

## KINERJA STRUKTUR GEDUNG AKIBAT PERUBAHAN ARAH SUMBU PROFIL KOLOM BAJA

Muhammad Ridwan<sup>1\*</sup> dan Pina Panduinata<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang

\*E-mail: mhd.rid.wan.itp@gmail.com

Received: 17 Juli 2021

Accepted: 25 Juli 2021

Published : 31 Juli 2021

### Abstrak

Ketepatan penempatan arah sisi lemah dan kuat dari profil kolom baja pada struktur bangunan gedung tentu sangat berpengaruh terhadap performa dari struktur bangunan tersebut. Apalagi jika bangunan memiliki bentang yang berbeda pada arah x dan y bangunan, dimana sisi lemah akan mengarah pada bentang panjang dan sisi kuat mengarah pada bentang pendek. Hal ini dimungkinkan terjadi pada bangunan yang sudah terbangun, apalagi bangunan tersebut berada pada wilayah yang rawan terhadap gaya gempa. Maka pada bangunan ini perlu dilakukan re-evaluasi kinerja seismik terhadap struktur bangunan tersebut, terutama bangunan yang berfungsi untuk umum seperti rumah sakit. Dengan mengumpulkan data dari sebuah rumah sakit di kota Bukittinggi dan dengan menggunakan Finite Elemen software dan analisis pushover serta memberikan gaya lateral static dengan faktor pengali secara bertahap sampai titik acuan struktur mengalami perpindahan (displacement) tertentu, maka dapat dilihat kinerja bangunan tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa gaya geser maksimal yang terjadi hingga gedung mengalami keruntuhan untuk arah X adalah 2386.5141 ton dengan displacement (perpindahan) 288.821 mm. Sedangkan untuk arah Y adalah 3118.081 ton dengan displacement (perpindahan) 19.355 mm. Berdasarkan hasil analisis ragam spektrum respons terhadap level kinerja struktur gedung sesuai Applied Technology Council-40 (ATC-40), pada arah X menunjukkan bahwa Gedung Rumah Sakit tersebut termasuk dalam kategori level *Life Safety*, sedangkan pada arah Y menunjukkan bahwa Gedung Rumah Sakit termasuk dalam kategori level *Immediate Occupancy*.

**Kata Kunci:** Respon Spektrum, Perpindahan, Geser Dasar.

### Abstract

*The proper placement of the weak and strong sides of the steel column profile in the building structures greatly affects the performance of those structure. Especially, if the building has different spans in the x and y directions, where the weak side will lead to the long span and the strong side lead to the short span. This is possible occur for buildings that have been built, especially if the building is located in an earthquake prone area. Therefore, in this case, it is necessary to re-evaluate the seismic performance of the building structure, particularly for buildings that has been functioned for the public such as hospitals. By collecting data from a hospital in the city of Bukittinggi and using Finite Element software and pushover analysis and providing a static lateral force with a multiplier factor gradually until the reference point of the structure experiences a certain displacement, the performance of the building can be seen. The results of the analysis show that the maximum shear force that occurs until the building collapses for the X direction is 2386,5141 tons with a displacement of 288,821 mm. As for the Y direction is 3118,081 tons with a displacement of 19,355 mm. Based on the analyses results of the various response spectrum to the level of performance of the building structure according to the Applied Technology Council-40 (ATC-40), in the X direction indicated that the Hospital Building is included in the Life Safety level category, while in the*

*Y direction indicated that the Hospital Building is included in the Immediate Occupancy level category.*

**Keywords:** *Response Spectrum, Displacement, Base Shear.*

---

**To cite this article:**

Muhammad Ridwan dan Pina Panduinata (2021). Kinerja Struktur Gedung Akibat Perubahan Arah Sumbu Profil Kolom Baja. *Journal of Infrastructural in Civil Engineering*, Vol. (02), No. 02, pp: 10-23.

---

## PENDAHULUAN

Gempa tektonik merupakan salah satu jenis gempa yang bisa memberikan dampak kerugian bagi manusia dan bangunan, gempa ini terjadi karena adanya pergeseran lempeng tektonik [1]. Nurchasanah [2] melihat betapa bahayanya jika suatu bangunan mengalami keruntuhan pada saat terjadi gempa. Untuk itu, bangunan perlu direncanakan dan dianalisa guna menjamin keselamatan gedung dan pemakainya. Indonesia terletak pada pertemuan 3 lempeng, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Interaksi antara 3 lempeng tersebut memiliki jenis bidang batas lempeng yang sama di mana bidang batas konvergen yang membentuk zona-zona subduksi [3].

Pada abad ke-19, baja menjadi salah satu material konstruksi yang sering digunakan, akibatnya metode baja murah mulai dikembangkan [4]. Material baja merupakan material yang sering digunakan sebagai material utama dalam pekerjaan struktur konstruksi. Material baja secara alami mempunyai rasio kuat berbanding berat-volume yang tinggi, sehingga bangunan dengan konstruksi baja akan menghasilkan sistem pondasi lebih ringan. Ini penting pada bangunan tahan gempa. Selain itu, material baja punya karakter kekuatan tinggi, sangat daktail dan relatif kaku, yang merupakan syarat ideal mengantisipasi beban tak terduga [5]. Oleh karena itu, diperlukan standar peraturan yang diharapkan agar konstruksi dibangun dengan tingkat keamanan lebih tinggi dan dapat menekan biaya pembangunan.

SNI 1729 2015 [6] (spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural) telah resmi beredar di Indonesia dan menggantikan SNI 1729 2002 [7]. SNI 1729 2015 [6] mengacu dan mengadopsi penuh AISC (American Institute of Steel Construction) 2010. Selain itu, peta bahaya gempa Indonesia juga melakukan pembaharuan menjadi Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2017 [8]. Peta tersebut menggantikan Peta Bahaya Gempa Indonesia 2010.

Segala upaya untuk mengurangi risiko bahaya gempa perlu dilakukan dengan tindakan pencegahan dengan penanggulangan bencana. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan pemutakhiran Peta Bahaya Gempa Indonesia 2010 digantikan dengan Peta Sumber

dan Bahaya Gempa Indonesia 2017 [8]. Hal ini supaya masyarakat Indonesia mampu menyiapkan diri dalam menghadapi bencana gempa dan diharapkan tingkat risiko dalam pembangunan bangunan dapat diminimalkan [8]. Peta gempa 2017 lebih mengacu pada kondisi terkini untuk wilayah Indonesia.

Pada era sekarang, arah metode perencanaan tahan gempa beralih dari pendekatan kekuatan (*force based*) menuju pendekatan kinerja (*performance based*) dimana struktur direncanakan terhadap beberapa tingkat kinerja. Untuk mengetahui kinerja struktur saat menerima beban gempa, maka dibutuhkan analisis nonlinier yang sederhana tetapi cukup akurat. Salah satu cara analisis nonlinear yang dapat digunakan adalah *Capacity Spectrum Method* yang memanfaatkan analisis beban dorong statis nonlinier (*nonlinear static pushover analysis*) yang menggunakan kinerja struktur sebagai sasaran perencanaan. Purnomo [9] mengatakan analisis gempa dibagi menjadi dua yaitu analisis gempa statik ekuivalen dan analisis gempa dinamik. Analisis gempa dinamik digunakan untuk mengetahui kinerja struktur pada bangunan tinggi bertingkat banyak, tidak beraturan, dan bangunan-bangunan yang memerlukan ketelitian yang sangat besar. Analisis gempa dinamik meliputi analisis respon spektrum dan analisis riwayat waktu (*response spectrum dan time history*). Respon spektrum adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk kurva antara periode struktur  $T$ , dengan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. Analisis dinamik respon spektrum memberikan pembagian gaya geser tingkat yang lebih teliti.

Bukittinggi adalah salah satu kota di Indonesia yang berada di wilayah jalur gempa sangat berpotensi mengalami gempa. Kondisi tersebut perlu menjadi perhatian khusus dalam perencanaan bangunan gedung terutama bangunan yang berkaitan dengan fasilitas umum seperti Rumah Sakit. Salah satu rumah sakit yang sudah selesai pengerjaannya dan siap untuk difungsikan di rasa perlu dilakukan evaluasi terhadap kinerjanya.

Elemen bangunan yang sangat berperan dalam menahan gaya lateral termasuk gempa adalah kolom. Sedang profil baja untuk kolom sangat dipengaruhi panjang bentang balok sesuai sumbu-sumbunya. Pada beberapa profil baja untuk kolom memiliki sumbu lemah dan sumbu kuat dan sering terjadi kesalahan dalam menempatkan arah sumbu tersebut. Sering terjadi penempatan arah sumbu profil yang terbalik dimana sumbu kuat berhadapan dengan bentang pendek dan sumbu lemah berhadapan dengan sumbu lemah sehingga akan mempengaruhi respon gedung secara keseluruhan. Untuk itu penulis ingin melakukan mencoba mengevaluasi terhadap salah satu gedung Rumah Sakit di kota Bukittinggi sekaligus melihat respon dari stuktur tersebut.

## TELAAH PUSTAKA

Kementrian PUPR bersama para ahli gempa melakukan pemutakhiran peta gempa Indonesia dan diberi nama Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2017. Peta gempa 2017 ini mengacu pada analisis PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*) yang merupakan peta percepatan puncak di batuan dasar PGA (*Peak Ground Acceleration*). PGA memiliki delapan periode ulang, periode ulang yang dipergunakan, yaitu 50, 100, 200, 500, 1000, 2500, 5000, dan 10000 tahun. Analisis terhadap hasil perhitungan PSHA oleh Tim Pusat Studi Gempa [8] menunjukkan akan muncul guncangan yang semakin bertambah tinggi di suatu area seiring dengan semakin bertambah panjang rentang waktu penghitungan. Hal ini terjadi karena semakin panjang waktu maka semakin banyak gempa dengan magnitudo lebih besar yang muncul.

Penentuan simpangan antar tingkat desain ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Parameter faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) menentukan simpangan antar tingkat berdasarkan SNI 1726 2012 (Tabel 1).

**Tabel 1.** Koefisien Modifikasi

Sistem Penahan – Gaya Gempa		R	$C_d$
Sistem Rangka Pemikul Momen			
a.	Rangka baja pemikul momen khusus	8	5,5
b.	Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	5,5
c.	Rangka baja pemikul momen menengah	4,5	4
d.	Rangka baja pemikul momen biasa	3,5	3
e.	Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	5,5
f.	Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	4,5
g.	Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	2,5

Sumber: (SNI 1726 2012)

Berdasarkan SNI 1727 2013, kategori risiko bangunan diperlukan sehingga di peroleh kategori risiko dan Faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 2. Pada SNI 1726, 2012 [10] simpangan antar tingkat izin ( $\Delta_a$ ) izin untuk semua struktur lainnya adalah 0,020 dan untuk kategori risiko dengan seismik D, E, atau F, simpangan antar tingkat tingkat ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi ( $\Delta_a/\rho$ ).

Tabel 2. Simpangan Antar Tingkat Izin,  $\Delta_a^{a,b}$

Struktur	Kategori Risiko ( $h_{sx}$ )		
	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 tingkat.	0.025	0.020	0.015
Struktur dinding geser kantilrver batu bata	0.010	0.010	0.010
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0.007	0.007	0.007
Semua struktur lainnya	0.020	0.015	0.010

Sumber: (RSNI3 1726. 201X)

Selanjutnya faktor redundansi ( $\rho$ ) perlu di perhatikan karena untuk struktur yang tidak memiliki ketidakberaturan torsi berlebihan dengan kategori desain seismik D, E, atau F,  $\rho$  harus sebesar 1,3, jika  $\rho$  tidak diizinkan diambil sebesar 1,0.

Persamaan simpangan antar tingkat yang digunakan sebagai berikut:

$$\Delta = \frac{(\delta \cdot C_d)}{I}$$

Persamaan simpangan antar tingkat izin yang digunakan sebagai berikut:

$$\Delta = \frac{(0,020 h_{sx})}{\rho}$$

Menurut ATC 40 [11], analisis pushover adalah suatu komponen desain yang menjadi sarana dalam mencari kapasitas dari struktur. Prosedur analisisnya akan menjelaskan bagaimana mengidentifikasi bagian-bagian dari bangunan yang akan mengalami kegagalan. Salah satu hasil akhir dari analisis ini ialah menampilkan secara visual elemen-elemen struktur yang mengalami kegagalan sehingga dapat dilakukan pencegahan pada elemen tersebut. Selain itu, analisis pushover juga menampilkan gaya geser dasar untuk menghasilkan nilai perpindahan dari struktur yang di teliti. Nilai tersebut akan digambarkan dalam bentuk kurva kapasitas yang merupakan gambaran perilaku struktur dalam bentuk perpindahan lateral.

Dalam FEMA 273/356 untuk prosedur statik nonlinier. Target perpindahan penyelesaiannya dilakukan dengan memodifikasi respons elastis linier dari sistem SDOF ekuivalen dengan faktor koefisien C0, C1, C2 dan C3 sehingga target perpindahan adalah:

$$\delta_t = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot S_a \cdot \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 \cdot g$$

Dimana:

$\delta_t$  = Target perpindahan

$T_e$  = Waktu getar alami efektif

$C_0$  = Koefisien faktor bentuk, untuk merubah perpindahan spektra menjadi perpindahan atap, umumnya memakai faktor partisipasi ragam yang pertama atau berdasarkan Tabel 3-2 dari FEMA 356.

$C_1$  = Faktor modifikasi untuk menghubungkan perpindahan inelastik maksimum dengan perpindahan respons elastik linier. Nilai  $C_1=1,0$  untuk  $T_e \geq T_s$  dan

$$C_1 = \frac{[1 + (R - 1)^{\frac{T_s}{T_e}}]}{R} \text{ untuk } T_s < T_e$$

$C_2$  = Koefisien untuk memperhitungkan efek *pinched hysteresis shape*, dari hubungan beban deformasi akibat degradasi kekuan dan kekuatan, nilainya berdasarkan Tabel 3-3 dari FEMA 356.

$C_2$  = Faktor modifikasi untuk memperhitungkan pembesaran lateral akibat adanya efek P. $\Delta$ . untuk gedung dengan perilaku kekakuan pasca leleh bernilai positif maka  $C_3 = 1,0$  sedangkan untuk gedung dengan perilaku kekakuan pasca leleh negatif

$$C_3 = 1,0 + \frac{|\alpha|(R - 1)^{3/2}}{T_s}$$

$$R = \frac{S_a}{V_y / W} C_m$$

Dimana:

$\alpha$  = Rasio kekakuan pasca leleh terhadap kekakuan elastis efektif.

$R$  = Rasio “kuat elastis perlu” terhadap “koefisien kuat leleh terhitung”.

$S_a$  = Akselerasi respon spektrum yang bekesesuaian dengan waktu getar alami efektif pada arah yang ditinjau.

$V_y$  = Gaya geser dasar pada saat leleh.

$W$  = Total beban mati dan beban hidup yang dapat direduksi.

$C_m$  = Faktor massa efektif yang diambil dari Tabel 3-1 dari FEMA 356.

$g$  = Percepatan gravitasi 9,81 m/det<sup>2</sup>.

FEMA 356 Point 3.3.3.2 menyatakan bahwa untuk menghindari apabila perilaku bangunan pasca keruntuhan melebihi kondisi rencana, maka dibuat analisis pushover dengan kurva hubungan gaya geser dasar dan perpindahan lateral titik kontrol dari 0% sampai 150 % dari target perpindahan. Tabel 3 merupakan batasan simpangan untuk berbagai level kinerja

struktur berdasarkan sistem struktur rangka pemikul momen yang dinyatakan dalam FEMA 356.

**Tabel 3.** Batasan simpangan untuk berbagai level kinerja struktur

Level kinerja struktur	Drift (%)	Keterangan
<i>Immediate Occupancy (IO)</i>	0,7	<i>Transient</i>
<i>Life Safety (LS)</i>	2,5	<i>Transient</i>
	1,0	<i>Permanent</i>
<i>Collapse Prevention (CP)</i>	5,0	<i>Transient atau permanent</i>

Sumber: (FEMA 356,2000)

Menurut FEMA 356 kategori kriteria-kriteria struktur tahan gempa adalah sebagai berikut:

1. *Fully Operational (FO)*, kondisi pasca gempa yakni struktur tetap dapat beroperasi langsung setelah gempa terjadi. Hal ini terjadi karena elemen struktur utama tidak mengalami kerusakan sama sekali dan elemen non struktur hanya mengalami kerusakan sangat kecil.
2. *Immediate Occupancy (IO)*, kondisi pasca gempa dimana hanya sedikit kerusakan yang terjadi, komponen struktur penahan gravitasi maupun komponen struktur penahan lateral dapat mempertahankan karakteristik dan kapasitas seperti kondisi sebelum gempa terjadi.
3. *Life Safety (LS)*, kondisi dimana beberapa komponen utama struktur telah rusak dengan perbaikan yang tidak ekonomis lagi, keselamatan orang baik di dalam maupun di luar gedung terancam, namun ancaman tersebut tidak sampai membahayakan jiwa manusia
4. *Collapse Prevention (CP)*, kondisi dimana struktur telah mengalami kerusakan parsial ataupun total, kerusakan yang terjadi telah menyebabkan degradasi kekuatan dan kekakuan pada sistem penahan gaya lateral.

Pada SNI 1729 2015. Pada bagian Persyaratan Stabilitas Umum, stabilitas harus disediakan untuk struktur secara keseluruhan dan untuk setiap elemennya. Berikut adalah efek yang harus diperhitungkan terhadap stabilitas struktur dan elemen-elemennya.

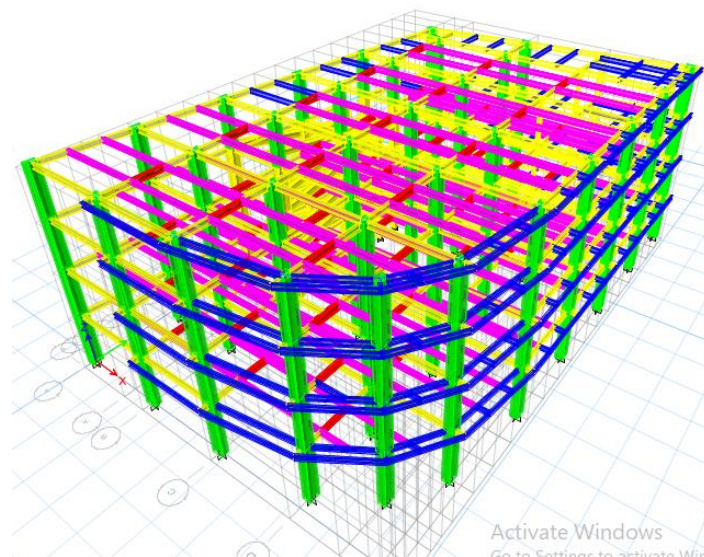
1. Bentuk deformasi lain yang dapat mempengaruhi perilaku struktur adalah deformasi elemen akibat momen lentur dan gaya aksial atau gaya geser.
2. Dipengaruhi oleh  $P-\Delta$  (global - struktur) atau  $P-\delta$  (lokal – elemen).

3. Ketidaktepatan geometri dan reduksi kekakuan telah diperhitungkan selama proses analisis struktur.
4. Adanya ketidakpastian kekuatan dan kekakuan perencanaan.

Pada Pasal 2B SNI 1729 2015 untuk struktur yang menahan beban gravitasi terutama melalui kolom, dinding atau portal vertikal nominal, diizinkan menggunakan beban notional untuk mewakili efek ketidaktepatan awal yang sesuai dengan persyaratan dari Pasal tersebut. Beban notional harus digunakan sebagai beban lateral pada semua level. Beban notional harus ditambahkan ke beban lateral lainnya dan harus digunakan pada semua kombinasi beban. Beban notional diambil dari nilai kombinasi beban yang paling besar, yaitu beban mati dan beban hidup [12-13].

### METODE PENELITIAN

*Shop drawing* Rumah Sakit Madina digunakan untuk pemodelan struktur secara 3D dengan menggunakan *FE software*. Gambar 1 adalah model struktur bangunan. Pemodelan bangunan meliputi kolom, balok, dan plat lantai sesuai *asbuild drawing*. Beban beban yang di aplikasikan dalam model ini sesuai dengan peraturan pembebanan SNI 1727 2013 [14]. Untuk beban gempa menggunakan standar SNI 1726 2012 [10].



**Gambar 1.** Pemodelan Struktur 3D Tampak Atas

Analisis yang digunakan adalah dengan *static non linier (pushover)*. Rumah Sakit Madina yang berlokasi di Bukittinggi. struktur gedung rangka baja dengan ketinggian 4 lantai. Fungsi utama gedung adalah sebagai Rumah Sakit. Gedung termasuk kategori resiko IV

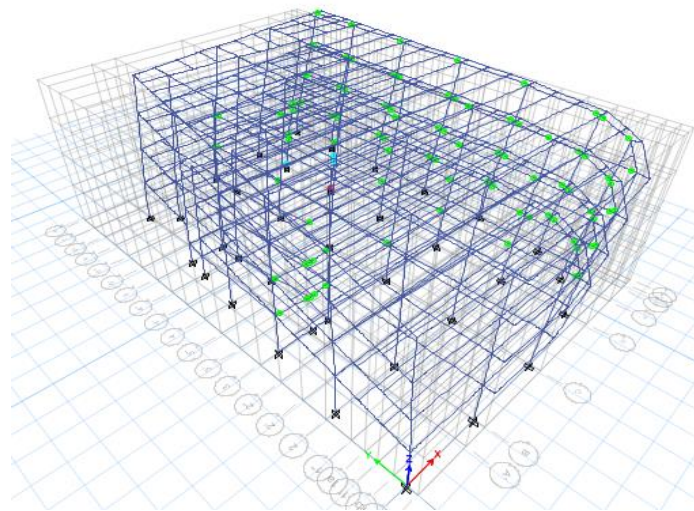


dengan nilai faktor keutamaan gempa 1.50, tinggi total 14.5 m, panjang gedung 24.75 m, lebar gedung adalah 35.25 m, mutu material beton adalah  $f_c = 30$  MPa, baja adalah  $f_y = 240$  MPa, sementara untuk elemen gedung adalah menggunakan Baja WF, kolom menggunakan WF 35 balok menggunakan WF 30 dan Wf 35.

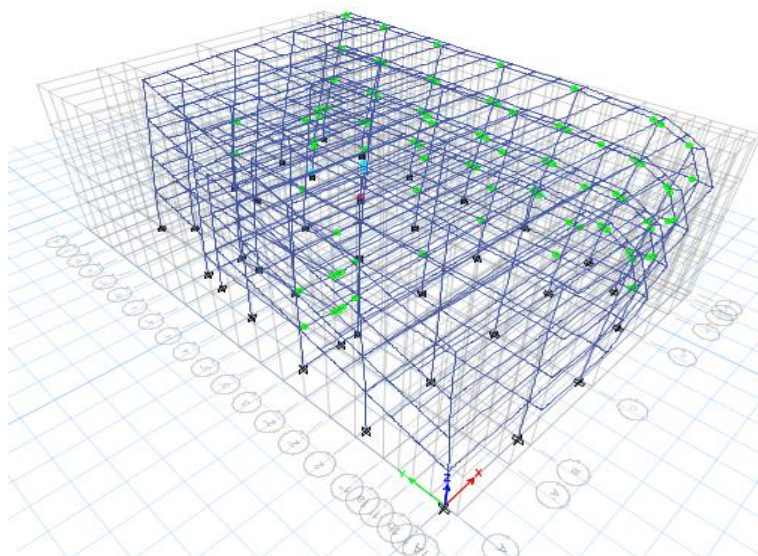
Pemodelan dibuat dalam bentuk gambar 3 dimensi sehingga hasil pemodelan dapat dilihat lebih jelas. pondasi bangunan dianggap dapat memberikan ke kekangan terhadap translasi dan rotasi. sehingga seluruh perletakan bangunan dimodelkan sebagai perletakan jepit (fixed). berikut adalah gambar hasil pemodelan menggunakan program FE software

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 2 dan Gambar 3 memperlihatkan step pembebanan kedua arah X dan Y.



**Gambar 2.** Step pembebanan ke-2 arah X

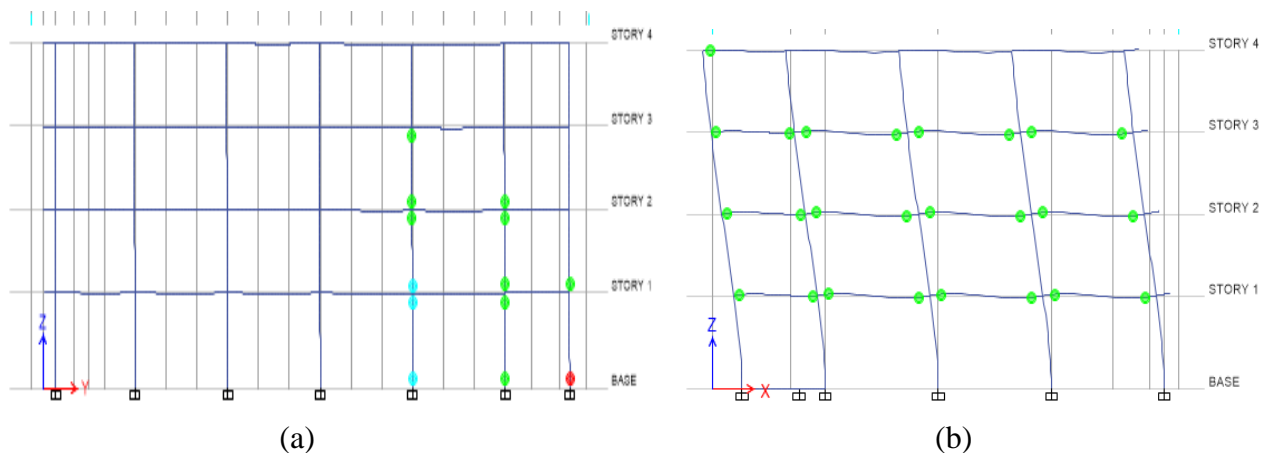


**Gambar 3.** Step pembebanan ke-12 arah Y

Distribusi sendi plastis arah X di dapatkan setelah analisis seperti pada Tabel 4 di bawah. Gambar 4 memperlihatkan portal As D dan portal As3 pada distribusi sendi plastis step 12.

**Tabel 4.** Distribusi Sendi Plastis

Step	Displacement (mm)	Base Force (Ton-Force)
0	1.179	0
1	4.804	-33.159
2	1.176	0.0661
3	-27.824	265.2217
4	-56.824	530.3137
5	-85.824	795.4054
6	-114.824	1060.4973
7	-143.824	1323.6972
8	-172.824	1579.2651
9	-216.824	1939.1907
10	-245.824	2139.0116
11	-274.232	2309.1924
12	-288.821	2386.5141

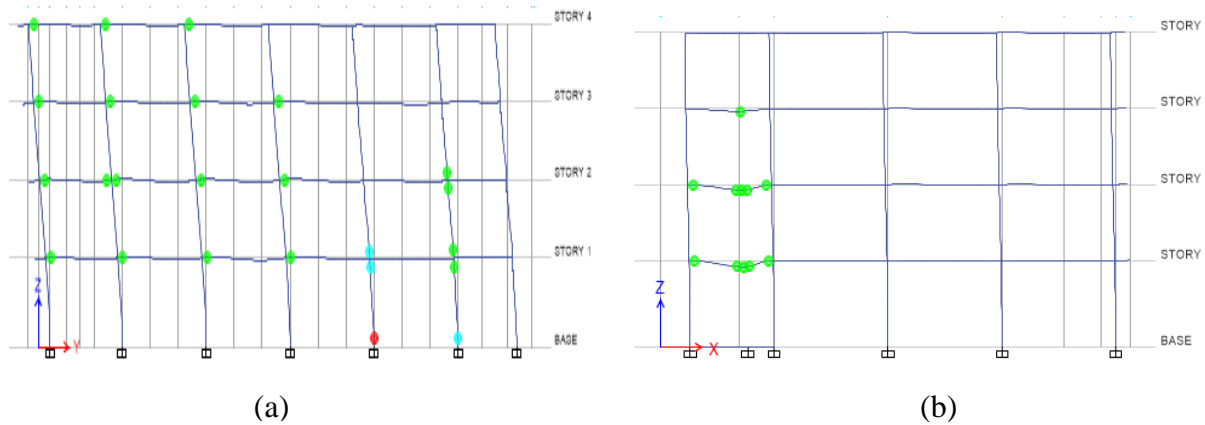


**Gambar 4.** (a) Portal As D, dan (b) Portal As 3 (Distribusi Sendi Plastis Step 12)

Kemudian, distribusi sendi plastis arah Y di dapatkan setelah analisis seperti pada Tabel 5 di bawah, dimana Gambar 5 menunjukkan portal As D dan portal As3 pada distribusi sendi plastis step 2.

**Tabel 5.** Distribusi Sendi Plastis

Step	Displacement (mm)	Base Force (Ton-Force)
0	1.179	0
1	1.208	5.2704
2	19.355	3118.081



**Gambar 5.** (a) Potral As D, dan (b) Portal As 3 (Distribusi Sendi Plastis Step 2)

Analisis statik nonlinier dilakukan dengan perpindahan 1/50 dari tinggi bangunan berdasarkan syarat dan ketentuan simpangan antar lantai ijin SNI 1726:2012. Maka perpindahan maksimum untuk struktur rangka baja gedung Rumah Sakit adalah:

$$\Delta_{\alpha} = (1/50) \times 14.5 \text{ m} = 0.29 \text{ m} = 29 \text{ cm}$$

Tabel 6 memperlihatkan perbandingan *displacement* maksimum berdasarkan SNI 1726-2012 dan Tabel 7 memperlihatkan tingkat kinerja bangunan berdasarkan ATC-40. Kemudian, Tabel 8 memperlihatkan tingkat kinerja Gedung yang diperoleh.

**Tabel 6.** Perbandingan Displacement Maksimum Dengan SNI 1726-2012 [10]

Step Pembebanan	Displacement Max (cm)	SNI 1726-2012 (cm)	Keterangan
Step 11 (Arah X)	28.8	29	OK
Step 2 (Arah Y)	1.9	29	OK

**Tabel 7.** Tingkat Kinerja Bangunan ATC-40 [11]

Parameter	Tingkat Kinerja			
	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Damage Control</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Struktur Stability</i>
Maksimum Total <i>Drif</i>	0.01	0.01 s.d 0.02	0.02	$0.33 h \frac{V}{P}$
Maksimum Total <i>In-elastic Drif</i>	0.005	0.05 s.d 0.015	<i>No Limit</i>	<i>No Limit</i>

Kinerja bangunan berdasarkan target perpindahan metode koefisien ACT-40 [11] adalah: Maksimum *Drif* =  $Dt/H_n$

Maksimum *In-elastic Drif* =  $(Dt-D_1)/H_n$

**Tabel 8.** Tingkat kinerja gedung yang diperoleh

Beban Gempa	Maksimum Total Drif	Maksimum Total In-elastic Drif	Level Kinerja
Arah X	0.020	0.024	<i>Life Safety</i>
Arah Y	0.0013	0.0011	<i>Immediate Occupancy</i>

Berdasarkan Table 8 di atas, dapat disimpulkan bahwa struktur Arah X memiliki level kinerja *Life Safety* dan struktur arah Y memiliki kinerja *Immediate Occupancy*. Elemen utama dari analisis ini adalah kolom dan balok, karena pada analisis ini kita akan melihat sendi plastis dan displacement yang terjadi pada struktur sehingga bisa menentukan level kinerja dari sebuah struktur. Berdasarkan analisis yang sudah dilakukan didapatkan bahwa sendi plastis pertama kali terjadi pada kolom base portal as D pada step pembebanan tahap 1 dengan gaya geser sebesar -33.159 ton dengan perpindahan 4.804 mm untuk arah X dan 5.2704 ton dengan perpindahan 1.208 mm untuk arah Y.

Setelah dilakukan analisis bisa diketahui bahwa gaya geser maksimal (pembebanan tahap 12) yang terjadi untuk arah X adalah 2386.5141 ton dengan displacement (perpindahan) 288.821 mm. Sedangkan untuk arah Y gaya geser maksimal (pembebanan tahap 2) yang terjadi adalah 3118.081 ton dengan displacement (perpindahan) 19.355 mm. Selain itu, dapat disimpulkan pula bahwa gedung Rumah Sakit Madina Bukittinggi memiliki kinerja struktur yang kurang baik, dimana struktur gedung tersebut lemah pada salah satu arah. Hal ini bisa dilihat dari kategori kinerja yang diperoleh dari analisis yaitu pada arah X menunjukkan Gedung Rumah Sakit Madina Bukittinggi termasuk dalam kategori level *Life Safety* (LS) dan arah Y menunjukkan Gedung Rumah Sakit Madina Bukittinggi termasuk dalam kategori level *Immediate Occupancy* (IO).

