

# Analisis *Displacement* Gedung Beton Bertulang Tingkat Tinggi terhadap Beban Gempa sesuai Peta Gempa Indonesia 2017 dengan Analisis *Time History*

*Displacement Analysis of High-rise Concrete Buildings Against Earthquake Load According to the Indonesian Earthquake Map of 2017 with Time History Analysis*

**Setyo Esto Permono, Taufiq Ilham Maulana**

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

**Abstrak.** Gempa bumi merupakan suatu bencana alam yang tidak dapat dihindarkan. Indonesia termasuk wilayah yang rawan gempa dikarenakan berada dalam kawasan cincin api pasifik yang masih aktif. Bangunan tinggi di Indonesia memiliki tingkat keamanan yang berbeda-beda, hal tersebut bisa disebabkan oleh jenis tanah maupun frekuensi dari gempa yang terjadi. Penelitian ini menggunakan struktur bangunan bertingkat tinggi dengan 8 lantai dan 1 *basement* yang diuji pada 99 kota terpilih Pada peta gempa Indonesia dengan 3 kelas situs jenis tanah yang berbeda. Dalam penelitian ini menggunakan kategori bangunan bertingkat tinggi dengan jumlah 9 lantai yang akan di uji pada 99 kota terpilih Pada peta gempa Indonesia dengan 3 kelas situs jenis tanah yang berbeda. Metode pembebanan gempa yang digunakan adalah analisis riwayat waktu yaitu respons spektrum yang di sesuaikan dengan bantuan program *Seismomatch* agar data tersebut mendekati atau sesuai dengan catatan riwayat gempa yang telah dicari. Pada setiap kelas situs SC, SD, dan SE memiliki 3 rekaman gempa. Dari data gempa tersebut akan di berikan ke bangunan yang akan diuji. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa 53 kota .melewati dari batas izin dan memasuki kategori tidak aman. Persentase terkecil yang mendekati batas simpangan izin adalah pada kota Banda Aceh yaitu sebesar 0,25 %, sedangkan persentase tidak aman terbesar terdapat pada kota Gorontalo sebesar 183,18 %.

Kata-kata kunci: Perpindahan, riwayat waktu, peta gempa, bangunan tingkat tinggi.

**Abstract.** An earthquake is a natural disaster that cannot be avoided. Indonesia is an earthquake prone region because it is in the active Pacific ring area. High buildings in Indonesia have different levels of security, this can be caused by the type of soil or the frequency of the earthquakes that occur. This study uses the structure of a high-rise building with 8 floors and 1 basement that was tested on 99 selected cities on the Indonesian earthquake map with 3 different types of soil type sites. In this study using the category of high-rise buildings with a number of 9 floors which will be tested in 99 selected cities On the Indonesian earthquake map with 3 different types of soil type sites. The earthquake loading method used is a time history analysis that is a spectrum response that is adjusted with the help of the *Seismomatch* program so that the data is close to or in accordance with the history of the earthquake that has been searched. On each class site SC, SD and SE have 3 earthquake recordings. From the earthquake data will be given to the building to be tested. The results of this study indicate that 53 cities passed the permit limit and entered the unsafe category. *The smallest percentage approaching the permit deviation limit is in the city of Banda Aceh which is equal to 0,25 %, while the largest unsafe percentage is in Gorontalo city at 183,18 %.*

Keywords: Displacement, time history, earthquake map, high-rise buildings.

## 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan wilayah yang sangat rawan terhadap bahaya gempa dikarenakan masih berada dalam kawasan “*Ring of Fire*” yang masih aktif. Dari hal tersebut gelombang dapat merambat menuju permukaan bumi dan dapat sangat berpengaruh pada bangunan bertingkat tinggi seperti gedung hotel, kampus, rumah sakit, dan lainnya yang termasuk dalam bangunan bertingkat tinggi.

Yansiku (2017) telah melakukan penelitian ini dengan menggunakan bantuan program ETABS dan *Seismomatch*. Dalam penelitian tersebut menggunakan 28 catatan gempa dan kelas situs B, C, D, dan E. Bangunan yang di uji memiliki 10 tingkat. Purba (2014) yang melakukan perbandingan kinerja struktur gedung ketidakberaturan horizontal dan gedung beraturan dilihat dari *displacement*, *drift ratio*, *base shear*, level kinerja berdasarkan ATC-40, perbedaan berat beton dan tulangan, penelitian ini menggunakan metode statik ekuivalen dalam menganalisis struktur gedung dengan menggunakan bantuan program SAP2000. Manaroinsong (2013) melakukan penelitian dengan menganalisis respon spektra pada kota Manado dengan menggunakan 3 kelas situs SC, SD, dan SE. melalui *PEER (Pacific Earthquake Engineering Research Center)* direkomendasikan menggunakan analisis *time history*. Catatan rekaman gempa yang digunakan ada 2 yaitu Hector Mine 1999-10-16 pada stasiun USGS, dan sebagai pembanding Imperial Valley 1940-5-19 pada stasiun El Centro USGS 117. Hasil analisis respon spektra kota Manado didasarkan pada target spektra untuk periode ulang 2500 tahun di  $T=1,0$  detik sebagaimana yang disyaratkan oleh ASCE 7 2010 dengan metode *spectral matching* dan *input time history* Imperial Valley 19 Mei 1040 stasiun El Centro. Hasil analisis memberikan nilai respon spektra pada permukaan tanah untuk tanah keras (SC) = 0,13464 g, untuk tanah sedang (SD) = 0,19064 g, dan untuk tanah lunak (SE) = 0,2054 g. Persamaan dari penelitian ini adalah menggunakan *time history analysis* dengan mencocokkan gempa yang paling mendekati dengan bantuan *PEER*. Kelas situs yang

digunakan adalah SC, SD, dan SE. perbedaan dari penelitian ini hanya menganalisis respon spektra pada satu kota dan hanya mencari nilai respon spektra pada permukaan 3 kelas situs tanah. (Thwin W.T., 2014) gedung bertingkat yang memiliki 12 lantai dengan dengan bantuan program *ETABS* untuk permodelan. Bentuk bangunan merupakan persegi panjang yang terletak di Mandalay, zona seismik 4 dengan kelas jenis tanah SF. *Story drift*, *story moment* dan *story shear* dibandingkan dengan pola beban yang berbeda dari analisis riwayat waktu.

Penelitian ini menggunakan *time history analysis* dengan menggunakan 4 catatan rekaman gempa asli anantara lain El Centro, Taiwan, Friuli, dan Sumatera. Untuk perhitungan dalam analisis struktur digunakan *software ETABS* dalam permodelan 3D. Hasil analisis berikut dihasilkan perpindahan masing-masing tingkat dan simpangan antar tingkat, kemudian digunakan untuk mengendalikan kinerja batas layanan, level0kinerja struktur dan kinerja batas ultimit. Hasil penelitian ini berdasarkan *time history analysis* pada gempa rencana untuk rekaman gempa El Centro terdapat 3 lantai yang tidak aman pada arah y terhadap kontrol batas layanan dan ultimit. Analisis riwayat waktu pada gempa aktual untuk rekaman El Centro terdapat 8 lantai pada arah x dan 7 lantai pada arah y yang tidak aman terhadap kontrol batas layanan dan ultimit. Menurut ATC-40, untuk gempa rencana maupun gempa aktual termasuk dalam level kinerja gedung kategori IO (*Immediate Occupancy*). (Rajmani dkk., 2015). Mamesah dkk. (2014) melakukan analisis struktur gedung dengan *pushover analysis*. Analisis *pushover* atau analisis beban dorong statik merupakan suatu analisis untuk mengetahui perilaku keruntuhan bangunan terhadap gempa. Penelitian dilakukan menggunakan program SAP2000 untuk mengetahui berapa besar gaya maksimum yang dapat ditahan struktur serta besar perpindahan maksimum struktur. Tipe struktur bangunan yang dimodelkan berupa bangunan non soft story, *soft first story 1* dan *soft first story 2*. Penelitian mengacu pada SNI 1726-2012, FEMA-356 dan ATC-40. Mahmoud (2019) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh

beban gempa dinamis pada perilaku bangunan tinggi yang terhubung secara horizontal. Salah satu bangunan kembar diselidiki dalam penelitian ini adalah Menara Capital. Permodelan gedung menggunakan SAP2000. Penelitian ini menggunakan 8 catatan gempa dan dipilih yang paling mendekati gerakan di lokasi yang akan di uji. Hasil penelitian tersebut tingkat PGA dari gerakan gempa. Secara khusus, semakin tinggi PGA dari gerakan tanah, semakin tinggi gaya geser. Membangun struktur bawah gerakan gempa itu sedikit dipengaruhi oleh tingginya *sky-bridge*. Sebagian besar energi disalurkan ke struktur yang terhubung itu hilang oleh redaman modal. Sari dkk. (2013) melakukan evaluasi kinerja struktur pada sebuah bangunan di Solo dengan menggunakan analisis riwayat waktu. Program ETABS 9.5 digunakan untuk menganalisis model struktur bangunan dengan riwayat waktu untuk mendapat gempa masukan sesuai dengan wilayah gempa yang ditinjau. Lokasi bangunan terletak di kota Surakarta dan memiliki kelas situs tanah sedang (D). Digunakan 4 rekaman yaitu Elcentro, Kobe, Hokkaido, dan Sanriku. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perpindahan yang didapatkan masih memenuhi batas perpindahan maksimum ketika di analisis menggunakan masing-masing rekaman gempa. Base Shear yang ditimbulkan juga masih memenuhi syarat base shear minimum yaitu  $V > 0.8 V_1$ . Menurut ATC-40, bila struktur gedung diberi beban gempa El Centro, Kobe, Hokkaido, dan Sanriku, maka gedung termasuk dalam level kinerja IO (Immediate Occupancy), yaitu tidak ada kerusakan berarti pada struktur dimana kekuatan dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum gempa. Studi perbandingan pembebanan gempa statik ekuivalen dan dinamik time history, oleh Faizah (2015) menggunakan struktur bangunan bertingkat yang terletak di Yogyakarta dengan menggunakan jumlah portal yang ditinjau sebanyak 6 buah yaitu, 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 lantai. Perbedaan elevasi tiap lantai yang digunakan 4 meter. Permodelan dibuat dengan bantuan software SAP 2000. Analisis dinamik Time History di analisis menggunakan bantuan program Matlab, dan analisis statik

ekuivalen mengikuti aturan dalam SNI 1726:2012. Gempa masukkan yang digunakan yaitu akselogram gempa Yogya 2006 yang merupakan replikasi yang diperoleh dari Widodo, 2013. Hasil penelitian yang didapatkan menunjukkan bahwa Perhitungan pembebanan gempa statik ekuivalen pada struktur 5 tingkat dinilai akurat karena memberikan persyaratan yang lebih besar dalam perancangan struktur jika dibandingkan dengan pembebanan gempa dinamik time history. Perhitungan pembebanan gempa statik ekuivalen pada struktur 10 tingkat atau lebih dinilai berbanding terbalik pada struktur 5 tingkat dikarenakan peryaratannya yang lebih kecil dalam perancangan struktur. Almusbahi dkk (2018) telah melakukan penelitian dengan menggunakan sebuah bangunan 40 lantai dengan permodelan dan analisis menggunakan bantuan *software ANSYS*. Gempa masukkan menggunakan 2 rekaman gempa yaitu El Centro dan Taft Earthquake. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Perpindahan, kecepatan dan percepatan dari tiap lantai sangat berkurang dengan meningkatnya kekakuan struktur. Perpindahan yang dihasilkan meningkat dengan waktu secara khusus dari lantai terakhir dan dari struktur terisolasi dasar. Penelitian ini dilaksanakan karena ingin diketahui perilaku struktur gedung dengan 2 metode analisis gempa yaitu statik ekuivalen dan *time history*. Melihat hasil perbedaan *displacement* gedung yang sama pada setiap kota besar yang terpilih. Dari hal tersebut bertujuan untuk memperoleh hasil *displacement* pada tiap kota besar yang terpilih sesuai peta gempa Indonesia 2017 dan memperoleh hasil prosentase *displacement* aman dan tidak aman dengan syarat tidak aman melebihi *displacement* ijin. Dalam naskah ini diharapkan memperoleh tambahan pengetahuan, wawasan, dan pengalaman mengenai perbedaan *displacement* bangunan bertingkat tinggi pada tiap masing-masing kota dengan 3 kondisi tanah yang berbeda sesuai dengan peta gempa Indonesia 2017 dengan menggunakan analisis gempa *Time History*. Ibrahim (2018) melakukan penelitian analisis kurva kerapuhan analitis untuk beton bertulang *mid-rise* yang di Kerajaan Arab Saudi (KSA).

Kurva kerapuhan dikembangkan untuk struktur bangunan 12 lantai beton bertulang yang dirancang sesuai dengan *Saudi Building Code* termasuk beban mati, hidup dan seismik. Tiga kota yang dipilih dengan intensitas seismik yang berbeda, yaitu; Abha, Jazan dan Al-Sharaf agar mencakup berbagai nilai percepatan spektral yang dipetakan di KSA. Spektral 0,2 detik percepatan spektral berkisar dari 0,21 g sampai dengan 0,66 g, dan spektral 1,0 detik akselerasi berkisar dari 0,061 g sampai dengan 0,23 g. Analisis dinamis tambahan, *IDA*, dilakukan menggunakan 12 catatan rekaman gempa dengan bantuan program *SeismoStruct*. Lima tingkat kinerja; Operasional, Hunian Segera, Pengendalian Kerusakan, Keselamatan Jiwa dan Pencegahan Keruntuhan, yang menentukan berbagai kemungkinan kerusakan bangunan setelah gempa dipertimbangkan dan dimonitor dalam analisis. Berdasarkan hasil *IDA* dan statistik analisis, probabilitas untuk mencapai atau melampaui keadaan kerusakan spesifik dihitung untuk masing-masing model struktural pada tiga kota. Kesimpulan yang didapat menunjukkan bahwa sesuai dengan yang direncanakan. Penelitian ini menggunakan *time history analysis* dengan menggunakan 4 catatan rekaman gempa asli antara lain El Centro, Taiwan, Friuli, dan Sumatera. Untuk perhitungan dalam analisis struktur digunakan *software ETABS* dalam permodelan *3D*. Hasil analisis berikut dihasilkan perpindahan masing-masing tingkat dan simpangan antar tingkat, kemudian digunakan untuk mengendalikan kinerja batas layan, level kinerja struktur dan kinerja batas ultimit. Hasil penelitian ini berdasarkan *time history analysis* pada gempa rencana untuk rekaman gempa El Centro terdapat 3 lantai yang tidak aman pada arah y terhadap kontrol batas layan dan ultimit. Analisis riwayat waktu pada gempa aktual untuk rekaman El Centro terdapat 8 lantai pada arah x dan 7 lantai pada arah y yang tidak aman terhadap kontrol batas layan dan ultimit. Menurut ATC-40, untuk gempa rencana maupun gempa aktual termasuk dalam level kinerja gedung kategori IO (*Immediate Occupancy*). (Pratama dkk., 2014)

Penelitian ini bertujuan memperoleh kota dengan hasil perpindahan aman pada 99 kota besar yang terpilih sesuai Peta Gempa Indonesia 2017 untuk setiap kelas situs SC, SD dan SE. dan memperoleh kota dengan hasil perpindahan tidak aman pada 99 kota besar di Indonesia dengan syarat tidak aman melebihi perpindahan izin.

## 2. Landasan Teori

### *Pembebanan Beban Gravitasi*

Pada perencanaan gedung ini terdapat beberapa beban yang diperhitungkan diantaranya beban hidup, beban mati, dan beban gempa. Beban tersebut direncanakan sesuai dengan SNI 03-1727-1989 mengenai Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung, SNI 1727:2013 mengenai beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain dan SNI 1726:2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.

### *Time History Analysis*

Analisis gempa pada perencanaan ini berdasarkan SNI 1726:2012 dengan kelas situs SC, SD, dan SE menggunakan analisis *Time History* dan diperlukan 3 rekaman gempa asli pada setiap kelas situs. Data rekaman gempa diperoleh dari situs *PEER (Pasific Earthquake Engineering Research Center)*. dengan bantuan program *Seismomatch* data nilai respons spektra yang diambil dari peta gempa Indonesia 2017 dicocokkan dengan data rekaman gempa asli dengan syarat pada setiap pasang gerak tanah harus diskalakan sehingga pada rentang periode dari 0.2T hingga 1.5T.

## 3. Metode Penelitian

### *Tahapan Pengumpulan Data*

Pada penelitian ini data bangunan yang diperoleh merupakan bangunan bertingkat tinggi yang terdiri dari 1 basement dan 8 lantai. Adapun data yang diperoleh dari gambar rencana proyek yaitu denah, detail balok, detail kolom, detail

sloof, dan potongan. Data bangunan tersebut akan diuji di 99 kota besar terpilih sesuai dengan peta gempa Indonesia 2017.

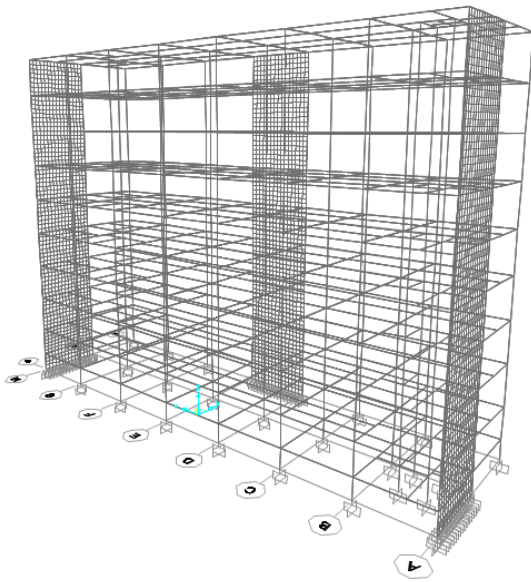
### **Data Teknis**

Adapun data yang diperoleh dari bangunan tersebut, yaitu ;

- Fungsi = Gedung Pendidikan
- Tinggi Bangunan = 35 m (1 *Basement* + 8 Lantai)
- Mutu Beton ( $f_c'$ ) = 25 MPa
- Mutu Tulangan Baja = 400 MPa dan 240 MPa

### **Tahap Permodelan**

Permodelan bangunan pada penelitian ini dimodelkan dalam bentuk 3D dengan bantuan program *SAP 2000*. Dalam pembebanan dihitung berdasarkan SNI 03-1727-1989 “Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung”, SNI 1727:2013 “Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”, dan SNI 1726:2012 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung”.



Gambar 3.1 Desain 3D bangunan dengan bantuan program *SAP2000*

### **Penentuan Beban Gempa Respons Spektra**

Respons spektra ditentukan dengan cara menentukan koordinat pada setiap kota dengan bantuan *Google Maps*. Dari gambar *Google Maps* tersebut digabungkan dengan gambar Peta Gempa Indonesia 2017, untuk *SS* waktu singkat percepatan spektral 0,2 detik dan *S1* Percepatan respons spektra 1 detik. Dari penggabungan 2 gambar tersebut di interpolasi nilai *Ss* dan *S1* dan dilakukan perhitungan sehingga memperoleh hasil grafik hubungan antara Periode (*T*) dan Percepatan Respons Spektra (*Sa*).

### **Pencocokan Respons Spektra**

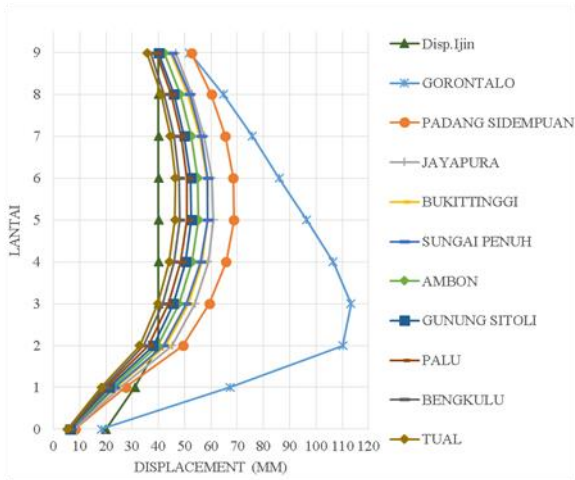
Respons spektra yang telah dihitung dari data yang diperoleh kemudian dicocokkan pada rekaman gempa yang telah di dapat dari situs *PEER (Pasific Earthquake Engineering Research Center)* dengan bantuan program *Seismomatch*.

### **Analisis Time History**

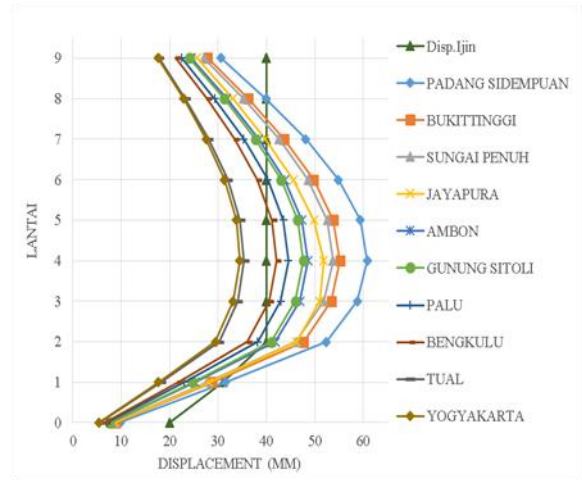
Gedung yang telah didesain dan direncanakan kemudian dianalisis menggunakan *Time History Analysis* dengan menggunakan 3 catatan rekaman gempa pada setiap kelas situsnya.

## **4. Hasil dan Pembahasan**

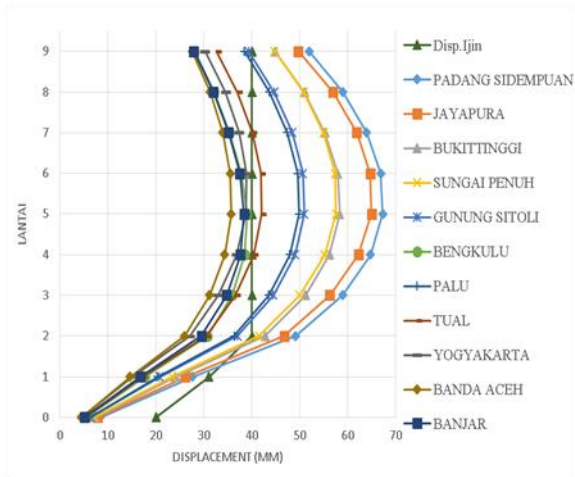
Hasil analisis, perhitungan, dan parameter yang telah didapat tersebut kemudian dibuat grafik hubungan antara *displacement* dengan jumlah lantai dengan batas simpangan antar lantai izin sebagai acuan dalam menentukan apakah struktur tersebut dalam kategori aman atau tidak aman. Dari 99 kota yang terpilih diperlihatkan grafik *displacement* dengan 3 jenis klasifikasi situs (*SC*, *SD*, dan *SE*) berdasarkan catatan rekaman gempa yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 sampai dengan Gambar 4.6.



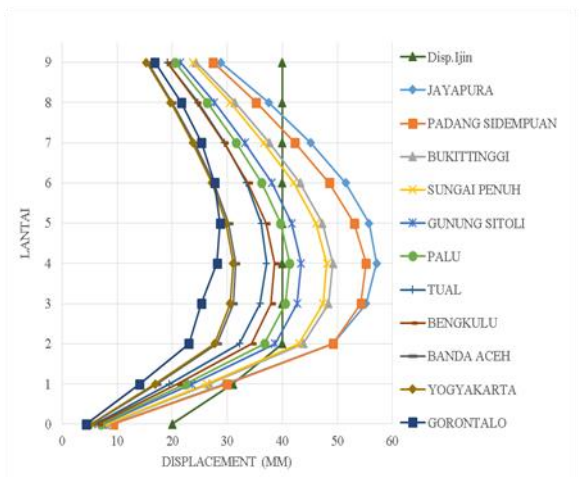
Gambar 4.1 Grafik *displacement* kelas situs SC arah X



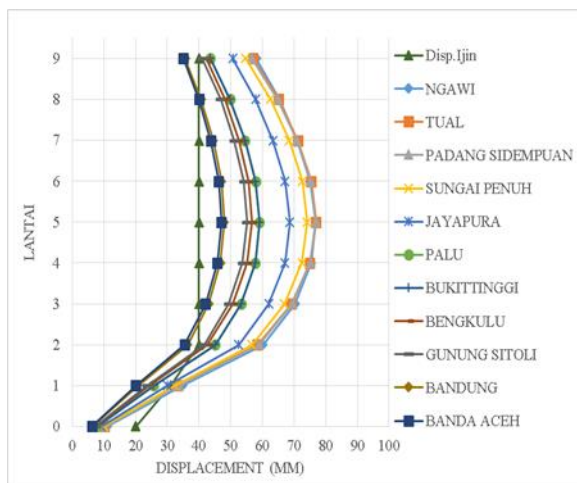
Gambar 4.4 Grafik *displacement* kelas situs SC arah Y



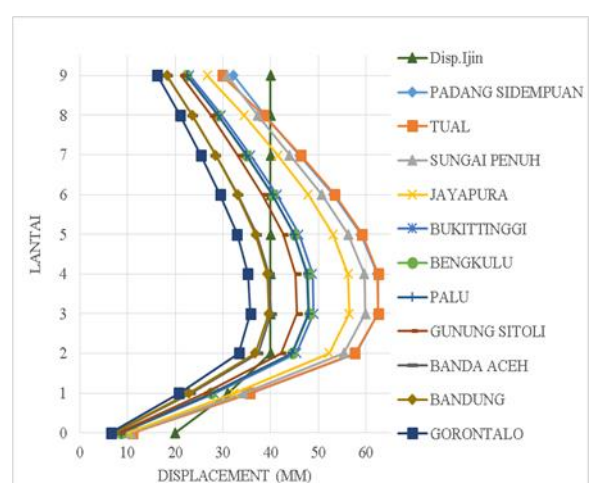
Gambar 4.2 Grafik *displacement* kelas situs SD arah X



Gambar 4.5 Grafik *displacement* kelas situs SD arah Y



Gambar 4.3 Grafik *displacement* kelas situs SE arah X



Gambar 4.6 Grafik *displacement* kelas situs SE arah Y

Dari grafik hubungan antara *displacement* dengan jumlah lantai tersebut terdapat 60 kota dari 99 kota besar di 3 kelas situs. Struktur gedung tersebut mengalami *displacement* yang melebihi simpangan antar lantai izin pada tingkat tertingginya. Setelah analisis *displacement* dilakukan, lalu menselisihkan nilai *displacement* yang melebihi batasan izin dengan batasan simpangan izin kemudian hasil tersebut dibagi dengan batasan simpangan izin kemudian dikalikan 100%. Pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 dapat dilihat daftar pada setiap kota yang memasuki kategori tidak aman.

Tabel 4.1 Daftar nama kota yang masuk kategori tidak aman

No.	Nama Kota	Kelas Situs
1	Ambon	
2	Bengkulu	
3	Bukittinggi	
4	Gorontalo	
5	Gunung Sitoli	
6	Jayapura	SC - X
7	Padang Sidempuan	
8	Palu	
9	Sungai Penuh	
10	Tual	
11	Bengkulu	
12	Palu	
13	Gunung Sitoli	
14	Ambon	
15	Jayapura	SC - Y
16	Sungi Penuh	
17	Bukittinggi	
18	Padang Sidempuan	
19	Bukittinggi	
20	Gunung Sitoli	
21	Jayapura	
22	Padang Sidempuan	SD - X
23	Palu	
24	Sungai Penuh	
25	Tual	

Tabel 4.2 Lanjutan persentase tidak aman terhadap beban gempa

No.	Nama Kota	Kelas Situs
26	Bukittinggi	
27	Gunung Sitoli	
28	Jayapura	
29	Padang Sidempuan	SD - Y
30	Palu	
31	Sungai Penuh	
32	Banda Aceh	
33	Bandung	
34	Bengkulu	
35	Bukittinggi	
36	Gunung Sitoli	
37	Jayapura	
38	Ngawi	SE - X
39	Padang Sidempuan	
40	Palu	
41	Sungi Penuh	
42	Tual	
43	Gorontalo	
44	Padang	
45	Banda Aceh	
46	Bengkulu	
47	Bukittinggi	
48	Gunung Sitoli	
49	Jayapura	SE - Y
50	Padang Sidempuan	
51	Palu	
52	Sungi Penuh	
53	Tual	

Terdapat juga 83 kota yang tidak melebihi batas aman. Berikut merupakan daftar kota yang aman terhadap beban gempa tersebut, yang dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Daftar kota yang masuk dalam kategori aman

No.	Nama Kota	No.	Nama Kota
1	Bandar Lampung	31	Kotamubagu
2	Banjar	32	Kudus
3	Banyuwangi	33	Kupang
4	Bekasi	34	Lahat
5	Bima	35	Langsa
6	Blora	36	Lhokseumawe
7	Bogor	37	Lumajang
8	Bondowoso	38	Madiun
9	Brebes	39	Magelang
10	Cilacap	40	Makasar
11	Cilegon	41	Malang
12	Cimahi	42	Manado
13	Cirebon	43	Mataram
14	Denpasar	44	Medan
15	Depok	45	Metro
16	Dumai	46	Mojokerto
17	Fakfak	47	Pacitan
18	Genteng	48	Palembang
19	Indramayu	49	Pamekasan
20	Jakarta Barat	50	Pandeglang
21	Jakarta Pusat	51	Pangkal Pinang
22	Jakarta Selatan	52	Pasuruan
23	Jakarta Timur	53	Pekalongan
24	Jakarta Utara	54	Pekanbaru
25	Jambi	55	Pemalang
26	Jember	56	Pematang Siantar
27	Jepara	57	Ponorogo
28	Kebumen	58	Probolinggo
29	Kediri	59	Purwakarta
30	Kendari	60	Purwodadi

Tabel 4.4 Lanjutan Daftar kota yang tidak aman terhadap beban gempa

No.	Nama Kota
61	Pagar Alam
62	Purwokerto
63	Salatiga
64	Samarinda
65	Semarang
66	Serang
67	Singkang
68	Situbondo
69	Sorong
70	Sukabumi
71	Surabaya
72	Surakarta
73	Tangerang
74	Tangerang Selatan
75	Tanjung Pandan
76	Tasikmalaya
77	Tegal
78	Tidore Kep.
79	Tomohon
80	Trenggalek
81	Tuban
82	Tulungagung
83	Tutut
84	Wonosobo
85	Yogyakarta

Berikut ini dapat dilihat pada Tabel 4.5 sampai dengan 4.22 merupakan tabel urutan hasil perpindahan dengan cara pembacaan mulai dari kategori 1 mulai dari urutan 1 ke-11 lalu dilanjutkan ke kategori 2 dari urutan 1 ke-11 dan seterusnya. Petunjuk warna juga dapat dilihat pada Gambar 4.7 sampai dengan Gambar 4.15 untuk setiap lantai dan kelas situs.



Tabel 4.5 Urutan kota kelas situs (SC) arah x lantai 3

SC - X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kategori 1	Tanjung Pandan	Samarinda	Makasar	Pangkalpinang	Dumai	Palembang	Jepara	Jambi	Kendari	Singkang	Jakarta Pusat
Kategori 2	Pekanbaru	Ponorogo	Tuban	Indramayu	Situbondo	Pekalongan	Pamekasan	Kudus	Bloro	Pemalang	Tegal
Kategori 3	Fakfak	Pasuruan	Brebes	Probolinggo	Lumajang	Kupang	Purwodadi	Bondowoso	Surabaya	Cirebon	Langsa
Kategori 4	Semarang	Medan	Metro	Banyuwangi	Tidore Kepulauan	Purwakarta	Jakarta Timur	Serang	Pematang Siantar	Bekasi	Depok
Kategori 5	Surakarta	Jakarta Utara	Tangerang Selatan	Jakarta Barat	Mataram	Mojokerto	Cilegon	Ngawi	Bima	Genteng	Jember
Kategori 6	Jakarta Selatan	Purwokerto	Tangerang	Malang	Salatiga	Magelang	Manado	Banjär	Madiun	Denpasar	Tomohon
Kategori 7	Kediri	Wonosobo	Kebumen	Tulungagung	Cilacap	Bandar Lampung	Pandeglang	Trenggalek	Tasikmalaya	Lhoeksumawe	Lahat
Kategori 8	Bogor	Pacitan	Sukabumi	Kotamubagi	Bandung	Sorong	Padang	Tutut	Cimahi	Padgar Alam	Yogyakarta
Kategori 9	Banda Aceh	Tual	Bengkulu	Palu	Gunung Sitoli	Ambon	Sungi Penuh	Bukittinggi	Jayapura	Padang Sidempuan	Gorontalo

Tabel 4.6 Urutan kota kelas situs (SC) arah y lantai 3

SC - Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kategori 1	Tanjung Pandan	Makasar	Samarinda	Pangkalpinang	Dumai	Jepara	Palembang	Kendari	Singkang	Jambi	Jakarta Pusat
Kategori 2	Pekanbaru	Indramayu	Tuban	Ponorogo	Situbondo	Pamekasan	Pekalongan	Pemalang	Bloro	Fakfak	Kudus
Kategori 3	Langsa	Tegal	Probolinggo	Kupang	Brebes	Purwodadi	Pasuruan	Surabaya	Cirebon	Semarang	Lumajang
Kategori 4	Medan	Bondowoso	Salatiga	Depok	Metro	Pematang	Jakarta Utara	Bekasi	Banyuwangi	Purwakarta	Jakarta Barat
Kategori 5	Tidore Kepulauan	Jakarta Timur	Ngawi	Mojokerto	Serang	Purwokerto	Cilegon	Jakarta Selatan	Surakarta	Tangerang Selatan	Jember
Kategori 6	Tangerang	Magelang	Malang	Bima	Madiun	Mataram	Manado	Genteng	Kediri	Tomohon	Wonosobo
Kategori 7	Kebumen	Banjär	Denpasar	Bandar Lampung	Pacitan	Bandung	Lahat	Tulungagung	Cilacap	Pandeglang	Trenggalek
Kategori 8	Bogor	Tasikmalaya	Lhoeksumawe	Kotamubagi	Sukabumi	Sorong	Cimahi	Tutut	Padang	Padgar Alam	Gorontalo
Kategori 9	Banda Aceh	Yogyakarta	Tual	Bengkulu	Palu	Gunung Sitoli	Ambon	Jayapura	Sungi Penuh	Bukittinggi	Padang Sidempuan



Gambar 4.7 Petunjuk warna nilai perpindahan tanah keras (SC) lantai 3

Tabel 4.7 Urutan kota kelas situs (SC) arah x lantai 4

SC X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kategori 1	Tanjung Pandan	Makasar	Pangkal Pinang	Samarinda	Dumai	Palembang	Jepara	Jambi	Kendari	Singkang	Jakarta Pusat
Kategori 2	Pekanbaru	Ponorogo	Tuban	Indramayu	Situbondo	Pekalongan	Pamekasan	Bloro	Pemalang	Kudus	Fakfak
Kategori 3	Tegal	Pasuruan	Brebes	Probolinggo	Kupang	Surabaya	Cirebon	Lumajang	Purwodadi	Bondowoso	Langsa
Kategori 4	Semarang	Medan	Metro	Banyuwangi	Tidore Kep.	Purwakarta	Pematang Siantar	Jakarta Timur	Bekasi	Serang	Jakarta Utara
Kategori 5	Jakarta Barat	Depok	Mojokerto	Ngawi	Surakarta	Tangerang Selatan	Jakarta Selatan	Mataram	Purwokerto	Tangerang	Cilegon
Kategori 6	Bima	Genteng	Jember	Magelang	Salatiga	Manado	Madiun	Malang	Banjär	Denpasar	Tomohon
Kategori 7	Kediri	Wonosobo	Kebumen	Tulungagung	Cilacap	Bandar Lampung	Pandeglang	Lahat	Trenggalek	Tasikmalaya	Lhoeksumawe
Kategori 8	Bogor	Pacitan	Sukabumi	Kotamubagi	Bandung	Sorong	Padang	Cimahi	Tutut	Padang	Yogyakarta
Kategori 9	Banda Aceh	Tual	Bengkulu	Palu	Gunung Sitoli	Ambon	Sungai Penuh	Bukittinggi	Jayapura	Padang Sidempuan	Gorontalo

Tabel 4.8 Urutan kota kelas situs (SC) arah y lantai 4

SC Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kategori 1	Tanjung Pandan	Makasar	Samarinda	Pangkal Pinang	Dumai	Jepara	Palembang	Kendari	Singkang	Jambi	Jakarta Pusat
Kategori 2	Pekanbaru	Indramayu	Tuban	Ponorogo	Situbondo	Pamekasan	Pekalongan	Langsa	Pemalang	Bloro	Fakfak
Kategori 3	Kudus	Tegal	Probolinggo	Kupang	Brebes	Purwodadi	Pasuruan	Surabaya	Cirebon	Semarang	Lumajang
Kategori 4	Medan	Bondowoso	Depok	Salatiga	Metro	Pematang Siantar	Jakarta Utara	Bekasi	Purwakarta	Banyuwangi	Jakarta Barat
Kategori 5	Jakarta Timur	Tidore Kep.	Ngawi	Mojokerto	Serang	Purwokerto	Cilegon	Jakarta Selatan	Surakarta	Tangerang Selatan	Jember
Kategori 6	Tangerang	Magelang	Malang	Madiun	Bima	Mataram	Manado	Wonosobo	Genteng	Kediri	Tomohon
Kategori 7	Kebumen	Banjär	Bandar Lampung	Denpasar	Pacitan	Bandung	Lahat	Tulungagung	Pandeglang	Cilacap	Trenggalek
Kategori 8	Bogor	Tasikmalaya	Lhoeksumawe	Kotamubagi	Sukabumi	Sorong	Cimahi	Tutut	Padang	Pagar Alam	Gorontalo
Kategori 9	Banda Aceh	Yogyakarta	Tual	Bengkulu	Palu	Gunung Sitoli	Ambon	Jayapura	Sungai Penuh	Bukittinggi	Padang Sidempuan



Gambar 4.8 Petunjuk warna nilai perpindahan tanah keras (SC) lantai 4

Tabel 4.9 Urutan kota kelas situs (SC) arah x lantai 5

SC X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kategori 1	Tanjung Pandan	Makasar	Pangkal Pinang	Samarinda	Dumai	Jebara	Palembang	Kendari	Jambi	Singgang	Jakarta Pusat
Kategori 2	Pekanbaru	Ponorogo	Tuban	Indramayu	Situbondo	Pekalongan	Pamekasan	Pemalang	Blora	Fakfak	Kudus
Kategori 3	Tegal	Pasuruan	Brebes	Probolinggo	Kupang	Surabaya	Cirebon	Semarang	Purwodadi	Medan	Lumajang
Kategori 4	Bondowoso	Langsa	Metro	Pematang Siantar	Bekasi	Tidore Kep.	Jakarta Utara	Purwakarta	Jakarta Barat	Jakarta Timur	Mojokerto
Kategori 5	Serang	Ngawi	Depok	Jakarta Selatan	Purwokerto	Sorong	Surakarta	Tangerang	Tangerang Selatan	Mataram	Manado
Kategori 6	Magelang	Salatiga	Cilegon	Bima	Madiun	Genteng	Jember	Banyuwangi	Malang	Tomohon	Wonosobo
Kategori 7	Kediri	Banjarnegara	Denpasar	Kebumen	Bandar Lampung	Tulungagung	Cilacap	Lahat	Pandeglang	Trenggalek	Tasikmalaya
Kategori 8	Lhokseumawe	Bogor	Pacitan	Sukabumi	Kotamubagu	Tutut	Bandung	Padang	Cimahi	Pagar Alam	Yogyakarta
Kategori 9	Banda Aceh	Tual	Bengkulu	Pahu	Gunung Sitoli	Ambon	Bukittinggi	Sungi Penuh	Jayapura	Padang Sidempuan	Gorontalo

Tabel 4.10 Urutan kota kelas situs (SC) arah y lantai 5

SC Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kategori 1	Tanjung Pandan	Makasar	Samarinda	Pangkal Pinang	Dumai	Jebara	Palembang	Kendari	Singgang	Jambi	Jakarta Pusat
Kategori 2	Pekanbaru	Indramayu	Tuban	Ponorogo	Situbondo	Langsa	Pamekasan	Pekalongan	Pemalang	Blora	Fakfak
Kategori 3	Kudus	Probolinggo	Tegal	Kupang	Brebes	Pasuruan	Purwodadi	Cirebon	Surabaya	Semarang	Medan
Kategori 4	Lumajang	Bondowoso	Depok	Salatiga	Pematang Siantar	Metro	Jakarta Utara	Bekasi	Purwakarta	Jakarta Barat	Jakarta Timur
Kategori 5	Ngawi	Tidore Kep.	Mojokerto	Serang	Purwokerto	Cilegon	Jakarta Selatan	Surakarta	Tangerang	Tangerang Selatan	Jember
Kategori 6	Banyuwangi	Sorong	Wonosobo	Magelang	Malang	Madiun	Bima	Mataram	Manado	Genteng	Kediri
Kategori 7	Tomohon	Kebumen	Banjarnegara	Bandar Lampung	Denpasar	Pacitan	Bandung	Lahat	Tulungagung	Pandeglang	Cilacap
Kategori 8	Trenggalek	Bogor	Tasikmalaya	Lhokseumawe	Kotamubagu	Sukabumi	Cimahi	Tutut	Padang	Pagar Alam	Gorontalo
Kategori 9	Banda Aceh	Yogyakarta	Tual	Bengkulu	Pahu	Gunung Sitoli	Ambon	Jayapura	Sungi Penuh	Bukittinggi	Padang Sidempuan



Gambar 4.9 Petunjuk warna nilai perpindahan tanah keras (SC) lantai 5

Tabel 4.11 Urutan kota kelas situs (SD) arah x lantai 3

SD - X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kategori 1	Tanjung Pandan	Makasar	Samarinda	Pangkal pinang	Kendari	Dumai	Palembang	Jebara	Jambi	Singgang	Pekanbaru
Kategori 2	Jakarta Pusat	Tuban	Indramayu	Pamekasan	Situbondo	Pekalongan	Pemalang	Blora	Fakfak	Kudus	Kupang
Kategori 3	Tegal	Pasuruan	Probolinggo	Langsa	Brebes	Cirebon	Bondowoso	Surabaya	Semarang	Lumajang	Metro
Kategori 4	Wonosobo	Cilacap	Pematang	Medan	Purwakarta	Tidore Kepulauan	Bekasi	Banyuwangi	Jakarta Timur	Jakarta Barat	Mojokerto
Kategori 5	Ngawi	Cilegon	Bima	Serang	Jakarta Utara	Purwodadi	Mataram	Jakarta Selatan	Jember	Genteng	Surakarta
Kategori 6	Purwokerto	Tangerang	Ambon	Malang	Magelang	Manado	Madiun	Depok	Tomohon	Kediri	Kebumen
Kategori 7	Ponorogo	Bogor	Tasikmalaya	Tulungagung	Pandeglang	Trenggalek	Bandar Lampung	Lahat	Salatiga	Kotamubagi	Denpasar
Kategori 8	Lhokseumawe	Tangerang Selatan	Sukabumi	Bandung	Sorong	Pacitan	Padang Alam	Tutut	Cimahi	Padang	Gorontalo
Kategori 9	Banda Aceh	Yogyakarta	Banjarnegara	Bengkulu	Tual	Pahu	Gunung Sitoli	Sungi Penuh	Bukittinggi	Jayapura	Padang Sidempuan

Tabel 4.12 Urutan kota kelas situs (SD) arah y lantai 3

SD - Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kategori 1	Tanjung Pandan	Makasar	Samarinda	Pangkal pinang	Kendari	Dumai	Palembang	Jambi	Jebara	Pekanbaru	Singgang
Kategori 2	Jakarta Pusat	Tuban	Indramayu	Pamekasan	Pekalongan	Situbondo	Pemalang	Blora	Fakfak	Kudus	Tegal
Kategori 3	Pasuruan	Probolinggo	Langsa	Brebes	Kupang	Cirebon	Surabaya	Bondowoso	Semarang	Lumajang	Wonosobo
Kategori 4	Metro	Cilacap	Pematang	Banyuwangi	Bekasi	Purwakarta	Jakarta Timur	Purwodadi	Tidore Kepulauan	Jakarta Barat	Serang
Kategori 5	Jakarta Utara	Ngawi	Cilegon	Mojokerto	Jakarta Selatan	Surakarta	Tangerang Selatan	Purwokerto	Tangerang	Jember	Magelang
Kategori 6	Malang	Bima	Depok	Mataram	Genteng	Medan	Madiun	Manado	Ambon	Tomohon	Kediri
Kategori 7	Banjarnegara	Kebumen	Salatiga	Ponorogo	Denpasar	Tasikmalaya	Bogor	Bandar Lampung	Tulungagung	Pandeglang	Trenggalek
Kategori 8	Lahat	Lhokseumawe	Sorong	Bandung	Pacitan	Padang	Kotamubagi	Sukabumi	Cimahi	Tutut	Gorontalo
Kategori 9	Pagar Alam	Yogyakarta	Banda Aceh	Tual	Bengkulu	Pahu	Gunung Sitoli	Sungi Penuh	Bukittinggi	Padang Sidempuan	Jayapura



Gambar 4.10 Petunjuk warna nilai perpindahan tanah sedang (SD) lantai 3

Tabel 4.13 Urutan kota kelas situs (SD) arah x lantai 4

SD X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kategori 1	Tanjung Pandan	Makasar	Samarinda	Pangkal Pinang	Kendari	Dumai	Palembang	Jepara	Jambi	Singkang	Pekanbaru
Kategori 2	Tuban	Jakarta Pusat	Indramayu	Situbondo	Pamekasan	Pekalongan	Pemalang	Blora	Kudus	Fakfak	Tegal
Kategori 3	Kupang	Pasuruan	Probolinggo	Brebes	Langsa	Cirebon	Bondowoso	Surabaya	Semarang	Lumajang	Metro
Kategori 4	Wonosobo	Pematang Siantar	Tidore Kep.	Purwakarta	Bekasi	Medan	Banyuwangi	Jakarta Timur	Jakarta Utara	Jakarta Barat	Ngawi
Kategori 5	Mojokerto	Cilegon	Bima	Serang	Cilacap	Mataram	Jakarta Selatan	Genteng	Jember	Surakarta	Purwokerto
Kategori 6	Tangerang	Manado	Malang	Magelang	Ambon	Depok	Madiun	Purwodadi	Tomohon	Kediri	Kebumen
Kategori 7	Ponorogo	Bogor	Tulungagung	Pandeglang	Trenggalek	Bandar Lampung	Lahat	Tasikmalaya	Denpasar	Kotamubagu	Salatiga
Kategori 8	Tangerang Selatan	Lhokseumawe	Sukabumi	Bandung	Sorong	Tutut	Pacitan	Pagar Alam	Cimahi	Padang	Gorontalo
Kategori 9	Banda Aceh	Yogyakarta	Banjarnegara	Bengkulu	Tual	Palu	Gunung Sitoli	Sungai Penuh	Bukittinggi	Jayapura	Padang Sidempuan

Tabel 4.14 Urutan kota kelas situs (SD) arah y lantai 4

SD Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kategori 1	Tanjung Pandan	Makasar	Samarinda	Pangkal Pinang	Kendari	Dumai	Palembang	Jambi	Jepara	Pekanbaru	Singkang
Kategori 2	Jakarta Pusat	Tuban	Indramayu	Pamekasan	Situbondo	Pekalongan	Pemalang	Blora	Fakfak	Kudus	Tegal
Kategori 3	Langsa	Pasuruan	Probolinggo	Brebes	Kupang	Cirebon	Surabaya	Bondowoso	Semarang	Lumajang	Wonosobo
Kategori 4	Metro	Cilacap	Pematang Siantar	Bekasi	Banyuwangi	Purwakarta	Jakarta Utara	Jakarta Timur	Tidore Kep.	Jakarta Barat	Ngawi
Kategori 5	Serang	Surakarta	Cilegon	Mojokerto	Jakarta Selatan	Purwokerto	Tangerang Selatan	Tangerang	Jember	Depok	Magelang
Kategori 6	Malang	Bima	Mataram	Medan	Genteng	Madiun	Manado	Kediri	Purwodadi	Ambon	Tomohon
Kategori 7	Banjarnegara	Kebumen	Ponorogo	Denpasar	Tasikmalaya	Bogor	Bandar Lampung	Tulungagung	Pandeglang	Trenggalek	Lahat
Kategori 8	Salatiga	Lhokseumawe	Pacitan	Bandung	Padang	Kotamubagu	Sorong	Sukabumi	Cimahi	Tutut	Pagar Alam
Kategori 9	Gorontalo	Yogyakarta	Banda Aceh	Tual	Bengkulu	Palu	Gunung Sitoli	Sungai Penuh	Bukittinggi	Padang Sidempuan	Jayapura



Gambar 4.11 Petunjuk warna nilai perpindahan tanah sedang (SD) lantai 4

Tabel 4.15 Urutan kota kelas situs (SD) arah x lantai 5

SD X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kategori 1	Tanjung Pandan	Makasar	Samarinda	Pangkal Pinang	Kendari	Palembang	Dumai	Jepara	Jambi	Singkang	Pekanbaru
Kategori 2	Tuban	Jakarta Pusat	Indramayu	Situbondo	Pamekasan	Pekalongan	Pemalang	Blora	Kudus	Fakfak	Tegal
Kategori 3	Pasuruan	Brebes	Probolinggo	Langsa	Kupang	Cirebon	Bondowoso	Surabaya	Semarang	Lumajang	Metro
Kategori 4	Wonosobo	Pematang Siantar	Tidore Kep.	Purwakarta	Bekasi	Medan	Jakarta Timur	Jakarta Utara	Jakarta Barat	Cilegon	Ngawi
Kategori 5	Serang	Mojokerto	Genteng	Jakarta Selatan	Jember	Banyuwangi	Surakarta	Purwokerto	Sorong	Manado	Cilacap
Kategori 6	Malang	Magelang	Depok	Bima	Madiun	Tomohon	Kediri	Kebumen	Mataram	Ponorogo	Bogor
Kategori 7	Purwodadi	Tulungagung	Pandeglang	Trenggalek	Bandar Lampung	Ambon	Lahat	Tasikmalaya	Denpasar	Kotamubagu	Tangerang
Kategori 8	Tangerang Selatan	Salatiga	Lhokseumawe	Sukabumi	Bandung	Tutut	Pagar Alam	Pacitan	Cimahi	Padang	Gorontalo
Kategori 9	Banda Aceh	Banjarnegara	Yogyakarta	Bengkulu	Tual	Palu	Gunung Sitoli	Sungai Penuh	Bukittinggi	Jayapura	Padang Sidempuan

Tabel 4.16 Urutan kota kelas situs (SD) arah y lantai 5

SD Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kategori 1	Tanjung Pandan	Makasar	Samarinda	Pangkal Pinang	Kendari	Dumai	Palembang	Jambi	Jepara	Pekanbaru	Singkang
Kategori 2	Jakarta Pusat	Tuban	Indramayu	Pamekasan	Situbondo	Pekalongan	Pemalang	Blora	Fakfak	Kudus	Tegal
Kategori 3	Langsa	Pasuruan	Probolinggo	Brebes	Kupang	Cirebon	Surabaya	Bondowoso	Semarang	Lumajang	Wonosobo
Kategori 4	Metro	Cilacap	Pematang Siantar	Bekasi	Purwakarta	Jakarta Utara	Jakarta Timur	Tidore Kep.	Jakarta Barat	Ngawi	Serang
Kategori 5	Surakarta	Cilegon	Mojokerto	Jakarta Selatan	Purwokerto	Tangerang	Tangerang Selatan	Sorong	Jember	Banyuwangi	Depok
Kategori 6	Magelang	Malang	Genteng	Medan	Bima	Mataram	Madiun	Manado	Kediri	Ambon	Tomohon
Kategori 7	Banjarnegara	Kebumen	Ponorogo	Denpasar	Tasikmalaya	Bogor	Bandar Lampung	Tulungagung	Pandeglang	Trenggalek	Purwodadi
Kategori 8	Lahat	Lhokseumawe	Salatiga	Pacitan	Bandung	Kotamubagu	Sukabumi	Padang	Cimahi	Tutut	Pagar Alam
Kategori 9	Gorontalo	Yogyakarta	Banda Aceh	Tual	Bengkulu	Palu	Gunung Sitoli	Sungai Penuh	Bukittinggi	Padang Sidempuan	Jayapura



Gambar 4.12 Petunjuk warna nilai perpindahan tanah sedang (SD) lantai 5

Tabel 4.17 Urutan kota kelas situs (SE) arah x lantai 3

SE - X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kategori 1	Tanjung Pandan	Makasar	Pangkal pinang	Samarinda	Dumai	Pasuruan	Wonosobo	Palembang	Jambi	Pemalang	Pekanbaru
Kategori 2	Jepara	Tuban	Indramayu	Kediri	Kendari	Singkarang	Medan	Purwodadi	Jakarta Pusat	Fakfak	Salatiga
Kategori 3	Pamekasan	Pematang	Blora	Langsa	Pekalongan	Kudus	Jakarta Selatan	Jakarta Timur	Jakarta Barat	Tangerang	Surakarta
Kategori 4	Purwokerto	Bekasi	Madiun	Cirebon	Purwakarta	Magelang	Surabaya	Jakarta Utara	Tegal	Situbondo	Tangerang Selatan
Kategori 5	Mojokerto	Malang	Mataram	Depok	Bondowoso	Serang	Bima	Tidore Kepulauan	Kupang	Lumajang	Bogor
Kategori 6	Ponorogo	Semarang	Probolinggo	Kebumen	Banjarnegara	Tasikmalaya	Cilacap	Denpasar	Bandar Lampung	Ambon	Manado
Kategori 7	Lahat	Tomohon	Tutut	Brebes	Metro	Cilegon	Trenggalek	Tulungagung	Pandeglang	Genteng	Sorong
Kategori 8	Kotamubagu	Cimahi	Jember	Banyuwangi	Lhoeksumawe	Padgar Alam	Pacitan	Sukabumi	Yogyakarta	Padang	Gorontalo
Kategori 9	Banda Aceh	Bandung	Gunung Sitoli	Bengkulu	Bukittinggi	Palu	Jayapura	Sungi Penuh	Tual	Padang Sidempuan	Ngawi

Tabel 4.18 Urutan kota kelas situs (SE) arah y lantai 3

SE - Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kategori 1	Tanjung Pandan	Pangkal pinang	Samarinda	Makasar	Dumai	Palembang	Pasuruan	Jambi	Pekanbaru	Wonosobo	Jepara
Kategori 2	Kediri	Pemalang	Ngawi	Indramayu	Tuban	Bandar Lampung	Kendari	Fakfak	Singkarang	Pamekasan	Blora
Kategori 3	Kudus	Pekalongan	Cirebon	Medan	Jakarta Selatan	Brebes	Jakarta Timur	Purwokerto	Tangerang	Jakarta Barat	Depok
Kategori 4	Magelang	Tegal	Purwakarta	Surakarta	Surabaya	Purwodadi	Bekasi	Langsa	Jakarta Utara	Bogor	Situbondo
Kategori 5	Manado	Tasikmalaya	Cilacap	Ponorogo	Ambon	Kebumen	Banjarnegara	Tomohon	Tangerang Selatan	Mojokerto	Denpasar
Kategori 6	Malang	Salatiga	Pematang	Kupang	Lumajang	Semarang	Serang	Mataram	Bima	Tidore Kepulauan	Bondowoso
Kategori 7	Probolinggo	Madiun	Lahat	Tutut	Metro	Cilegon	Tulungagung	Pandeglang	Trenggalek	Genteng	Jakarta Pusat
Kategori 8	Kotamubagu	Cimahi	Banyuwangi	Jember	Lhoeksumawe	Padgar Alam	Sukabumi	Pacitan	Sorong	Yogyakarta	Padang
Kategori 9	Gorontalo	Bandung	Banda Aceh	Gunung Sitoli	Palu	Bengkulu	Bukittinggi	Jayapura	Sungi Penuh	Padang Sidempuan	Tual



Gambar 4.13 Petunjuk warna nilai perpindahan tanah lunak (SE) lantai 3

Tabel 4.19 Urutan kota kelas situs (SE) arah x lantai 4

SE X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kategori 1	Tanjung Pandan	Pangkal Pinang	Makasar	Samarinda	Dumai	Pasuruan	Wonosobo	Palembang	Jambi	Pemalang	Pekanbaru
Kategori 2	Jepara	Tuban	Kediri	Indramayu	Medan	Jakarta Pusat	Kendari	Singkarang	Pematang Siantar	Fakfak	Purwodadi
Kategori 3	Salatiga	Pamekasan	Blora	Pekalongan	Kudus	Jakarta Selatan	Madiun	Jakarta Timur	Jakarta Barat	Surakarta	Tangerang
Kategori 4	Purwokerto	Bekasi	Cirebon	Depok	Probolinggo	Purwakarta	Magelang	Jakarta Utara	Surabaya	Tegal	Langsa
Kategori 5	Bandar Lampung	Situbondo	Tangerang Selatan	Mojokerto	Malang	Mataram	Serang	Bima	Tidore Kep.	Kupang	Bogor
Kategori 6	Ponorogo	Lumajang	Semarang	Kebumen	Banjarnegara	Tasikmalaya	Brebes	Cilacap	Denpasar	Lahat	Manado
Kategori 7	Ambon	Bondowoso	Tomohon	Tutut	Trenggalek	Metro	Cilegon	Tulungagung	Pandeglang	Genteng	Sorong
Kategori 8	Kotamubagu	Cimahi	Banyuwangi	Jember	Lhoeksumawe	Pagar Alam	Pacitan	Sukabumi	Yogyakarta	Padang	Gorontalo
Kategori 9	Banda Aceh	Bandung	Gunung Sitoli	Bengkulu	Bukittinggi	Palu	Jayapura	Sungai Penuh	Tual	Padang Sidempuan	Ngawi

Tabel 4.20 Urutan kota kelas situs (SE) arah y lantai 4

SE Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kategori 1	Tanjung Pandan	Samarinda	Pangkal Pinang	Makasar	Dumai	Palembang	Pasuruan	Jambi	Pekanbaru	Wonosobo	Jepara
Kategori 2	Pemalang	Kediri	Tuban	Indramayu	Kendari	Ngawi	Fakfak	Singkarang	Blora	Pamekasan	Kudus
Kategori 3	Cirebon	Pekalongan	Brebes	Medan	Jakarta Selatan	Bandar Lampung	Jakarta Timur	Tangerang	Purwokerto	Langsa	Jakarta Barat
Kategori 4	Depok	Magelang	Tegal	Purwakarta	Surakarta	Surabaya	Purwodadi	Bekasi	Jakarta Utara	Situbondo	Bogor
Kategori 5	Manado	Ponorogo	Tasikmalaya	Cilacap	Ambon	Kebumen	Banjarnegara	Tomohon	Tangerang Selatan	Pematang Siantar	Mojokerto
Kategori 6	Malang	Denpasar	Salatiga	Kupang	Bondowoso	Lumajang	Serang	Mataram	Semarang	Bima	Tidore Kep.
Kategori 7	Madiun	Probolinggo	Lahat	Metro	Tutut	Cilegon	Pandeglang	Tulungagung	Genteng	Trenggalek	Jakarta Pusat
Kategori 8	Kotamubagu	Cimahi	Banyuwangi	Jember	Lhoeksumawe	Pagar Alam	Pacitan	Sukabumi	Sorong	Yogyakarta	Padang
Kategori 9	Gorontalo	Bandung	Banda Aceh	Gunung Sitoli	Palu	Bengkulu	Bukittinggi	Jayapura	Sungai Penuh	Padang Sidempuan	Tual



Gambar 4.14 Petunjuk warna nilai perpindahan tanah lunak (SE) lantai 4

Tabel 4.21 Urutan kota kelas situs (SE) arah x lantai 5

SE X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kategori 1	Tanjung Pandan	Pangkal Pinang	Samarinda	Makasar	Dumai	Wonosobo	Pasuruan	Palembang	Jambi	Pemalang	Pekanbaru
Kategori 2	Jepara	Kediri	Indramayu	Tuban	Jakarta Pusat	Medan	Kendari	Singkang	Fakfak	Purwodadi	Salatiga
Kategori 3	Pamekasan	Blora	Pekalongan	Pematang Siantar	Kudus	Jakarta Selatan	Jakarta Timur	Jakarta Barat	Surakarta	Sorong	Purwokerto
Kategori 4	Bekasi	Cirebon	Brebes	Purwakarta	Magelang	Jakarta Utara	Surabaya	Tegal	Tangerang	Tangerang Selatan	Mojokerto
Kategori 5	Situbondo	Malang	Langsa	Mataram	Serang	Bima	Tidore Kep.	Bogor	Kupang	Ponorogo	Lumajang
Kategori 6	Probolinggo	Semarang	Madiun	Depok	Banjarnegara	Kebumen	Tasikmalaya	Cilacap	Denpasar	Bandar Lampung	Manado
Kategori 7	Ambon	Tomohon	Lahat	Bondowoso	Tutut	Trenggalek	Metro	Cilegon	Tulungagung	Pandeglang	Genteng
Kategori 8	Kotamubagu	Cimahi	Jember	Banyuwangi	Pagar Alam	Lhokseumawe	Pacitan	Sukabumi	Yogyakarta	Padang	Gorontalo
Kategori 9	Banda Aceh	Bandung	Gunung Sitoli	Bengkulu	Bukittinggi	Palu	Jayapura	Sungi Penuh	Ngawi	Padang Sidempuan	Tual

Tabel 4.22 Urutan kota kelas situs (SE) arah y lantai 5

SE Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kategori 1	Tanjung Pandan	Samarinda	Pangkal Pinang	Makasar	Palembang	Dumai	Pasuruan	Jambi	Pekanbaru	Jepara	Wonosobo
Kategori 2	Indramayu	Pemalang	Kendari	Tuban	Fakfak	Singkang	Kediri	Blora	Pamekasan	Kudus	Cirebon
Kategori 3	Pekalongan	Brebes	Medan	Ngawi	Langsa	Jakarta Selatan	Jakarta Timur	Sorong	Purwokerto	Jakarta Barat	Magelang
Kategori 4	Purwakarta	Tegal	Surakarta	Depok	Surabaya	Purwodadi	Bekasi	Jakarta Utara	Situbondo	Bogor	Manado
Kategori 5	Pematang Siantar	Ponorogo	Bondowoso	Tasikmalaya	Ambon	Cilacap	Banjarnegara	Kebumen	Tangerang	Tangerang Selatan	Tomohon
Kategori 6	Mojokerto	Malang	Denpasar	Salatiga	Kupang	Lumajang	Mataram	Serang	Semarang	Madiun	Bima
Kategori 7	Tidore Kep.	Probolinggo	Lahat	Metro	Tutut	Bandar Lampung	Cilegon	Tulungagung	Pandeglang	Genteng	Trenggalek
Kategori 8	Jakarta Pusat	Kotamubagu	Cimahi	Jember	Banyuwangi	Lhokseumawe	Pagar Alam	Pacitan	Sukabumi	Yogyakarta	Padang
Kategori 9	Gorontalo	Bandung	Banda Aceh	Gunung Sitoli	Palu	Bengkulu	Bukittinggi	Jayapura	Sungi Penuh	Padang Sidempuan	Tual



Gambar 4.15 Petunjuk warna nilai perpindahan tanah lunak (SE) lantai 5

## 5. Kesimpulan

- Didapatkan hasil nilai hubungan antara displacement dengan jumlah lantai didapat disimpulkan bahwa terdapat 85 kota yang direncanakan pada penelitian ini tidak melebihi dari simpangan antar lantai pada 3 kelas situs yaitu SC, SD, dan SE.
- Dari parameter yang telah didapatkan, terdapat 53 kota yang memasuki kategori tidak aman. Kelas situs SC terdapat 25 kota memasuki dalam kategori tidak aman, kelas situs SD terdapat 13 kota memasuki dalam kategori tidak aman, dan pada kelas situs SE terdapat 22 kota yang memasuki persentase tidak aman dari evaluasi pada penelitian ini. Persentase terkecil yang mendekati batas simpangan izin adalah pada kota Padang yaitu sebesar 0,87 %, sedangkan persentase tidak aman terbesar terdapat pada kota Gorontalo sebesar 141,07%.

## 6. Daftar Pustaka

- BSN, (2012), SNI 1726:2012: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- BSN, (2013), SNI 2847:2013: Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- BSN, (2013), SNI 1727:2013: Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- BSN, (2013), SNI 2847:2013: Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Purba, H. L., 2014, Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat Beraturan dan Ketidak Beraturan Horizontal sesuai SNI 1726:2012, Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 2, 710-717.
- Manaroinsing L. D. K., Manalip H., dan Balamba S., (2013), Analisis Respon Spektra Kota Manado, Universitas Sam Ratulangi, Jurnal Ilmiah Media Engineering, 3(2), 84-93.

- Mahmoud, S. (2019), Horizontally connected high-rise buildings under earthquake loadings, *Ain Shams Engineering Journal*,10, 227–241.
- Ibrahim, Y. E. (2018), Seismic risk analysis of multistory reinforced concrete structures in Saudi Arabia, *Case Studies in Construction Materials*, 9,.0192.
- Mamesah, H. Y., Wallah, S. E., & Windah, R. S. (2014). Analisis Pushover Pada Bangunan dengan Soft First Story, *Jurnal Sipil Statik*, 2, 214-224.
- Rajmani, A., dan Guha, P, (2015), Analysis of Wind & Eathquake Load for Different Shape of High Rise Building, *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 6(2), 0976 – 6308.
- Thwin, W. T, (2014), Seismic Response Evaluation of Reinforced Concrete Building with Time History Analysis, *Mandalay Technological University*.
- Yansiku, S. I, (2017), Impact of artificially seismic loading on the response of building, *Journal of King Saud University*, 29(4), 302–312.
- Pusat Studi Gempa Nasional, (2017), Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017, BPPKPUPR, Bandung.
- Sari, D.A.A., Purwanto E., dan Wibowo, (2013), Evaluasi Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Riwayat Waktu menggunakan Software ETABS 9.5 (Studi Kasus : Gedung Solo Center Point), *Jurnal Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret*, 2, 124-131.
- AlMusbahi, S., dan Gungor A, (2018), A Composite Building Isolation System for Earthquake Protection, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22(2), 399-404.
- Faizah R., (2015), Studi Perbandingan Pembebanan Gempa Statik Ekuivalen dan Dinamik Time History pada Gedung Bertingkat di Yogyakarta, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 18(2), 190-199.