



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 4 No. 4 (2025) pp: 7537-7546

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Analisis Pengaruh Jarak Dilatasi Pada Bangunan Bentuk L Terhadap Risiko *Pounding* Dengan Metode *Linear Time History Analysis*

Alvin¹, Nurti Kusuma Anggraini²

^{1,2} Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, Indonesia

¹Alvin@students.unnes.ac.id, ²nkanggraini@mail.unnes.ac.id

Abstrak

Struktur bangunan dengan konfigurasi denah yang tidak beraturan, seperti berbentuk T, L, U, dan H, cenderung memiliki respons dinamik yang kompleks ketika mengalami beban gempa. Ketidakteraturan tersebut dapat meningkatkan konsentrasi gaya dan deformasi, sehingga berpotensi menimbulkan kerusakan struktural. Salah satu upaya untuk mengurangi pengaruh ketidakteraturan adalah dengan menerapkan konsep dilatasi bangunan, yaitu memisahkan massa bangunan menjadi beberapa segmen yang lebih sederhana. Namun, penerapan dilatasi juga menimbulkan risiko terjadinya *pounding* atau benturan antar bangunan akibat perbedaan respons dinamik selama gempa. Penelitian ini membahas analisis respons struktur gedung bertingkat dengan denah berbentuk L yang menerapkan konsep bangunan dilatasi, khususnya terhadap potensi terjadinya *pounding*. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menentukan nilai perpindahan (*displacement*) relatif antar bangunan yang berdekatan ketika struktur dikenai beban gempa dinamis. Metode analisis yang digunakan adalah *Linear Time History Analysis* dengan mempertimbangkan tiga rekaman gempa nyata, yaitu *Imperial Valley-06*, *Iwate_off*, dan *Vina Del Mar Centro*. Ketiga data gempa tersebut terlebih dahulu disesuaikan (*matching*) terhadap spektrum respons rencana agar sesuai dengan kondisi seismik lokasi studi. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur gedung yang dikenai ketiga beban gempa dinamis mengalami perpindahan yang cukup signifikan sehingga menyebabkan terjadinya benturan antar segmen bangunan dilatasi. Hal ini mengindikasikan bahwa jarak pemisah antar bangunan belum mampu mengakomodasi respons dinamik yang terjadi. Penelitian ini memberikan gambaran mengenai pentingnya evaluasi *displacement* dan potensi *pounding* pada bangunan berdilatasi. Penelitian lanjutan disarankan menggunakan *Nonlinear Time History Analysis* untuk memperoleh gambaran respons inelastis struktur yang lebih mendekati kondisi aktual.

Kata kunci: *Linear Time History Analysis*, *Displacement*, *Time History*, *Pounding*

1. Latar Belakang

Struktur bangunan gedung bertingkat yang berada di wilayah rawan gempa harus direncanakan dengan mempertimbangkan respons dinamik struktur secara cermat untuk meminimalkan resiko kerusakan dan kegagalan struktural. Salah satu permasalahan yang ada, yaitu resiko terjadinya interaksi dinamik berupa *Pounding* pada saat gempa bumi terjadi yang terjadi akibat keterbatasan jarak antar bangunan yang sering muncul pada bangunan gedung di kawasan perkotaan. [1]. Fenomena ini semakin berpotensi terjadi pada bangunan dengan denah tidak simetris, seperti bentuk L, T, U, H, dan lainnya, karena pada bangunan asimetris yang di mana pusat massa tidak terletak di tengah bangunan menghasilkan efek puntir yang signifikan saat bangunan menerima gaya horizontal seperti pada saat terjadinya gempa. [2],[3]

Untuk mengurangi ketidakteraturan struktur akibat bentuk denah yang kompleks, sistem dilatasi bangunan sering diterapkan dengan membagi bangunan menjadi beberapa massa struktur yang dapat berdiri sendiri [4]. Walaupun penggunaan sistem dilatasi dapat mengurangi dampak torsi dan ketidakteraturan pusat massa, penggunaannya bisa menyebabkan dampak baru, yaitu resiko *Pounding* jika jarak antara struktur tidak direncanakan secara memadai. [5]. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa perbedaan periode alami, ketinggian bangunan, dan karakteristik dinamik antar struktur yang berdekatan dapat meningkatkan pergeseran relative saat terjadi gempa. [6],[1]

Penelitian mengenai interaksi antar bangunan akibat *Pounding* telah dilakukan dengan beragam metode analisis, baik yang berbasis eksperimen maupun yang berbasis numerik. Analisis dinamik dalam studi numerik menunjukkan bahwa tumbukan dapat menghasilkan gaya yang signifikan dalam waktu yang sangat singkat, sehingga meningkatkan resiko kerusakan pada elemen struktural maupun nonstruktural. [7][8]. Beberapa penelitian juga

menekankan pentingnya penentuan jarak pemisah minimum antar bangunan berdasarkan respons struktur terhadap gempa [9][10]

Analisis dinamis dengan pendekatan *Time History* dianggap lebih efektif dalam menggambarkan respons struktur secara realistis dibandingkan dengan pendekatan statik ekuivalen atau respons spektrum, khususnya pada gedung yang memiliki bentuk dan tinggi yang tidak beraturan. [11]. Penggunaan data rekaman gempa yang telah disesuaikan dengan respons spektrum rencana memungkinkan analisis perpindahan struktur secara mendalam terhadap data Riwayat waktu gempa [12]. Namun, sebagian penelitian sebelumnya masih berfokus pada bangunan tanpa sistem dilatasi atau pada bangunan dengan ketinggian yang seragam [13].

Berdasarkan tinjauan tersebut, penelitian ini secara khusus mengkaji pengaruh jarak dilatasi pada bangunan berdenah L terhadap resiko *Pounding* menggunakan metode *Linear Time History Analysis*, khususnya untuk kondisi seismic wilayah Indonesia [14]. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis respons perpindahan antar bangunan berdenah L dengan sistem dilatasi akibat beban gempa riwayat waktu yang telah disesuaikan dengan respons spektrum rencana. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam evaluasi perencanaan jarak dilatasi yang lebih aman guna mengurangi resiko *Pounding* pada bangunan gedung bertingkat di daerah rawan gempa [15].

2. Metode Penelitian

2.1 Pendekatan dan Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian analitis berbasis simulasi numerik. Pendekatan kuantitatif dipilih karena seluruh data yang dianalisis berupa data numerik hasil perhitungan dan simulasi struktur, seperti perpindahan (*displacement*), respons spektrum, serta respons struktur akibat beban gempa dinamis. Jenis penelitian analitis dilakukan untuk menganalisis perilaku struktur bangunan berdenah L yang menerapkan sistem dilatasi terhadap risiko terjadinya *pounding* akibat beban gempa. Analisis dilakukan melalui pemodelan dan simulasi struktur secara tiga dimensi menggunakan perangkat lunak ETABS v.22.0.4, tanpa melibatkan pengujian eksperimental di laboratorium maupun survei lapangan.

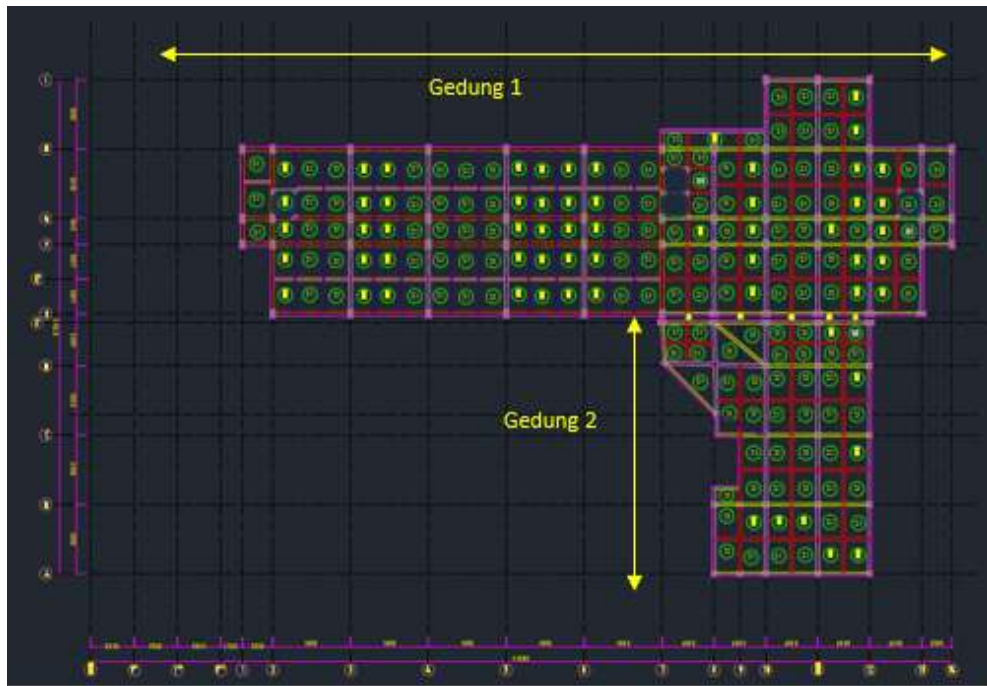
2.2 Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis dinamik elastis dengan metode *Linear Time History Analysis* (LTHA). Metode ini digunakan untuk mengetahui respons struktur bangunan terhadap beban gempa riwayat waktu berdasarkan rekaman akselerogram gempa yang telah disesuaikan (*matching*) dengan respons spektrum rencana wilayah penelitian. Analisis dilakukan dengan asumsi bahwa perilaku struktur masih berada dalam kondisi elastis, sehingga hubungan gaya dan deformasi dianggap linier. Parameter utama yang dianalisis dalam penelitian ini adalah perpindahan (*displacement*) antar bangunan yang berdekatan untuk mengidentifikasi potensi terjadinya *pounding*.

2.3 Data Struktur Bangunan

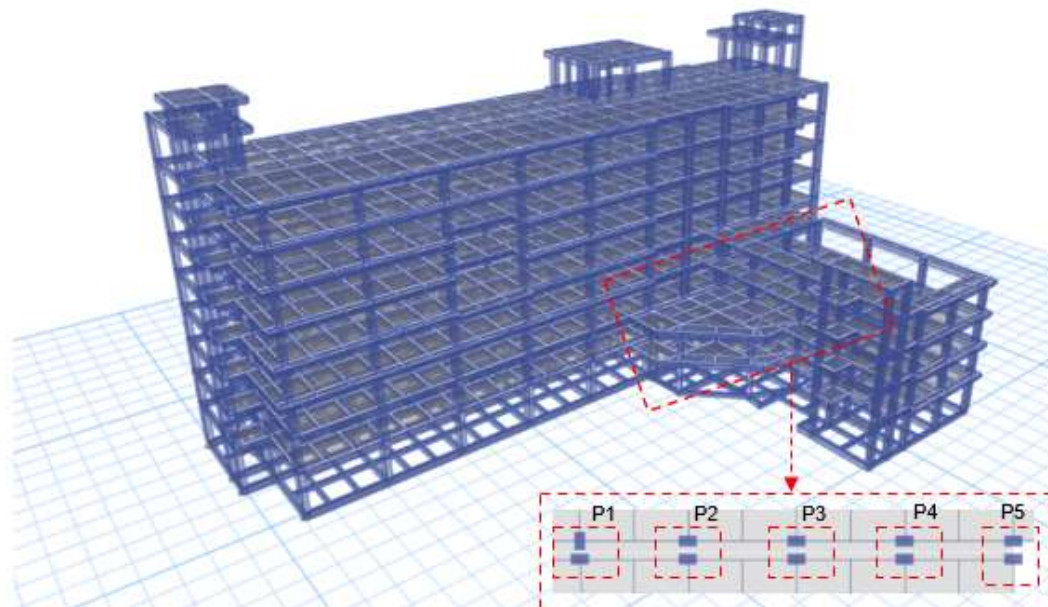
Data struktur yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada gambar rencana (*as-built drawing*) dan spesifikasi teknis bangunan, dengan rincian sebagai berikut:

1. Fungsi bangunan : Gedung perkuliahan
2. Lokasi bangunan : Kota Semarang
3. Jumlah lantai : 10 lantai (termasuk 2 lantai dak)
4. Tinggi bangunan : 40,2 meter
5. Sistem struktur : Beton bertulang
6. Mutu beton (f^c) : 25 MPa
7. Modulus elastisitas beton : 23500 MPa
8. Jenis tanah : Tanah sedang (SD)



Gambar 1. Denah Bangunan Dilatasi

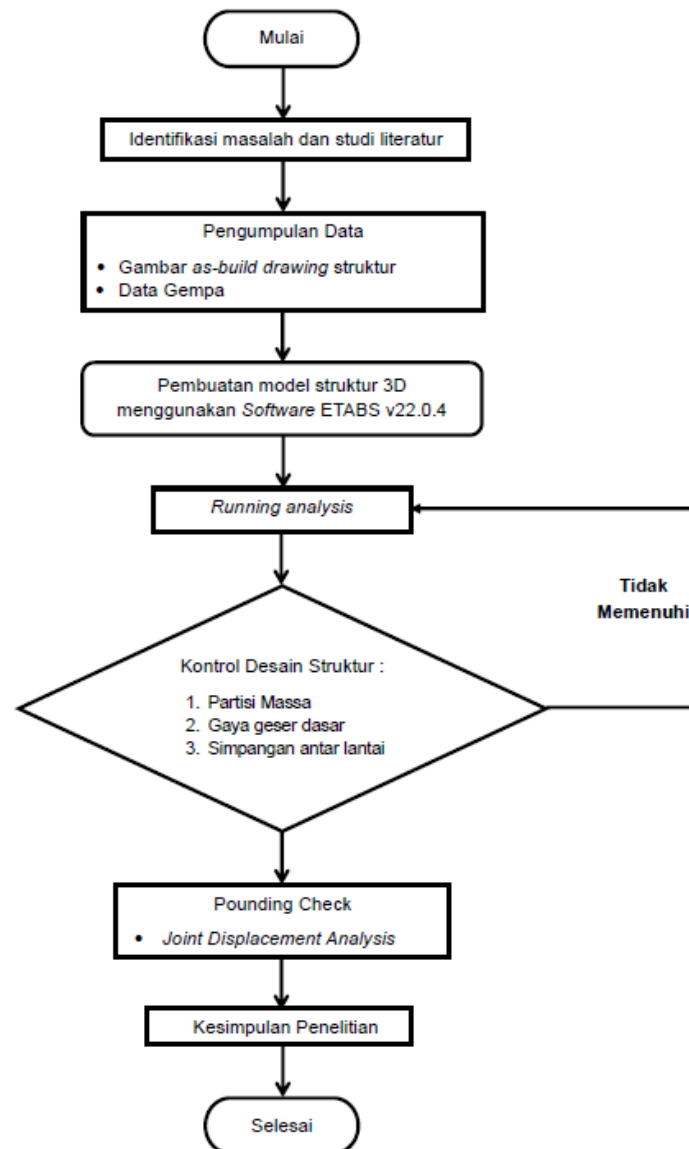
Dilatasi bangunan dilakukan berdasarkan kolom – kolom yang bersebelahan antar bangunan. Gedung 1 memiliki tinggi bangunan hingga mencapai 40,52 meter, sedangkan Gedung 2 memiliki tinggi bangunan 21 meter. Jarak dilatasi yang digunakan untuk memisahkan antara Gedung 1 dan Gedung 2 adalah 10 mm dari sisi luar pelat lantai.



Gambar 2. Titik Pertemuan Diantara Kedua Bangunan

2.4 Alur Penelitian

Untuk diagram alir dari penelitian dapat diamati pada Gambar 3.

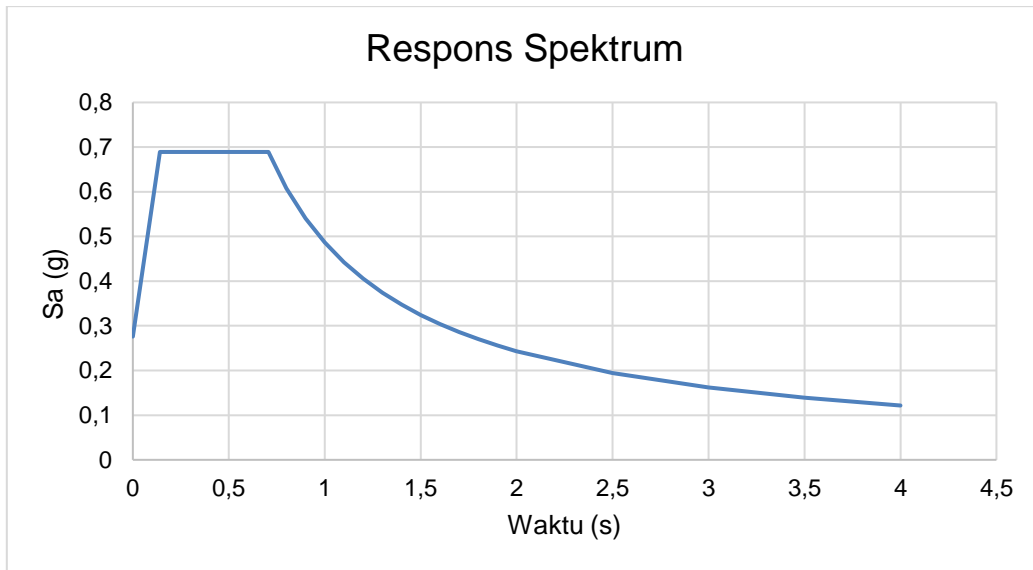


Gambar 3. Alur Penelitian

3. Hasil Penelitian

3.1 Parameter Respons Spektrum

Nilai desain untuk percepatan respons spectra diperoleh melalui analisis pada situs web Aplikasi Desain Spektra dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman (PUSKIM). Untuk wilayah Semarang yang termasuk dalam kategori tanah sedanh (SD), diperoleh hasil parameter respons spektra sebagai berikut dengan nilai (S_s)= 0,910 g; (S_1)= 0,380 g; (F_a)= 1,1360; (F_v)= 1,920; (S_Ds)= 0,6892 periode pendek; (S_{D1})= 0,4864 periode 1 detik; (T_0)= 0,1412 detik; (T_s)= 0,7058 detik



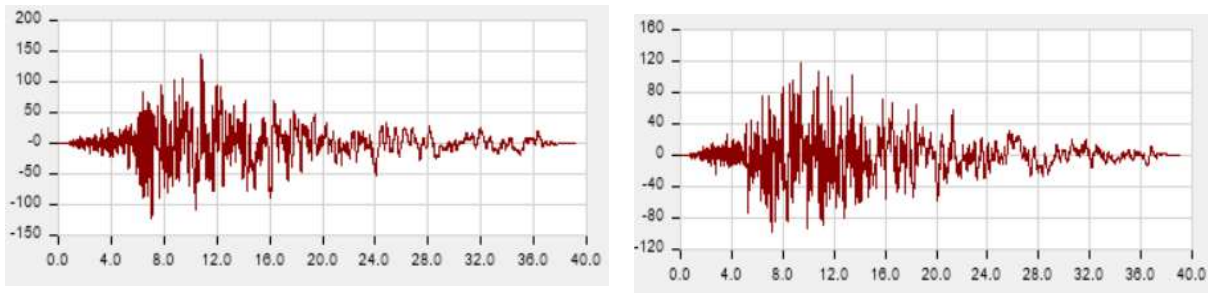
Gambar 4. Respon Spektra Desain

3.2 Time History

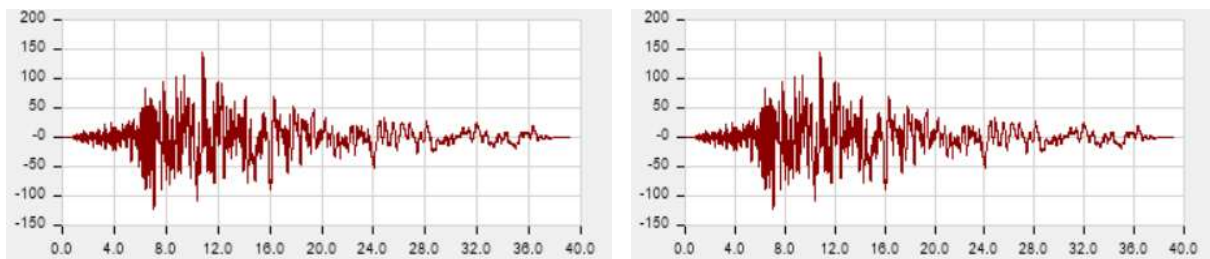
Pada penelitian ini menggunakan 3 data rekaman gempa bumi yang memiliki karakteristik dan respons spektrum yang mendekati karakteristik gempa bumi Kota Semarang dan nilai respons spektrum Kota Semarang. Berikut data Riwayat waktu yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 1. Data Rekaman Gempa