Dari penjelelasan di atas, dapat diketahui bahwa ada elemen kolom tertentu yang memerlukan perhatian khusus atau memerlukan perbaikan. salah satu dari elemen kolom yang memerlukan perbaikan adalah elemen kolom base portal as D, karena kolom base portal as D yang mengalami rusak paling parah pada saat mencapai performance point.

## SIMPULAN

Akibat adanya kesalahan posisi dari profil terlihat ketidak seragaman performa dari gedung arah X-Y gedung. Gaya geser maksimal yang terjadi hingga gedung mengalami keruntuhan untuk arah X adalah 2386.5141 ton dengan *Displacement* (perpindahan) 288.821

mm. sedangkan untuk arah Y adalah 3118.081 ton dengan *Displacement* (perpindahan) 19.355 mm, .berdasarkan tinjauan *displacement* pada arah X dan arah Y, Gedung dinyatakan telah memenuhi syarat kinerja batas ultimit dan syarat displacement antar lantai maksimum yang diijinkan berdasarkan SNI 1726-2012, berdasarkan hasil analisis ragam spektrum respons terhadap level kinerja struktur gedung sesuai ATC-40, pada arah X menunjukkan gedung termasuk dalam kategori level *Life Safety (LS)* yang bearti struktur gedung mampu menahan gempa sedang tanpa kerusakan struktur walaupun ada kerusakan pada elemen non-struktur, sedangkan arah Y menunjukkan gedung termasuk dalam kategori level *Immediate Occupancy (IO)* yang bearti bila gempa terjadi struktur mampu menahan gempa tersebut, struktur tidak mengalami kerusakan struktural dan tidak mengalami kerusakan non struktural sehingga dapat langsung dipakai, dan kolom di base memerlukan perkuatan karena kolom di base telah mengalami sendi plastis pada pembebanan tahap 1 sehingga dapat dikatakan struktru kolom di base masih belum terlalu kuat untuk menahan gaya geser yang terjadi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mutafa, B., “Analisis Gempa Nias dan Gempa Sumatera Barat dan Kesamaannya yang Tidak Menimbulkan Tsunami”, Jurnal Ilmu Fisika, 2, 1-7, 2010.
- [2] Nurchasanah, Y., “Evaluasi Kinerja Seismik Gedung Terhadap Analisis Beban Dorong”, Fakultas Teknik UM Makassar, 2015.
- [3] Indriana, R., “Analisis Sudut Kemiringan Lempeng Subduksi di Selatan Jawa Tengah dan Jawa Timur Berdasarkan Anomali Gravitasi dan Implikasi Tektonik Vulkanik”, Berkala Fisika, 11, 1-8, 2008.
- [4] Prayudi, T., “Dampak Indrustri Peleburan Logam Fe Terhadap Pencemaran Debu di Udara, Jurnal Teknik Lingkungan”, 2, 1–6, 2005.
- [5] Wiryanto, D., “Menyongsong Era Bangunan Tinggi dan Bentang Panjang”, Dipetik Agustus 15, 2019, dari umpalangkaraya.ac.id.
- [6] SNI 1729 2015, “Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural”, 2015, Badan Standarisasi Nasional
- [7] SNI 1726:2002, “Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung”, 2002, Badan Standarisasi Nasional.

- [8] American Institute of Steel Construction (AISC 2010), “Specification for Structural Steel Buildings”, 2010.
- [9] Pusat Studi Gempa Nasional, “Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017”, 2017.
- [10] Ramadhana, F., “Evaluasi Kinerja Seismik Bangunan Beton Bertulang Dengan Metode Pushover”, Tugas Akhir, 2018, Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Padang, Padang.
- [11] Applied Technology Council (ATC-40, “Seismic Evaluation and Retrofit on Concrete Buildings Volume 1”, 1996.
- [12] Raflesia, E. Studi Perbandingan Stress Ratio dengan ELM (Effective Length Method) Dan DAM (Direct Analysis Method) Bangunan Workshop Pada Proyek di Cirebon, PROSIDING SEMNASTEK, 1-6, 2017.
- [13] Solamat, L.A., “Studi Komparasi Terhadap Level Kinerja Struktur Pada Kondisi Eksisting Dan Kondisi Pasca Perbaikan Perkuatan Dengan Analisis Pushover. Studi Kasus: Gedung Fakultas Hukum, Universitas Islam Indonesia”, 2018, Yogyakarta.
- [14] SNI 1727 2013, “Beban Minimum untuk Perancangan Struktur Bangunan Gedung dan Struktur Lain”, 2013, Badan Standarisasi Nasional.