

ANALISIS PERILAKU STRUKTUR DENAH ZIG-ZAG TERHADAP GEMPA STUDI KASUS HOTEL NUSA DUA BEACH

I Ketut Diartama Kubon Tubuh, I Putu Agus Putra Wirawan, I Made Nada,
I Wayan Eka Sagita Putra

*Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar
Email: diartamakubon@unmas.ac.id*

ABSTRAK: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil analisis perilaku struktur denah zig-zag (utuh) Hotel Nusa Dua Beach terhadap gempa dan mengetahui perilaku struktur bangunan gedung yang ditinjau setelah dilakukannya skema dilatasi. Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode analisis respons spektrum menggunakan bantuan aplikasi SAP2000. Skema dilatasi pada bangunan ini merupakan bentuk sederhana dari bangunan zig-zag yang hanya berupa bangunan dengan denah persegi panjang yang menghasilkan respons struktur berupa gaya geser dasar, simpangan, dan gaya dalam berupa momen dan kebutuhan tulangan. Pada penelitian ini menunjukkan nilai gaya geser dasar yang terbesar didapat oleh bangunan yang telah dibuatkan skema dilatasi yaitu sebesar 8,49% sedangkan nilai gaya geser dasar terkecil terdapat pada bangunan utuh sebesar 7,39%. Nilai simpangan terbesar dari hasil analisis terdapat pada bangunan utuh dengan nilai simpangan arah X sebesar 10,93 mm dan arah Y 10,94 mm. Momen kolom terbesar didapat oleh bangunan gedung utuh pada lantai dasar sebesar 300,77 kN.m dan bangunan yang dibuatkan skema dilatasi sebesar 216,66 kN.m juga pada kolom lantai dasar. Dan hasil analisis mengenai kebutuhan luas tulangan pada kolom paling besar juga didapat pada bangunan yang memiliki denah zig-zag sebesar 2940,62 mm².

Kata kunci: Dilatasi, gaya geser dasar, ketidakberaturan, luas tulangan, zig-zag

ABSTRACT: *This study aims to determine the results of the analysis of the structural behavior of the Nusa Dua Beach Hotel zig-zag(complete) floor plan against earthquakes and to determine the behavior of the building structures that were reviewed after the dilation scheme was carried out. The research method used in this research is the response spectrum analysis method using the SAP2000 application. The dilation scheme in this building is a simple form of a zigzag building which is only a building with a rectangular plan that produces structural responses in the form of basic shear forces, displacements, and internal forces in the form of moments and reinforcement requirements. In this study, the value of the largest basic shear force is obtained by buildings that have made a dilation scheme, which is 8,49% while the smallest value of basic shear is found in intact buildings of 7,39%. The largest deviation value from the analysis results is in the intact building with a deviation value of 10,93 mm in X-direction and 10,94 mm in Y-direction. The largest maximum column moment is obtained by the intact building on ground floor of 300,77 kN.m and the building with a dilation scheme of 216,66 k.Nm also column on the ground floor. And the results of the analysis regarding the need for reinforcement in the largest column are also obtained in buildings that have a zig-zag plan of 2940,62 mm².*

Keywords: *Dilation, base shear, Irregularity, reinforcement area, zig-zag*

PENDAHULUAN

Keberadaan negara Indonesia terletak diantara 3 lempeng bumi, diantaranya lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan lempeng Indo-Australia yang menyebabkan Indonesia rawan terhadap bencana gempa (BMKG Wilayah III, 2017). Pada saat terjadinya gempa salah satu objek yang paling terdampak adalah bangunan sehingga bila bangunan mendapatkan gaya gempa yang melebihi batas kemampuan struktur untuk menahan gaya gempa maka akan terjadinya keruntuhan struktur pada bangunan.

Bentuk gedung yang lebih dianjurkan dalam perencanaan bangunan tahan gempa adalah bangunan yang mempunyai konfigurasi beraturan dalam arah vertikal maupun horizontal. Agar bangunan memiliki bentuk yang lebih sederhana, pada saat perencanaan bangunan dapat menggunakan system dilatasi. Dilatasi adalah pemisahan struktur bangunan secara fisik, sehingga menjadikan bangunan terbagi kedalam beberapa bagian dan memiliki konfigurasi yang lebih beraturan untuk bekerja masing-masing. (Dafrawi, 2016).

Berdasarkan penelitian dari Purba (2014) mengenai Analisis Kinerja Struktur Pada Bangunan Bertingkat Beraturan Dan Ketidak Beraturan Horizontal Sesuai SNI 03-1726-2012, menyimpulkan bahwa bangunan yang memiliki bentuk beraturan mendapatkan hasil simpangan lebih kecil dari pada bangunan yang memiliki bentuk tidak beraturan.

Salah satu bentuk bangunan yang tidak simetris yaitu bangunan yang terdapat pada Hotel Nusa Dua Beach yang terletak di Kawasan pariwisata Nusa Dua. Pada bangunan Hotel Nusa Dua Beach

terdapat bentuk bangunan dengan denah zig-zag ke arah horizontal dan oleh sebab itu bangunan hotel Nusa Dua Beach memiliki bentuk bangunan yang tidak beraturan. Bentuk bangunan ireguler dapat menyebabkan perbedaan kekakuan antar blok, terdapat blok dengan kekakuan kuat dan kekakuan yang lebih kecil. Perbedaan kekakuan ini dapat menyebabkan gedung bergetar dalam mode yang berbeda, sehingga menyebabkan kerusakan. Umumnya hal seperti ini diatasi dengan memberikan celah atau yang biasa disebut dilatasi (Hadinata, *et all*, 2017).

STRUKTUR BETON BERTULANG

Struktur bangunan adalah komponen yang terdapat pada bangunan yang bekerja pada bangunan itu sendiri. Beban yang terdapat pada bangunan tersebut akan bertumpu pada elemen-elemen yang selanjutnya disalurkan ke bawah tanah sehingga beban tersebut dapat ditahan (Ariestadi, 2008). Struktur berfungsi untuk memperkuat bangunan dan memberikan kekakuan yang dibutuhkan oleh bangunan untuk mencegah keruntuhan bangunan.

STRUKTUR BANGUNAN TIDAK BERATURAN

Menurut SNI SNI 1726:2019, struktur gedung dapat diklasifikasikan sebagai bangunan beraturan dan tidak beraturan. Salah satu struktur yang tidak beraturan adalah struktur bangunan tidak beraturan horizontal. Ketidakberaturan horizontal menurut SNI 1726:2019 dapat diklasifikasi sebagai berikut:

Tabel 1. Ketidakberaturan Struktur Horizontal

NO	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Pasal Referensi	Penerapan Kategori Desain Seismik
1a	Ketidakberaturan torsi didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,2 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur dimana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	7.3.3.4 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel 16 11.3.4	D, E, dan F B, C, D, E, dan F C, D, E, dan F C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
1b	Ketidakberaturan torsi berlebihan didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,4 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratkan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur dimana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	7.3.3.1 7.3.3.4 7.3.4.2 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel 16 11.3.4	E dan F D B, C, dan D C dan D C dan D D B, C, dan D
2	Ketidakberaturan sudut dalam didefinisikan ada jika kedua proyeksi denah struktur dari sudut dalam lebih besar dari 15 persen dimensi denah struktur dalam arah yang ditentukan.	7.3.3.4 Tabel 16	D, E, dan F D, E, dan F
3	Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma didefinisikan ada jika terdapat diafragma dengan diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50 persen daerah diafragma bruto yang melingkupinya, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50 persen dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.	7.3.3.4 Tabel 16	D, E, dan F D, E, dan F
4	Ketidakberaturan pergeseran melintang terhadap bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran melintang terhadap bidang elemen vertikal.	7.3.3.3 7.3.3.4 7.7.3 Tabel 16 11.3.4	B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
5	Ketidakberaturan sistem non paralel didefinisikan ada jika elemen penahan gaya lateral vertikal tidak paralel atau simetris terhadap sumbu sumbu orthogonal utama sistem penahan gaya gempa.	7.5.3 7.7.3 Tabel 16 11.3.4	C, D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E dan F

PROSEDUR ANALISIS

Menurut SNI 1726:2019 analisis struktur yang disyaratkan pada perencanaan umum struktur bangunan harus terdiri dari salah satu tipe yang diijinkan dalam Tabel prosedur analisis yang boleh digunakan, berdasarkan pada kategori desain seismik struktur, sistem struktur, properti dinamis, dan keteraturan, atau dengan persetujuan pemberi ijin yang mempunyai kuasa hukum, sebuah prosedur alternatif yang diterima secara umum diijinkan digunakan.

Tabel 2. Prosedur Analisis

Kategori desain seismik	Karakteristik struktur	Analisis gaya lateral ekuivalen Pasal 7.8	Analisis spektrum respons ragam Pasal 7.9	Prosedur Riwayat respon seismik Pasal 11
B, C	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan kategori Risiko I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat	I	I	I
	Semua struktur lainnya	I	I	I
D, E, F	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan Kategori Risiko I atau II dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat	I	I	I
	Struktur beraturan dengan $T < 3,5T_s$ dan semua struktur dari konstruksi rangka ringan	I	I	I
	Struktur tidak beraturan dengan $T < 3,5T_s$ dan mempunyai hanya ketidakberaturan horizontal tipe 2, 3, 4, atau 5 dari Tabel 10 atau ketidakberaturan vertikal Tipe 4, 5a, atau 5b dari Tabel 11	I	I	I
	Semua struktur lainnya	TI	I	I

Catatan:
I: Diijinkan TI: Tidak Diijinkan

DILATASI

Dilatasi adalah sebuah sambungan atau pemisah pada suatu bangunan yang karena suatu akibat memiliki sistem struktur yang berbeda dengan maksud menghindari keretakan pada bangunan yang ditimbulkan oleh getaran horizontal maupun vertikal (Trikanada, 2020). Dilatasi sendiri pada suatu struktur bangunan mempunyai fungsi diantaranya adalah:

1. Memperkecil terjadinya keruntuhan suatu bangunan akibat terjadinya suatu gempa.
2. Memperkecil momen puntir yang terjadi pada saat adanya gempa.

