

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG DP MALL
EXSPANSION SEMARANG 15 LANTAI TAHAN GEMPA
MENGGUNAKAN SISTEM GANDA



ALFIANITA DWI SAFIRA

NPM : 20.11.0016

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS WIJAYA KUSUMA SURABAYA
2024

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST.)
di Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Oleh:

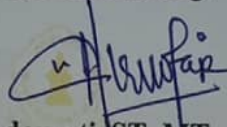
ALFIANITA DWI SAFIRA

NPM: 20.11.0016

Tanggal Ujian : 26 Juni 2024

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing,



Andaryati, ST., MT.

NIK : 197411032005012002

Mengetahui,

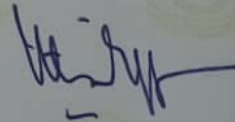
Dekan Fakultas teknik,



Johan Paing Heru Waskito, ST, MT.

NIK: 196903102005011002

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Ir. Utari Khatulistiani, MT.

NIK: 93130-ET

LEMBAR PENGESAHAN REVISI

Judul : Perencanaan Ulang Struktur Gedung DP Mall *Expansion* Semarang 15 Lantai
Tahan Gempa Menggunakan Sistem Ganda


Nama : Alfianita Dwi Safira

NPM : 20110016

Tanggal Ujian : 26 Juni 2024

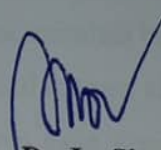
Disetujui oleh :

Dosen Penguji I,



Dr. Ir. Soerilandani Priantoro M. MT.
NIK. 94245-ET

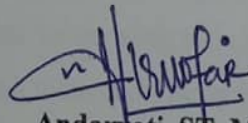
Dosen Penguji II,



Dr. Ir. Siswoyo MT.
NIK: 92177-ET

Mengetahui,

Dosen Pembimbing



Andarwati, ST., MT.

NIK : 197411032005012002

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG DP MALL *EXPANSION*
SEMARANG 15 LANTAI TAHAN GEMPA MENGGUNAKAN SISTEM GANDA**

**Nama : Alfianita Dwi Safira
NPM : 20.11.0016
Program Studi : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing: Andaryati, ST.,MT.**

Abstrak

Perencanaan struktur gedung bertingkat tinggi di Kota Semarang karena berada ke dalam kategori desai seismik D, harus dilakukan dengan memperhitungkan beban lateral akibat gempa. Oleh sebab itu, gedung DP Mall *Expansion* 15 lantai direncanakan menggunakan Sistem Ganda, serta mengacu pada peraturan SNI 1726-2019 dan SNI 2847-2019 agar struktur bangunan tahan terhadap gempa. Sistem ganda dipilih karena memiliki kelebihan antara lain memberikan kemampuan struktur yang lebih baik untuk menahan beban terutama beban gempa akibat adanya interaksi antara sistem rangka pemikul momen khusus dengan dinding geser yang menambah kekakuan struktur dan menyerap gaya geser yang besar seiring dengan semakin tingginya suatu struktur bangunan. Perencanaan meliputi komponen struktur gedung dan pemodelan serta analisis desain struktur menggunakan program struktur. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh gedung DP Mall *Expansion* memenuhi persyaratan gedung tahan gempa, dimana sistem rangka pemikul momen khusus telah mampu memikul paling sedikit $25,79\% \geq 25\%$ gaya seismik desain dan dinding geser menerima gaya gempa maksimal $73,55 \leq 75\%$ sesuai dengan peraturan SNI 1726-2019. Perencanaan dinding geser juga telah memenuhi persyaratan dalam SNI 2847-2019 dimana kekuatan aksial akibat desain dari dinding struktur bernilai 245800 kN, lebih besar dibanding gaya aksial akibat beban yang terjadi, yaitu 2648,07 kN. Nilai simpangan antar lantai yang terjadi juga telah memenuhi persyaratan dalam peraturan SNI 1726-2019 dimana simpangan tingkat desain rerata (δ) bernilai 24,56 mm, lebih kecil dibanding simpangan tingkat ijin (Δ_a) 80 mm.

Kata kunci : Struktur Beton Bertulang, DP Mall Expansion, Sistem Ganda, SRPMK, Gempa, Semarang

REDESIGN OF EARTHQUAKE-RESISTANT STRUCTURE FOR DP MALL EXPANSION SEMARANG 15-STOREY BUILDING USING DUAL SYSTEM

Name : Alfianita Dwi Safira
NPM : 20.11.0016
Study Program : Civil Engineering FT-UWKS
Supervisor : Andaryati, ST.,MT.

Abstract

The design of the high-rise building structure in Semarang City, categorized under seismic design category D, must consider lateral loads due to earthquakes. Therefore, the 15-storey DP Mall Expansion building is planned using a Dual System, referring to SNI 1726-2019 and SNI 2847-2019 regulations to ensure earthquake resistance. The Dual System was chosen because it offers advantages such as providing better structural capacity to resist loads, especially earthquake loads, by integrating a special moment-resisting frame system with shear walls that enhance structural stiffness and absorb large shear forces as the building height increases. The planning includes the structural components of the building, modeling, and structural design analysis using structural software.

Based on the calculations performed, the DP Mall Expansion building meets earthquake-resistant requirements. The special moment-resisting frame system has been able to withstand at least 25.79% ($\geq 25\%$) of the seismic design forces, while the shear walls absorb a maximum earthquake force of 73.55% ($\leq 75\%$) as per SNI 1726-2019. The design of the shear walls also meets the requirements of SNI 2847-2019, where the axial strength due to the design of the structural walls is 245,800 kN, greater than the axial force due to the applied loads, which is 2,648.07 kN. The inter-story drift values also comply with SNI 1726-2019, with an average design drift ratio (δ) of 24.56 mm, smaller than the permissible drift ratio (Δa) of 80 mm.

Keywords: Reinforced Concrete Structure, DP Mall Expansion, Dual System, SRPMK, Earthquake, Semarang

KATA PENGANTAR

Dengan segala puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Ulang Gedung DP Mall Expansion Semarang 15 Lantai Tahan Gempa Menggunakan Sistem Ganda” dapat terselesaikan dengan baik.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari peran serta pihak lain yang telah membantu dan membimbing sampai tersusun Tugas Akhir ini. Oleh karena itu dengan terselesainya Tugas Akhir ini, penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Johan Paing Heru Waskito, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.
2. Ibu Dr.Ir. Utari Khatulistiani, MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.
3. Ibu Andaryati,ST,MT. Selaku dosen wali dan dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan dan motivasi selama menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir . H. Soerjandani Priantoro Machmoed, M.T. dan Dr. Ir. Siswoyo, M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun terhadap Tugas Akhir penulis.
5. Kedua orang tua paling berjasa dalam hidup saya, ayah Ach. Musfai’e F. dan ibu Siti Subaini MZ. Terima kasih atas kepercayaan yang telah diberikan kepada saya untuk melanjutkan kuliah, serta cinta do’a, motivasi, semangat dan nasihat yang tidak hentinya diberikan kepada anaknya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Kepada cinta kasih saudara kandung saya, Kakak Alfian Eka H.Y, S.T. dan mbak ipar Hana Nur Lelli terima kasih atas segala do’a usaha dan support yang telah diberikan kepada saya dalam proses pembuatan Tugas Akhir.
7. Adik Sepupu, Nur Azizah yang memberikan semangat dan dukungan walaupun melalui celotehannya, tetapi penulis yakin dan percaya itu adalah sebuah bentuk dukungan dan motivasi.
8. Terima kasih untuk keluarga besar yang selalu memberikan dukungan baik secara moril maupun material

9. Terima kasih untuk teman-teman Teknik Sipil angkatan 2020 yang telah berperan banyak memberikan pengalaman dan pembelajaran selama di bangku kuliah, *see you on top, guys*.
10. Kepada sahabat saya yaitu Dini Purwati, yang telah mendukung dan memberikan saya semangat untuk mengerjakan Tugas Akhir.
11. Miftahul Ulum, terima kasih atas dukungan, semangat, serta telah menjadi tempat berkeluh kesah, selalu ada dalam suka maupun duka selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
12. Teruntuk Alan, Devira, Bayu, Mbak Ninna as “sue acara” yang telah kebersamai selama proses perkuliahan dan selalu memberikan semangat kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
13. Untuk diri saya sendiri Alfianita Dwi Safira, yang selalu mampu menguatkan dan meyakinkan tanpa jeda bahwa semuanya bakalan selesai pada waktunya.
14. Semua pihak yang telah banyak membantu penyusun, baik secara moril maupun materil, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, mengingat keterbatasan pengetahuan kami dan waktu yang tersedia, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan petunjuk dari semua pihak untuk perbaikan dan kelengkapan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis mengharapkan dapat menyelesaikan dengan hasil yang baik serta bisa bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juni 2023

Alfianita Dwi Safira

20.11.0016

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN REVISI	ii
Abstrak.....	iii
Abstract.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Maksud dan Tujuan	4
1.3.1.Maksud	4
1.3.2.Tujuan	4
1.4. Manfaat.....	5
1.5. Batasan Masalah	5
1.6. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Gempa	7
2.2. Sistem Ganda.....	9
2.3. Menentukan Respon Spektrum	10
2.3.1.Klasifikasi Dinding Geser	10
2.3.2.Fungsi Dinding Geser	10
2.3.4.Perilaku Dinding Geser	11
2.3.5.Perilaku Struktur Rangka Dinding Geser	11
2.4. Sistem Rangka Pemikul Momen.....	12
2.5. Persyaratan Dalam Ketentuan Pemikul Momen Khusus.....	13
2.5.1.Balok Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	14
2.5.2.Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.....	16
2.5.3.Joint Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	17
2.6. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Faktor Keutamaan Gempa	19
2.7. Defleksi Lateral	20
2.8. Analisis Respons Situs untuk Tanah Kelas Situs SF	20

2.9. Menentukan Respons Spektra.....	22
2.10. Kategori Desain Seismik (KDS).....	24
2.11. Perencanaan Beban Gempa.....	25
2.11.1.Periode Fundamental Pendekatan.....	26
2.11.2.Distribusi Gaya Gempa	27
2.11.3.Batasan Simpangan Antar Lantai	27
2.11.4.Kombinasi Pembebanan	28
2.12. Perencanaan Struktur Sekunder	28
2.12.1.Perencanaan Pelat Satu Arah.....	29
2.12.2.Perencanaan Pelat Dua Arah	31
2.12.3.Tangga.....	33
2.12.4.Balok Anak	34
2.12.5.Balok Penggantung Lift	34
2.13. Perencanaan Struktur Primer	35
2.13.1.Perencanaan Balok Induk.....	35
2.13.2.Perencanaan Kolom	36
2.13.3.Dinding Struktural Khusus.....	38
2.14. Perencanaan Pondasi	43
2.14.1.Tiang Pancang.....	43
2.14.2. Daya Dukung Pondasi Kelompok	44
2.14.2.Perencanaan <i>Pilecap</i>	45
2.15 Penelitian Terdahulu yang Sejenis	47
BAB III METODOLOGI PERENCANAAN	51
3.1 Diagram Alir Perencanaan	51
3.2 Penjelasan Diagram Alir Perencanaan	52
BAB IV PRELIMINARY DESIGN	54
4.1 Preliminary Desain	54
4.2 Data Perencanaan	54
4.3 Perencanaan Dimensi Balok	55
4.3.1 Dimensi Balok Induk	55
4.3.2 Dimensi Balok Anak	55
4.4 Dimensi Pelat.....	55
4.4.1 Perencanaan Pelat Atap	56
4.4.2 Perencanaan Pelat Lantai	59
4.5 Dimensi Kolom	62
4.5.1 Pembebanan pada Kolom.....	63
4.5.3 Perhitungan Beban Lantai	63

4.5.4 Total Pembebanan	64
4.5.4 Menentukan Dimensi Kolom	64
4.6 Dimensi Dinding Geser	64
BAB V STRUKTUR SEKUNDER.....	65
5.1 Struktur Sekunder	65
5.2 Perencanaan Pelat Atap.....	65
5.3 Pembebanan Pelat Atap	65
5.3.1 Perhitungan Momen Pelat Atap.....	66
5.3.2 Syarat Batas Penulangan Plat Atap.....	67
5.3.3 Penulangan Plat Atap	68
5.3.4 Kontrol Kekuatan Pada Plat Atap.....	69
5.3.4 Kontrol Retak Pada Plat Atap.....	70
5.4 Perencanaan Pembebanan Plat Lantai.....	71
5.4.1 Perhitungan Momen Plat Lantai.....	71
5.4.2 Syarat Batas Penulangan Plat Lantai.....	73
5.4.3 Penulangan Plat Lantai.....	73
5.4.4 Kontrol Kekuatan Pada Plat Lantai	75
5.4.5 Kontrol Retak Pada Plat Lantai	76
5.4.6 Perencanaan Pelat Lantai Fungsi Parkir	76
5.4.7 Syarat Batas Penulangan Pelat Lantai Fungsi Parkir	79
5.4.8 Penulangan Pelat Lantai Fungsi Parkir Arah X	79
5.4.9 Penulangan Tumpuan Pelat Lantai Fungsi Parkir.....	80
5.4.10 Kontrol Kekuatan Fungsi Parkir.....	80
5.5 Perencanaan Tangga	81
5.5.1 Pembebanan Tangga.....	82
5.5.2 Analisa Statika Tangga.....	83
5.5.3 Gaya Dalam Tangga.....	85
5.5.4 Penulangan Plat Bordes Tangga.....	86
5.5.5 Kontrol Kekuatan Plat Bordes Tangga	87
5.5.6 Penulangan Plat Tangga Miring	88
5.5.7 Kontrol Kekuatan Plat Tangga Miring	89
5.6 Perencanaan Balok Bordes	90
5.6.1 Perhitungan Gaya Dalam	91
5.6.2 Syarat Batas Penulangan Balok Bordes.....	91
5.6.3 Penulangan Lentur Balok Bordes.....	92
5.6.4 Penulangan Geser Balok Bordes	94
5.7 Perencanaan Balok Penggantung Pada lift.....	95

5.7.1 Koefisien Kejut Beban Hidup oleh Beban Keran	96
5.7.2 Pembebanan Balok Penggantung <i>Lift</i>	97
5.7.3 Syarat Batas Penulangan Balok Penggantung <i>Lift</i>	99
5.7.4 Penulangan Lentur Balok Penggantung <i>Lift</i>	99
5.7.5 Penulangan Geser Balok Penggantung <i>Lift</i>	102
5.8 Perencanaan Balok Anak Atap.....	103
5.8.1 Pembebanan Balok Anak Atap	104
5.8.2 Penulangan Lentur Balok Anak Atap	110
5.8.3 Penulangan Geser Balok Anak Atap.....	112
5.9 Perencanaan Balok Anak Lantai	114
5.9.1 Pembebanan Balok Anak Lantai	114
5.9.3 Penulangan Lentur Balok Anak Lantai.....	120
5.9.4 Penulangan Geser Balok Anak Lantai	122
BAB VI PERENCANAAN BEBAN GEMPA	124
6.1 Data Perencanaan	124
6.2 Pembebanan pada struktur	125
6.2.1 Pembebanan Gravitasi pada Struktur	125
6.3 Pembebanan Gempa pada Struktur	127
6.3.1 Kombinasi Beban.....	131
6.3.2 Batas Simpangan Antar Lantai.....	132
6.3.3 Periode Getar Waktu Struktur	134
6.3.4 Analisa Sistem Ganda	137
BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER	139
7.1 Perencanaan Balok Induk	139
7.1.1 Perencanaan Balok Induk.....	139
7.1.2 Penulangan Lentur Balok Induk.....	139
7.1.3 Persyaratan Detail Komponen Lentur	142
7.1.4 Penulangan Geser Balok Induk	144
7.1.5 Syarat Detail Komponen Lentur.....	148
7.1.6 Penulangan Torsi Balok Induk	150
7.1.7 Pemutusan Tulangan Balok Induk.....	152
7.2 Perencanaan Kolom.....	152
7.2.1 Desain Tulangan Memanjang Kolom.....	154
7.2.2 Perhitungan Kuat Tekan Maksimal Rencana Kolom	158
7.2.3 Syarat Pendetailan.....	158
7.2.4 Pendetailan <i>Strong Coloumn Weak Beam</i>	158
7.2.5 Perhitungan Tulangan <i>Confinement</i>	162

