



Analisis Spektrum Respon Desain Gedung Reaktor RDE Menggunakan SAP2000

Hadi Suntoko*¹, Ary Marwanto², Anton MP², Eko Rudi Iswanto¹

¹Pusat Kajian Sistem Energi Nuklir, BATAN, Jl Kuningan Barat Mampang Prapatan Jaksel, Indonesia

²Biro Umum, BATAN, Jl Kuningan Barat Mampang Prapatan Jaksel, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima:

3 Desember 2018

Diterima dalam bentuk revisi:

22 April 2019

Disetujui:

27 April 2019

Kata kunci:

gempabumi
analisis dinamik
spektrum respons

ABSTRAK

ANALISIS RESPON SPEKTRUM GEDUNG REAKTOR RDE MENGGUNAKAN SAP2000.

Daerah Serpong yang terletak di Indonesia bagian barat merupakan wilayah dengan Gempa bumi tinggi dan dapat memunculkan energi yang disebabkan dari patahan aktif dan gerak-gerak lempeng bumi. Adanya gempa yang terjadi dapat mengakibatkan kerusakan struktur gedung di atas permukaan. Hal ini perlu memperhitungkan beban lateral (gempa bumi) pada perencanaan gedung reaktor RDE yang dianalisis menggunakan cara statik ekuivalen dan analisis dinamik (respons spektrum dan riwayat waktu). Struktur bangunan yang tidak beraturan dan mempunyai tingkat banyak dapat dianalisis menggunakan analisis dinamik untuk pengaruh gempa terhadap struktur. Analisis yang digunakan ini memperhitungkan beban lateral pada gempa bumi ada dua, yakni Analisis statik dan analisis dinamik. Pada cara elastis dibedakan Analisis Ragam Riwayat Waktu (*Time History Modal Analysis*), dimana cara ini diperlukan rekaman percepatan gempa dan Analisis Ragam Respons spektrum (*Respons Spectrum Model Analysis*), dan pada cara ini respons maksimum setiap ragam getar yang terjadi didapat dari Respons spektrum Rencana (*Design Spectra*). Metode penelitian ini menggunakan analisis dinamik respons spektrum yang dibantu dengan program SAP2000. 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 m^2 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 sehingga apabila ditinjau berdasarkan ATC-40 termasuk dalam kategori level *Immediate Occupancy*.

ABSTRACT

ANALYSIS OF RESPONSE SPECTRUM OF RDE REACTOR BUILDING BY USING SAP2000.

Serpong area located in western Indonesia is a region with high earthquakes and can generate energy caused by active faults and movements of the earth's plates. The occurrence of an earthquake that can cause damage to the structure of the building above the surface. This needs to take into account the lateral load (earthquake) in RDE reactor building planning which is analyzed using the equivalent static method and dynamic analysis (spectrum response and time history). Irregular structure and many levels can be analyzed using dynamic analysis for the effect of the earthquake on the structure. The analysis used to calculate the lateral load in an earthquake is twofold, namely static analysis and dynamic analysis. In the elastic method distinguished Analysis of Variety of Time History (*Time History Capital Analysis*), where this method requires recording earthquake acceleration and Analysis of Variety of Response Spectrum (*Responses Spectrum Capital Analysis*), and in this way the maximum response of each variety of vibrations that occur is obtained from the Plan Response Spectrum (*Design Spectra*). This research method uses dynamic analysis of spectrum responses which is assisted by the SAP2000 program. Based on the results of dynamic spectrum response analysis using earthquake plans based on SNI 1726-2012, it was found that the building had a S_1 value of 0.30 g and S_s 0.75 g. Soil compressive analysis on the basement wall of each m^2 is 27.336 kN/m² or 0.2.736 t/m² Vibration period is 0.0926 seconds, the seismic response coefficient is 0.1800, the lateral force distribution is 578.489 tons the magnitude of the force is charged to the center of mass structure of each floor level, so if reviewed based on ATC-40, it falls into the category of *Immediate Occupancy* level.

Keywords: earthquake, dynamic analysis, response spectrum

© 2019 Jurnal Pengembangan Energi Nuklir. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Serpong berdasarkan kondisi seismotektonik radius 300 Km terletak dalam

lingkup geotektonik tunjaman aktif lempeng samudera Hindia – Australia dengan lempeng benua Eropa – Asia dan dikelilingi oleh Lajur Sumber Gempa bumi patahan – patahan aktif di daratan Jawa bagian Barat dan Sumatera bagian Selatan (patahan aktif Sumatera, patahan aktif

*Penulis korespondensi.

E-mail: hadi_suntoko@batan.go.id

Cimandiri, patahan aktif Lembang, dan patahan aktif dibawah dasar laut (patahan aktif Panaitan – Rajabasa di Selat Sunda dan patahan aktif Sumatera, patahan aktif Mentawai)[1]. Dengan adanya peristiwa gempa yang terjadi dapat mengakibatkan kerusakan struktur gedung di atas permukaan tanah[2]. Untuk memperhitungkan beban lateral (gempa bumi) yang bekerja pada suatu struktur dapat dianalisis dengan menggunakan analisis secara statik ekuivalen dan analisis dinamik (respons spektrum dan riwayat waktu) [3]. Sedangkan struktur bangunan yang tidak beraturan dan mempunyai tingkat banyak dapat dianalisis dengan menggunakan analisis dinamik untuk pengaruh gempa terhadap struktur[4]. Dalam penelitian ini menggunakan analisis dinamik dengan metode analisis respons spectrum.

Menurut Iskandarsyah[5] gempa bumi merupakan suatu gerakan tiba-tiba dari tanah yang berasal dari gelombang pada suatu tempat dan menyebar di daerah tersebut ke segala arah. Gempa bumi dalam hubungannya dengan suatu wilayah berkaitan dengan gerakan muka bumi dan pengaruhnya terhadap daerah yang bersangkutan. Masing-masing daerah mempunyai bentuk maupun wilayah yang berbeda[6,7].

Sebab-sebab terjadinya gempa menurut Kardiyono Tjokrodinuljo[7] adalah: a. Keruntuhan tanah di dalam gua. Akibat terjadinya tanah runtuh di dalam gua maka terjadi getaran di permukaan tanah di sekitar gua tersebut. b. Tumbukan antara meteor dan permukaan bumi. Pada saat ada meteor yang jatuh ke bumi maka terjadilah tumbukan yang sangat keras antara meteor dan permukaan tanah sehingga tanah disekitar tempat jatuhnya meteor tersebut bergetar. c. Peristiwa vulkanik, yaitu kegiatan gunung api yang meletus. Pada waktu terjadi gunung meletus biasanya terjadi getaran tanah di sekitar gunung tersebut. d.

Peristiwa tektonik, yaitu gerakan lempeng atau kerak bumi.

Menurut Dewi dan Sudrajat[8] Gempa bumi yang paling banyak terjadi di Indonesia adalah gempa bumi tektonik, yang merupakan jenis gempa yang menimbulkan kerusakan paling luas. Analisis dinamik untuk perancangan struktur tahan gempa dilakukan jika diperlukan evaluasi yang lebih akurat dari gaya-gaya gempa yang bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui perilaku dari struktur akibat pengaruh gempa[9]. Pada struktur bangunan tingkat tinggi atau struktur dengan bentuk atau konfigurasi yang tidak teratur. Analisis dinamik dapat dilakukan dengan cara elastis maupun *inelastic*[10]. Pada cara elastis dibedakan Analisis Ragam Riwayat Waktu (*Time History Modal Analysis*)[11], dimana pada cara ini diperlukan rekaman percepatan gempa dan Analisis Ragam Spektrum Respon (*Respons Spectrum Modal Analysis*), dimana pada cara ini respons maksimum dari tiap ragam getar yang terjadi didapat dari Respons spektrum Rencana (*Design Spectra*)[12]. Pada analisis dinamis elastis digunakan untuk mendapatkan respons struktur akibat pengaruh gempa yang sangat kuat dengan cara integrasi langsung (*Direct Integration Method*). Analisis dinamik elastis lebih sering digunakan karena lebih sederhana[13].

