

Pengaruh Jenis Tanah Terhadap Simpangan Lateral Gedung Beton Bertulang

Dermawan Zebua¹⁾, Leonardus Setia Budi Wibowo²⁾

¹⁾ Teknik Rekayasa Kontruksi Jalan dan Jembatan, Politeknik Seruyan, Indonesia
Email: dermawan@poltes.ac.id

²⁾ Pusat Riset Teknologi Kekuatan Struktur, Badan Riset dan Inovasi Nasional Republik Indonesia
Email: leon004@brin.go.id

Received: 2022-08-03; Accepted: 2023-03-25; Published: 2023-03-30

Abstract

As has happened in various cases of earthquakes, the impact caused by each earthquake event varies, because the earthquake shaking that occurs on the ground is not only influenced by the distance and strength of the earthquake, but also by local soil conditions which are related to the amplification phenomenon. earthquake waves are influenced by the type and thickness of the soil/sediment layer above the bedrock. Reinforced concrete storey buildings are designed to withstand both vertical and horizontal loads. The taller the building, the greater the lateral load that will be received by the building structure. In the design of earthquake-resistant structures, the inelastic behavior of the structure is highly expected for the occurrence of earthquake energy dispersion during both moderate and strong earthquakes. In earthquake-prone countries such as Indonesia, it is required to comply with applicable national standards and the structure can still function and be safe from earthquakes affected by the earthquake. The purpose of this study was to determine how much influence the type of soil has on the lateral displacement of a 10-story reinforced concrete building using shear walls in accordance with earthquake building regulations (SNI 1726, 2019) and loading (SNI 1727, 2020). The results obtained that soft soil types have the largest deviation value with a value of 91,831 mm and hard rock soil types have the smallest deviation value with a value of 44,114 mm.

Keywords: soil; earthquake; dual system; displacement; reinforced concrete; shear wall

Abstrak

Seperti yang telah terjadi dalam berbagai kasus kejadian gempa bumi, dampak yang ditimbulkan oleh setiap kejadian gempa tentunya beragam, karena goyangan gempa yang terjadi di permukaan tanah selain dipengaruhi oleh jarak dan kekuatan gempa, juga dipengaruhi oleh kondisi tanah setempat dimana hal ini terkait dengan fenomena amplifikasi gelombang gempa yang dipengaruhi oleh jenis dan ketebalan lapisan tanah/sedimen yang berada di atas batuan dasar. Bangunan bertingkat beton bertulang dirancang untuk menahan beban vertikal dan beban horizontal. Semakin tinggi bangunan, semakin besar beban lateral yang akan diterima oleh struktur bangunan. Dalam desain struktur tahan gempa, perilaku in-elastis dari struktur sangat diharapkan untuk terjadinya pemencaran energi gempa baik pada saat gempa sedang maupun gempa kuat. Pada negara rawan gempa seperti Indonesia diharuskan melakukan dengan memenuhi standar nasional yang berlaku dan struktur tersebut tetap dapat berfungsi dan aman dari gempa bumi yang terkena dampak gempa tersebut. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh jenis tanah terhadap simpangan lateral gedung beton bertulang 10 lantai dengan menggunakan dinding geser sesuai dengan peraturan bangunan gempa (SNI 1726, 2019) dan pembebanan (SNI 1727, 2020). Hasil yang didapat jenis tanah lunak memiliki nilai simpangan terbesar dengan nilai 91.831 mm dan jenis tanah batuan keras memiliki nilai simpangan terkecil dengan nilai 44.114 mm.

Kata Kunci: tanah; gempa; sistem ganda; perpindahan; beton bertulang; dinding geser

PENDAHULUAN

Seperti yang telah terjadi dalam berbagai kasus kejadian gempa bumi, dampak yang ditimbulkan oleh setiap kejadian gempa tentunya beragam, karena goyangan gempa yang terjadi di permukaan tanah selain dipengaruhi oleh jarak dan kekuatan gempa, juga dipengaruhi oleh kondisi tanah setempat dimana hal ini terkait dengan fenomena amplifikasi gelombang gempa yang dipengaruhi oleh jenis dan ketebalan lapisan tanah/sedimen yang berada di atas batuan dasar (Irsyam et al., 2007). Apabila terjadi gempa bumi, maka pertamanya yang merasakan getaran adalah tanah di sekeliling pusat gempa. Getaran akibat gempa kemudian disebarkan ke segala penjuru sampai pada ke lokasi pencatat gempa di permukaan tanah. Selama getaran menjalar dari pusat gempa sampai ke permukaan tanah, maka faktor tanah sebagai penghantar getaran mempunyai peran yang sangat penting (Irsyam et al., 2010).

Bangunan pada daerah rawan gempa harus direncanakan mampu bertahan terhadap gempa bisa dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (Wibowo & Zebua). Bangunan bertingkat beton bertulang dirancang untuk menahan beban vertikal dan beban horizontal. Semakin tinggi bangunan, semakin besar beban lateral yang akan diterima oleh struktur bangunan. (Zebua & *, 2022). Dalam desain struktur tahan gempa, perilaku in-elastis dari struktur sangat diharapkan untuk terjadinya pemencaran energi gempa baik pada saat gempa sedang maupun gempa kuat (Mustopo, 2010). Perencanaan gedung tahan gempa diperlukan merencanakan kolom dan balok yang sesuai aturan SNI (Fakhrurrazi et al, 2018). Dalam mereduksi beban gempa yang ada maka perlu menggunakan dinding geser (Schodek, 1991; Nawy, 2009). Dalam mengurangi beban lateral pemasangan dinding geser lebih efektif bila lokasinya berada pada lokasi inti maupun sisi terluar dari gedung (Zebua & Wibowo, 2022). Konsep *boundary element* dalam penggunaan dinding geser sangatlah tepat

dalam mengurangi deformasi pada sebuah gedung Cheng et al., 2020;). Pada negara rawan gempa seperti Indonesia diharuskan melakukan dengan memenuhi standar nasional yang berlaku dan struktur tersebut tetap dapat berfungsi dan aman dari gempa bumi yang terkena dampak gempa tersebut (Zebua et al., 2020).

Inti dari tujuan penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh jenis tanah terhadap simpangan lateral gedung beton bertulang 10 lantai dengan menggunakan dinding geser sesuai dengan peraturan bangunan gempa (SNI 1726, 2019) dan pembebanan (SNI 1727, 2020).

METODE PENELITIAN

Proses Penelitian

Langkah penelitian dimulai dari pengumpulan data dan di akhiri dengan kesimpulan yang telah dipaparkan pada diagram alir Gambar 1.



Gambar 1. Skema Penelitian

Jenis dan Konsep Penelitian

Studi ini menganalisis bangunan beton bertulang gedung 10 lantai yang direncanakan sesuai dengan peraturan beton bertulang terbaru (SNI 2847,2019) untuk mengetahui pengaruh jenis tanah terhadap perpindahan lateral gedung.

Pembebanan Gedung

Beban yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan beban hidup, beban mati dan beban seismik (linier statis). Data beban gempa menggunakan data dari peta gempa 2021 yang tersedia di website Puskim (PPMBITB dan PUSKIM, 2021).

Pembebanan Kombinasi

Berdasarkan SNI gempa terbaru (SNI 1726, 2019), beberapa kombinasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

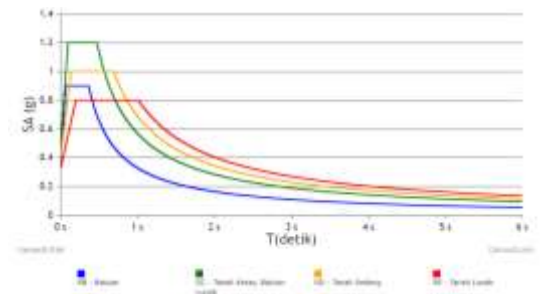
1. $U = 1.4 D$
2. $U = 1.2 D + 1.6 L$
3. $U = 1.2 D \pm 1.0 E + 0.5 L$
4. $U = 0.9 D \pm 1.0 E$

HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

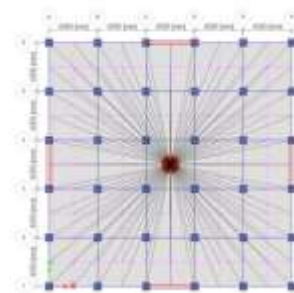
Data dan Struktur Gedung

Pemodelan gedung dalam analisis ini dibuat sebanyak 5 gedung sesuai parameter jenis tanah, dengan ketinggian 10 lantai, jarak antara portal 4 meter dan tinggi antar lantainya 3,5 meter. Ketinggian total bangunan gedung 35 meter. Dimensi balok yang digunakan 25cmx40 cm, ukuran kolom 65x65cm, ukuran plat 120cm, ukuran dinding geser sebesar 35 cm dan nilai R adalah 8.

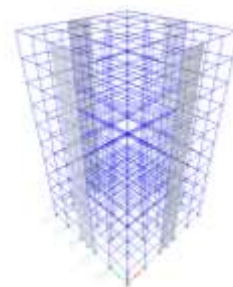
Lokasi penelitian menggunakan daerah Nias dengan menggunakan data tanah lunak, tanah sedang, tanah keras, tanah bebatuan, tanah bebatuan keras serta fungsi bangunan sebagai hunian.



Gambar 2. Spectrum respon desain



(a) Model tampak atas Struktur Gedung



(b) Model 3D Struktur Gedung

Gambar 3. Plan View

Analisis Drift

Sesuai hasil perpindahan, dilakukan perhitungan berdasarkan target perpindahan pada gedung 10 lantai dengan regulasi SNI 1726-2019 dihitung sesuai dengan rumus yang diberikan di bawah ini.

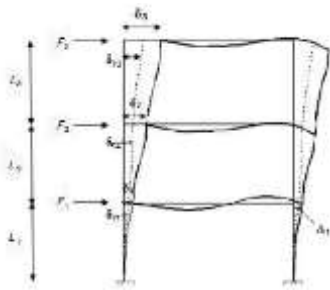
$$\delta_s = \frac{C_d \times \delta_{se}}{I} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- δ_{se} = perpindahan pd lantai ke-x
- C_d = faktor pembesaran per (5,5)
- I = faktor keutamaan (1,5)
- Δ = simpangan

$$\Delta_1 = \delta_{s2} - \delta_{s1}$$

$$\Delta_a = 0.020h_x$$



Gambar 4. Penentuan simpangan antar lantai
 Sumber: SNI 1726-2019

Dalam aturan SNI 1726-2019 perlu dilakukan control batas simpangan akibat beban gempa static lateral, dibawah ini pada table 2 sampai 6, dijabarkan simpangan antar lantai ditunjukkan dengan batas maksimum yang diperbolehkan dari aturan SNI 1726-2019, seperti dibawah ini. Batas maksimum simpangan antar lantai pada penelitian ini sebesar 70 mm.

Tabel 1. Kontrol batas drift akibat beban seismik statik ekuivalen jenis tanah lunak

Lantai	H (m)	δ_e	δ	Δ	Δ_a (0.02Hx)	Ket
Atap	3.5	91.831	162.08	17.41	70	Yes
10	3.5	81.965	144.67	18.61	70	Yes
9	3.5	71.42	126.06	19.40	70	Yes
8	3.5	60.43	106.66	19.86	70	Yes
7	3.5	49.181	86.80	19.77	70	Yes
6	3.5	37.981	67.04	18.97	70	Yes
5	3.5	27.233	48.07	17.31	70	Yes
4	3.5	17.423	30.75	14.66	70	Yes
3	3.5	9.121	16.10	10.89	70	Yes
2	3.5	2.949	5.21	5.21	70	Yes
Base	0	0	0	0	0	Yes

Sumber : Olahan Data 2022

Tabel 2. Kontrol batas drift akibat beban seismik statik ekuivalen jenis tanah sedang

Lantai	H (m)	δ_e	δ	Δ	Δ_a (0.02Hx)	Ket
Atap	3.5	78.057	286.21	30.75	70	Yes
10	3.5	69.67	255.46	32.86	70	Yes
9	3.5	60.707	222.59	34.25	70	Yes
8	3.5	51.366	188.34	35.06	70	Yes
7	3.5	41.804	153.28	34.91	70	Yes
6	3.5	32.284	118.37	33.50	70	Yes
5	3.5	23.148	84.88	30.57	70	Yes
4	3.5	14.81	54.30	25.88	70	Yes
3	3.5	7.753	28.43	19.24	70	Yes
2	3.5	2.507	9.19	9.19	70	Yes
Base	0	0	0	0	0	Yes

Sumber : Olahan Data 2022

Tabel 3. Kontrol batas drift akibat beban seismik statik ekuivalen jenis tanah keras

Lantai	H (m)	δ_e	δ	Δ	Δ_a (0.02Hx)	Ket
Atap	3.5	64.282	235.70	25.32	70	Yes
10	3.5	57.376	210.38	27.07	70	Yes
9	3.5	49.994	183.31	28.21	70	Yes
8	3.5	42.301	155.10	28.87	70	Yes
7	3.5	34.427	126.23	28.75	70	Yes
6	3.5	26.587	97.49	27.59	70	Yes
5	3.5	19.063	69.90	25.18	70	Yes
4	3.5	12.196	44.72	21.31	70	Yes
3	3.5	6.385	23.41	15.84	70	Yes
2	3.5	2.065	7.57	7.57	70	Yes
Base	0	0	0	0	0	Yes

Sumber : Olahan Data 2022

Tabel 4. Kontrol batas drift akibat beban seismik statik ekuivalen jenis tanah batuan

Lantai	H (m)	δ_e	δ	Δ	Δ_a (0.02Hx)	Ket
Atap	3.5	44.204	162.08	17.41	70	Yes
10	3.5	39.455	144.67	18.61	70	Yes
9	3.5	34.379	126.06	19.39	70	Yes
8	3.5	29.089	106.66	19.85	70	Yes
7	3.5	23.674	86.80	19.76	70	Yes
6	3.5	18.283	67.04	18.97	70	Yes
5	3.5	13.109	48.07	17.31	70	Yes
4	3.5	8.387	30.75	14.65	70	Yes
3	3.5	4.39	16.10	10.89	70	Yes
2	3.5	1.42	5.21	5.207	70	Yes
Base	0	0	0	0	0	Yes

Sumber : Olahan Data 2022

Tabel 5. Kontrol batas drift akibat beban seismik statik ekuivalen jenis tanah batuan keras

Lantai	H (m)	δ_e	δ	Δ	Δ_a (0.02Hx)	Ket
Atap	3.5	44.114	161.71	17.41	70	Yes
10	3.5	39.355	144.30	18.61	70	Yes

Lantai	H (m)	δ_c	δ	Δ	$\Delta_a (0.02H_c)$	Ket
9	3.5	34.279	125.69	22.69	70	Yes
8	3.5	28.089	102.99	16.55	70	Yes
7	3.5	23.574	86.44	19.76	70	Yes
6	3.5	18.183	66.67	18.97	70	Yes
5	3.5	13.009	47.70	17.31	70	Yes
4	3.5	8.287	30.39	14.65	70	Yes
3	3.5	4.29	15.73	10.89	70	Yes
2	3.5	1.32	4.84	4.84	70	Yes
Base	0	0	0	0	0	Yes

Sumber : Olahan Data 2022

Dari table diatas diketahui bahwa semua Gedung dari jenis tanah lunak, jenis tanah sedang, jenis tanah keras, jenis tanah batuan dan jenis tanah batuan keras yang direncanakan sudah memenuhi standar batas simpangan antar lantai yang telah dihitung menurut persyaratan peraturan SNI 1726:2019.

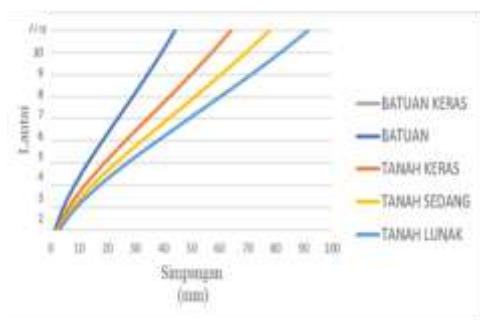
HASIL NILAI SIMPANGAN LATERAL GEDUNG

Nilai simpangan lateral diambil pada tiap lantai. Hasil dari rangkuman simpangan lateral dari jenis tanah lunak, jenis tanah sedang, jenis tanah keras, jenis tanah batuan dan jenis tanah batuan keras disajikan pada Tabel 6 dibawah ini:

Tabel 6. Simpangan Lateral Gedung (mm)

Lantai	H (m)	Tanah Lunak (Δ)	Tanah Sedang (Δ)	Tanah Keras (Δ)	Tanah Batuan (Δ)	Tanah Batuan Keras (Δ)
Atap	3.5	91.831	78.057	64.282	44.204	44.114
10	3.5	81.965	69.67	57.376	39.455	39.355
9	3.5	71.42	60.707	49.994	34.379	34.279
8	3.5	60.43	51.366	42.301	29.089	28.089
7	3.5	49.181	41.804	34.427	23.674	23.574
6	3.5	37.981	32.284	26.587	18.283	18.183
5	3.5	27.233	23.148	19.063	13.109	13.009
4	3.5	17.423	14.81	12.196	8.387	8.287
3	3.5	9.121	7.753	6.385	4.39	4.29
2	3.5	2.949	2.507	2.065	1.42	1.32
Base	0	0	0	0	0	0

Sumber : Olahan Data 2022



Gambar 5. Simpangan Lateral dengan Lantai Bangunan Gedung

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa Gedung dengan jenis tanah lunak memiliki simpangan terbesar, dan gedung yang berada di tanah batuan keras memiliki nilai simpangan kecil.

KESIMPULAN

Hasil analisis yang dilakukan bahwa nilai simpangan terbesar terdapat pada jenis tanah lunak terlihat grafiknya mencapai 91.831 mm

Nilai simpangan terkecil terdapat pada jenis batuan keras dengan nilai simpangan mencapai 44.114

Nilai simpangan jenis tanah batuan keras dan batuan tidak terlihat perbedaan signifikan. Jenis tanah batuan keras memiliki maks nilai 44.114 dan jenis tanah batuan 44.204.

DAFTAR PUSTAKA

- Cheng, M. Y., Chou, Y., & Wibowo, L. S. B. (2020). Cyclic Response of Reinforced Concrete Squat Walls to Boundary Element Arrangement. *ACI Structural Journal*, 117(4), 15–24. <https://doi.org/10.14359/51725754>
- Cheng, M. Y., Wibowo, L. S. B., Giduquio, M. B. and Lequesne, R. D. (2021). Strength and Deformation of Reinforced Concrete Squat Walls with High-Strength Materials. *ACI Structural Journal*, 118(1), 125-137. doi:10.14359/51728082.
- Fakhrurrazi, Saidi, T., & Muttaqin M. (2018). Analisis Komparasi Rasio Kapasitas Kolom Gedung Bertingkat Rendah Pada 23 Kabupaten Di Provinsi Aceh Berdasarkan SNI 03-1726- 2002 Dan SNI 03-1726-2012. *JARSP: Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan*, 1(4), 184-191. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i4.12470>
- Irsyam M., Dangkua T. D., Kusumastuti D., Kertapati, E. 2007. “Methodology of site specific seismic hazard analysis for important civil structure”. *Journal Civil Engineering Dimension 9 (2):* 103-112.
- Irsyam M., Sengara, I.W., Widiyantoro, S., Natawijaya, D.H., Triyoso, W., Meilano, I., Kertapati, E., Aldiamar, F., Suhardjono, Asrurifak, M, Ridwan, M. 2010. “Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia”. Laporan Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010. Puslitbang Perbukitan.
- Muslinang Moestopo, Nidiasari. 2010. Kajian Numerik Perilaku Link Panjang Dengan Pengaku Diagonal Badan Pada Sistem Rangka Baja Berpengaku Eksentris, Seminar dan Pameran HAKI.
- Nawy, E. G. (2009). *Reinforced Concrete (A Fundamental Approach) 6th ed.* Pearson Education, Inc.
- PPMB-ITB, & PUSKIM. (2021). *Desain Spektra Indonesia*. http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2021/
- Schodek, D. L. and Bechthold, M. (2013). *Structures 7th ed.* Pearson.
- SNI 1726. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. In *Badan Standarisasi Nasional*.
- SNI 1727. (2020). Beban Minimum untuk Perancangan

- Bangunan Gedung dan Struktur Lain. In *Badan Standardisasi Nasional*.
- SNI 2847. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. In *Badan Standardisasi Nasional*.
- Wibowo, L. S. B., & Zebua, D. (2021). Analisis Pengaruh Lokasi Dinding Geser Terhadap Pergeseran Lateral Bangunan Bertingkat Beton Bertulang 5 Lantai. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 04(01), 16–20.
<https://doi.org/10.25139/jprs.v4i1.3490>
- Widodo, 1997, Validasi Parameter Percepatan Tanah dan efek Frekwensi Gempa Terhadap Respon Struktur Bangunan Bertingkat, *Journal Teknisia* Vol. II, No. 7, pp. 1-15, UII, Yogyakarta.
- Zebua, D, Wibowo, L. S. B. (2022). Perbandingan Perpindahan Lateral Gedung Beton Bertulang Dengan Dan Tanpa Dinding Geser. *Racic: Rab Construction Research*, 7(1), 11-19.
<https://doi.org/10.36341/racic.v7i1.2399>
- Zebua, D., & * K. (2022). Performance Evaluation of Highrise Building Structure Based on Pushover Analysis with ATC-40 Method. *Applied Research on Civil Engineering and Environment (ARCEE)*, 3(02), 54–63.
<https://doi.org/10.32722/arcee.v3i02.4334>
- Zebua, D., Wibowo, L. S. B., Cahyono, M. S. D., & Ray, N. (2020). Evaluasi Simpangan Pada Bangunan Bertingkat Beton Bertulang berdasarkan Analisis Pushover dengan Metode ATC-40. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 3(2), 53–57. <https://doi.org/10.25139/jprs.v3i2.2475>