

**STUDI BANDING PERENCANAAN BANGUNAN TAHAN GEMPA
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN ANTARA SNI 1726-2012
DAN SNI 2847-2013 DENGAN SNI 1726-2019 DAN SNI 2847-2019**

TUGAS AKHIR



**EFREM CARDOSO MONTEIRO
16041000045**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERDEKA MALANG
2023**

**STUDI BANDING PERENCANAAN BANGUNAN TAHAN GEMPA
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN ANTARA SNI 1726-2012
DAN SNI 2847-2013 DENGAN SNI 1726-2019 DAN SNI 2847-2019**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Program
Studi S-1 Teknik Sipil Universitas Merdeka Malang



**EFREM CARDOSO MONTEIRO
16041000045**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERDEKA MALANG
2023**

HALAMAN PENYATAAN ORISINALITAS

Tugas akhir ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : EFREM CARDOSO MONTEIRO

NIM : 16041000045

Tanda Tangan :



Tanggal : 3 Oktober 2022

HALAMAN PENGESAHAN

**STUDI BANDING PERENCANAAN BANGUNAN TAHAN GEMPA SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN ANTARA SNI 1726-2012 DAN SNI 2847-2013
DENGAN SNI 1726-2019 DAN SNI 2847-2019**

Dipersiapkan dan disusun oleh :

EFREM CARDOSO MONTEIRO

16041000045

Telah dipertahankan di Dewan Penguji

Pada Tanggal 15 Agustus 2022

Susunan Dewan Penguji :

Dosen Penguji I

(Ir. Dionisius TAB., MT.)

NIDN 0711086501

Dosen Penguji II

(Ir. Bambang Tri Leksono., MT.)

NIDN 0726116101

Dosen saksi

(Nika Devi Permata Wijaya ST., MT.)

NIDN 0724129203

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu Persyaratan untuk memperoleh Gelar sarjana Teknik.

Malang, ... Januari 2023

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

(Prof. Ir. Agus Suprpto., Msc., Ph.D)

NIDN 0707095801

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur yang sebesar-besarnya karena berkat Tuhan yang telah membuka jalan bagi penulis untuk menulis Tugas Akhir dengan judul “**Studi Banding Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Sistem Rangka Pemikul Momen Antara SNI 1726-2012 Dan SNI 2847-2013 Dengan SNI 1726-2019 Dan SNI 2847-2019**”.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada orang-orang berikut yang upaya, saran, ide, dan wawasannya membantu penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini.

1. Bapak Ir. Rizki Prasetya, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Merdeka Malang atas segala dukungan dan bimbingannya.
2. Bapak Zaid Dzulkarnain Zubizaretta, ST., MT., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Merdeka Malang.
3. Bapak Ir. Dionisius T. A. B., MT., selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan kepercayaan, ilmu, bimbingan sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Bambang Tri. L., MT., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan dukungan dan bimbingan sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas akhir ini
5. Staff, dan Karyawan Program Studi Teknik Sipil, Universitas Merdeka Malang yang telah membantu penulis selama penulis menuntut ilmu di Universitas Merdeka Malang.
6. Kedua orang tua dan keluarga besar Cardoso atas dukungan, dorongan, dan motivasi yang tiada duanya.
7. Semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, sehingga mengantarkan penulis untuk menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.

Malang, Agustus 2022

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : EFREM CARDOSO MONTEIRO

NIM : 16041000045

Jenis Tugas Akhir : STRUKTUR

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul : **STUDI BANDING PERENCANAAN BANGUNAN TAHAN GEMPA SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN ANTARA SNI 1726-2012 DAN SNI 2847-2013 DENGAN SNI 1726-2019 DAN SNI 2847-2019.**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Malang

Pada tanggal : 15 Agustus 2022

Yang



(Efrem Cardoso Monteiro)

ABSTRAK

Efrem Cardoso Monteiro, 16041000045, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang, menulis tugas akhir tentang **STUDI BANDING PERENCANAAN BANGUNAN TAHAN GEMPA SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN ANTARA SNI 1726-2012 DAN SNI 2847-2013 DENGAN SNI 1726-2019 DAN SNI 2847-2019**

Dosen Pembimbing: Ir. Dionisius TAB., MT.

Standar atau peraturan SNI (Standar Nasional Indonesia) yang digunakan sebagai pedoman perencanaan struktur gedung telah mengalami pembaruan dari SNI 2847-2013 menjadi SNI 2847-2019. Pembaruan juga terjadi pada SNI 1726-2012 menjadi SNI 1726-2019 yang didasarkan pada pembaruan peta gempa. Sehingga akan memberikan pengaruh pada struktur gedung tahan gempa. Pada tugas akhir ini akan dilakukan perbandingan perencanaan gedung menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) antara kedua peraturan tersebut.

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) adalah sistem rangka ruang yang terdiri dari komponen-komponen struktur balok, kolom, dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial. Gedung yang akan direncanakan memiliki 10 lantai dan terletak di kota Malang. Analisa struktur untuk mendapatkan gaya dalam struktur dilakukan menggunakan program bantuan SAP 2000 dengan beban mati dan hidup merujuk pada SNI 1727-1989 dan SNI 1727-2013 sedangkan analisa beban gempa respon spektrum merujuk pada SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019. Perencanaan dilakukan untuk mengetahui perbandingan kebutuhan tulangan pada struktur utama gedung antara SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019.

Analisa respon spektrum secara prosedural tidak ada perbedaan pada proses perencanaan, yang menjadi dasar perbedaan antara SNI 1726-2012 dengan SNI 1726-2019 hanya di peta gempa dan periode panjang/long period transition (T_L) sehingga berpengaruh pada nilai (S_s), (S_1), (F_a) dan (F_v). Perbedaan inilah yang berpengaruh kepada hasil analisis Periode Getaran, Rasio Partisipasi Massa, Gaya Gempa Dasar, dan Simpangan Antar Lantai. Perubahan antara SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019 secara teknis tidak ada perbedaan dalam proses perencanaan, yang membedakan antara SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019 hanya ada di batasan-batasan tertentu seperti batasan nilai minimum mutu beton normal f_c' diameter bengkokan dan panjang kait pada ujung tulangan yang lebih detail jika dibandingkan dengan SNI 2847-2013. Selain itu tulangan transversal kolom SRPMK juga mengalami penambahan rumus yang cukup penting pada SNI 2847-2019.

Kata kunci : Perencanaan Balok, Kolom, Respon Spektrum, Sistem Rangka Pemikul Momen.

ABSTRACT

Efrem Cardoso Monteiro, 16041000045, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Merdeka Malang, wrote a thesis about **COMPARISON STUDY OF EARTHQUAKE-RESISTANT BUILDING PLANNING MOMENT BEARING FRAME SYSTEMS BETWEEN SNI 1726-2012 AND SNI 2847-2013 WITH SNI 1726-2019 AND SNI 2847-2019.**

Advisors: Ir. Dionisius TAB., MT.

The SNI (Indonesian National Standard) standards or regulations that are used as building structure planning guidelines have changed from SNI 2847-2013 to SNI 2847-2019. Changes also occurred in SNI 1726-2012 to SNI 1726-2019 which is, the based earthquake map update. So that it will influence the earthquake-resistant structure of the building, in this, task, a comparison of building planning using the Moment Bearing Frame System (SRPM) will be made between the two rules.

The moment Bearing Frame System (SRPM) is a space frame system consisting of structural components of beams, columns, and joints resisting the forces acting through bending, shear, and axial action. The planned building has 10 floors and is located in Malang. Structural analysis to obtain the forces in the structure was carried out using the SAP 2000 assistance program with live and dead loads referring to SNI 1727-1989 and SNI 1727-2013 while the seismic load response spectrum analysis refers to SNI 1726-2012 and SNI 1726-2019. Planning is carried out to determine the comparison of reinforcement requirements in the main structure of the building between SNI 2847-2013 and SNI 2847-2019.

Analysis of the response spectrum procedurally there is no difference in the planning process, which is the basis for the difference between SNI 1726-2012 and SNI 1726-2019 only on the earthquake map and the long period transition (TL) so that it affects the value (S_s), (S_1), (F_a) and (F_v). This difference affects the results of the analysis of the Vibration Period, Mass Participation Ratio, Basic Earthquake Force, and Interfloor Deviation. The change between SNI 2847-2013 and SNI 2847-2019 technically there is no difference in the planning process, the difference between SNI 2847-2013 and SNI 2847-2019 is only in certain limitations such as the minimum value limit for normal concrete quality f_c' diameter bend and the length of the hook at the end of the reinforcement which is more detailed when compared to SNI 2847-2013. In addition, the transverse reinforcement of the SRPMK column also experienced an important addition to the formula in SNI 2847-2019.

Keywords: Planning of Beams, Columns, Response Spectrum, Moment Resistant Frame System.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xxii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah :	3
1.5 Manfaat	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa.....	5
2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen.....	6
2.4 Faktor-Faktor Yang Berpengaruh Pada Struktur Tahan Gempa.....	7
2.4.1 Massa Bangunan	7
2.4.2 Kekuatan (strength)	8
2.4.3 Daktilitas.....	8

2.5 Mutu Bahan (Material Quality).....	9
2.5.1 Persyaratan Mutu Beton Untuk Struktur Gedung.....	10
2.5.2 Persyaratan Mutu Baja Tulangan Untuk Struktur Gedung.....	11
2.6 Sistem Pembebanan Gedung.....	11
2.6.1 Beban gravitasi	11
2.6.2 Beban Gempa (Earthquake Load, E)	13
2.6.3 Perhitungan Analisis Gempa Respon Spektrum.....	15
2.6.4 Menentukan faktor koefisien situs (F_a , F_v) dan menghitung parameter respon spektrum percepatan gempa masimum yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs (SMS, SM1).....	18
2.6.5 Menghitung parameter percepatan spektrum desain (SDS, SD1)	19
2.6.6 Spektrum Respons Desain SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019.....	20
2.6.7 Kategori Desain Seismik	21
2.6.8 Menentukan Koefisien Modifikasi Respons R	22
2.6.9 Batasan Perioda Fundamental Struktur (T)	23
2.6.10 Koefisien Respons Seismik (C_s) dan Gaya Dasar Seismik	25
2.7 Kombinasi Beban	26
2.8 Persyratan Detailing Balok	27
2.8.1 Syarat Dimensi Balok.....	27
2.8.2 Syarat Tulangan Longitudinal/Lentur Balok.....	28
2.8.3 Syarat Tulangan Transversal Balok.....	29
2.8.4 Kekuatan Geser Balok.....	32
2.9 Persyratan Detailing Kolom	33
2.9.1 Syarat Penampang Kolom	33
2.9.2 Syarat Tulangan Longitudinal/Lentur Minimum Kolom	34

2.9.3 Syarat Tulangan Transversal Kolom	35
2.9.4 Kekuatan Geser Kolom	40
2.10 Kait Standar.....	41
2.11 Penyaluran Kait Standar Dalam Kondisi Tarik.....	44
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	46
3.1 Bagan Alir perencanaan	46
3.2 Studi Literatur dan Peraturan	47
3.3 Preliminary Design.....	48
3.3.1 Penentuan Geometri Bangunan.....	48
3.3.2 Denah arsitektural bangunan.....	48
3.3.3 Estimasi dimensi struktur	52
3.3.4 Data Perencanaan	55
3.4 Pemodelan Struktur dan Analisa Struktur.....	56
3.4.1 Menggambar Model Struktur/kerangka struktur.....	56
3.4.2 Input Property Material	58
3.4.3 Input Dimensi Penampang	61
3.4.4 Mendefinisikan Tipe Tumpuan	67
3.5 Input Pembebanan Struktur.....	68
3.5.1 Beban Mati (D).....	68
3.5.2 Beban Mati Tambahan (SDL)	68
3.5.3 Beban Hidup (L).....	72
3.5.4 Beban Gempa (E).....	74
3.6 Kombinasi Beban	80
3.7 Perhitungan Kebutuhan Tulangan.....	83
3.7.1 Analisa Kebutuhan Tulangan Lentur Balok.....	83

3.7.2 Kebutuhan Tulangan Geser Balok	91
3.8 Konsep Desain Kolom SRPMK.....	95
3.8.1 Kontrol Penampang Kolom SNI 2847:2013 dan SNI 2847-2019.....	95
3.8.2 Kebutuhan Tulangan Lentur Kolom	95
3.8.3 Kebutuhan Tulangan Geser Kolom.....	99
BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR.....	104
4.1 Data-Data Desain	104
4.2 Estimasi Dimensi Rencana Struktur.....	105
4.2.1 Estimasi Dimensi Balok	105
4.2.2 Estimasi Dimensi Kolom	105
4.2.3 Estimasi Tebal Pelat Lantai.....	112
4.3 Perhitungan Pembebanan Struktur.....	114
4.3.1 Beban Gravitasi	114
4.4 Analisa Beban Gempa SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019	116
4.4.1 Analisa Respons Spektrum.....	116
4.5 Pemodelan Struktur dan Analisa Struktur.....	123
4.5.1 Menggambar Model Struktur/kerangka struktur	124
4.5.2 Input Property Material	125
4.5.3 Input Dimensi Penampang	129
4.5.4 Input Dimensi Pelat Lantai	133
4.5.5 Mengambarkan Balok, Kolom dan Pelat Lantai	134
4.5.6 Menyatukan Elemen Balok Kolom	135
4.5.7 Melakukan Mesh Pada Pelat Lantai	136
4.5.8 Mendefinisikan Tipe Tumpuan	137
4.6 Input Pembebanan Struktur.....	138

4.6.1 Input Beban Mati (D)	138
4.6.2 Input Beban Mati Tambahan (SDL).....	138
4.6.3 Input Beban Hidup (L)	141
4.6.4 Input Beban Gempa (E).....	143
4.6.5 Kombinasi Pembebanan.....	148
4.6.6 Penentuan Massa Struktur dan Diafragma	152
4.6.7 Analisis Modal	155
4.6.8 Analisis Struktur Pada Program SAP2000.....	157
4.6.9 Pemeriksaan Hasil Analisis	158
4.7 Kontrol Analisa Struktur Sistem Rangka Pemikul Momen	158
4.7.1 Kontrol Analisa Struktur Sistem Rangka Pemikul Momen SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019	158
4.8 Resume Gaya Dalam Struktur.....	174
4.8.1 Justifikasi Resume Gaya Dalam pada Balok.....	174
4.8.2 Justifikasi Resume Gaya Dalam pada Kolom	180
4.9 Desain Penulangan Balok (SRPMK)	186
4.9.1 Perhitungan Tulangan Lentur Balok 6 meter	186
4.9.2 Perhitungan Tulangan Geser (Sengkang) Balok 6 meter	217
4.9.3 Perhitungan Tulangan Lentur Balok 4 meter	227
4.9.4 Perhitungan Tulangan Geser (Sengkang) Balok 4 meter	258
4.10 Perencanaan Penulangan Kolom SNI 2847-2013	268
4.11 Perencanaan Penulangan Kolom SNI 2847-2019	284
4.12 Hasil Perencanaan Penulangan Sistem Rangka Pemikul Momen.....	300
4.12.1 Hasil Perencanaan Penulangan Balok	300
4.12.2 Hasil Perencanaan Penulangan Kolom	307

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	310
5.1 Kesimpulan	310
5.2 Saran.....	311
DAFTAR PUSTAKA.....	312
LAMPIRAN.....	313

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tingkat Kerusakan Bangunan Akibat Respon Gempa	6
Gambar 2.2 Parameter Respon Spektrum Periode Pendek (S_S)	16
Gambar 2.3 Parameter Respon Spektrum Periode 1 Detik (S_1)	16
Gambar 2.4 Parameter Respon Spektrum Periode panjang $T > 4$ detik (T_L)	17
Gambar 2.5 kurva spektral respons desain	21
Gambar 2.6 Contoh Senggang Tertutup dan ilustrasi batasan pada spasi horizontal maksimum batang tulangan longitudinal yang dtumpu	30
Gambar 2.7 Contoh senggang tertutup (hoop) yang dipasang bertumpuk dan ilustrasi batasan maksimum spasi horizontal penumpu batang longitudinal	30
Gambar 2.8 Geser desain untuk balok dan kolom	32
Gambar 2.9 Geser desain untuk balok dan kolom	32
Gambar 2.10 Contoh penulangan transversal pada kolom	37
Gambar 2.11 Contoh penulangan transversal pada kolom	37
Gambar 2.12 Penulangan transversal yang sesuai (f) pada kolom	38
Gambar 2.13 Detail batang tulangan berkait untuk penyaluran kait standar	44
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian.	47
Gambar 3.2 Denah Arsitektural Lantai Basement	48
Gambar 3.3 Denah Arsitektural Lantai 1	49
Gambar 3.4 Denah Arsitektural Lantai 2 s/d 9	49
Gambar 3.5 Denah Arsitektural Lantai 10 Atap	50
Gambar 3.6 Denah Arsitektural Tampak Depan	50
Gambar 3.7 Denah Arsitektural Tampak Belakang	51
Gambar 3.8 Denah Arsitektural Tampak Samping Kiri Dan Samping Kanan	51
Gambar 3.9 Denah Tea Beam	53
Gambar 3.10 Denah Balok Lantai 2-10	53
Gambar 3.11 Portal As Arah X A-F	54
Gambar 3.12 Portal As Arah 1-6	54
Gambar 3.13 Kotak Dialog New Model	56
Gambar 3.14 Kotal 3d Frame	57

Gambar 3.15 Kotak Define Grid Data.....	57
Gambar 3.16 Tampilan Awal Model Struktur Bangunan	57
Gambar 3.17 Kotak Dialog Define Material	58
Gambar 3.18 Kotak Input Tipe Material Beton	58
Gambar 3.19 Kotak Input Data Material Beton	59
Gambar 3.20 Kotak Dialog Define Material	59
Gambar 3.21 Kotak Input Data Material Baja	60
Gambar 3.22 Kotak Input Data Material Baja (a) Baja Tulangan Lentur; (b) Baja Tulangan Geser	60
Gambar 3.23 Kotak Dialog Define Material	61
Gambar 3.24 Kotak Dialog Frame Properties	61
Gambar 3.25 Kotak Input Frame Section Property	62
Gambar 3.26 Input Dimensi Balok.....	63
Gambar 3.27 Kotak Dialog Frame Properties	63
Gambar 3.28 Kotak Input Frame Section Property	64
Gambar 3.29 Input Dimensi Kolom	65
Gambar 3.30 Kotak Dialog Area Section.....	65
Gambar 3.31 Kotak Input Shell Section.....	66
Gambar 3.32 Kotak Dialog Area Section.....	66
Gambar 3.33 Kotak Input Shell Section Data	67
Gambar 3.34 Kotak Joint Restrains.....	67
Gambar 3.35 Input Tipe Pembebanan (Beban Mati)	68
Gambar 3.36 Input Tipe Pembebanan.....	69
Gambar 3.37 Kotak Input Beban Super Dead Frame Load	69
Gambar 3.38 Contoh Distribusi Beban Super Dead Load; (a) Tampak 3 Dimensi, (b) Tampak Samping pada AS-1	70
Gambar 3.39 Kotak Input Beban Mati untuk Pelat Lantai.....	71
Gambar 3.40 Contoh Distribusi Beban Mati; (a) Tampak 3 Dimensi, (b) Tampak Samping pada AS-1.	71
Gambar 3.41 Input Tipe Pembebanan (Beban Hidup)	72
Gambar 3.42 Kotak Input Beban Hidup untuk Pelat Lantai	73

Gambar 3.43 Contoh Distribusi Beban Hidup Lantai; a. Tampak 3 Dimensi, (b) Tampak Samping pada AS-2	73
Gambar 3.44 Penginputan Data ke Notepad	77
Gambar 3.45 Kotak Dialog Define Response Spectrum Functions	77
Gambar 3.46 Input Data Response Spectrum dari Sumber Luar	78
Gambar 3.47 Input data grafik Respon Spektrum.....	78
Gambar 3.48 Grafik Respon Spektrum	79
Gambar 3.49 Bagan Alir Penentuan Beban Gempa	80
Gambar 3.50 Kotak Dialog Define Load Combination	81
Gambar 3.51 Input Load Combination.....	81
Gambar 3.52 Input Load Combination.....	83
Gambar 3.53 Diagram Regangan dan Tegangan Balok Persegi	85
Gambar 3.54 Diagram Regangan dan Tegangan.....	86
Gambar 3.55 Diagram Tulangan Tekan Leleh.....	88
Gambar 3.56 Diagram Regangan Balok Tulangan Rangkap	89
Gambar 3.57 Diagram Alir Perhitungan Kebutuhan Tulangan Lentur Balok	90
Gambar 3.58 Mekanisme Tahanan Geser Balok.....	91
Gambar 3.59 Perhitungan Nilai Vs, Dengan Analogi Rangka Batang	92
Gambar 3.60 Diagram Alir Perhitungan Kebutuhan Tulangan Geser Balok.....	94
Gambar 3.61 Diagram Alir Perhitungan Kebutuhan Tulangan Lentur Kolom	99
Gambar 3.62 Geser Desain Untuk Kolom	100
Gambar 3.63 Diagram Alir Perhitungan Kebutuhan Tulangan Geser Kolom	103
Gambar 4.1 Modul Area Load Bangunan Bertingkat Tinggi 10 Lantai	106
Gambar 4.2 Dimensi Balok – Kolom XY View Lantai 1 s/d 9.....	109
Gambar 4.3 Dimensi Balok – Kolom XY View Lantai 10	109
Gambar 4.4 Dimensi Balok – Kolom XZ View Lantai 1 s/d 10	110
Gambar 4.5 Dimensi Balok – Kolom YZ View Lantai 1 s/d 10	111
Gambar 4.6 Parameter Respon Spektrum Periode Pendek(S_s).....	116
Gambar 4.7 Parameter Respon Spektrum Periode 1 Detik (S_1)	117
Gambar 4.8 Parameter Respon Spektrum Periode Panjang $T > 4$ Detik (TL)	117
Gambar 4.9 Pengimputan Data ke Notepad	121

Gambar 4.10	Kotak Dialog New Model	124
Gambar 4.11	Kotak 3d Frame	124
Gambar 4.12	Kotak Define Grid Data.....	125
Gambar 4.13	Tampilan Awal Model Struktur Bangunan	125
Gambar 4.14	Kotak Dialog Define Materials	126
Gambar 4.15	Kotak Input Tipe Material Beton	126
Gambar 4.16	Kotak Input Data Material Beton	127
Gambar 4.17	Kotak Dialog Define Materials	127
Gambar 4.18	Kotak Input Tipe Material Baja.....	127
Gambar 4.19	Kotak Input Data Material Baja (a)Baja Tulangan Lentur; (b) Baja Tulangan Geser	128
Gambar 4.20	Kotak Dialog Define Materials	128
Gambar 4.21	Kotak Dialog Frame Properties	129
Gambar 4.22	Kotak Input Frame Section Property	129
Gambar 4.23	Input Dimensi Balok 30/50	130
Gambar 4.24	Input Dimensi Balok 30/40	131
Gambar 4.25	Kotak Dialog Frame Properties	131
Gambar 4.26	Kotak Input Frame Section Property	132
Gambar 4.27	Input Dimensi Kolom	132
Gambar 4.28	Kotak Dialog Frame Property	133
Gambar 4.29	Kotak Dialog Area Section.....	133
Gambar 4.30	Kotak Input Shell Section.....	134
Gambar 4.31	Membuat Balok	134
Gambar 4.32	Membuat Kolom.....	135
Gambar 4.33	Properties object pelat lantai	135
Gambar 4.34	Automatic frame Mesh.....	136
Gambar 4.35	Area Sections.....	136
Gambar 4.36	Automatic Area Mesh.....	137
Gambar 4.37	Kotak Joint Restrains.....	137
Gambar 4.38	Input Tipe Pembebanan (Beban Mati)	138
Gambar 4.39	Input Tipe Pembebanan.....	139

Gambar 4.40 Kotak Input Beban Super Dead Frame Load	139
Gambar 4.41 Distribusi Beban Super Dead Load; (a) Tampak 3 Dimensi, (b) Tampak Samping pada AS.....	140
Gambar 4.42 Kotak Input Beban Mati untuk Pelat Lantai.....	140
Gambar 4.43 Area Uniform to Frame Beban Mati Tambahan pada Pelat Lantai; (a) Tampak 3 Dimensi, (b) Tampak Samping pada AS-1.....	141
Gambar 4.44 Input Tipe Pembebanan (Beban Hidup)	142
Gambar 4.45 Kotak Input Beban Hidup untuk Pelat Lantai	142
Gambar 4.46 Distribusi Beban Hidup Lantai; a. Tampak 3 Dimensi, (b) Tampak Samping pada AS-2	143
Gambar 4.47 Kotak Dialog Define Response Spectrum Fucntions	144
Gambar 4.48 Input Data Response Spectrum dari Sumber Luar	144
Gambar 4.49 Input data grafik Response Spectrum.....	145
Gambar 4.50 Grafis Respon Spektrum.....	145
Gambar 4.51 Kotak Dialog Define Load Cases	146
Gambar 4.52 Kotak Input Scale Factor Respon Spektrum	146
Gambar 4.53 Input Tipe beban statis.....	147
Gambar 4.54 Input Tipe beban statis.....	148
Gambar 4.55 Kotak Dialog Define Load Combination	150
Gambar 4.56 Input Load Combination untuk Kombinasi 1	150
Gambar 4.57 Input Load Combination untuk Kombinasi 3.....	152
Gambar 4.58 Kotak Dialog Mass Source	153
Gambar 4.59 Input Data Massa Struktur.....	153
Gambar 4.60 Kotak Dialog Define Constraints	154
Gambar 4.61 Kotak Dialog Diaphragm Constraint.....	154
Gambar 4.62 Kotak Dialog Define Load Cases	155
Gambar 4.63 Input Data Load Case untuk Modal Bangunan	155
Gambar 4.64 Pemilihan DOF untuk Analisis 3D.....	157
Gambar 4.65 Pemilihan Analisis Program	157
Gambar 4.66 Pemeriksaan Model Setelah Running.....	158
Gambar 4.67 Kotak Dialog Choose Table for Display	159

Gambar 4.68 Kotak Dialog Select Output Cases	160
Gambar 4.69 Hasil Output Rasio Partisipasi Massa Pada SAP 2000	161
Gambar 4.70 Kotak Dialog Choose Table for Display	162
Gambar 4.71 Kotak Dialog Select Output Cases	163
Gambar 4.72 Hasil Output Base Reaction Pada SAP 2000	163
Gambar 4.73 Kotak Dialog Define Load Cases	164
Gambar 4.74 Kotak Input Scale Factor Respon Spektrum	165
Gambar 4.75 Kotak Dialog Choose Table for Display	165
Gambar 4.76 Kotak Dialog Select Output Cases	166
Gambar 4.77 Hasil Output Base Shear Pada SAP 2000.....	166
Gambar 4.78 Kotak Dialog Choose Table for Display	169
Gambar 4.79 Kotak Dialog Select Output Cases	170
Gambar 4.80 Hasil Output Simpangan Antar Lantai Pada SAP 2000	171
Gambar 4.81 Justifikasi Gaya Dalam Balok Portal As D SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019.....	175
Gambar 4.82 Justifikasi Gaya Dalam Balok Portal As 3 SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019.....	176
Gambar 4.83 Justifikasi Gaya Dalam Kolom Portal As D SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019.....	181
Gambar 4.84 Justifikasi Gaya Dalam Kolom Portal As 3 SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019.....	182
Gambar 4.85 Beban Mati Tambahan di Pelat dari SAP 2000	209
Gambar 4.86 Beban Mati Tambahan di Balok dari SAP 2000	209
Gambar 4.87 Beban Hidup di Pelat dari SAP 2000	210
Gambar 4.88 Konversi Beban Merata.....	210
Gambar 4.89 Freebody Pemutusan Tulangan Lentur Tarik-Atas Pada Tumpuan SNI 2847-2013	214
Gambar 4.90 Freebody Pemutusan Tulangan Lentur Tarik-Atas Pada Tumpuan SNI 2847-2019	214
Gambar 4. 91 Penempatan Tulangan Geser (Daerah Plastis Dan Non Plastis)	217
Gambar 4.92 Freebody VE gempa kiri	219

Gambar 4.93 Freebody VE gempa kanan	220
Gambar 4.94 Gaya Geser Rencana VE'SNI 2847-2013	224
Gambar 4.95 Gaya Geser Rencana VE'SNI 2847-2019	224
Gambar 4.96 Beban Mati Tambahan di Pelat dari SAP 2000	250
Gambar 4.97 Beban Mati Tambahan di Balok dari SAP 2000	250
Gambar 4.98 Beban Hidup di Pelat dari SAP 2000	251
Gambar 4.99 Konversi Beban Merata.....	251
Gambar 4.100 Gambar freebody Pemutusan Tulangan Lentur Tarik-Atas Pada Tumpuan SNI 2847-2013.....	255
Gambar 4.101 Gambar freebody Pemutusan Tulangan Lentur Tarik-Atas Pada Tumpuan SNI 2847-2019.....	255
Gambar 4.102 Penempatan Tulangan Geser (Daerah Plastis Dan Non Plastis)	258
Gambar 4.103 Freebody VE gempa kiri	260
Gambar 4.104 Freebody VE gempa kanan	261
Gambar 4.105 Gaya Geser Rencana VE'SNI 2847-2013	265
Gambar 4.106 Gaya Geser Rencana VE'SNI 2847-2019	265
Gambar 4.107 Sketsa Kolom.....	269
Gambar 4.108 Grafik Rangka Bergoyang.....	270
Gambar 4.109 Kotak dialog General Information.....	272
Gambar 4.110 Kotak dialog Material Properties.....	273
Gambar 4.111 Kotak dialog Rectangular Section	273
Gambar 4.112 Kotak dialog Startup Defaults	274
Gambar 4.113 Kotak dialog Reinforcement	274
Gambar 4.114 Kotak dialog All Sides Equal	275
Gambar 4.115 Kotak dialog Factored Loads	275
Gambar 4.116 Hasil dari sp Column.....	276
Gambar 4.117 Column Section	277
Gambar 4.118. Tulangan Pengekang Kolom di Daerah Lo	278
Gambar 4.119. Freebody di Hubungan Balok Kolom.....	280
Gambar 4.120 Penempatan Tulangan Geser diluar Lo	282
Gambar 4.121 Sketsa Kolom.....	285

Gambar 4.122 Grafik Rangka Bergoyang.....	286
Gambar 4.123 Kotak dialog General Information.....	288
Gambar 4.124 Kotak dialog Material Properties.....	289
Gambar 4.125 Kotak dialog Rectangular Section	289
Gambar 4.126 Kotak dialog Startup Defaults	290
Gambar 4.127 Kotak dialog Reinforcement	290
Gambar 4.128 Kotak dialog All Sides Equal	291
Gambar 4.129 Kotak dialog Factored Loads	291
Gambar 4.130 Hasil dari sp Column.....	292
Gambar 4.131 Column Section	293
Gambar 4.132 Tulangan Pengekang Kolom di Daerah Lo	294
Gambar 4.133 Freebody di Hubungan Balok Kolom.....	296
Gambar 4.134 Penempatan Tulangan Geser diluar Lo	298
Gambar 4.135 Grafik Perbandingan Jumlah Tulangan Lentur balok As 3	301
Gambar 4.136 Grafik Perbandingan Jumlah Tulangan Lentur balok As D	302
Gambar 4.137 Grafik Perbandingan Spasi Tulangan Geser balok 30/50 bentang 6 meter As 3	303
Gambar 4.138 Grafik Perbandingan Spasi Tulangan Geser balok 30/40 bentang 4 meter As D	304
Gambar 4.139 Grafik Perbandingan Pemutusan As 3.....	305
Gambar 4.140 Grafik Perbandingan Pemutusan As D.....	306
Gambar 4.141 Grafik Perbandingan Jumlah Tulangan Lentur di	308

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persyaratan Beton dan batasan Nilai f'_c	10
Tabel 2.2 Persyaratan Baja Tulangan.....	11
Tabel 2.3 Beban Mati Tambahan	12
Tabel 2.4 Beban Hidup (live load)	12
Tabel 2.5 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa	13
Tabel 2.6 Faktor Keutamaan Gempa.....	15
Tabel 2.7 Klasifikasi Situs	17
Tabel 2.8 Koefisien Situs, F_a	19
Tabel 2.9 Koefisien Situs, F_v	19
Tabel 2.10 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.....	22
Tabel 2.11 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.....	22
Tabel 2.12 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik.....	22
Tabel 2.13 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode Yang Dihitung	23
Tabel 2.14 Nilai parameter periode pendekatan t_c dan x	24
Tabel 2.15 Kombinasi Beban	26
Tabel 2.16 Persyaratan Batasan Dimensi Balok	27
Tabel 2.17 Persyaratan Tulangan Longitudinal balok	28
Tabel 2.18 Persyaratan Tulangan Transversal balok	29
Tabel 2.19 Persyaratan Kekuatan Geser Balok.....	32
Tabel 2.20 Persyaratan Batasan Dimensi Kolom.....	33
Tabel 2.21 Persyaratan kekuatan lentur minimum kolom.....	34
Tabel 2.22 Persyaratan Tulangan transversal Kolom.....	36
Tabel 2.23 Persyaratan kekuatan geser kolom	40
Tabel 2.24 Kait standar antara SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019	42
Tabel 2.25 Geometri kait standar untuk penyaluran batang ulir pada kondisi tarik	42
Tabel 2.26 Diameter Bengkokan Minimum.....	43

Tabel 2.27 Diameter sisi dalam bengkokan minimum dan geometri kait standar untuk sengkang, ikat silang, dan sengkang pengekang.....	43
Tabel 2.28 Penyaluran Kait Standar Dalam Kondisi Tarik.....	44
Tabel 2.29 Faktor modifikasi panjang penyaluran batang dengan kait kondisi tarik ..	45
Tabel 3.1 Input Nilai T_0 , T_s , dan S_a pada Excel	76
Tabel 4.1 Panjang Bentang Antar Portal.....	105
Tabel 4.2 Data Estimasi Dimensi Kolom.....	106
Tabel 4.3 Perhitungan Beban Mati.....	107
Tabel 4.4 Pehitungan Beban Hidup.....	107
Tabel 4.5 Perhitungan faktor β :.....	112
Tabel 4.6 Perhitungan garis netral balok T (Y_b) dan Inersia balok T (I_b):.....	112
Tabel 4.7 Perhitungan Rasio Kekakuan Arah Memanjang (a_y) dan Arah Melintang (a_x)	113
Tabel 4.8 Perhitungan Rasio Kekakuan am dan Tebal Pelat Minimal (h_{pmin}).....	113
Tabel 4.9 Kontrol H_p rencana > H_{pmin}	113
Tabel 4.10 Berat jenis bahan bangunan yang digunakan	114
Tabel 4.11 Rekapitulasi Beban Mati Tambahan pada Pelat.....	115
Tabel 4.12 Perhitungan Beban Mati Tambahan pada balok	115
Tabel 4.13 Berat Beban Hidup	116
Tabel 4.14 Menghitung parameter respon spektrum percepatan gempa SMS dan SM1	118
Tabel 4.15 Menghitung Parameter Respon Spektrum Percepatan Gempa Desain SDS dan SD1.....	118
Tabel 4.16 Menghitung T_0 , T_s , dan T_L spektrum respons.....	118
Tabel 4.17 Rekapitulasi Analisa Respon Spektrum	119
Tabel 4.18 Input Nilai T_0 , T_S , dan S_a pada Excel.....	119
Tabel 4.19 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek / periode 1 detik.....	122
Tabel 4.20 Kategori Desain Seismik (KDS) dan resiko kegempaan	122
Tabel 4.21 Kombinasi beban.....	149
Tabel 4.22 Perbandingan Penginputan Kombinasi 1	151

Tabel 4.23 Perbandingan Penginputan Kombinasi 3	151
Tabel 4.24 Perbandingan Penginputan Analisa Modal	155
Tabel 4.25 Partisipasi massa	159
Tabel 4.26 Jumlah Respon Ragam.....	161
Tabel 4.27 Gaya geser dasar	162
Tabel 4.28 Kontrol Base Shear	164
Tabel 4.29 Kontrol Base Shear	167
Tabel 4.30 Periode Fundamental.....	168
Tabel 4.31 Kontrol Simpangan Antar Lantai	168
Tabel 4.32 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah X	172
Tabel 4.33 Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y	173
Tabel 4.34 Kesimpulan Simpangan Antar Lantai Arah x	173
Tabel 4.35 Resume Gaya Dalam Balok Portal As 3	177
Tabel 4.36 Resume Gaya Dalam Balok Portal As D	178
Tabel 4.37 Resume Gaya Dalam Balok Portal As 3	178
Tabel 4.38 Resume Gaya Dalam Balok Portal As D	179
Tabel 4.39 Resume Gaya Dalam Semua Kombinasi Kolom	183
Tabel 4.40 Resume Gaya Dalam Kombinasi Beban Sementara Kolom	183
Tabel 4.41 Resume Gaya Dalam Kombinasi Beban Tetap Kolom.....	184
Tabel 4.42 Resume Gaya Dalam Semua Kombinasi Kolom	184
Tabel 4.43 Resume Gaya Dalam Kombinasi Beban Sementara Kolom	185
Tabel 4.44 Resume Gaya Dalam Kombinasi Beban Tetap Kolom.....	185
Tabel 4.45 Data-data Balok 6 Meter	186
Tabel 4.46 Perbandingan kontrol penampang.....	187
Tabel 4.47 Tabel Perbandingan Perhitungan Tulangan Lentur balok 6 meter.....	187
Tabel 4.48 Resume desain tulangan balok SNI 2847-2013	207
Tabel 4.49 Resume desain tulangan balok SNI 2847-2019	207
Tabel 4.50 Kontrol Syarat Khusus Tulangan Lentur Balok A-B.....	208
Tabel 4.51 Pemutusan dan Pengangkuran Tulangan Lentur Balok A-B	212
Tabel 4.52 Pemeriksaan Tulangan Geser	221
Tabel 4.53 Desain Tulangan Geser	222

Tabel 4.54 Pemeriksaan Tulangan Geser	225
Tabel 4.55 Desain Tulangan Geser	225
Tabel 4.56 Data-data balok 4 meter	227
Tabel 4.57 Perbandingan kontrol penampang.....	228
Tabel 4.58 Tabel Perbandingan Perhitungan Tulangan Lentur Balok 4 meter	228
Tabel 4.59 Resume desain tulangan balok SNI 2847-2013	248
Tabel 4.60 Resume desain tulangan balok SNI 2847-2019	248
Tabel 4.61 Kontrol Syarat Khusus Penulangan	249
Tabel 4.62 Pemutusan dan Pengangkuran Tulangan Lentur Balok A-B	252
Tabel 4.63 Pemeriksaan Tulangan Geser	262
Tabel 4.64 Desain Tulangan Geser	263
Tabel 4.65 Pemeriksaan Tulangan Geser	266
Tabel 4.66 Desain Tulangan Geser	266
Tabel 4.67 Data Balok, Kolom.....	268
Tabel 4.68 Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities.....	277
Tabel 4.69 Tulangan Pengekang dan Geser di daerah Lo	282
Tabel 4.70 Tulangan sengkang di luar daerah Lo	283
Tabel 4.71 Data-data balok dan kolom	284
Tabel 4.72 Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities.....	293
Tabel 4.73 Tulangan Pengekang dan Geser di daerah Lo	298
Tabel 4.74 Tulangan sengkang di luar daerah Lo	299
Tabel 4.75 Perbandingan Jumlah Kebutuhan Tulangan Lentur Balok Antara SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019	300
Tabel 4.76 Perbandingan Spasi Tulangan Geser Balok Antara SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019	302
Tabel 4.77 Perbandingan Jarak PemutusanTulangan Lentur Balok Antara SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019	304
Tabel 4.78 Perbandingan Pengangkuran Tulangan Lentur Balok di HBK Antara SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019.....	306
Tabel 4.79 Perbandingan Jumlah Kebutuhan Tulangan Lentur Kolom Antara SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019	307

Tabel 4.80 Perbandingan Spasi Tulangan Geser Kolom Antara SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019	308
Tabel 4.81 Perbandingan Tulangan Sengkang Pengekang Kolom Antara SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019	309