7.2.6 Perhitungan Tulangan Geser	163
7.2.7 Sambungan Lewatan Tulangan pada Kolom	165
7.2.8 Pemasangan Tulangan Kolom	166
7.3 Hubungan Balok Kolom (HBK)	166
7.3.1 Desain HBK yang Terkekang 4 Balok.....	168
7.3.2 Desain HBK yang Terkekang 3 atau 2 Balok.....	169
7.4 Perencanaan Dinding Struktur	170
7.4.1 Dimensi Dinding Struktur	171
7.4.2 Kontrol Kekuatan Aksial Dinding Struktur	171
7.4.3 Desain Elemen Pembatas Dinding Struktural Khusus	172
7.4.4 Penulangan Dinding Struktur	176
BAB VIII PERENCANAAN STRUKTUR PONDASI	179
8.1 Beban Aksial Pondasi	179
8.2 Pondasi Tiang Pancang	180
8.2.1 Spesifikasi Tiang Pancang.....	180
8.2.2 Daya Dukung Satu Tiang	181
8.2.3 Rencana Kebutuhan Tiang	182
8.2.4 Daya Dukung Tiang Kelompok.....	183
8.2.5 Kontrol Beban Maksimum Satu Tiang Pancang	185
8.3 Perencanaan Pile Cap	186
8.3.1 Perencanaan <i>Pile Cap</i> Tipe 1	186
8.3.2 Penulangan <i>Pile Cap</i> Tipe 1	188
8.3.3 Perencanaan <i>Pile Cap</i> Tipe 2	190
8.4 Perencanaan Sloof	194
8.4.1 Tulangan Longitudinal Sloof.....	195
8.4.2 Tulangan Geser Sloof.....	196
BAB IX KESIMPULAN DAN SARAN	198
9.1 Kesimpulan.....	198
9.2 Saran.....	198
DAFTAR PUSTAKA	200

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta MCER (Ss) wilayah Semarang	1
Gambar 1. 2 Peta Lokasi DP Mall <i>Expansion</i>	2
Gambar 2. 1 Peta MCER Parameter Ss.....	7
Gambar 2. 2 Peta MCER Parameter Ss	8
Gambar 2. 3 Desain Spektra Indonesia	8
Gambar 2. 4 Struktur Gabungan Portal dan Dinding Geser	12
Gambar 2. 5 Luas Joint Efektif.....	19
Gambar 2. 6 Spektrum Respons Desain Kota Semarang	24
Gambar 2. 7 Syarat teknik perencanaan Tangga	33
Gambar 3. 1 Diagram Alir Perencanaan.....	52
Gambar 4. 1 Perencanaan Pelat Atap.....	56
Gambar 4. 2 Penampang Balok Induk Pelat Atap	56
Gambar 4. 3 Penampang Balok Anak Pelat Atap	57
Gambar 4. 4 Perencanaan Pelat Lantai	59
Gambar 4. 5 Penampang Balok Induk Pelat Lantai.....	60
Gambar 4. 6 Penampang Balok Anak Plat Lantai	61
Gambar 5. 1 Tipe Pelat Atap.....	66
Gambar 5. 2 Tipe Pelat Lantai	71
Gambar 5.3 Muatan T Satu Roda di Tengah Pelat.....	38
Gambar 5.4 Pembebanan T Satu Roda di Tengah Pelat.....	38
Gambar 5.5 Perencanaan Tangga.....	42
Gambar 5. 6 Beban Hidup Pada Tangga dan Bordes.....	83
Gambar 5. 7 Gaya Momen Pada Tangga	84
Gambar 5. 8 Gaya Momen pada Tangga	84
Gambar 5. 9 Gaya Geser pada Tangga	84
Gambar 5. 10 Gaya Dalam Bordes.....	85
Gambar 5. 11 Gaya Dalam Tangga.....	85
Gambar 5. 12 Momen Lentur (M_u) pada Balok Penggantung lift	97
Gambar 5. 13 Gaya Geser (V_u) pada Balok Penggantung lift.....	97
Gambar 5. 14 Gaya Dalam Lapangan Balok penggantung lift.....	98

Gambar 5. 15 Gaya Dalam Tumpuan Balok Penggantung.....	98
Gambar 5. 16 Tributary Area Pembebanan Balok Anak Atap.....	104
Gambar 5. 17 Pembebanan Trapezium T1 pada Balok Anak Atap.....	105
Gambar 5. 18 Pembebanan Trapezium T2 pada Balok Anak Atap.....	106
Gambar 5. 19 Pembebanan Trapezium T3 pada Balok Anak Atap.....	107
Gambar 5. 20 Pembebanan Segitiga S1 pada Balok Anak Atap.....	108
Gambar 5. 21 Pembebanan Segitiga S2 pada Balok Anak Atap.....	109
Gambar 5. 22 Tributary Area Pembebanan Balok Anak Lantai.....	114
Gambar 5. 23 Pembebanan Trapezium T1 pada Balok Anak Atap.....	115
Gambar 5. 24 Pembebanan Trapezium T2 pada Balok Anak Atap.....	116
Gambar 5. 25 Pembebanan Trapezium T3 pada Balok Anak Atap.....	117
Gambar 5. 27 Pembebanan Segitiga S1 pada Balok Anak Atap.....	118
Gambar 5. 28 Pembebanan Segitiga S2 pada Balok Anak Atap.....	119
Gambar 6.1 Pemodelan dengan Program Struktur.....	131
Gambar 6.2 Output Simpangan Arah X.....	132
Gambar 6.3 Output Simpangan Arah Y.....	132
Gambar 7.1 Gaya Geser Gravitasi dan Geser Gempa Balok Induk.....	144
Gambar 7.2 Gaya Dalam SAP 2000.....	147
Gambar 7.3 Detail Penulangan Balok.....	149
Gambar 7.4 Pemutusan Tulangan Balok Induk.....	150
Gambar 7.5 Kolom.....	151
Gambar 7.6 Nomogram Faktor Kekakuan Kolom untuk Portal Bergoyang.....	153
Gambar 7.7 Konfigurasi Penulangan Kolom.....	154
Gambar 7.8 Diagram Interaksi Gaya Aksial dengan Momen Arah X.....	155
Gambar 7.9 Diagram Interaksi Gaya Aksial dengan Momen Arah Y.....	115
Gambar 7.10 Gaya Aksial pada Lantai Atas Kolom.....	157
Gambar 7.11 Gaya Aksial pada lantai Bawah Kolom.....	157
Gambar 7.12 Diagram Interaksi Gaya Aksial dengan Momen Arah X.....	157
Gambar 7.13 Pemasangan Tulangan Kolom.....	164
Gambar 7.14 Hubungan Balok Kolom yang Ditinjau.....	164
Gambar 7.15 Hubungan Balok Kolom Terkekang Empat Balok.....	166
Gambar 7.16 Hubungan Balok Kolom Terkekang Tiga atau Dua Balok.....	167

Gambar 7.17 Diagram Interaksi Gaya Aksial dengan Momen Desain Kekuatan Dinding Struktur.....	171
Gambar 7.18 Diagram Interaksi Gaya Aksial dengan Momen Desain Kekuatan Dinding Struktur dengan Elemen Pembatas.....	172
7.19 Penulangan Dinding Struktur dan Elemen Pembatas.....	175
Gambar 8.1 Titik-titik Perletakan.....	176
Gambar 8.2 Konfigurasi Pondasi 6 Tiang.....	183
Gambar 8.3 Statika <i>Pile Cap Tipe 1</i>	186
Gambar Statika <i>Pile Cap Tipe 2</i>	190
Gambar 8.5 Denah Sloof.....	191
Gambar 8.6 Konfigurasi Penulangan Sloof.....	192
Gambar 8.7 Diagram Interaksi.....	193

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kekuatan Geser Nominal Joint V_n	18
Tabel 2. 2 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa.....	19
Tabel 2. 4 Klasifikasi Situs	20
Tabel 2. 5 Koefisien Situs, F_a	21
Tabel 2. 6 Koefisien Situs, F_a	22
Tabel 2. 7 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Percepatan Pada Periode Pendek 0,2 Detik.....	25
Tabel 2. 8 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Percepatan Pada Periode Pendek 0,2 Detik.....	25
Tabel 2. 9 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang dihitung.....	26
Tabel 2. 10 Nilai Parameter Periode Pendekatan.....	26
Tabel 2. 11 Simpangan Antar Lantai Tingkat Izin, $\Delta_{a,b}$	28
Tabel 2. 12 Ketebalan Minimum Pelat Solid Satu Arah Nonprategang	29
Tabel 2. 13 As min untuk Pelat Satu Arah Nonprategang	30
Tabel 2. 14 Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah Nonprategang Tanpa Balok.....	32
Tabel 2. 15 Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah Nonprategang dengan Balok Tumpuan Pada Semua Sisinya.....	32
Tabel 2. 16 As Min untuk pelat Dua Arah Nonprategang	33
Tabel 2. 17 Tinggi Minimum Balok Nonprategang.....	35
Tabel 2. 18 Spasi Maksimum Tulangan Geser	36
Tabel 2. 19 Persyaratan Spasi Maksimum Tulangan Geser.....	38
Tabel 2. 20 Tulangan Transversal untuk Elemen Batas Khusus	42
Tabel 2. 21 Perhitungan V_c untuk Geser Dua Arah.....	45
Tabel 2. 22 Penelitian Terdahulu	45
Tabel 5. 1 Perhitungan Momen Plat Atap.....	67
Tabel 5. 2 Perhitungan Momen Plat Lantai	72
Tabel 6.1 Klasifikasi Situs Tanah.....	127
Tabel 6.2 Distribusi Beban Gempa.....	129
Tabel 6.3 Kombinasi Beban.....	130
Tabel 6.4 Simpangan Antar Lantai Desain (δ_x).....	131
Tabel 6.5 <i>T-Rayleigh</i> pada Sumbu X	131

Tabel 6.6 <i>T-Rayleigh</i> pada Sumbu Y.....	134
Tabel 6.7 Persentase SRPMK dan DS.....	135
Tabel 7.1 Rekapitulasi Gaya Dalam Momen.....	151
Tabel 7.2 Factored Loads dan Moment with Corresponding Capacities.....	155
Tabel 7.3 Resume Gaya pada Dinding Struktur.....	168
Tabel 8.1 Nilai Beban Aksial (P)	177
Tabel 8.2 Rencana Jumlah Tiang.....	179
Tabel 8.3 Rencana Jumlah Tiang (lanjutan).....	181
Tabel 8.3 Kontrol Efisiensi untuk Daya Dukung Tanah.....	181
Tabel 8.3 Kontrol Efisiensi untuk Daya Dukung Tanah (lanjutan).....	181
Tabel 8.4 Kontrol Satu Tiang Pancang pada Satu Kelompok Tiang.....	183

DAFTAR NOTASI

C_d	= Faktor pembesaran Simpangan Lateral
I_e	= Faktor keutamaan gempa
W_i	= Beban pada lantai ke-i
Z_i	= Ketinggian pada lantai ke-i
δ_{xe}	= Simpangan di tingkat x, yang ditentukan dengan analisis elastis
A_b	= Luas penampang ujung tiang
E_{cb}	= Modulus elastisitas beton balok
E_{cs}	= Modulus elastisitas beton slab
I_b	= Momen inersia penampang bruto balok terhadap sumbu pusat
I_s	= Momen inersia penampang bruto slab terhadap sumbu pusat yang ditentukan
Q_{sp}	= Daya dukung vertikal yang diijinkan untuk sebuah tiang tunggal
f_b	= Tahanan ujung tiang
f_{si}	= Intensitas tahanan geser tiang
f_y	= Kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan
l_i	= Tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang
l_n	= Panjang bentang bersih yang diukur antar muka tumpuan
α_f	= Rasio kekuatan lentur penampang balok terhadap kekuatan lentur lebat pelat
α_{fm}	= Nilai rata-rata α_{fm} untuk semua balok pada tepi panel
δ_i	= Simpangan horizontal lantai tingkat ke-i
A	= Luas penampang tiang pancang (cm^2)
A_{tiang}	= Luas permukaan tiang (m)
b_0	= Keliling dari penampang kritis pada pilecap
b_c	= Lebar kolom (mm)
C_s	= Koefisien respon seismik
D	= Diameter pile
D	= Diameter tiang pancang
d	= Diameter tiang (cm)
d_b	= Diameter nominal batang tulangan
f_c'	= Kekuatan tekan beton yang disyaratkan (Mpa)
f_i	= Beban gempa nominal statik ekuivalen
f_y	= Kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan (Mpa)

- h = Tebah atau tinggi keseluruhan komponen struktur
 I_e = Faktor keutamaan gempa
 JHP = Total friction (kN/m)
 k = Eksponen yang terkait dengan Periode Struktur
 K = Variabel jarak pilecap (2-3)
 m = Jumlah tiang pancang dalam 1 kolom
 $Mu1$ = Momen lentur kritis pertama (Nmm)
 $Mu2$ = Momen lentur kritis kedua (Nmm)
 n = Nomor lantai tingkat paling atas
 n = Jumlah tiang pancang dalam 1 baris
 n = Angka keamanan (2-3)
 $n1$ = 3 (faktor keamanan)
 $n2$ = 5 (faktor keamanan)
 N_i = Nilai SPT pada kedalaman i (kg/cm^2)
 O = Keliling tiang pancang
 P = Nilai conus hasil uji tanah (kN/m)
 $P0 \text{ maks}$ = Beban maksimum tiang
 P_{tiang} = Kekuatan pikul tiang yang diijinkan
 P_{tiang} = Kekuatan yang diijinkan pada tiang pancang (kg)
 $P_u 1,2$ = Beban ultimate (N)
 Q_{tiang} = Daya dukung keseimbangan tiang (kN)
 R = Koefisien modifikasi respons
 S = Jarak antar tiang pancang (As ke As)
 $S1$ = Parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode 1,0 detik
 S_{D1} = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik
 S_{DS} = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek setiap sisi balok
 S_s = Parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode pendek
 T = Periode getar fundamental struktur untuk menghitung αf dan βt
 V = Gaya geser dasar seismik
 W = Berat seismik efektif
 X_{maks} = Jarak tiang arah sumbu x terjauh
 y_{maks} = Jarak tiang arah sumbu y terjauh

- β = Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom, beban terpusat atau daerah reaksi
- Σ_{bahan} = Tegangan tekan tiang terhadap penumbukan
- ΣM_x = Momen yang bekerja tegak lurus sumbu x
- ΣM_y = Momen yang bekerja tegak lurus sumbu y
- ΣV = Gaya aksial yang terjadi
- Σx^2 = Jumlah kuadrat x
- Σy^2 = Jumlah kuadrat y
- Fk = Faktor keamanan
- U = keliling tiang
- β = Rasio dimensi panjang terhadap pendek dari pelat dua arah