GAYA GESER DASAR

Gaya geser dasar merupakan penyederhanaan getaran gempa bumi yang bekerja pada dasar bangunan. Gaya geser dasar digunakan sebagai gaya gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung. Gaya geser dasar menurut SNI 1726:2019 adalah gaya geser atau lateral total yang terjadi pada tingkat dasar. Geser dasar seismik (V), pada pasal 7.8.1 harus sesuai dengan persamaan berikut:

Gaya geser dasar merupakan penyederhanaan getaran gempa bumi yang bekerja pada dasar bangunan. Gaya geser dasar digunakan sebagai gaya gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung. Gaya geser dasar menurut SNI 1726:2019 adalah gaya geser atau lateral total yang terjadi pada tingkat dasar. Geser dasar seismik (V), pada pasal 7.8.1 harus sesuai dengan persamaan berikut:

$$V=C_sW \tag{1}$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left[\frac{R}{I_e}\right]} \tag{2}$$

Dengan nilai C_s tidak perlu melebihi:

Untuk $T < T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left[\frac{R}{I_e}\right]} \tag{3}$$

Untuk $T > T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1}T_L}{T\left[\frac{R}{I_e}\right]} \tag{4}$$

C_s harus tidak kurang dari:

$$C_s = 0,44S_{DS}I_e \geq 0,01 \tag{5}$$

Keterangan:

C_s = Koefisien respons seismik

W = Berat seismik efektif

S_{DS} = Parameter percepatan spektrum respon desain dalam rentang perioda pendek

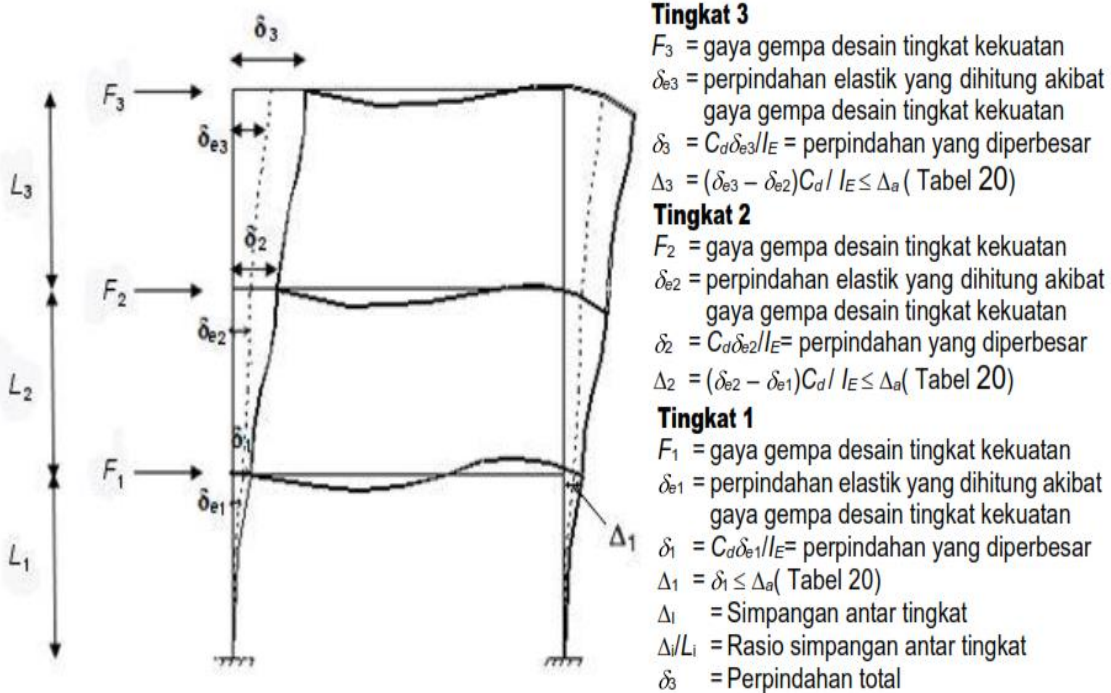
S_{D1} = Parameter percepatan spektrum respon desain dalam rentang perioda pendek

R = Faktor modifikasi respon

I_e = Faktor Keutamaan Gempa

T = periode fundamental struktur

Menurut SNI 1726:2019 pasal 7.8.6, penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau.



Gambar 1. Simpangan Antar Lantai

Menurut SNI 1726: 2019 pasal 7.12.1, simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antara lantai tingkat ijin (Δ_a) tingkat seperti didapatkan dari Tabel dibawah ini untuk semua tingkat.

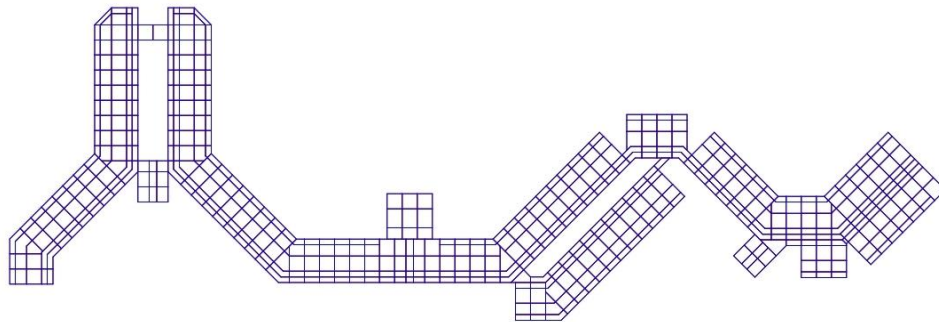
Tabel 3. Simpangan antar lantai ijin Δ_a

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.	0.025hsx	0.020hsx	0.015hsx
Struktur dinding geser kantilever atau batu bata	0.010hsx	0.010hsx	0.010hsx
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0.070hsx	0.070hsx	0.007hsx
Semua struktur lainnya	0.020hsx	0.015hsx	0.010hsx

METODE PENELITIAN

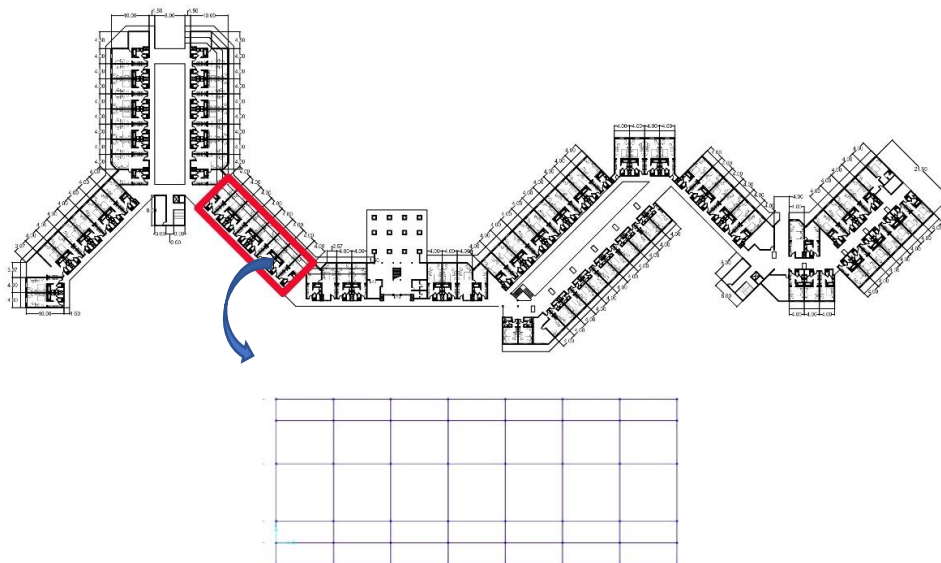
Penelitian ini berupa analisis perbandingan gedung Hotel Nusa Dua Beach yang dibuatkan skema dilatasi untuk membandingkan hasil perilaku skema dilatasi yang dibuat dengan gedung tanpa skema dilatasi.

Penelitian ini membandingkan analisis perilaku struktur *open frame* antara gedung utuh dengan skema dilatasi yang telah ditentukan. Dimana gedung utuh yang dimaksud adalah bangunan zig-zag pada Gambar. 2.

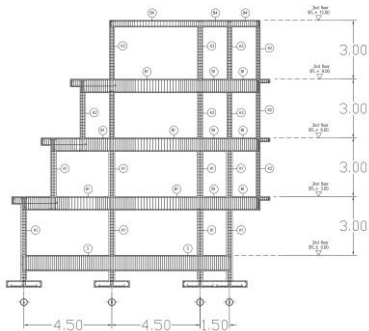


Gambar 2. Denah Zig-zag (Utuh) Hotel Nusa Dua

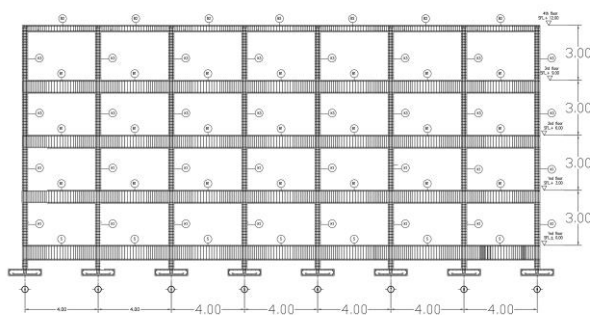
Sekema dilatasi pada bangunan ini merupakan bentuk sederhana dari bangunan zig-zag yang hanya berupa bangunan dengan denah persegi Panjang



Gambar 3. Denah Skema Dilatasi



Gambar 4. Portal Memendek



Gambar 5. Portal Memanjang

Adapun data struktur yang didapat antara lain:

- Fungsi Bangunan : Hotel
- Jenis Konstruksi : Struktur Beton Bertulang
- Sistem Struktur : Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus
- Jumlah Lantai : 4 lantai
- Tinggi Bangunan : 12 m
- Mutu Beton : 30 Mpa
- Mutu Tulangan Longitudinal : 400 Mpa
- Mutu Tulangan Sengkang : 240 MPa
- Elastisitas Beton : $4700\sqrt{f'c}$
- Elastisitas baja : 200000 MPa
- Berat jenis beton bertulang : 24 kN/m
- Dimensi elemen–elemen struktur sama untuk setiap bangunan yang ditinjau, yaitu untuk kolom utama K1 digunakan dimensi 30/30, Kolom K2 digunakan dimensi 20x20, kolom K3 digunakan dimensi 30x25, balok digunakan dimensi 30/70, ring balok digunakan dimensi 35x25 dan pelat 12 cm
- Luas tulangan pada masing-masing elemen struktur

Tabel 4. Luas Tulangan Terpasang

Struktur	Luas Terpasang	Letak
K1	1607,68	
K2	1607,68	
K3	1607,68	
B	2009,6	atas
	2009,6	Bawah
RB	663,32	Atas
	663,32	Bawah

- Jenis Tanah di daerah Nusa Dua merupakan jenis tanah keras hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Murdiantoro *et al.*, 2019) yang berjudul Klasifikasi Jenis Batuan Di Kotamadya Denpasar Dan Sekitarnya Berdasarkan Nilai V_{s30} mendapatkan hasil bahwa tanah di daerah kecamatan Kuta merupakan jenis tanah keras.

Menentukan beban yang bekerja yang terdiri dari beban mati dan beban hidup. Berikut merupakan langkah-langkah dalam menentukan beban statis:

- Menentukan beban-beban yang bekerja pada pelat yaitu berat sendiri, beban mati tambahan, beban dinding, dan beban hidup. Pembebanan Struktur yang direncanakan untuk beban hidup dan beban mati sesuai dengan SNI 1727:2013 dan SNI 03-1727-1989 sedangkan beban hidup diambil berdasarkan SNI1727:2013
- Mendistribusikan beban mati dinding menjadi beban merata yang akan diletakkan pada balok.
- Mendistribusikan beban mati dan hidup dengan metode *envelope*.

Pembebanan gempa dilakukan untuk memperoleh gaya gempa yang akan diinput pada aplikasi SAP2000 berdasarkan SNI 1726 (2019). Berikut merupakan langkah-langkah penentuan beban gempa:

- Menentukan nilai S_s dan S_1 pada web (Puskim, 2021)

- b. Menentukan kategori resiko dan faktor keutamaan bangunan sesuai dengan SNI 1726:2019

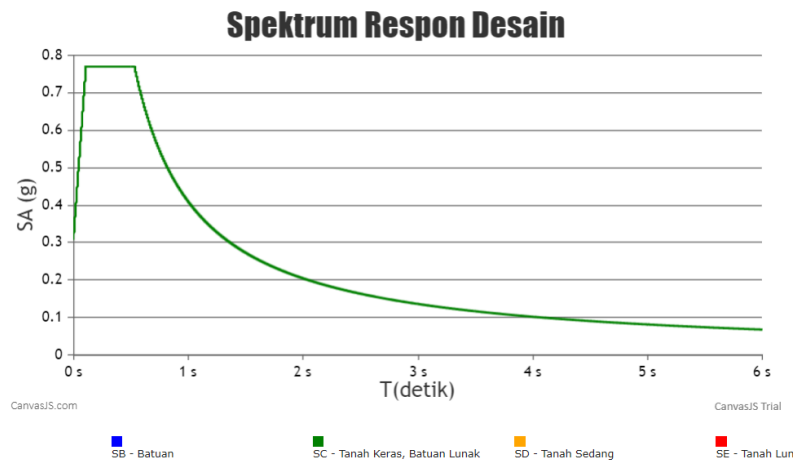
$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \quad (6)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \quad (7)$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (8)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (9)$$

- c. Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS)



Gambar 6. Percepatan Respon Spektra

- d. Menentukan metode analisis beban gempa pada penelitian ini menggunakan analisis respons spektrum dengan bantuan SAP2000
 e. Menghitung gaya lateral dengan rumus

$$UX = \frac{g}{R} I_e \quad (10)$$

$$UY = 0,3 \times UX \quad (11)$$

Persamaan pada rumus 10 mengutip penjabaran dari SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.2 dan persamaan pada rumus 11 mengutip dari pasal 7.5.3 dan pasal 7.5.4.

