

**PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG PERKANTORAN
DENGAN MENGGUNAKAN *BASE ISOLATION* SEBAGAI
SISTEM PROTEKSI SEISMIK**

Laporan Tugas Akhir
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dari\
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Oleh :
Brayn Sumolang
NPM. : 16 02 16573



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
OKTOBER 2020**

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

**PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG PERKANTORAN
DENGAN MENGGUNAKAN *BASE ISOLATION* SEBAGAI
SISTEM PROTEKSI SEISMIK**

Oleh:

BRAYN SUMOLANG
NPM: 16 02 16413

Telah diuji dan disetujui oleh Pembimbing:

Yogyakarta,..... *2 Oktober 2020*

Pembimbing

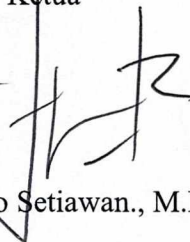


(Prof. Dr. Ir. AM. Ade Lisantono, M. Eng)

Disahkan oleh:

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



(Ir. AY. Harijanto Setiawan., M.Eng., Ph.D.)

PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir

**PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG PERKANTORAN
DENGAN MENGGUNAKAN *BASE ISOLATION* SEBAGAI
SISTEM PROTEKSI SEISMIC**






Oleh :

BRAYN SUMOLANG

NPM : 16 02 16573

Telah diuji dan disetujui

Nama	Tanggal	Tanda Tangan
Ketua : Prof. Dr. Ir. AM. Ade Lisantono, M. Eng.	2 Okt. 2020	
Sekretaris : Dinar Gumilang Jati, S.T., M.Eng.	20/10/2020	
Anggota : Ir. J. Tri Hatmoko, M.Sc.	2/10/2020	

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir saya dengan judul:

PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION SEBAGAI SISTEM PROTEKSI SEISMIC

Benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide, data hasil perancangan maupun kutipan, baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir ini. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir saya merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, 19 Oktober 2020

Yang Membuat pernyataan
**METERAI
TEMPEL**
DI 685AHF591916117
6000
ENAM RIBU RUPIAH
Brayn Sumolang

KATA HANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, oleh karena rahmat dan anugerahNya penulisan Tugas Akhir dengan judul “PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN *BASE ISOLATION* SEBAGAI SISTEM PROTEKSI SEISMIK” dapat diselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan jenjang Strata-1 (S 1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulisan Tugas Akhir ini bisa diselesaikan dengan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak sebagai berikut:

1. Bapak Dr.Eng. Luky Handoko, S.T., M.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Bapak Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. AM. Ade Lisantono, M. Eng., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing dan meluangkan waktu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dinar Gumilang Jati, S.T., M.Eng., dan Ir. J. Tri Hatmoko, M.Sc., selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.

5. Seluruh dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah bersedia mendidik dan membagikan ilmu kepada penulis.
6. Orang tua, Chelsea, Braden, Boomer, Oma, Opa, kerabat, dan keluarga lainnya yang selalu mendukung dan mendoakan penulis selama masa studi dan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Luis, Hana, Maura, dan Sari selaku rekan-rekan belajar yang selalu membantu dan memberikan dukungan kepada penulis.
8. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah memberi dukungan dan bantuan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Yogyakarta, 19 Oktober 2020

Penulis

Brayn Sumolang

NPM: 16 02 16573

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
INTISARI	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Keaslian Tugas Akhir.....	3
1.5. Tujuan Tugas Akhir.....	4
1.6. Manfaat Tugas Akhir.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Sistem Isolasi Seismik.....	5
2.2. Persamaan Gerak Struktur dengan <i>Base Isolation</i>	6
2.3. <i>High Damping Rubber Bearing (HDRB)</i>	7
2.4. Pengaruh <i>Base Isolation</i> pada Struktur Bangunan.....	9

III. LANDASAN TEORI	11
3.1 Karakteristik <i>High Damping Rubber Bearing</i>	11
3.2 Perencanaan Gempa Menurut SNI-03-1726-2019	14
3.2.1 Faktor Keutamaan.....	14
3.2.2 Parameter Respons Spektral Percepatan.....	14
3.2.3 Parameter Percepatan Spektral Desain	16
3.2.4 Penentuan Periode Fundamental Struktur.....	16
3.2.5 Simpangan Antar Tingkat.....	19
3.2.6 Kombinasi Beban untuk Metode Ultimit.....	20
3.3 Struktur dengan <i>Base Isolation</i> Menurut SNI-03-1726-2019.....	21
3.3.1 Prosedur Analisis Spektrum Respons	22
3.3.2 Perpindahan Maksimum	22
3.3.3 Periode Efektif pada Perpindahan Maksimum	23
3.3.4 Perpindahan Maksimum Total.....	24
3.3.5 Gaya Lateral Minimum untuk Desain	25
3.3.6 Distribusi Vertikal Gaya	26
IV. METODOLOGI	27
4.1 Bagan Alir Perencanaan.....	27
4.2 Data Struktur dan Material	28
4.3 Metode Perencanaan dan Analisis Struktur <i>Base Isolation</i>	28
V. DESAIN DAN ANALISIS	30
5.1 Pemodelan Struktur <i>Fixed-Base</i>	30
5.2 Pemodelan Beban Gempa Struktur <i>Fixed-Base</i>	31
5.2.1 Perhitungan Periode Fundamental Struktur <i>Fixed-Base</i>	32
5.3 Analisis Statik Ekuivalen Struktur dengan <i>Base Isolation</i>	33
5.3.1 Konfigurasi Ketidakberaturan Struktur	33

5.3.2	Kekakuan Efektif Minimum dan Maksimum	38
5.3.3	Perpindahan Maksimum	39
5.3.4	Gaya Lateral Minimum yang Diperlukan untuk Desain.....	40
5.3.5	Distribusi Gaya Vertikal	41
5.4	Desain <i>Base Isolation</i> HDRB	42
5.4.1	<i>Bearing Stiffness</i>	43
5.4.2	Estimasi Desain <i>Displacement</i> D_D	43
5.4.3	<i>Actual Bearing Stiffness</i>	43
5.4.4	Ijin <i>Displacement</i> terhadap Torsi	44
5.4.5	Gaya geser Dasar	45
5.4.6	<i>Bearing Detail</i>	46
5.4.7	Faktor Aman terhadap Tekuk	48
5.4.8	Perhitungan <i>Displacement</i> D_M tingkat MCE.....	49
5.4.9	<i>Rollout Displacement</i>	50
5.4.10	Hasil Desain <i>Base Isolation</i>	51
5.5	Pengaplikasian <i>Base Isolation</i> pada Program ETABS	53
5.5.1	Analisis Dinamik	55
5.6	Hasil Analisis.....	57
5.6.1	<i>Displacement</i> (Perpindahan).....	57
5.6.2	<i>Story Drift</i> (Simpangan Antar Tingkat).....	58
5.6.3	<i>Story Shear</i> (Gaya Geser Tingkat).....	60
5.6.4	Periode Waktu Getar.....	61
VI.	KESIMPULAN DAN SARAN	62
6.1	Kesimpulan	62
6.2	Saran	62
	DAFTAR PUSTAKA	64
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

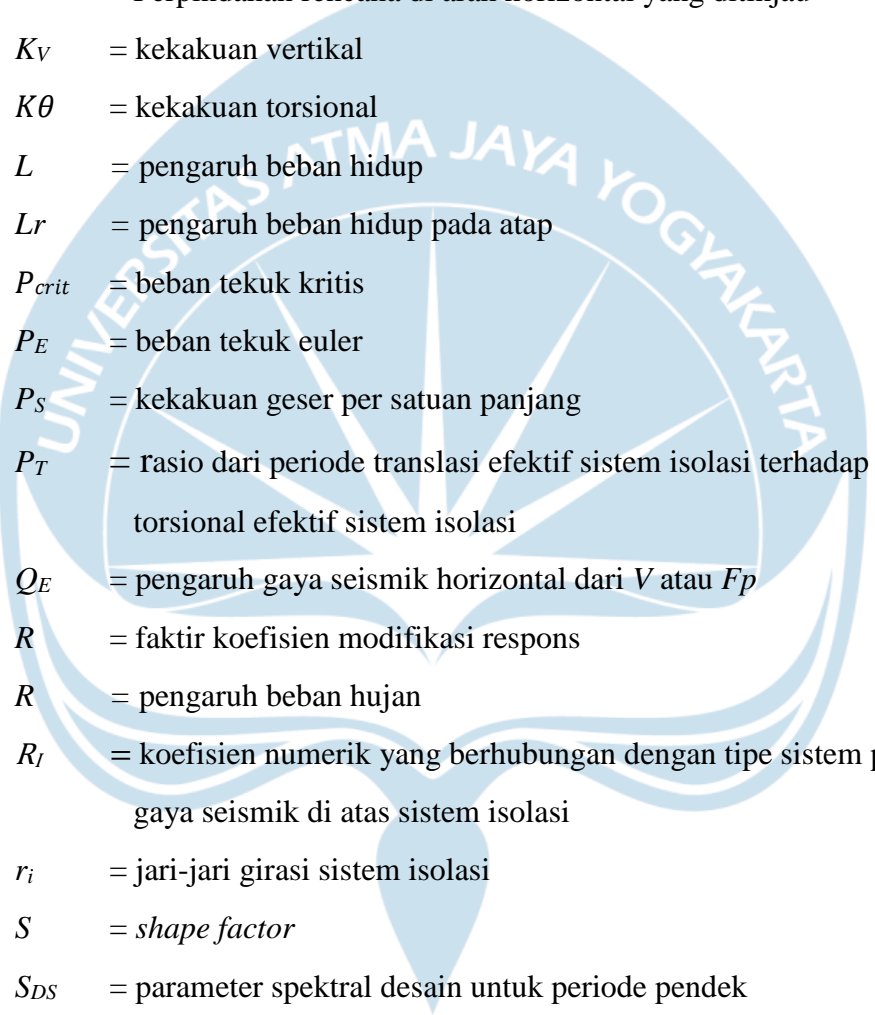
Gambar 2.1 Pengaruh Peningkatan Fleksibilitas pada Struktur	6
Gambar 2.2 Parameter Model Isolasi pada Struktur 2-DoF	6
Gambar 2.3 Skematik Lapisan-lapisan pada Bantalan Karet HDRB	8
Gambar 3.1 Modulus Geser dan Redaman HDR	11
Gambar 3.2 Parameter Horizontal dari HDR	12
Gambar 3.3 Penentuan Simpangan Antar Tingkat	19
Gambar 4.1 Bagan Alir Perencanaan Tugas Akhir	27
Gambar 4.2 Pemodelan 3D Struktur <i>Fixed-base</i> pada Program ETABS	29
Gambar 5.1 Properti Penampang Kolom	31
Gambar 5.2 Sampel Titik Beban Aksial Berada pada Kolom B2	42
Gambar 5.3 Rincian Desain Base Isolation	47
Gambar 5.4 Ilustrasi <i>Rollout Displacement</i> pada HDRB	50
Gambar 5.5 Pengaturan <i>Link Property Data</i> HDRB	54
Gambar 5.6 Pengaturan <i>Link/Support Directional Properties</i> U1	54
Gambar 5.7 Pengaturan <i>Link/Support Directional Properties</i> U3	55
Gambar 5.8 Data Respons Spektrum	55
Gambar 5.9 Pengaturan <i>Scale Factor</i> pada Menu <i>Load Case</i>	56
Gambar 5.10 Grafik Perbandingan <i>Displacement</i>	58
Gambar 5.11 Grafik Perbandingan <i>Story Drift</i>	59
Gambar 5.12 Grafik Perbandingan <i>Story Shear</i>	61

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Faktor Keutamaan Gempa.....	14
Tabel 3.2 Koefisien situs, F_a	15
Tabel 3.3 Koefisien situs, F_v	15
Tabel 3.4 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	17
Tabel 3.5 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung	17
Tabel 3.6 Faktor Redaman, B_M	23
Tabel 5.1 Momen inersia dan luas penampang untuk analisis elastis.....	30
Tabel 5.2 Hasil Pemeriksaan Ketidakberaturan Horisontal 1b Arah X	34
Tabel 5.3 Hasil Pemeriksaan Ketidakberaturan Horisontal 1b Arah Y	34
Tabel 5.4 Hasil Pemeriksaan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a Arah X	35
Tabel 5.5 Hasil Pemeriksaan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a Arah Y	35
Tabel 5.6 Hasil Pemeriksaan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1b Arah X.....	36
Tabel 5.7 Hasil Pemeriksaan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1b Arah Y	36
Tabel 5.8 Hasil Pemeriksaan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5a Arah X	37
Tabel 5.9 Hasil Pemeriksaan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5a Arah Y	37
Tabel 5.10 Hasil Pemeriksaan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5b Arah X.....	38
Tabel 5.11 Hasil Pemeriksaan Ketidakberaturan Vertikal Tipe 5b Arah Y	38
Tabel 5.12 Distribusi gaya vertikal	41
Tabel 5.13 Spesifikasi <i>Base Isolation High Damping Rubber Bearing</i>	52
Tabel 5.14 Perbandingan <i>Displacement</i> Struktur	57
Tabel 5.15 Simpangan Antar Tingkat Struktur <i>Fixed-base</i>	58
Tabel 5.16 Simpangan Antar Tingkat Struktur dengan <i>Base Isolation</i>	59
Tabel 5.17 Perbandingan <i>Story Shear</i> Struktur	60
Tabel 5.18 Perbandingan Periode Waktu Struktur	61

DAFTAR NOTASI

A	= luas <i>bearing</i>
A_S	= area geser efektif
B_M	= koefisien numerik terkait dengan redaman efektif sistem isolasi pada perpindahan maksimum
C_d	= faktor pembesaran defleksi
C_s	= koefisien respons seismik
C_u	= koefisien batas atas pada periode yang dihitung
D	= pengaruh beban mati
D_D	= desain <i>displacement</i> HDRB
D_M	= perpindahan maksimum
D_{TM}	= perpindahan tambahan akibat torsi
e	= eksentrisitas sesungguhnya diukur dari denah antara titik pusat massa struktur di atas batas pemisah isolasi dan titik pusat kekakuan sistem isolasi, ditambah dengan eksentrisitas tak terduga, dalam mm, diambil sebesar 5% dari ukuran maksimum bangunan tegak lurus untuk arah gaya yang ditinjau
E_C	= modulus kompresi
E_H	= pengaruh beban seismik horizontal
E_V	= pengaruh beban seismik vertikal
F_a	= koefisien situs pada periode pendek (periode 0,2 detik)
F_v	= koefisien situs pada periode 1 detik
f_H	= frekuensi horizontal
f_V	= frekuensi vertikal
G	= modulus geser
I_e	= faktor keutamaan gempa



K	= <i>bulk</i> modulus
K_H	= kekakuan horizontal
K_M	= kekakuan efektif minimum sistem isolasi (kN/mm) pada Perpindahan rencana di arah horizontal yang ditinjau
K_V	= kekakuan vertikal
K_θ	= kekakuan torsional
L	= pengaruh beban hidup
L_r	= pengaruh beban hidup pada atap
P_{crit}	= beban tekuk kritis
P_E	= beban tekuk euler
P_S	= kekakuan geser per satuan panjang
P_T	= rasio dari periode translasi efektif sistem isolasi terhadap periode torsional efektif sistem isolasi
Q_E	= pengaruh gaya seismik horizontal dari V atau F_p
R	= faktir koefisien modifikasi respons
R	= pengaruh beban hujan
R_I	= koefisien numerik yang berhubungan dengan tipe sistem pemikul gaya seismik di atas sistem isolasi
r_i	= jari-jari girasi sistem isolasi
S	= <i>shape factor</i>
S_{DS}	= parameter spektral desain untuk periode pendek
S_{D1}	= parameter spektral desain untuk periode 1 detik
SF	= faktor keamanan bearing terhadap beban tekuk
S_{M1}	= parameter percepatan spektral gempa maksimum yang dipertimbangkan dengan redaman 5% pada periode 1 detik dengan satuan g
S_{MS}	= parameter percepatan spektral gempa maksimum yang

- dipertimbangkan dengan redaman 5% pada periode 0,2 detik
- S_I = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1 detik
- S_s = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek
- T = periode fundamental struktur
- T_a = periode fundamental pendekatan
- T_c = periode fundamental *computed*
- T_{fb} = periode utama struktur di atas pemisah isolasi
- T_M = periode efektif struktur dengan isolasi seismik, dalam detik, pada perpindahan maksimum dalam arah yang ditinjau
- T_L = periode panjang berdasarkan wilayah gempa
- t = tebal layer *rubber*
- V = gaya geser dasar seismik
- V_b = gaya seismik lateral di bawah tingkat dasar
- V_s = gaya seismik lateral rencana total atau geser dari elemen-elemen di atas tingkat dasar
- V_{st} = gaya rencana seismik lateral tak tereduksi atau geser pada elemen-elemen di atas tingkat dasar
- W = berat seismik efektif
- W = pengaruh beban angin
- W_S = berat seismik efektif (kN) dari struktur di atas pemisah isolasi, tidak termasuk berat seismik efektif pada tingkat dasar
- γ = regangan geser
- Φ = diameter bearing
- Ω_0 = faktor kuat lebih sistem
- δ_{xe} = simpangan di tingkat- x

- ρ = faktor redudansi
- ω = frekuensi natural
- Φs = diameter pelat baja pada *bearing*
- δ_{max} = Pergerakan antara sisi atas dan sisi bawah *rubber bearing* akibat tegangan tarik



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pemodelan Bangunan pada Program ETABS	69
Lampiran 2. Laporan Respons Struktur <i>Displacement</i> ETABS.....	71
Lampiran 3. Laporan Respons Struktur Story Drift ETABS	72
Lampiran 4. Laporan Respons Struktur Story Shear ETABS	72



INTISARI

PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG PERKANTORAN DENGAN MENGGUNAKAN *BASE ISOLATION* SEBAGAI SISTEM PROTEKSI SEISMIK, Brayn Sumolang, NPM 16 02 16573, tahun 2020, Bidang Peminatan Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Letak geografis Indonesia menjadi salah satu alasan mengapa bencana alam gempa bumi sering terjadi. Setiap harinya dilaporkan ada beberapa kejadian gempa bumi yang terjadi di sejumlah daerah. Pengaruh gempa bumi pada bangunan dapat merusak elemen struktur dan nonstruktur dan bisa berujung pada kerobohan. Walaupun bangunan didesain untuk dapat menahan gaya seismik, pada kasus umum yang ditemukan kerusakan dan kerugian material tidak bisa dihindari. Dalam 20 tahun terakhir ini, sistem proteksi seismik yang disebut *base isolation* telah menjadi solusi yang dipercaya dapat menghindarkan bangunan dari kerusakan struktur dan korban jiwa. Sistem ini bekerja dengan cara mengurangi pengaruh percepatan gempa bumi secara langsung pada struktur bangunan sehingga kerusakan tereduksi dan bahkan terhindari.

Dalam analisis ini digunakan pemodelan bangunan perkantoran dengan desai tipikal pada program ETABS untuk dianalisis menggunakan 24 unit *base isolation*. Jenis *base isolation* yang digunakan adalah *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) dengan diameter 800 mm dan total tinggi 422,2 mm. Perencanaan akan mengikuti prosedur SNI-03-1726-2019 terkait bangunan dengan isolasi dasar.

Hasil yang diperoleh dibandingkan dengan struktur *fixed-base*. Periode efektif meningkat dari 1,002 detik menjadi 2,602 detik pada mode pertama. Peningkatan juga diperoleh pada *displacement* lantai paling atas sebesar 115%. Sementara itu pada *story drift* diperoleh penurunan yang signifikan yaitu rata-rata sebesar 76,02% dan diikuti juga penurunan pada *story shear* yaitu rata-rata sebesar 66,735. Dari hasil perbandingan ini terbukti penggunaan *base isolation* sebagai sistem proteksi seismik dapat menghindarkan bangunan dari dampak kerusakan.

Kata kunci: HDRB, *Base isolation system*, Proteksi seismik.