

ANALISIS BANGUNAN TAHAN GEMPA PADA PROYEK PEMBANGUNAN PUSKESMAS KOTAMATSUM

Fathandi Al Qadri¹, Fahmi², Rhini Wulan Dary³

Manajemen Rekayasa Konstruksi Gedung^{1,2,3}, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan
fathandialqadriharahap@students.polmed.ac.id¹, fahmi@students.polmed.ac.id²,
rhiniwulandary@polmed.ac.id³

ABSTRAK

Gempa merupakan bencana yang dapat mengakibatkan korban jiwa yang tidak sedikit, terdapat korban yang diakibatkan oleh kerusakan infrastruktur berupa bangunan yang mengalami rusak ringan hingga runtuh. Dengan dilakukannya pengaliansan struktur yang baik dan terukur pada struktur bangunan maka peluang terjadinya korban jiwa yang banyak pada setiap bencana yang dapat mengancam kekuatan struktur dapat dikurangi. Adapun software yang digunakan dalam menganalisis struktur bangunan puskesmas ialah Etabs. Etabs adalah merupakan salah satu program komputer di teknik sipil yang banyak digunakan dalam perencanaan bangunan gedung bertingkat. Pelatihan ini ditujukan untuk peserta yang belum memiliki pengalaman menggunakan Software Etabs. Peserta akan diajarkan mulai dari aspek pemodelan yang sangat dasar sampai dengan aspek perencanaan dengan menggunakan bantuan Software Etabs. Struktur yang dianalisis menggunakan proyek pembangunan puskesmas yang merupakan fasilitas kesehatan yang cukup penting dimasyarakat. Puskesmas didirikan untuk memberikan pelayanan kesehatan dasar, menyeluruh, paripurna, dan terpadu bagi seluruh penduduk yang tinggal di wilayah kerja Puskesmas.

Kata Kunci : Gempa, Analisis Struktur, Puskesmas, Etabs

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia terletak di antara dua lempeng dunia yang cukup aktif yang mana diapit oleh 4 lempeng raksasa yaitu lempeng Eurasia, Indo-Australia, Pasifik, dan Laut Filipina (Mochamad, 2001). Dengan diapitnya oleh 4 lempeng tersebut mengakibatkan wilayah Indonesia mempunyai tingkat potensi terjadinya gempa yang cukup tinggi sehingga dapat mengancam keberlangsungan hidup masyarakat sewaktu-waktu. Berdasarkan DIBI (Data Informasi Bencana Indonesia) tercatat kurang lebih 18 kali kasus bencana gempa bumi yang tersebar di seluruh Indonesia pada tahun 2023 dengan guncangan terbesar terjadi di Kepulauan Selayar, Sulawesi Selatan dengan Magnitudo 5,3 SR, sedangkan untuk 2024 baru terjadi 2 kasus bencana gempa bumi yang mana kedua kasus tersebut terjadi pada wilayah yang sama di daerah Kepulauan Selayar, Sulawesi Selatan dengan guncangan terbesar pada Magnitudo 4,8 SR (*sumber : dibi.bnpp.go.id*).

Gempa merupakan bencana yang dapat mengakibatkan korban jiwa yang tidak sedikit, terdapat korban yang diakibatkan oleh kerusakan infrastruktur berupa bangunan yang mengalami rusak ringan hingga runtuh. Sehubungan dengan adanya potensial kerusakan bangunan akibat gempa maka diperlukan suatu analisis terhadap kekuatan struktur pada gedung yang telah dibangun. Hal-hal yang dapat membuat gedung mengalami keruntuhan pada saat gempa terjadi dapat disebabkan karena pada saat terjadinya gempa ketidakmampuan gedung menahan simpangan akibat gaya gempa melebihi batas aman yang ditetapkan maka gedung tersebut akan mengalami keruntuhan.

Penelitian ini dilakukan menggunakan data proyek pembangunan Puskesmas Kotamatsum, yang mana proyek ini dilaksanakan pada tahun 2023 dan telah dilaksanakan serah-terima pada Februari 2024 dengan sumber dana pada APBD Kota Medan tahun anggaran 2023. 75 Medan, Kel. Kotamatsum IV, Kec. Dipilihnya pembangunan Puskesmas Kotamatsum ini dengan maksud untuk memastikan bahwa dalam perencanaan pembangunannya telah memenuhi persyaratan keselamatan. Karena apabila terjadi bencana alam yang dapat mendisfungsikan struktur pada bangunan seperti kolom, balok, plat lantai, dan atap, Puskesmas Kotamatsum ini dapat bertahan dengan kokoh pada setiap kondisi sehingga masyarakat yang membutuhkan fasilitas kesehatan dapat dilayani dengan baik dan maksimal tanpa adanya hambatan.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini ialah:

Apakah deformasi (Simpangan antar lantai) bangunan puskesmas kotamatsum masih memenuhi simpangan antar lantai izin?

Tujuan Penelitian

Menganalisis deformasi bangunan puskesmas kotamatsum masih memenuhi simpangan antar lantai izin atau tidak.

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Kementerian Kesehatan RI, (2014) dalam permenkes no. 75 Tahun 2014, dinyatakan bahwa Pusat Kesehatan Masyarakat yang selanjutnya disebut Puskesmas adalah fasilitas pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan upaya kesehatan masyarakat dan upaya kesehatan perseorangan tingkat pertama, dengan lebih mengutamakan upaya promotif dan preventif, untuk mencapai derajat kesehatan masyarakat yang setinggi-tingginya di wilayah kerjanya. (PERMENKES, 2014) Puskesmas didirikan untuk memberikan pelayanan kesehatan dasar, menyeluruh, paripurna, dan terpadu bagi seluruh penduduk yang tinggal di wilayah kerja Puskesmas. Program dan upaya kesehatan yang diselenggarakan oleh Puskesmas merupakan program pokok (public health essential) yang wajib dilaksanakan oleh pemerintah untuk mewujudkan kesejahteraan masyarakat. Berikut selengkapnya mengenai tugas dan fungsi puskesmas beserta tujuannya yang perlu diketahui. Peraturan tentang bangunan puskesmas diatur pada Permenkes No.43 Tahun 2019.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan mengumpulkan data yang terbagi menjadi 2 (dua) menurut jenis datanya, yaitu data sekunder dan Studi Literatur.

1. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari pihak perusahaan kontraktor, seperti gambar denah pekerjaan proyek pembangunan Puskesmas Kotamatsum.

2. Studi Literatur

Kajian yang digunakan dalam skripsi ini ialah dari hasil perencanaan ahli-ahli teknik sipi, jurnal yang berkaitan erat dengan struktur bangunan, buku literatur yang berhubungan erat dengan kajian, dan standar-standar yang digunakan dalam perencanaan bangunan beton bertulang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kategori Risiko

Kategori risiko: III (Gedung Fasilitas Kesehatan, table 3 SNI 1726:2019).

<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none">- Bioskop- Gedung pertemuan- Stadion- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat- Fasilitas penelitian anak- Penjara- Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none">- Pusat pembangkit listrik biasa- Fasilitas penanganan air- Fasilitas penanganan limbah- Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk) fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, pengangkutan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang ditetapkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
---	-----

Gambar 1. SNI 1726 : 2019

2. Faktor Keutamaan

Faktor keutamaan untuk kategori risiko II adalah (table SNI 1726:2019).

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Gambar 2. SNI 1726 : 2019

3. Klasifikasi Situs

- PGA = 0,406277 g
 - PGAm = 0,563687 g
 - CRs = 0,000000
 - CR1 = 0,000000
 - Ss = 0,6558 g
 - S1 = 0,3634 g
 - TL = 20 detik
 - Fa = 1,196082
 - Fv = 2,379624
 - $S_{ms} = F_a \times S_s = 1,196082 \times 0,879897 = 1,052429 \text{ g}$
 - $S_{m1} = F_v \times S_1 = 2,379624 \times 0,410188 = 0,976093 \text{ g}$
 - $S_{ds} = \frac{2}{3} \times S_{ms} = \frac{2}{3} \times 1,052429 = 0,701620 \text{ g}$
 - $S_{d1} = \frac{2}{3} \times S_{m1} = \frac{2}{3} \times 0,976093 = 0,650729 \text{ g}$
 - $T_0 = 0,2 \times S_{d1}/S_{ds} = 0,2 \times 0,650729/0,701620 = 0,185493 \text{ detik}$
 - $T_s = S_{d1}/S_{ds} = 0,650729/0,701620 = 0,927467 \text{ detik}$
- Kemudian nilai-nilai yang belum diketahui dihitung dengan cara seperti berikut:

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE _e) terpetakan pada periode $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
SD	1,5	1,4	1,3	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,2	1,1	0,9	0,8
SS	SS					

CATATAN:
(a) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Gambar 3. SNI 1726:2019

Nilai Fa untuk nilai $S_s = 0,879897 \text{ g}$, diperoleh dengan cara intervolasi antara nilai $S_s = 0,75$ dengan $F_a = 1,3$ dan $S_s = 1,00$ dengan $F_a = 1,1$, maka didapat nilai Fa seperti berikut:

$$F_v = 1,1 + \frac{(1,00 - 0,879897)}{(1,00 - 0,75)} \times (1,3 - 1,1) = 1,196082$$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE _e) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SS	SS					

CATATAN:
(a) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Gambar 4. SNI 1726:2019

Nilai Fv untuk nilai $S_1 = 0,410188 \text{ g}$, diperoleh dengan cara intervolasi antara nilai $S_1 = 0,40$ dengan $F_v = 2,4$ dan $S_1 = 0,50$ dengan $F_v = 2,2$, maka didapat nilai Fv seperti berikut:

$$F_v = 2,2 + \frac{(0,50 - 0,410188)}{(0,50 - 0,40)} \times (2,4 - 2,2) = 2,379624$$

4. Katagori Desain Seismik (KDS)

Katagori desain seismic adalah D

$S_{Ds} = 0,701620$ g (SNI 1726:2019 kategori D)

$S_{D1} = 0,650729$ g (SNI 1726:2019 kategori D)

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Gambar 5. SNI 1726:2019

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{DS} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DS} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DS}$	D	D

Gambar 6. SNI 1726:2019

Sistem Struktur

Sistem struktur yang digunakan adalah SRPMK (table 12 SNI 1726:2019). Nilai $R = 8$, $\Omega = 3$, $C_d = 5,5$.

5. Periode Struktur

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^*	Faktor kuat leleh sistem, C_u^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h , pro^d				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^e
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^m	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB

Gambar 7. Faktor Pemikul Seismik

Diperoleh nilai percepatan desain periode 1 detik, $S_{D1} = 0,4692$ g dengan koefisien untuk batas periode, $C_u = 1,4$ (SNI 1726:2019).

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Gambar 7. SNI 1726:2019

Adapun parameter periode pendekatan $C_t = 0,0466$ dan $x = 0,9$ dapat dilihat pada SNI 1726:2019.

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilindungi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bracing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bracing terkekang terhadap seku	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Gambar 8. SNI 1726:2019

Dari pemaparan data diatas, maka diperoleh nilai T_a

$$T_a = C_t x h^x = 0,0466 \times 12^{0,9} = 0,4362 \text{ detik}$$

Setelah nilai T_a diperoleh, maka hal selanjutnya menentukan periode maksimum

$$T_{max} = C_u x T_a = 1,4 \times 0,4362 = 0,611 \text{ detik}$$

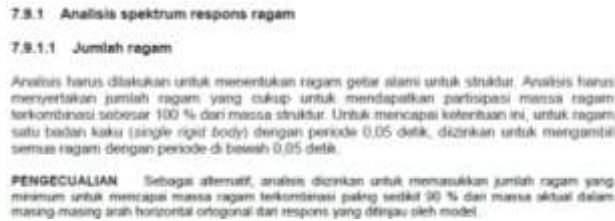
Setelah dilakukan analisis menggunakan *software etabs* diperoleh periode yang bekerja pada struktur bangunan sebesar :

Periode Hasil Analisis Arah x = 0,487 detik, maka periode $T_x = 0,487$ detik

Periode Hasil Analisis Arah y = 0,488 detik, maka periode $T_y = 0,488$ detik

6. Jumlah Ragam

SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.1 Analisis harus dilakukan dengan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100% dari massa struktur.



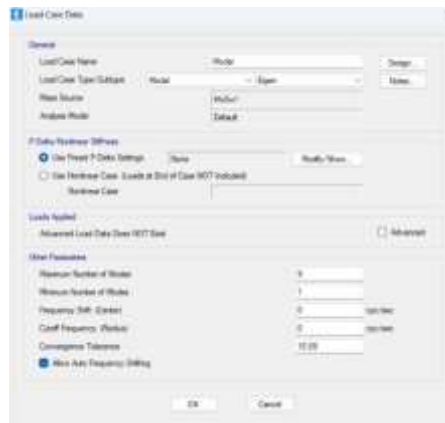
Gambar 9. SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.1

Jumlah ragam yang digunakan dalam analisis ini cukup dengan menggunakan 9 jumlah ragam, dalam hal ini banyak faktor yang mempengaruhi jumlah ragam tiap bangunan gedung salah satunya jumlah lantai yang digunakan.

Case	Mode	Period (sec)	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	MX	MY	MZ	SumMX	SumMY	SumMZ
Modal	1	0,488	0,9942	0,0000	0	0,9942	0,9942	0	0,1448	-0,0078	0,1432	0,1448	0,0078	0,1432
Modal	2	0,487	0,0000	0,9123	0	0,9123	0,9123	0	0,0023	0,1679	0,0448	0,147	0,1755	0,1678
Modal	3	0,472	0,0007	0,1637	0	0,1674	0,1712	0	0,3415	0,0044	0,615	0,1698	0,1798	0,8958
Modal	4	0,197	0,0001	0,0689	0	0,0775	0,0401	0	0,4753	0,0684	0,0298	0,0819	0,1903	0,8989
Modal	5	0,178	0,0518	0,1332	0	0,329	0,652	0	0,1044	-0,017	0,33	0,7685	0,542	0,8259
Modal	6	0,177	0,0412	0,1158	0	0,571	0,9571	0	0,1115	0,3241	0,0485	0,6770	0,8081	0,988
Modal	7	0,117	0,0003	0,0325	0	0,0785	0,0989	0	0,1186	0,0009	0,0002	0,8974	0,907	0,8863
Modal	8	0,118	0,0295	0,0003	0	0,9999	1	0	0,0014	0,0008	0,0001	0,9987	0,9999	0,9984
Modal	9	0,111	0,0001	0,2235-03	0	1	1	0	0,0012	0,0001	0,0000	0,9999	0,9999	1

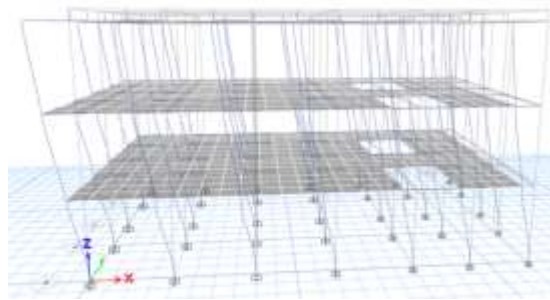
Gambar 11. Jumlah Ragam

hanya dengan menggunakan 9 jumlah ragam U_x dan U_y sudah mampu mencapai 100%.



Gambar 12. Load Case Data

Mode 1 ($T = 0,488$ detik translasi arah X)



Gambar 13. Translasi Arah X

Mode 2 (T = 0,487 detik translasi arah Y).

7. Gaya Geser Dasar Seismic

Koefisien respons seismic dapat diperoleh pada SNI 1726:2019 persamaan 31 :

$$c_s = S_{Ds}/(R/I_e) = 0,55759/(8/1,25) = 0,0871$$

Batas atas ditentukan dengan SNI 1726:2019 persamaan 32 :

$$c_{s,max,x} = S_{Ds}/[T_x \times (R/I_e)] = 0,55759/[0,487 \times (8/1,25)] = 0,1505$$

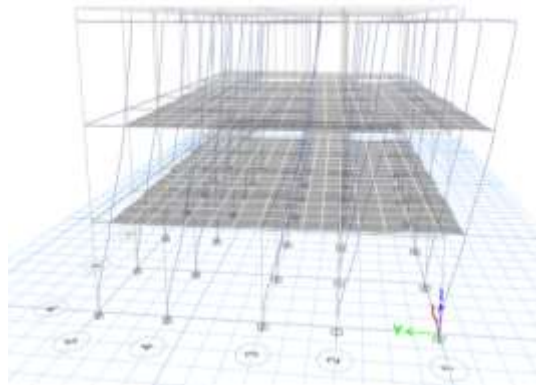
$$c_{s,max,x} = S_{Ds}/[T_x \times (R/I_e)] = 0,55759/[0,488 \times (8/1,25)] = 0,1502$$

Batas bawah diperoleh dengan SNI 1726:2019 persamaan 35 :

$$c_{s,min,1} = 0,044 \times S_{Ds} \times I_e = 0,044 \times 1,25 = 0,03067$$

Koefisien respons seismic pakai ialah :

$$c_{s,pakai,x} = 0,0871$$



Gambar 11. T translasi arah Y

$$c_{s,pakai,y} = 0,0871$$

Berat Seismic efektif

Tabel diambil dari *Mass Summary by Story software etabs*.

Tabel 1. Mass Summary By Story

Lantai	Massa (kg)
Rooftop	309074,59
Lantai 3	461733,24
Lantai 2	466020,46
Total	1236828,29

$$W = Total\ massa \times \frac{g}{1000} = 1236828,29 \times \frac{9,80665}{1000} = 12.129\ kN$$

8. Penskalaan Gaya

Menentukan gaya geser statik secara manual (SNI 1726:2019 persamaan 30).

$$V_x = c_{s,pakai,x} \times W = 0,0871 \times 12.129 = 1056,73 \text{ kN}$$

$$V_y = c_{s,pakai,y} \times W = 0,0871 \times 12.129 = 1056,73 \text{ kN}$$

Menentukan gaya geser statik menggunakan *software etabs* (*Load Pattern dengan Load Type 'Seismic'*) → hanya sebagai untuk pembeding

$$V_x = 1056,7271 \text{ kN}$$

$$V_y = 1056,7296 \text{ kN}$$

Faktor Skala Awal (SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.2)

$$S_f = G / (R/I_e) = 9,80665 / (8/1,25) = 1532,29 \text{ m/S}^2$$

Gaya Geser Respon Spektra

Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-m
Static Ex	LinStatic	Step By Step	1	-1056,7270	0	0	0	-9364,384	7571,9048
Static Ex	LinStatic	Step By Step	2	-1056,7270	0	0	0	-9364,384	8006,3995
Static Ex	LinStatic	Step By Step	3	-1056,7270	0	0	0	-9364,384	7133,6191
Static Ey	LinStatic	Step By Step	1	0	-1056,7270	0	9364,384	0	-12021,4198
Static Ey	LinStatic	Step By Step	2	0	-1056,7270	0	9364,384	0	-12769,2875
Static Ey	LinStatic	Step By Step	3	0	-1056,7270	0	9364,384	0	-11302,5475
Spec Ex	LinRespSpec	Max		949,9961	23,6303	0	222,3463	8120,3985	7294,6039
Spec Ey	LinRespSpec	Max		23,6303	925,8425	0	7926,8462	-203,3144	18856,3119

Gambar 12. Jumlah Ragam Sebelum Penskalaan Gaya Gempa

$$V_{i,x} = 949,9961 \rightarrow \text{Dari program software etabs}$$

$$V_{i,y} = 925,8425 \rightarrow \text{Dari program software etabs}$$

Penskalaan Gaya gempa (SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.4.1)

$$f_x = \frac{\text{Gaya Geser Statik manual}(V_x)}{\text{Gaya Geser Respon Spektra}(V_{1,x})} = \frac{1056,73}{949,9961} = 1,112$$

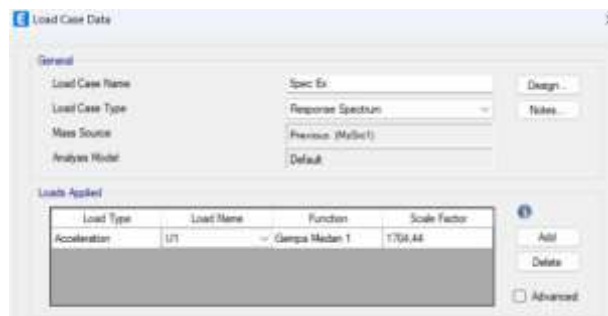
$$f_y = \frac{\text{Gaya Geser Statik manual}(V_y)}{\text{Gaya Geser Respon Spektra}(V_{1,y})} = \frac{1056,73}{925,8425} = 1,141$$

Dengan ditentukannya penskalaan gaya gempa, maka dapat diperoleh faktor skala baru yaitu :

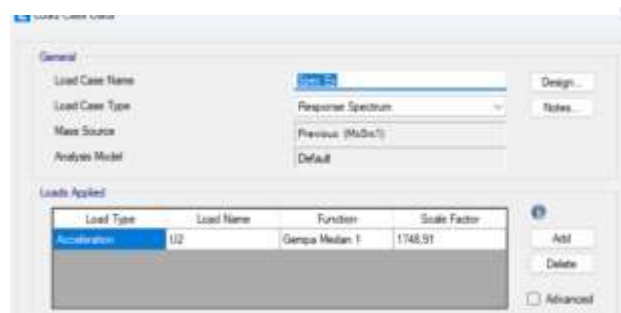
$$SF_x = \text{Faktor Skala awal}(s_f) \times \text{Penskalan gaya gempa}(f_x) = 1532,29 \times 1,112$$

$$SF_x = 1704,44 \text{ mm/s}^2$$

$$SF_y = \text{Faktor Skala awal}(s_f) \times \text{Penskalan gaya gempa}(f_y) = 1532,29 \times 1,141$$



Gambar 13. Scale Factor Baru Arah X



Gambar 14. Scale Factor Baru Arah Y

$$SF_y = 1748,91 \text{ mm/s}^2$$

Setelah dilakukannya perubahan skala maka gaya geser statik menggunakan *software etabs* dengan perhitungan manual hamper dapat dikatakan sama.

Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN.m	MY kN.m	MZ kN.m
Static Ex	LeStatic	Step By Step	1	-1056,7276	0	0	0	-9364,384	7571,0348
Static Ex	LeStatic	Step By Step	2	-1056,7276	0	0	0	-9364,384	8005,3995
Static Ex	LeStatic	Step By Step	3	-1056,7276	0	0	0	-9364,384	7133,6191
Static Ey	LeStatic	Step By Step	1	0	-1056,7276	0	9364,384	0	-12631,4156
Static Ey	LeStatic	Step By Step	2	0	-1056,7276	0	9364,384	0	-12760,2976
Static Ey	LeStatic	Step By Step	3	0	-1056,7276	0	9364,384	0	-11302,5435
Spec Ex	LinRespSpec	Max		1056,7276	26,2851	0	225,8797	9832,716	8114,1443
Spec Ey	LinRespSpec	Max		26,9709	1056,7296	0	9047,4731	232,0571	12381,0774

Gambar 15. Jumlah Ragam Setelah dilakukan Penskalaan baru

9. Simpangan Antar Tingkat

Struktur	Kategori risiko		
	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 tingkat.	0,025 h_{sx}	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	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}

Untuk simpangan izin dapat diperoleh dari (SNI 1726 Tabel 20) dengan besaran,

$$\Delta_a = 0,015h$$

Dengan faktor redudansi, $\rho = 1$

Dengan tinggi bangunan $h = 4000 \text{ mm}$

$$\text{Maka diperoleh, } \Delta_{max} = \frac{\Delta_a}{\rho} \times h = \frac{0,015}{1} \times 4000 = 60,000 \text{ mm}$$

Faktor Pembesaran Deflaksi, $C_d = 5,5$

Faktor Pembesaran Deflaksi, $I_e = 1,25$

Nilai *displacement* diperoleh dari hasil analisis software Etabs :

Tabel 2. Displacement

Story	δ_eX	δ_eY
4	20,477	20,734
3	15,399	15,452
2	7,889	7,901
1	0	0

Nilai *story elastic drift* ditentukan dengan $= \delta_n - \delta_{n-1}$

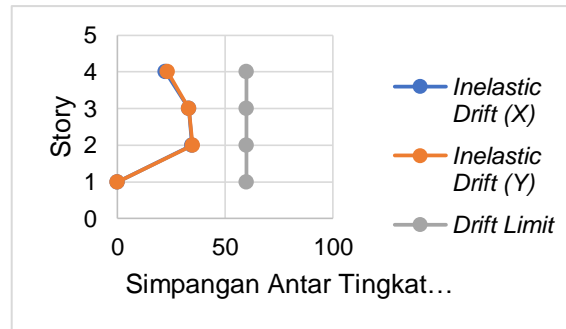
Nilai *story inelastic drift* ditentukan dengan $= \delta_{elastic drift} \times C_d/I_e$

Dengan tinggi bangunan $h = 4,00 \text{ m}$

Untuk pengecekan syarat $\Delta_{inelastic drift} \leq \text{Drift limit} \rightarrow \text{Oke}$

Tabel 3. Simpangan Antar Tingkat

Story	Displacement		Elastic Drift		h	Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	δ_eX (mm)	δ_eY (mm)	δ_eX (mm)	δ_eY (mm)		Δ_x (mm)	Δ_y (mm)		
4	20,477	20,734	5,078	5,282	4000	22,343	23,241	60,000	OK
3	15,399	15,452	7,510	7,551	4000	33,044	33,224	60,000	OK
2	7,889	7,901	7,889	7,901	4000	34,712	34,764	60,000	OK
1	0	0	0,000	0,000	4000	0,000	0,000	60,000	OK



Gambar 16. Grafik Simpangan Antar Tingkat

SIMPULAN

Deformasi atau simpangan antar lantai bangunan puskesmas kotamatsum masih memenuhi simpangan antar lantai dimana nilai *Inelastic Drift* < *Drift Limit*.

SARAN

Dalam melakukan *input* data pada *Software ETABS* hendaknya dilakukan dengan teliti sesuai dengan asumsi-asumsi yang telah ditetapkan sebelumnya sehingga dapat dihasilkan analisis struktur yang mendekati keadaan sebenarnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti berterima kasih kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini. Terima kasih kepada pihak-pihak yang juga berperan penting dalam penelitian Analisis Bangunan Tahan Gempa Pada Proyek Pembangunan Tahan Gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Ifianto, R. (2017). ANALISA PERHITUNGAN BANGUNAN DENGAN METODE ETABS. *UNIVERSITAS MEDAN AREA*.
- Andre Sergio Ginting, Y. B. (2023). ANALISIS STRUKTUR KOLOM DAN BALOK BETON. *Politeknik Negeri Medan*.
- Aries Saputra, A. F. (April 2017). ANALISIS STRUKTUR RUMAH SAKIT PERMATA CIREBON. *UNSWAGATI CIREBON*.
- Badaruddin, P. T. (Februari 2023). ANALISIS STRUKTUR RESTORASI GEDUNG ISTANA BALA' PUTIH. *Jurnal SainTekA*.
- Frinsilia Jaglien Liando Servie O. Dapas, S. E. (Juli 2020). PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG KULIAH 5 LANTAI. *Jurnal Sipil Statik*.
- Hendra, L. V. (November 2021). ANALISIS STRUKTUR GEDUNG TAHAN GEMPA DENGAN METODE SISTEM GANDA (DUAL SYSTEM). *Construction and Material Journal*.
- Kaltsum, R. (2022). PERENCANAAN STRUKTUR DAN BIAYA PADA PROYEK EMBANGUNAN KANTOR SPBU SHELL (NTI SHELL ADAM MALIK-1) MEDAN. *Politeknik Negeri Medan*.
- Sagala, B. (2023). APLIKASI METODE ELEMEN HINGGA PADA PLAT CANGKANG BERBENTUK KUBAH (DOME) . *Universitas Negeri Medan*.
- Saraswati, I. (2020). PERANCANGAN GEDUNG BERTINGKAT 10 LANTAI DENGAN BETON BERTULANG MUTU TINGGI . *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.