

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS *DISPLACEMENT* GEDUNG BETON BERTULANG  
TINGKAT TINGGI TERHADAP BEBAN GEMPA SESUAI PETA  
GEMPA INDONESIA 2017 DENGAN ANALISIS *TIME HISTORY***

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik di  
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



**Disusun oleh:**

**Setyo Esto Permono**

**20150110126**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2019**

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**  
*APPROVAL SHEET*

Judul : Analisis *Displacement* Gedung Beton Bertulang Tingkat  
*Title* 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 Indonesian*  
*Eartquake Map 2017 with Time History Analysis*

Mahasiswa : Setyo Esto Permono  
*Student*

Nomor Mahasiswa : 20150110126  
*Student ID.*

Dosen Pembimbing : 1. Taufiq Ilham Maulana, S.T., M.Eng.  
*Advisors*

Telah disetujui oleh Tim Penguji :  
*Approved by the Committee on Oral Examination*

Taufiq ilham Maulana, S.T., M.Eng.  
Ketua Tim Penguji  
*Chair*

  
: \_\_\_\_\_  
Yogyakarta, 27 Juni 2019

Dr. Guntur Nugroho, S.T., M.Eng.  
Sekretaris/Anggota Tim Penguji  
*Member*

  
: \_\_\_\_\_  
Yogyakarta, 27 Juni 2019

Diterima dan disetujui sebagai persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik  
*Accepted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Bachelor of*  
*Engineering*

Ketua Program Studi  
*Head of Department*



Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D.  
NIK. 19740607 201404 123 064

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Setyo Esto Permono

NIM : 20150110126

Judul : Analisis *Displacement* Gedung Beton Bertulang Tingkat Tinggi Terhadap Beban Gempa Sesuai Peta Gempa Indonesia 2017 dengan Analisis *Time History*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Yogyakarta, 19 Juni 2019

Yang membuat pernyataan

  
Setyo Esto Permono

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Setyo Esto Permono  
NIM : 20150110126  
Judul : Analisis *Displacement* Gedung Beton Bertulang Tingkat Tinggi Terhadap Beban Gempa Sesuai Peta Gempa Indonesia 2017 dengan Analisis *Time History*

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian dosen pembimbing yang berjudul “Analisis Perpindahan Gedung Tipikal Tingkat Sedang dan Tinggi (*Middle-Rise & High-Rise Buildings*) Di Kota Indonesia Sesuai Buku Peta Gempa 2017 dengan Metode Riwayat Waktu (*Time History Analysis*)” dan didanai melalui skema hibah Penelitian Kemitraan Dosen dan Mahasiswa pada tahun 2018/2019 oleh Lembaga Penelitian, Publikasi, dan Pengabdian Masyarakat, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Tahun Anggaran 2018/2019 dengan nomor hibah 194/SK-LP3M/XII/2018.

Yogyakarta, Mei 2019

Penulis,

  
Setyo Esto Permono

Dosen Peneliti,

  
Taufiq Ilham Maulana, S.T., M.Eng.

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Terima kasih kepada kedua orang tuaku yang selalu memberikan do'a, dukungan moral maupun material dan kasih sayang kalian kepada kami. Terima kasih kedua kakakku yang sering menjadi tempat bercerita setiap keluh kesah di bangku belajarku, yang selalu memotivasi dan memberikan saran-sarannya untuk kebaikan masa depan di hidupku.

Terima kasih kepada bapak Taufiq Ilham Maulana selaku dosen pembimbing yang telah banyak membantu, membimbing dan memberikan ilmu tambahan beserta sarannya selama pengerjaan Tugas Akhir saya.

Terima kasih untuk keluarga besar Teknik Sipil kelas C angkatan 2015 yang telah memberikan banyak kenangan selama di bangku perkuliahan.

Terima kasih untuk Retno Rafidah Sudaryati yang selalu membantu dan memberi saran masukan serta dukungan yang tak ternilai agar saya dapat menjadi orang yang bermanfaat bagi keluarga maupun orang-orang disekitar saya.

Terima kasih untuk teman Alwan Wisnu Pamungkas yang telah mengajarkan pemahaman dalam bidang teknik sipil yang belum saya ketahui serta menjadi partner dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.

Terima kasih banyak kepada seluruh pihak yang terkait yang namanya tidak mungkin saya sebutkan disini satu per satu yang selalu memotivasi dan memberikan saran yang membangun kepada saya sehingga dapat terselesaikannya

## PRAKATA



*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Segala puji bagi Allah SWT Yang Menguasai segala sesuatu, Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui tentang Analisis *Displacement* Gedung Beton Bertulang Tingkat Tinggi Terhadap Beban *Gempa Sesuai Peta Gempa Indonesia 2017* dengan Analisis Time History.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini penyusun mendapat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih atas dukungan dari berbagai pihak yakni kepada:

1. Bapak Puji Harsanto , S.T., M.T., Ph.D. Selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Taufiq Ilham Maulana, S.T., M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan laporan ini.
3. Kedua Orang Tua, kakak, dan Enno yang telah memberikan bantuan moral dan materi.

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan.

*Wallahu a'lam bi Showab.*

*Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Yogyakarta, Juni 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	ivv
HALAMAN PERNYATAAN .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR NOTASI .....	xiv
DAFTAR ISTILAH .....	xvii
ABSTRAK .....	xviii
<i>ABSTRACT</i> .....	xix
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Lingkup Penelitian.....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	4
2.1. Tinjauan Pustaka.....	4
2.2.1. Penelitian Terdahulu Menggunakan <i>Time History Analysis</i> .....	5
2.2. Dasar Teori .....	9
2.2.1. Beban Mati .....	9
2.2.2. Beban Hidup .....	11
2.2.3. Beban Gempa Berdasarkan SNI 1726:2012.....	11
2.2.3.1 Kategori Resiko Struktur Bangunan.....	11
2.2.3.2 Klasifikasi Situs.....	14
2.2.3.3 Penentuan Nilai Respons Spektra.....	15
2.2.3.4 Kategori Desain Seismik .....	16
2.2.3.5 Parameter dan Pemilihan Sistem Gedung .....	17
2.2.3.6 Prosedur Analisis.....	18

2.2.3.7	Prosedur Gaya Lateral Ekvivalen .....	20
2.2.3.8	Perioda Fundamental Pendekatan.....	21
2.2.3.9	Distribusi Vertikal Gaya Gempa .....	22
2.2.3.10	Batasan Simpang antar Lantai .....	22
2.2.3.11	Kombinasi Pembebanan .....	23
BAB III. METODE PENELITIAN.....		24
3.1	Tahapan Penelitian .....	24
3.2	Data Teknis Bangunan.....	27
3.2.1	Lokasi Bangunan .....	27
3.2.2	Fungsi Bangunan .....	28
3.2.3	Data Perencanaan .....	28
3.3	Pembebanan .....	29
3.3.1	Beban Mati .....	29
3.3.2	Beban Hidup .....	32
3.3.3	Beban Gempa .....	32
3.3.4	Faktor Skala Akibat Pengaruh <i>Base Shear</i> .....	43
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....		45
4.1	Pendahuluan .....	45
4.2	Hubungan antara <i>displacement</i> dengan jumlah lantai dengan batas simpangan antar lantai izin untuk setiap kelas situs .....	45
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....		66
5.1.	Kesimpulan .....	66
5.2.	Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA .....		67



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Material Bangunan (BSN, 1989).....	9
Tabel 2.2 Lanjutan Berat Sendiri Bahan Material Bangunan (BSN, 1989).....	10
Tabel 2.3 Berat Sendiri Komponen Struktur Gedung (BSN, 1989) .....	10
Tabel 2.4 Lanjutan Berat Sendiri Komponen Struktur Gedung (BSN, 1989) .....	11
Tabel 2.5 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk.....	12
Tabel 2. 6 Lanjutan Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk	13
Tabel 2. 7 Lanjutan Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk	14
Tabel 2.8 Hubungan antara Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan Gempa.....	14
Tabel 2.9 Klasifikasi Situs (BSN, 2012).....	15
Tabel 2.10 Koefisien Situs, $F_a$ (BSN, 2012).....	16
Tabel 2.11 Koefisien Situs, $F_v$ (BSN, 2012).....	16
Tabel 2.12 Kategori resiko berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 0.2 detik (BSN, 2012) .....	17
Tabel 2.13 Kategori resiko berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 10detik (BSN, 2012) .....	17
Tabel 2.14 Faktor $R$ , $C_d$ , dan $\gamma$ untuk sistem penahan gaya gempa .....	18
Tabel 2.15 Prosedur Analisis yang diijinkan (BSN, 2012).....	19
Tabel 2.16 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung.....	21
Tabel 2.17 Nilai parameter perioda pendekatan $C_t$ dan $x$ (BSN, 2012).....	21
Tabel 2.18 Simpangan Antar Lantai Ijin (BSN, 2012) .....	22
Tabel 3.1 Daftar Lokasi 99 Kota Terpilih di Indonesia .....	27
Tabel 3.2 Lanjutan Daftar Lokasi 99 Kota Terpilih di Indonesia .....	28
Tabel 3.3 Beban Hidup Fungsi Ruang Terdistribusi Merata .....	32
Tabel 3.4 Parameter nilai $S_s$ dan $S_1$ pada masing-masing kota .....	36
Tabel 3.5 Partisipasi massa pada permodelan gedung bertingkat 9 lantai.....	40
Tabel 3.6 Perhitungan Simpangan Antar Lantai Ijin.....	42
Tabel 3.7 Rasio Gaya Geser Dasar Tanah Keras (SC).....	43
Tabel 3.8 Rasio Gaya Geser Dasar Tanah Keras (SD) .....	44
Tabel 3.9 Rasio Gaya Geser Dasar Tanah Keras (SE).....	44
Tabel 4.1 Urutan kota kelas situs (SC) arah x lantai 3.....	48

Tabel 4.2 Urutan kota kelas situs (SC) arah y lantai 3.....	48
Tabel 4.3 Urutan kota kelas situs (SC) arah x lantai 4.....	49
Tabel 4.4 Urutan kota kelas situs (SC) arah y lantai 4.....	49
Tabel 4.5 Urutan kota kelas situs (SC) arah x lantai 5.....	50
Tabel 4.6 Urutan kota kelas situs (SC) arah y lantai 5.....	50
Tabel 4.7 Urutan kota kelas situs (SD) arah x lantai 3.....	53
Tabel 4.8 Urutan kota kelas situs (SD) arah y lantai 3.....	53
Tabel 4.9 Urutan kota kelas situs (SD) arah x lantai 4.....	54
Tabel 4.10 Urutan kota kelas situs (SD) arah y lantai 4.....	54
Tabel 4.11 Urutan kota kelas situs (SD) arah x lantai 5.....	55
Tabel 4.12 Urutan kota kelas situs (SD) arah y lantai 5.....	55
Tabel 4.13 Urutan kota kelas situs (SE) arah x lantai 3.....	58
Tabel 4.14 Urutan kota kelas situs (SE) arah y lantai 3.....	58
Tabel 4.15 Urutan kota kelas situs (SE) arah x lantai 4.....	59
Tabel 4.16 Urutan kota kelas situs (SE) arah y lantai 4.....	59
Tabel 4.17 Urutan kota kelas situs (SE) arah x lantai 5.....	60
Tabel 4.18 Urutan kota kelas situs (SE) arah y lantai 5.....	60
Tabel 4.19 Persentase daftar nama kota yang melebihi batas ijin lantai 3.....	61
Tabel 4.20 Persentase daftar nama kota yang melebihi batas ijin lantai 4.....	62
Tabel 4.21 Persentase daftar nama kota yang melebihi batas ijin lantai 5.....	63
Tabel 4.22 Persentase daftar nama kota yang melebihi batas ijin pada 3 kelas situs .....	64
Tabel 4.23 Daftar nama kota dengan kategori aman pada 3 kelas situs.....	65

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir ( <i>Flow Chart</i> ) pelaksanaan penelitian secara umum....	26
Gambar 3.2 Peta lokasi perencanaan bangunan bertingkat tinggi .....	28
Gambar 3.3 Peta gempa Indonesia 2017 Percepatan Respons spektral percepatan periode pendek ( $F_a$ ) 0,2 detik. (Pusat Studi Gempa Nasional,2017).	33
Gambar 3.4 Peta gempa Indonesia 2017 Respons spektral percepatan getaran periode ( $F_v$ ) 1 detik (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017) .....	33
Gambar 3.5 Pengambilan lokasi dengan bantuan <i>Google Maps</i> .....	34
Gambar 3.6 Penggabungan gambar potongan antara peta <i>Google Maps</i> dan Buku Peta Gempa 2017 .....	34
Gambar 3.7 Desain 3D bangunan dengan bantuan program SAP2000 .....	35
Gambar 3.8 Grafik Respons Spektra Jakarta Pusat.....	38
Gambar 4.1 Grafik <i>displacement</i> kelas situs SC arah X.....	46
Gambar 4.2 Grafik <i>displacement</i> kelas situs SC arah Y.....	46
Gambar 4.3 Petunjuk warna nilai perpindahan tanah keras (SC) lantai 3 .....	46
Gambar 4.4 Petunjuk warna nilai perpindahan tanah keras (SC) lantai 4 .....	47
Gambar 4.5 Petunjuk warna nilai perpindahan tanah keras (SC) lantai 5 .....	47
Gambar 4.6 Grafik <i>displacement</i> kelas situs SD arah X.....	51
Gambar 4.7 Grafik <i>displacement</i> kelas situs SD arah Y.....	51
Gambar 4.8 Petunjuk warna nilai perpindahan tanah sedang (SD) lantai 3.....	51
Gambar 4.9 Petunjuk warna nilai perpindahan tanah sedang (SD) lantai 4.....	52
Gambar 4.10 Petunjuk warna nilai perpindahan tanah sedang (SD) lantai 5.....	52
Gambar 4.11 Grafik <i>displacement</i> kelas situs SE arah X.....	56
Gambar 4.12 Grafik <i>displacement</i> kelas situs SE arah Y.....	56
Gambar 4.13 Petunjuk warna nilai perpindahan tanah lunak (SE) lantai 3 .....	56
Gambar 4.14 Petunjuk warna nilai perpindahan tanah lunak (SE) lantai 4 .....	57

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Rencana Kerja (Shop Drawing).....	69
Lampiran 2. SAP2000 Versi 21 <i>Report</i> .....	74
Lampiran 3. SEISMOMATCH V.2016 .....	89
Lampiran 4. Grafik Hubungan antara <i>Displacement</i> dengan Jumlah Lantai pada Klasifikasi Situs Tanah .....	98
Lampiran 5. PEER (Pacific Earthquake Engineering ResearchCenter) dengan <i>Website</i> <a href="https://ngawest2.berkeley.edu">https://ngawest2.berkeley.edu</a> .....	110

## DAFTAR NOTASI

Simbol	Dimensi	Keterangan
$A$	$[\text{mm}^2]$	Luas bidang struktur
$A_i$	$[\text{mm}^2]$	Luas bidang dinding geser
$C$	[-]	Faktor respons gempa dinyatakan dalam gravitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur
$C_d$	[-]	Faktor amplifikasi defleksi
$C_s$	[-]	Koefisien respons gempa
$C_{vx}$	[-]	Faktor distribusi vertikal beban gempa statik ekuivalen
$DCR$	[-]	Kapasitas rasio
$DL$	[-]	Beban mati pada struktur bangunan
$E_h$	[-]	Pengaruh beban gempa horisontal
$E_v$	[-]	Pengaruh beban gempa vertikal
$F_a$	[-]	Koefisien situs untuk perioda 0,2 detik
$F_c'$	[MPa]	Kuat rencana mutu beton
$F_v$	[-]	Koefisien situs untuk perioda 1,0 detik
$g$	[m/s]	Percepatan gravitasi
$GSA$	[-]	<i>General Services Administrations</i>
$h_i, h_x$	[mm]	Tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x
$h_n$	[mm]	Tinggi bangunan dari dasar sampai tingkat tertinggi
$I_e$	[-]	Faktor keutamaan gempa
$K$	[-]	Faktor eksponen yang berhubungan pada struktur
$LL$	[-]	Beban hidup pada struktur bangunan
$p$	[-]	Faktor redundansi gempa
$PI$	[-]	Indeks plastisitas
$qd$	[kN/m]	Berat dinding pasangan batu bata ringan
$Q_e$	[-]	Pengaruh gaya yang ditimbulkan gempa horisontal dan vertikal
$R$	[-]	Faktor reduksi gempa
$R^a$	[-]	Faktor modifikasi respons spektrum sistem penahan gaya

		gempa
$S_a$	[g]	Akselerasi respon spektrum yang berhubungan dengan waktu getar alami efektif yang ditinjau
$S_I$	[g]	Parameter respons spektrum percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan untuk perioda 1,0 detik, koefisien situs $F_a$ dan $F_v$
$S_d$	[g]	Spektral perpindahan
$S_{DI}$	[g]	Parameter respons spektrum percepatan gempa yang terpetakan untuk perioda (1,0 detik)
$S_{DS}$	[g]	Parameter percepatan spektrum respons desain rentang perioda pendek (0,2 detik)
$S_{MI}$	[g]	Parameter respons spektral percepatan gempa perioda 1,0 detik
$S_{MS}$	[g]	Parameter respons spektral percepatan gempa perioda 0,2 detik
$S_S$	[g]	Parameter respons spektrum percepatan gempa yang terpetakan untuk perioda pendek (0,2 detik)
$T$	[detik]	Periode getar fundamental struktur bangunan
$t'$	[mm]	Tinggi efektif dinding dari satu lantai ke lantai yang ada di atas
$T_a$	[-]	Parameter percepatan respons spektral
TB	[-]	Tidak dibatasi
TI	[-]	Tidak diizinkan
$T_S$	[detik]	Waktu geser karakteristik yang didapat dari kurva respon spektrum pada titik dimana terdapat transisi bagian akselerasi konstan ke bagian kecepatan konstan
$V$	[m/s]	Geser dasar seismik
$W$	[kN/m]	Berat bangunan, berat sendiri dan beban hidup
$w_i, w_x$	[kN/m]	Berat seismik efektif total struktur yang dikenakan pada tingkat i, x
$\Omega_0$	[-]	Faktor kuat lebih sistem penahan gaya gempa
$rb$	[-]	Koefisien berat pasangan batu bata ringan

$\Delta$	[mm]	Simpangan antar lantai
$\Delta_a$	[mm]	Simpangan antar ijin lantai

## DAFTAR ISTILAH

1. **Beban**  
gaya atau aksi lainnya yang diperoleh dari berat seluruh bahan bangunan, penghuni, barang-barang yang ada di dalam bangunan gedung, efek lingkungan, selisih perpindahan, dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi.
2. **Gaya Geser Dasar**  
Gaya lateral total yang terjadi pada lantai dasar.
3. **Kelas Situs**  
Klasifikasi situs yang dilakukan berdasarkan kondisi tanah pada suatu proyek.
4. **Partisi**  
Dinding interior non struktural yang membentang horisontal dan vertikal dari tumpuan ke tumpuan yang lain.
5. **Rasio Simpangan Antar**  
Dinding interior non struktural yang membentang horisontal dan vertikal dari tumpuan ke tumpuan yang lain.
6. **Kategori risiko**  
Simpangan antar lantai dibagi dengan tinggi lantai.
7. **Bangunan Gedung**  
struktur yang tertutup oleh dinding dan atap, dibangun untuk melindungi penghuninya.
8. **Sistem Ganda**  
Sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa, dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser.