Jurnal Smart Teknologi
Vol. 3,No. 1, A 2021, Halaman 1 – 11
ISSN: 2774-1702, http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/JST

STUDI PENGARUH AKIBAT PENAMBAHAN LIFT EMERGENCY PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG KULIAH JURUSAN TEKNIK MESIN PILTEKNIK NEGERI MALANG TERHADAP PERILAKU ELEMEN VERTIKAL

"STUDY OF THE INFLUENCE OF ADDING EMERGENCY ELEVATORS ON DEVELOPMENT PROJECT LECTURE BUILDING DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING MALANG STATE POLYTECHNIC AGAINST BEHAVIOR OF VERTICAL ELEMENTS"

Alfin Nur Rosyadi[1)],Muhtar[2)]Pujo Priyono[3)]
[1]Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email :nur.alfin4696@gmail.com
[2]Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email :muhtar@gmail.com
[3]Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email :pujopriyono@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Pada kondisi rencana awal bangunan tidak terdapat rencana akan dibangun lift emergency yang digunakan untuk mengatasi kondisi darurat. Gedung Kuliah Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang merupakan konstruksi bangunan yang terdiri dari 11 lantai yang mana struktur utamanya adalah struktur beton. Pada analisa perhitungan ini mengacu pada beberapa peraturan yaitu SNI 1726-2019, SNI 2847-2019, dan PPIUG 1987. Analisis gaya-gaya dalam yang timbul pada elemen struktur menggunakan program bantu SAP 2000 v20. Dari analisa perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan, yaitu kekakuan struktur digunakan untuk acuan periode getar (T) kondisi rencana awal 1,04895 detik > Kondisi Pelaksanaan 1,04022 detik < Tmak 2,046 detik maka gedung lebih kaku. Nilai eksentrisitas kondisi rencana awal 15,86 > kondisi rencana 14,96 maka terjadi pengurangan gaya geser. Kontrol stabilitas dan simpangan antar lantai kondisi gedung masih stabil. Nilai rasio P-MM kolom kondisi rencana awal 0,660 > kondisi pelaksanaan 0,628 maka gedung lebih kuat. Gedung kondisi pelaksanaan lebih kaku, lebih kuat dan stabil.

Keywords*: Kekakuan, Kekuatan, Stabilitas.*

Abstract

In the initial plan condition of the building, there is no plan to build an emergency elevator that is used to overcome emergency conditions. The Lecture Building of the Department of Mechanical Engineering of the State Polytechnic of Malang is a building construction consisting of 11 floors where the main structure is a concrete structure. The analysis of this calculation refers to several regulations, namely SNI 1726-2019, SNI 2847-2019, and PPIUG 1987. Analysis of internal forces that arise in structural elements using the SAP 2000 v20 auxiliary program. From the analysis of the calculations that have been carried out, it is concluded that the stiffness of the structure is used as a reference for the vibration period (T) the initial design condition is 1.04895 seconds > Implementation Conditions are 1.04022 seconds < Tmax 2.046 seconds, the building is more rigid. The eccentricity value of the initial design condition is 15.86 > the design condition is 14.96, so there is a reduction in the shear force. Control of stability and deviation between floors, the condition of the building is still stable. The value of the P-MM ratio column for the initial plan condition is 0.660 > the implementation condition is 0.628, then the building is stronger. Building implementation conditions are more rigid, stronger and more stable

Keywords*: Rigidity, Strength, Stability.*

Jurnal Smart Teknologi
Vol. 3,No. 1, A 2021, Halaman 1 – 11
ISSN: 2774-1702, http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/JST

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Setiap bangunan maupun sarana prasarana lainnya harus diwujudkan dengan sebaik - baiknya sehingga mampu memenuhi secara optimal fungsi ruang / bangunannya, supaya dapat sebagai teladan bagi lingkungan nya dan dapat memenuhi kriteria teknis yang layak dari segi mutu, biaya, dan kriteria administrasi.

Bangunan Gedung ini yang mana telah dilakukan pembangunan sebelumnya pada tahun 2015 dan 2018. Mengingat pembangunan ini dilanjutkan pada tahun 2020 maka perlu dilakukan kajian untuk bangunan yang akan dilanjutkan dengan kondisi bangunan yang telah ada baik dari aspek kualitas mutu maupun kelayakan struktur. Dan dilakukan pemeriksaan terhadap kelayakan struktur lanjutan maupun bangunan eksisting terhadap beban – beban yang bekerja seperti beban gravitasi maupun beban gempa.

Pada gambar perencanaan untuk bangunan eksisting tidak terdapat rencana akan dibangun lift emergency yang digunakan untuk mengatasi kondisi darurat contohnya kebakaran. Untuk pembangunan lajutan ini direncanakan terdapat bangunan lift emergency pada area dalam gedung dan area luar gedung. Adanya penambahan lift tersebut dikahawatirkan akan mengacaukan pusat massa dan pusat kekakuan yang nantinya akan berpengaruh terhadap elemen vertikal yang sebelumnya didesain tidak terdapat lift emergency.

Berdasarkan keadaan bangunan yang memiliki bentuk tidak beratutan serta mempengaruhi elemen vertikal dikhawatirkan terjadi resiko kegagalan struktur ketika dibebani oleh beban gempa. Oleh karena itu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait eksentrisitas dan elemen vertikal bangunan yang timbul akibat adanya penambahan lift emergency

Rumusan Masalah

1. Bagaimana perilaku Periode Getar (T), Stabilitas (θ) dan Simpangan Antar Lantai (Δ) ?
2. Bagaimana pengaruh eksentrisitas pusat massa dan pusat kekakuan terhadap elemen vertikal ?
3. Bagaimana struktur elemen vertikal yang memenuhi akibat perubahan penambahan lift emergency ?

Batasan Masalah

1. Tidak menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB).
2. Permodelan 3 dimensi bangunan menggunakan software SAP 2000.
3. Aspek yang ditinjau adalah struktur bangunan Proyek Pembangunan Gedung Kelas Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang.

Tujuan

1. Mengetahui Periode Getar (T), Stabilitas (θ) dan Simpangan Antar Lantai (Δ).
2. Mengetahui Nilai Eksentrisitas Bangunan.
3. Mengetahui Perilaku Elemen Vertikal Pada Struktur.

Manfaat

1. Penulis
   Studi ini Merupakan kesempatan Bagi penulis untuk menerapkan ilmu yang telah dipelajari selama di bangku perkuliahan dan digunakan dalam praktek secara langsung di lapangan. Maka akan menambah pemahaman penulis dalam bidak proyek secara langsung khususnya bidang struktur
2. Bidang Teknik Sipil
   Hasil studi ini bisa digunakan sebagai masukan terkait perkembangan bidang konstruksi yang terus meningkat di masa yang akan datang.
3. Pembaca
   Hasil studi ini bisa digunakan sebagai bahan referensi dan untuk membandingkan dalam memecahkan masalah yang sama di masa akan datang ataupun digunakan sebagai bahan studi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Umum

Jurnal Smart Teknologi
Vol. 3,No. 1, A 2021, Halaman 1 – 11
ISSN: 2774-1702, http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/JST

Struktur gedung biasanya terdiri atas beberapa kerangka, atau dinding geser, atau kombinasi diantara keduanya. Posisi gaya resultan V_j arah bidang horisontal tergantung dari distribusi bidang dari elemen vertikal, dan gaya ini harus dipertimbangkan. Eksentrisitas (e) adalah jarak pusat massa dan pusat kekakuan tegak lurus arah gempa yang ditinjau.

Eksentrisitas Renccana (e_d) *(SNI 1726-2002)*

1. Persamaan 1. jika e_c< 0,1b dan gedung tersebut bertingkat ≤4, maka e_d = Jadi momen punter rencana = 0 --→ tidak ada punter

2. Persamaan 2. jika 0,1b < e_c< 0,3b,

maka e_d dipilih dari 2 keadaan yang kritis yaitu:

$e_d = 1{,}5e_c+0{,}05b$

atau,

$e_d = e_c-0{,}05b$

pengaruh torsi hanya perlu ditinjau untuk pembebanan gempa dalam satu arah saja.

3. Persamaan 3. jika e_c > 0,3b, maka struktur harus dianalisa dengan analisa dinamis 3 dimensi.

Pusat massa Adalah titik tangkap resultan dari jumlah semua beban gravitasi yang bekerja diatas taraf yang ditinjau. Saat gempa bumi, percepatan yang dijadikan gaya inertia akan di generasikan di setiap tingkat lantai, dimana massa dari seluruh lantai di asumsikan terpusat. Sehingga letak gaya di tiap tingkat akan ditentukan oleh pusat dari percepatan massa di tingkat tersebut.

Pusat Kekakuan Adalah titik tangkap resultan gaya geser yang bekerja yang terdapat pada taraf lantai yang bersangkutan. Unsur-unsur penahan momen torsi sebagai bagian dari sistem penahan beban lateral sedapat mungkin diletakkan sepanjang keliling gedung dan lebih jauh letaknya pusat kekakuan terhadap pusat massa.

Pengaruh momen torsi terutama berperan didalam jenis jenis gedung yang memakai LIFT dimana sebagian besar dari unsur unsur penahan lateral berpusat pada bagian inti yang letaknya jauh dari keliling gedung.

Elemen vertikal yaitu kolom merupakan batang tekan vertikal yang memikul beban keseluruhan dari bangunan gedung.

3. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Gedung Kuliah Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang. Terletak pada Bujur 112.61388 dan Lintang -7.94320.

Data Geometri Struktur

a. Data Struktur
   Panjang gedung 102,82 m
   Lebar gedung 12 m
   Tinggi Gedung 46 m
   Luas bangunan 1233,84 m^2
   Bahan struktur beton bertulang
   Mutu beton K-350 (29,05Mpa)
   Mutu Baja Tulangan ≤ 10 mm, Fy = 240 Mpa
   Mutu Baja Tulangan ≥ 10 mm, Fy = 400 Mpa

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan program bantu *software* SAP2000 v20, dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pengumpulan data bangunan.
2. Permodelan 3D struktur.
3. Analisa kondisi struktur.
4. Kontrol perilaku periode getar, stabilitas dan simpangan antar lantai.
5. Bandingkan kondisi rencana awal dan pelaksanaan.
6. Hasil struktur review.
7. Kontrol kekuatan elemen vertikal
8. Selesai.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Pembebanan

Beban Mati

Beban mati yang bekerja pada stuktur kondisi rencana awal dan kondisi pelaksanaan (PPIUG1983, Pasal 2.1)

- Spesi lantai (2 cm) : 36 kg/m^2
- Keramik (1 cm) : 24 kg/m^2
- Urugan Pasir (3 cm) : 63 kg/m^2
- Plafond dan Penggantung : 18 kg/m^2
- Pipa dan AC : 10 kg/m^2

Beban dinding Bata Ringan : 57 kg/m^2

Jurnal Smart Teknologi
Vol. 3,No. 1, A 2021, Halaman 1 – 11
ISSN: 2774-1702, http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/JST

M/E : 25 kg/m^2
Dinding Partisi : 100 kg/m^2

Beban Mati

Beban mati yang bekerja pada stuktur kondisi rencana awal dan kondisi pelaksanaan (Tabel 4.3-1 SNI 1727-201x)

Beban Hidup pada atap : 100 Kg/m^2
Ruang Kelas: 196 Kg/m^2
Koridor di atas lantai pertama : 391 Kg/m^2
Koridor lantai pertama : 488 Kg/m^2
Air hujan : 30 Kg/m^2

Beban Gempa

a. Prosedur Analisis

Prosedur analisis gempa yang digunakan untuk merencanakan struktur yang tahan gempa dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu : 1. analisis statik (analisis gaya lateral ekivalen), 2. analisis dinamik (analisis spektrum respons ragam dan analisis riwayat waktu seismik). Berdasarkan pengecekan struktur terhadap eksentrisitas maka struktur dianalisa 3D dengan analisis dinamik (analisis spektrum respons ragam)

b. Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung

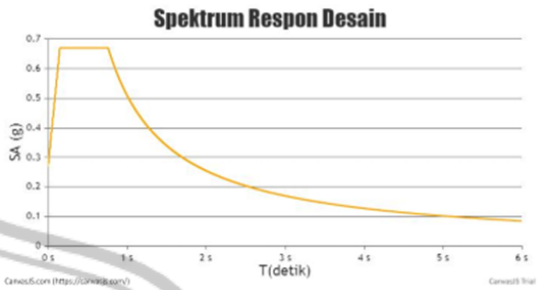
Berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan nongedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa Ie. Berdasarkan SNI-1726-2019 pasal 4.1.2 tabel 3 dan tabel 4 dengan fungsi gedung sebagai fasilitas pendidikan didapatkan kategori risiko IV dan I_e = 1,5

c. Menentukan klasifikasi situs (SA-SF)

Dari klasifikasi tanah titik BH 02 dan BH 03 didapat nilai Nrerata sebesar 16,003 (BH 02) dan 15,175 (BH 03). Sesuai pada tabel Klasifikasi Situs pada SNI-1726-2019 Tabel 2.6 di Bab II termasuk tanah sedang kelas situs (SD)

d. Parameter Percepatan Gempa

Dengan memasukkan koordinat lokasi bangunan pada *website* cipta karya dan jenis tanah sedang (SD), maka didapatkan nilai Ss = 0,8637, S1 = 0,4039 dan grafik spektrum respon desain untuk tanah sedang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1



Gambar 1. Spektrum respons desain
sumber *: website ciptakarya*

e. Menentukan respons spektral percepatan gempa (MCE_R)

Berdasarkan SNI-1726-2019 pasal 6.2 Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Dari tabel 6 dan tabel 7 didapatkan nilai Fa dan Fv dari nilai interpolasi 1,1545 dan 1,5961. Maka dari nilai tersebut dapat ketahui Parameter respons spektral percepatan sebagai berikut :

$S_{MS} = F_a S_S$= 1,1545 x 0.8637 = 0,9971 g
$S_{M1} = F_v S_1$ = 1,5961 x0,4038 = 0,6445 g

f. Menghitung parameter percepatan spektral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, S_{DS} dan pada periode 1 detik S_{D1}, harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$S_{DS}=\frac{2}{3}SMS$ = 2/3 x 0,9971 = 0,6642 g
$S_{D1}=\frac{2}{3}SM1$ = 2/3 x 0,6445 = 0,4295 g

d. Menentukan kategori desain seismic

Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desain. Berdasarkan SNI-1726-2019 pasal 6.5 tabel 8 dan tabel 9

dengan nilai S_{DS} sebesar 0,6642 dan nilai S_{D1} sebesar 0,4295 serta kategori resiko IV, maka struktur tergolong KDS D.

Jurnal Smart Teknologi
Vol. 3,No. 1, A 2021, Halaman 1 – 11
ISSN: 2774-1702, http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/JST

e. Menentukan Sistem Struktur Terhadap Tingkat Resiko Gempa

Berdasarkan SNI-1726 2019 pasal 7.2 tabel 12 dengan KDS D maka sistem pemikul gaya seismik yang digunakan adalah Rangka beton bertulang pemikul momen khusus (SRPMK). Diporoleh nilai-nilai Batasan sebagai berikut :

R : 8.0 (koefisien modifikasi respon)
Cr : 3.0 (factor kuat-lebih system)
Ω_0 : 5.5 (factor pembesaran defleksi)

f. Menentukan Periode Fundamental Pendekatan Maksimum

Berdasarkan SNI-1726 2019 pasal 7.8.2 tabel 17 dan tabel 18 dengan tingi gedung 46 m didapatkan nilai T_a sebagai berikut :

$T_a = C_t h_n{}^x$

$T_a = 0{,}0466.46^{0{,}9}$ = 1,4617 detik

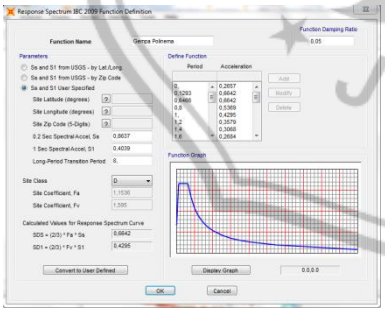
Yang mana nilai tersebut tidak boleh melebihi nilai T_{maks}

T_{maks} = 1,4 x 1,4617= 2,046 detik

g. Perhitungan koefisien seismic

Koefisien respons seismik,
Untuk nilai 100% digunakan 9,81 g
Untuk nilai 30% digunakan 2,943 g

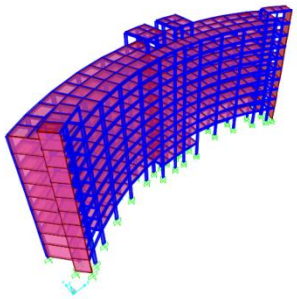
h. Input Respon Spektrum Gempa pada Program Bantu Sap 2000v20



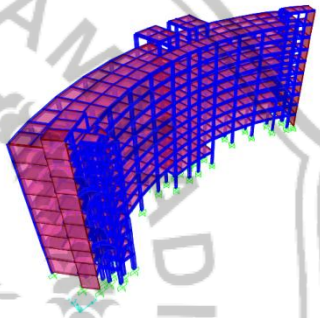
Gambar 2. Input Respon Spektrum Gempa menggunakan SAP2000 v20
sumber *: SAP2000 v20*

Pemodelan struktur

Permodelan struktur kondisi rencana awal dan kondisi pelaksanaan menggunakan program SAP2000 v20 untuk menganalisa periode getar pada gedung dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pemodelan Struktur 3 dimensi kondisi rencana awal menggunakan SAP2000 v20
sumber *: SAP2000v20*



Gambar 4. Pemodelan Struktur 3 dimensi kondisi pelaksanaan menggunakan SAP2000 v20
sumber *: SAP2000v20*

Kombinasi pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L
3. 1,2DL ± 1,0 Ex ± 0,3 Ey + LL
4. 1,2DL ± 1,0 Ex ± 1 Ey + LL
5. 0,9DL ± 1,0 Ex ± 0,3 Ey
6. 0,9DL ± 0,3 Ex ± 1 Ey

Kontrol kekakuan struktur kondisi rencana awal dan kondisi pelaksanaan

Suatu struktur harus memiliki kekakuan yang cukup sehingga pergerakannya dapat dibatasi. Untuk mengetahui kekakuan pada struktur eksiting yaitu dengan mengambil periode alami dari suatu getaran (T) sebagai acuan untuk kekakuan struktur eksisting. Dari

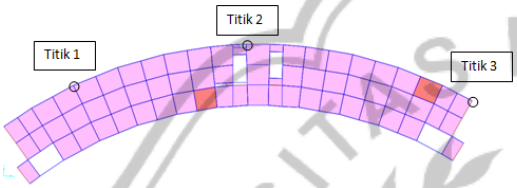
Jurnal Smart Teknologi
Vol. 1,No. 1, A 2021, Halaman 1 – 14
ISSN: 2774-1702, http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/JST

analisa program SAP2000 didapatkan nilai T kondisi gedung rencana awal = 1,04895 detik
Dan gedung kondisi pelaksanaan 1,04022 detik.

Analisa Perilaku Stabilitas (θ) dan Simpangan Antar Lantai (Δ)

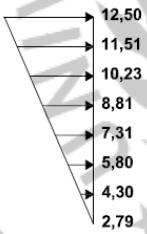
a. Gedung Kondisi Rencana Awal

Pengambilan titik yang ditinjau pada SAP 2000v20 pada gedung kondisi rencana awal



Gambar 5. Titik yang ditinjau pada gedung kondisi rencana awal
sumber *: SAP2000 v20*

1. Nilai δ di Titik 1 dari SAP 2000 v20



Gambar 6. Nilai δ di Titik 1
sumber *: SAP2000 v20*

Perilaku Stabilitas (θ) dan Simpangan Antar Lantai (Δ) Pada Kondisi Rencana Awal Titik 1

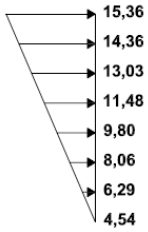
Tabel 1. Stabilitas (θ) dan Simpangan Antar Lantai (Δ) Pada Kondisi Rencana Awal Titik 1

Tingkat	Hsx (mm)	δex (mm)	δx (mm)	Δ (mm)	Δ ijin (mm)	Kontrol Simpangan antar lantai	Px (kN)	Vx (kN)	θ (Stabilitas)	Kontrol Kestabilan
8	4000	12,53	45,94	3,740	60	Aman	612,802	612,802	0,000235000	Stabil
7	4000	11,51	42,20	4,693	60	Aman	561,638	1174,440	0,000153030	Stabil
6	4000	10,23	37,51	5,218	60	Aman	561,638	1736,078	0,000115089	Stabil
5	4000	8,807	32,29	5,489	60	Aman	561,638	2297,716	0,000091479	Stabil
4	4000	7,31	26,80	5,537	60	Aman	561,638	2859,354	0,000074149	Stabil
3	4000	5,8	21,27	5,500	60	Aman	561,638	3420,992	0,000061565	Stabil
2	4000	4,3	15,77	5,537	60	Aman	561,638	3982,630	0,000053236	Stabil
1	4000	2,79	10,23	2,79	60	Aman	558,694	4541,324	0,000023403	Stabil

sumber *: perhitungan excel*

Dari tabel tersebut kontrol perilaku simpangan antar lantai masih aman dan stabilitas gedung masih stabil.

2. Nilai δ di Titik 2 dari SAP 2000 v20



Gambar 7. Nilai δ di Titik 2
sumber *: SAP2000 v20*

Perilaku Stabilitas (θ) dan Simpangan Antar Lantai (Δ) Pada Kondisi Rencana Awal Titik 2

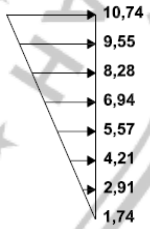
Tabel 2. Stabilitas (θ) dan Simpangan Antar Lantai (Δ) Pada Kondisi Rencana Awal Titik 2

Tingkat	Hsx (mm)	δex (mm)	δx (mm)	Δ (mm)	Δ ijin (mm)	Kontrol Simpangan antar lantai	Px (kN)	Vx (kN)	θ (Stabilitas)	Kontrol Kestabilan
8	4000	15,36	56,32	3,667	60	Aman	612,802	612,802	0,000250000	Stabil
7	4000	14,36	52,65	4,877	60	Aman	561,638	1174,440	0,000159007	Stabil
6	4000	13,03	47,78	5,683	60	Aman	561,638	1736,078	0,000125360	Stabil
5	4000	11,48	42,09	6,160	60	Aman	561,638	2297,716	0,000102662	Stabil
4	4000	9,8	35,93	6,390	60	Aman	561,638	2859,354	0,000085442	Stabil
3	4000	8,06	29,55	6,490	60	Aman	561,638	3420,992	0,000072647	Stabil
2	4000	6,29	23,06	6,417	60	Aman	561,638	3982,630	0,000061697	Stabil
1	4000	4,54	16,65	2,79	60	Aman	558,694	4541,324	0,000023403	Stabil

sumber *: perhitungan excel*

Dari tabel tersebut kontrol perilaku simpangan antar lantai masih aman dan stabilitas gedung masih stabil.

3. Nilai δ di Titik 3 dari SAP 2000 v20



Gambar 8. Nilai δ di Titik 3
sumber *: SAP2000 v20*

Perilaku Stabilitas (θ) dan Simpangan Antar Lantai (Δ) Pada Kondisi Rencana Awal Titik 3

Tabel 3. Stabilitas (θ) dan Simpangan Antar Lantai (Δ) Pada Kondisi Rencana Awal Titik 3

Tingkat	Hsx (mm)	δex (mm)	δx (mm)	Δ (mm)	Δ ijin (mm)	Kontrol Simpangan antar lantai	Px (kN)	Vx (kN)	θ (Stabilitas)	Kontrol Kestabilan
8	4000	10,74	39,38	4,363	60	Aman	612,802	612,802	0,000297500	Stabil
7	4000	9,55	35,02	4,657	60	Aman	561,638	1174,440	0,000151934	Stabil
6	4000	8,28	30,36	4,913	60	Aman	561,638	1736,078	0,000108376	Stabil
5	4000	6,94	25,45	5,023	60	Aman	561,638	2297,716	0,000082718	Stabil
4	4000	5,57	20,42	4,987	60	Aman	561,638	2859,354	0,000066793	Stabil
3	4000	4,21	15,44	4,767	60	Aman	561,638	3420,992	0,000053357	Stabil
2	4000	2,91	10,67	4,290	60	Aman	561,638	3982,630	0,000041149	Stabil
1	4000	1,74	6,38	2,79	60	Aman	558,694	4541,324	0,000023403	Stabil

sumber *: perhitungan excel*

Dari tabel tersebut kontrol perilaku simpangan antar lantai masih aman dan stabilitas gedung masih stabil.

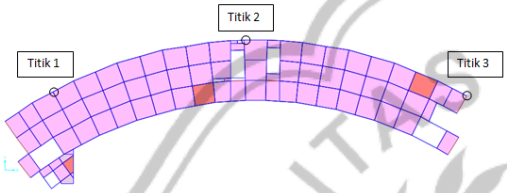
Jurnal Smart Teknologi
Vol. 1,No. 1, A 2021, Halaman 1 – 14
ISSN: 2774-1702, http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/JST

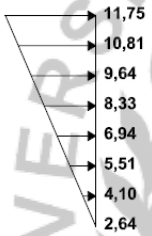
b. Gedung Kondisi Pelaksanaan

Pengambilan titik yang ditinjau pada SAP 2000v20 pada gedung kondisi pelaksanaan

Gambar 9. Titik yang ditinjau pada gedung kondisi pelaksanaan
sumber *: SAP2000 v20*

1. Nilai δ di Titik 2 dari SAP 2000 v20





Gambar 10. Nilai δ di Titik 1
sumber *: SAP2000 v20*

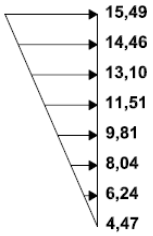
Perilaku Stabilitas (θ) dan Simpangan Antar Lantai (Δ) Pada Kondisi pelaksanaan Titik 1

Tabel 4. Stabilitas (θ) dan Simpangan Antar Lantai (Δ) Pada Kondisi Rencana Awal Titik 1

Tingkat	Hex (mm)	δex (mm)	δx (mm)	Δ (mm)	Δ ijin (mm)	Kontrol Simpangan antar lantai	Px (kN)	Vx (kN)	θ (Stabilitas)	Kontrol Kestabilan
8	4000	11,750	42,084	3,444	60	Aman	641,792	641,792	0,000234787	Stabil
7	4000	10,811	38,641	4,306	60	Aman	590,286	1232,078	0,000214077	Stabil
6	4000	9,636	35,331	4,794	60	Aman	587,129	1819,207	0,000185483	Stabil
5	4000	8,328	30,538	5,087	60	Aman	590,286	2409,493	0,000158474	Stabil
4	4000	6,941	25,450	5,233	60	Aman	590,286	2999,779	0,000070211	Stabil
3	4000	5,514	20,217	5,198	60	Aman	592,336	3592,115	0,000058440	Stabil
2	4000	4,066	15,019	5,345	60	Aman	592,336	4184,451	0,000051587	Stabil
1	4000	2,638	9,674	2,638	60	Aman	592,336	4776,787	0,000022908	Stabil

sumber *: perhitungan excel*
Dari tabel tersebut kontrol perilaku simpangan antar lantai masih aman dan stabilitas gedung masih stabil.

2. Nilai δ di Titik 2 dari SAP 2000 v20



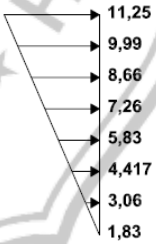
Gambar 11. Nilai δ di Titik 2
sumber *: SAP2000 v20*
Perilaku Stabilitas (θ) dan Simpangan Antar Lantai (Δ) Pada Kondisi Pelaksanaan Titik 2

Tabel 5. Stabilitas (θ) dan Simpangan Antar Lantai (Δ) Pada Kondisi Rencana Awal Titik 2

Hex (mm)	δex (mm)	δx (mm)	Δ (mm)	Δ ijin (mm)	Kontrol Simpangan antar lantai	Px (kN)	Vx (kN)	θ (Stabilitas)	Kontrol Kestabilan
4000	15,490	56,797	3,777	60	Aman	641,792	641,792	0,000257500	Stabil
4000	14,460	53,020	4,987	60	Aman	590,286	1232,078	0,000162893	Stabil
4000	13,100	48,033	5,830	60	Aman	587,129	1819,207	0,000128289	Stabil
4000	11,510	42,203	6,233	60	Aman	590,286	2409,493	0,000104118	Stabil
4000	9,810	35,970	6,490	60	Aman	590,286	2999,779	0,000087074	Stabil
4000	8,040	29,480	6,600	60	Aman	592,336	3592,115	0,000074205	Stabil
4000	6,240	22,880	6,490	60	Aman	592,336	4184,451	0,000062639	Stabil
4000	4,470	16,390	4,470	60	Aman	592,336	4776,787	0,000037793	Stabil

sumber *: perhitungan excel*
Dari tabel tersebut kontrol perilaku simpangan antar lantai masih aman dan stabilitas gedung masih stabil.

3. Nilai δ di Titik 3 dari SAP 2000 v20



Gambar 12. Nilai δ di Titik 3
sumber *: SAP2000 v20*
Perilaku Stabilitas (θ) dan Simpangan Antar Lantai (Δ) Pada Kondisi Pelaksanaan Titik 3

Tabel 6. Stabilitas (θ) dan Simpangan Antar Lantai (Δ) Pada Kondisi Rencana Awal Titik 2

Tingkat	Hex (mm)	δex (mm)	δx (mm)	Δ (mm)	Δ ijin (mm)	Kontrol Simpangan antar lantai	Px (kN)	Vx (kN)	θ (Stabilitas)	Kontrol Kestabilan
8	4000	11,250	41,250	4,620	60	Aman	641,792	641,792	0,000315000	Stabil
7	4000	9,990	36,630	4,877	60	Aman	590,286	1232,078	0,000159300	Stabil
6	4000	8,660	31,753	5,115	60	Aman	587,129	1819,207	0,000112555	Stabil
5	4000	7,265	26,638	5,251	60	Aman	590,286	2409,493	0,000087704	Stabil
4	4000	5,833	21,388	5,192	60	Aman	590,286	2999,779	0,000069659	Stabil
3	4000	4,417	16,196	4,976	60	Aman	592,336	3592,115	0,000055942	Stabil
2	4000	3,060	11,220	4,510	60	Aman	592,336	4184,451	0,000043329	Stabil
1	4000	1,830	6,710	1,830	60	Aman	592,336	4776,787	0,000015472	Stabil

sumber *: perhitungan excel*

Jurnal Smart Teknologi
Vol. 1,No. 1, A 2021, Halaman 1 – 14
ISSN: 2774-1702, http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/JST

Dari tabel tersebut kontrol perilaku simpangan antar lantai masih aman dan stabilitas gedung masih stabil.

Analisa Koordinat Pusat Massa Struktur

Lokasi	Kondisi Rencana Awal (Cm)		Kondisi Pelaksanaan (Cm)		Selisih (Cm)		Arah Perpindahan	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Basement 2	4.985,849	1.957,920	4.974,433	1.955,306	11,416	2,614	Kiri	Bawah
Basement 1	4.828,967	1.319,726	4.345,772	1.132,139	483,195	187,587	Kiri	Bawah
Lantai 1	4.581,473	1.488,233	4.394,665	1.423,359	186,808	64,874	Kiri	Bawah
Lantai 2	4.596,384	1.496,314	4.391,820	1.417,472	204,564	78,842	Kiri	Bawah
Lantai 3	4.581,473	1.488,233	4.392,919	1.416,626	188,554	71,607	Kiri	Bawah
Lantai 4	4.584,802	1.489,450	4.401,266	1.420,682	183,536	68,768	Kiri	Bawah
Lantai 5	4.578,151	1.487,017	4.395,203	1.418,468	182,948	68,549	Kiri	Bawah
Lantai 6	4.581,473	1.488,233	4.398,232	1.419,574	183,241	68,659	Kiri	Bawah
Lantai 7	4.581,473	1.488,233	4.398,232	1.419,574	183,241	68,659	Kiri	Bawah
Lantai 8	4.579,807	1.527,960	4.422,350	1.467,331	157,457	60,629	Kiri	Bawah
Lantai 9	4.885,728	1.572,884	4.942,178	1.445,175	-56,450	127,709	Kanan	Bawah

sumber *: perhitungan excel*

Jadi dilihat dari hasil selisih antara koordinat titik Pusat Massa pada kondisi gedung rencana awal tanpa menggunakan lift emergency tambahan dan gedung dengan kondisi pelaksanaan dengan tambahan lift emergency terjadi perpindahan dan dominan ke arah kiri untuk koordinat X dan bawah untuk koordinat Y dari bangunan.

Analisa Koordinat Kekakuan Struktur

a. Koordinat kekakuan arah X

Dx	Kum	Dx	Kum	Dx	Kum
0	0	468	468	703	703
542	542	491	959	465	1168
821	1363	743	1702	208	1376
865	2228	783	2485	496	1872
898	3126	813	3298	742	2614
921	4047	834	4132	771	3385
439	4486	373	4505	790	4175
260	4746	260	4765	600	4775
466	5212	422	5187	400	5175
260	5472	260	5447	600	5775
439	5911	373	5820	790	6565
921	6832	834	6654	771	7336
898	7730	813	7467	742	8078
865	8595	783	8250	496	8574
578	9173	524	8774		
	611,5333				

sumber *: perhitungan excel*

b. Koordinat kekakuan arah Y

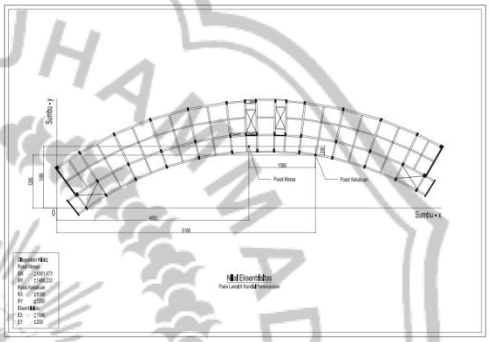
Dy	Kum	Dy	Kum	Dy	Kum
0	0	0	0	-251	-251
971	971	319	319	0	-251
363	1334	333	652	311	60
144	1478	130	782	8	68
301	1779	272	1054	116	184
351	2130	318	1372	258	442
254	2384	230	1602	302	744
154	2538	139	1741	218	962
37	2575	32	1773	132	1094
7	2582	3	1776	41	1135
4	2586	9	1785		

sumber *: perhitungan excel*

Hasil dari kumulatif Dx dan Dy dibagi dengan jumlah titik kolom pada Gedung kondisi perencanaaan didapatkan hasil untuk gedung pada kondisi perencanaan awal untuk arah X = 6167,67 dan arah Y = 1280,47. Gedung pada kondisi pelaksanaan didapatkan hasil untuk arah X = 5893,65 dan arah Y = 1223,65

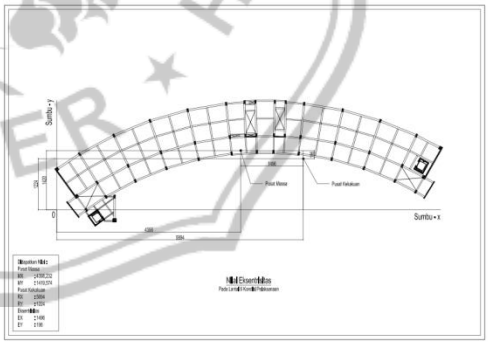
Analisa Eksentrisitas Struktur

a. Gedung Kondisi Rencana Awal



Gambar 13. Eksentrisitas Gedung Kondisi Rencana Awal
sumber *: Perhitungan*

b. Gedung Kondisi Pelaksanaan



Gambar 14. Eksentrisitas Gedung Kondisi Pelaksanaan
sumber *: Perhitungan*

Dari hasil analisis eksentrisitas gedung pada kondisi rencana awal di dapatkan hasil Ex = 1586 dan Ey = 208 sedangkan pada gedung kondisi pelaksanaan didapatkan hasil Ex = 1496 dan Ey = 196. Jika dilihat dari hasil

yang didapatkan terjadi penurunan nilai eksentrisitas setelah gedung pada kondisi pelaksanaan yang artinya gedung lebih berkurang terhadap torsi.

Hasil dari nilai eksentrisitas dimasukkan kedalam rumus eksentrisitas rencana (ed) untuk mencari pengaruh gedung akibat torsi. Pada gedung kondisi rencana awal didapatkan nilai e_c = 15,86 m dan masuk ke dalam persamaan ke tiga dengan nilai b = 12 m lebar gedung arah Y, e_c > 0,3b = **15,86** > 3,6 *(SNI 1726-2002)* maka struktur harus dianalisa dengan analisa dinamis 3 dimensi karena struktur dianggap tidak beraturan secara vertikal.

Pada gedung kondisi pelaksanaan didapatkan nilai e_c = 14,96 m dan masuk ke dalam persamaan ke tiga dengan nilai b = 12 m lebar gedung arah Y, e_c > 0,3b = **14,96** > 3,6 *(SNI 1726-2002)* maka struktur harus dianalisa dengan analisa dinamis 3 dimensi karena struktur dianggap tidak beraturan secara vertikal.

Semakin kecil eksentrisitas maka semakin kecil sumbangan gaya geser tambahan akibat Torsi. Torsi mengakibatkan tambahan sumbangan gaya geser yang terjadi pada kolom. Apabila tidak ada torsi maka gaya geser hanya gaya gempa. Sehingga pada gedung kondisi rencana awal nilai eksentrisitas lebih besar dari nilai eksentrisitas pelaksanaan yaitu ec rencana awal **15,86** > ec pelaksanaan **14,96** maka gedung pada kondisi pelaksanaan mengalami penurunan gaya geser yang terjadi pada kolom yang diakibatkan oleh torsi.

Analisa Rasio Kolom Menggunakan SAP 2000 v20

Dari hasil analisis rasio kolom menggunakan software bantuan sap 2000, nilai Standar Deviasi Rasio P-MM kolom dari kondisi rencana awal (tanpa menggunakan lift emergency) pada saat gempa bumi tercapai nilai 0,660<1, maka Aman.

Nilai Standar Deviasi Rasio P-MM kolom dari kondisi Pelaksanaan (terdapat tambahan lift emergency) pada saat gempa bumi tercapai nilai 0,628<1, maka Aman.

Dari hasil Nilai Standar Deviasi Rasio P-MM kolom yang terjadi didapatkan untuk gedung kondisi rencana awal sebesar 0,660 dan gedung kondisi pelaksanaan sebesar 0,628 sehingga Nilai Standar Deviasi Rasio P-MM kolom pada saat gedung kondisi pelaksanaan lebih kecil dari gedung kondisi rencana awal maka kolom gedung pada saat kondisi pelaksaan Lebih Kuat.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari uraian yang telah dilakukan diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisis gempa spektrum pada SAP 2000 untuk gedung kondisi rencana awal didapat nilai periode getar (T) sebesar 1,04895 detik sedangkan nilai periode getar maksimum (Tmaks) adalah 2,046 detik *(SNI 1726-2019)*. Sehingga Gedung tersebut dikategorikan aman saat terjadi gempa karena tidak melebihi nilai periode getar maksimum (Tmaks).

Dari hasil analisis gempa spektrum pada SAP 2000 untuk gedung kondisi pelaksanaan didapat nilai periode getar (T) sebesar 1,04022 detik sedangkan nilai periode getar maksimum (Tmaks) adalah 2,046 detik *(SNI 1726-2019)*. Sehingga Gedung tersebut dikategorikan aman saat terjadi gempa karena tidak melebihi nilai periode getar maksimum (Tmaks).

Hasil Dari kontrol perilaku untuk gedung kondisi rencana awal yang dilakukan untuk kontrol perilaku perilaku Simpangan Antar Lantai (Δ) kondisi masih kurang dari Simpangan Antar Lantai (Δ) *(SNI 1726-2019)* ijin sehingga aman. Dan kontrol perilaku Stabilitas (θ) *(SNI 1726-2019)* gedung pada kondisi stabil.

Dari kontrol perilaku untuk gedung kondisi pelaksanaan yang dilakukan untuk kontrol perilaku Simpangan Antar Lantai (Δ) kondisi masih kurang dari Simpangan Antar Lantai (Δ) *(SNI 1726-2019)* ijin sehingga aman. Dan kontrol perilaku Stabilitas (θ) *(SNI 1726-2019)* gedung pada kondisi stabil.

2. Dari hasil analisis eksentrisitas gedung pada kondisi rencana awal di dapatkan

hasil Ex = 1586 dan Ey = 208 sedangkan pada gedung kondisi pelaksanaan didapatkan hasil Ex = 1496 dan Ey = 196. Jika dilihat dari hasil yang didapatkan terjadi penurunan nilai eksentrisitas setelah gedung pada kondisi pelaksanaan yang artinya gedung lebih berkurang terhadap torsi.

Hasil dari nilai eksentrisitas dimasukkan kedalam rumus eksentrisitas rencana (ed) untuk mencari pengaruh gedung akibat torsi. Pada gedung kondisi rencana awal didapatkan nilai e_c = 15,86 m dan masuk ke dalam persamaan ke tiga dengan nilai b = 12 m lebar gedung arah Y, e_c > 0,3b = **15,86** > 3,6 *(SNI 1726-2002)* maka struktur harus dianalisa dengan analisa dinamis 3 dimensi karena struktur dianggap tidak beraturan secara vertikal.

Pada gedung kondisi pelaksanaan didapatkan nilai e_c = 14,96 m dan masuk ke dalam persamaan ke tiga dengan nilai b = 12 m lebar gedung arah Y, e_c > 0,3b = **14,96** > 3,6 *(SNI 1726-2002)* maka struktur harus dianalisa dengan analisa dinamis 3 dimensi karena struktur dianggap tidak beraturan secara vertikal.

Semakin kecil eksentrisitas maka semakin kecil sumbangan gaya geser tambahan akibat Torsi. Torsi mengakibatkan tambahan sumbangan gaya geser yang terjadi pada kolom. Apabila tidak ada torsi maka gaya geser hanya gaya gempa. Sehingga pada gedung kondisi rencana awal nilai eksentrisitas lebih besar dari nilai eksentrisitas pelaksanaan yaitu ec rencana awal **15,86** > ec pelaksanaan **14,96** maka gedung pada kondisi pelaksanaan mengalami penurunan gaya geser yang terjadi pada kolom yang diakibatkan oleh torsi.

3. Nilai Standar Deviasi Rasio P-MM kolom dari kondisi rencana awal (tanpa menggunakan lift emergency) pada saat gempa bumi tercapai nilai 0,660<1, maka Aman.

Nilai Standar Deviasi Rasio P-MM kolom dari kondisi Pelaksanaan (terdapat tambahan lift emergency) pada saat gempa bumi tercapai nilai 0,628<1, maka Aman.

Dari hasil Nilai Standar Deviasi Rasio P-MM kolom yang terjadi didapatkan untuk gedung kondisi rencana awal sebesar 0,660 dan gedung kondisi pelaksanaan sebesar 0,628 sehingga Nilai Standar Deviasi Rasio P-MM kolom pada saat gedung kondisi pelaksanaan lebih kecil dari gedung kondisi rencana awal maka kolom gedung pada saat kondisi pelaksaan Lebih Kuat.

Maka pada saat gedung kondisi pelaksanaan lebih kuat , lebih kaku dan stabil dari gedung kondisi rencana awal.

Saran

Adapun saran – saran yang dapat diberikan dari penulis dan diharapkan dari hasil perhitungan dapat menjadi acuan atau referensi untuk pengecekan kondisi struktur

DAFTAR PUSTAKA

ACI 318-08. “Building Code Requirements for Structural Concrete”.USA

“International Building Code” (2009). USA

Nasution,A. (2016). “Rekayasa Gempa dan Sistem Stuktur Tahan Gempa”. ITB. Bandung.

Nawy,E.G.(1985). “Reinforced Concrete-A Fundamental Approach”.Prentice-Hall,Inc, New Jersey.

Paulay, T. and M.J.N. Priestley (1992) “Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings”.John Wiley &Sons, New York.

Priyono,P.(2017). “Diktat Kuliah Struktur Beton Tahan Gempa (Berdasarkan SNI 03- 2847-2002). Universitas Muhammadiyah Jember

“Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)”. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

“Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2019)”. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

Setiawan,A.(2016). “Perancangan Struktur Beton Bertulang (Berdasarkan SNI 2847-2013)”. Erlangga, Jakarta.

"Standar Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012)". Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

"Standar Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2019)". Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

Wang,C.K. , C.G. Salmon and J.A. Pincheira(2007). "Reinforced Concrete Design" ,7th ed. , John Wiley &Sons,New York.