Seiring dengan perkembangan gedung, konstruksi bangunan terus mengalami peningkatan, model kekuatan dan tipe pembangunan gedung bertingkat dan gedung kusus seperti reaktor nuklir. Termasuk gedung dengan berbagai fungsi bangunan yang mayoritas masih menggunakan struktur beton bertulang[14]. Daerah penelitian yang berada di Kawasan Puspipetek tergolong sebagai salah satu wilayah yang memiliki ancaman gempa relatif tinggi[15,16]. Untuk itu perencanaan bangunan, beban gempa harus diperhitungkan dalam desain yang

berpedoman kepada SNI, agar struktur mampu bertahan sehingga saat terjadi gempa keselamatan penghuni bangunan dapat relatif terjamin[17]. Salah satu solusi untuk menahan beban gempa tersebut adalah dengan menambahkan struktur dinding geser (*shear wall*) dan analisis respon spektrum. Dengan adanya dinding geser akan mempengaruhi kekakuan bangunan sehingga gaya lateral tidak sepenuhnya dipikul oleh struktur rangka (kolom dan balok)[18].

2. METODE

Dalam penelitian ini metode penelitian menggunakan analisis dinamik respons spektrum. Kegiatan analisis dibantu dengan menggunakan program SAP2000[20,21]. Langkah analisis dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan. Bentuk data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah shop drawing bangunan dan data tanah untuk perancangan[22]. *Shop drawing* dipergunakan untuk pemodelan struktur 3D di dalam program SAP2000. Menghitung dan menentukan jenis beban yang bekerja pada struktur. Beban tersebut berupa beban mati, beban hidup, dan beban gempa[23].

Tabel 1. Deskripsi gedung

Diskripsi gedung	Keterangan
Sistem struktur	<i>System Wall-frame</i> beton bertulang khusus
Fungsi gedung	PLTN
Jumlah lantai	10
Jumlah <i>basement</i>	4
Tinggi maksimum gedung	33,64m ²
Elevasi terendah gedung	- 13,95m
Luas total gedung termasuk <i>basement</i>	14.816.36m ²

Untuk mendapat kurva respons spektrum sesuai wilayah gempa yang dianalisis dengan bantuan program SAP2000[21]. Selanjutnya adalah melakukan analisis pada model/run program SAP2000. Hasil output dari analisis program ini adalah berupa *displacement*, *drift*, dan *base shear* (gaya geser dasar)[24]. Tabel 1 menunjukkan detail deskripsi gedung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mutu beton yang digunakan dalam bangunan ini baik untuk struktur atas maupun struktur bawah adalah mutu beton f'c 35[19]. Mutu baja tulangan yang digunakan terdiri dari baja tulangan ulir (*deform*) dan baja tulangan polos. Untuk tulangan ulir fy 420 Mpa dan modulus elastisitas baja Es 200.000 Mpa.

Pembuatan grafik respons spektrum gempa rencana menggunakan peta gempa berdasarkan SNI 1726-2012[25]. Pada peta tersebut didapatkan bahwa bangunan mempunyai nilai S1 0,30 g dan Ss 0,75 g. Selanjutnya berdasarkan Tabel 4 dan 5 SNI 1726-2012 didapatkan nilai Fa 1,200 dan Fv 1,800.

$$S_{DS} = 2/3 \times F_a \times S \quad (1)$$

$$S_{D1} = 2/3 \times F_v \times S1 \quad (2)$$

Berdasarkan persamaan 1 dan 2 maka nilai S_{DS} adalah 0,600 dan S_{D1} adalah 0,360.

$$T_0 = 0,2(S_{D1}/ S_{DS}) \quad (3)$$

$$T_s = (S_{D1}/ S_{DS}) \quad (4)$$

$$S_a \text{ untuk nilai } T = 0, S_a = 0,4 S_{DS} \quad (5)$$

$$S_a \text{ untuk saat di } T_0 \leq T \leq T_s, S_a = S_{DS} \quad (6)$$

S_a untuk nilai T < T₀,

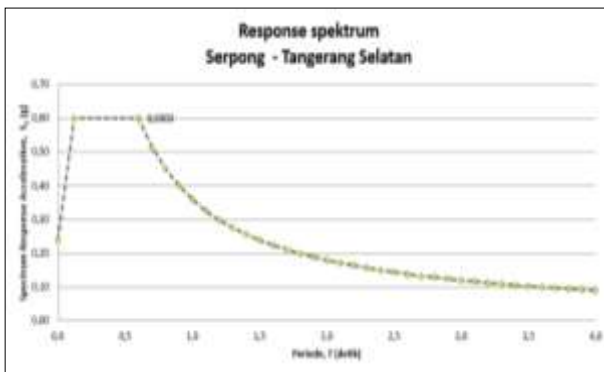
$$S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 (T/T_0)) \quad (7)$$

Tabel 2. Rekapitulasi berat struktur per lantai

No	Lantai	Beban Mati		Beban Hidup (ton)	Beban Total (ton)
		Struktur (ton)	Tambahan (ton)		
1	Lantai Atap	408,00	65,110	85,000	558,110
2	Lantai 10	408,00	118,660	680,000	1206,660
3	Lantai 9	408,00	118,660	680,000	1206,660
4	Lantai 8	408,00	118,660	680,000	1206,660
5	Lantai 7	408,00	118,660	680,000	1206,660
6	Lantai 6	408,00	118,660	680,000	1206,660
7	Lantai 5	408,00	118,660	680,000	1206,660
8	Lantai 4	408,00	118,660	680,000	1206,660
9	Lantai 3	408,00	118,660	680,000	1206,660
10	Lantai 2	408,00	118,660	680,000	1206,660
11	Lantai 1	408,00	146,580	840,000	1394,580
12	Basement 1	504,00	128,730	840,000	1472,730
13	Basement 2	504,00	128,730	840,000	1472,730
14	Basement 3	504,00	128,730	840,000	1472,730
15	Basement 4	504,00	128,730	840,000	1472,730
Jumlah					18652,520

Sa untuk nilai $T > T_s$, $S_a = (SD1/T)$ (8)

Sesuai persamaan 3 sampai 8 dapat dibuat grafik respons spektrum gempa rencana sesuai dengan lokasi bangunan[26].



Gambar 1. Grafik respons spektrum gempa rencana.

Beban-beban lain yang diperhitungkan dalam pemodelan di SAP2000 adalah beban tekanan tanah pada dinding *basement*. Berdasarkan analisa tekanan tanah yang membebani dinding *basement* sedalam 13,95 m adalah 381,68 kN/m sehingga untuk tekanan tanah pada dinding *basement* tiap m² adalah 27,361

kN/m² atau 0,2,736 t/m². Nilai tersebut diperoleh berdasarkan hasil analisis *bored log* yang dilengkapi dengan data laboratorium dan berdasarkan letak M.A.T. atau muka air tanah [27].

Perhitungan Periode getar

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.2. periode getar suatu bangunan dibatasi nilai maksimum dan nilai minimum dimana nilai-nilai tersebut berbeda antara arah x dan arah y bangunan sesuai dengan parameternya [28,29]. Periode getar (T_a) diformulasikan sebagai berikut:

$$T_a = \frac{0.0062}{\sqrt{C_w}} h_n \tag{9}$$

dengan h_n adalah tinggi bangunan.

Berdasarkan persamaan 9 dan 10, nilai T_a adalah 0,0926 detik.

Koefisien Respon Seismik (Cs)

Menurut SNI 1726-2012, penentuan koefisien respon seismik suatu bangunan sama seperti penentuan periode getar bangunan yaitu terdapat batasan nilai minimum dan nilai maksimum berdasarkan arah bangunannya [30]:

$$S_{ds} = 0,600$$

$$I_e = 1,50 \quad (\text{Tabel SNI 1726-2012})$$

$$R = 5,00 \quad (\text{Tabel SNI 1726-2012})$$

$$Cs \text{ hitungan} = \frac{S_{Ds}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (10)$$

Berdasarkan persamaan 11, nilai Cs hitungan adalah 0,1800.

Gaya Geser Dasar Seismik

Di dalam SNI 1726-2012 dijelaskan bahwa gaya geser seismik ditentukan dengan perkalian koefisien respon seismic (Cs) dengan berat total gedung (Wt).

$$V = Cs \cdot Wt \quad (11)$$

Karena nilai Cs arah x dan arah y sama, maka besarnya gaya geser pada gedung mempunyai nilai yang sama. Berdasarkan persamaan 14 maka nilai V adalah 3.357,45 ton.

Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Berdasarkan SNI 1726-2012 gaya gempa lateral (F) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$$F = Cvx \cdot V \quad (12)$$

$$Cvx = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i^k} \quad (13)$$

Cvx= faktor distribusi vertikal gaya gempa

Wi dan Wx= berat tingkat struktur

V = gaya lateral atau gaya geser struktur hi

hx =tinggi dasar sampai tingkat i,

k = eksponen terkait dengan periode, $T \leq 0,5$

maka $k = 1$ dan $T \geq 2,5$ maka $k = 2$. Nilai T dan V baik arah x maupun y adalah sama, sehingga distribusi vertikal gaya gempa arah x dan arah y bernilai sama. Perhitungan distribusi vertikal gempa dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi vertikal gaya gempa dan arah pembebanan

Lantai	Tinggi (m)	Berat (ton)	Wx h _x ^k	Cvx	F = Cvx V (ton)	Vx
Lantai Atap	47,585	558,110	26557,664	0,066	221,211	221,211
Lantai 10	42,350	1206,660	51102,051	0,127	425,652	646,862
Lantai 9	39,350	1206,660	47482,071	0,118	395,499	1042,362
Lantai 8	36,150	1206,660	43620,759	0,108	363,337	1405,698
Lantai 7	33,000	1206,660	39819,780	0,099	331,677	1737,375
Lantai 6	29,800	1206,660	35958,468	0,089	299,514	2036,889
Lantai 5	26,650	1206,660	32157,489	0,080	267,854	2304,743
Lantai 4	23,450	1206,660	28296,177	0,070	235,691	2540,434
Lantai 3	20,300	1206,660	24495,198	0,061	204,031	2744,466
Lantai 2	17,100	1206,660	20633,886	0,051	171,869	2916,335
Lantai 1	13,950	1394,580	19454,391	0,048	162,044	3078,379
Basement 1	10,750	1472,730	15831,848	0,039	131,870	3210,249
Basement 2	7,600	1472,730	11192,748	0,028	93,229	3303,479
Basement 3	4,400	1472,730	6480,012	0,016	53,975	3357,454
Basement 4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3357,454
		11177,058	395651.401	1	578,489	

Arah gempa yang sebenarnya tidak dapat dipastikan[31]. Untuk mengantisipasi hal tersebut maka dalam SNI disebutkan bahwa pembebanan gempa arah utama dianggap efektif sebesar 100% dan ditambah dengan pembebanan gempa sebesar 30% pada arah tegak lurusnya. Selanjutnya besarnya gaya tersebut dibebankan pada pusat massa struktur tiap-tiap lantai tingkat[32].

Gaya Geser Dasar Bangunan

Hasil analisis dinamik respons spektrum berdasarkan *Applied Technology Council-40* (ATC-40), level kinerja struktur gedung baik arah X maupun arah Y termasuk dalam kategori level *Immediate Occupancy* yaitu apabila terkena gempa struktur bangunan aman, resiko korban jiwa dari kegagalan struktur tidak terlalu berarti, gedung tidak mengalami kerusakan berarti, dan dapat segera difungsikan/beroperasi kembali[33,34].

4. KESIMPULAN

Sesuai Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar (SB) untuk periode ulang 1000 tahun menunjukkan nilai 0,3 g termasuk sedang[35].

Hasil analisis dinamik respons spektrum yang menggunakan gempa rencana berdasarkan SNI 1726-2012, didapatkan bahwa bangunan mempunyai nilai S_1 0,30 g dan S_s 0,75 g. Analisis tekan tanah pada dinding *basement* tiap m^2 adalah 27,361 kN/ m^2 atau 0,2736 t/ m^2 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[36,37].

REKOMENDASI

Data untuk pemodelan pada SAP2000 harus memenuhi apa yang dibutuhkan dan sesuai dengan data yang ada. Penelitian yang selanjutnya dapat dikembangkan dengan menambah analisis kinerja gedung dengan metode dan acuan yang berbeda sehingga dapat digunakan untuk membandingkan hasil analisis yang telah dilakukan.

DAFTAR ACUAN

- [1]. Badan Tenaga Nuklir Nasional. 2015. "Laporan Evaluasi Tapak RDE Aspek Geoteknik dan Pondasi".
- [2]. D, Subardja. 2004. Petunjuk Teknis Pengamatan Tanah. Balai Penelitian Tanah. Puslitbang. Jakarta. (Hal. 7)
- [3]. Darmady, Dhody. 2009. Pengaruh Rendaman Terhadap Kualitas Tanah Semen (Soil Cement) Menggunakan Tanah Lempung Lunak. Skripsi Universitas Lampung. Lampung. (Hal. 11)
- [4]. Das, B. M. 1995. Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I. PT. Erlangga. Jakarta. (Hal. 5)
- [5]. Dunn, Anderson dan Kiefer. 1992. Dasar-dasar Analisis Geoteknik. IKIP Semarang Press. Semarang. (Hal. 6)
- [6]. Asoni, Ali., 2010. Kolom Fondasi & Balok T Beton Bertulang. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [7]. Departemen Pekerjaan Umum., 1987. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung. Jakarta: Yayasan Badan penerbit PU.
- [8]. Helmy Iskandaryah, 2009, Analisis Respon Spektrum pada Bangunan yang Menggunakan Yielding Damper Akibat Gaya Gempa, Departemen T Sipil Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [9]. Purwono, R., 2005. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa. Surabaya: ITS Press.
- [10]. Kardiyo Tjokrodinuljo, 1993, Teknik Gempa, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta,
- [11]. Dewi, R. Y. dan Sudrajat A. V, 2007, Analisis Kinerja Struktur Beton Bertulang dengan Sistem Balok Kolom dan Flat Slab Terhadap Beban Gempa Kuat, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung, Bandung
- [12]. Badan Tenaga Nuklir Nasional. 2015. "Laporan Evaluasi Tapak RDE Aspek Kegempaan".
- [13]. Purnomo W., 2015. "Perencanaan Struktur Gedung Bank 4 Lantai Tahan Gempa dengan Sistem Daktail Penuh di Wilayah Gempa 3". Universitas Muhammadiyah Surakarta

- [10]. Bowles, Joseph E. Johan K. Helnim. 1991. Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika tanah). PT. Erlangga. Jakarta. (Hal. 6) Craig, R.F. 1991. Mekanika Tanah. PT. Erlangga. Jakarta. (Hal. 4)
- [11]. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.8 Agustus 2016 (499-508) ISSN: 2337-6732 508
- [12]. RENUKO. 2015. "Dokumen Desain Rekayasa Awal Reaktor Daya Eksperimental".
- [13]. AREVA. 2008. "NGNP Conceptual Design Studies Reactor Building Design, Containment Issues, and Embedment Effects".
- [14]. Nawy, E.G., 2008. Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar. Bandung: Refika Aditama.
- [15]. National Nuclear Energy Agency of Indonesia, "West Bangka Geotechnical Investigations And Foundation Parameters Final Topical Report – Year 2," 2013.
- [16]. Hadi Suntoko, Sunarko, Kajian bahaya Geoteknik (Hazard Assessment) Untuk Tapak PLTN Muria Dalam Rangka Penyusunan Laporan PSAR-SP (revisi 01, lanjutan 2003), 2004.
- [17]. Ismailah Nur Elliza, 2013, Evaluasi Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Respon Spektrum Menggunakan Software SAP2000 V9.50 (Studi Kasus : Gedung Solo Center Point), Jurusan T Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [18]. Badan Standardisasi Nasional, 2010, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 03-1726-2012, BSN, Bandung.
- [19]. Dipohusodo, I., 1994. Struktur Beton Bertulang. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- [20]. Wiryanto Dewobroto, 2007, Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan SAP 2000 Edisi Baru, PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
- [21]. Wiryanto Dewobroto, 2006, Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP 2000. Jurnal Teknik Sipi Vol.3 no.1 Januari 2006.
- [22]. Applied Technology Council-40, 1996, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Volume I, Seismic Safety Commission State of California, California PPGN, "Penyelidikan Geologi Teknik dan Hidrogeologi Tapak Fasilitas Demo Plant PLLR di PPTN Serpong", Laporan Akhir, PTLR, BATAN, 2010.
- [23]. Badan Standardisasi Nasional, 2002, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002, BSN, Bandung.
- [24]. Pranata, Y. A. 2006. Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa dengan Pushover Analysis (Sesuai ATC-40, FEMA 356 dan FEMA 440). Jurnal Teknik Sipil, Vol. 3 , No. 1, Januari 2006
- [25]. Badan Standardisasi Nasional. 2012. "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726-2012".
- [26]. Badan Standardisasi Nasional, 1989, Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung SNI 03-1727-1989, BSN, Bandung.
- [27]. PPGN, "Penyelidikan Geologi Teknik dan Hidrogeologi Tapak Fasilitas Demo Plant PLLR di PPTN Serpong", Laporan Akhir, PTLR, BATAN, 2010.
- [28]. Mc Cormac, J.C., 2002, Desain Beton Bertulang Jilid 2, Erlangga, Jakarta.
- [29]. Schodek, Daniel L. 1999. Struktur Edisi kedua, Erlangga, Jakarta.
- [30]. Steffie Tumilarir, Prosedur Analisis Struktur Beton Akibat Gempa, SNI 03-1726-2010, HAKI, Jakarta
- [31]. Wiryanto Dewobroto, 2005, Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa dengan Analisa Pushover, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Pelita Harapan
- [32]. MacGregor, J. G., 1997. Reinforced Concrete Mechanics and Design (3rd Edition ed). PrenticeHall Inc. Upper Saddle River. New Jersey.
- [33]. Widodo, 2000, Respon Dinamik Struktur Elastik. UII Press, Yogyakarta.
- [34]. Roux O., Cornou C., Jongmans D. and Schwartz S., "1-D and 2-D Resonances in an Alpine Valley Identified from Ambient Noise Measurements and 3-D modeling", Geophysical Journal International, Volume 191, p579–590, 2012.
- [35]. Asten M.W., Askan A., Ekinoglu E.E., Sisman F.N. & Ugurhan B., "Site Characterization in Northwestern Turkey Based on SPAC and HVSR Analysis of Microtremor Noise", Explor Geophys, Vol 45, p74–85, 2014.
- [36]. Bouchelouh A, Zaourar N., Farsi M., and Guillier B., "Seismic Microzonation and The Site Effects of Blida City (North of Algeria)", Proceeding of 2nd European on Earth Engineering and Seismology, Istanbul Aug, 25-29, 2014.
- [37]. BSN, "SNI 03 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung", Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta, 2012.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN