



Studi Komparasi Analisis Struktur dengan Jenis Tumpuan Jepit dan *Spring Soil Structure Interaction* pada Struktur Beton Bertulang

Fernanda Niko [✉], Antonius, Rinda Karlinasari

Universitas Islam Sultan Agung, Indonesia

DOI : 10.26623/teknika.v19i2.10377

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Disubmit : 2024-08-19

Direvisi : 2024-09-02

Disetujui : 2024-10-29

Keywords:

Soil Structure Interaction;

Earthquake Resistant Building;

Respon Spectra Design

Abstrak

Pemodelan gedung tahan gempa yang sangat umum digunakan ialah pemodelan dua tahap yaitu pemodelan terpisah antara struktur atas yang didesain fleksibel dengan struktur bawah yang didesain dengan jepit atau kaku. Pemodelan ini sangat praktis karena menganggap struktur berada diatas perletakan yang kaku dengan cara mengabaikan perilaku tanah yang fleksibel. Pada aktualnya struktur bertumpu pada tanah yang bersifat fleksibel dan dapat berdeformasi. Metode lain yang dapat digunakan agar mendekati kondisi aktual ialah dengan cara memodelkan struktur secara lengkap tanpa pemisahan struktur atas dan struktur bawah dengan mengikutsertakan interaksi tanah-struktur. Pemodelan ini menggunakan jenis tumpuan *spring* untuk merepresentasikan fleksibilitas tanah. Spring ini memiliki nilai yang besarnya tergantung dari daya dukung ultimate dari pondasi gedung tersebut. Pada penelitian ini suatu gedung 6 lantai dengan menggunakan struktur beton bertulang dianalisis dengan pemodelan tumpuan jepit dan tumpuan spring dengan prosedur analisis yang sama yaitu prosedur linear dinamis respon spektra. Karena menggunakan analisis prosedur yang sama, maka hasil dari analisis kedua pemodelan tersebut dapat dibandingkan. Adapun parameter yang akan dibandingkan yaitu periode fundamental struktur, gaya geser dasar, gaya geser per lantai, dan simpangan antar tingkat. Hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa hasil desain dari pemodelan dengan tumpuan spring lebih ekonomis daripada hasil pemodelan dengan tumpuan jepit.

Abstract

The most commonly used earthquake-resistant building modeling is two-stage modeling, namely separate modeling between the upper structure which is designed to be flexible and the lower structure which is designed to be clamped or rigid. This modeling is very practical because it assumes the structure is on a rigid foundation by ignoring flexible soil behavior. In fact, the structure rests on soil which is flexible and can deform. Another method that can be used to approach actual conditions is to model the structure completely without separating the upper and lower structures by including soil-structure interactions. This modeling uses a spring support type to represent soil flexibility. This spring has a value whose size depends on the ultimate bearing capacity of the building foundation. In this study, a 6-story building using a reinforced concrete structure was analyzed by modeling clamp supports and spring supports with the same analysis procedure, namely the dynamic linear response spectra procedure. Because it uses the same analysis procedure, the results of the analysis of the two models can be compared. The parameters that will be compared are the fundamental period of the structure, basic shear force, shear force per floor, and deviation between levels. The results of this research prove that the design results from modeling with spring supports are more economical than the results from modeling with clamp supports.

[✉] Alamat Korespondensi:
E-mail: niko.nasima@gmail.com

PENDAHULUAN

Pembangunan gedung tinggi adalah konsekuensi langsung dari kebutuhan ruang di daerah urban yang padat, seperti halnya di Kota Semarang. Di Indonesia biasanya desain gedung tinggi dengan perletakan jepit mengasumsikan pondasi berperilaku kaku sempurna. Model struktur bawah dimodelkan secara terpisah. Metode ini dianggap sebagai metode yang konservatif. Namun agar mendekati dengan model struktur yang sebenarnya, model struktur atas dan bawah harus dimodelkan bersamaan. Oleh karena itu studi membandingkan analisis struktur tumpuan jepit dengan tumpuan spring atau biasa disebut metode *soil structure interaction* diperlukan untuk membuktikan bahwa analisis struktur dengan tumpuan jepit merupakan metode yang lebih konservatif. Pada studi ini dilakukan perbandingan perilaku struktur antar struktur dengan tumpuan jepit dan struktur dengan tumpuan spring pada struktur beton bertulang.

