KAJIAN PERBANDINGAN NILAI *DISPLACEMENT* DAN *STOREY DRIFT* BANGUNAN RUMAH SAKIT DENGAN METODE *FORCE BASED DESIGN* DAN *DIRECT DISPLACEMENT BASED DESIGN*

Novi Rahmayanti¹, Yudithia Alfira Hadi²

^{1,2}*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang No. Km. 14,5, Kab. Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55584
Email: novi.rahmayanti@uii.ac.id*

ABSTRACT

Hospital buildings must operate after an earthquake occurs. Therefore, research on structural behavior for various types of soil is needed. The type of soil for this case are hard soil, medium soil, and soft soil. In addition, soil conditions will affect the buildings above it. This research used Force-based Design and Direct Displacement-based Design methods to determine the value of displacement and storey drift in the building. The hospital building is assumed in Yogyakarta. The largest displacement and storey drift of the buildings are planned on the soft soils than medium and hard soils.

Keywords: hospital buildings, soil, force-based design, direct displacement-based design

ABSTRAK

Bangunan Rumah Sakit merupakan bangunan yang harus tetap berfungsi setelah terjadinya bencana gempa bumi. Agar bangunan tersebut tetap berfungsi sebagaimana mestinya, maka perlu dilakukan kajian mengenai perilaku struktur bangunan dengan berbagai kondisi jenis tanah yang meliputi tanah keras, sedang dan lunak. Penelitian ini menggunakan metode *Force-based Design* dan *Direct Displacement-based Design* untuk mengetahui nilai *displacement* dan *storey drift*. Bangunan gedung rumah sakit ini diasumsikan berada di wilayah Yogyakarta. Bangunan yang berada di tanah lunak menghasilkan nilai *Displacement* dan *storey drift* terbesar dari pada tanah sedang maupun keras

Kata kunci: tanah lunak, tanah sedang, tanah keras, force-based design, direct displacement-based design

1. PENDAHULUAN

Gempa bumi merupakan salah satu bencana yang tidak bisa dihindari. Intensitasnya pun semakin meningkat, namun tidak dapat diprediksi kapan waktu kejadiannya. Hal ini dikarenakan Indonesia merupakan negara yang dialui oleh *ring of fire* dan berada di jalur pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Hal ini menjadikan negara Indonesia berada pada daerah rawan gempa bumi. Adapun gempa besar yang pernah terjadi meliputi Gempa Aceh (2004), Gempa Yogyakarta (2006), Gempa Padang (2007 & 2009), Gempa Lombok (2019), Gempa Palu dan Donggala (2019). Rentetan peristiwa gempa bumi yang terjadi merupakan peristiwa yang memilukan karena menelan korban jiwa yang banyak dan kerugian harta berupa bangunan maupun kerusakan infrastruktur lainnya.

Gempa Padang (2009) sebesar 7,6 SR mengakibatkan gedung di beberapa Rumah Sakit rusak berat bahkan

sampai gedungnya runtuh (rata dengan tanah). Seharusnya Rumah sakit adalah tempat untuk merawat korban gempa namun tidak bisa digunakan karena bangunan mengalami kerusakan parah.

Bangunan publik seperti rumah sakit harus direncanakan mampu untuk bertahan terhadap gempa yang terjadi. Kondisi tanah dimana bangunan berdiri perlu dipertimbangkan. Hal ini dikarenakan fondasi akan mendistribusikan beban struktur ke tanah (Dewobroto, 2005). Gelombang dengan frekuensi tinggi dengan panjang gelombang pendek lebih efektif di tanah keras, sebaliknya gelombang dengan frekuensi rendah lebih efektif di tanah lunak (Widodo, 2012).

Bangunan tahan gempa dapat direncanakan dengan menggunakan metode *Force-Based Design* (FBD) Metode FBD menggunakan konsep daktilitas dan faktor reduksi gaya (R) untuk mendapatkan kebutuhan kekuatan struktur terhadap gempa. Namun metode FBD memiliki beberapa kelemahan

$$C_s = \frac{S_{DSR}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3)$$

tidak melebihi persamaan,

$$C_s = \frac{S_{D1R}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (4)$$

dan tidak kurang dari persamaan,

$$C_{s2} = 0,044 \cdot S_{DSR} \cdot I_e \quad (5)$$

dimana :

C_s : Koefisien respon seismik

R : Faktor modifikasi respon

I_e : Faktor keutamaan gempa

Perhitungan gaya geser gempa,

$$V = C_s \cdot W_{\text{bangunan}} \quad (6)$$

dimana :

V : Gaya geser gempa dasar

W : Berat seismik efektif bangunan

Metode Direct Displacement-Based Design

Langkah awal ialah profil perpindahan rencana dihitung hingga mendapat nilai gaya geser.

$$\Delta_d = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i \Delta_i^2)}{\sum_{i=1}^n (m_i \Delta_i)} \quad (8)$$

dengan persamaan Δ_i , yaitu

$$\Delta_i = \delta_i \frac{\Delta_1}{\delta_1} \quad (9)$$

Tinggi efektif dihitung dengan persamaan

$$H_E = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i \Delta_i h_i)}{\sum_{i=1}^n (m_i \Delta_i)} \quad (10)$$

Massa efektif didapat dari persamaan

$$m_e = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i \Delta_i)}{\Delta_d} \quad (11)$$

dimana :

Δ_d : Perpindahan maksimum desain SDOF, m

Δ_i : Perpindahan pada lantai ke- i , m

m_i : Massa pada tingkat ke- i , ton

m_e : Massa efektif, ton/g

δ : Nilai *mode shape*

I_e : Faktor keutamaan gempa

H_e : Tinggi efektif struktur, m

nilai daktilitas struktur (μ_F) dihitung berdasarkan,

$$\xi_F = 0,05 + 0,565 \times \left(\frac{\mu_F - 1}{\mu_F \pi} \right) \quad (12)$$

Grafik spectra displacement berbagai jenis tanah digunakan untuk mengetahui periode efektif bangunan.

Kekakuan efektif dihitung dengan persamaan,

$$K_e = \frac{4 \times \pi^2 \times m_e}{T_e^2} \quad (13)$$

Gaya geser didapat melalui persamaan

$$V_{base} = K_e \times \Delta_d \quad (14)$$

dimana :

ξ_F : Redaman viscous

μ : Daktilitas perpindahan sistem

K_e : Kekakuan efektif sistem SDOF, kN/m

T_e : Periode efektif

Displacement dan Storet Drift

Displacement ditinjau berdasarkan kolom tepi gedung dengan bantuan program SAP 2000, selanjutnya nilai *storey drift* dihitung dengan persamaan

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} \quad (15)$$

dimana :

δ_x : Defleksi pusat massa di tingkat x (mm)

C_d : Faktor amplifikasi defleksi

δ_{xe} : Defleksi pada lokasi yang disyaratkan dan ditentukan dengan analisis elastis

I_e : Faktor keutamaan gempa

Storey drift merupakan perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah bagian yang ditinjau yang letaknya segaris secara vertical disepanjang salah satu bagian tepi struktur bangunan seperti yang terlihat pada gambar 4.

Gambar 4. Penentuan simpangan antar lantai (SNI 03-1726, 2012)

3. HASIL PEMBAHASAN

Nilai parameter gempa seperti S_{MS} , S_{M1} , S_{DS} dan S_{D1} dengan fungsi bangunan adalah rumah sakit yang berada di wilayah Yogyakarta tersaji pada Tabel 2 berikut. Bangunan tersebut masuk kedalam Kategori Desain Seismik (KDS) D. Data yang berada di tabel 2 menghasilkan grafik respon spektrum untuk metode FBD seperti yang tersaji pada gambar 5, dan gambar

spectra displacement untuk metode DDBD pada gambar 6.

Tabel 2. Nilai Parameter Gempa

Jenis Tanah	S_{MS} (g)	S_{MI} (g)	S_{DS} (g)	S_{DI} (g)
Tanah Keras	1,432	0,608	0,821	0,405
Tanah Sedang	1,241	0,698	0,827	0,465
Tanah Lunak	1,109	1,081	0,739	0,721

Gambar 5. Respon Spektrum Metode FBD

Gambar 6. Spectral Displacement Metode DDBD

Grafik respon spektrum dan *spectral displacement* diperlukan untuk mendapatkan nilai Periode struktur (T) yang selanjutnya digunakan untuk mendapatkan gaya geser dasar (V) sesuai persamaan 14. Adapun nilai gaya geser untuk kedua metode tersaji dalam table 3.

Tabel 3. Gaya Geser Dasar

Jenis Tanah	V_{FBD} (kN)	V_{DDBD} (kN)
Tanah Keras	3251,161	2288,888
Tanah Sedang	3733,172	3033,18
Tanah Lunak	5784,127	7153,506

Displacement bangunan menunjukkan nilai perpindahan dari posisi awal akibat adanya respon bangunan terhadap gaya lateral. *storey drift* merupakan simpangan antar lantai. Nilai displacement dan storey drift ditinjau sebanyak 6 titik seperti yang terlihat pada gambar 7.

Gambar 7. Tinjauan Titik Terluar Bangunan

Berdasarkan penelitian yang tersaji pada gambar 8 dan 9, nilai *displacement* dan *storey drift* dipengaruhi oleh kondisi tanah. Berdasarkan hasil penelitian, tanah keras memiliki simpangan dan simpangan antar lantai terpendek untuk denah bangunan arah x maupun arah y dan nilainya hampir serupa dengan bangunan yang terletak di tanah sedang baik itu menggunakan metode FBD maupun metode DDBD. Hal ini disebabkan kurva respon spektrum dan *spectral displacement* wilayah Yogyakarta garisnya hampir berhimpit antara tanah keras dan tanah sedang seperti yang terlihat pada gambar 5 dan 6. Simpangan terbesar bangunan berada di tanah lunak, dimana simpangan dengan metode DDBD nilainya lebih besar daripada metode FBD hal ini dikarenakan nilai kerapatan massa tanah lunak yang kecil pada metode DDBD mempengaruhi nilai gaya geser, semakin kecil kerapatan massa bangunan maka gaya geser dasar bangunan pada metode DDBD semakin besar. Hal ini seperti yang terlihat pada tabel 3.

Gambar 8. Displacement Arah X dan Y untuk metode FBD dan DDBD

Gambar 9. Storey Drift Arah X dan Y untuk metode FBD dan DDBD

Nilai *storey drift* pada tanah lunak yang direncanakan menggunakan DDBD pada gambar 8 menunjukkan nilai yang lebih besar dari yang diijinkan, begitupula dengan metode FBD yang nilai *storey drift*-nya hampir mendekati batas ijin. Hal ini menandakan bahwa bangunan rumah sakit ini beresiko tinggi apabila diletakkan di tanah lunak.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data diatas mengenai penggunaan metode FBD dan DDBD untuk bangunan Rumah Sakit di Yogyakarta dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Gaya geser dasar bangunan yang direncanakan dengan metode DDBD lebih besar dari pada metode FBD.
2. *Displacement* dan *storey drift* tanah keras dan sedang nilainya hampir mendekati sama,
3. Bangunan yang berada di tanah lunak memiliki resiko yang tinggi kaena nilai simpangan antar lantainya melebihi batas yang diijinkan.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional, 2012. *SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung*. Jakarta.

Dewobroto, Wiryanto, 2005. *Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa dengan Analisa Pushover*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Pelita Harapan.

Priestley, M.J.N., Calvi, G.M., and Kowalsky, M.J. 2007. *Displacement Based Seismic Design of Structures*. IUSS Press. Italy.

Purba, R.P., Djauhari, Z., dan Survanita, R. 2016. *Kinerja Struktur Gedung Beraturan Dual System (Concrete Frame – RC Wall Structures) Menggunakan Metode Direct Displacement Based Design dan Capacity Spectrum Method*. *Jom FKTEKNIK UNRI*. Vol.3 No.2. Riau.

Solarso, S., dkk, 2016. Analisis Perbandingan Simpangan Horisontal (Drift) Pada Struktur Gedung Tahan Gempa Dengan 3) Menggunakan Pengaku Lateral (Bracing) Berdasarkan Sni 03-1726-2002 Dan Sni 03-1726-2012. *Jurnal Fondasi*, Vol. 5, No. 1, Cilegon

Tavio dan Wijaya, Usman, 2018. *Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja*. Andi Offset. Yogyakarta.

Widodo, 2012. *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta