

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN KINERJA DAN EFISIENSI
STRUKTUR PENAHAN GEMPA SRPM DAN SISTEM
GANDA SRPM DENGAN DINDING GESER (*SHEAR
WALL*) DENGAN METODE *PUSHOVER***



Disusun Oleh :

MUHAMMAD AFFAN GHAFAR FANANY

NBI : 1431900122

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

2023

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN KINERJA DAN EFISIENSI
STRUKTUR PENAHAN GEMPA SRPM DAN SISTEM
GANDA SRPM DENGAN DINDING GESER (*SHEAR
WALL*) DENGAN METODE *PUSHOVER***



Disusun Oleh :

MUHAMMAD AFFAN GHAFFAR FANANY
NBI : 1431900122

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

2023

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN KINERJA DAN EFISIENSI
STRUKTUR PENAHAN GEMPA SRPM DAN SISTEM
GANDA SRPM DENGAN DINDING GESER (*SHEAR
WALL*) DENGAN METODE *PUSHOVER***



Disusun Oleh :

MUHAMMAD AFFAN GHAFFAR FANANY
NBI : 1431900122

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

2023

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

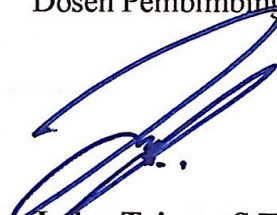
Name : **Muhammad Affan Ghaffar Fanany**
NBI : **1431900122**
Program Studi : **Teknik Sipil**
Fakultas : **Teknik**
Judul : **Perbandingan Kinerja dan Efisiensi Struktur Penahan Gempa SRPM dan Sistem Ganda SRPM dengan Dinding Geser (*Shear Wall*) dengan Metode *Pushover***

Dosen Pembimbing 1



Ir. Bantot Sutriyono, M.Sc.
NPP. 20430.93.0303

Dosen Pembimbing 2



Masca Indra Triana, S.T., M.S.M.
NPP. 2043F.15.0659

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya



Dr. Ir. Sajoyo, M. Kes. IPU., ASEAN Eng.
NPP. 20410.90.0197

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya



Faradlillah Saves, S.T., M.T.
NPP. 20430.15.0674

SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN DAN KESETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Muhammad Affan Ghaffar Fanany

NBI : 1431900122

Alamat : Semolowaru Utara No.78

Telpon/HP : 085606590786

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

**“Perbandingan Kinerja dan Efisiensi Struktur Penahan Gempa
SRPM dan Sistem Ganda SRPM dengan Dinding Geser (*Shear Wall*)
dengan Metode *Pushover*”**

Adalah hasil karya saya sendiri dan bukan duplikasi dari karya orang lain. Selanjutnya apabila dikemudian 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 surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dari pihak manapun.

Surabaya, 15 Juni 2023



Muhammad Affan Ghaffar Fanany



UNIVERSITAS
17 AGUSTUS 1945
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN
Jl. SEMOLOWARU 45 SURABAYA
TELP. 031 593 1800 (Ext. 311)
e-mail : perpus@untag-sby.ac.id

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

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

Nama : Muhammad Affan Ghaffar Fanany

NBI/ NPM : 1431900122

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

Jenis Karya : Skripsi

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:

“Perbandingan Kinerja dan Efisiensi Struktur Penahan Gempa SRPM dan Sistem Ganda SRPM dengan Dinding Geser (*Shear Wall*) dengan 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 : 15 Juni 2023

Surabaya, 15 Juni 2023



Muhammad Affan Ghaffar Fanany

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat yang dilimpahkan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan proposal tugas akhir dengan judul “Perbandingan Kinerja dan Efisiensi Struktur Penahan Gempa SRPM dan Sistem Ganda SRPM dengan Dinding Geser (*Shear Wall*) dengan Metode *Pushover*” sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

Dalam proses penyelesaian tugas akhir ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak berikut ini:

1. Kedua orang tua yang telah mendidik dan memberikan dukungan penuh kepada penulis.
2. Bapak Ir. Bantot Sutriyono, M.Sc. Selaku dosen pembimbing 1 dalam penulisan tugas akhir ini.
3. Bapak Masca Indra Triana, S.T., M.S.M. Selaku dosen pembimbing 2 dalam penulisan tugas akhir ini.
4. Ibu Faradlillah Saves, S.T., MT. Selaku Kaprodi Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
5. Bapak Dr. Ir. Sajiyo, MKes, IPM Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
6. Bapak Prof. Dr. Mulyanto Nugroho, MM, CMA., CPA Selaku Rektor Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

Penulis menyadari banyak kekurangan dalam penulisan proposal tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis berharap kepada berbagai pihak untuk dapat memberikan masukan yang bersifat membangun untuk menjadikan proposal tugas akhir menjadi lebih baik.

Surabaya, 13 Februari 2023

Penulis



Muhammad Affan Ghaffar Fanany

PERBANDINGAN KINERJA DAN EFISIENSI STRUKTUR PENAHAN GEMPA SRPM DAN SISTEM GANDA SRPM DENGAN DINDING GESER (*SHEAR WALL*) DENGAN METODE *PUSHOVER*

Nama Mahasiswa : Muhammad Affan Ghaffar Fanany
NBI : 1431900122
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Bantot Sutriyono, M.Sc
2. Masca Indra Triana, S.T., M.S.M

ABSTRAK

Dalam merencanakan suatu struktur gedung aspek utama yang harus dipertimbangkan adalah kekuatan dan efisiensi. Gedung harus dirancang kuat dan ekonomis namun tetap memperhatikan peraturan-peraturan yang berlaku. Dalam penelitian ini akan dilakukan perbandingan struktur penahan gempa SRPM dan Sistem Ganda SRPM dengan dinding geser (*shear wall*). Kedua struktur direncanakan dengan level kinerja kondisi *IO (Immediate Occupancy)* dengan perbandingan volume beton dan tulangan untuk mengetahui efisiensinya.

Peraturan yang digunakan dalam penelitian ini adalah SNI 2847-2019 mengenai persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 1726-2019 mengenai tata cara perencanaan struktur ketahanan gempa untuk bangunan gedung, dan SNI 1727-2020 mengenai beban minimum perancangan bangunan gedung. Dalam penelitian ini menggunakan *software* bantu ETABS 20 pada proses permodelan struktur. Analisa level kinerja struktur menggunakan metode *pushover analysis* berdasarkan FEMA 440.

Hasil analisis pada penelitian ini menunjukkan nilai maksimum *drift story* struktur SRPM arah X sebesar 55,655 dan arah Y sebesar 61,171, sedangkan untuk struktur Sistem Ganda arah X sebesar 42,191 dan arah Y sebesar 44,495. Hasil analisa level kinerja struktur dengan metode *pushover analysis* berdasarkan FEMA 440 struktur SRPM dan Sistem Ganda dapat dikategorikan dalam kondisi *IO (Immediate Occupancy)*. Untuk hasil perbandingan efisiensi dimana struktur SRPM memiliki berat tulangan sebesar 265.939,40 kg dan volume beton sebesar 1643,4 m³, sedangkan struktur Sistem Ganda memiliki berat tulangan sebesar 214.136,78 kg dan volume beton sebesar 1300,6 m³. Dari berat tulangan dan volume beton struktur sistem ganda lebih efisien.

Kata Kunci : *Struktur Beton Bertulang, Analisa Kinerja, Efisiensi*

***COMPARISON OF THE PERFORMANCE AND
EFFICIENCY OF EARTHQUAKE RESISTANT
STRUCTURES OF SRPM AND DUAL SRPM SYSTEMS
WITH SHEAR WALL USING THE PUSHOVER METHOD***

Name : Muhammad Affan Ghaffar Fanany
IDE Number : 1431900122
Adviers : 1. Ir. Bantot Sutriyono, M.Sc
2. Masca Indra Triana, S.T., M.S.M

ABSTRACT

In planning a building structure the main aspects to consider are strength and efficiency. Buildings must be designed to be strong and economical while still taking into account the applicable regulations. In this study, a comparison of the SRPM earthquake retaining structure and the SRPM Dual System with shear walls will be carried out. Both structures are planned with IO (Immadiate Occupancy) performance levels with a ratio of volume of concrete and reinforcement to determine their efficiency.

The regulations used in this study are SNI 2847-2019 concerning structural concrete requirements for buildings, SNI 1726-2019 concerning procedures for planning earthquake-resistant structures for buildings, and SNI 1727-2020 concerning minimum loads for building designs. In this study using ETABS 20 software in the structural modeling process. The structure performance level analysis uses the pushover analysis method based on FEMA 440.

The results of the analysis in this study show that the maximum drift story value of the SRPM structure in the X direction is 55.655 and the Y direction is 61.171, while for the Dual System structure the X direction is 42.191 and the Y direction is 44.495. The results of the analysis of the performance level of the structure using the pushover analysis method based on FEMA 440 of the SRPM and Dual System structures can be categorized under IO (Immadiate Occupancy) conditions. For efficiency comparison results where the SRPM structure has a reinforcement weight of 265,939.40 kg and a concrete volume of 1643.4 m³, while the Dual Site structure has a reinforcement weight of 214,136.78 kg and a concrete volume of 1300.6 m³. From the weight of the reinforcement and the volume of concrete the double system structure is more efficient.

Keywords : *Reinforced Concrete Structure, Performance Analysis, Efficiency*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR NOTASI	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batas Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
2.2 Spesifikasi Penelitian yang Akan Dilakukan	11
2.3 Beton Bertulang.....	12
2.3.1 Pengertian Beton Bertulang	12
2.3.2 Keunggulan dan Kelemahan Beton Bertulang	13
2.4 Gempa Bumi	14
2.5 Kriteria Desain Struktur Tahan Gempa	14
2.6 Konsep Dasar Perencanaan Struktur Tahan Gempa.....	14
2.7 Ketentuan Perhitungan Gempa Berdasarkan SNI-1726-2019.....	15
2.7.1 Gempa Rencana	15
2.7.2 Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Risiko Struktur Bangunan	15
2.7.3 Kombinasi Pembebanan.....	19
2.7.4 Klasifikasi Situs	19

2.7.5	Koefisien situs dan parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R)	20
2.7.6	Parameter percepatan spektral desain	22
2.7.7	Spektrum respons desain	22
2.7.8	Kategori Desain Seismik	24
2.7.9	Kombinasi system struktur dalam arah yang berbeda	25
2.8	Sistem Rangka Pemikul Momen	27
2.9	Persyaratan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Berdasarkan SNI-2847-2019	28
2.9.1	Desain Tulangan Balok	28
2.9.2	Desain Tulangan Kolom	33
2.9.3	Hubungan Balok Kolom SRPMK	37
2.10	Struktur Gedung Sistem Ganda	41
2.11	Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>)	42
2.11.1	Fungsi Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>)	43
2.11.2	Jenis Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>)	44
2.11.3	Ketentuan Persyaratan Desain Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>) Berdasarkan SNI-2847-2019	45
2.11.4	Ketentuan Persyaratan Tulangan Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>) Berdasarkan SNI-2847-2019	46
2.11.5	Ketentuan Persyaratan Kuat Geser Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>) Berdasarkan SNI-2847-2019	47
2.12	Analisa Level Kinerja Menggunakan Metode <i>Pushover</i> (Statik Nonlinier)	48
2.12.1	Kinerja Struktur Metode FEMA 356	50
2.13	Penentuan Simpangan Antar Tingkat (<i>Story Drift</i>)	50
2.14	Pengaruh P-delta	52
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		53
3.1	Diagram Alir (<i>Flowchart</i>)	53
3.2	Penjelasan Diagram Alir (<i>Flowchart</i>)	55
3.3	Spesifikasi Gedung	59
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASA		61
4.1	Data Perencanaan Struktur	61
4.2	Preliminary Design Struktur (A) SRPM	64
4.2.1	Preliminary Balok	64
4.2.2	Preliminary Pelat	67

4.2.3	Preliminary Kolom.....	70
4.3	Preliminary Design Struktur (B) Sistem Ganda.....	74
4.3.1	Preliminary Balok	74
4.3.2	Preliminary Pelat.....	77
4.3.3	Preliminary Kolom.....	80
4.3.4	Preliminary Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>)	84
4.4	Analisa Pembebanan Struktur (A) SRPM.....	85
4.4.1	Beban yang Digunakan	85
4.4.1.4	Beban Gempa (<i>Earthquake Load</i>).....	89
	Beban gempa merupakan suatu beban yang bekerja pada struktur	89
4.4.2	Kombinasi Pembebanan.....	97
4.5	Analisa Pembebanan Struktur (B) Sistem Ganda	100
4.5.1	Beban yang digunakan	100
4.5.1.4	Beban Gempa (<i>Earthquake Load</i>).....	104
	Beban gempa merupakan suatu beban yang bekerja pada struktur	104
4.5.2	Kombinasi Pembebanan.....	112
4.6	Permodelan Struktur (A) SRPM	115
4.7	Pemodelan Pembebanan Struktur (A) SRPM	120
4.8	Analisis Struktur (A) SRPM.....	125
4.9	Permodelan Struktur (B) Sistem Ganda.....	130
4.10	Pemodelan Pembebanan Struktur (B) Sistem Ganda	136
4.11	Analisis Struktur (B) Sistem Ganda.....	140
4.12	Cek Simpangan Antar Tingkat (<i>Story Of Drift</i>) Struktur (A) SRPM ..	145
4.13	Cek Simpangan Antar Tingkat (<i>Story Of Drift</i>) Struktur (B) Sistem Ganda	152
4.14	Output Gaya Dalam Struktur SRPM.....	159
4.15	Desain Tulangan Balok Struktur (A) SRPM.....	160
4.15.1	Desain Tulangan Lentur Balok SRPM.....	160
4.15.2	Desain Tulangan Geser Balok SRPM	173
4.15.3	Kontrol Penampang Balok SRPM.....	187
4.16	Desain Tulangan Kolom Struktur (A) SRPM	188
4.16.1	Desain Tulangan Longitudinal Kolom Struktur SRPM.....	188
4.16.2	Desain Tulangan Transversal Kolom Struktur SRPM.....	193
4.17	Desain Tualngan pada <i>Join</i> Balok-Kolom (HBK) Struktur (A) SRPM	197
4.18	Desain Tulangan Balok Struktur (B) Sistem Ganda	200
4.18.1	Desain Tulangan Lentur Balok Sistem Ganda	200

4.18.2	Desain Tulangan Geser Balok Sistem Ganda.....	214
4.18.3	Kontrol Penampang Balok SRPM.....	228
4.19	Desain Tulangan Kolom Struktur (B) Sistem Ganda.....	229
4.19.1	Desain Tulangan Longitudinal Kolom Struktur Sistem Ganda ...	229
4.19.2	Desain Tulangan Transversal Kolom Struktur Sistem Ganda ...	234
4.20	Desain Tulangan pada <i>Join</i> Balok-Kolom (HBK) (B) Sistem Ganda .	238
4.21	Desain Tulangan Dinding Geser Khusus	241
4.22	Analisa Level Kinerja <i>Pushover</i>	247
4.22.1	Analisa Level Kinerja Struktur (A) SRPM.....	247
4.22.2	Analisa Level Kinerja Struktur (B) Sistem Ganda	252
4.23	Berat Tulangan dan Volume Beton Struktur (A) SRPM.....	257
4.23.1	Berat Tulangan Struktur SRPM	257
4.23.2	Volume Beton Struktur SRPM.....	259
4.24	Berat Tulangan dan Volume Beton Struktur (B) Sistem Ganda.....	259
4.24.1	Berat Tulangan Struktur Sistem Ganda.....	259
4.24.2	Volume Beton Struktur Sistem Ganda	261
4.25	Perbandingan Struktur	262
4.25.1	Perbandingan Simpangan <i>Drift</i>	262
4.25.2	Perbandingan Level Kinerja Struktur.....	264
4.25.3	Perbandingan Berat tulangan dan Volume Beton Struktur SRPM dan Sistem Ganda	265
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		267
5.1	Kesimpulan.....	267
5.2	Saran.....	268
DAFTAR PUSTAKA		267
LAMPIRAN.....		267

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Shear Wall tipe L-shape</i>	11
Gambar 2.2	Spektrum respons desain	23
Gambar 2.3	Peta transisi periode panjang, TL, wilayah Indonesia.....	24
Gambar 2.4	Lebar efektif maksimum balok lebar (<i>wide beam</i>) dan persyaratan tulangan transversal	28
Gambar 2.5	Persyaratan penulangan longitudinal	29
Gambar 2.6	Contoh sengkang tertutup (hoop) yang dipasang bertumpuk dan ilustrasi batasan maksimum spasi horizontal penumpu batang longitudinal.	31
Gambar 2.7	Geser desain untuk balok dan kolom	33
Gambar 2.8	Contoh penulangan transversal pada kolom	36
Gambar 2.9	Contoh penulangan transversal pada kolom dengan $P_u > 0,3A_g f'_c$ atau $f'_c > 70 \text{ Mpa}$	36
Gambar 2.10	Luas joint efektif	39
Gambar 2.11	Superimpos mode individu dari deformasi	42
Gambar 2.12	Bearing wall, Frame wall, Core wall	44
Gambar 3.1	Flowchart Penelitian	53
Gambar 3.1	Flowchart Penelitian (lanjutan).....	54
Gambar 3.2	Denah Gedung dan Perencanaan Letah <i>Shear Wall</i>	58
Gambar 3.3	Perencanaan <i>Shear Wall</i>	59
Gambar 4.1	Denah struktur SRPM	61
Gambar 4.2	Tampak samping struktur SRPM.....	61
Gambar 4.3	Denah struktur Sistem Ganda	62
Gambar 4.4	Tampak Samping Struktur Sistem Ganda	62
Gambar 4.5	Detail potongan pelat SRPM	67
Gambar 4.6	Luas pembebanan kolom SRPM	71
Gambar 4.7	Detail potongan pelat Sistem Ganda	77
Gambar 4.8	Luas pembebanan kolom Sistem Ganda	81
Gambar 4.9	Permodelan struktur SRPM ETABS.....	115
Gambar 4.10	Grid struktur pada struktur SRPM	116
Gambar 4.11	Membuat material pada struktur SRPM	116
Gambar 4.12	Pemodelan kolom pada struktur SRPM.....	117
Gambar 4.13	Pemodelan balok pada struktur SRPM	117
Gambar 4.14	Pemodelan pelat pada struktur SRPM	118
Gambar 4.15	Pemodelan SRPM	118

Gambar 4.16	Input reduksi kekakuan inersia kolom pada struktur SRPM	119
Gambar 4.17	Input reduksi kekakuan inersia balok pada struktur SRPM	119
Gambar 4.18	Input reduksi kekakuan inersia pelat pada struktur SRPM	120
Gambar 4.19	Input gempa respons spektra pada struktur SRPM	120
Gambar 4.20	Input gempa respons spektra pada struktur SRPM.....	121
Gambar 4.21	Membuat load case type pada struktur SRPM	121
Gambar 4.22	Membuat kombinasi pembebanan ultimit pada struktur SRPM	122
Gambar 4.23	Input beban mati merata pada pelat struktur SRPM	122
Gambar 4.24	Beban merata pada pelat struktur SRPM	123
Gambar 4.25	Input beban dinding pada balok struktur SRPM	123
Gambar 4.26	Beban dinding pada balok struktur SRPM.....	124
Gambar 4.27	Proses running struktur.....	125
Gambar 4.28	Permodelan struktur Sistem Ganda ETABS	130
Gambar 4.29	Grid struktur sistem ganda.....	131
Gambar 4.30	Membuat material struktur sistem ganda.....	131
Gambar 4.31	Pemodelan kolom struktur sistem ganda	132
Gambar 4.32	Pemodelan balok struktur sistem ganda.....	132
Gambar 4.33	Pemodelan pelat struktur sistem ganda.....	133
Gambar 4.34	Pemodelan dinding geser.....	133
Gambar 4.35	Pemodelan sistem ganda.....	134
Gambar 4.36	Input reduksi kekakuan inersia kolom struktur sistem ganda ...	134
Gambar 4.37	Input reduksi kekakuan inersia balok struktur sistem ganda.....	135
Gambar 4.38	Input reduksi kekakuan inersia pelat struktur sistem ganda.....	135
Gambar 4.39	Input gempa respons spektra struktur sistem ganda.....	136
Gambar 4.40	Input gempa respons spektra struktur sistem ganda.....	136
Gambar 4.41	Membuat load case type struktur sistem ganda.....	137
Gambar 4.42	Membuat kombinasi pembebanan ultimit struktur sistem ganda	137
Gambar 4.43	Input beban mati merata pada pelat struktur Sistem Ganda	138
Gambar 4.44	Beban merata pada pelat struktur Sistem Ganda.....	138
Gambar 4.45	Input beban dinding pada balok struktur SRPM	139
Gambar 4.46	Beban dinding pada balok struktur SRPM.....	139
Gambar 4.47	Proses running struktur sistem ganda	140
Gambar 4.48	Grafik simpangan antar tingkat arah x dan y struktur (A) SRPM...	148
Gambar 4.49	Grafik pengaruh P-Delta arah x dan y struktur SRPM.....	151

Gambar 4.50	Grafik simpangan antar tingkat arah x dan y struktur (B) sistem ganda.....	155
Gambar 4.51	Grafik pengaruh P-Delta arah x dan y struktur (B) sistem ganda	159
Gambar 4.52	Kondisi momen positif pada balok tumpuan akibat gempa arah kanan.....	165
Gambar 4.53	Kondisi momen negatif pada balok tumpuan akibat gempa arah kanan.....	167
Gambar 4.54	Detail tulangan lentur balok SRPM.....	171
Gambar 4.55	Detail tulangan geser balok SRPM.....	185
Gambar 4.56	Input gaya aksial kolom SRPM.....	189
Gambar 4.57	Excute spcolumn pada kolom SRPM	189
Gambar 4.58	Rasio dan jumlah tulangan lentur kolom SRPM.....	190
Gambar 4.59	Diagram hubungan P-M kolom SRPM.....	190
Gambar 4.60	Kondisi momen positif pada balok tumpuan akibat gempa arah kanan.....	206
Gambar 4.61	Kondisi momen negatif pada balok tumpuan akibat gempa arah kanan.....	208
Gambar 4.62	Detail tulangan lentur balok Sistem Ganda.....	212
Gambar 4.63	Detail tulangan geser balok Sistem Ganda	226
Gambar 4.64	Input gaya aksial kolom Sistem Ganda.....	230
Gambar 4.65	Execute spcolumn pada kolom Sistem Ganda	230
Gambar 4.66	Rasio dan tulangan lentur kolom Sistem Ganda	231
Gambar 4.67	Diagram hubungan P-M kolom Sistem Ganda	231
Gambar 4.68	Input gaya aksial shear wall Sistem Ganda.....	243
Gambar 4.69	Rasio dan tulangan lentur shear wall Sistem Ganda	244
Gambar 4.70	Diagram hubungan P-M shear wall Sistem Ganda	244
Gambar 4.71	Performance level FEMA 356.....	248
Gambar 4.72	Kurva arah X pushover FEMA 440 struktur SRPM	248
Gambar 4.73	Performance level FEMA 356.....	250
Gambar 4.74	Kurva arah Y pushover FEMA 440 struktur SRPM	251
Gambar 4.75	Performance level FEMA 356.....	253
Gambar 4.76	Kurva arah X pushover FEMA 440 struktur Sistem Ganda.....	253
Gambar 4.77	Performance level FEMA 356.....	255
Gambar 4.78	Kurva arah Y pushover FEMA 440 struktur Sistem Ganda.....	255
Gambar 4.79	Grafik simpangan antar tingkat arah x dan y struktur (A) SRPM	262

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa	16
Tabel 2. 1	Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa (lanjutan)	17
Tabel 2. 1	Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa (lanjutan)	18
Tabel 2. 2	Faktor keutamaan gempa	18
Tabel 2. 3	Klasifikasi situs	20
Tabel 2. 4	Koefisien situs, F_a	21
Tabel 2. 5	Koefisien situs, F_v	21
Tabel 2. 6	Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	25
Tabel 2. 7	Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik	25
Tabel 2. 8	Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik.	26
Tabel 2. 9	Faktor R , untuk sistem penahan gaya gempa.	28
Tabel 2. 10	Kekuatan geser nominal joint V_n	38
Tabel 2. 11	Tebal minimum dinding h	45
Tabel 2. 12	Ketentuan desain yang menentukan untuk segmen vertikal dinding	46
Tabel 2. 13	Tebal Kriteria kinerja	49
Tabel 4. 1	Tinggi minimum balok non prategang.....	64
Tabel 4. 2	Rekapitulasi dimensi balok induk.....	65
Tabel 4. 3	Rekapitulasi dimensi balok anak	66
Tabel 4. 4	Rekapitulasi beban mati dan beban hidup lantai atap	71
Tabel 4. 5	Rekapitulasi beban mati dan beban hidup lantai 1-9.....	72
Tabel 4. 6	Dimensi Kolom	73
Tabel 4. 7	Tinggi minimum balok non prategang.....	74
Tabel 4. 8	Rekapitulasi dimensi balok induk.....	75
Tabel 4. 9	Rekapitulasi dimensi balok anak	77
Tabel 4. 10	Rekapitulasi beban mati dan beban hidup lantai atap	81
Tabel 4. 11	Rekapitulasi beban mati dan beban hidup lantai 1-9.....	82
Tabel 4. 12	Dimensi Kolom	83
Tabel 4. 13	Tabel exposure velositas	88
Tabel 4. 14	Kategori risiko bangunan gedung	90

Tabel 4. 15 Faktor keutamaan gempa.....	90
Tabel 4. 16 Klasifikasi situs	91
Tabel 4. 17 Koefisien situs, F_a	92
Tabel 4. 18 Koefisien situs, F_v	93
Tabel 4. 19 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	94
Tabel 4. 20 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.....	95
Tabel 4. 21 Tabel exposure velocitas	103
Tabel 4. 22 Kategori risiko bangunan gedung	105
Tabel 4. 23 Faktor keutamaan gempa.....	105
Tabel 4. 24 Klasifikasi situs	106
Tabel 4. 25 Koefisien situs, F_a	107
Tabel 4. 26 Koefisien situs, F_v	108
Tabel 4. 27 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	109
Tabel 4. 28 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.....	110
Tabel 4. 29 Rekapitulasi dimensi penampang struktur SRPM.....	115
Tabel 4. 30 Modal partisipasi massa rasio struktur SRPM	126
Tabel 4. 31 Massa struktur SRPM.....	127
Tabel 4. 32 Rekapitulasi dimensi penampang struktur Sistem Ganda	130
Tabel 4. 33 Modal partisipasi massa rasio struktur sistem ganda	141
Tabel 4. 34 Massa struktur sistem ganda.....	142
Tabel 4. 35 Rekapitulasi cek simpangan antar tingkat arah X struktur (A) SRPM	146
Tabel 4. 36 Rekapitulasi cek simpangan antar tingkat arah Y struktur (A) SRPM	147
Tabel 4. 37 Rekapitulasi perhitungan $P-\Delta$ arah X struktur SRPM.....	150
Tabel 4. 38 Rekapitulasi perhitungan $P-\Delta$ arah Y struktur SRPM.....	150
Tabel 4. 39 Rekapitulasi cek simpangan antar tingkat arah X struktur (B) sistem ganda	153
Tabel 4. 40 Rekapitulasi cek simpangan antar tingkat arah Y struktur (B) sistem ganda	154
Tabel 4. 41 Rekapitulasi perhitungan $P-\Delta$ arah X struktur (B) sistem ganda...	157
Tabel 4. 42 Rekapitulasi perhitungan $P-\Delta$ arah Y struktur (B) sistem ganda...	157
Tabel 4. 43 Output gaya dalam balok struktur SRPM	159

Tabel 4. 44	Output gaya dalam balok struktur Sistem Ganda.....	159
Tabel 4. 45	Data dimensi balok SRPM	169
Tabel 4. 46	Perhitungan tulangan lentur balok SRPM.....	169
Tabel 4. 47	Perhitungan tulangan lentur balok SRPM (Lanjutan)	170
Tabel 4. 48	Perhitungan tulangan lentur balok SRPM (Lanjutan)	170
Tabel 4. 49	Perhitungan tulangan lentur balok SRPM (Lanjutan)	170
Tabel 4. 50	Rekapitulasi persyaratan momen kapasitas balok SRPM	172
Tabel 4. 51	Rekapitulasi persyaratan momen kapasitas balok SRPM (Lanjutan)	172
Tabel 4. 52	Data dimensi balok SRPM	182
Tabel 4. 53	Rekapitulasi perhitungan gaya geser akibat gempa balok SRPMK	183
Tabel 4. 54	Rekapitulasi perhitungan gaya geser akibat gempa balok SRPMK (Lanjutan).....	183
Tabel 4. 55	Rekapitulasi perhitungan tulangan geser balok SRPM	183
Tabel 4. 56	Rekapitulasi perhitungan tulangan geser balok SRPM (Lanjutan)	184
Tabel 4. 57	Rekapitulasi perhitungan tulangan geser balok SRPM (Lanjutan)	184
Tabel 4. 58	Rekapitulasi perhitungan tulangan geser balok SRPM (Lanjutan)	184
Tabel 4. 59	Rekapitulasi perhitungan tulangan geser balok SRPM (Lanjutan)	184
Tabel 4. 60	Rekapitulasi perhitungan tulangan torsi balok SRPM	186
Tabel 4. 61	Kontrol penampang tulangan lentur balok SRPM	187
Tabel 4. 62	Kontrol penampang tulangan geser balok SRPM	187
Tabel 4. 63	Output etabs gaya aksial dan momen kolom K1 C11 lt 1	188
Tabel 4. 64	Output etabs gaya aksial dan momen kolom K1 C11 lt 2	188
Tabel 4. 65	Tulangan lentur kolom SRPM.....	191
Tabel 4. 66	Output spcolumn momen nominal Kolom K1-C11 lt1	192
Tabel 4. 67	Output spcolumn momen nominal Kolom K1-C11 lt2	192
Tabel 4. 68	Data dimensi balok Sistem Ganda	210
Tabel 4. 69	Rekapitulasi perhitungan tulangan lentur balok Sistem Ganda	210
Tabel 4. 70	Rekapitulasi perhitungan tulangan lentur balok Sistem Ganda (Lanjutan).....	211
Tabel 4. 71	Rekapitulasi perhitungan tulangan lentur balok Sistem Ganda (Lanjutan).....	211
Tabel 4. 72	Rekapitulasi perhitungan tulangan lentur balok Sistem Ganda (Lanjutan).....	212
Tabel 4. 73	Rekapitulasi persyaratan momen kapasitas balok Sistem Ganda ..	213

Tabel 4. 74 Rekapitulasi persyaratan momen kapasitas balok Sistem Ganda (Lanjutan).....	213
Tabel 4. 75 Data dimensi balok Sistem Ganda.....	223
Tabel 4. 76 Rekapitulasi gaya geser akibat beban gempa balok Sistem Ganda.....	224
Tabel 4. 77 Rekapitulasi gaya geser akibat beban gempa balok Sistem Ganda (Lanjutan).....	224
Tabel 4. 78 Rekapitulasi perhitungan tulangan geser balok Sistem Ganda.....	224
Tabel 4. 79 Rekapitulasi perhitungan tulangan geser balok Sistem Ganda (Lanjutan).....	225
Tabel 4. 80 Rekapitulasi perhitungan tulangan geser balok Sistem Ganda (Lanjutan).....	225
Tabel 4. 81 Rekapitulasi perhitungan tulangan geser balok Sistem Ganda (Lanjutan).....	225
Tabel 4. 82 Rekapitulasi perhitungan tulangan geser balok Sistem Ganda (Lanjutan).....	225
Tabel 4. 83 Rekapitulasi perhitungan tulangan torsi balok Sistem Ganda.....	227
Tabel 4. 84 Kontrol penampang tulangan lentur balok Sistem Ganda.....	228
Tabel 4. 85 Kontrol penampang tulangan geser balok Sistem Ganda.....	228
Tabel 4. 86 Output etabs gaya aksial dan momen kolom K1 C11 lt 1.....	229
Tabel 4. 87 Output etabs gaya aksial dan momen kolom K1 C11 lt 2.....	229
Tabel 4. 88 Output spcolumn momen nominal Kolom K1-C11 lt1.....	233
Tabel 4. 89 Output spcolumn momen nominal Kolom K1-C11 lt2.....	233
Tabel 4. 90 Hubungan antara Base Force dan displacement arah X struktur SRPM.....	247
Tabel 4. 91 Data hasil pushover arah X struktur SRPM.....	249
Tabel 4. 92 Hubungan antara Base Force dan displacement arah Y struktur SRPM.....	250
Tabel 4. 93 Data hasil pushover arah Y struktur SRPM.....	251
Tabel 4. 94 Hubungan antara Base Force dan displacement arah X struktur SRPM.....	252
Tabel 4. 95 Data hasil pushover arah X struktur Sistem Ganda.....	254
Tabel 4. 96 Hubungan antara Base Force dan displacement arah Y struktur SRPM.....	255
Tabel 4. 97 Data hasil pushover arah Y struktur Sistem Ganda.....	256
Tabel 4. 98 Berat tulangan lentur balok SRPM.....	257
Tabel 4. 99 Berat tulangan geser balok SRPM.....	258
Tabel 4. 100 Berat tulangan lentur kolom SRPM.....	258

Tabel 4. 101 Berat tulangan geser kolom SRPM.....	258
Tabel 4. 102 Berat tulangan pada join balok-kolom SRPM	258
Tabel 4. 103 Volume beton Struktur SRPM.....	259
Tabel 4. 104 Berat tulangan lentur balok Sistem Ganda.....	259
Tabel 4. 105 Berat tulangan geser balok Sistem Ganda.....	260
Tabel 4. 106 Berat tulangan lentur kolom Sistem Ganda	260
Tabel 4. 107 Berat tulangan geser kolom Sistem Ganda	260
Tabel 4. 108 Berat tulangan pada join balok-kolom Sistem Ganda.....	260
Tabel 4. 109 Berat tulangan lentur shear wall Sistem Ganda	261
Tabel 4. 110 Berat tulangan geser shear wall Sistem Ganda	261
Tabel 4. 111 Volume beton Struktur SRPM.....	262
Tabel 4. 112 Rasio drift limit dan story drift struktur SRPM	262
Tabel 4. 113 Rasio drift limit dan story drift struktur Sistem Ganda	264
Tabel 4. 114 Perbandingan level kinerja struktur SRPM dan Sistem Ganda ...	264
Tabel 4. 115 Perbandingan berat tulangan dan volume beton struktur SRPM dan Sitem Ganda	264

DAFTAR NOTASI

A_s	= Luasan tulangan tarik
A'_s	= Luasan tulangan tekan
B_{eff}	= Redaman Efektif (%)
C_d	= Faktor pembesaran defleksi
C_s	= Koefisien respon seismik
C_{vx}	= 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
D_t	= Nilai perpindahan maksimal
F_a	= Koefisien Situs berdasarkan nilai S_a
F_v	= Koefisien Situs berdasarkan nilai S_1
F_x	= Gaya gempa arah x
F_y	= Gaya gempa arah y
f_y	= Tegangan leleh
f'_c	= Kuat tekan beton (Mpa)
g	= Nilai gravitasi (9,8 m/s ²)
h_x	= Tinggi tiap lantai
I_e	= Faktor Keutamaan gempa
KDG	= Kategori desain gempa
LL	= Beban Hidup
L_n	= Panjang bentang bersih balok atau kolom
M_u	= Momen Ultimate balok atau kolom
P_u	= Beban aksial kolom
Q_u	= Beban Ultimate
R	= Koefisien modifikasi respons
s	= Jarak spasi tulangan (mm)
S_1	= Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik
S_a	= Repon spectra percepatan
SD_1	= 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
 S_s = 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
 Δ = Simpangan antar lantai
 Δ_a = Simpangan antar lantai tingkat ijin
 δ_t = Target perpindahan
 δ_x = Defleksi pusat massa yang ditingkatkan
 δ_{xe} = Defleksi pada lokasi yang diisyaratkan (mm)
 ρ = Faktor redundansi
 \emptyset = Faktor reduksi (berdasarkan SNI)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Denah kolom struktur Sistem Ganda.....	272
Lampiran 2 Denah balok struktur Sistem Ganda.....	273
Lampiran 3 Tampak depan struktur Sistem Ganda.....	274
Lampiran 4 Denah kolom struktur SRPM.....	275
Lampiran 5 Denah balok struktur SRPM	276
Lampiran 6 Tampak depan struktur SRPM.....	277