structural analysis using

ETABS V19 software using the equivalent static analysis method and dynamic response spectrum showed that the structure is able to withstand the working load. From the results of the analysis of the displacement floors in the x direction of 38.3625 mm, and the y direction of 27.27 mm, all floors are safe. From the analysis of structural performance according to ATC – 40, the maximum drift in the direction of x = 0.0028 and the maximum inelastic drift in the direction of x = 0.0007 indicates that the building has an immediate occupancy (Io) performance level. The maximum drift in the y direction = 0.0019 and the maximum inelastic drift in the y direction = 0.0009 indicate that the building has a performance level of Io. From 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 0.0127 and the maximum structural stability in the y direction due to the influence of P - delta is 0.0245. All floors are safe because they do not exceed the maximum value.

Keywords: *Response Spectrum, Displacement, Structural Performance, P-Delta*

Pendahuluan

Kondisi geografis wilayah Indonesia merupakan wilayah rawan bencana gempa dan letusan gunung berapi. Sehingga perencanaan struktur gedung tahan gempa sangat penting dilakukan mengingat pada suatu kondisi beban gempa lebih dominan dari pada beban axial akibat dari beban gravitasi bumi. Gempa besar terjadi di Indonesia seperti gempa Aceh 2004 yang mengakibatkan tsunami, gempa Nias 2005, dan gempa Yogyakarta 2006, gempa Padang 2009, dan gempa Palu 2019. Gempa - gempa tersebut besarnya di luar ruang lingkup peta gempa SNI 2002 yang mengakibatkan kerusakan infrastruktur.

Berdasarkan pemaparan diatas dalam penyusunan tugas akhir “Perhitungan Struktur Atas Gedung Baru Sekolah Tinggi Teknologi Dumai” yang ditinjau pada kontrol simpangan antar lantai, kontrol, konerja struktur menurut ATC – 40, dan kestabilan struktur akibat beban P – delta. Pada tugas akhir ini juga berdasarkan peraturan – peraturan SNI yang terbaru yaitu, SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung, SNI 1727:1989 tentang pedoman perencanaan pembebanan bangunan untuk rumah dan gedung, SNI 1727:2020 beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain, dan SNI 2847:2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan.

Dalam analisis non linear ada dua metode yang dapat digunakan yaitu, metode gempa statik dan metode dinamik respon spektrum. Metode respon spektrum, beban dinamik lebih kompleks dibanding dengan beban statik, baik dari bentuk fungsi bebannya maupun akibat yang ditimbulkan dan pada metode respon spektrum juga memberikan informasi besarnya nilai percepatan tanah selama periode terjadinya gempa. Pada penelitian ini digunakan metode analisis respon spektrum.

Kombinasi pembebanan berdasarkan konsep Konsep pembebanan dengan arah ortogonal (100% dan 30%) yang terdapat dalam SNI 1726:2019 pasal 7.5.3 akan di setting pada saat beban respon spektrum sebagai berikut:

Kombinasi 1 = 1,4D

Kombinasi 2 = 1,2D + 1,6L + 0,5R

$$\begin{aligned}\text{Kombinasi 3} &= 1,2D + 1,6R + 0,5L \\ \text{Kombinasi 4} &= (1,2 + 0,2SDs) D + L + (r Rs - x) \\ \text{Kombinasi 5} &= (1,2 + 0,2SDs) D + L - (r Rs - x) \\ \text{Kombinasi 6} &= (1,2 + 0,2SDs) D + L + (r Rs - y) \\ \text{Kombinasi 7} &= (1,2 + 0,2SDs) D + L - (r Rs - y) \\ \text{Kombinasi 8} &= (0,9 - 0,2SDs) D + (r Rs - x) \\ \text{Kombinasi 9} &= (0,9 - 0,2SDs) D - (r Rs - x) \\ \text{Kombinasi 10} &= (0,9 - 0,2SDs) D + (r Rs - y) \\ \text{Kombinasi 11} &= (0,9 - 0,2SDs) D - (r Rs - y)\end{aligned}$$

Metode Penelitian

Lokasi penelitian pada tugas tugas akhir yang berjudul “Perhitungan Struktur Atas Gedung Baru Sekolah Tinggi Teknologi Dumai”, yang berlokasi di Jalan Soekarno – Hatta Dumai, Riau. Penelitian ini dilakukan pada bulan September tahun 2021 sampai dengan Januari tahun 2022.

Gedung ini terdiri dari struktur beton bertulang 4 lantai yang beralamatkan di Jl. Soekarno – Hatta Dumai, Riau. Data struktur dari gedung tersebut antara lain:

Nama Gedung : Gedung Baru STT Dumai

Lokasi : Jl. Soekarno – Hatta, Dumai, Riau

Jumlah Lantai : 4 Lantai

Fungsi Gedung: Sekolah

Tinggi Tiap Lantai

Lantai 1 : 4,80 meter

Lantai 2 : 4,00 meter

Lantai 3 : 5,00 meter

Tinggi atap : 0,65 meter

Mutu Bahan

1. Mutu Beton Pelat, Kolom, Balok, $f'c$ 30 MPa
2. Mutu Baja Tulangan Utama BJTS 420, f_y 420 MPa
3. Mutu Baja Tulangan Geser BJTP 280, f_y 280 MPa
4. Mutu Baja Profil BJ 37
 - a. F_y : 240 MPa
 - b. F_u : 370 MPa

Analisis gaya – gaya dalam menggunakan bantuan dari software ETABS V19, dalam melakukan analisis menggunakan software ETABS V19 permodelan dilakukan sebagai berikut:

1. Menghitung dimensi awal struktur
2. Membuat permodelan dengan bantuan software ETABS V19.
3. Pembebanan struktur berupa beban mati, beban hidup, beban statik ekuivalen, dan beban respon spektrum.
4. Analisis respon struktur menggunakan software ETABS V19.
5. Kontrol desain struktur
6. Perhitungan dan pendetailan komponen struktur.

Hasil dan Pembahasan

Preliminary Design

Preliminary design dilakukan dengan tujuan untuk menentukan dimensi awal struktur yang akan digunakan dan juga dalam menganalisis struktur tidak berulang – ulang.

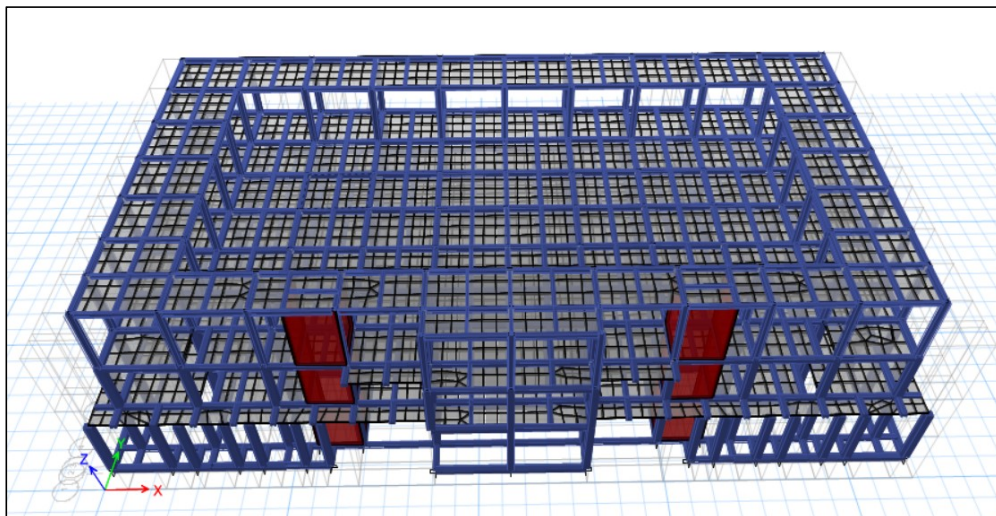
Tabel 1. Dimensi penampang awal

No	Jenis penampang	Panjang bentang (mm)	Dimensi elemen
1	Balok B1	5000	350 mm x 400 mm
2	Balok B2	4000	300 mm x 250 mm
3	Balok anak	4000	200 mm x 250 mm
4	Pelat lantai	5000	t = 150 mm
5	Pelat atap	5000	t = 120 mm
6	Kolom	4800	400 mm x 400 mm

Sumber: Penulis, 2021

Permodelan Struktur Menggunakan Software ETABS V19

Permodelan struktur menggunakan program bantu berupa software ETABS V19 yang bertujuan untuk menganalisis gaya – gaya dalam yang terjadi pada struktur rangka gedung baru STT Dumai.



Gambar 1. Permodelan struktur menggunakan *software* ETABS V19

Sumber: Penulis, 2022

Massa Gedung

Besaran gaya geser gempa dipengaruhi oleh massa bangunan itu sendiri, semakin besar massa dari bangunan, maka gaya geser gempa semakin besar.

Tabel 2. Kontrol analisis massa gedung

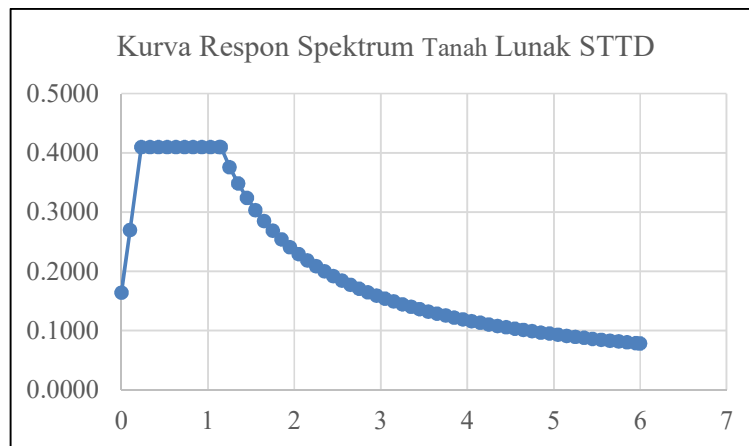
Lokasi	Massa Gedung		Selisih (%)	Keterangan
	Manual	ETABS		
Lantai dasar	704723,7	700719,9	0,57	Oke
Lantai 2	1498221	1501300	-0,21	Oke
Lantai 3	1505344	1487575	1,19	Oke
Atap	488629,1	526046,1	-7,11	Oke

Sumber: Penulis, 2022

Parameter Spektra Tanah

Parameter spektra tanah lunak STT Dumai berkoordinat lintang 1°38'10,5774" dan bujur 101°26'53,6892" berdasarkan website sebagai berikut:

1. Kelas situs = Tanah lunak
2. PGA = 0,1338
3. SS = 0,2632
4. S1 = 0,2182
5. T₀ = 0,23 dtk
6. T_s = 1,15 dtk
7. S_{ds} = 0,41
8. S_{d1} = 0,47
9. T_L = 20 dtk



Gambar 2. Kurva respon spektrum

Periode Alami Fundamental

Nilai periode pendekatan Ct dan x, berdasarkan semua sistem struktur lainnya nilai Ct = 0,0488 dan x = 0,75. Nilai periode fundamental dihitung sebagai berikut:

$$T_a = 0,00488 \times 13,8^{0,75} = 0,3494 \text{ dtk}$$

$$T_a = 0,1 \times 3 = 0,3 \text{ dtk}$$

$$T_a \text{ arah x hasil analisis menggunakan ETABS} = 0,569 \text{ dtk}$$

$$T_a \text{ arah y hasil analisis menggunakan ETABS} = 0,398 \text{ dtk}$$

Berdasarkan SNI 1726 : 2019, Pasal 7.8.2, Tabel 17 dengan parameter SD1 = 0,47 nilai Cu diambil sebesar = 1,4.

$$\text{Nilai batas atas periode fundamental } T_a \text{ max} = 0,3494 \times 1,4 = 0,4892 \text{ dtk}$$

Kontrol Ta arah x $0,3494 \leq 0,569 \leq 0,4892$, nilai Ta arah x tidak memenuhi

Kontrol Ta arah y $0,3494 \leq 0,398 \leq 0,4892$, nilai Ta arah y memenuhi

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 3. Kontrol partisipasi massa bangunan

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Modal	1	0,569	0,3855	0,0012	0	0,3855	0,0012	0
Modal	2	0,398	0,0016	0,756	0	0,3871	0,7572	0
Modal	3	0,316	0,4488	0,0004	0	0,8359	0,7576	0
Modal	4	0,186	0,0574	0	0	0,8933	0,7576	0
Modal	5	0,11	0,0003	0,2042	0	0,8936	0,9617	0
Modal	6	0,1	0,0821	0,001	0	0,9757	0,9627	0
Modal	7	0,096	0,0117	5,11E-06	0	0,9875	0,9627	0
Modal	8	0,056	0,0006	0,0339	0	0,988	0,9966	0
Modal	9	0,054	0,0098	0,0012	0	0,9978	0,9978	0

Sumber: Penulis, 2021

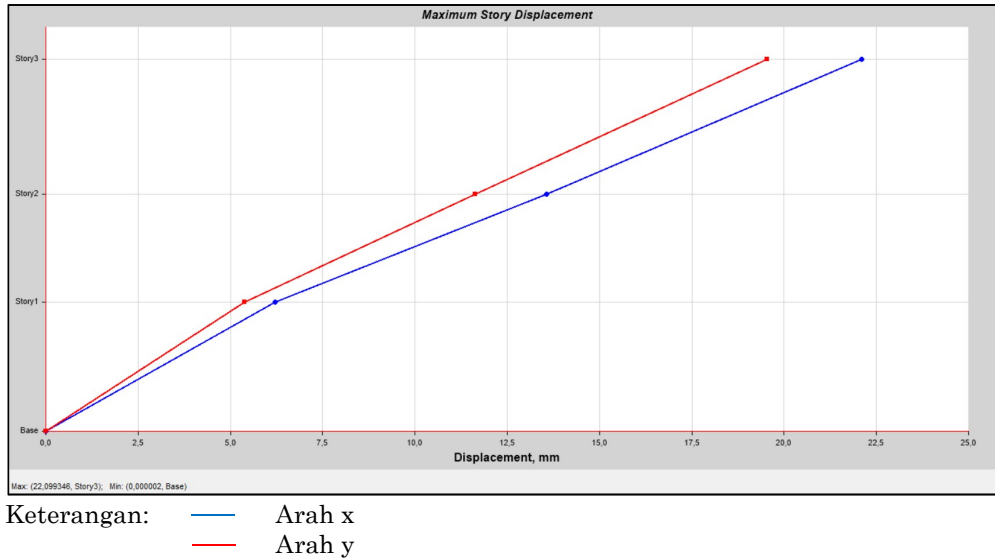
Kontrol Simpangan Antar Lantai

Parameter yang dibutuhkan adalah faktor keutamaan gempa $I_e = 1$ dan faktor pembesaran defleksi $C_d = 4/2$.

Tabel 4. Simpangan antar lantai arah x

Story	hsx mm	δ_{ex} mm	δ_x mm	Δ_i mm	$\Delta\alpha$ mm	Ket	Drift ratio x
Atap	5000	22,099	99,4455	38,3625	76,92	OKE	0,001725
Lantai 3	4000	13,574	61,083	33,156	61,54	OKE	0,00185
Lantai 2	4800	6,206	27,927	27,927	73,85	OKE	0,001293

Sumber: Penulis, 2021

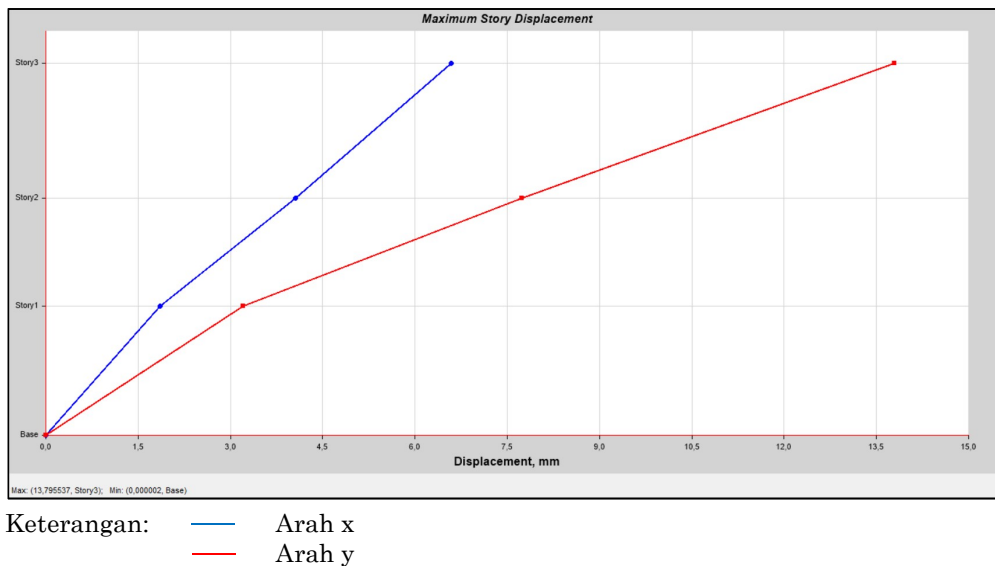


Gambar 3. Simpangan maksimum antar lantai arah x

Tabel 5. Simpangan antar lantai arah y

Story	hsx mm	δ_{ex} mm	δ_x mm	Δ_i mm	$\Delta\alpha_n$ mm	Ket	Drift rasio y
Atap	5000	13,796	62,082	27,27	76,92	OKE	0,001243
Lantai 3	4000	7,736	34,812	20,3895	61,54	OKE	0,001147
Lantai 2	4800	3,205	14,4225	14,4225	73,85	OKE	0,000668

Sumber: Penulis, 2021



Gambar 4. Simpangan antar lantai arah y

Kinerja Struktur Menurut ATC – 40

Menurut ATC – 40, batasan rasio drift untuk gedung bertingkat adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Batasan rasio drift atap menurut ATC – 40

Parameter	Performance level			
	IO	Damage control	LS	Structural stability
Maksimum total drift	0,01	0,01 s/d 0,02	0,02	$0,33 \frac{v_i}{P_i}$
Maksimum total inelastik drift	0,005	0,005 s/d 0,015	No limit	No. limit

Sumber: *Applied Technology Council, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building, Report ATC – 40 (Redwood City:ATC:1996)*

1. Kinerja gedung arah x

$$\text{Maksimal drift} = \frac{Dt}{H_{total}} = \frac{38,3625}{13800} = 0,0028$$

$$\text{Maksimal inelastic drift} = \frac{Dt-D}{H_{total}} = \frac{38,3625-27,927}{13800} = 0,0007$$

Berdasarkan rasio *drift* 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*.

2. Kinerja gedung arah y

$$\text{Maksimal drift} = \frac{Dt}{H_{total}} = \frac{27,27}{13800} = 0,0019$$

$$\text{Maksimal inelastic drift} = \frac{Dt-D_1}{H_{total}} = \frac{27,27-4,225}{13800} = 0,0009$$

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*.

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 7. Analisis pengaruh P – delta arah x

Story	hsx	Δi	P	Vx	θ	θ max	Cek
	mm	mm	kN	kN			
Atap	5000	38,3625	6095,0774	1182,4430	0,0088	0,1111	Stabil
Lantai 3	4000	33,1560	21750,6820	3160,1351	0,0127	0,1111	Stabil
Lantai 2	4800	27,9270	37477,8111	4220,1767	0,0115	0,1111	Stabil

Sumber: Penulis, 2021

Tabel 8. Analisis pengaruh P – delta arah y

Story	hsx	Di	P	Vx	θ	θ max	Cek
	mm	mm	kN	kN			
Story3	5000	27,2700	6095,0774	392,76880	0,0188	0,1111	Stabil
Story2	4000	20,3895	21750,6820	1004,17690	0,0245	0,1111	Stabil
Story1	4800	14,4225	37477,8111	1346,08780	0,0186	0,1111	Stabil

Sumber: Penulis, 2021

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

Simpulan

Setelah dilakukan perhitungan struktur atas gedung baru Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut: Analisis metode analisis dinamis respon spektrum dapat diketahui bahwa, dimensi struktur atas gedung baru STT Dumai mampu menahan beban – beban yang bekerja pada struktur. Nilai simpangan antar lantai gedung baru Sekolah Tinggi Teknologi Dumai tidak melebihi dari nilai simpangan maksimum. Kinerja struktur gedung baru Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, menurut ATC – 40, analisis maksimal *drift* berlevel kinerja *immediate occupancy*, dan analisis maksimal *inelastic drift* berlevel kinerja *immediate occupancy*. Analisis kestabilan struktur gedung baru Sekolah Tinggi Teknologi Dumai akibat pengaruh P – delta termasuk dalam kategori aman. Adapun saran yang dapat penulis berikan untuk perhitungan struktur atas gedung baru Sekolah Tinggi Teknologi Dumai sebagai berikut: Dalam penelitian berikutnya dapat menggunakan peraturan SNI tahun 2019 dan SNI tahun 2020 sehingga analisis yang dilakukan memenuhi standar. Perencanaan struktur berikutnya dapat menggunakan metode analisis non – linear untuk hasil analisis yang lebih akurat.

Daftar Pustaka

- ACI, 2018, *The Reinforced Concrete Design Handbook A Companion to ACI 318M-14. American Concrete Institute: United States.*
- Anil K. Chopra, 2012, *Dynamic of structures Theory and Applications To Earthquake Engineering* (Edisi Keempat). United States of America: Prentice Hall, One Lake Street, Upper Saddle River, NJ 07458
- Asroni Ali, 2010, Balok dan Pelat Beton Bertulang (Edisi Pertama). Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Asroni Ali, 2010, Kolom Fondasi dan Balok T Beton Bertulang (Edisi Pertama). Graha Ilmu: Yogyakarta.
- BSN, 2019, SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.
- BSN, 1989, SNI 1727:1989 Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.
- BSN, 2020, SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.

- BSN, 2020, SNI 1729:2020 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.
- BSN, 2019, SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (ACI 318M-14 dan ACI 318RM-14, MOD). Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.
- HAKI, 2020, Webinar Prosedur Penentuan Beban Gempa Untuk Bangunan Gedung Menurut SNI 1726:2019. Himpunan Ahli Kontruksi Indonesia: Jakarta.
- Halimatusadiyah, 2016, Perencanaan Struktur Gedung Rusunawa 15 Lantai di Kota Dumai. Sekolah Tinggi Teknologi Dumai: Dumai.
- Heri, I., & Azhar, y., R., 2020, Analisis pengaruh P – Delta Effect Terhadap Perbedaan Ketinggian Struktur Gedung Tahan Gempa (Studi Kasus: Non – Highrise Building). Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya: Surabaya.
- Lesmana Yudha, 2020, *Handbook* Prosedur Analisis Beban Gempa Struktur Bangunan Gedung Berdasarkan SNI 1726-2019 (Edisi Pertama), Media Pustaka: Makassar.
- Lesmana Yudha, 2021, *Handbook* Analisis dan Desain Struktur Tahan Gempa Beton Bertulang (SRPMB, SRPMM, SRPMK) Berdasarkan SNI 2847-2019 & 1726-2019 (Edisi Pertama), PT. Nas Media Indonesia Anggota IKAPI: Makassar.
- Lesmana Yudha, 2021, *Handbook* Analisis dan Desain Struktur Baja Berdasarkan SNI 1729:2020 (Edisi Pertama), PT. Nas Media Indonesia Anggota IKAPI: Makassar.
- M.Afif, S., Agus, B. S., 2018, Rekayasa Gempa. K – Media: Yogyakarta.
- Mahbub, A., Abdiyah,A., Totok, Y., Titin, S., 2020, Perencanaan Struktur Tahan Gempa Gedung Laboratorium Fakultas Teknik Unhasy di Jombang. Universitas Hasyim Asy'ari: Jombang.
- PBI, 1971, Peraturan Beton Indonesia. Dinas Pekerjaan Umum, Bandung:DPB.
- PUPR, 2015, Petunjuk Teknis Penggunaan SNI 1729 “Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural”. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat: Jakarta.
- Samuel, S.P., M. Afif, S. Dewi, S., 2021, Analisis Perilaku Dinamik Struktur Gedung Perkantoran Lantai Empat Daerah Istimewa Yogyakarta Terhadap Beban Gempa SNI 1726:2019. Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa: Yogyakarta.
- Schueller Wolfgang, 1989, Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi. PT. Eresco: Bandung.
- Tavio & Usman Wijaya, 2019, Buku Panduan Desain Struktur Beton Bertulang Dasar Sesuai ACI 318M-14 *Code*. Grup Penerbitan CV Budi Utama: Jakarta.
- Wibowo Ari, 2019, Desain Berbasis Kinerja (*Performance Based Design*) Untuk Struktur Bangunan Gedung 10 Lantai Dengan Analisis *Time History* Pada Tinjauan *Drift* dan *Displacement*. Sekolah Tinggi Teknologi Dumai: Dumai.