Penelitian ini menggunakan metode analisis respon spektrum sesuai SNI 1726:2019 dan dengan bantuan aplikasi SAP2000 yang kemudian mendapatkan hasil analisis berupa gaya geser dasar, simpangan dan luas tulangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

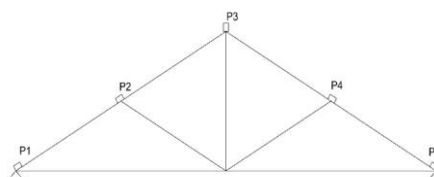
1. Pembebanan

- a. Beban Tembok
 Beban Tembok $250\text{kg/m}^2 \times 3\text{m} = 750 \text{ kg/m}$
 b. Beban Lantai

Tabel 5. Beban Mati Pada Lantai

Beban	Berat
Finishing Keramik Lantai	24 kg/m ²
Spesi	21 kg/m ²
Plafond	11 kg/m ²
Penggantung	7 kg/m ²
Total	63 kg/m²

- c. Beban Atap



Gambar 3. Rangka Atap

Tabel 6. Beban Atap

Beban	Tumpuan A		Tumpuan B	
	Arah Z (kg)	Arah X (kg)	Arah Z(kg)	Arah X(kg)
Mati	101,49	144,09	101,49	-144,09
Hidup	320	413,51	320	-413,51
Beban Mati	800	1033,78	800	-
Tambahan				1033,78
Beban Angin	32	-27,88	-48	55,63

d. Beban Gempa

Pada penelitian ini, fungsi bangunan hotel dengan kategori risiko II sehingga faktor keutamaan gempa adalah 1.

Untuk menentukan parameter percepatan gempa seperti S_s , S_1 , digunakan aplikasi spektra yang dapat diakses di puskim.go.id berdasarkan SNI 1726-2019 dengan hasil yang didapat seperti tabel berikut ini:

Tabel 1. Percepatan Respon Spektra

Variabel	Nilai	Variabel	Nilai
PGA (g)	0.4321	S_{DS} (g)	0.77
S_s (g)	0.9605	S_{D1} (g)	0.41
S_1 (g)	0.4042	T_0 (detik)	0.11
TL (detik)	12	T_s (detik)	0.53

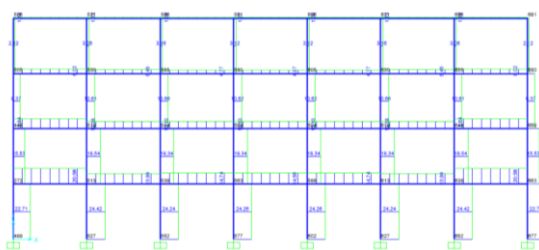
Menentukan kategori resiko dan faktor keutamaan menggunakan persamaan (6), (7), (8), (9) mendapatkan $S_{DS} = 0,77g$ dan $S_{D1} = 0,40g$ dengan kategori desain seismik D sehingga tingkat risiko gempa tinggi.

Perhitungan gaya lateral didapat dengan persamaan (9) dan (10) mendapatkan hasil

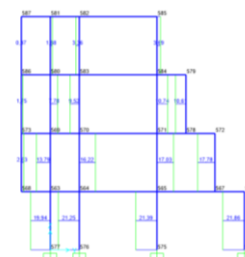
Tabel 2. Load Case beban Gempa

Gempa arah X		Gempa arah Y	
UX	UY	UY	UX
1,22625	0,3679	1,22625	0,3679

2. Gaya Geser Dasar



Gambar 8. Gaya Geser Dasar Arah X



Gambar 9. Gaya Geser Dasar Arah Y

Tabel 7. Perbedaan Gaya Geser Dasar

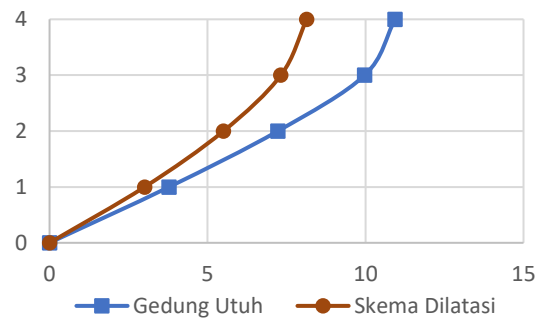
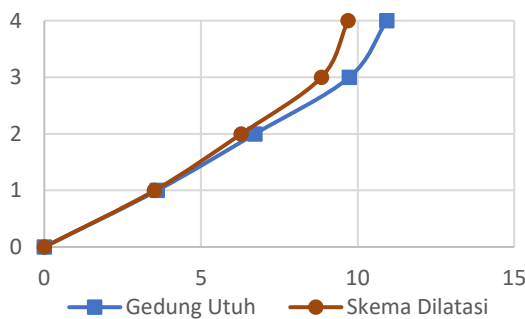
Tipe Gedung	Gaya Geser Dasar		Berat (kN)	Persentase	
	Arah X (kN)	Arah Y (kN)		Arah X (%)	Arah Y (%)
Gedung Zig-Zag (Utuh)	7934,28	7815,51	105687,95	7,51	7,39
Gedung Skema Dilatasi	538,58	596,79	7028,31	7,66	8,49

Dari data tabel diatas dapat dilihat bahwa gedung skema dilatasi memiliki nilai gaya geser dasar arah X dan Y yang paling besar. Gambar dari gedung Zig-zag (utuh) dan gedung skema dilatasi dapat dilihat pada Gambar. 2 dan 3.

3. Simpangan

Tabel 8. Simpangan

ELEMEN STRUKTUR	Gedung Zig-Zag (Utuh) (mm)		Gedung Skema Dilatasi (mm)	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
	Lantai 4	10,93	10,94	9,69
Lantai 3	9,74	9,97	8,85	7,32
Lantai 2	6,73	7,23	6,29	5,51
Lantai 1	3,61	3,78	3,52	3,01
Pondasi	0	0	0	0

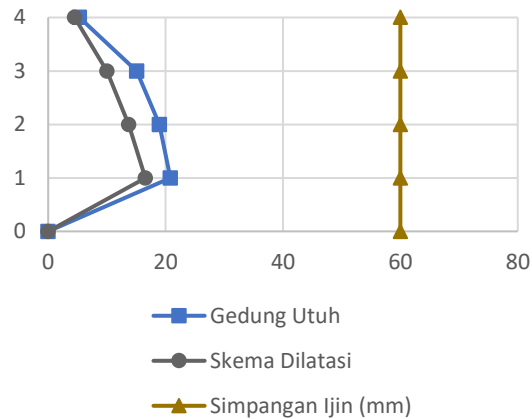
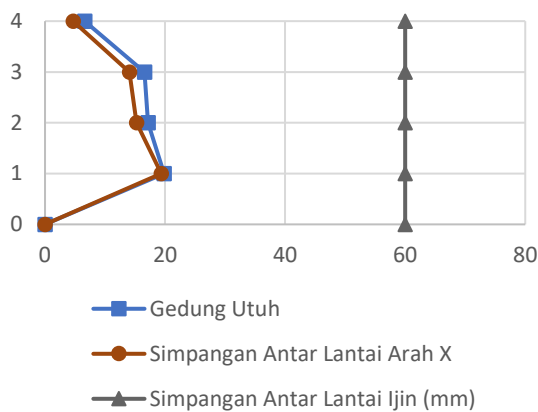


Gambar 4. Perbandingan Simpangan Arah X Gambar 5. Perbandingan Simpangan Arah Y

Pada tabel dan grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai simpangan terbesar pada lantai 4 adalah pada gedung zig-zag (utuh) dengan simpangan arah x sebesar 10,93 mm dan arah x sebesar 10,94 mm.

Tabel 9. Simpangan ijin antar lantai Arah X

Elemen Struktur	Gedung Zig-Zag (Utuh) (mm)		Skema Gedung Dilatasi (mm)		Simpangan Ijin (mm)
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	
	Lantai 4	6,58	5,30	4,67	
Lantai 3	16,56	15,10	14,06	9,99	60
Lantai 2	17,16	18,93	15,23	13,72	60
Lantai 1	19,83	20,81	19,37	16,56	60
Pondasi	0	0	0	0	0



Gambar 6. Grafik Simpangan ijin antar lantai Arah X

Gambar 7. Grafik Simpangan ijin antar lantai Arah Y

Pada tabel dan grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai simpangan antar lantai tingkat terbesar arah X dan Y adalah pada gedung zig-zag (utuh) .

4. Momen

Tabel 10. Momen Pada Kolom

Skema Gedung	Tipe Gedung	Momen (kNm)	Persentase
Bangunan Zig-zag (Utuh)	Bangunan Zig-zag (Utuh)	300,77	100
Gedung Skema Dilatasi	Gedung 3	216,66	72,04

Hasil analisis nilai momen kolom maksimum pada setiap skema bangunan memiliki nilai yang berbeda-beda. Nilai momen maksimum yang paling besar didapatkan oleh gedung zig-zag (utuh) yaitu sebesar 300,77 kN.m sedangkan momen maksimum yang paling kecil didapat oleh bangunan skema dilatasi yaitu sebesar 216,66 kN.m.

5. Luas Tulangan

Tabel 12. Perbandingan Luas Tulangan

Elemen Struktur	Luas Terpasang (mm ²)	Gedung Utuh (mm ²)	Gedung Skema Dilatasi (mm ²)	Letak Tulangan
Kolom K1 300 x 300	1607,68	2940,62	997,327	
Kolom K2 200 x 200	1607,68	1709,00	400,00	
Kolom K3 300 x 250	1607,68	2177,27	750,00	
Balok B 300 x 700	2009,6	1757,87	682,58	Atas
	2009,6	1303,55	947,40	Bawah
Ring Balok RB 250 x 350	663,32	908,20	138,41	Atas
	663,32	432,33	82,03	Bawah

Perbandingan antara tulangan yang terpasang dengan hasil Analisa SAP 2000 mendapatkan nilai yang beragam. Nilai yang tulangan maksimal melebihi tulangan terpasang terdapat pada bangunan zig-zag (utuh) antara lain kolom K1 300 x 300 sebesar 2940,62 mm². Kolom K2 200x200 sebesar 1709,00 mm² kolom K3 300 x 250 sebesar 2177,27 mm² dan ring balok 250x350 sebesar 908,20 mm².

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis mengenai perilaku struktur denah zig-zag (utuh) terhadap gempa studi kasus Hotel Nusa Dua Beach dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Analisis Gedung denah zig-zag (utuh) Hotel Nusa Dua Beach dari gaya geser dasar yang didapat oleh hasil analisis SAP 2000 berdasarkan hasil analisis respons spektrum arah X sebesar 7934,28 kN.m atau sebesar 7,51% dari berat bangunan dan arah Y sebesar 7815,51 kN.m atau sebesar 7,39% dari berat bangunan. Hasil simpangan terbesar pada lantai 4 didapat sebesar

- 10,93 mm, . Momen balok maksimal yang didapat sebesar 300,77 kN.m, dan menghasilkan luas tulangan lebih besar dibandingkan dengan luas tulangan terpasang dilokasi
- b. Perbandingan perilaku struktur denah zig-zag (utuh) sebelum dan sesudah dilakukannya skema dilatasi menunjukkan skema bangunan yang tidak memiliki bentuk denah zig-zag (utuh) memiliki persentase nilai gaya geser dasar lebih besar dibandingkan dengan skema bangunan yang memiliki bentuk zig-zag (utuh). nilai gaya geser dasar yang terbesar didapat oleh bangunan yang telah dibuatkan skema dilatasi yaitu sebesar 8,49% sedangkan nilai gaya geser dasar terkecil terdapat pada bangunan zig-zag (utuh) sebesar 7,39%. Nilai Simpangan terbesar dari hasil analisis terdapat pada bangunan utuh dengan nilai simpangan arah X sebesar 10,93 mm dan arah Y 10,94 mm. Momen maksimal terbesar didapat oleh bangunan gedung zig-zag (utuh) sebesar 300,77 kN.m dan bangunan yang dibuatkan skema dilatasi sebesar 216,66 kN.m. Dan hasil analisis mengenai kebutuhan luas tulangan paling besar juga didapat pada bangunan yang memiliki denah zig-zag (utuh) sebesar 2940,62 mm².

DAFTAR PUSTAKA

- Ariestadi, D. (2008) *Teknik Struktur Bangunan Jilid 2 Untuk Smk*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Kejuruan.
- Badan Meterologi Klimatologi Dan Geofisika (2017) 'Gempa Bumi'. Available At: [Http://Balai3.Denpasar.Bmkg.Go.Id/Tentang-Gempa](http://Balai3.Denpasar.Bmkg.Go.Id/Tentang-Gempa).
- Badan Standardisasi Nasional (1989) *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung*. Jakarta: Bsn.
- Badan Standardisasi Nasional (2013) *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain*. Jakarta: Bsn.
- Badan Standardisasi Nasional (2019) *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*. Jakarta: BSN.
- Dafrawi, I. (2016) 'Pengaruh Penerapan Dilatasi Terhadap Perilaku Struktur Pada Redesain Gedung Asimetris (Studi Kasus: Gedung Hotel Di Kota Banda Aceh)', *Etd Unsyiah*.
- Hadinata, I. A., Nurlina, S. And Simatupang, R. M. (2017) 'Analisis Variasi Konfigurasi Struktur Portal Tiga Dimensi Terhadap Beban Gempa', *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*.
- Murdiantoro, R. A. *Et Al*. (2019) 'Klasifikasi Jenis Batuan Di Kotamadya Denpasar Dan Sekitarnya Berdasarkan Nilai Vs30', 04(1), Pp. 43–48.
- Purba, H. L. (2014) 'Beraturan Dan Ketidakteraturan Horizontal Sesuai SNI 03-1726-2012', *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2(4).
- Pusat Penelitian Dan Pengembangan Pemukiman (2021) *Desain Spektra Indonesia*. Available At: [Http://Rsa.Ciptakarya.Pu.Go.Id/2021/Index.Php?Pga=0.4321&Ss=0.9605&S1=0.4042&Tl=12&Kelas=4&Range=6#Grafik](http://Rsa.Ciptakarya.Pu.Go.Id/2021/Index.Php?Pga=0.4321&Ss=0.9605&S1=0.4042&Tl=12&Kelas=4&Range=6#Grafik) (Accessed: 15 April 2021).
- Trikanada, M. (2020) 'Analisis Perbandingan Efektivitas Penggunaan Dilatasi Balok Kantilever Dan Dilatasi 2 Kolom Pada Proyek Gedung Parkir Bertingkat Kampus B Universitas Airlangga', *Skripsi*.