

EVALUASI SIMPANGAN STRUKTUR AKIBAT PENAMBAHAN LANTAI DENGAN METODE ANALISIS STATIK DAN DINAMIK RESPONSE SPECTRUM (Studi Kasus : Pembangunan Gedung Dekanat Fakultas Teknik UNTIRTA)

Soelarso¹ dan Baehaki²

^{1,2}*Dosen Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Email: soelarso@untirta.ac.id*

ABSTRAK

Kemajuan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi membuat masyarakat Indonesia semakin peduli akan pendidikan setingkat perguruan tinggi sehingga meningkatnya mahasiswa yang harus diimbangi dengan pembangunan prasarana gedung pendidikan. Pada tahun 2015 telah dibangun gedung 3 (tiga) lantai yang difungsikan sebagai perkantoran untuk Dekanat Fakultas Teknik Untirta, namun dalam proses pelaksanaannya dilakukan *re-design* dengan penambahan 3 lantai di atasnya untuk memenuhi kebutuhan ruang di Fakultas Teknik Untirta. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa ulang simpangan struktur gedung agar dapat diketahui simpangan struktur akibat penambahan beban dan pengaruh gaya gempa, sehingga dapat dilakukan evaluasi terhadap rencana penambahan lantai sebanyak 3 lantai pada struktur gedung Fakultas Teknik Untirta. Metode analisis yang digunakan adalah metode analisis statik ekuivalen dan analisis dinamik *respons spectrum* dengan menggunakan bantuan program komputer yaitu *software Extended Three dimensional Analysis Building System (ETABS)*. Dihasilkan dari analisis model 3D dengan penambahan 3 lantai bangunan, perilaku struktur pada mode 1,2 dan 3 berturut-turut terjadi translasi arah X, translasi arah Y dan rotasi sumbu Z. Gaya geser dasar yang terjadi sebesar 1.549,45 kN pada arah X dan 1.581,06 kN pada arah Y. Simpangan maksimum yang terjadi sebesar 298,65 mm akibat beban gempa arah X, 249,59 mm akibat beban gempa arah Y. Nilai simpangan tersebut telah melampaui batas simpangan yang diizinkan yaitu sebesar 186 mm, sehingga struktur existing tidak mampu menahan beban yang bekerja akibat penambahan lantai sesuai standar perancangan SNI 03-1726-2012.

Kata kunci: *Evaluasi Struktur, Simpangan, Gaya Geser*

EVALUATION OF STRUCTURE DEPOSITS DUE TO ADDITION OF FLOOR WITH STATIC AND DYNAMICS RESPONSE SPECTRUM ANALYSIS METHOD (Case Study: Dekanat Building Construction Faculty of Engineering UNTIRTA)

ABSTRACT

The Advancement of Science and Technology made Indonesians increasingly concerned about education at the university so that the increasing of students must be balanced with the development of education building infrastructure. In 2015, have been built 3 floors which functioned as offices for Dean Faculty of Engineering Untirta, but in the process of implementation is done *re-design* with the addition of 3 floors above it to meet space requirement at the Faculty of Engineering Untirta. This research was conducted to re-analyze the deflection of structure building in order to know the deflection of structures due to the addition of load and the effect of earthquake force, so that can be evaluated to plan the addition of floor as much as 3 floors in Faculty of Engineering Untirta building structure. The analytical method used are the equivalent static analysis and dynamic response spectrum analysis using the computer program *Extended Three dimensional Analysis Building System (ETABS)*. Resulted from 3D model analysis with the addition of 3 floors, the behavior of structures in the modes 1,2 and 3 respectively happened translations X direction, Y direction and Z axis rotation. Base shear force that occurred for 1.549.45 kN at X direction and 1.581,06 kN at Y direction. Maximum deflection that happened at 298,65 mm due to earthquake load X direction, 249,59 mm due to earthquake load Y direction. The deflection value has exceeded the allowable deflection limit of 186 mm, so that the existing structures cannot resist against the working load due to the addition of the floor according to the design standard of SNI 03-1726-2012.

Keywords : *Structure Evaluation, Deflection, Shear Force*

1. PENDAHULUAN

Kemajuan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi membuat masyarakat Indonesia semakin peduli akan pendidikan setingkat perguruan tinggi sehingga meningkatnya mahasiswa yang harus diimbangi dengan pembangunan prasarana gedung perkuliahan, dengan semakin terus meningkatnya jumlah pendaftaran masuk Untirta dan keterbatasan sarana infrastruktur yang ada saat ini, maka hal tersebut mendorong adanya pengembangan sarana infrastruktur di Fakultas Teknik Untirta.

Pada tahun 2015 telah dibangun gedung 3 (tiga) lantai yang difungsikan sebagai perkantoran untuk Dekanat Fakultas Teknik Untirta. Bangunan gedung tersebut berada di kota Cilegon, Banten. Dibangun untuk memenuhi kebutuhan sarana dan prasarana dalam hal peningkatan mutu pendidikan.



Gambar 1. Pembangunan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Untirta

Dalam penuhi kebutuhan infrastruktur gedung tersebut, tidak selamanya pembangunan gedung yang baru sebagai pilihan yang tepat. Efisiensi pemanfaatan gedung yang sudah ada dapat menjadi pilihan, diantaranya dengan melakukan penambahan lantai pada suatu gedung.

Dalam perencanaan awal, gedung Fakultas Teknik Untirta dibangun setinggi 3 (tiga) lantai, namun dalam proses pelaksanaannya dilakukan *re-design* dengan penambahan 3 lantai di atasnya. Oleh karena itu, dilakukan analisa ulang agar dapat diketahui kemampuan struktur akibat penambahan beban dan pengaruh gempa, sehingga dapat dilakukan evaluasi terhadap rencana penambahan lantai sebanyak 3 lantai pada struktur gedung Fakultas Teknik Untirta.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka melalui evaluasi ini diharapkan dapat mengetahui apakah gedung telah memenuhi syarat keamanan sesuai dengan acuan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk perencanaan ketahanan gempa terbaru akibat penambahan lantai atau sebaliknya.

Penyusun berharap dapat memberikan masukan kepada pihak pengelola gedung di UNTIRTA, dalam melakukan penambahan lantai pada gedung Dekanat Fakultas Teknik sebagai solusi untuk memenuhi kebutuhan ruang di Fakultas Teknik Untirta.

2. JUDUL TOPIK/TEORI PENDUKUNG

2.1 Beban gempa berdasarkan SNI 03-1726-2012

2.1.1 Penentuan nilai respons spektra

Respons spektra setiap daerah berbeda-beda akibat adanya kemungkinan kejadian gempa daerah satu dengan lainnya sangat berbeda. Untuk mendesain sebuah bangunan gedung, diperlukan penentuan nilai respons spektra pada percepatan periode pendek yaitu 0,2 detik dan nilai respons spektra pada percepatan periode 1 detik. Nilai tersebut dapat dilihat pada peta gempa pada SNI Gempa 2012 atau pada situs milik Kementerian Pekerjaan Umum bagian Pusat Pengembangan dan Penelitian Permukiman, yang berdasarkan probabilitas terlampaui 20% dalam 50 tahun dengan periode ulang gempa 2475 tahun pada batuan (SB).

2.1.2 Periode fundamental pendekatan

Penentuan periode fundamental struktur T dapat diperoleh dari hasil analisis struktur yang akan ditinjau. Namun SNI Gempa 2012 memberi persyaratan bahwa periode fundamental yang akan dipakai sebagai perhitungan tidak boleh melebihi dari batas atas periode fundamental pendekatan dengan nilai batas atas periode fundamental pendekatan adalah perkalian dari koefisien periode batas atas (C_u) dengan periode pendekatan (T_a). Untuk memudahkan pelaksanaan, periode alami fundamental T ini boleh langsung digunakan periode pendekatan T_a . Periode pendekatan ditentukan berdasarkan Persamaan 1 berikut ini.

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (1)$$

$$T_{\max} = C_t \cdot h_n^x \quad (2)$$

2.1.3 Penentuan gaya geser (base shear)

Gaya geser dasar seismik adalah total dari seluruh gaya lateral akibat gempa yang diterima oleh bangunan gedung yang sedang ditinjau dan merupakan total dari gaya lateral gempa yang diterima setiap lantainya. Besarnya gaya geser dasar seismik seperti pada Persamaan dibawah ini.

$$V = C_s \times W \tag{3}$$

dimana :

- V = gaya geser dasar seismik,
- C_s = koefisien respons seismik,
- W = berat gravitasi total struktur gedung efektif.

2.2.7 Batasan simpangan antar lantai

Simpangan antara lantai (Δ) dibatasi agar tidak melebihi dari simpangan antar lantai ijin sebesar ΔU yang ditentukan berdasarkan ketentuan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Simpangan antar lantai ijin, Δ (Pasal 7.12.1. SNI 03-1726-2012)

Struktur	Kategori resiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 h _{sx}	0,020 h _{sx}	0,015 h _{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h _{sx}	0,010 h _{sx}	0,010 h _{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h _{sx}	0,007 h _{sx}	0,007 h _{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h _{sx}	0,015 h _{sx}	0,010 h _{sx}

dengan : h_{sx} = tinggi tingkat di bawah tingkat x

3. METODE

3.1 Alur penelitian

Secara garis besar penelitian terdiri dari dua tahap. Pada tahap awal penelitian dilakukan pengujian mutu beton *existing* berupa uji *hammer test* dan PUNDIT untuk mengetahui kuat tekan beton *existing* (f_c). Pada tahap kedua dilakukan analisis struktur *existing* 3 (tiga) lantai dan struktur *redesign* akibat penambahan lantai menjadi 6 (enam) lantai. Secara umum tahapan pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1.

3.2 Pengujian mutu beton existing

3.2.1 Pengujian dengan hammer test

Rebound Hammer Test adalah suatu pengujian permukaan mutu beton tanpa merusak beton. Untuk mengetahui keseragaman mutu beton dipermukaan dapat dilakukan dengan cara uji tanpa merusak dengan *hammer test* ini (palu beton) yang dapat digunakan untuk menguji dan mengevaluasi kekerasan permukaan beton.

3.2.2 Pengujian dengan ultrasonic pulse velocity

Prinsip kerja pengujian *ultrasonic* adalah mengubah energi gelombang listrik yang dibangkitkan oleh pembangkit pulsa transducer pengirim (T) menjadi energi gelombang mekanik yang selanjutnya merambat pada beton. Setelah sampai pada *probe receiver* (R) energi gelombang tadi diubah kembali menjadi energi gelombang listrik yang selanjutnya melewati penguat dan akhirnya dihitung/ditampilkan waktu tempuh pencatat digital.

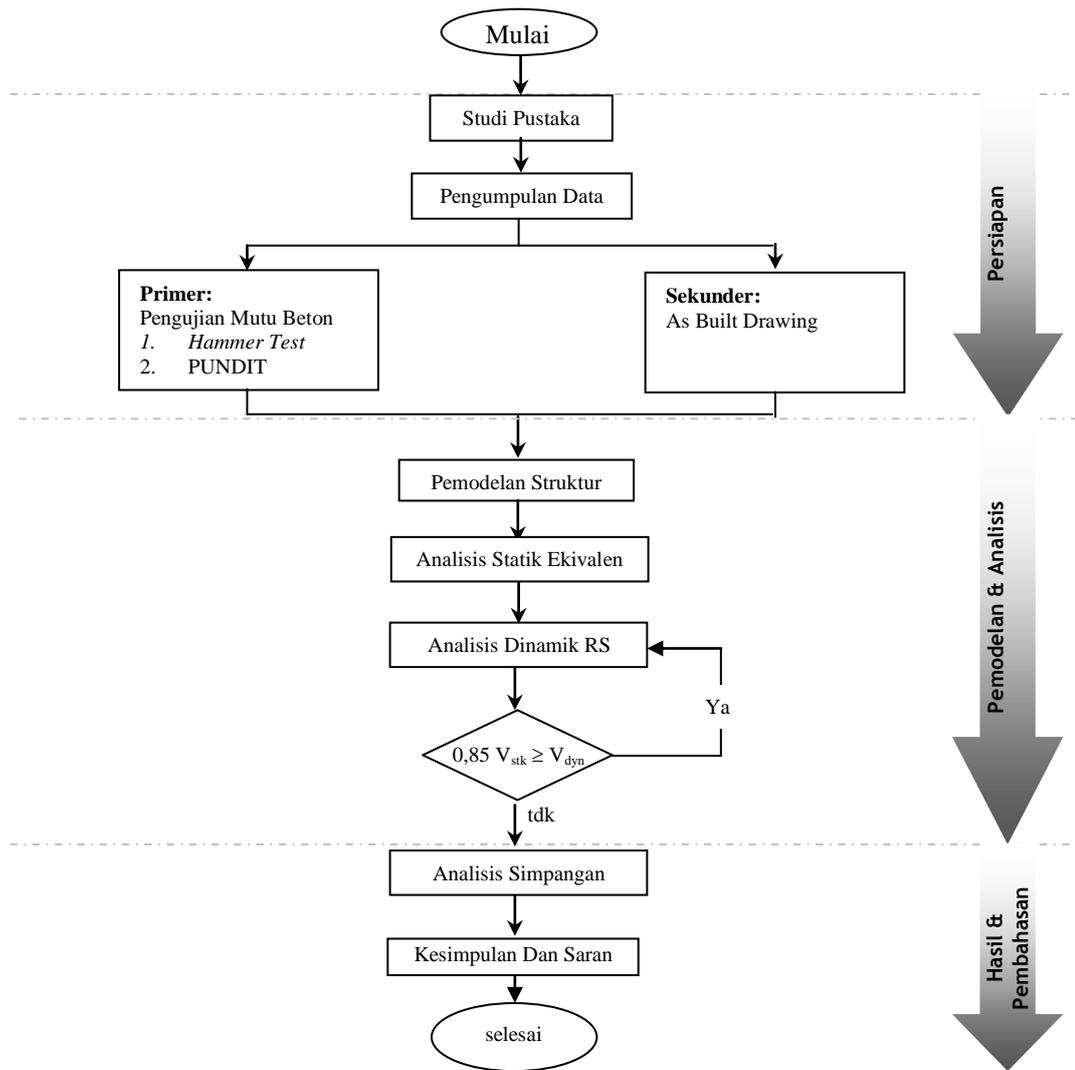
Menghitung estimasi kepadatan beton:

Nilai V didapat dengan menggunakan persamaan berikut :

$$V = \frac{L}{T} \text{ (km / sec)} \tag{4}$$

Dimana :

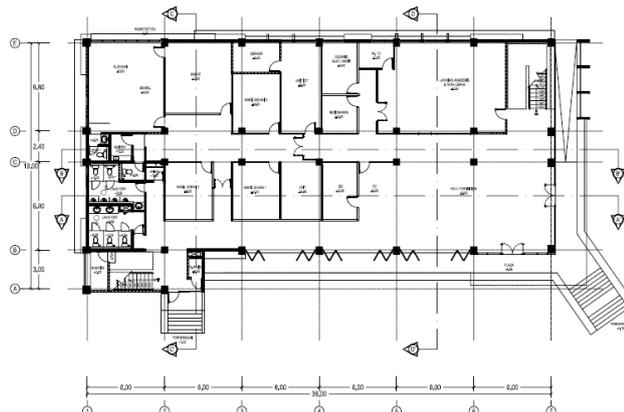
- L = jarak lintasan (mm)
- T = Waktu tempuh gelombang ultrasonik (μsec) / didapatkan dari pengujian



Gambar 2. Alur Penelitian

3.3 Deskripsi gedung

Gedung yang ditinjau pada penelitian ini adalah Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang terletak di Jalan Jenderal Sudirman No. 45, Cilegon, Banten. Gedung ini terdiri dari 3 lantai. sudah dilakukan konstruksi struktural pada tahun 2015 lalu dan direncanakan untuk dilakukan penambahan lantai bangunan sebanyak 3 lantai. Berikut adalah denah lantai, struktur yang dimodelkan dalam penelitian.



Gambar 3. Denah Bangunan Gedung Dekanat FT. Untirta

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian mutu beton existing

4.1.1 Pengujian mutu beton existing dengan hammer test

Jumlah pengambilan data seluruh gedung adalah 105 benda uji, dengan rincian masing-masing 16 titik pada kolom lantai 1, 2 dan 3, 19 titik pada balok lantai 1,2 dan 3. Pada setiap lokasi pengujian dilakukan 10 kali pukulan, kemudian nilainya dirata-ratakan. Dari nilai rerata pada masing-masing titik pengujian ini kemudian dikorelasikan dengan kuat tekan beton silinder standar. Secara umum kuat hasil pengujian yang diperoleh adalah 18 MPa sampai dengan 48 Mpa.

4.2 Pengujian mutu beton existing dengan UPV

Jumlah pengambilan data dari pengujian menggunakan UPV ini adalah 105 benda uji, dengan rincian masing-masing 16 titik pada kolom lantai 1, 2 dan 3, 19 titik pada balok lantai 1,2 dan 3. Pada setiap titik pengujian dilakukan 3 kali pengukuran dengan posisi pangkal, tengah dan ujung dari benda uji. Secara umum hasil pengujian menggunakan UPV didapatkan kecepatan rambat gelombang $v > 3,5$ km/det, suatu nilai yang mengindikasikan bahwa beton mempunyai kualitas yang baik (*good*). Untuk keperluan *re-analisis* struktur, nilai kuat tekan beton untuk kolom, balok, dan pelat diambil sebesar 25 MPa atau setara dengan K-300.



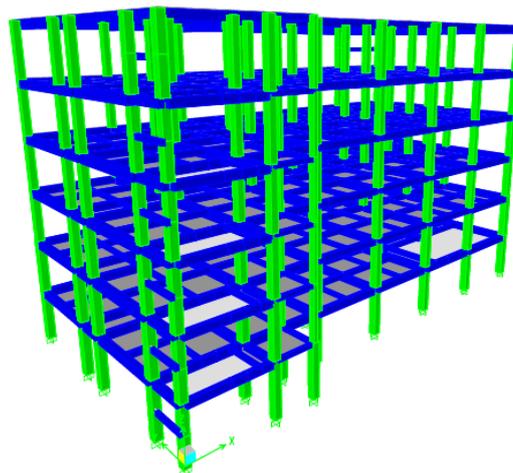
Gambar 4. Pegujian Mutu Beton Eksisting

4.2 Analisis struktur

4.2.1 Model struktur

Struktur gedung dimodelkan sebagai struktur grid dengan elemen balok dipakai elemen batang (*frame*), pelat lantai dipakai elemen pelat dengan elemen *shell*. Material yang dipakai beton bertulang untuk elemen balok, kolom dan pelat. Elemen untuk pelat dibagi dalam pias-pias (*mesh*) dengan jumlah tertentu sedemikian sehingga akan didapatkan hitungan analisis yang konvergen, berupa gaya-gaya pada pelat lantai dan balok-balok pendukungnya. Dimensi elemen struktur (lebar, tinggi balok dan kolom, tebal pelat lantai) disesuaikan dengan data dari gambar sesuai lokasi masing-masing pada denah. Dinding dibebankan sebagai beban merata pada balok-balok pendukung.

Pada elemen pelat lantai selanjutnya juga diberikan beban luasan mati dan hidup sesuai dengan ketentuan peraturan dan fungsi penggunaan bangunan. Fondasi bangunan dimodelkan sebagai tumpuan jepit.



Gambar 5. Model truktur Gedung

4.2.2 Pembebanan struktur

Pembebanan pada model struktur terdiri atas pembebanan statik dan dinamik (gempa). Beban statik meliputi berat sendiri struktur (balok, kolom, pelat, dinding), beban dari atap (rangka dan penutup atap, plafond dan aksesoris), dan beban hidup orang luasan. Sedangkan untuk pembebanan gempa dibebankan secara statik ekuivalen dan dinamik dengan metode Respon Spektrum sesuai dengan peraturan..

1. Beban berat sendiri elemen struktur

Beban berat sendiri elemen struktur (balok, kolom, pelat lantai, dinding) dihitung dari berat jenis bahan / material elemen struktur dan volume total elemen struktur yang dihitung. Berat sendiri telah dihitung secara otomatis oleh program komputer dengan jalan aktivasi pengali berat sendiri bahan (*self weight multiplier*) untuk *load case* (tipe beban) mati dan input data berat jenis bahan/material struktur.

2. Beban hidup

Beban hidup terdiri atas beban orang dan peralatan per luasan tertentu. Beban hidup luasan diambil sebesar $250 \text{ kg/m}^2 = 2,5 \text{ kN/m}^2$ untuk pelat lantai dan 100 kg/m^2 untuk pelat dak yang dibebankan sebagai beban merata luasan untuk pelat, sesuai dengan peraturan Pedoman Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung.

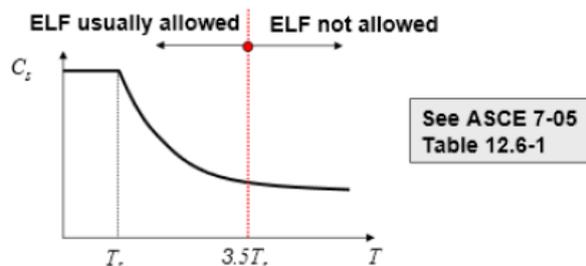
3. Beban gempa

Beban gempa yang diberikan kepada struktur mengikuti peraturan SNI 03-1726-2012. Berikut adalah prosedur perhitungan beban gempa pada struktur bangunan gedung.

Perhitungan beban gempa berdasarkan SNI 1726-2012

a. Penentuan prosedur analisis beban gempa

Prosedur analisis yang digunakan sesuai SNI Gempa 2012. Pada peraturan gempa baru tersebut, untuk kategori desain seismik D, bila struktur tidak beraturan dengan $T < 3,5 T_s$ maka dapat digunakan prosedur statik ekuivalen.



Gambar 6. Batasan penggunaan gaya statik ekuivalen yang diizinkan
(Sumber : FEMA 451)

b. Penentuan Periode alami fundamental pendekatan

Periode yang digunakan adalah periode hasil analisis struktur ETABS. Periode yang digunakan tidak kurang dari periode pendekatan dan tidak melebihi periode pendekatan dikalikan batas atas periode.

Berdasarkan Tabel 6, koefisien batas atas periode, $C_u = 1,4$

Pendekatan periode fundamental alami:

$$T_a = 0,0466 \times H^{0,9} = 0,8596 \text{ detik}$$

Batas atas periode fundamental alami:

$$C_u T_a = 1,203 \text{ detik}$$

Periode struktur hasil analisis modal ETABS dengan penampang utuh sebagai berikut:

$$T_{cx-uncracked} = 1,215 \text{ sec detik untuk arah x}$$

$$T_{cy-uncracked} = 1,149 \text{ sec detik untuk arah y}$$

Periode struktur hasil analisis modal ETABS dengan penampang retak sebagai berikut:

$$T_{cx-crack} = 1,839 \text{ sec detik untuk arah x}$$

$$T_{cy-crack} = 1,668 \text{ sec detik untuk arah y}$$

Batas atas periode fundamental yang dipakai adalah sebagai berikut:

$$T_{max-x} (1,203\text{sec}) < T_{c-uncracked} (1,215 \text{ sec}), \text{ sehingga dipakai } T_{max-x} = 1,215 \text{ sec}$$

$$T_{max-y} (1,203\text{sec}) > T_{c-uncracked} (1,149 \text{ sec}), \text{ sehingga dipakai } T_{max-x} = 1,203 \text{ sec}$$

periode yang digunakan :

- Jika $T_c > C_u \cdot T_a$, digunakan periode $T = C_u \cdot T_a$
- Jika $T_a < T_c < C_u \cdot T_a$, digunakan periode $T = T_c$
- Jika $T_c < T_a$, digunakan periode $T = T_a$

Dari ketiga persamaan diatas didapatkan persamaan yang memenuhi yaitu:

- $T_{cx-crack} (1,839) > T_{max-x} (1,215)$, sehingga digunakan $T_x = 1,215$ sec
- $T_{cy-crack} (1,668) > T_{max-y} (1,203)$, sehingga digunakan $T_x = 1,203$ sec

c. Penentuan gaya geser akibat gaya gempa berdasarkan metode static ekuivalen

1). Penentuan Berat Struktur

Menurut SNI 03-1727-1987 yang tidak dijelaskan kembali pada SNI 03-1727-1989, untuk memperhitungkan berat struktur guna menghitung beban gempa, perlu menyertakan beban mati dan beban lainnya sesuai dengan ketentuan pada SNI 03-1727-1987. Pada kasus ini, untuk menghitung berat struktur, yang perlu diikuti adalah beban mati dan 0,3 beban hidup. Nilai 0,3 berasal dari faktor reduksi yang tertera pada SNI 03-1727-1989. Untuk beban mati, berat yang dihitung adalah berat balok, kolom, plat, tangga, bordes, dinding, dan berat mati tambahan. Berat mati struktur total disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Berat Struktur yang diperhitungkan untuk pembebanan gempa

Lantai	h_i (m)	W_i (kN)
atap	24	3670.65
5	20	6557.79
4	16	6307.63
3	12	6579.79
2	8	6636.45
1	4	6708.60
Total		36460.91

2). Penentuan Koefisien Respons Seismik

Respons Seismik arah-X

Dari berbagai nilai koefisien respons seismic pada arah X didapat nilai C_{sx} yang menentukan adalah 0,050 sec

Respons Seismik arah-Y

Dari berbagai nilai koefisien respons seismic pada arah Y didapat nilai C_{sy} yang menentukan adalah 0,051 sec

3). Perhitungan berat bangunan geser dasar seismik

$$V_{arah-x} = C_{Sx} \times W_t = 0,050 \times 36460,91 = 1823,05 \text{ kN}$$

$$V_{arah-y} = C_{Sy} \times W_t = 0,051 \times 36460,91 = 1859,51 \text{ kN}$$

d. Penentuan skala gaya respons spectra

Penggunaan analisis respons spektra perlu diikuti dengan pemenuhan persyaratan yaitu besarnya gaya geser dasar respons spektra harus diperbesar dengan skala gaya apabila nilainya kurang dari 85% gaya geser dasar yang dihitung menggunakan prosedur statik ekuivalen sesuai Pasal 7.9.4.1 SNI 1726-2012. Nilai gaya lateral dari statik ekuivalen diperoleh dari perhitungan sebelumnya dan nilai gaya lateral akibat respons spektrum didapat dari pembacaan output pada model di ETABS. Gaya lateral akibat respons spektrum arah x dan y perlu dikalikan terlebih dahulu dengan faktor skala awal yaitu sebagai berikut.

$$\text{Faktor skala awal} = \text{percepatan gravitasi} \times I / R = 9,81 \text{ m/s}^2 \times 1,5 / 8 = 1,839$$

$$\text{Skala gaya} = 0,85 \times V_{\text{statik ekuivalen}} / V_{\text{respons spektrum}}$$

$$\text{Skala gaya arah x} = 0,85 \times 1.823,05 / 1.047,64 = 1,479$$

$$\text{Skala gaya arah y} = 0,85 \times 1.859,91 / 1.129,91 = 1,399$$

4.2.3 Pemeriksaan simpangan yang diijinkan

Simpangan antar lantai yang terjadi saat penmpang retak tidak diijinkan melebihi dari batasan yang telah diatur. Selisih simpangan antar lantai tersebut sudah harus dikalikan dengan faktor Cd yang didapat dari pemilihan jenis struktur. Untuk struktur jenis SRPMK, ditetapkan Cd senilai 5,5. Berikut perhitungan batasan simpangan antar lantai.

Batasan simpangan ijin sebesar $0,010 h_{sx}$, dengan h_{sx} adalah tinggi lantai dibawah lantai yang ditinjau.

Pada kasus ini, tinggi lantai untuk seluruh lantai sebesar 4 m, sehingga:

$$\Delta_a/\rho = (0,010 \times h_{sx})/1.3 = (0,010 \times 4\text{m})/1.3 = 0.031 \text{ m} = 31 \text{ mm.}$$

a. Simpangan akibat gaya gempa desain arah x dan y

Tabel 3. Simpangan akibat gaya gempa desain arah x

Lantai	Tinggi (m)	δ_{xe} (mm)	δ_e (mm)	Δ (mm)	$\Delta\alpha/\rho$ (mm)	Ket:
Atap	24	54.30	298.65	21.56	31	Memenuhi
5	20	50.38	277.09	43.40	31	Tidak memenuhi
4	16	42.49	233.70	60.94	31	Tidak memenuhi
3	12	31.41	172.76	71.78	31	Tidak memenuhi
2	8	18.36	100.98	65.07	31	Tidak memenuhi
1	4	6.53	35.92	35.92	31	Tidak memenuhi

Tabel 4. Simpangan akibat gaya gempa desain arah x

Lantai	Tinggi (m)	δ_{xe} (mm)	δ_e (mm)	Δ (mm)	$\Delta\alpha/\rho$ (mm)	Ket:
Atap	24	45.38	249.59	20.57	31	Memenuhi
5	20	41.64	229.02	35.70	31	Tidak memenuhi
4	16	35.15	193.33	48.68	31	Tidak memenuhi
3	12	26.30	144.65	54.01	31	Tidak memenuhi
2	8	16.48	90.64	53.63	31	Tidak memenuhi
1	4	6.73	37.02	37.02	31	Tidak memenuhi

Berdasarkan analisa diatas maka simpangan yang terjadi telah melampui batas ijin simpangan. Sehingga penambahan jumlah lantai sebanyak 3 lantai tidak aman terhadap beban yang bekerja.

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan inim dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perilaku struktur akibat dari penambahan lantai masih dalam kondisi aman sesuai yang disyaratkan oleh SNI 03-1726-2012 yaitu mode 1, mode 2 dan mode 3 berturut-turut menghasilkan perilaku translasi arah X, translasi Y dan rotasi.
2. Simpangan maksimum yang terjadi sebesar 298,65 mm akibat beban gempa arah X, dan 249,59 mm akibat beban gempa arah Y, Nilai simpangan tersebut telah melampui batas simpangan yang diizinkan yaitu sebesar 186 mm.
3. Nilai gaya geser dasar yang terjadi sebesar 1.549,45 kN pada arah X dan 1.581,06 kN pada arah Y. Nilai tersebut merupakan nilai gaya geser desain dari kedua metode analisa yang dibandingkan yaitu metode statik ekuivalen dan *response spectrum*.

5.2 Saran

1. Dari hasil evaluasi penelitian ini penulis menyarankan kepada pihak pemilik gedung (UNTIRTA) untuk meriview kembali perencanaan dengan penambahan bangunan sebanyak 3 lantai. Hal ini untuk menjamin keandalan dari struktur bangunan.
2. Perencanaan bangunan disarankan menggunakan persyaratan maupun peraturan yang terbaru agar perencanaan tersebut sesuai dengan kondisi pembebanan terkini.
3. Dalam *re-analisis* struktur, untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan pemeriksaan struktur hanya dengan penambahan 1-2 lantai bangunan, sehingga dapat menghasilkan nilai efisiensi dan keandalan dari bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (1989) *SNI-03-1727-1989 – Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung*, Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012) *SNI-03-1726-2012 – Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan non gedung*, Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002) *SNI-03-2847-2002 – Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*, Bandung.
- Building Seismic Safety Council. (2006) *NEHRP recommended provisions: Design Examples*, Washington, D.C
- International Atomic Energy Agency. (2002) *Guidebook on non-destructive testing of concrete structures*, Industrial Applications and Chemistry Section, Viena.
- Irsyam, M., Sengara, I., Aldiarnar, F., dkk. (2010) *Ringkasan hasil studi tim revisi peta gempa indonesia 2010*, Jakarta.
- Satyarno, I., Nawangalam, P., Pratomo, R.I. (2012) *Belajar SAP2000 analisis gempa*, Zamil Publishing, Yogyakarta.