

EFEK TIME HISTORY BANGUNAN GEDUNG TERHADAP FONDASI TIANG PADA TANAH LUNAK YANG BERLOKASI DI TANGERANG

Jessica Gabriella¹, Hendy Wijaya² dan Amelia Yuwono³

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara
Email: Jessica.325180024@stu.untar.ac.id

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara
Email: hendyw@ft.untar.ac.id

³Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara
Email: yuwonoamelia77@gmail.com

Masuk: 21-10-2022, revisi: 14-11-2022, diterima untuk diterbitkan: 30-11-2022

ABSTRACT

Indonesia is an earthquake prone area, because it is located at the confluence of three tectonic plates of the world's. Earthquake is a rock event in the earth's crust that releases energy suddenly and can result in loss of life and other damage. Therefore, it is necessary to take steps to reduce or prevent loss of life and other damage by analyzing the earthquake impact on the analyses that can be used. Time history analysis is a method to determine the movement of a structure by providing a record of the earthquake, this method requires several earthquake recordings and was carried out with the help of the Midas Gen program. Required data such as superstructure modelling, soil parameters, and pile bearing capacity are entered into the program. After that, the program will generate displacement and reaction forces, which will be analyzed from each earthquake record.

Keywords : earthquake, time history analysis, earthquake recording, displacement, midas gen

ABSTRAK

Indonesia merupakan daerah yang berpotensi gempa karena berada pertemuan tiga lempeng tektonik dunia. Gempa bumi merupakan peristiwa batuan pada kerak bumi yang melepaskan sejumlah energi secara tiba-tiba dan dapat mengakibatkan korban jiwa dan kerusakan lainnya. Maka dari itu dibutuhkan langkah – langkah untuk mengurangi dan mencegah terjadinya korban jiwa dan kerusakan lainnya, dengan menganalisis efek gempa terhadap kestabilan fondasi pada bangunan. Salah satu analisis yang dapat digunakan adalah analisis riwayat waktu. Analisis riwayat waktu adalah salah satu metode untuk mengetahui pergerakan struktur dengan cara pemberian suatu rekaman gempa terhadap model tersebut. Analisis riwayat waktu ini dilakukan dengan program Midas Gen. Metode ini membutuhkan beberapa rekaman gempa. Data yang diperlukan seperti pemodelan struktur atas, parameter tanah, daya dukung tiang dimasukkan kedalam program. Selanjutnya program akan menghasilkan deformasi dan gaya reaksi yang akan dianalisis dari masing masing rekaman gempa.

Kata kunci : gempa, analisis riwayat waktu, rekaman gempa, perpindahan, midas gen

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan daerah potensial gempa, karena Indonesia berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik dunia, yaitu Lempeng Pasifik, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Eurasia. Pertemuan lempeng – lempeng ini menghasilkan tumpukan energi yang menyebabkan terjadinya gempa bumi. Pulau Bali dan sekitarnya merupakan bagian dari seismotektonik Indonesia, daerah ini dilalui jalur pegunungan Mediteranian dan adanya zona subduksi akibat pertemuan Lempeng Eurasia dan Lempeng Australia. Batas pertemuan ini berupa palung lautan (*Oceanic Trench*) di sebelah selatan gugusan Pulau Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara.

Gempa bumi adalah suatu peristiwa yang terjadi apabila batuan pada kerak bumi melepaskan sejumlah energi. Pada saat terjadi gempa bumi, muncul sebuah energi gelombang yang di pancarkan ke segala arah yang diakibatkan oleh kerusakan atau patahan batuan. Hasil getaran dari gempa bumi dapat kita lihat pada rekaman gempa. Kondisi geologi yang berbeda pada setiap tempat akan menghasilkan hasil yang berbeda atau tidak sama (Sumantri, 2020). Gerakan tanah akibat gempa bumi umumnya sangat tidak teratur dan hanya terjadi beberapa detik sampai puluhan detik, ada beberapa kasus gempa terjadi lebih dari 1 menit dan menimbulkan peristiwa yang sangat merugikan dan menimbulkan

korban jiwa. Oleh karena itu untuk mengurangi korban jiwa dan juga bangunan, terdapat beberapa cara untuk dilakukannya analisis struktur bangunan salah satunya metode analisis riwayat waktu (Kevin & Barus, 2014).

Metode analisis riwayat waktu merupakan suatu metode analisis yang dilakukan pada suatu pembebanan gempa untuk mengetahui respon dari semua struktur konstruksi (Tallapalem et al., 2019). Analisis riwayat waktu umumnya memakai rekaman gempa tertentu, maka penyelesaian/hitungan tidak hanya dilakukan sekali tetapi ratusan bahkan sampai ribuan kali. Metode ini cocok digunakan untuk menganalisis struktur yang tidak beraturan terhadap gempa rencana, dalam analisis ini menggunakan hasil rekaman yang diambil dari akselerogram sebagai input data percepatan gempa akibat gempa di suatu lokasi (Kevin & Barus, 2014).

Fondasi

Fondasi tiang adalah bagian dari struktur yang di gunakan untuk menerima dan menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah pada kedalaman tertentu. Fondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure/super structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya. Untuk tujuan itu fondasi bangunan harus diperhitungkan dan menjamin kestabilan bangunan terhadap beban sendiri, beban-beban berguna dan gaya-gaya luar, seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain, dan tidak boleh terjadi penurunan fondasi setempat ataupun penurunan yang merata lebih dari batas tertentu (Gunawan, 1991).

Gempa Bumi

Gempa bumi adalah sesuatu yang terjadi ketika dua blok bumi tiba-tiba melucur melewati satu salah lain. Permukaan dimana mereka tergelincir disebut bidang sesar. Lokasi dibawah permukaan bumi tempat terjadinya gempa disebut hiposenter, dan lokasi tempat diatasnya dipermukaan bumi disebut episenter. Terkadang gempa bumi memiliki gempa awalan. Ini adalah gempa bumi yang lebih kecil yang berada di lokasi yang sama dengan gempa bumi sebelumnya. Menurut Daniel L.Schodek (1999), gempa bumi dapat terjadi karena fenomena getaran dengan guncangan yang terdapat pada kerak bumi. Faktor utama yang menyebabkan gempa bumi adalah tumbukan dan pergesekan kerak bumi yang berpengaruh terhadap permukaan bumi. Gempa bumi ini menjalar dalam bentuk gelombang. Gelombang ini mempunyai suatu energi yang dapat menyebabkan permukaan bumi dan bangunan diatasnya bergetar. Getaran ini akan menimbulkan gaya-gaya pada struktur bangunan karena struktur cenderung mempunyai gaya untuk mempertahankan dirinya dari gerakan (Wibowo, 2011).

Soil-Structure Interaction (SSI)

Soil Structure Interaction merupakan respons suatu struktur yang dipengaruhi oleh interaksi struktur, fondasi, dan tanah yang mengelilingi fondasi (NIST, 2012). Menurut FEMA (2009) SSI dikategorikan sebagai interaksi intersial (inertial Interaction), dan interaksi kinematic (kinematic interaction). Dalam analisis dan rekayasa desain, terdapat tugas pengaruh yang saling berkaitan, (NIST, 2012), yaitu: Kekakuan dan redaman fondasi, Perbedaan antara pergerakan fondasi dengan pergerakan zona tanah bebas. Deformasi fondasi.

Analisis Riwayat Waktu (Time History Analysis)

Analisis riwayat waktu adalah suatu cara analisis untuk menentukan riwayat waktu dengan cara pemberian suatu catatan rekaman gempa terhadap suatu model struktur dan respons yang ditimbulkan struktur tersebut diukur langkah demi langkah dengan menggunakan interval tertentu (Wibowo, 2011). Analisis riwayat waktu umumnya memakai rekaman gempa tertentu, maka penyelesaian/hitungan tidak hanya dilakukan sekali tetapi ratusan bahkan sampai ribuan kali. Metode ini cocok digunakan untuk menganalisis struktur yang tidak beraturan terhadap gempa rencana, dalam analisis ini digunakan hasil rekaman yang diambil dari akselerogram sebagai input data percepatan gempa akibat gempa di suatu lokasi (Kevin & Barus, 2014). Menurut SNI 1726:2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019), analisis riwayat waktu dibagi menjadi dua, yaitu Analisis riwayat waktu linier dan analisis riwayat waktu non linier. Analisis riwayat waktu linier adalah sebuah cara analisis yang dilakukan kepada model matematis suatu struktur terhadap suatu rekaman gempa nyata, rekaman gempa simulasi, atau rekaman gempa buatan (Aswegan & Charney, 2014). Sedangkan Analisis riwayat waktu non linier adalah pendekatan analisis suatu struktur yang sering digunakan oleh konsultan teknik (*consulting engineers*). Analisa ini merupakan analisa terancang yang tersedia saat ini dan dapat dilakukan dengan pemberian *ground motion* kepada suatu model komputasi struktur yang kemudian memodelkan gaya non linier dan respon deformasi komponen structural secara eksplisit (Morris et al., 2019).

Program Midas GTS NX dan Midas Gen

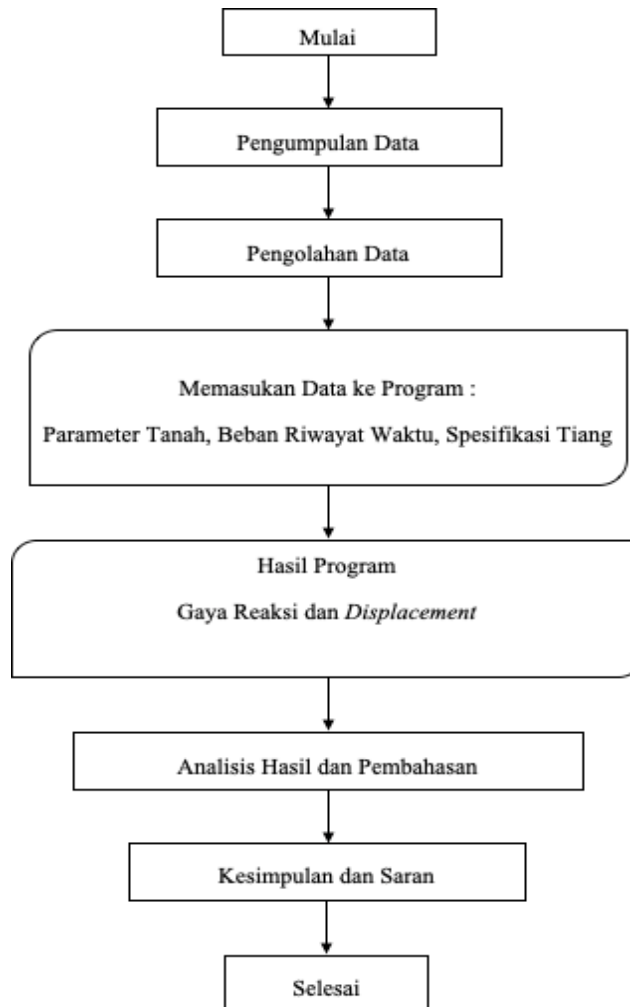
Midas GTS NX merupakan program elemen hingga berbasis geoteknik yang dapat menganalisis sebagian besar permasalahan geoteknik yang terjadi di lapangan seperti analisis statik, respons spektrum, riwayat waktu, stabilitas dinamis lereng, dan lainnya. Pada penelitian ini saya tidak melakukan *coupling* antara Midas GTS NX dan Midas Gen dan hanya menganalisis *time history* pada fondasi dengan menggunakan Midas Gen. *Coupling* antara Midas GTS NX

dan Midas Gen tersebut dilakukan pada penelitian skripsi Charles dengan judul “Studi Perilaku Tiang Akibat Interaksi Struktur dan Tanah Pada Bangunan Gedung”. Adapun beberapa tahapan yang dilakukan dalam menganalisis *displacement* pada bangunan gedung terhadap pengaruh SSI dengan menggunakan Midas GTS NX dan Midas Gen (Arman, 2021):

1. Pembuatan Geometri dan Model Struktural dan Midas Gen.
2. *Export* Model Struktural dan Hasil Nodal dari Midas Gen ke Midas GTS NX.
3. *Import* Model Struktural dan Hasil Nodal dalam Program Midas GTS NX.
4. Pemodelan Geometri.
5. Diskretisasi Elemen (*Generate Mesh*).
6. Penentuan Syarat Batas (*Boundary Condition*).
7. *Export* Hasil Analisis dari Midas GTS NX ke Midas Gen.
8. *Import* Hasil Analisis dari Program Midas Gen.
9. Analisis Final (Final Perform Analysis).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Alur atau tahapan yang harus dilakukan oleh penulis dapat di lihat pada gambar 1, sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini, metodologi yang digunakan untuk mendapatkan hasil analisis dengan menggunakan program berbasis geoteknik. Pada bab ini akan dibahas tahap-tahap pengolahan data yang dilakukan untuk memperoleh gaya reaksi dan *displacement* serta menganalisis hubungan dengan SSI pada jenis tanah serta menggunakan analisis riwayat waktu.

Tahap Penelitian

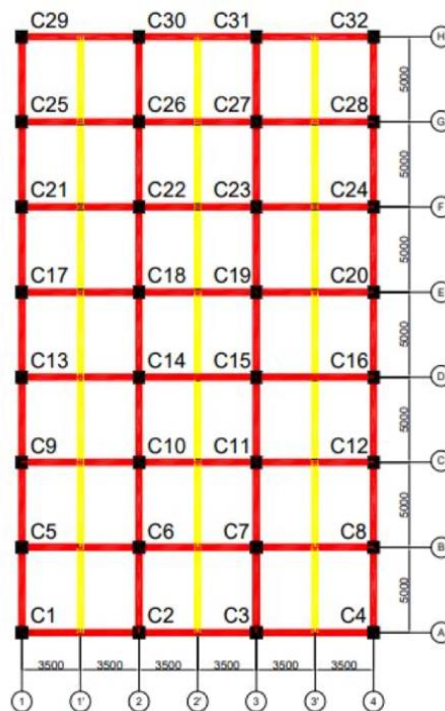
Pada tahap-tahap penelitian ini yang perlu dilakukan dengan menggunakan berbagai metode seperti studi literatur, studi laboratorium maupun studi kasus. Dalam penelitian ini menggunakan sistem studi literatur. Studi literatur ini merupakan suatu cara untuk menyelesaikan sebuah permasalahan seperti pada jurnal, buku, SNI, maupun dokumen yang sesuai dengan kasus. Sementara untuk studi laboratorium merupakan penelitian di sebuah ruangan oleh seseorang maupun berkelompok untuk memecahkan sebuah kasus atau permasalahan. Sedangkan untuk studi kasus merupakan suatu prosedur sesuai dengan peristiwa yang terjadi. Tahap penelitian ini juga perlu dilakukan untuk menganalisis perilaku akibat SSI, untuk mendapatkan sebuah hasil yang maksimal, dibutuhkan langkah-langkah yang jelas dan tertata secara sistematis. Langkah-langkah yang digunakan pada penelitian ini seperti menentukan permasalahan, pemaparan teori-teori, membuat diagram alir seperti mengumpulkan dan mengolah data, dan menganalisis hasil dan membuat kesimpulan dan saran berdasarkan penelitian.

Pengumpulan dan Pengolahan Data

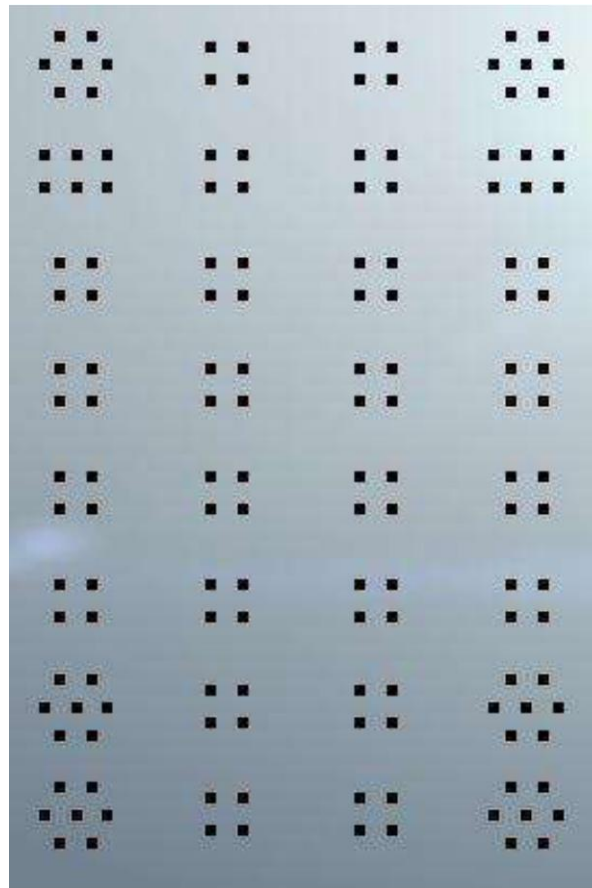
Pada penelitian ini digunakan data tanah yang di dapat dari penurunan parameter tanah dengan konsistensi lunak dan proyek penelitian ini berlokasi di Tangerang. Rekaman percepatan gempa diambil dari *library* Midas Gen dan permodelan struktur diambil dari penelitian skripsi Charles tahun 2022. Pada tahap pengolahan data, dilakukan pengisian data pada program seperti parameter tanah, beban yang dipakai, serta spesifikasi tanah yang telah ditentukan. Sebelum mengisi data tersebut, diperlukan pemahaman yang baik tentang rumus-rumus dan dasar teori tentang cara memasukan atau mendapatkan data ke program tentang analisis riwayat waktu. Program akan melakukan *perform analysis* dan dilakukan pembahasan berdasarkan hasil dari program.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan bangunan yang akan dibuat adalah gedung 12 lantai dan akan digunakan sebagai perkantoran. Data tanah yang akan digunakan untuk pemodelan ini adalah tanah dengan kosistensi lunak. Data tanah ini dikorelasi sehingga mendapatkan hasil parameter tanah yang akan diolah melalui program Midas Gen. Selanjutnya hasil analisis gaya reaksi dan *displacement* dari *library* Midas Gen. Data tanah yang digunakan berasal dari 5 titik borlog dan test laboratorium dengan kedalaman yang berbeda beda. Denah penomoran kolom gedung dan kelompok tiang pada kolom dalam gambar 2 dan gambar 3 sebagai berikut.

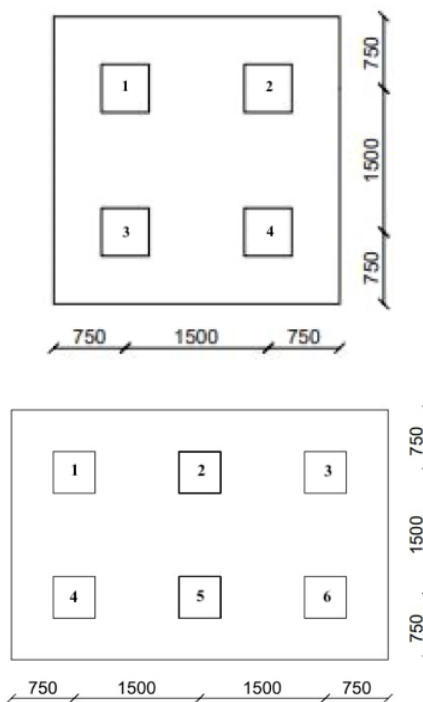


Gambar 2. Penomoran Kolom Gedung

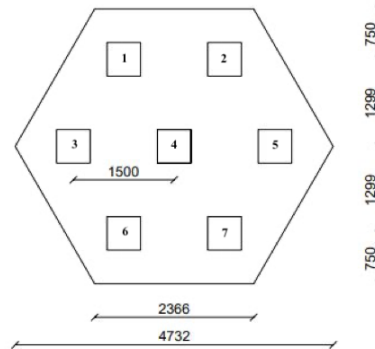


Gambar 3. Kelompok tiang pada kolom

Berikut ini Konfigurasi penomoran pada tiang dalam gambar 4 sebagai berikut.



Gambar 4. Konfigurasi kelompok dan penomoran untuk 4 tiang, 6 tiang, dan 7 tiang



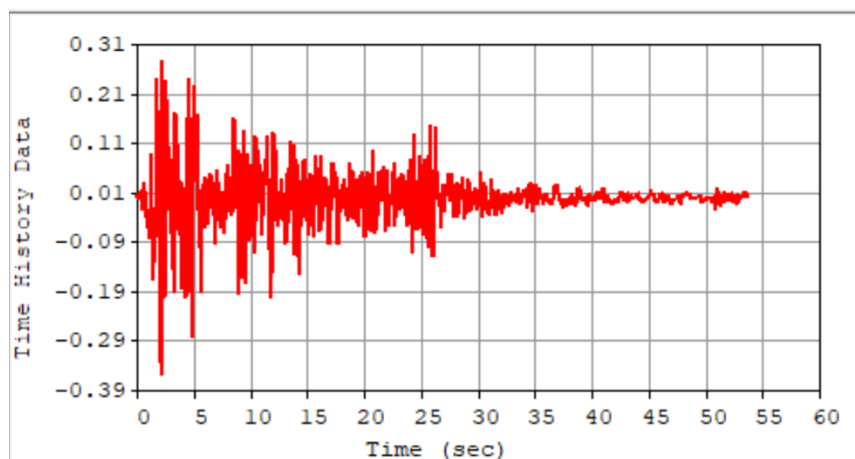
Gambar 4 (lanjutan). Konfigurasi kelompok dan penomoran untuk 4 tiang, 6 tiang, dan 7 tiang

Berikut nilai *point spring support* pada tiang yang merujuk pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. *Point spring support* pada tiang

Elevasi (m)	0 s/d 12	12 s/d 20	20 s/d 26	26 s/d 36	36 s/d 44
E_s (kN/m ²)	6397	29418	26979	26194	26580
D (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
E_p (kN/m ²)	25742,96	25742,96	25742,96	25742,96	25742,96
I_p (m ⁴)	0,008789	0,008789	0,008789	0,008789	0,008789
ν	0,495	0,495	0,495	0,495	0,495
k_s (kN/m ³)	115500,259	60318,185	54919,768	53190,736	54040,404
k_s (kN/m)	2887,565	15079,546	13729,942	13297,684	13510,101

Pada penelitian ini menggunakan hasil respon spektrum dan 11 rekaman gempa dan akan di *running* dengan menggunakan program Midas Gen. Program Midas Gen ini akan menghasilkan gaya reaksi dan *displacement* pada seluruh tiang dari arah x dan arah y yang di dapat dari *library* Midas Gen. 11 rekaman gempa tersebut terdiri dari Gempa Miyagi, Elcentro, Hyuganada, Hyougoken, James, Nihonkai, San Fernando, Hollywood Storage, Tokachi, Mexico, dan Tohoku. Contoh input gempa yang di ambil dari gempa Elcentro yang dapat terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Input Gempa Elcentro

Hasil Midas Gen Arah X (EQX)

Program Midas Gen menghasilkan gaya reaksi dan *displacement* pada seluruh tiang dari arah x. Dari hasil tersebut diambil nilai gaya reaksi dan *displacement* pada tiang pojok, tiang tengah, tiang pinggir yang akan dilihat dalam tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Penomoran Tiang dan Hasil dari 11 Rekaman Gempa dan Respon Spektrum Arah x

Lokasi Tiang	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Moment-y (kNm)	Moment-z (kNm)	Displacement X (mm)	Displacement Y (mm)	Displacement Z (mm)
Pojok	(C32 - 5)	(C4 - 7)	(C32 - 2)	(C4 - 7)	(C4 - 6)	(C29 - 1,C32 - 2)	(C4 - 5,C32 - 5)	(C29 - 3)
Pinggir	(C2 - 2)	(C28 - 6)	(C2 - 3)	(C16 - 2)	(C28 - 6)	(C30 - 1,C31 - 2)	(C28 - 6)	(C2 - 2)
Tengah	(C14 - 3)	(C19 - 3)	(C23 - 3)	(C23 - 3)	(C19 - 3)	(C26 - 1,C27 - 2)	(C19 - 4)	(C14 - 3)
Respon Spektrum								
Pojok	-487,477	0,575	-41,255	-56,979	2,25	5,62	-0,026	2,33
Pinggir	648,569	-1,041	-43,631	-65,283	-3,24	5,619	-0,05	3,099
Tengah	-545,484	-0,31	-39,745	-53,633	-0,981	5,609	-0,015	2,607
Miyagi								
Pojok	-2564,684	1,889	-73,529	-183,139	6,38	2,005	-0,167	11,717
Pinggir	5692,211	-1,008	-89,891	-180,159	-1,589	3,183	-0,154	25,967
Tengah	-1644,276	-0,155	-70,029	-162,265	-1,081	3,928	-0,098	7,524
Elcentro								
Pojok	-843,422	0,708	-24,946	-67,449	1,974	0,776	-0,142	3,859
Pinggir	1765,171	-0,323	-33,695	-69,216	-0,554	1,131	-0,062	8,052
Tengah	-553,135	-0,08	-26,763	-63,295	-0,38	1,44	-0,045	2,532
Hyuganada								
Pojok	-3535,367	2,511	-109,379	-283,003	8,624	2,815	-0,233	16,148
Pinggir	7791,515	-1,389	-140,258	-283,691	-2,188	4,857	-0,217	35,533
Tengah	-2301,914	-0,22	-109,541	-254,504	-1,473	6,088	-0,137	10,538
Hyougoken								
Pojok	-2112,596	2,011	-60,939	-180,191	5,163	2,159	-0,395	9,669
Pinggir	4288,713	-0,821	-91,791	-197,018	-1,515	2,891	-0,176	19,579
Tengah	-1467,565	-0,224	-74,195	-179,461	-1,209	3,795	-0,132	6,741
James								
Pojok	-1124,619	1,539	-32,281	-111,184	2,269	1,837	-0,439	5,172
Pinggir	1977,029	-0,408	-58,176	-130,745	-0,864	1,708	-0,121	9,028
Tengah	-763,068	-0,215	-48,185	-120,141	-0,715	2,343	-0,112	3,491

Tabel 2 (lanjutan). Penomoran Tiang dan Hasil dari 11 Rekaman Gempa dan Respon Spektrum Arah x

Lokasi Tiang	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Moment-y (kNm)	Moment-z (kNm)	Displacement X (mm)	Displacement Y (mm)	Displacement Z (mm)
Pojok	(C32 - 5)	(C4 - 7)	(C32 - 2)	(C4 - 7)	(C4 - 6)	(C29 - 1,C32 - 2)	(C4 - 5,C32 - 5)	(C29 - 3)
Pinggir	(C2 - 2)	(C28 - 6)	(C2 - 3)	(C16 - 2)	(C28 - 6)	(C30 - 1,C31 - 2)	(C28 - 6)	(C2 - 2)
Tengah	(C14 - 3)	(C19 - 3)	(C23 - 3)	(C23 - 3)	(C19 - 3)	(C26 - 1,C27 - 2)	(C19 - 4)	(C14 - 3)
Nihonkai								
Pojok	-2343,609	1,591	-71,831	-187,949	5,884	1,633	-0,148	10,713
Pinggir	5157,83	-0,914	-93,346	-188,988	-1,483	3,197	-0,146	23,524
Tengah	-1540,806	-0,148	-73,044	-170,17	-1,073	4,034	-0,099	7,054
San Fernando								
Pojok	-479,645	0,626	-11,464	-36,873	0,914	0,718	-0,128	2,196
Pinggir	933,26	-0,183	-19,629	-45,46	-0,324	0,586	-0,044	4,257
Tengah	-267,793	-0,066	-16,466	-41,944	-0,276	0,779	-0,04	1,231
Hollywood Storage								
Pojok	-113,912	0,126	-3,137	-8,655	0,251	0,162	-0,026	0,521
Pinggir	226,294	-0,044	-4,39	-9,61	-0,085	0,142	-0,01	1,032
Tengah	-74,208	-0,014	-3,59	-8,811	-0,059	0,182	-0,007	0,341
Tokachi								
Pojok	-427,601	0,364	-13,963	-38,216	1,011	0,416	-0,078	1,957
Pinggir	908,504	-0,174	-19,205	-39,89	-0,275	0,639	-0,035	4,144
Tengah	-292,988	-0,05	-15,241	-36,164	-0,203	0,821	-0,027	1,346
Mexico								
Pojok	-479,645	0,626	-11,464	-36,873	0,914	0,718	-0,128	2,196
Pinggir	933,26	-0,183	-19,629	-45,46	-0,324	0,586	-0,044	4,257
Tengah	-267,793	-0,066	-16,466	-41,944	-0,276	0,779	-0,04	1,231
Tohoku								
Pojok	-63,709	0,05	-1,837	-5,386	0,146	0,055	-0,008	0,291
Pinggir	134,545	-0,025	-2,754	-5,905	-0,04	0,088	-0,005	0,614
Tengah	-42,073	-0,008	-2,219	-5,379	-0,031	0,115	-0,003	0,193

Pada hasil diatas, tanda plus dan minus hanya menunjukkan beban itu tarik atau tekan, dan dapat dilihat bahwa hasil *displacement z*, *Axial Force*, *Shear Force z*, *Bending Moment y* pada program Midas Gen arah x dibagian pinggir lebih besar dari pada bagian tengah maupun bagian pojok.

Hasil Midas Gen Arah Y (EQY)

Program Midas Gen menghasilkan gaya reaksi dan *displacement* pada seluruh tiang dari arah y. Dari hasil tersebut diambil nilai gaya reaksi dan *displacement* pada tiang pojok, tiang tengah, tiang pinggir yang akan dilihat dalam tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Penomoran Tiang dan Hasil dari 11 Rekaman Gempa dan Respon Spektrum Arah y

Lokasi Tiang	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Moment-y (kNm)	Moment-z (kNm)	Displacement X (mm)	Displacement Y (mm)	Displacement Z (mm)
Pojok	(C4 - 7)	(C29 - 3)	(C32 - 6)	(C4 - 7)	(C29 - 6)	(C4 - 7)	(C1 - 3,C29 - 3)	(C4 - 6)
Pinggir	(C8 - 7)	(C8 - 1)	(C28 - 4)	(C28 - 3)	(C8 - 2)	(C28 - 1)	(C5 - 3,C25 - 1)	(C8 - 1)
Tengah	(C15 - 2)	(C15 - 1)	(C7 - 4)	(C26 - 1)	(C15 - 1)	(C26 - 1,C27 - 2)	(C6 - 3,C10 - 3,C18 - 3,C22 - 3,C26 - 3)	(C15 - 1)
Respon Spektrum								
Pojok	756,512	-42,5	-2,615	-8,861	-62,062	0,112	5,563	3,615
Pinggir	-672,961	-42,176	1,476	4,969	-60,933	-0,064	5,563	-3,216
Tengah	377,905	-39,374	0,209	0,698	-53,796	-0,009	5,559	1,806
Miyagi								
Pojok	4915,785	-53,021	-6,047	-8,956	-148,536	0,862	2,668	22,306
Pinggir	-2151,518	-53,58	0,75	3,1	-161,626	-0,397	2,597	-9,808
Tengah	1448,713	-88,135	0,483	2,204	-220,519	-0,284	7,283	6,629
Elcentro								
Pojok	1737,079	-18,769	-2,067	-3,63	-52,576	0,373	0,978	7,883
Pinggir	-754,535	-18,891	0,393	1,931	-57,315	-0,212	1,118	-3,443
Tengah	504,443	-31,213	0,255	1,38	-78,088	-0,152	2,582	2,309
Hyuganada								
Pojok	7548,726	-82,643	-8,593	-14,508	-233,29	1,331	4,091	34,258
Pinggir	-2929,938	-81,9	1,306	4,995	-251,44	-0,759	4,207	-13,363
Tengah	2077,55	-137,766	0,884	3,53	-345,521	-0,544	11,346	9,506
Hyougoken								
Pojok	3970,556	-47,655	-5,311	-10,89	-145,23	1,169	2,551	18,025
Pinggir	-1908,273	-42,674	1,443	6,505	-139,635	-0,797	3,61	-8,712
Tengah	1215,83	-81,356	0,926	4,633	-208,851	-0,564	6,681	5,57
James								
Pojok	1509,624	-22,003	-2,618	-6,042	-73,141	0,704	1,21	6,86
Pinggir	-926,428	-15,88	1,061	4,104	-61,184	-0,554	2,325	-4,24
Tengah	534,323	-38,5	0,704	2,924	-102,258	-0,395	3,103	2,455

Tabel 3 (lanjutan). Penomoran Tiang dan Hasil dari 11 Rekaman Gempa dan Respon Spektrum Arah y

Lokasi Tiang	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Moment-y (kNm)	Moment-z (kNm)	Displacement X (mm)	Displacement Y (mm)	Displacement Z (mm)
Pojok	(C4 - 7)	(C29 - 3)	(C32 - 6)	(C4 - 7)	(C29 - 6)	(C4 - 7)	(C1 - 3,C29 - 3)	(C4 - 6)
Pinggir	(C8 - 7)	(C8 - 1)	(C28 - 4)	(C28 - 3)	(C8 - 2)	(C28 - 1)	(C5 - 3,C25 - 1)	(C8 - 1)
Tengah	(C15 - 2)	(C15 - 1)	(C7 - 4)	(C26 - 1)	(C15 - 1)	(C26 - 1,C27 - 2)	(C6 - 3,C10 - 3,C18 - 3,C22 - 3,C26 - 3)	(C15 - 1)
Nihonkai								
Pojok	4937,155	-53,151	-6,216	-8,921	-148,396	0,937	2,67	22,405
Pinggir	-2234,769	-53,691	0,816	3,595	-162,574	-0,474	2,677	-10,187
Tengah	1500,473	-88,299	0,555	2,563	-220,643	-0,34	7,293	6,869
San Fernando								
Pojok	855,489	-9,254	-1,074	-1,756	-26,196	0,203	0,619	3,881
Pinggir	-357,15	-9,435	0,22	1,053	-27,83	-0,128	0,939	-1,631
Tengah	239,036	-15,369	0,14	0,751	-38,619	-0,09	1,311	1,095
Hollywood Storage								
Pojok	243,949	-3,039	-0,309	-0,533	-9,256	0,111	0,164	1,108
Pinggir	-103,301	-2,608	0,073	0,325	-8,865	-0,036	0,231	-0,472
Tengah	71,629	-5,19	0,046	0,231	-13,361	-0,026	0,426	0,328
Tokachi								
Pojok	1059,498	-12,372	-1,224	-2,164	-36,359	0,209	0,594	4,81
Pinggir	-378,086	-11,408	0,233	1,009	-36,818	-0,133	0,59	-1,724
Tengah	293,353	-20,868	0,156	0,715	-53,054	-0,095	1,7	0,093
Mexico								
Pojok	855,489	-9,254	-1,074	-1,756	-26,196	0,203	0,619	3,881
Pinggir	-357,15	-9,435	0,22	1,053	-27,83	-0,128	0,939	-1,631
Tengah	239,036	-15,369	0,14	0,751	-38,619	-0,09	1,311	1,095
Tohoku								
Pojok	-136,061	-1,676	-0,17	-0,271	-5,17	0,029	0,081	0,597
Pinggir	59,419	-1,408	0,036	0,09	-4,848	-0,02	0,1	-0,277
Tengah	-42,079	-2,873	0,025	0,065	-7,43	-0,015	0,233	0,19

Pada hasil diatas, tanda plus dan minus hanya menunjukkan beban itu tarik atau tekan, dan dapat dilihat bahwa hasil *displacement x*, *displacement z*, *Axial Force*, *Shear Force z*, *Bending Moment y* pada program Midas Gen arah y dibagian pinggir lebih besar dari pada bagian tengah maupun bagian pojok.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil dari rekaman gempa dengan bantuan program Midas Gen diatas untuk pembebanan arah x, memiliki nilai *Axial Force*, *Shear Force z*, *Bending Moment y*, *Displacement z* di bagian pinggir lebih besar dari pada di bagian pojok maupun di bagian tengah.
2. Berdasarkan hasil dari rekaman gempa dengan bantuan program Midas Gen diatas untuk pembebanan arah y, memiliki nilai *Axial Force*, *Shear Force z*, *Bending Moment y*, *Displacement x* dan *Displacement z* di bagian pojok lebih besar dari pada di bagian pinggir maupun di bagian tengah.
3. Berdasarkan 11 Rekaman gempa yang telah di analisis, gempa yang sangat membahayakan adalah Gempa Miyagi dengan nilai 5.692,211 kN dan Gempa Hyuganada dengan nilai 7.791,515 kN, karena gempa - gempa tersebut menimbulkan gaya *Axial Force* di bagian pinggir yang melebihi batas *ultimate* dari brosur tiang dengan nilai 5.166 kN.

Saran

1. Pada penelitian ini hanya menggunakan program Midas, maka untuk dapat mendapatkan hasil yang lebih maksimal diperlukan analisis dengan bantuan program lainnya.
2. Pada penelitian ini menggunakan rekaman gempa yang berada di luar Indonesia, maka perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan data rekaman gempa yang berada di Wilayah Indonesia agar dapat bermanfaat untuk pembangunan.
3. Pada penelitian ini menggunakan data tanah dengan konsistensi tanah lunak, maka perlu adanya penelitian dengan konsistensi lainnya agar dapat menjadi pembanding sehingga mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Arman, F. (2021). *Multilinear Spring Function Analysis in Soil-Structure Interaction for Building*. UNPAR- MIDAS Geotechnical Forum Webinar. PT. Midasindo Teknik Utama.
- Aswegan, K., & Charney, F. A. (2014). A Simple Linear Response History Analysis Procedure for Building Codes. *Tenth U.S. National Conference on Earthquake Engineering*. <http://dx.doi.org/10.4231/D30K26C05>
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung*. Badan Standardisasi Nasional.
- Charles. (2022). Studi Perilaku Tiang Akibat Interaksi Struktur Dan Tanah Pada Bangunan Gedung. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 5(1), 185-194. <https://doi.org/10.24912/jmts.v5i1.16830>
- Gunawan, R. (1991). *Pengantar Teknik Fondasi*. Kanisius.
- Kevin, & Barus, S. (2014). Kajian Perbandingan Respon Dinamik Linier Dengan Analisis Riwayat Waktu (Time History Analysis) Menggunakan Modal Analisis (Mode Superposition Method) Dan Integrasi Langsung (Direct Time Integration Method). *Jurnal Teknik Sipil USU*, 3(3), 1-15.
- Morris, G., Thompson, A., Dismuke, J., & Bradley, B. (2019). Ground Motion Input For Nonlinear Response History Analysis: Practical Limitations of NZS 1170.5 And Comparison To US Standards. *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, 52(3), 119-133. <https://doi.org/10.5459/bnzsee.52.3.119-133>
- NIST. (2012). *Soil-Structure Interaction for Building Structures*. NEHRP Consultants Joint Venture.
- Sumantri, A. (2020). *Analisa Riwayat Waktu pada Struktur Bangunan dengan Menyertakan Efek Interaksi Tanah dan Pondasi Tiang*. Repositori Institusi Universitas Sumatera Utara. <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/21947>
- Tallapalem, U. R., Nurulla, S., & Vallu, S. (2019). Time History Analysis on Precast Building Connections. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 8(4), 5973-5980.
- Wibowo, A. (2011). *Analisis Kinerja Struktur Pada Bangunan Bertingkat Tidak Beraturan Dengan Analisis Dinamik Menggunakan Metode Analisis Riwayat Waktu*. UNS Institutional Repository.

