

# ANALISA BANGUNAN BERTINGKAT DENGAN KOLAM RENANG AKIBAT GEMPA

Heronica Imanuel Palit

Bonny M. M. Ointu, Reky S. Windah

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: [heroimmanuel@gmail.com](mailto:heroimmanuel@gmail.com)

## ABSTRAK

*Membangun gedung vertikal seperti apartement dengan fasilitas kolam renang merupakan cara untuk menarik perhatian masyarakat. Namun bangunan yang dilengkapi dengan kolam renang memiliki massa yang sangat besar sehingga harus direncanakan mampu menahan gaya vertikal maupun gaya lateral yang diakibatkan oleh beban sendiri struktur maupun beban gempa.*

*Struktur bangunan yang dimodelkan berupa gedung setinggi 10 tingkat dengan tinggi 42 m. Pemodelan yang diteliti yaitu bangunan tanpa kolam renang dan bangunan dengan kolam renang. Untuk letak kolam renang berada di lantai teratas gedung dengan dimensi kolam 24 m x 12 m dan kedalaman 2 m dengan posisi kolam berada di tepi bangunan. Untuk analisis gempa menggunakan analisis dinamik spektrum respons ragam. Untuk mempermudah pemodelan dan analisis gempa maka digunakan program SAP2000. Hasil output dari penelitian ini berupa displacement dan simpangan antar tingkat kedua bangunan.*

*Dari hasil penelitian didapat bahwa dengan adanya penambahan kolam renang, maka respons struktur yang diberikan bangunan tersebut semakin besar. Terjadi kenaikan yang sangat drastis untuk displacement dan simpangan antar tingkat dan pada bangunan dengan kolam renang mengalami efek torsional. Hal ini diakibatkan oleh massa air yang ada di dalam kolam yang sangat besar dan juga tekanan air yang menekan ke dinding kolam.*

**Kata Kunci:** Kolam Renang, Beban Air, Displacement, Spektrum Respons Ragam

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Terbatasnya lahan di daerah perkotaan memunculkan ide untuk membangun bangunan vertikal seperti apartement dan hotel. Untuk menarik minat masyarakat maka pada apartement maupun hotel dilengkapi fasilitas-fasilitas tambahan seperti kolam renang. Namun untuk lebih menarik perhatian, kolam renang ini ditempatkan pada lantai teratas gedung dengan posisi berada di tepi gedung.

Dengan penambahan kolam tersebut, menimbulkan massa yang sangat besar yang diakibatkan oleh air, ditambah lagi posisi kolam renang yang berada di tepi membuat letak pusat massa mengalami perpindahan atau eksentrisitas pusat massa. Sehingga harus direncanakan dengan baik

Struktur bangunan diasumsikan dibangun di Kota Manado yang rawan gempa, oleh karena itu struktur gedung ini juga harus didesain tahan terhadap gempa.

Bangunan yang memiliki eksentrisitas pusat massa akan sangat beresiko mengalami torsi bangunan jika terjadi gempa. Sehingga perlu

mengecek bagaimana pengaruh penambahan kolam renang jika gedung tersebut dibebani gaya gempa berdasarkan tata cara SNI 1726-2012.

### Rumusan Masalah

Bagaimana respon struktur yang diberikan oleh bangunan yang memiliki kolam renang kemudian dibandingkan dengan bangunan dengan yang tidak memiliki kolam renang.

### Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis beban gempa menggunakan SNI 1726-2012.
2. Menggunakan metode analisis Spektrum Respons Ragam untuk analisis beban gempa.
3. Struktur bangunan dimodelkan 3D *open frame*, 10 tingkat, konstruksi beton bertulang
4. Perletakan diasumsikan jepit.
5. Pondasi tidak ditinjau.
6. Bentuk kolam simetris dengan ukuran 12m x 24m x 2m.
7. Struktur bangunan diasumsikan berada di kota Manado dengan profil tanah sedang.
8. Pendetailan SRPMK tidak ditinjau.

**Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menghitung *displacement* dan simpangan antar tingkat antara gedung yang memiliki kolom renang dan yang tidak.
2. Membandingkan respons struktur gedung yang memiliki kolom renang dan yang tidak.
3. Melihat seberapa besar pengaruh efek torsional pada gedung dengan kolom renang dan yang tidak.

**Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi tentang menganalisis struktur gedung bertingkat menggunakan metode spektrum respons ragam.
2. Menambah pengetahuan dalam menerapkan analisis respons ragam menggunakan *software* SAP2000.
3. Menjadi bahan referensi untuk merencanakan gedung dengan kolom renang.

**LANDASAN TEORI**

**Bangunan Bertingkat**

Sulit untuk membedakan karakteristik bangunan yang dikategorikan sebagai gedung tinggi. Menurut Taranath (1988) Gedung tinggi tidak bisa didefinisikan secara spesifik berdasarkan tinggi dan jumlah lantai. Tidak ada persetujuan tentang apa yang dimaksud dengan bangunan tinggi atau seberapa tinggi, berapa jumlah lantai, atau proporsi bangunan yang bisa disebut bangunan tinggi.

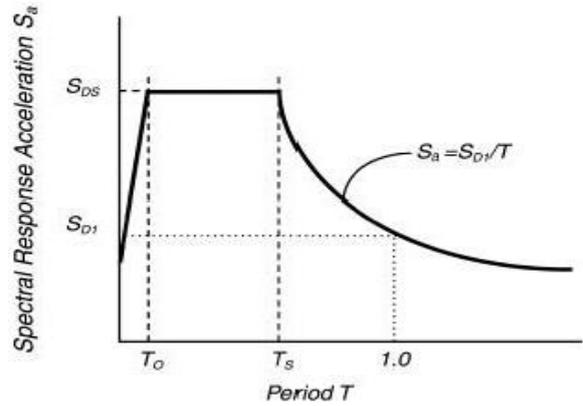
Dari sisi desain struktur, mudah untuk menentukan bangunan sebagai bangunan tinggi yaitu ketika analisa dan desain struktur sudah dipengaruhi beban lateral terutama simpangan (*drift*) akibat beban lateral tersebut (Tumimomorkk, 2016). Simpangan merupakan besarnya perpindahan (*displacement*) lateral pada bagian atas bangunan terhadap dasar bangunan.

**Tekanan Hidrostatik**

Beban hidrostatik merupakan beban yang ditimbulkan akibat zat cair yang tenang. Beban ini sangat dipengaruhi oleh kedalaman zat cair tersebut.

**Spektrum Respons Ragam**

Spektrum respons ragam merupakan grafik antara periode (detik) berbanding percepatan (g). Spektrum respons ragam sangat bergantung pada lokasi, jenis tanah.

