

# **TUGAS AKHIR**

**ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR GEDUNG  
SISTEM GANDA DENGAN DINDING GESER DAN SISTEM  
PEMIKUL MOMEN KHUSUS PADA GEDUNG BETON  
BERTULANG MENGGUNAKAN METODE *PUSHOVER***



**Disusun Oleh :**

**DERY DWI FITRIANSYAH**

**NBI :1431700084**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

**2021**



# **TUGAS AKHIR**

**ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR GEDUNG  
SISTEM GANDA DENGAN DINDING GESER DAN SISTEM  
PEMIKUL MOMEN KHUSUS PADA GEDUNG BETON  
BERTULANG MENGGUNAKAN METODE *PUSHOVER***



**Disusun Oleh :**

**DERY DWI FITRIANSYAH**

**NBI :1431700084**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

**2021**

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR GEDUNG SISTEM GANDA DENGAN DINDING GESER DAN SISTEM PEMIKUL MOMEN KHUSUS PADA GEDUNG BETON BERTULANG MENGGUNAKAN METODE *PUSHOVER***

**Disusun Sebagai Syarat Meraih Gelar Sarjana Teknik (ST)  
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya**



**Disusun Oleh:**

**DERY DWI FITRIANSYAH**

**1431700084**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA  
2021**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

---

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

Nama : Dery Dwi Fitriansyah  
NBI : 1431700084  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Judul Tugas Akhir : Analisis Perbandingan Kinerja Struktur Gedung Sistem Ganda Dengan Dinding Geser Dan Sistem Pemikul Momen Khusus Pada Gedung Beton Bertulang Menggunakan Metode *Pushover*

Mengetahui / Menyetujui,  
Dosen Pembimbing



**Nurul Rochmah ST., MT., M.Sc**  
NPP. 20430.93.0303

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas 17 Agustus 1945  
Surabaya



**Dr. Ir. Sajiyo, M. Kes.**  
NPP. 2410.90.0197

Ketua Program Studi Teknik Sipil  
Universitas 17 Agustus 1945  
Surabaya



**Ir. Herry Widhiarto, M. Sc.**  
NPP. 20430.87.0113



**SURAT PERNYATAAN  
KEASLIAN DAN KESETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dery Dwi Fitriansyah

NBI : 1431700084

Alamat : Perum Bumi Persada Hijau, RT19/RW06, Kec Benjeng, Kab. Gresik

Telp./HP. : 08563116803

Menyatakan bahwa “TUGAS AKHIR” yang saya buat untuk memenuhi persyaratan kelulusan Strata (S1) Teknik Sipil – Program Sarjana – Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya dengan judul:

**“Analisis Perbandingan Kinerja Struktur Gedung Sistem Ganda Dengan Dinding Geser Dan Sistem Pemikul Momen Khusus Pada Gedung Beton Bertulang Menggunakan Metode *Pushover*”**

Merupakan karya saya sendiri, dan bukan duplikasi dari karya orang lain. Selanjutnya apabila di kemudian hari terdapat klaim dari pihak lain bukan tanggung jawab pembimbing dan atau pengelola program, tetapi menjadi tanggung jawab saya sendiri.

Atas hal tersebut saya bersedia menerima sanksi, sesuai dengan hukum atau aturan yang berlaku di Indonesia. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun.

Surabaya 21 Juni 2021

Yang menyatakan,



**Dery Dwi Fitriansyah**



**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai Civitas Akademik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dery Dwi Fitriansyah  
 NBI/ NPM : 1431700084  
 Fakultas : Teknik  
 Program Studi : Teknik Sipil  
 Jenis Karya : Skripsi/ Tesis/ Disertasi/ Laporan Penelitian/Praktek\*

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Nonexclusive Royalty-Free Right)**, atas karya saya yang berjudul:

Analisis Perbandingan Kinerja Struktur Gedung Sistem Ganda dengan Dinding Geser dan Sistem Pompa Momen khusus pada Gedung Beton Bertulang Menggunakan Metode Pushover

Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif (**Nonexclusive Royalty - Free Right**), Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya berhak menyimpan, mengalihkan media atau memformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, mempublikasikan karya ilmiah saya selama tetap tercantum

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya  
 Pada tanggal : 21 Juni 2021

\*Coret yang tidak perlu

Yang Menyatakan,



DD40CAJX35811238

(.....)  
Dery Dwi Fitriansyah

## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, Kami panjatkan puja dan puji syukur atas kehadiran-Nya, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya kepada kami, sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir Penelitian tentang ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR GEDUNG SISTEM GANDA DENGAN DINDING GESER DAN SISTEM PEMIKUL MOMEN KHUSUS PADA GEDUNG BETON BERTULANG MENGGUNAKAN METODE *PUSHOVER*.

Proposal Tugas Akhir ini telah kami susun dengan maksimal dan mendapatkan bantuan dari berbagai pihak refrensi buku, jurnal, artikel dan sumber lainnya, sehingga dapat memperlancar pembuatan Proposal Tugas Akhir ini. Untuk itu kami menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam pembuatan makalah ini.

Terlepas dari semua itu, Kami menyadari sepenuhnya bahwa masih ada kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasanya. Oleh karena itu dengan tangan terbuka, kami menerima segala saran dan kritik dari pembaca agar kami dapat memperbaiki makalah ini. Untuk itu kami mengucapkan banyak terima kasih kepada beberapa orang yang sangat berperan dalam penyelesaian laporan ini di antara:

1. Bapak Dr. Mulyanto Nugroho, MM. CMA., CPA selaku Rektor Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
2. Dr. Ir. Sajiyo, M.Kes selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
3. Bapak Ir. Herry Widhiarto, M.Sc selaku ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
4. Ibu Nurul Rochmah ST., MT., M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia memberikan bimbingan, arahan serta nasehat sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
5. Orang tua tercinta serta keluarga tercinta dari penulis yang selalu memberikan dukungan, doa serta support dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir.
6. Bapak dan ibu Dosen Prodi Teknik Sipil yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan dalam proses belajar pada penulis.

7. Teman-teman Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang meberikan dukungan dan bantuan untuk menyelesaikan tugas akhir ini
8. Terima kasih penulis ucapkan bagi semua pihak yang tidak dapat ditulis satu persatu

Dengan bantuan beliau kami mendapatkan pengarahan maupun bimbingan dalam proses penyelesaian laporan ini. Akhir kata kami berharap semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat maupun inspirasi terhadap pembaca.

Surabaya, 21 Juni 2021

Penulis

Dery Dwi Fitriansyah



ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR GEDUNG SISTEM GANDA DENGAN DINDING GESER DAN SISTEM PEMIKUL MOMEN KHUSUS PADA GEDUNG BETON BERTULANG MENGGUNAKAN METODE *PUSHOVER*

Nama Mahasiswa : Dery Dwi Fitriansyah  
NBI : 1431600084  
Pembimbing : Nurul Rochmah,ST.,MT.,M.Sc

ABSTRAK

Dalam perencanaan struktur bangunan beton bertulang, terdapat beberapa metode struktural. Salah satunya yaitu, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Ganda dengan Dinding Geser. *Pushover analysis* merupakan analisa statik non-linier untuk mengetahui perilaku keruntuhan pada bangunan. Hasil periode bangunan mendapatkan permodelan SRPMK dengan hasil periode 1,078 dan pada permodelan Sistem Ganda dengan Dinding Geser mendapatkan periode 0,798. Untuk hasil simpangan pada permodelan SRPMK mendapatkan nilai *displacement* 30,081 mm. Sedangkan pada permodelan Sistem Ganda dengan Dinding Geser mendapatkan nilai *displacement* tertinggi 24,548 mm. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa simpangan pada permodelan SRPMK lebih tinggi daripada permodelan Sistem Ganda dengan Dinding Geser. Untuk hasil pada P-Delta, permodelan Sistem Ganda memiliki hasil  $\theta$  lebih kecil daripada permodelan SRPMK. Hasil analisis level kinerja gedung pada perhitungan *Maximum Drift Ratio* permodelan SRPMK mendapatkan nilai 0,000473 dan 0,000473 dan dapat disimpulkan bahwa dikategorikan IO (*Immediate Occupancy*). Pada permodelan Sistem Ganda dengan Dinding Geser mendapatkan *Maximum Drift Ratio* sebesar 0,00035 dan 0,000203 dan dapat disimpulkan bahwa dikategorikan IO (*Immediate Occupancy*).

Kata Kunci : SPRMK, Sistem Ganda dengan Dinding Geser, *Pushover*.

# ANALYSIS COMPARISONS PERFORMANCE BUILDING STRUCTURE OF DUAL SYSTEM WITH SHEAR WALL AND SPECIAL MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM FOR REINFORCED CONCRETE BUILDING USING PUSHOVER METHOD

Student Name : Dery Dwi Fitriansyah  
NBI : 1431600084  
Mentor : Nurul Rochmah,ST.,MT.,M.Sc

## ABSTRAK

In planning the structure of reinforced concrete buildings, there are several structural methods. One of which is Special Moment Resisting Frame System (SRPMK) and Dual System with Shear Wall. Pushover analysis is non-linear static analysis to determine the failure behavior of buildings. The result of period building for SRPMK get 1,078 and Dual System with Shear Wall get 0,798. The displacement building for SRPMK get 30,081 mm. Whereas the displacement building for Dual System with Shear Wall get 24,548 mm. From the result of displacement building, it can draw a conclusion that SRPMK has highest displacement than Dual System with Shear Wall. For the result of P-Delta, Dual System with Shear Wall has smaller  $\theta$  value than SRPMK. The result analysis of performance level building calculation maximum drift ratio SRPMK is 0,000473 and 0,000473 dan it can draw conclusion that SRPMK categorized at IO (Immediate Occupancy). For Dual System with Shear Wall, the maximum drift ratio is 0,00035 and 0,000203. It can draw conclusion that categorized IO (Immediate Occupancy).

Keyword : SRPMK, Dual System with Shear Wall, *Pushover*.



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xviii
DAFTAR NOTASI.....	xxii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Batasan Masalah .....	4
1.5. Manfaat .....	4
1.6. Sistematika Penulisan .....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Penelitian Terdahulu.....	7
2.2. Beton Bertulang.....	8
2.2.1. Pengertian Beton .....	8
2.2.2. Jenis Beton .....	9
2.3. Gempa Bumi.....	9
2.3.1. Pengertian Gempa.....	9
2.3.2. Jenis-Jenis Gempa Bumi.....	10
2.3.3. Jalur Gempa Bumi Dunia.....	10
2.4. Dasar Perancangan Struktur Tahan Gempa.....	12
2.4.1. Tingkat Layanan Akibat Gaya Gempa.....	13
2.4.2. Sifat Struktur Bangunan.....	13
2.4.3. Kriteria Desain Struktur Tahan Gempa.....	14
2.4.4. Sistem Struktur Bangunan .....	16
2.5. <i>Performance Based Seismic Design (PBSD)</i> .....	17
2.6. Level Bencana Gempa ( <i>Earthquake Hazard Level</i> ).....	17
2.7. Level Kinerja Gedung ( <i>Building Performance Level</i> ) .....	19
2.8. Simpangan Pada Bangunan ( <i>Story Drift</i> ) .....	22
2.9. Efek P-Delta .....	23
2.10. Metode Analisis Gaya Gempa.....	24
2.11. Analisis Level Kinerja Dengan <i>Pushover Analysis (Static Nonlinear)</i> .....	25
2.12. Jenis Beban Pada Bangunan.....	26

2.13.	Kombinasi Pembebanan Menurut SNI 03-1726-2019.....	27
2.14.	Ketentuan Umum Bangunan Gedung Pengaruh Gempa .....	27
2.15.	Faktor Keutamaan Gempa Menurut SNI 03-1726-2019 .....	31
2.16.	Klasifikasi Situr Menurut SNI 03-1726-2013 .....	31
2.17.	Faktor Respon Gempa Menurut SNI 03-1726-2019.....	32
2.18.	Koefisien Situs dan Parameter Spektral Percepatan Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Resiko ( $MCE_R$ ) Menurut SNI 03-1726-2019.....	34
2.19.	Parameter Percepatan Spektral Desain Menurut SNI 03-1726-2019 .....	34
2.20.	Spektrum Respons Desain Menurut SNI 03-1726-2019 .....	34
2.21.	Kategori Desain Seismik Menurut SNI 03-1726-2019.....	36
2.22.	Sistem Struktur Menurut SNI 03-1726-2019.....	37
2.23.	Sistem Rangka Pemikul Momen .....	38
2.24.	Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.....	39
2.24.1.	Ketentuan Persyaratan Tulangan Longitudinal Balok SRPMK Berdasarkan SNI 03-2847-2019 .....	39
2.24.2.	Ketentuan Persyaratan Tulangan Transversal Balok SRPMK Berdasarkan SNI 03-2847-2019 .....	40
2.24.3.	Ketentuan Persyaratan Tulangan Torsi Balok SRPMK Berdasarkan SNI 03-2847-2019 .....	41
2.24.4.	Ketentuan Persyaratan Umum Kolom SRPMK Berdasarkan SNI 03-2847-2019.....	44
2.24.5.	Ketentuan Persyaratan Tulangan Longitudinal Kolom SRPMK Berdasarkan SNI 03-2847-2019 .....	44
2.24.6.	Ketentuan Persyaratan Tulangan Transversal Kolom SRPMK Berdasarkan SNI 03-2847-2019 .....	45
2.24.7.	Ketentuan Persyaratan Umum Hubungan Balok Kolom SRPMK Berdasarkan SNI 03-2847-2019 .....	48
2.24.8.	Ketentuan Persyaratan Tulangan Transversal Hubungan Balok Kolom SRPMK Berdasarkan SNI 03-2847-2019.....	48
2.25.	Sistem Ganda.....	50
2.25.1.	Ketentuan Persyaratan Desain Dinding Geser Berdasarkan SNI 03-2847-2019.....	51
2.25.2.	Ketentuan Persyaratan Tulangan Longitudinal Dinding Geser Berdasarkan SNI 03-2847-2019 .....	52
2.25.3.	Ketentuan Persyaratan Tulangan Transversal Dinding Geser Berdasarkan SNI 03-2847-2019 .....	53
2.25.4.	Ketentuan Persyaratan Desain <i>Boundary Element</i> (BE) Berdasarkan SNI 03-2847-2019 .....	54



BAB 3 METODELOGI PENELITIAN .....	57
3.1. Metode Penelitian.....	57
3.1.1. Diagram Alir ( <i>Flowchart</i> ) .....	57
3.1.2. Penjelasan Dari Diagram Alir .....	58
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN .....	65
4.1. Data Desain Preliminary Desain .....	65
4.2. Preliminary Balok.....	65
4.2.1 Preliminary Balok Melintang .....	66
4.2.2 Preliminary Balok Memanjang.....	67
4.3 Preliminary Kolom .....	68
4.4 Preliminary Pelat .....	69
4.5 Preliminary Dinding Geser .....	74
4.6 Analisa Pembebanan Struktur .....	76
4.6.1 Beban Gravitasi .....	76
4.6.2 Beban Mati ( <i>Dead Load</i> ).....	76
4.6.3 Beban Hidup ( <i>Live Load</i> ).....	77
4.6.4 Beban Angin ( <i>Wind Load</i> ).....	77
4.6.5 Beban Gempa .....	81
4.6.5.1. Menentukan Kategori Resiko Bangunan.....	81
4.6.5.2. Menentukan Faktor keutamaan Gempa ( $I_e$ ) .....	81
4.6.5.3. Menentukan Kelas Situs .....	81
4.6.5.4. Menentukan Parameter Percepatan Desain Spektral .....	81
4.6.5.5. Menentukan Kategori Desain Seismik (Kds) .....	82
4.6.5.6. Menentukan parameter Struktur .....	83
4.6.5.7. Respons Spektrum .....	83
4.6.6 Konsep Pembebanan Orthogonal .....	85
4.6.7 Kombinasi Pembebanan .....	86
4.7 Permodelan Struktur.....	88
4.7.1 Hasil Permodelan Struktur .....	88
4.7.2 Reduksi Kekakuan Inersia Elemen Pada Struktur .....	90
4.7.3 <i>Modelling</i> Diafragma.....	92
4.7.4 Nilai Massa Pada Struktur .....	92
4.7.5 Posisi <i>Center of Rigidity</i> (CR) dan <i>Center of Mass</i> (CM) Pada Struktur .....	93
4.7.6 Jumlah Ragam Pada ETABS 18.....	94
4.8 Permodelan Gempa Respon Spektrum.....	95
4.8.1 Estimasi Perioda Struktur .....	95
4.8.2 <i>Participating Mass Ratio</i> .....	97

4.8.3	Analisa Skala Gempa.....	99
4.8.4	Kontrol <i>Input</i> Pembebanan .....	103
4.8.5	Evaluasi Desain Struktur Respon Spektrum .....	106
	4.8.5.1. Evaluasi Simpangan Antar Tingkat ( $\Delta$ ) .....	106
	4.8.5.2. Analisa Pengaruh P-Delta.....	112
4.9	Desain Tulangan.....	114
4.9.1	Perhitungan Desain Balok Tul.Lentur Tunggal (Melintang) SRPMK.....	117
	4.9.1.1. Balok 500 x 800 (Tumpuan).....	117
	4.9.1.2. Balok 500 x 800 (Lapangan) .....	120
4.9.2	Perhitungan Momen Kapasitas Balok SRPMK .....	122
4.9.3	Persyaratan SNI dalam desain tulangan lentur balok SRPMK....	125
4.9.4	Desain Tulangan Geser Balok SRPMK.....	126
4.9.5	Perhitungan Desain Balok Tul.Lentur Tunggal (Melintang) Dual System.....	130
	4.9.5.1. Balok 550 x 800 (Tumpuan).....	130
	4.9.5.2. Balok 550 x 800 (Lapangan) .....	133
4.9.6	Perhitungan Momen Kapasitas Balok SRPMK .....	135
4.9.7	Persyaratan SNI dalam desain tulangan lentur balok Sistem Ganda.....	138
4.9.8	Persyaratan Tulangan Torsi Balok SRPMK .....	144
4.9.9	Persyaratan Tulangan Torsi Balok Dual System .....	149
4.9.10	Desain Tulangan Kolom SRPMK.....	154
	4.9.10.1. Perencanaan Tulangan Longitudinal Kolom SRPMK..	154
	4.9.10.2. Perhitungan <i>Strong Column Weak Beam</i> .....	157
	4.9.10.3. Analisa Geser Kolom .....	161
4.9.11	Desain Tulangan Kolom Sistem Ganda.....	165
	4.9.11.1. Perencanaan Tulangan Longitudinal Kolom Sistem Ganda.....	165
	4.9.11.2. Perhitungan <i>Strong Column Weak Beam</i> .....	168
	4.9.11.3. Analisa Geser Kolom .....	173
4.9.12	Perhitungan Dinding Geser.....	177
4.10	Analisa Kinerja Gedung Dengan <i>Pushover Analysis</i> .....	185
4.10.1.	Analisa Kinerja Gedung SRPMK Dengan <i>Pushover Analysis</i> ....	185
	4.10.1.1. Evaluasi Kinerja Struktur Sesuai FEMA 440.....	187
4.10.2.	Analisa Kinerja Gedung Sistem Ganda Dengan <i>Pushover Analysis</i> .....	193
	4.10.2.1. Evaluasi Kinerja Struktur Sesuai FEMA 440.....	187



4.11	Perbandingan SRPMK dan Sistem Ganda dengan Dinding Geser.....	201
4.11.1.	Periode Bangunan .....	201
4.11.2.	Simpangan Antar Lantai.....	201
4.11.3.	Spesifikasi Penampang Balok dan Kolom .....	205
4.11.4.	Hasil <i>Drif Ratio Pushover</i> .....	206
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN .....	209
5.1.	Kesimpulan.....	209
5.2.	Saran.....	209
DAFTAR	PUSTAKA.....	210

*“halaman sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis pergerakan lempeng. Saling menjauhi (A), saling mendekati (B), dan saling menggeser (C) .....	11
Gambar 2.2 Lempeng tektonik dunia membentuk jalur tektonik (garis hitam) dan lingkaran api sebagai gunung berapi aktif (bola merah) .....	12
Gambar 2.3 Distribusi tahunan gempa bumi dunia dinotasikan dengan titik-titik hitam terkonsentrasi pada jalur tektonik.....	12
Gambar 2.4 Letak Sendi Plastis Pada Bangunan .....	15
Gambar 2.5 Mekanisme Keruntuhan Lokal dan Global Pada Bangunan .....	16
Gambar 2.6 Konsep level bencana gempa berdasarkan konsep PBSD.....	19
Gambar 2.7 Konsep dasar desain bangunan tahan gempa .....	21
Gambar 2.8 Penentuan simpangan antar tingkat .....	22
Gambar 2.9 Ilustrasi <i>P-Large Delta</i> ( $P-\Delta$ ) dan <i>P-Small Delta</i> ( $P-\delta$ ).....	24
Gambar 2.10 Peta Transisi Periode Panjang TL, Wilayah Indonesia .....	35
Gambar 2.11 Spektrum Respon Desain .....	36
Gambar 2.12 Contoh sengkang tertutup (hoop) yang dipasang bertumpuk dan ilustrasi batasan maksimum spasi horizontal penumpu batang longitudinal .....	41
Gambar 2.13 Contoh penulangan transversal pada kolom.....	46
Gambar 2.14 Contoh penulangan transversal pada kolom dengan $P_u > 0,3Agfc'$ atau $fc' > 70 MPa$ .....	46
Gambar 2.15 Luas HBK efektif .....	50
Gambar 2.16 Superimpos mode individu dari deformasi.....	51
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	57
Gambar 3.2 Denah Struktur (a. Sistem Ganda dengan Dinding Geser, b. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus).....	59
Gambar 3.3 Tampak Depan dan Belakang Struktur Bangunan (a. Sistem Ganda dengan Dinding Geser, b. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) .....	60
Gambar 3.4 Tampak Samping Struktur Gedung (a. Sistem Ganda dengan Dinding Geser, b. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus).....	61
Gambar 4.1 Preliminary balok melintang .....	58
Gambar 4.2 Preliminary balok memanjang.....	59
Gambar 4.3 Preliminary kolom.....	60
Gambar 4.4 Preliminary pelat .....	62
Gambar 4.5 Dimensi pelat.....	62
Gambar 4.6 Dimensi Balok A .....	63
Gambar 4.7 Dimensi Balok B .....	64



Gambar 4.8 <i>Load pattern</i> untuk beban angin .....	73
Gambar 4.9 Respon Spektrum wilayah Malang dengan klasifikasi situs tanah sedang .....	85
Gambar 4.10 Denah struktur program ETABS 18 (a. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, b. Sistem Ganda dengan Dinding Geser).....	89
Gambar 4.11 Tampak atas permodelan program ETABS 18 (a. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, b. Sistem Ganda dengan Dinding Geser) .....	89
Gambar 4.12 Nilai reduksi elemen kolom.....	90
Gambar 4.13 Nilai reduksi dinding geser.....	90
Gambar 4.14 Nilai reduksi elemen balok .....	91
Gambar 4.15 Nilai reduksi elemen pelat .....	91
Gambar 4.16 Mengatur jumlah ragam pada ETABS 18.....	95
Gambar 4.17 Periode struktur permodelan gedung SRPMK.....	95
Gambar 4.18 Periode struktur permodelan gedung Sistem Ganda.....	96
Gambar 4.19 Hasil tabel base reaction kombinasi DL+SIDL+LL pada permodelan SRPMK.....	104
Gambar 4.20 Hasil tabel base reaction kombinasi DL+SIDL+LL pada permodelan Sistem Ganda.....	104
Gambar 4.21 Penentuan Simpangan Antar Tingkat .....	106
Gambar 4.22 Simpangan permodelan SRPMK Arah-X.....	108
Gambar 4.23 Simpangan Permodelan SRPMK Arah-Y.....	109
Gambar 4.24 Simpangan Permodelan Sistem Ganda Arah-X.....	110
Gambar 4.25 Simpangan Permodelan Sistem Ganda Arah-Y .....	111
Gambar 4.26 Rasio tulangan kolom SRPMK.....	155
Gambar 4.27 Hasil SpColumn pada kolom SRPMK.....	155
Gambar 4.28 Tabel hasil SpColumn kolom SRPMK.....	156
Gambar 4.29 Model 3D Skema Kolom SRPMK .....	157
Gambar 4.30 Rasio tulangan kolom Sistem Ganda .....	166
Gambar 4.31 Hasil SpColumn Kolom Sistem Ganda .....	167
Gambar 4.32 Hasil Tabel SpColumn Kolom Sistem Ganda .....	167
Gambar 4.33 Model 3D Skema Kolom Sistem Ganda.....	168
Gambar 4.34 Hasil SpColumn Dinding Geser P1 .....	179
Gambar 4.35 Hasil Tabel SpColumn Dinding Geser P1 .....	179
Gambar 4.36 Hasil SpColumn pada dinding geser P3 .....	183
Gambar 4.37 Hasil tabel SpColumn dinding geser P3 .....	183
Gambar 4.38 <i>Displacement</i> arah-X permodelan SRPMK.....	185
Gambar 4.39 Grafik kurva kapasitas arah-X .....	186
Gambar 4.40 <i>Displacement</i> arah-Y permodelan SRPMK.....	186

Gambar 4.41 Grafik kurva kapasitas arah-Y .....	187
Gambar 4.42 Hasil <i>Calculated Value</i> Pada Grafik Kurva Kapasitas Arah-X Sesuai FEMA 440.....	189
Gambar 4.43 Hasil <i>Calculated Value</i> Pada Grafik Kurva Kapasitas Arah-Y Sesuai FEMA 440.....	190
Gambar 4.44 <i>Displacement</i> arah-X permodelan SRPMK.....	193
Gambar 4.45 Grafik kurva kapasitas arah-X.....	194
Gambar 4.46 <i>Displacement</i> arah-Y permodelan Sistem Ganda.....	194
Gambar 4.47 Grafik kurva kapasitas arah-Y .....	196
Gambar 4.48 Hasil <i>Calculated Value</i> Pada Grafik Kurva Kapasitas Arah-X Sesuai FEMA 440.....	197
Gambar 4.49 Hasil <i>Calculated Value</i> Pada Grafik Kurva Kapasitas Arah-Y Sesuai FEMA 440.....	198
Gambar 4.50 Simpangan permodelan SRPMK Arah-X .....	202
Gambar 4.51 Simpangan Permodelan SRPMK Arah-Y .....	203
Gambar 4.52 Simpangan Permodelan Sistem Ganda Arah-X .....	204
Gambar 4.53 Simpangan Permodelan Sistem Ganda Arah-Y .....	205
Gambar 4. 54 Hasil <i>Calculated Value</i> Grafik Kurva Kapasitas Arah-X Sesuai FEMA 440 Pada Permodelan SRPMK.....	207
Gambar 4.55 Hasil <i>Calculated Value</i> Grafik Kurva Kapasitas Arah-Y Sesuai FEMA 440 Pada permodelan SRPMK.....	207
Gambar 4.56 Hasil <i>Calculated Value</i> Grafik Kurva Kapasitas Arah-X Sesuai FEMA 440 Pada Permodelan Sistem Ganda.....	208
Gambar 4.57 Hasil <i>Calculated Value</i> Grafik Kurva Kapasitas Arah-Y Sesuai FEMA 440 Pada Permodelan Sistem Ganda.....	208

*“halaman sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu .....	7
Tabel 2.2 Simpangan antar tingkat izin.....	23
Tabel 2.3 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Nongedung Untuk Beban Gempa Sesuai SNI 03-1726-2019 .....	28
Tabel 2.4 Faktor Keutamaan Gempa.....	31
Tabel 2.5 Klasifikasi Situs .....	31
Tabel 2.6 Koefisien Situs, $F_a$ .....	33
Tabel 2.7 Koefisien Situs, $F_v$ .....	33
Tabel 2.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek.....	36
Tabel 2.9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1,0 detik. ....	36
Tabel 2.10 Kategori Desain Gempa (KDG) dan Resiko Kegempaan .....	37
Tabel 2.11 Faktor R, Cd, dan $\Omega_0$ untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	37
Tabel 2.12 Faktor R untuk Sistem Penahan Gaya Gempa .....	38
Tabel 2.13 Tabel tulangan transversal untuk kolom-kolom sistem rangka pemikul momen khusus .....	47
Tabel 4.1 Tinggi minimum balok nonprategang .....	58
Tabel 4.2 Ketebalan minimum pelat .....	65
Tabel 4.3 Faktor modifikasi untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik.....	67
Tabel 4.4 Koefisien Tekanan Internal .....	70
Tabel 4.5 Koefisien Eksposur Tekanan Velositas ( $K_z$ ) .....	71
Tabel 4.6 Koefisien Tekanan Eksternal Dinding ( $C_p$ ) .....	72
Tabel 4.7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek .....	74
Tabel 4.8 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.....	74
Tabel 4.9 Respon Spektrum Desain .....	84
Tabel 4.10 Nilai Massa Pada Permodelan Gedung SRPMK.....	92
Tabel 4.11 Nilai Massa Pada Permodelan Gedung Sistem Ganda.....	93
Tabel 4.12 Nilai koordinat CR dan CM pada gedung SRPMK .....	93
Tabel 4. 13 Nilai koordinat CR dan CM pada gedung Sistem Ganda.....	94
Tabel 4.14 Modal participating mass ratios tiap mode shape pada gedung SRPMK 98	

Tabel 4.15 Modal <i>participating mass ratios</i> tiap <i>mode shape</i> pada gedung Sistem Ganda .....	98
Tabel 4.16 Hasil Base Reaction Permodelan SRPMK .....	101
Tabel 4.17 Hasil Base Reaction Permodelan Sistem Ganda .....	101
Tabel 4.18 Nilai Massa Pada Permodelan SRPMK dalam satuan kN.....	105
Tabel 4. 19 Nilai Massa Pada Permodelan Sistem Ganda dalam satuan kN.....	105
Tabel 4.20 Perbandingan berat mass dan load pada permodelan SRPMK.....	105
Tabel 4.21 Perbandingan berat mass dan load pada permodelan Sistem Ganda....	106
Tabel 4.22 Simpangan antar tingkat. ....	107
Tabel 4.23 Simpangan antar lantai arah-X pada permodelan SRPMK .....	108
Tabel 4.24 Simpangan antar lantai arah-Y pada permodelan SRPMK .....	109
Tabel 4.25 Simpangan antar lantai arah-X pada permodelan Sistem Ganda.....	110
Tabel 4.26 Simpangan antar lantai arah-Y pada permodelan Sistem Ganda.....	111
Tabel 4.27 Hasil analisa P-Delta arah-X permodelan SRPMK.....	112
Tabel 4.28 Hasil analisa P-Delta arah-Y permodelan SRPMK.....	113
Tabel 4.29 Hasil analisa P-Delta arah-X permodelan Sistem Ganda .....	113
Tabel 4.30 Hasil analisa P-Delta arah-Y permodelan Sistem Ganda .....	114
Tabel 4.31 Gaya dalam pada <i>permodelan</i> SRPMK.....	115
Tabel 4.32 Gaya dalam pada kolom gedung SRPMK.....	115
Tabel 4.33 Gaya dalam pada permodelan Sistem Ganda .....	116
Tabel 4.34 Gaya dalam pada kolom gedung Sistem Ganda .....	116
Tabel 4.35 Gaya dalam pada dinding geser.....	117
Tabel 4. 36 Hasil Analisa Tulangan Lentur Balok SRPMK.....	143
Tabel 4.37 Hasil Analisa Tulangan Lentur Balok Sistem Ganda.....	143
Tabel 4.38 Hasil Analisa Tulangan Geser Balok.....	143
Tabel 4.39 Gaya dalam Kolom SRPMK. ....	154
Tabel 4.40 Gaya Aksial Kolom .....	156
Tabel 4. 41 Gaya aksial kolom dengan 1,25 fy .....	161
Tabel 4.42 Gaya dalam kolom Sistem Ganda .....	166
Tabel 4.43 Gaya aksial pada kolom Sistem Ganda (Sumber: Penulis) .....	168
Tabel 4.44 Gaya dalam kolom Sistem Ganda dengan 1,25 fy.....	173
Tabel 4. 45 Gaya dalam pada dinding geser.....	177
Tabel 4. 46 Gaya dalam dinding geser P3 .....	181
Tabel 4.47 Output beban dorong arah-X.....	185
Tabel 4.48 Output beban dorong arah-Y .....	187
Tabel 4.49 Faktor Modifikasi Co FEMA 356 .....	190
Tabel 4.50 Faktor modifikasi C <sub>2</sub> FEMA 356.....	191
Tabel 4. 51 Level Kinerja Struktur Menurut FEMA-356.....	192

Tabel 4.52 Rekapitulasi kinerja struktur FEMA-440.....	192
Tabel 4.53 Output beban dorong arah-X.....	193
Tabel 4.54 Output beban dorong arah-Y.....	195
Tabel 4.55 Faktor Modifikasi $C_0$ FEMA 356.....	198
Tabel 4.56 Faktor modifikasi $C_2$ FEMA 356.....	199
Tabel 4. 57 Level Kinerja Struktur Menurut FEMA-356.....	200
Tabel 4.58 Rekapitulasi kinerja struktur FEMA-440.....	200
Tabel 4.59 Hasil Perbandingan Periode Bangunan.....	201
Tabel 4.60 Simpangan antar lantai arah-X pada permodelan SRPMK.....	201
Tabel 4.61 Simpangan antar lantai arah-Y pada permodelan SRPMK.....	202
Tabel 4.62 Simpangan antar lantai arah-X pada permodelan Sistem Ganda.....	203
Tabel 4.63 Simpangan antar lantai arah-Y pada permodelan Sistem Ganda.....	204
Tabel 4.64 Hasil Analisa Tulangan Lentur Balok SRPMK.....	205
Tabel 4.65 Hasil Analisa Tulangan Lentur Balok Sistem Ganda.....	205
Tabel 4.66 Hasil Analisa Tulangan Geser Balok.....	206
Tabel 4.67 Hasil Analisa Tulangan Kolom.....	206
Tabel 4.68 Rekapitulasi kinerja struktur permodelan SRPMK sesuai peraturan FEMA-440.....	206
Tabel 4.69 Rekapitulasi kinerja struktur permodelan Sistem Ganda dengan Dinding Geser sesuai peraturan FEMA-440.....	206



*“halaman sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR NOTASI

As	= Luasan tulangan tarik
A's	= Luasan tulangan tekan
Beff	= Redaman Efektif (%)
Cd	= Faktor pembesaran defleksi
Cs	= Koefisien respon seismik
Cvx	= Faktor distribusi vertical
d	= Jarak dari serat tekan terluar ke titik pusat tulangan tarik (mm)
d'	= Jarak dari serat tekan terluar ke titik pusat tulangan tekan (mm)
DL	= Beban Mati
Dt	= Nilai perpindahan maksimal
Fa	= Koefisien Situs berdasarkan nilai Sa
Fv	= Koefisien Situs berdasarkan nilai S1
Fx	= Gaya gempa arah x
Fy	= Gaya gempa arah y
fy	= Tegangan leleh
f'c	= Kuat tekan beton (Mpa)
g	= Nilai gravitasi ( 9,8 m/s <sup>2</sup> )
hx	= Tinggi tiap lantai
Ie	= Faktor Keutamaan gempa
KDG	= Kategori desain gempa
LL	= Beban Hidup
Ln	= Panjang bentang bersih balok atau kolom
Mu	= Momen Ultimate balok atau kolom
Pu	= Beban aksial kolom
Qu	= Beban Ultimate
R	= Koefisien modifikasi respons
s	= Jarak spasi tulangan (mm)
S1	= Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik
Sa	= Repon spectra percepatan
SD1	= Menentukan kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik
SDS	= Menentukan kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek
SF	= Faktor skala

$S_{m1}$	= Parameter percepatan respons spectral MCE pada periode 1 detik yang telah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
$S_{ms}$	= Parameter percepatan respons spectral MCE pada periode pendek yang telah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
$SS$	= Percepatan batuan dasar pada periode pendek
$T_a$	= Periode fundamental pendekatan
$T_{eff}$	= Periode Fundamental Efektif (s)
$V_x$	= Gaya geser seismik desain di tingkat x
$V_{tx}$	= Nilai desain dari gaya geser dasar akibat seismik x
$V_{ty}$	= Nilai desain dari gaya geser dasar akibat seismik y
$V_u$	= Beban geser kolom
$V_x$	= Nilai gaya geser dasar
$W$	= Berat
$\Delta$	= Simpangan antar lantai
$\Delta_a$	= Simpangan antar lantai tingkat ijin
$\delta_t$	= Target perpindahan
$\delta_x$	= Defleksi pusat massa yang ditingkatkan
$\delta_{xe}$	= Defleksi pada lokasi yang diisyaratkan (mm)
$\rho$	= Faktor redudansi
$\Omega_0$	= Faktor kuat lebih
$\emptyset$	= Faktor reduksi (berdasarkan SNI)