Nomor	Jenis Gempa	Nama Kejadian	Lokasi	Tahun
1	Shallow Crustal	Imperial Valley-06	Columbia	1974
2	Benioff	Iwate_Off	Japan	2011
3	Megathrust	Vina Del Mar Centro	Chile	2010



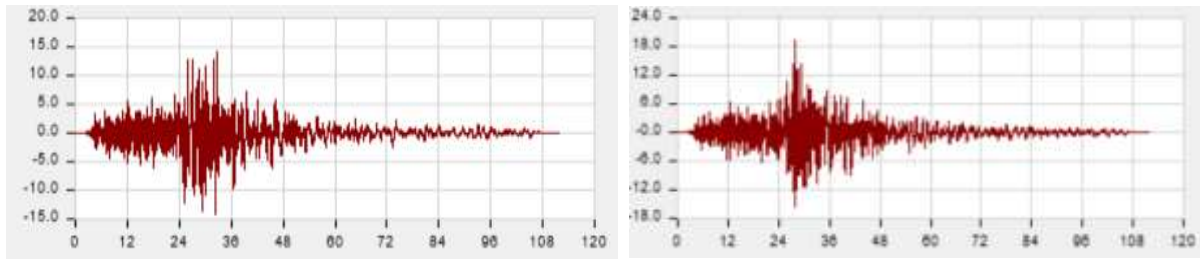
Gambar 5. Data Rekaman Gempa Imperial Valley-06 Arah X dan Y



Gambar 6. Data Rekaman Gempa Iwate_Off Arah X dan Y

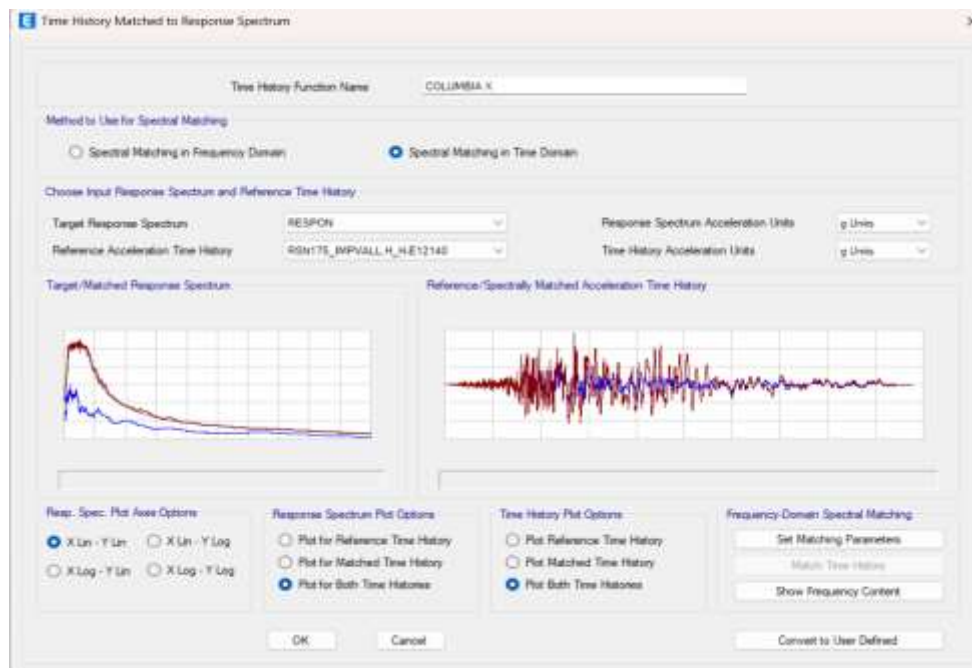
DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i4.4808>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



Gambar 7. Data Rekaman Gempa Vina Del Mar Centro Arah X dan Y

Gambar 5 sampai Gambar 7, menunjukkan rekaman akselerogram dari setiap gempa bumi yang mendekati karakteristik gempa bumi Kota Semarang. Dan Gambar 8 menunjukkan salah satu data riwayat waktu beserta respons spektrum yang telah dilakukan proses *Matching*.



Gambar 8. Hasil Matching Time History dan Respon Spektrum Rencana

3.3 Joint Displacement

Gambar 2 menunjukkan bahwa terdapat 5 zona pertemuan antar Gedung 1 dan Gedung 2 sepanjang sumbu X, yaitu P1, P2, P3, P4, P5. Gedung yang dibangun berdekatan ini memiliki jarak antar gedung senilai 10 mm dari sisi luar plat lantai. Grafik *Joint Displacement* disesuaikan dengan jarak pada gambar as built yaitu 10 mm, sehingga pergerakan perpindahan dapat terlihat. Nilai perpindahan tersebut dapat dilihat dari Tabel 2.

Tabel 2. Joint Displacement Gedung 1 dan Gedung 2 Pada Arah Y (t = 2 detik)

Lantai	P1			
	Gedung 1		Gedung 2	
	No. Joint	dy (mm)	No. Joint	dy (mm)
5	-	-	-	-
4	-	-	-	-
3	276	-5,235	101	-18,591
2	276	-8,098	101	-9,05
1	276	-10	101	0

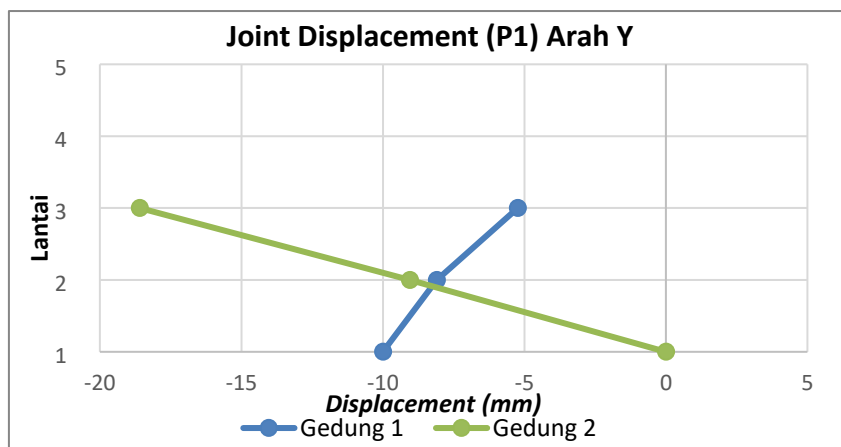
P2				
Lantai	Gedung 1		Gedung 2	
	No. Joint	dy (mm)	No. Joint	dy (mm)
5	-	-	-	-
4	-	-	-	-
3	277	-5,89	113	-16,648
2	277	-8,374	113	-8,268
1	277	-10	113	0

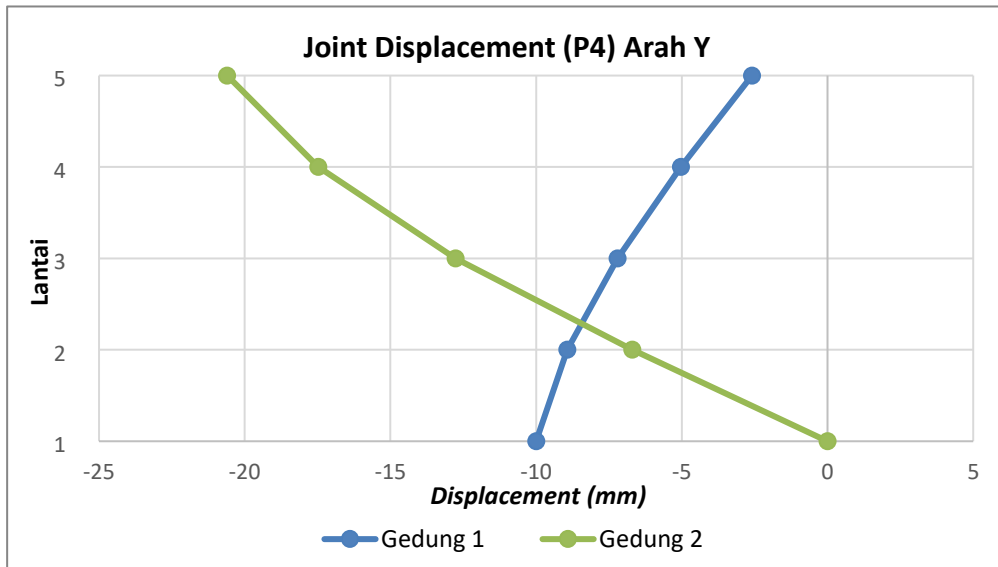
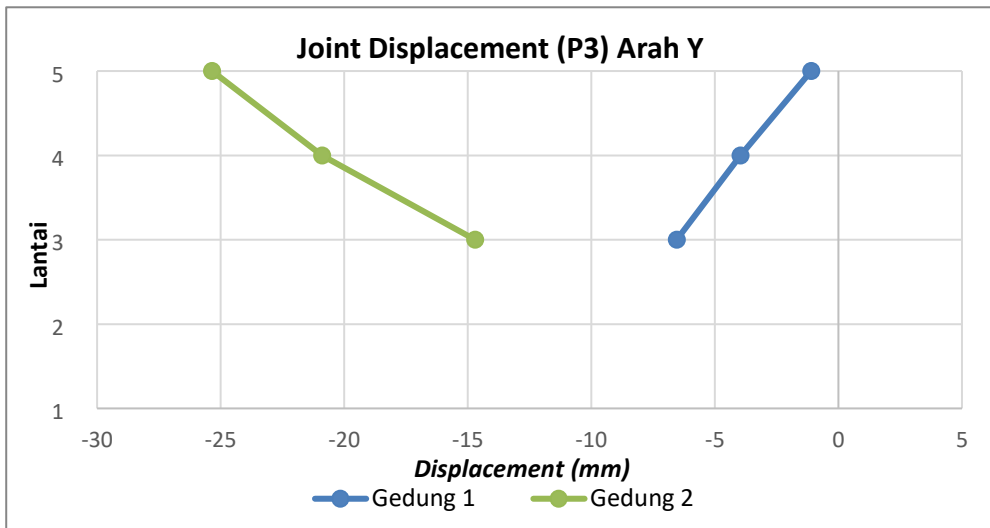
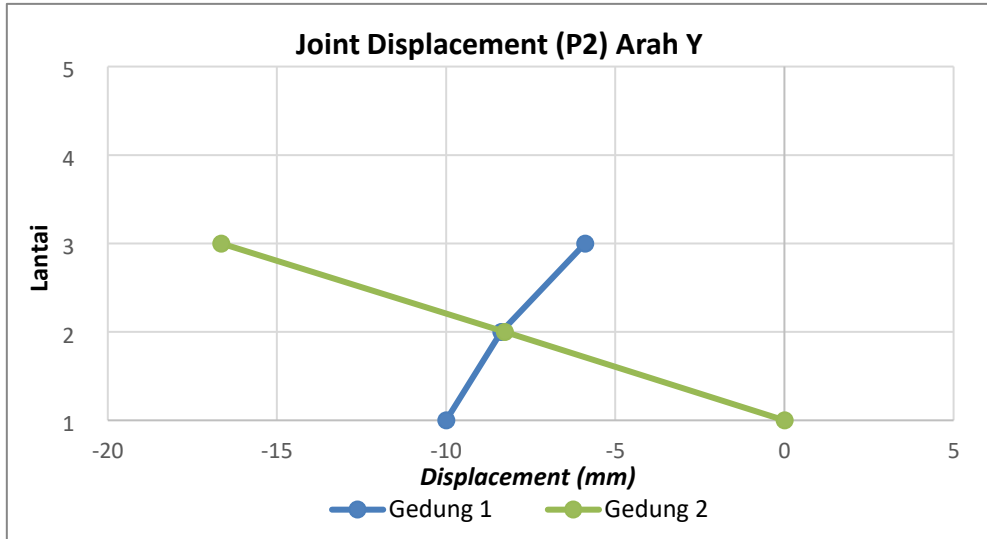
P3				
Lantai	Gedung 1		Gedung 2	
	No. Joint	dy (mm)	No. Joint	dy (mm)
5	280	-1,101	129	-25,347
4	280	-3,963	129	-20,896
3	280	-6,545	129	-14,704
2	-	-	-	-
1	280	-10	129	0

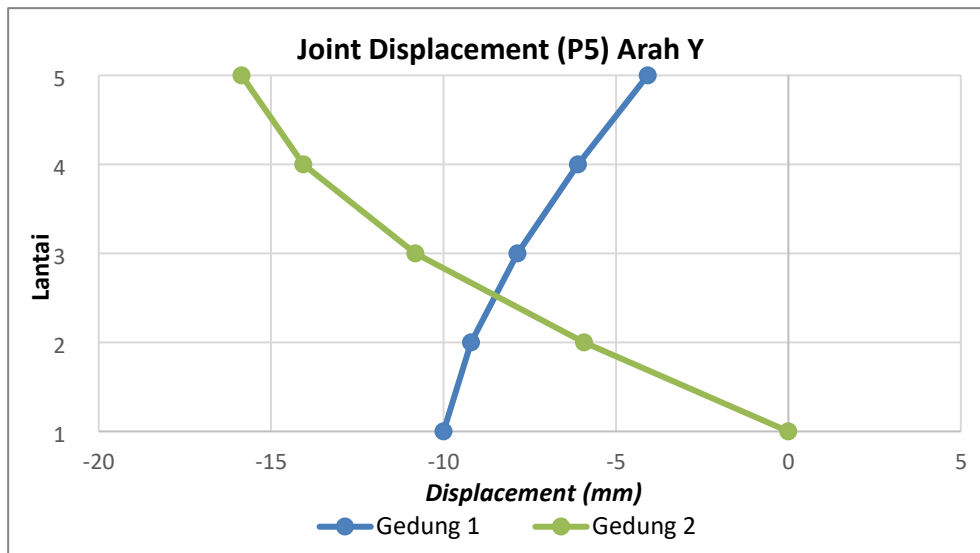
P4				
Lantai	Gedung 1		Gedung 2	
	No. Joint	dy (mm)	No. Joint	dy (mm)
5	274	-2,591	128	-20,602
4	274	-5,033	128	-17,481
3	274	-7,2	128	-12,761
2	274	-8,925	128	-6,705
1	274	-10	128	0

P5				
Lantai	Gedung 1		Gedung 2	
	No. Joint	dy (mm)	No. Joint	dy (mm)
5	275	-4.081	120	-15,858
4	275	-6.103	120	-14,067
3	275	-7.855	120	-10,818
2	275	-9.201	120	-5,923
1	275	-10	120	0

Dikarenakan pertemuan antara Gedung 1 dan Gedung 2 sepanjang sumbu X, maka perpindahan maksimum antara Gedung 1 dan Gedung 2 ditinjau dari sumbu Y yang memungkinkan terjadinya *Pounding*. Perpindahan maksimum Gedung 1 dan Gedung 2 arah Y pada detik 2 dapat dilihat pada Tabel 2, Sedangkan perpindahan maksimum pada Tabel 2 dapat dilihat pada grafik, gambar 9.







Gambar 9. Joint Displacement Gedung 1 dan Gedung 2

Gambar 9 menunjukkan bahwa efek *pounding* terjadi antara Gedung 1 dan Gedung 2 yang terjadi di sepanjang sumbu X, yaitu P1, P2, P3, P4 dan P5. Kelimanya terjadi dalam rentang waktu 2 detik dari beban gempa Riwayat waktu.

Dapat dihitung untuk simpangan antar lantai kritis arah X model 1 dan simpangan antar lantai kritis arah X model 2 dapat dihasilkan :

Bangunan 1 :

$$\begin{aligned} \delta_{M1} &= \frac{C_d \cdot \delta_{max}}{I_e} \\ &= \frac{5,5 \times 26.523}{1,5} \\ &= 49.027 \end{aligned}$$

Bangunan 2 :

$$\begin{aligned} \delta_{M2} &= \frac{C_d \cdot \delta_{max}}{I_e} \\ &= \frac{5,5 \times 11.060}{1,5} \\ &= 20.031 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan jarak dilatasi antar bangunan dapat dihasilkan sebesar :

$$\begin{aligned} \delta_{MT} &= \sqrt{(\delta_{M1})^2 + (\delta_{M2})^2} \\ \delta_{MT} &= \sqrt{(49.027)^2 + (20.031)^2} \\ &= 52.96 \text{ mm} \approx 53 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa dengan jarak antar gedung sebesar 10 mm, efek *pounding* terjadi pada titik pertemuan antara Gedung 1 dan Gedung 2 sepanjang sumbu X yang diakibatkan beban gempa Riwayat waktu, *Imperial Valley-06*, *Iwate_Off*, dan *Vina Del Mar Centro* yang telah disesuaikan dengan karakteristik Respon Spektrum wilayah Semarang. Serta untuk jarak dilatasi berdasarkan perhitungan SNI 1729:2019 didapatkan hasil sebesar 53 mm untuk jarak minimum yang aman dari terjadinya resiko *Pounding*.

Referensi

- [1] D. Chaitanya and K. Jagarapu, "SEISMIC POUNDING OF THE ADJACENT BUILDINGS WITH DIFFERENT HEIGHTS," 2015. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/306106945>
- [2] Nurhafizh Muhammad Fiqri, "KAJIAN PENGARUH VARIASI DILATASI PADA BANGUNAN ASIMETRIS VERTIKAL," 2025.
- [3] Y. Pinanggih and D. Yogaswara, "Analisis Dilatasi pada Beton Bertulang Studi Kasus Rumah Sakit Limbangan." doi: <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.21-1.1240>.
- [4] Nugroho Fajar, "EVALUASI KINERJA BANGUNAN RENCANA GEDUNG HOTEL A.N.S DENGAN DILATASI (MODEL B2) DI DAERAH RAWAN GEMPA," *Jurnal Momentum*, vol. Vol.17 No.2., Aug. 2015.
- [5] A. Durachman and W. Hasyim, "ANALISIS JARAK DILATASI STRUKTUR BANGUNAN MENGGUNAKAN SISTEM DILATASI DUA KOLOM," vol. 8, no. 1, 2022, doi: <https://doi.org/10.31943/jri.v8i1.161>.

- [6] Borekci Muzaffer, Dag Birkan, and Eroglu Abdulhamit, "Seismic behaviour of reinforced concrete buildings: Impact of inter-story pounding with adjacent structures on one and both sides," *Elsevier*, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.107815>.
- [7] N. B. Wirawan and S. Apriwelni, "Structural Failure Analysis of Building E ITERA Due to The Pounding Effect with Non-Linear Time History," *JURNAL SAINTIS*, vol. 20, no. 01, pp. 35–46, Apr. 2020, doi: 10.25299/saintis.2020.vol20(01).4832.
- [8] R. P. Dhakal, A. Carr, and D. K. Bull, "Building Pounding State of the Art: Identifying Structures Vulnerable to Pounding Damage," Apr. 2010. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/46118013>
- [9] M. D. J. Sumajouw, S. E. Wallah, and R. S. Windah, "OPTIMASI JARAK ANTAR DUA BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT YANG BERSEBELAHAN DENGAN MEMPERHITUNGKAN PENGARUH GEMPA," 2012.
- [10] Hermawan Dwi, Masril, and Bastian Elfania, "ANALISIS PENGARUH DILATASI BANGUNAN GEDUNG TINGGI MENGGUNAKAN ETABS PADA BANGUNAN BERDENAH T," *Jurnal Ensiklopediaku*, Oct. 2022, doi: <https://doi.org/10.33559/err.v2i1.1433>.
- [11] E. Purnomo, E. Purwanto, and A. Supriyadi, "ANALISIS KINERJA STRUKTUR PADA GEDUNG BERTINGKAT DENGAN ANALISIS DINAMIK RESPON SPEKTRUM MENGGUNAKAN SOFTWARE ETABS (STUDI KASUS : BANGUNAN HOTEL DI SEMARANG)," 2014. doi: <https://doi.org/10.20961/mateksi.v2i4.37351>.
- [12] T. CAHAYA, M. Islam, Y. Afrizal, A. S. Wahyuni, and A. Gunawan, "ANALISIS STRUKTUR DENGAN DINDING PENGISI DAN TANPA DINDING PENGISI PADA GEDUNG BERTINGKAT TERHADAP PERILAKU DINAMIK DENGAN METODE TIME HISTORY," *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 15, no. 1, pp. 77–84, Apr. 2023, doi: 10.33369/ijts.15.1.77-84.
- [13] E. Yunia Handayani, Priyono Pujo, and A. Surya Manggala, "Study of Redesign of Upper Structures With Dilatation And Without Dilatation Of Irregular Building Plans U Shape," 2023. [Online]. Available: <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/JST>
- [14] "SNI 1726 2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk gedung dan non gedung".
- [15] S. Permana, P. M. Sri Rezeki, and M. Alwan Fauzan, "Analisis Jarak Dilatasi SMPN 23 Kota Bogor terhadap Beban Gempa menggunakan Metode Statik Ekuivalen," *Jurnal Konstruksi*, vol. 23, no. 2, Nov. 2025, doi: 10.33364/konstruksi/v.23-2.2707.