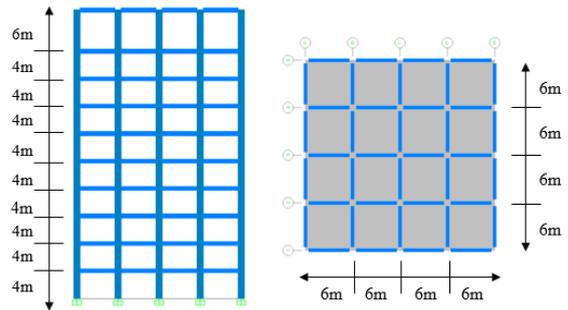


Gambar 1. Grafik Spektrum Respons Ragam

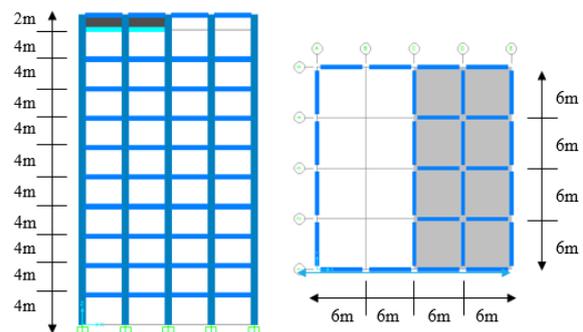
**METODOLOGI PENELITIAN**

**Data Bangunan**

- Jumlah tingkat = 10 tingkat
- Jumlah bentang arah x = 4 bentang
- Jumlah bentang arah y = 4 bentang
- Dimensi balok = 60 cm x 80 cm
- Dimensi kolom = 95 cm x 95 cm



Gambar 2. Denah dan Elevasi Gedung Tanpa Kolom



Gambar 3. Denah dan Elevasi Gedung dengan Kolom

**Data Material**

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Beton Kuat Tekan ( $f_c'$ ) = 30 MPa

- Modulus Elastisitas = 25743 MPa
- Tulangan Baja
    - Untuk tulangan  $\leq 10$  mm :
      - Mutu = BJ37
      - Tegangan Leleh ( $f_y$ ) = 240 MPa
      - Tegangan Putus ( $f_u$ ) = 370 MPa
    - Untuk tulangan  $\leq 10$  mm :
      - Mutu = BJ55
      - Tegangan Leleh ( $f_y$ ) = 410 MPa
      - Tegangan Putus ( $f_u$ ) = 550 MPa

**Data Element Struktur**

- Dimensi balok = 60 cm x 80 cm
- Dimensi kolom = 95 cm x 95 cm
- Dimensi Plat = 15 cm
- Struktur bangunan = Beton bertulang
- Pondasi = Terjepit Kaku

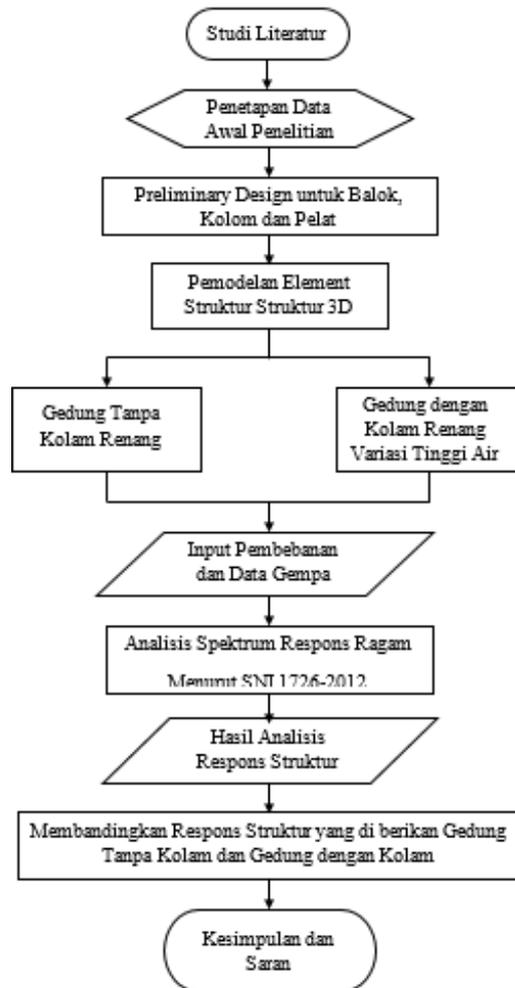
**Data Pembebanan Struktur**

Pembebanan yang digunakan dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut :

1. Beban Mati
  - Jenis beban mati yang digunakan :
    - Bj. Beton Bertulang = 2400 kg/m<sup>3</sup>
    - Plafond = 30 kg/m<sup>2</sup>
    - Spesi dan Keramik = 60 kg/m<sup>2</sup>
    - Instalasi ME = 30 kg/m<sup>2</sup>
2. Beban Hidup
  - Atap = 96 kg/m<sup>2</sup>
  - Apartement = 192 kg/m<sup>2</sup>
  - Tempat Rekreasi = 359 kg/m<sup>2</sup>
3. Beban Air
  - Bj. Air = 1000 kg/m<sup>3</sup>
4. Beban Seismik
  - Fungsi bangunan = Apartement
  - Lokasi = Manado
  - Jenis Tanah = Tanah Sedang (SD)

**Bagan Alir Penelitian**

Langkah-langkah penelitian ditunjukkan dalam bentuk bagan alir pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Tabel 1. Evaluasi *Displacement* akibat Gempa Arah X

Model	Elevasi (m)	Arah	Displacement ( $\delta$ )	Kontrol
			(mm)	( $\delta < H/240$ )
A	42	X	23.5488	OK
		Y	7.0646	OK
B.1	42	X	31.523	OK
		Y	9.0972	OK
B.2	42	X	32.1898	OK
		Y	9.2609	OK
B.3	42	X	32.8242	OK
		Y	9.8242	OK

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Displacement**

*Displacement* yang didapatkan dari hasil analisis program SAP2000 tidak boleh melebihi  $H/240$ , H merupakan elevasi bangunan dalam mm. Berikut ini merupakan hasil perhitungan *displacement* yang diperlihatkan dalam tabel 1 dan tabel 2.

*Displacement* yang terjadi pada keempat model diatas akibat gempa arah X memenuhi kontrol *displacement* total ( $H/240$ ). *Displacement* yang terbesar terjadi pada model B.3 yaitu gedung dengan kolam kondisi penuh air yaitu sebesar 32.8242 mm untuk arah X dan 9.8242 mm untuk arah Y.

Tabel 2. Evaluasi *Displacement* Akibat Gempa Arah Y

Model	Elevasi	Arah	Displacement	Kontrol
	(m)		( $\delta$ )	
			(mm)	( $\delta < H/240$ )
A	42	X	7.0646	OK
		Y	23.5488	OK
B.1	42	X	10.2255	OK
		Y	30.3240	OK
B.2	42	X	10.5851	OK
		Y	30.7989	OK
B.3	42	X	10.9347	OK
		Y	31.1795	OK

*Displacement* yang terjadi pada keempat model diatas akibat gempa arah Y memenuhi kontrol *displacement* total ( $H/240$ ). *Displacement* yang terbesar terjadi pada model B.3 yaitu gedung dengan kolam kondisi penuh air yaitu sebesar 10.9347 mm untuk arah X dan 31.1795 mm untuk arah Y.

**Simpangan Antar Tingkat**

Simpangan antar tingkat ( $\Delta$ ) yang dihitung tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat ijin ( $\Delta_a$ ). Ketentuan simpangan antar tingkat ijin ( $\Delta_a$ ) tercantum dalam SNI 1726-2012 pasal 7.12.1 pada tabel 16. Berikut merupakan simpangan antar tingkat dan simpangan antar tingkat ijin yang ditampilkan dalam tabel 3 dan tabel 4.

Tabel 3. Evaluasi Simpangan Antar Tingkat Akibat Gempa Arah X

Elevasi	Tinggi Antar Tingkat	Simpangan Antar Tingkat (mm)								$\Delta_a$
		Model A		Model B.1		Model B.2		Model B.3		
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
42	6	10.27	3.08	5.49	1.76	5.99	1.92	6.47	4.63	92.31
36	4	8.97	2.69	10.20	2.75	10.86	2.91	11.49	3.03	61.54
32	4	11.54	3.46	13.98	3.83	14.60	3.97	15.19	4.07	61.54
28	4	14.16	4.25	17.00	4.77	17.51	4.89	18.00	4.96	61.54
24	4	16.57	4.97	19.59	5.60	20.00	5.69	20.39	5.74	61.54
20	4	18.65	5.59	21.86	6.32	22.18	6.39	22.49	6.42	61.54
16	4	20.24	6.07	23.72	6.91	23.97	6.97	24.21	6.99	61.54
12	4	20.92	6.28	24.64	7.22	24.83	7.27	25.01	7.57	61.54
8	4	19.43	5.83	23.04	6.78	23.17	6.81	23.30	6.51	61.54
4	4	11.64	3.49	13.87	4.10	13.93	4.11	13.99	4.11	61.54
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Simpangan antar tingkat yang terjadi pada keempat model diatas akibat gempa arah X memenuhi kontrol simpangan antar tingkat ijin. Simpangan antar tingkat yang terbesar terjadi pada model B.3 yaitu gedung dengan kolam kondisi penuh air yaitu sebesar 25.01 mm untuk arah X dan 7.57 mm untuk arah Y.

Tabel 4. Evaluasi Simpangan Antar Tingkat Akibat Gempa Arah Y

Elevasi	Tinggi Antar Tingkat	Simpangan Antar Tingkat (mm)								$\Delta_a$
		Model A		Model B.1		Model B.2		Model B.3		
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
42	6	3.08	10.27	2.14	5.85	2.38	6.36	2.61	6.81	92.31
36	4	2.69	8.97	3.70	9.17	4.03	9.66	4.35	10.1	61.54
32	4	3.46	11.54	4.86	12.8	5.19	13.2	5.5	13.6	61.54
28	4	4.25	14.16	5.67	15.9	5.98	16.3	6.25	16.5	61.54
24	4	4.97	16.57	6.43	18.7	6.62	18.9	6.85	19.1	61.54
20	4	5.59	18.65	6.98	21.1	7.17	21.3	7.35	21.4	61.54
16	4	6.07	20.24	7.46	23	7.61	23.2	7.76	23.3	61.54
12	4	6.28	20.92	7.66	24.1	7.78	24.2	7.89	24.2	61.54
8	4	5.83	19.43	7.10	22.6	7.07	22.7	7.26	22.7	61.54
4	4	3.49	11.64	4.25	13.7	4.39	13.7	4.32	13.7	61.54
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Simpangan antar tingkat yang terjadi pada keempat model diatas akibat gempa arah Y memenuhi kontrol simpangan antar tingkat ijin. Simpangan antar tingkat yang terbesar terjadi pada model B.3 yaitu gedung dengan kolam kondisi penuh air yaitu sebesar 7.93 mm untuk arah X dan 24.3 mm untuk arah Y.

**Perpindahan Joint di Tingkat Teratas**

Tabel 5. Nilai Perpindahan Joint Tingkat Teratas

Titik	Model A		Model B		Model B		Model B	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
A	23.5488	7.0646	31.523	9.0972	32.1898	9.2609	32.8242	9.3545
B	23.5488	7.0646	31.523	9.0972	32.1898	9.2609	32.8242	9.3545
C	23.5488	7.0646	31.523	9.0972	32.1898	9.2609	32.8242	9.3545
D	23.5488	7.0646	31.523	9.0972	32.1898	9.2609	32.8242	9.3545

Dari hasil pada tabel 5., didapatkan bahwa terjadi perpindahan joint pada tingkat teratas.

**Kontrol Partisipasi Massa**

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.9.1. Perhitungan respons dinamis haruslah menghasilkan partisipasi massa lebih dari 90% dari total massa struktur. Berikut ini merupakan hasil partisipasi massa dari hasil perhitungan SAP2000.

Tabel 6. Hasil Partisipasi Massa

MODE	Model A		Model B.1		Model B.2		Model B.3	
	UX	UY	UX	UY	UX	UY	UX	UY
MODE 1	0.469	0.327	0.803	0	0.803	0	0.80379	0
MODE 2	0.796	0.796	0.803	0.803	0.803	0.804	0.80379	0.80459
MODE 3	0.853	0.838	0.803	0.804	0.803	0.805	0.80379	0.80552
MODE 4	0.895	0.895	0.904	0.804	0.905	0.805	0.90554	0.80552
MODE 5	0.905	0.925	0.904	0.904	0.905	0.905	0.90554	0.90517
MODE 6	0.934	0.934	0.904	0.942	0.905	0.942	0.90554	0.94271
MODE 7	0.94	0.953	0.944	0.942	0.945	0.942	0.94501	0.94271
MODE 8	0.959	0.959	0.944	0.961	0.945	0.961	0.94501	0.96135
MODE 9	0.964	0.973	0.966	0.961	0.966	0.961	0.96659	0.96135
MODE 10	0.978	0.978	0.982	0.961	0.982	0.961	0.98262	0.96135
MODE 11	0.983	0.993	0.982	0.993	0.982	0.993	0.98262	0.99341
MODE 12	0.998	0.998	0.999	0.993	0.999	0.993	0.99894	0.99341

Berdasarkan tabel diatas. Pada mode 5 telah tercapai partisipasi massa melebihi 90%

**Kontrol Periode Struktur**

Tabel 7. Kontrol Periode Struktur

Model	Periode Getar Struktur	Periode Fundamental Pendekatan	(Cu.Ta)	Kondisi Analisa Getar Struktur			Periode yang digunakan			
				Tc<Ta	Ta<Tc<Cu.Ta	Tc>Cu.Ta				
								(Tc)	(Ta)	(T)
								(Sec)	(Sec)	(Sec)
A	1.206	1.347	1.886	OK			1.347			
B.1	1.664	1.347	1.886		OK		1.664			
B.2	1.703	1.347	1.886		OK		1.703			
B.3	1.734	1.347	1.886		OK		1.734			

**Kontrol Base Shear**

Tabel 8. Kontrol Base Shear gempa arah X

Model	Gaya	Arah X		Vt/V *100 (%)	Kontrol
		V	Vt		
		(kN)	(kN)		
A	FX	3738.56	3102.51	82.99	Tidak OK
	FY	0	930.754		
B.1	FX	5168.69	4474.19	86.56	OK
	FY	0	1351.85		
B.2	FX	5269.97	4579.55	86.90	OK
	FY	0	1383.74		
B.3	FX	5168.67	4503.33	87.13	OK
	FY	0	1360.7		

Tabel 9. Kontrol Base Shear gempa arah Y

Model	Gaya	Arah Y		Vt/V *100% (%)	Kontrol
		V	Vt		
		(kN)	(kN)		
A	FX	0	930.754	82.99	Tidak OK
	FY	3738.56	3102.51		
B.1	FX	0	1342.26	86.92	OK
	FY	5184.42	4506.17		
B.2	FX	0	1373.86	87.26	OK
	FY	5286.16	4612.46		
B.3	FX	0	1350.94	87.48	OK
	FY	5184.62	4535.37		

Dari kedua tabel diatas untuk Model A  $Vt / V < 85\%$  sehingga gaya harus dikalikan dengan  $0.85 \times V / Vt$ . Berikut merupakan nilai *base shear* yang baru setelah dikalikan dengan  $0.85 \times V / Vt$ .

Tabel 10. Nilai Base Shear yang baru

Model	Gaya	Arah X		Arah Y	
		V	Vt	V	Vt
		(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
A	FX	3738.563	3177.779	1121.569	953.334
	FY	1121.569	953.334	3738.563	3177.779
B.1	FX	5168.686	4474.194	1555.326	1351.85
	FY	1555.326	1351.85	5184.42	4506.167
B.2	FX	5168.079	4488.04	1550.424	1346.412
	FY	1558.121	1353.146	5186.873	4517.353
B.3	FX	5168.667	4503.328	1550.6	1350.943
	FY	1555.386	1360.702	5184.621	4518.621

**PENUTUP**

**Kesimpulan**

Dari hasil yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Gedung dengan kolam renang sangat mempengaruhi respons struktur gedung.
2. Model B.3 menghasilkan respons struktur yang paling besar.
3. Semakin bertambahnya beban dalam penelitian ini beban air maka semakin besar juga displacement, simpangan antar tingkat, periode yang dihasilkan struktur.
4. Displacement terbesar terjadi di Model B.3 yaitu untuk gempa arah X sebesar 32.8242 mm (arah x) dan 9.8242 mm (arah y). Untuk gempa arah Y sebesar 10.9347 mm (arah x) dan 31.1795 mm (arah y)
5. Untuk semua model, simpangan antar tingkat terjadi pada tingkat 3 (elevasi 12 m). Dan yang terbesar adalah model B.3 yaitu untuk gempa arah X sebesar 25.01 mm (arah x) dan 7.57 mm (arah y). untuk arah Y sebesar 7.89 mm (arah x) dan 24.2 mm (arah y)

**Saran`**

Untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan variasi yang lainnya seperti penempatan dan dimensi kolam renang. Selain itu juga dapat juga dicoba untuk gedung yang dilengkapi dinding geser dan gedung yang tidak beratuan.

**DAFTAR PUSTAKA**

Astariani, N.K., 2010. Pengaruh Torsi pada Bangunan. Jurnal GaneÇ Swara, 4(3), pp.25-31.  
 Badan Standarisasi Nasional., 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726: 2012. Jakarta.

- Badan Standarisasi Nasional., 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, SNI 1727: 2013. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional., 2013. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung* SNI 2847: 2013. Jakarta.
- Davidson S. S., and Kumar A. S., 2018. *Study on the Effect of Swimming Pool as Tuned Mass Damper. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Special Issue.*
- Honarto, R. J., Handono, B. D. and Pandaleke, R. E., 2019. *Perencanaan Bangunan Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Di Kota Manado*. Jurnal Sipil Statik, Vol 7 No 2., Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Housner, G.W., 1963. *The dynamic behavior of water tanks. Bulletin of the seismological society of America*, 53(2), pp.381-387.
- Kalalo, G. H., Tenda, R., and Dapas, S. O., 2014. *Pengaruh Eksentrisitas Pusat Massa Bangunan Beton Bertulang Terhadap Respons Struktur Akibat Beban Gempa*. Jurnal Sipil Statik, Vol 2 No 6. Universitas Sam Ratulangi Manado
- Karisoh, P. H., Dapas, S. O. and Ointu, B. M, 2018. *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus*. Jurnal Sipil Statik, Vol 6 No 6. Universitas Sam Ratulangi Manado
- Rumimper, B.A.E., Wallah, S.E., Windah, R.S. and Dapas, S.O., 2013. *Perhitungan Inter Story Drift Pada Bangunan tanpa Set-back dan dengan Set-back Akibat Gempa*. Jurnal Sipil Statik, Vol 1 No 6. Universitas Sam Ratulangi Manado
- Schodek, D.L., Subagdja, D. and Suryoatmono, B., 1999. *Struktur*. Erlangga.
- Schueller, W., Hakim, J. and Surjaman, T., 1989. *Struktur bangunan bertingkat tinggi*. PT. Eresco, Bandung.
- Soerjadi, H., 2017. Analisis dan desain gedung beton bertulang sepuluh lantai berbentuk L dengan variasi lokasi kolam renang pada lantai teratas.
- Taranath, B. S., 1988. *Structural Analysis and Design of Tall Buildings*. McGraw-Hill, Inc. USA.
- Wantalangie, R. O., Pangouw, J. D. and Windah, R. S., 2016. *Analisa Statik dan Dinamik Gedung Bertingkat Banyak Akibat Gempa Berdasarkan SNI 1726-2012 dengan Variasi Jumlah Tingkat*. Jurnal Sipil Statik, Vol 4 No 8. Universitas Sam Ratulangi Manado