Naeim et al. (2008) dan Tileylioglu et al. (2010) melakukan pemodelan lengkap *soil structure interaction* dengan nonlinear time history analysis. Pemodelan dilakukan pada dua studi kasus yang dipilih dari CSMIP, yaitu gedung 13 lantai dengan struktur rangka momen beton bertulang (dirancang pada tahun 1964), dengan 2 lantai basement, terletak di Sherman Oaks California, dan gedung 10 lantai dengan struktur rangka momen di sekeliling gedung dan pada inti dengan dinding geser beton bertulang (dirancang pada tahun 1970), tanpa basement, terletak di Walnut Creek California. Dari pemodelan gedung dengan model yang berbeda-beda. Adapun hasil dari penelitian tersebut menunjukkan respon struktur berupa percepatan lantai puncak, perpindahan, gaya geser lantai, periode struktur dan simpangan antar lantai. Dalam penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa peningkatan kekakuan bangunan akan berpengaruh pada meningkatnya efek SSI.

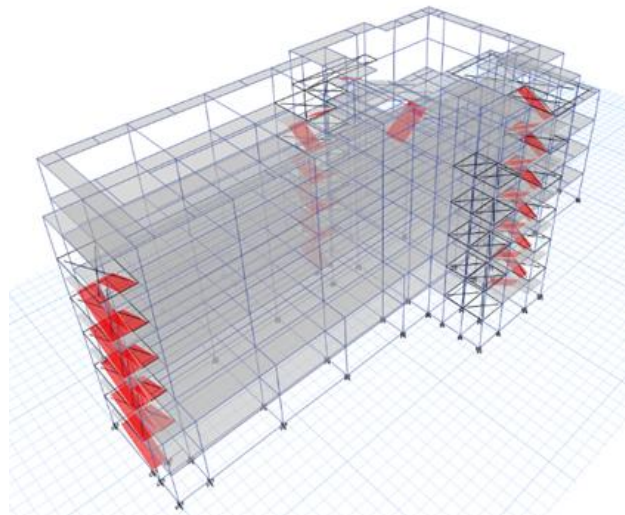
METODE

Pada penelitian ini suatu gedung 6 lantai dengan menggunakan struktur beton bertulang dianalisis dengan pemodelan tumpuan jepit dan tumpuan spring dengan prosedur analisis yang sama yaitu prosedur linear dinamis respon spektra. Karena menggunakan analisis prosedur yang sama, maka hasil dari analisis kedua pemodelan tersebut dapat dibandingkan. Adapun parameter yang akan dibandingkan yaitu periode fundamental struktur, gaya geser dasar, gaya geser tiap lantai, dan simpangan antar tingkat. Berikut merupakan data struktur Model 1 dan Model 2.

Fungsi Bangunan	: Fasilitas Pendidikan
Lokasi Bangunan	: Kota Semarang
Jumlah Lantai	: 6 Lantai
Tinggi Antar Lantai	: 4 meter
Klasifikasi Situs	: Tanah Lunak (SE)
Kategori Risiko	: IV
Sistem Struktur	: Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
Mutu Material	: Beton 30 Mpa dan Baja Tulangan BJTS 420b

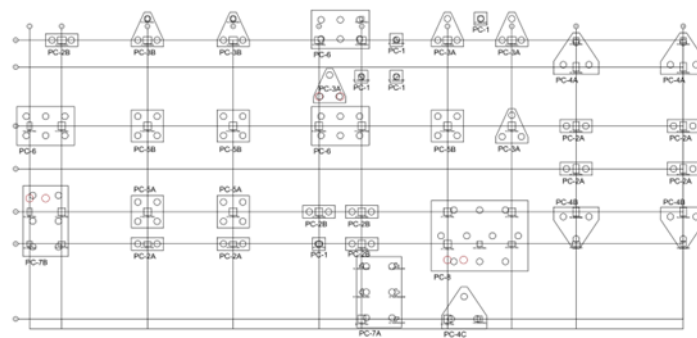
Tahapan analisis yang dilakukan dalam Studi Komparasi Analisis Struktur dengan Jenis Tumpuan Jepit dan *Spring Soil Structure Interaction* pada Struktur Beton Bertulang adalah sebagai berikut :

1. Menentukan lokasi atau objek yang diteliti yaitu memilih gedung 6 lantai di Kota Semarang
2. Melakukan preliminary desain untuk struktur 6 lantai di Kota Semarang
3. Melakukan analisis dengan menggunakan tumpuan jepit. Prosedur analisis yang digunakan yaitu linier-dinamik respon spektra



Gambar 1. 3D Model Struktur dengan Tumpuan Jepit

4. Melakukan desain fondasi sesuai dengan hasil analisis menggunakan tumpuan jepit, didapat layout fondasi sebagai berikut



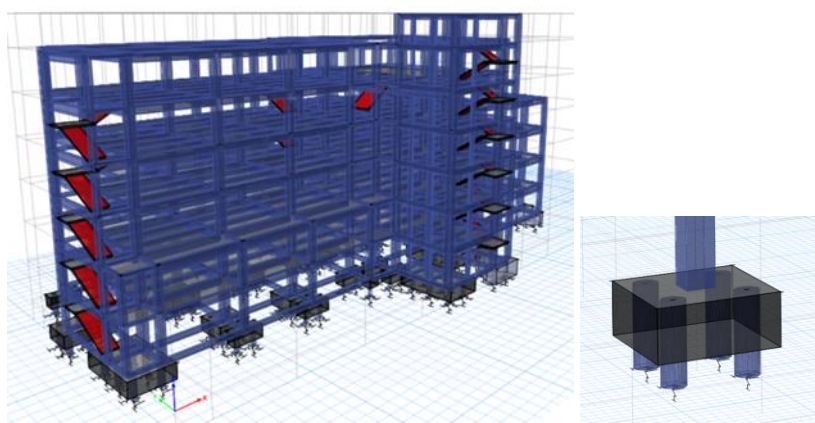
Gambar 2. Layout Fondasi Bor

5. Melakukan pemodelan dengan tumpuan *spring*. Nilai *spring* didapatkan berdasarkan daya dukung *ultimate* tiang dibagi dengan batas penurunan pondasi pada *loading test*. Dilakukan prosedur analisis yang sama dengan tumpuan jepit.

No	Pile Cap ID	L_{eff}	Daya Dukung	<i>Spring Z</i>	<i>Spring H</i>
		m	<i>Ultimate</i> kN	kN/mm	kN/mm
1	PC-1	12	2017,4	80,7	8,1
2	PC-2A	16	3110,7	124,4	12,4
3	PC-2B	18	3583,9	143,4	14,3
4	PC-3A	16	3110,7	124,4	12,4
5	PC-3B	18	3583,9	143,4	14,3
6	PC-4A	14	2510,9	100,4	10,0
7	PC-4B	16	3110,7	124,4	12,4

8	PC-4C	20	4015,5	160.6	16,0
9	PC-5A	14	2510,9	100.4	10,0
10	PC-5B	16	3110,7	124,4	12,4
11	PC-6	16	3110,7	124,4	12,4
12	PC-7A	14	2510,9	100.4	10,0
13	PC-7B	16	3110,7	124,4	12,4
14	PC-8	20	4015,5	160.6	16,0

Tabel 2. Rekapitulasi Nilai *Spring*



Gambar 3. 3D Model Struktur dengan Tumpuan *Spring*

6. Membandingkan perbedaan perilaku struktur antara jenis tumpuan jepit dan *spring* yang mengikutsertakan efek interaksi tanah-struktur terhadap beban gempa. Parameter yang dibandingkan yaitu periode fundamental struktur, gaya geser dasar, gaya geser per tingkat dan simpangan antar tingkat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan dua pemodelan yaitu model dengan tumpuan jepit dan model dengan tumpuan spring soil structure interaction, dapat dilakukan beberapa perbandingan sebagai berikut :

- a. Perbandingan Periode Fundamental Struktur

Perbandingan periode fundamental struktur bertujuan untuk mengetahui perpanjangan periode yang terjadi apabila efek iterasi tanah-struktur ikut serta dalam pemodelan struktur.

Tabel 2. Perbandingan Periode Fundamental Struktur

Arah	Tumpuan Jepit	Tumpuan Spring	Perpanjangan periode
X	1.039	1.202	15.7 %
Y	1.061	1.240	16.9%

Perpanjangan periode terjadi jika dianalisis dengan tumpuan spring, maka pemodelan dengan tumpuan jepit memiliki hasil yang konservatif. Karena aktualnya struktur cenderung berperilaku lebih fleksibel yang artinya menerima lebih sedikit gaya

