

ANALISIS PERILAKU STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS PARIWISATA UNIVERSITAS UDAYANA AKIBAT BEBAN GEMPA DENGAN METODE RESPON SPEKTRUM

I Made Andika Candra, I Made Sastra Wibawa, I Gede Gegiranang Wiryadi, I Made Letra

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar

Email: andikacndr@yahoo.com

ABSTRAK: Gedung Fakultas Pariwisata Universitas Udayana merupakan gedung fasilitas pendidikan yang berlokasi di Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali. Adapun menurut SNI 1726:2012 fasilitas pendidikan masuk kedalam kategori resiko IV yang berarti gedung ini memiliki risiko yang tinggi terhadap jiwa manusia saat terjadinya gempa. Oleh karena itu Analisis perilaku struktur diperlukan pada gedung ini untuk mengetahui ketahanan gedung terhadap gempa. Analisis perilaku yang dilakukan menggunakan metode respon spektrum. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui bagaimana perilaku struktur terhadap gaya gempa dengan metode respon spektrum sesuai SNI 1726:2012. Hal yang ditinjau yaitu simpangan antar tingkat dan gaya geser dasar pada gedung. Hasil analisa menunjukkan simpangan antar tingkat dan gaya geser dasar berdasarkan gaya gempa rencana dari analisis respon spektrum arah X dan arah Y memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 yaitu simpangan antar tingkat yang terjadi pada struktur gedung lebih kecil dari pada simpangan antar tingkat yang diizinkan. Adapun gaya geser yang terjadi pada struktur pada arah X sebesar 1175,46 kN dan pada arah Y sebesar 1224,65 kN.

Kata kunci: *Gempa, perilaku struktur, respon spektrum*

ABSTRACT: *The Udayana University Faculty of Tourism Building is an educational facility building located on Jalan Campus Bukit Jimbaran, Badung, Bali. Meanwhile, according to SNI 1726:2012, educational facilities fall into risk category IV, which means this building has a high risk of human life during an earthquake. Therefore, structural behavior analysis is needed in this building to determine the building's resistance to earthquakes. Behavioral analysis was carried out using the response spectrum method. The purpose of this study is to find out how the behavior of the structure against earthquake forces with the response spectrum method according to SNI 1726:2012. The thing that is reviewed is the deviation between levels and the basic shear force in the building. The results of the analysis show that the deviation between levels and the basic shear force based on the design earthquake force from the analysis of the response spectrum in the X direction and the Y direction meets the requirements of SNI 1726:2012, namely the inter-story deviation that occurs in the building structure is smaller than the permissible inter-story deviation. The shear force that occurs in the structure in the X direction is 1175.46 kN and in the Y direction is 1224.65 kN.*

Keywords: *Earthquake, structural behavior, response spectrum*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang wilayahnya memiliki tingkat kerawanan yang tinggi terhadap gempa, hal ini dikarenakan Indonesia terletak di antara tiga pertemuan lempeng besar. Pada saat terjadi gempa, permukaan bumi akan mengalami getaran atau guncangan akibat pelepasan energi dari bawah permukaan secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik (BPBD, 2018). Gelombang seismik tersebut diterima oleh pondasi bangunan lalu diteruskan ke struktur atas bangunan yang menyebabkan struktur bangunan berdeformasi. Apabila deformasi yang terjadi melewati batas-batas tertentu, hal tersebut mengakibatkan keruntuhan struktur karena gaya yang bekerja pada struktur tersebut melebihi kemampuan struktur dalam menahannya. Oleh karena itu dapat

diinterpretasikan bahwa bangunan-bangunan di Indonesia harus memiliki struktur gedung yang tahan gempa. Struktur gedung yang tahan gempa memiliki detailing penulangan beton bertulang dan sistem struktur dasar penahan beban lateral seperti Sistem Rangka Struktural (SDS) dan Rangka Bresing. Hal tersebut dijelaskan pada aturan perencanaan dan perancangan bangunan tahan gempa yaitu SNI 1726:2012 (BSN, 2012).

Adapun beberapa penelitian terkait analisis respon spektrum yaitu; Wahyuningtyas et al. (2020) melakukan Analisis Ketahanan Gedung Apartemen Surabaya dengan Menggunakan Metode Respon Spektrum. Hal yang ditinjau yaitu base shear, drift dan displacement pada gedung. Hasil analisa menunjukkan displacement, drift, dan base shear memenuhi syarat yang telah ditentukan. Nilai

drift terbesar arah X 0.22 mm pada Lt 35 dan arah Y yaitu 0.28 mm pada Lt 23. Sedangkan untuk nilai displacement terbesar arah X dan Y yaitu 0.077 m dan 0.106 m. Suntoko (2019), melakukan Analisis Respon Spektrum Gedung Reaktor RDE Menggunakan SAP 2000. Berdasarkan hasil analisis dinamik respon spektrum yang menggunakan gempa rencana berdasarkan SNI 1726-2012, didapatkan bahwa bangunan mempunyai nilai S_1 0,30g dan S_s 0,75g. Analisis tekan tanah pada dinding basement tiap m² adalah 27,361 kN/m² atau 0,2,736 t/m² Periode getar adalah 0,0926 detik, koefisien respon seismik adalah 0,1800, distribusi gaya lateral 578,489 ton besarnya gaya tersebut dibebankan pada pusat massa struktur tiap-tiap lantai tingkat.

Penelitian ini mengambil studi kasus Gedung Fakultas Pariwisata Universitas Udayana yang berlokasi di Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali. Gedung ini merupakan fasilitas pendidikan, adapun menurut SNI 1726:2012 fasilitas pendidikan masuk kedalam kategori resiko IV yang berarti gedung ini memiliki risiko yang tinggi terhadap jiwa manusia ketika struktur mengalami kegagalan saat terjadinya gempa. Oleh karena itu gedung ini perlu dianalisis perilakunya terhadap gaya gempa untuk mendapatkan informasi ketahanan gedung ini terhadap beban gempa.

PRINSIP PERENCANAAN ELEMEN STRUKTUR TAHAN GEMPA

Untuk mengurangi kerusakan yang terjadi pada struktur bangunan yang diakibatkan oleh gempa, prinsip-prinsip dasar dalam perencanaan, perancangan dan pelaksanaan struktur bangunan harus diperhatikan. Menurut Hoedajanto dan Imran (2002), prinsip-prinsip tersebut antara lain: halaman genap dan gasal, sehingga penulis tidak perlu mengganti format yang telah ada.

1. Sistem struktur harus disesuaikan dengan tingkat resiko daerah dimana struktur tersebut dibangun.
2. Sistem struktur harus bersifat kontinu dan utuh. Unsur-unsur bangunan termasuk penulangan harus efektif untuk meningkatkan integritas struktur. Perubahan kekakuan yang terlalu signifikan sebaiknya dihindari.
3. Asumsi sistem struktur dalam perencanaan desain tidak berubah-ubah.

4. Material yang digunakan seperti beton dan baja harus memenuhi persyaratan material konstruksi untuk bangunan tahan gempa.
5. Bagian arsitektural yang mempunyai massa yang masif harus menyatu dengan kuat pada sistem portal utama dan direncanakan pengaruhnya terhadap sistem struktur. Semakin besar massa bangunan, semakin besar pula beban inersia yang timbul akibat gempa. Oleh karena itu, penggunaan unsur arsitektural yang berat dihindari.
6. Sistem quality control dan quality assurance dalam metode pelaksanaan harus dilakukan dengan tepat sesuai dengan peraturan yang berlaku seperti SNI 1726:2012 untuk perhitungan gempa dan SNI 2847:2019 untuk persyaratan detailing struktur beton bertulang.

Ketentuan Umum Bangunan Gedung Dalam Pengaruh Gempa

Di Indonesia, pembebanan gempa terhadap gedung diatur dalam Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (BSN, 2012). Adapun beberapa tahapan dalam perhitungan pembebanan gempa yaitu sebagai berikut:

1. Gempa Rencana, Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Struktur Bangunan.
2. Klasifikasi Situs
3. Parameter Percepatan Gempa
4. Wilayah Gempa dan Spektrum Respon
5. Kategori Desain Seismik
6. Sistem Struktur
7. Faktor Redundansi
8. Kombinasi Beban
9. Geser Dasar Seismik
10. Periode Alami Fundamental
11. Periode Alami Fundamental
12. Distribusi Horizontal Gaya Gempa
13. Penentuan Simpangan Antarlantai
14. Analisis Spektrum Respon Ragam

Kategori Resiko Dan Faktor Keutamaan Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung Pasal 4.1.2, kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan faktor keutamaan (I_e). Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk beban Gempa dibagi menjadi 4, yaitu kategori resiko I, II, III

dan IV. Adapun faktor keutamaan gempa (I_e) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Faktor Keutamaan Gempa

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

Klasifikasi Situs

Klasifikasi situs suatu struktur bangunan memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Faktor ini dapat menentukan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs. Berdasarkan BSN (2012) Klasifikasi kelas situs dibagi menjadi 6, yaitu, SA (Batuan Keras), SB (Batuan), SC (Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak), SD (Tanah Sedang), SE (Tanah Lunak), SF (Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respon spesifik). Adapun klasifikasi situs tersebut ditentukan berdasarkan beberapa parameter yaitu, nilai uji penetrasi standar (N), kecepatan rambat gelombang geser (V_s) atau kuat geser niralir (S_U).

Kombinasi Beban

Untuk keperluan desain, analisis dari sistem struktur perlu diperhitungkan terhadap adanya kombinasi pembebanan (load combination) dari beberapa kasus beban yang dapat bekerja secara bersamaan selama umur rencana. Pembebanan mengikuti kombinasi beban sesuai dengan SNI 1726:2012 sebagai berikut:

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr atau R)
- 1,2D + 1,6(Lr atau R) + (L atau 0,5W)
- 1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr atau R)
- 1,2D + 1,0E + L
- 0,9D + 1,0W
- 0,9D + 1,0E

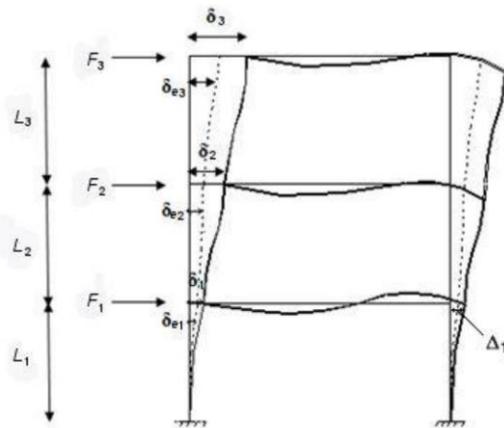
Keterangan:

- D = Beban Mati
- L = Beban Hidup
- Lr = Beban Hidup Atap
- R = Beban Air Hujan
- W = Beban Angin
- E = Beban Gempa

Penentuan Simpangan

Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut ini:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$$



Gambar 1. Simpangan Antar Tingkat
(Sumber: BSN, 2012)

Keterangan:

- C_d = faktor amplifikasi defleksi
- δ_{xe} = defleksi pada lokasi yang diisyaratkan
- I_e = faktor keutamaan gempa
- Δa = simpangan antar tingkat izin
- F = Gaya gempa desain

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan analisis respon spektrum. Adapun kegiatan analisis dibantu dengan software SAP2000. Analisis dilakukan sesuai dengan langkah-langkah pada prosedur yang telah ditetapkan.

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu geometrik struktur, data material, elemen struktur dan soft drawing. Langkah awal dari analisis ini yaitu membuat pemodelan struktur 3D pada software SAP2000 sesuai dengan geometri dan dimensi struktur pada soft drawing, adapun data geometri dan dimensi struktur yaitu sebagai berikut:

- Panjang bangunan : 30 meter
- Lebar bangunan : 18 meter
- Tinggi bangunan : 21,70 meter
- Jumlah lantai : 4 lantai
- Dimensi struktur :

Tabel 2. Elemen struktur yang digunakan

Kolom	Balok	Pelat
K1 (50×50)	B1 (30×60)	T2 = 12cm
K2 (45× 45)	B2 (25×40)	T3 = 12cm
K3 (40×40)	B3 (20×35)	T4 = 12cm
K4 (35× 35)	B4 (15×25)	
K5 (2×20/40)		
K6 (30×30)		

Sumber: PT. Kencana Adhi Karma, 2018

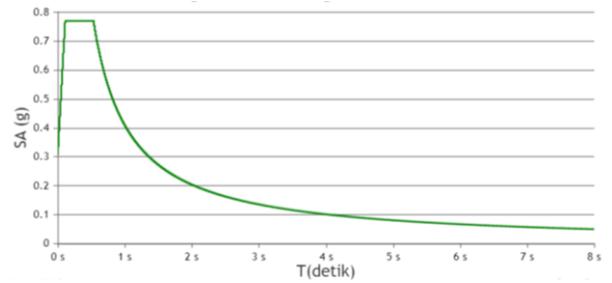
Adapun data material yang diinput pada program SAP2000 yaitu sesuai dengan data berikut:

- a. Mutu beton : K-250
- b. Mutu baja :
 - BJTP 24 untuk $\varnothing < 12\text{mm}$
 - BJTP 32 untuk $\varnothing > 12\text{mm}$

Setelah pemodelan struktur 3D selesai dibuat sesuai dengan data-data yang ada, langkah selanjutnya yaitu memasukan beban pada struktur gedung, adapun beban yang diinput yaitu, beban mati, beban mati tambahan, beban hidup dan beban gempa.

- a. Beban mati yaitu berat sendiri gedung dihitung secara otomatis pada software SAP2000 , yaitu dengan cara *input* 1 pada *Self Weight Multiplier* beban mati di *Define Load Pattern*.
- b. Beban mati tambahan yaitu beban tambahan yang bukan termasuk elemen struktur, seperti *finishing* lantai, dinding, partisi, dan lain - lainnya, dihitung berdasarkan berat satuan (*specific gravity*) sesuai dengan peraturan pembebanan PPPURG 1987.
- c. Beban hidup yaitu beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, beban hidup yang diinput sesuai dengan peraturan pembebanan SNI 1727:2013
- d. Beban gempa yaitu beban yang bekerja pada struktur akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan karena adanya gempa bumi. Analisis respon spektrum adalah salah satu metode menganalisis struktur gedung terhadap pembebanan gempa dengan menggunakan beban gempa berdasarkan respon spektrum. Berikut ini merupakan data *respons spectra* dan koefisien kegempaan wilayah Jimbaran, tanah keras (C) yang diambil dari website puskim (2021):
 - $S_S (g) = 0,957$
 - $S_1 (g) = 0,405$

- $S_{DS} (g) = 0,77$
- $S_{D1} (g) = 0,41$



Gambar 2. Respon spektrum gempa (Sumber: Puskim, 2021)

Setelah pemodelan struktur selesai dan semua beban telah diinput, lalu dilakukan run analisis untuk menampilkan hasil dari analisis struktur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

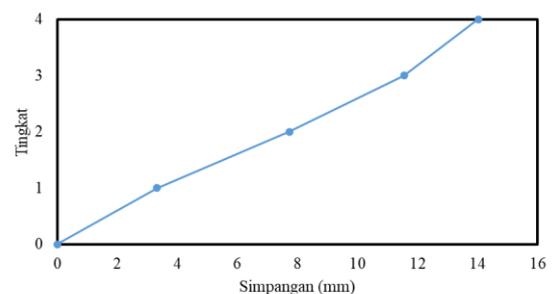
Simpangan Antar Tingkat

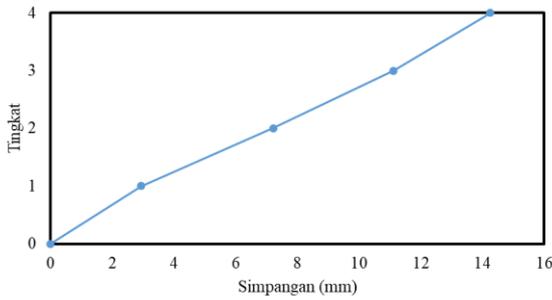
Simpangan maksimum yang terjadi pada arah X dan Y disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Dapat dilihat bahwa simpangan yang terjadi akibat beban gempa arah X dan Y memenuhi persyaratan pada SNI 1726-2012 yaitu simpangan antar tingkat yang terjadi pada struktur gedung lebih kecil dari pada simpangan antar tingkat yang diijinkan. Berikut adalah hasil dari simpangan yang sudah dihitung:

Tabel 3. Simpangan Maks. Arah X dan Y

Tingkat	δ_e	
	Arah X	Arah Y
4	14,03	14,25
3	11,55	11,11
2	7,73	7,21
1	3,32	2,94
0	0	0

Gambar 3. Grafik Simpangan Maks. Arah X





Gambar 4. Grafik Simpangan Maks. Arah Y

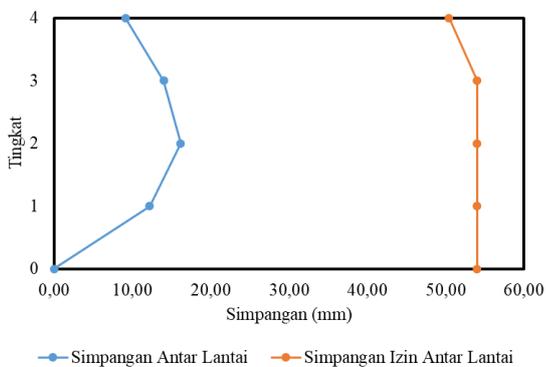
Dapat dilihat simpangan maksimal pada arah X dan arah Y memiliki nilai yang sedikit berbeda. Hal ini disebabkan oleh bentuk bangunan yang tidak simetris, jumlah portal pada arah X lebih banyak dari pada jumlah portal pada arah Y. sehingga simpangan yang terjadi pada arah X lebih kecil karena kekakuan strukturnya lebih besar.

Tabel 4. Simpangan Antar Tingkat Arah X

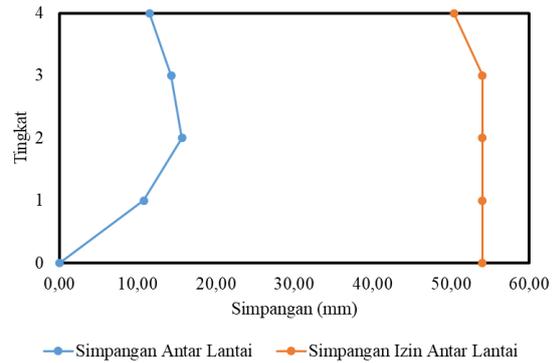
Tk.	δ_e	Cd	Ie	δ	Δ	Δ_a
4	14,03	5,5	1,5	51,44	9,09	50,4
3	11,55	5,5	1,5	42,35	14,01	54,0
2	7,73	5,5	1,5	28,34	16,17	54,0
1	3,32	5,5	1,5	12,17	12,17	54,0
0	0	5,5	1,5	0,00	0,00	54,0

Tabel 5. Simpangan Antar Tingkat Arah Y

Tk.	δ_e	Cd	Ie	δ	Δ	Δ_a
4	14,25	5,5	1,5	52,25	11,51	50,4
3	11,11	5,5	1,5	40,74	14,30	54,0
2	7,21	5,5	1,5	26,44	15,66	54,0
1	2,94	5,5	1,5	10,78	10,78	54,0
0	0	5,5	1,5	0,00	0,00	54,0



Gambar 5. Simpangan antar tingkat arah X

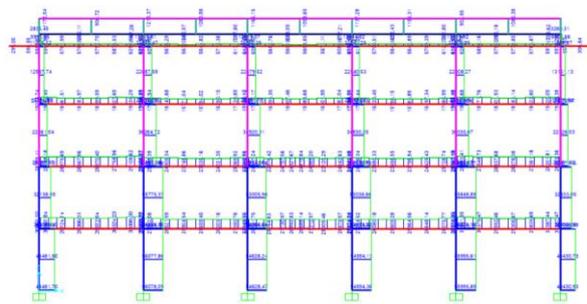


Gambar 6. Simpangan antar tingkat arah Y

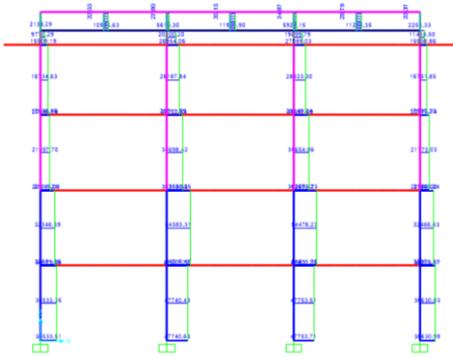
Pada gambar 5 dan 6 terdapat grafik yang menunjukkan simpangan antar tingkat dan simpangan izin antar tingkat setiap lantai pada arah X dan Y. Simpangan antar tingkat yang terjadi memenuhi persyaratan pada SNI 1726-2012 yaitu simpangan antar tingkat yang terjadi pada struktur gedung lebih kecil dari pada simpangan antar tingkat yang diijinkan. Dapat dilihat pada grafik simpangan antar tingkat yang terjadi jauh lebih kecil dibandingkan simpangan antar tingkat yang diijinkan, hal ini berarti gedung sangat aman dari beban gempa dan juga dapat lebih diefisiensikan lagi.

Gaya Geser Dasar

Hasil dari perhitungan gaya geser yang dihitung oleh program masih dalam bentuk gaya geser yang bekerja pada setiap kolomnya dan harus dijumlahkan pada tiap tingkat menurut gempa arah X dan arah Y. Berikut adalah hasil perhitungan gaya geser dasar (V) dan gaya geser antar tingkat (F_x).



Gambar 7. Gaya Geser Gempa Arah X



Gambar 8. Gaya Geser Gempa Arah Y

Tabel 6. Gaya geser arah X

Tingkat	Total	Fx (kN)
4	313,89	313,89
3	747,99	434,1
2	1106,7	358,71
1	1175,46	68,76
	V (kN)	1175,46

Tabel 7. Gaya geser arah Y

Tingkat	Total	Fy (kN)
4	340,08	340,08
3	830,54	490,46
2	1190,64	360,1
1	1224,65	34,01
	V (kN)	1224,65

SIMPULAN

Simpangan antar tingkat dan gaya geser dasar pada gedung berdasarkan gaya gempa rencana dari analisis respon spektrum arah X dan arah Y memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 yaitu simpangan antar tingkat yang terjadi pada struktur gedung lebih kecil dari pada simpangan antar tingkat yang diizinkan. Adapun gaya geser yang terjadi pada struktur pada arah X sebesar 1175,46 kN dan pada arah Y sebesar 1224,65 kN.

DAFTAR PUSTAKA

Afrida, Iklil. 2020. *Analisis Ketahanan Bangunan Gedung Apartemen East Coast Mansion Surabaya Dengan Analisis Dinamik Menggunakan Metode Respon Spektrum*. Universitas Jember

Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*.

BPBD. 2018. *Pengertian Gempa Bumi, Jenis-Jenis, Penyebab, Akibat, dan Cara Menghadapi Gempa Bumi* <http://bpb.d.bandaacehkota.go.id/2018/08/05/pengertian-gempa-bumi-jenis-jenis-penyebab-akibat-dan-cara-menghadapi-gempa-bumi/>, diakses pada 15 Februari 2021.

Hoedajanto, & Imran, I. 2002. *The Practice of Concrete in Indonesia. Proceedings of Asian Concrete Forum Symposium*.

PUSKIM. 2021. *Desain Spektra Indonesia*, <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>, diakses pada 14 Juli 2021.

Suntoko, H. dkk. 2019. *Analisis Spektrum Respon Desain Gedung Reaktor RDE Menggunakan SAP200* *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir Vol. 21, No.1, (2019)*.