

EVALUASI RESPON SEISMIK STRUKTUR BANGUNAN UNIVERSITAS TERBUKA PALU TERHADAP GEMPA SULTENG 28 SEPTEMBER 2018

Pinondang Simanjuntak¹, Sudarno P Tampubolon², Hari Putra Amsal³

¹Prodi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Jakarta

Email: Pinondang.simanjuntak@uki.ac.id

² Prodi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Jakarta

Email: sudarno.tampubolon@uki.ac.id

³ Prodi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Jakarta

Email: amsal.harryputra@gmail.com

Masuk:07-12-2022, revisi: 16-12-2022, diterima untuk diterbitkan: 09-01-2023

ABSTRAK

Gempa Sulawesi tengah 28 September 2018 telah meruntuhkan berbagai bangunan di Palu . Salah satu bangunan yang mengalami keruntuhan akibat gempa tersebut adalah struktur bangunan Universitas Terbuka, Palu. Berdasarkan survey ke lokasi bangunan maka terlihat bahwa keruntuhan terjadi di dominasi terjadinya leleh pada bagian kolom sehingga struktur tidak mampu berdiri dengan tegak. Oleh karena itu untuk mengetahui penyebab utama terjadinya keruntuhan bangunan universitas terbuka Palu perlu dilakukan Analisa respon seismik strukturnya . Metode yang digunakan adalah dengan Respon Spektra. Analisa perhitungan Deformasi, Simpangan antar tingkat dan gaya geser dasar dilakukan untuk mengetahui stabilitas dan penyebab utama keruntuhan bangunan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Respon Seismik struktur bangunan Universitas Terbuka Palu belum sesuai pada beban gempa dengan zonasi gempa wilayah Palu yang ditetapkan berdasarkan SNI 03-1726-2012. Analisa menunjukkan bahwa deformasi yang terjadi lebih besar dari deformasi ijin dan kondisi lapangan menunjukkan bahwa kolom mengalami kelelahan sehingga runtuh lebih dulu dari balok.

Kata Kunci: Respon Spektrespon seismik, gempa sulteng, stabilitas, deformasi

ABSTRACT

The September 28th,2018 Central Sulawesi earthquake collapsed various buildings in Palu. One of the buildings that collapsed due to the earthquake was the structure of the Universitas Terbuka building Palu. Based on a survey to the building site, it can be seen that the collapse occurred in the dominance of melting in the column sections so that the structure was unable to stand upright. Therefore, to find out the main cause of the collapse of the Universitas Terbuka Palu building, it is necessary to analyze the seismic response of the structure. The method used is Spectra Response. Analysis of the calculation of deformation, storey drift and base shear is carried out to determine the stability and the main cause of the collapse of the building. The results showed that the Seismic Response of the Universitas Terbuka Palu building structure was not suitable for earthquake loads with the earthquake zoning of the Palu area determined based on SNI 03-1726-2012. The analysis shows that the deformation that occurs is greater than the allowable deformation and the field conditions indicate that the column is experiencing melting so that it collapses earlier than the beam.

Keywords: seismic response spectra, Central Sulawesi earthquake, stability, deformation

1. PENDAHULUAN

Kejadian Gempa adalah merupakan permasalahan yang umum pada struktur bangunan. Berkaitan dengan hal itu, penelitian bidang teknik sipil perlu memahami sifat dinamik struktur bangunan di wilayah gempa melalui Analisa respon seismik struktur bangunan sehingga dapat dilihat apakah struktur bangunan yang didesain dengan peraturan yang ada mampu merespon beban gempa yang terjadi atau tidak. Analisa ini juga dapat memberikan gambaran penting pada struktur yang gagal karena gempa. Sehingga dapat diketahui model perkuatan yang perlu dilakukan untuk mengembalikan struktur bangunan dapat berfungsi dengan baik,

Palu adalah salah satu daerah yang memiliki intensitas gempa yang kuat di Indonesia. Menurut teori lempeng tektonik, Indonesia terletak di atas empat lempeng utama dunia, yaitu

Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, Lempeng Filipina dan Lempeng Pasifik. Lempeng-lempeng ini bergerak secara relative dan bertubrukan satu sama lain (Gischa, S.2019). Pergerakan ini membuat wilayah-wilayah pada perbatasan antar lempeng (*plates boundaries*) menjadi daerah-daerah yang rentan terhadap bencana gempa bumi karena pusat-pusat gempa bumi utama (*epicenters*) terletak pada perbatasan antar lempeng ini. Palu adalah daerah yang dekat dengan pusat gempa Donggala Sulawesi Tengah yang sering mengalami goyangan gempa. Sejarah gempa dan tsunami di Donggala Sulawesi Tengah yang tercatat adalah pada tahun 1927, 1938, 1968.



Gambar 1 Kondisi setelah gempa Bangunan Universitas Terbuka Palu (Sumber Pribadi)

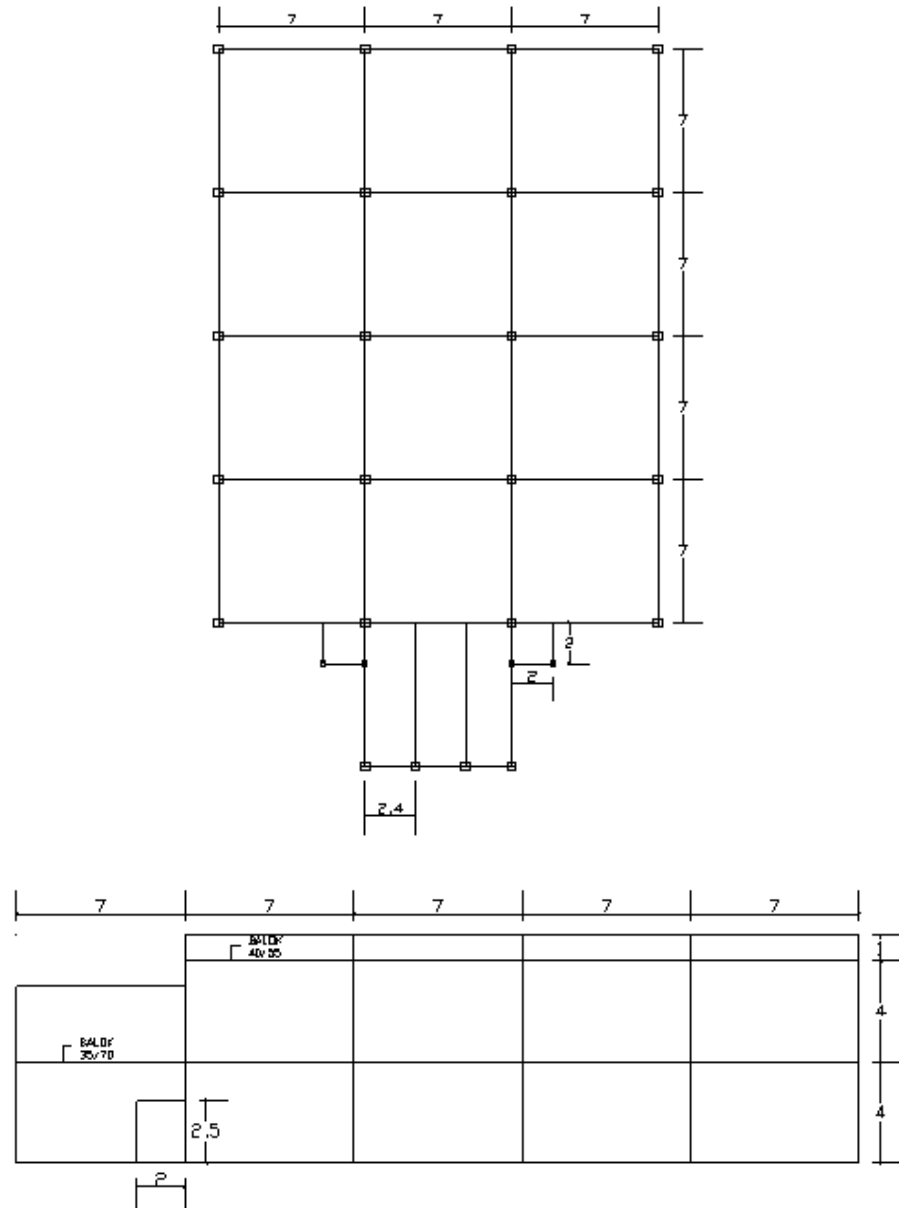
Kejadian Gempa di Donggala Sulawesi Tengah 2018, telah berdampak pada bangunan Gedung Universitas Terbuka di Palu. Gempa tersebut menyebabkan kerusakan bangunan yang cukup parah, Gambar 1 Terlihat kolom eksterior bagian depan masih utuh tetapi sebagian besar kolom bagian belakang telah leleh dan runtuh walaupun masih ada sebagian lainnya utuh. Salah satu cara untuk menganalisa respon seismik struktur bangunan akibat pengaruh gaya lateral gempa pada struktur adalah dengan analisa dinamik melalui pendekatan respon spektrum (Bayyinah, D. A., & Faimun, 2017). Bangunan ini telah berdiri tahun 2011 dan melalui penelitian ini diuji dengan menggunakan peraturan SNI 03-1726-2012. Nilai Indikator respon seismik struktur bangunan akan dianalisa dengan metode perhitungan dengan bantuan Program SAP 2000 (Fikri Alami & Siti Nurul Khotimah 2017)

Berdasarkan analisa respon seismik struktur bangunan dapat diketahui gambaran respon seismik bangunan terhadap gempa di wilayah Sulawesi tengah sehingga dapat membantu usulan solusi alternatif dengan model perkuatan yang sesuai. Dalam penelitian ini ditemukan respon seismik struktur bangunan Universitas Terbuka Palu belum dapat menyesuaikan dengan klasifikasi zona gempa wilayah Palu berdasarkan SNI-03-1726-2012

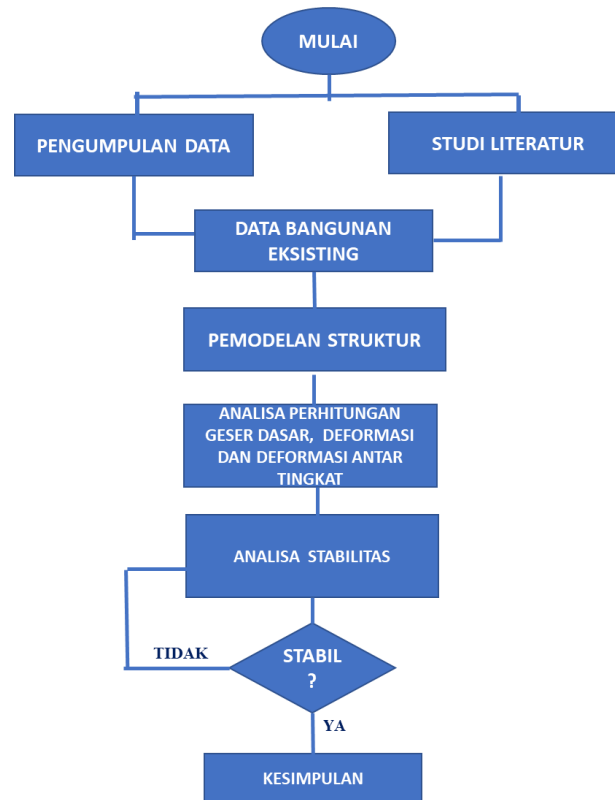
2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang diterapkan adalah metode eksperimen dengan simulasi program computer SAP 2000 v20. Untuk mengetahui respon seismik struktur bangunan. Proses dan Tahapannya adalah dimulai dengan pengumpulan data dan studi literatur yang dilanjutkan dengan pemodelan 3D pada SAP 2000 v20. Kemudian model 3D struktur eksisting di uji dengan analisa dinamik Respon Spektrum. Berdasarkan analisa ditemukan titik lemah dari struktur bangunan melalui proses evaluasi hasil perhitungan deformasi, storey drift dan Gaya

geser dasar. Dengan mengetahui gambaran kelemahan struktur bangunan maka dengan penambahan elemen struktur perkuatan dibuat modelnya yang sesuai. Pengujian *trial and error* masing diuji Respon Spektrum. Jika hasil perhitungan memenuhi standard SNI 1726 2012 berarti kondisi bangunan terhadap zona gempa Palu adalah stabil sebaliknya jika tidak memenuhi maka struktur bangunan kondisi tidak stabil. Berikut ini adalah model struktur dan bagan alir penelitian.



Gambar 2 Denah Kolom dan Potongan Memanjang Bangunan Universitas Terbuka Palu (Sumber Pribadi)



Gambar 3 Bagan Alir Penelitian Bangunan Universitas Terbuka Palu

2.1. Deskripsi Gedung

Gedung yang ditinjau pada penelitian ini adalah Gedung Universitas Terbuka yang terletak di Jalan Pendidikan (Jalur II Untad) Tondo 94118, Tondo, Palu, Kota Palu, Sulawesi Tengah. Gedung ini terdiri dari 3 lantai termasuk dak atap. sudah dilakukan konstruksi struktural pada tahun 2011 lalu mengalami gempa Sulteng pada 28 September 2018. Gambar 2 diatas adalah denah kolom dan potongan struktur yang dimodelkan dalam penelitian dengan data sebagai berikut:

- Geometri Struktur
 - Jenis : *Low rise building*
 - Fungsi : Gedung umum Universitas
 - Jumlah Lantai : 3
 - Tinggi Lantai : Lantai 1 dan 2, atap = 4 meter
 - Luas Bangunan : 35m x 21m
- Data Elemen Struktur
 - Kolom : (40 x 40) cm² /persegi
 - Balok Khusus : (70 x 35) cm,
 - Balok Induk : (55 x 40) cm²
- Mutu Material
 - Mutu Beton
 - Untuk elemen balok, kolom dan plat lantai menggunakan material beton :
 - Mutu beton : K300
 - Kuat tekan $f'c$: 24,9 Mpa
 - Modulus elastisitas: 20.000

- Mutu Rebar

Rebar yang digunakan dalam struktur bangunan adalah sebagai berikut:

Tulangan Utama	: BJ 55
Tegangan putus minimum (f_y)	: 400 Mpa
Tegangan leleh minimum (f_u)	: 550
Modulus elastisitas baja (E_s)	: 200.000 Mpa
Berat Jenis Baja	: 7850 kg/m ³
Tulangan Geser	: BJ 37
Tegangan putus minimum (F_y)	: 240 Mpa
Tegangan leleh minimum (F_u)	: 370 Mpa
Modulus elastisitas baja (E_s)	: 200.000 Mpa
Berat Jenis Baja	: 7850 kg/m ³

2.2. Pembebanan Struktur

Pembebanan yang diperhitungkan pada penelitian ini adalah:

1. Beban Mati (*Dead Load*) adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, (dinding, lantai, atap, plafon & dll).
2. Beban Hidup (*Live Load*) Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain (Angin, Hujan & dll).
3. Beban Gempa (*Earthquake*) Beban gempa adalah semua beban ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa tersebut.

2.3. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi struktur harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor sesuai dengan SNI 1726-2012:

$$1,4D$$

$$1,2D + 1,6L$$

$$1,2D + 1L + 0,3 (\rho QE + 0,2 SDS D) + 1 (\rho QE + 0,2 SDS D)$$

$$1,2D + 1L + 1 (\rho QE + 0,2 SDS D) + 0,3 (\rho QE + 0,2 SDS D)$$

$$0,9 D + 0,3 (\rho QE - 0,2 SDS D) + 1 (\rho QE - 0,2 SDS D)$$

$$0,9 D + 1 (\rho QE - 0,2 SDS D) + 0,3 (\rho QE - 0,2 SDS D)$$

$$\text{Dengan : } E = E_h + E_v$$

$$E = E_h - E_v$$

$$\text{Dimana : } E_h = \rho QE$$

$$E_v = 0,2 SDS D$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Struktur Bangunan dilakukan seperti pada gambar berikut. Dipilih sistem struktur sesuai dengan eksisting SRPMK yaitu sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur dan join-joinnya dapat menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial untuk daerah resiko gempa tinggi. Berdasarkan hasil Analisa Pembebanan diperoleh Gaya Lateral Total pada bangunan arah sumbu x dan sumbu y seperti pada tabel dibawah. Terdapat Gaya Lateral Total Maksimum adalah pada Respon Spectra arah Y sebesar F_y

Tabel 1 Gaya Lateral Total

Arah	Gaya Lateral Total arah X (Fx, kN)	Gaya Lateral Total arah Y (Fy, kN)
Respon Spectra arah X	2,627.295	227.427
Respon Spectra arah Y	98,160.44	258,535.37

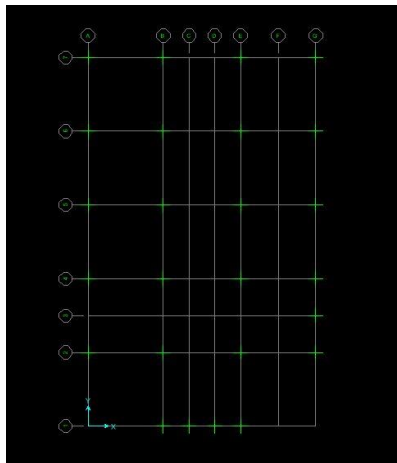
Hasil analisa Perhitungan Deformasi menunjukkan bahwa Deformasi lateral maksimum terjadi pada lantai atap $d_y = 0.025926\text{m}$ lebih besar dari deformasi lateral ijin pada lantai atap $d_i = 0.0155$. Hal yang sama terjadi pada Lantai 1 akibatnya bangunan mengalami kegagalan yang dimulai terjadinya leleh pada kolom.

Tabel 2 Deformasi lateral tingkat dan Deformasi *Story drift*

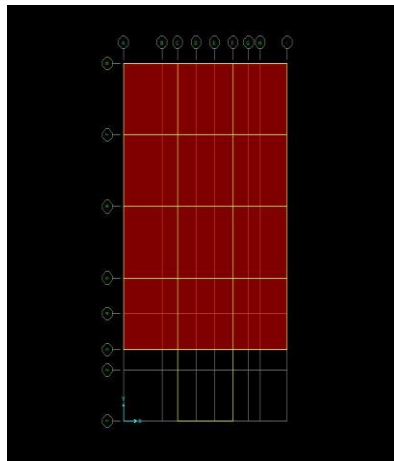
Level	Tinggi (m)	<i>Displacement</i> (m)				<i>Story drift</i> (m)		
		Arah x	Arah y	d_{Ijin}	Ket	Arah x	Arah y	$\Delta Ijin (\Delta\alpha/\rho)$
Atap	8	0.020137	0.025926	0.0155	<i>Tidak memenuhi</i>	0.00215	0.00285	0.00775
lantai 1	4	0.012161	0.015509	0.00775	<i>Tidak memenuhi</i>	0.0022	0.00363	0.00775

Catatan : $\Delta\alpha / \rho = (0,010 \times h_{sx}) / 1.3 = (0,010 \times 4\text{m}) / 1.3 = 0.031 \text{ m} = 31 \text{ mm} = 0.00775\text{m}$

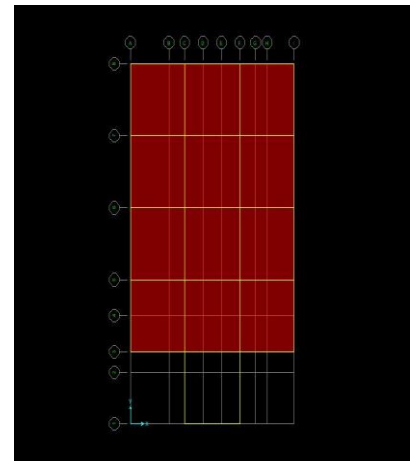
Modelisasi Struktur Bangunan pada Program SAP 2000 seperti pada Gambar berikut. Struktur bangunan terdiri dari Lantai atap, lantai 1 dan lantai dasar seperti pada gambar modelisasi 3D.



(Lantai) Dasar)

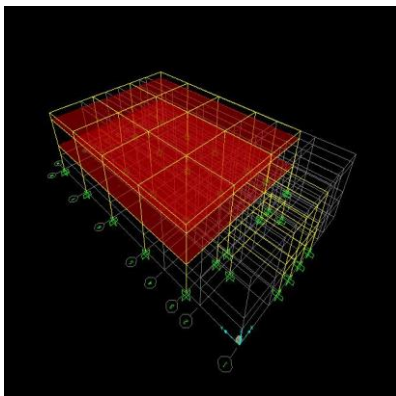


(Lantai Satu)

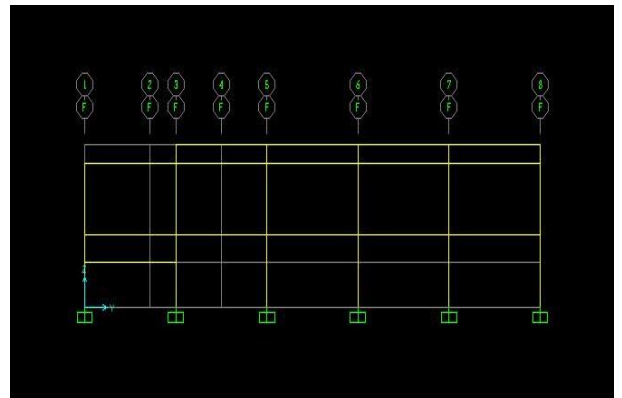


(Lantai Atap)

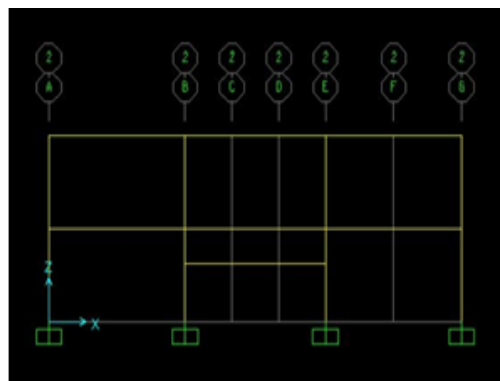
Gambar 4 Denah Lantai



Gambar 5 Modelisasi 3D



Gambar 6 Potongan arah sumbu Y

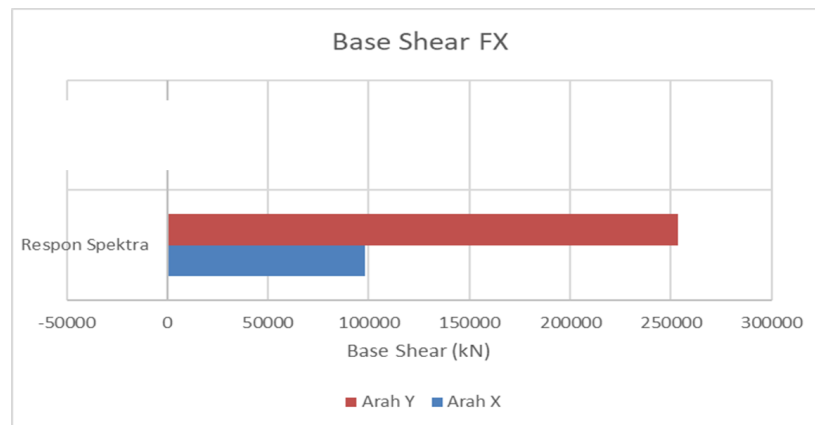


Gambar 7 Potongan arah sumbu X

Pada penelitian ini tiga variabel yang menjadi indikator respon seismik struktur bangunan Universitas Terbuka dianalisa adalah Gaya Geser dasar, Deformasi struktur dan simpangan antar lantai sebagai berikut:

3.1 Gaya geser dasar

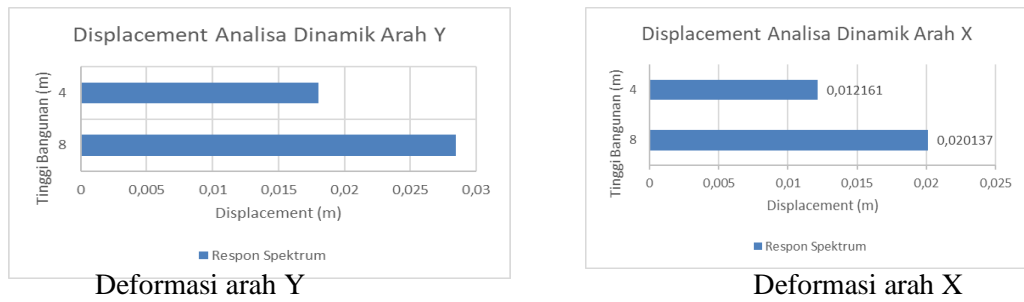
Grafik menunjukkan bahwa Gaya geser dasar maksimum yang terjadi adalah Pada Respon spektra arah Y dengan nilai D_x maksimum sebesar 258,535.37 kN sedangkan akibat respon spektra arah x menghasilkan D_x maksimum sebesar 98,160.44 kN hanya sekitar 32 % dari besar D_x maksimum akibat respon secetra arah Y. Dari data tersebut terlihat bahwa penyebab terjadinya kelelahan pada kolom adalah di dominasi gempa arah Y Sumbu global Struktur bangunan.



Gambar 8 Perbandingan Gaya geser Dasar

3.2 Deformasi Struktur Bangunan

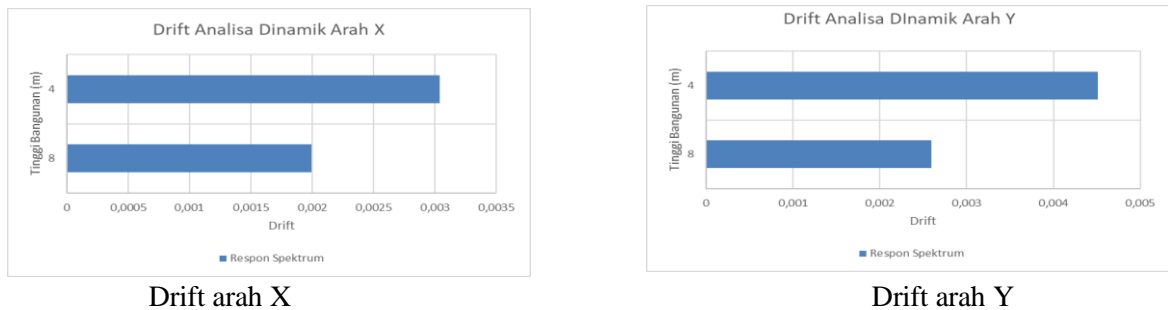
Analisa Perhitungan deformasi struktur bangunan menunjukkan bahwa deformasi maksimum adalah d_y sebesar 0.025926m terjadi pada lantai atap dengan ketinggian 8m sedangkan deformasi pada lantai 1 adalah sebesar d_y sebesar 0.015509 m. Deformasi yang terjadi pada lantai atap dan lantai satu adalah melampaui deformasi ijin sebesar di sebesar 0.0155 m pada lantai atap dan 0.00775 m pada lantai satu. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan terlihat bahwa dimensi balok adalah jauh lebih besar dari dimensi kolom dan sistem penulangan geser yang belum sesuai standard yang ada maka Konsep kolom kuat balok lemah belum terpenuhi sehingga menimbulkan terjadinya Deformasi lateral yang melampaui deformasi ijin yang memberi kontribusi pada terjadinya leleh pada kolom. Demikian juga dengan Respon spektrum arah X walaupun deformasi maksimum yang terjadi tidak dominan tetapi juga melampaui deformasi ijin struktur.



Gambar 9 Perbandingan Deformasi maksimum

3.3 Simpang antar lantai

Simpang antar lantai yang diijinkan untuk gedung dengan kriteria resiko II adalah $\Delta_a = (0,020) \times H$. Maka besar deformasi ijin antar tingkat adalah Δ_i sebesar 0.00775 m masih lebih besar dari deformasi antar tingkat lantai atap dan lantai 1. Hasil pada grafik menunjukkan bahwa kontrol batasan waktu untuk gedung tanpa bresing telah memenuhi persyaratan sesuai dengan yang disyarat (memenuhi/ aman). Perhitungan nilai partisipasi massa pada perhitungan sebelumnya juga telah memenuhi persyaratan dengan nilai partisipasi massa melebihi 90%.



Gambar 10 Perbandingan Deformasi maksimum

3.4 Perbandingan hasil Survey dengan Analisa Perhitungan

Seperti terlihat pada Tabel 3.3 Hasil survey dibandingkan dengan hasil analisa Perhitungan dengan SAP 2000 menunjukkan bahwa kolom mengalami deformasi yang besar sementara balok masih mengalami deformasi kecil. Dan pada foto hasil Survey bangunan Universitas Terbuka pasca gempa 28 September 2018 terlihat bahwa sebagian besar kolom telah terjadi leleh pada ujung bawah dan atas. Artinya struktur bangunan tersebut belum sesuai dengan prinsip kolom kuat balok lemah belum pada kapasitas desain.

Tabel 3 Perbandingan foto survey dan Simulasi Program.


Kondisi Struktur Eksisting pasca gempa Palu 28 September 2018	Hasil Analisa Struktur akibat beban Respon Spektrum
	
	

Foto sumber: Pribadi

4. KESIMPULAN

Berdasarkan Analisa Respon pada seismik Gedung Universitas Terbuka Palu dengan Respon spektra SNI 03-1726-2012 maka dapat disimpulkan bahwa Respon seismik dan kaitannya dengan kerusakan struktur bangunan pasca gempa 28 September 2018 sebagai berikut :

1. Kerusakan yang terjadi akibat gempa Sulteng 18 September 2012 adalah disebabkan adanya deformasi yang melampaui deformasi ijin.
2. Karena bangunan didirikan sebelum tahun 2012 sehingga belum dipenuhinya standard SNI 03-1726-2012 yang lebih spesifik memiliki respon spektra di setiap wilayah termasuk wilayah Palu.
3. Prinsip Kolom kuat Balok lemah belum terpenuhi secara optimal dan berdasarkan pengamatan hasil survey dilapangan terlihat tulangan geser pada kolom belum sesuai dengan standard yang ada.

5. REFERENCES

- A, W. (2006). Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa dilengkapi dengan Metode dan Cara Perbaikan Kerusakan. Jakarta: Direktorat Jendral Cipta Karya.
- Anggen, W. S., Budi, A. S., & Gunawan, P. (2014). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Dengan Analisis Dinamik Time History menggunakan ETABS (Studi Kasus: Hotel di Daerah Karanganyar). e-Jurnal Matriks Teknik Sipil.
- Andreasnata, I. W. M., Sinarta, I. N., Armaeni, N. K., Sarasantika, I. E., Trung, D. T., Casita, C. B., ... & Tampubolon, S. P. (2022). Column structure strengthening with FRP (Fiber Reinforced Polymer) due to story addition. *Journal of Infrastructure Planning and Engineering (JIPE)*, 1(1), 38-45.

- Badan Standarisasi Nasional. (2001). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung. SNI 1726:2012. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- Bayyinah, D. A., & Faimun. (2017). Studi Perbandingan Analisis Respon Spektra dan Time History untuk Desain Gedung. *Jurnal Teknik ITS*.
- Federal Emergency Management Agency. (1998). FEMA 310 Handbook for the Seismic Evaluations of Building. Washington DC: Federal Emergency Management Agency.
- Federal Emergency Management Agency. (2000). FEMA 356 Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings. Washington DC: Federal Emergency Management Agency.
- Fikri Alami & Siti Nurul Khotimah (2017), Manual Structural Analysis Program SAP 2000. Lampung Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
- Gischa, S. (n.d.). Lempeng Tektonik dan Jenisnya di Indonesia. Retrieved Maret 12, 2019, from <https://www.kompas.com/skola/read/2020/01/10/060000669/lempeng-tektonik-dan-jenisnya-di-indonesia?page=all>,
- Hariyanto, A. (2011). Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat Tidak Beraturan dengan Analisis Dinamik menggunakan Metode Analisis Respon Spektrum. Solo: UNS.
- Read HH, W. J. (1975). Introduction to Geology. New York: Halsted.
- Nehe, E., Simanjuntak, P., & Tampubolon, S. P. (2021, October). Evaluation of the performance of high-rise building structures with plan 'H' shaped for earthquake with height increase (Case study: Apartment Urban Sky-Bekasi). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 878, No. 1, p. 012053). IOP Publishing.
- Soelarso dan Baeha (2017). Evaluasi Simpangan Struktur akibat penambahan lantai dengan metode analisis statik dan dinamik Response Spektrum. *Jurnal Spektran* Vol. 5, No. 2, Hal. 88 – 95
- Suhartanto W, A. (2011). Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat tidak Beraturan dengan Analisis Dinamik menggunakan Metode Analisis Riwayat Waktu. Solo: UNS.
- Tampubolon, S. P., Sarasantika, I. P. E., & Suarjana, I. W. G. (2022). Analisis Kerusakan Struktur Bangunan dan Manajemen Bencana Akibat Gempa Bumi, Tsunami, dan Likuifaksi di Palu. *Bentang: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 10(2), 169-186.
- Tampubolon, S. P. (2021). Analisis Kekuatan Geser Pada Hubungan Balok-Kolom Interior Beton Bertulang= Analysis of Shear Strength in Relationships Reinforced Concrete Interior Columns. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING BUILDING AND TRANSPORTATION*, 5(1), 56-63.
- Wiga Sapta Hidayah, Hidayat Mughni (2018). Studi Analisis Simpangan pada konstruksi dengan titik pusat massa berada di luar bangunan akibat Respon Spektrum berdasarkan SNI 03-1726-2012. Website: jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek. Fakultas Teknik Universitas Muhamadiyah: Jakarta