- b. Perbandingan Gaya Geser Dasar

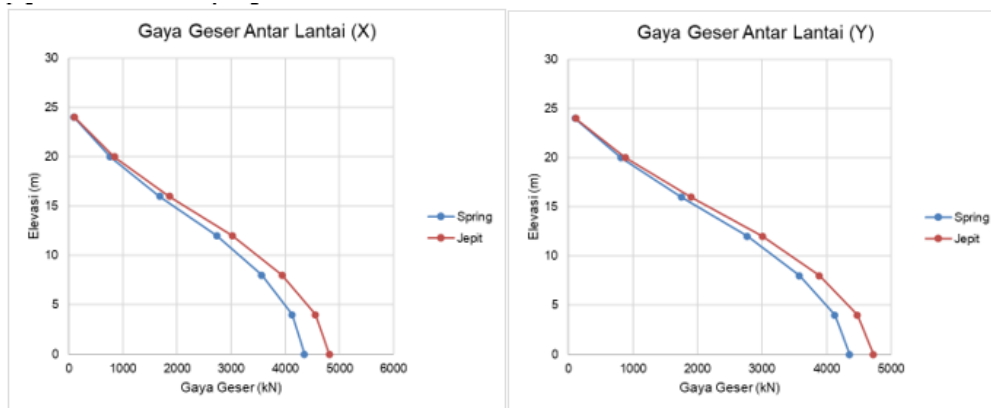
Gaya geser dasar dengan struktur tumpuan spring akan lebih menghasilkan gaya geser dasar yang lebih kecil dibandingkan dengan struktur tumpuan jepit, hal ini dikarenakan struktur dengan tumpuan spring mengalami perpanjangan periode yang terjadi pada lereng negatif respon spektra sehingga menghasilkan gaya geser dasar yang lebih kecil daripada struktur dengan tumpuan jepit.

Tabel 3. Perbandingan Gaya Geser Dasar

Arah	Tumpuan Jepit	Tumpuan <i>Spring</i>	Selisih
X	4780.05 kN	4366.96 kN	9.5 %
Y	4681.12 kN	4366.96 kN	7.2 %

c. Perbandingan Gaya Geser tiap Tingkat

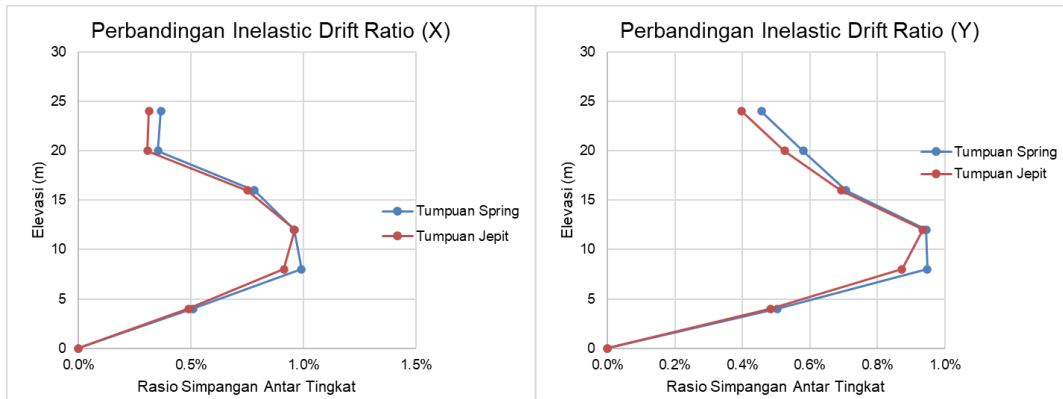
Pada Gambar 4 menunjukkan gaya geser pada model dengan tumpuan jepit (merah) dan tumpuan spring (biru). Struktur dengan tumpuan spring memiliki gaya geser tiap tingkat yang lebih kecil dibandingkan struktur dengan tumpuan jepit. Hal ini membuktikan bahwa pemodelan struktur dengan tumpuan jepit memiliki hasil yang konservatif.



Gambar 4. Perbandingan Gaya Geser tiap Tingkat

d. Perbandingan Simpangan antar Tingkat

Tujuan dari perbandingan simpangan antar lantai ialah untuk mengetahui simpangan tiap lantai apabila efek interaksi tanah-struktur ikut serta dalam pemodelan desain struktur. Jika hasil simpangan tiap lantai pada pemodelan dengan tumpuan spring lebih besar daripada pemodelan dengan tumpuan jepit, artinya struktur tersebut dalam keadaan aktual berperilaku lebih fleksibel dan simpangan maksimumnya harus dicek sesuai dengan persyaratan yang berlaku.



Gambar 5. Perbandingan Simpangan antar Tingkat

Apabila sebaliknya, dimana simpangan tiap lantai pada pemodelan dengan tumpuan spring lebih kecil daripada pemodelan dengan tumpuan jepit, artinya pemodelan dengan tumpuan spring lebih ekonomis karena mengurangi gaya geser tiap lantai sehingga mengurangi perpindahan pada bangunan. Bangunan harus dianalisis juga dengan pemodelan interaksi tanah-struktur yaitu dengan tumpuan spring, karena simpangan tiap lantai dengan interaksi tanah-struktur lebih besar daripada dianalisis tanpa efek interaksi tanah-struktur.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain perpanjangan periode struktur membuktikan bahwa interaksi tanah-struktur sangat mempengaruhi perilaku struktur, gaya geser dasar maupun gaya geser per tingkat pemodelan dengan tumpuan spring lebih kecil dibandingkan pemodelan dengan tumpuan jepit, pemodelan dengan tumpuan spring menghasilkan simpangan antar tingkat yang lebih besar dibandingkan dengan tumpuan jepit sehingga pemodelan dengan tumpuan spring dapat dipertimbangkan untuk pengecekan simpangan bangunan tingkat tinggi terhadap persyaratan simpangan ijin peraturan yang berlaku. Dari poin-poin diatas maka dapat disimpulkan pemodelan dengan tumpuan jepit memiliki hasil yang konservatif karena aktualnya struktur cenderung berperilaku lebih fleksibel dengan periode lebih panjang sehingga menerima lebih sedikit gaya gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2019. SNI 1726. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Imran, I., Hendrik, F., 2010. Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa. Bandung : Penerbit Ganesha
- Khoueiry, D. H. and Khouri, M. F. 2015. Integrating Soil-Structure Interaction Along Basement Walls In Structural Analysis Programs, Lebanon : Department of Civil Engineering, Branch II, Lebanese University,
- Tanuardy, Hedy. 2020. Studi Kompaarasi Struktur Beton Bertulang Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Antara Metode Dua Tahap Dengan Metode Soil Structure Interaction, Tesis Program Magister, Institut Teknologi Bandung,
- Abdillah, Alfi. 2020. Perbandingan Pemodelan Dua Tahap Dan Satu Tahap Pada Bangunan Tahan Gempa Dengan Analisis Interaksi Tanah-Struktur, Skripsi Program Sarjana, Institut Teknologi Bandung,

- Craig, R.F. 2004. *Craig's Soil Mechanics* 7th ed, London: Department of Civil Engineering, University of Dundee UK.
- ASCE 7-16. (2016) : *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Dabhi G., Agrawal, V.V., and Patel, V.B., Soil Structure Interaction for Basement System of Multi Storey Building for Different Soil Condition using Static Analysis in ETABS, *SSRG International Journal of Civil Engineering*, 7(6), 2020, pp. 71-79
- Chen, J.C., Rosidi, D., and Lee, L., Soil Structure Interaction for Seismic Analysis of A Nuclear Facility, *Proceedings of the 9th U.S. Nasional and 10th Canadian Conferences on Earthquake Engineering*, Toronto, Canada, July 25-29, 2020, pp.717-724
- Mercado, J.A., Arboleda-Monsalve, and Terzic, V., Seismic Soil Structure Interaction Response of Tall Building, *Geo-Congress 2019:Earthquake Engineering and Soil Dynamics GSP*, 308(1), ASCE, 2019, pp.118-128
- Jesica, A., Pudjisuryadi, P., and Rosidi, D., Application of Soil Structure Interaction on Building with Basement using Nonlinear Soil Springs, *Civil Engineering Dimension Journal of Civil Engineering Science and Application*, Vol 25 No.1 2023
- Zhang, X., y Far, H. (2022). Effects of dynamic soil-structure interaction on seismic behaviour of high-rise buildings. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 20(7), 3443 3467.
- Zhou, Z., Wei, X., Lu, Z., y Jeremic, B. (2018). Influence of soil-structure interaction on performance of a super tall building using a new eddy-current tuned mass damper. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 27(14), e1501.
- Bao, X., Liu, J., Chen, S., y Wang, P. (2022). Seismic Analysis of the Reef-seawater System: Comparison between 3D and 2D Models. *Journal of Earthquake Engineering*, 26(6),
- Bapir, B., Abrahamczyk, L., Wichtmann, T., y Prada-Sarmiento, L. F. (2023). Soil-structure interaction: A state-of-the-art review of modeling techniques and studies on seismic response of building structures. *Frontiers in built environment*, 9.
- Castelli, F., Grasso, S., Lentini, V., y Sammito, M. S. V. (2021). Effects of Soil-Foundation Interaction on the Seismic Response of a Cooling Tower by 3D-FEM Analysis. *Geosciences*, 11(5), 200.
- Cavalieri, F., Correia, A. A., Crowley, H., y Pinho, R. (2020). Dynamic soil-structure interaction models for fragility characterisation of buildings with shallow foundations. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 132, 106004.
- de Silva, F. (2020). Influence of soil-structure interaction on the site-specific seismic demand to masonry towers. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 131, 106023.
- Dixit, S., Vedula, S. P., y Kakaraparthi, S. (2020). Soil-Structure Interaction Analysis of a Raft Foundation Supporting RC Chimney. *Geohazards*, 259-282.