

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR MOTO	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR NOTASI	xxii
ABSTRAKASI	xxviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Keaslian Penelitian.....	12

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Sistem Struktur Beton Bertulang.....	13
3.2 Perencanaan Bangunan Tahan Gempa.....	14
3.2.1 Balok Dengan Dominasi Beban Gempa.....	14
3.2.2 Balok Dengan Dominasi Beban Gravitasi.....	15
3.2.3 Konsep Disain Kapasitas.....	15
3.2.4 Sendi Plastis Pada Balok.....	17
3.3 Pembebanan Struktur	18
3.3.1 Kombinasi Pembebanan.....	18
3.3.2 Kuat Rencana	19
3.4 Struktur Beton Bertulang Tingkat Banyak dan Beban Gempa	19
3.4.1 Faktor-faktor Penentu Beban Gempa Rencana	20
3.4.1.1 Waktu Getar Alami Struktur (T).....	20
3.4.1.2 Waktu Getar Alami Fundamental.....	20
3.4.1.3 Koefisien Gempa Dasar (C).....	21
3.4.1.4 Faktor Keutamaan (I)	22
3.4.1.5 Faktor Jenis Struktur (K).....	22
3.4.1.6 Faktor Daktilitas (μ) dan Faktor Reduksi Gempa (R)	22
3.4.2 Analisis Beban Statik Ekuivalen.....	23
3.4.3 Distribusi Beban Geser Dasar Akibat Gempa Sepanjang Tinggi Gedung.....	24
3.5 Sistem Struktur (Orientasi Balok Anak)	25
3.6 Redistribusi Momen	26

3.7 Karakteristik Disain.....	28
3.7.1 Perencanaan Pelat.....	29
3.7.1.1 Perencanaan Pelat Satu Arah.....	29
3.7.1.2 Perencanaan Pelat Dua Arah.....	31
3.7.1.3 Perhitungan Perencanaan Pelat	33
3.7.1.4 Perhitungan Momen Tersedia Pada Pelat.....	34
3.7.2 Perencanaan Balok	37
3.7.2.1 Balok Bertulangan Sebelah (Tarik).....	37
3.7.2.2 Balok Bertulangan Rangkap.....	38
3.7.2.3 Balok Bertulangan Rangkap Dengan Tulangan Tekan Telah Leleh.....	40
3.7.2.4 Balok Bertulangan Rangkap Dengan Tulangan Tekan Belum Leleh	41
3.7.2.5 Momen Kapasitas Balok	42
3.7.2.6 Penulangan Geser Balok	43
3.7.3 Perencanaan Kolom.....	52
3.7.3.1 Momen Rencana Kolom.....	52
3.7.3.2 Gaya Aksial Rencana Kolom	54
3.7.3.3 Disain Kolom	55
3.7.3.4 Analisis Kolom.....	57
3.7.3.5 Gaya Geser Rencana Kolom	60
3.7.3.6 Disain Geser Kolom	61
3.7.4 Perencanaan Titik Pertemuan Balok-Kolom.....	68

3.7.4.1 Tulangan Geser Horisontal.....	69
3.7.4.2 Tulangan Geser Vertikal	69
3.7.5 Perencanaan Pondasi	72
3.7.5.1 Tegangan Ijin Tanah.....	72
3.7.5.2 Tekanan Ke Atas Pelat Pondasi.....	72
3.7.5.3 Disain Pondasi Rakit (<i>Raft Foundation</i>)	74
3.8 Perhitungan Harga Struktur (Koefisien Analisis Biaya).....	75
3.9 Hipotesis.....	77
BAB IV METODE PENELITIAN	
4.1 Data Daerah Gempa	78
4.2 Waktu Penelitian	78
4.3 Data Struktur	78
4.4 Variabel dan Analisis Penelitian	79
4.5 Model Struktur	79
4.6 Tahapan Analisis	83
4.7 Pelaksanaan Penelitian dan Jadwal Penelitian	85
BAB V ANALISIS STRUKTUR	
5.1 Pendahuluan	86
5.2 Pembebanan Struktur	87
5.2.1 Rencana Dimensi Awal Elemen Struktur.....	87
5.2.2 Pembebanan Lantai dan Berat Struktur.....	88
5.2.3 Perhitungan Gaya Geser Dasar Akibat Gempa dan Distribusinya ke Sepanjang Tinggi Gedung.....	94

5.2.4 Perhitungan Beban Gravitasi.....	98
--	----

5.3 Perbandingan Respon Dari Hasil Analisis Struktur Menggunakan Balok Anak Arah x dengan Struktur Menggunakan Balok Anak Arah y	99
5.3.1 Momen dan Gaya Geser Balok	99
5.3.1.1 Momen Balok	99
5.3.1.2 Gaya Geser Balok.....	103
5.3.2 Momen, Gaya Geser, dan Gaya Aksial Kolom.....	104
5.3.2.1 Momen Kolom	104
5.3.2.2 Gaya Geser Kolom	105
5.3.2.3 Gaya Aksial Kolom	105
5.3.3 Simpangan Total Struktur	107

BAB VI APLIKASI DISAIN DAN HASIL RENCANA ANGGARAN BIAYA

6.1 Perencanaan Pelat.....	108
6.1.1 Pebebanan Pelat.....	108
6.1.2 Disain Pelat.....	110
6.2 Perencanaan Balok Portal.....	120
6.2.1 Momen Rencana Balok, Mu.....	120
6.2.2 Disain Balok Tumpuan.....	120
6.2.3 Momen Kapasitas Balok	127
6.2.4 Disain Balok Lapangan	130
6.2.5 Disain Geser Balok.....	132
6.3 Perencanaan Kolom.....	138

6.3.1 Momen dan Gaya Aksial Rencana Kolom	138
6.3.2 Disain Kolom	142
6.3.3 Disain Geser Kolom	152
6.4 Perencanaan Titik Pertemuan Balok-Kolom.....	157
6.4.1 Gaya Pada Titik Pertemuan Balok-Kolom.....	158
6.4.2 Penulangan Geser <i>Beam Couolumn Joint</i> Horisontal.....	159
6.4.3 Penulangan Geser <i>Beam Couolumn Joint</i> Vertikal	160
6.5 Perencanaan Pondasi	161
6.5.1 Tegangan Ijin Tanah.....	161
6.5.2 Tekanan Ke Atas Pelat Pondasi.....	162
6.5.3 Disain Pondasi Pelat.....	165
6.6 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya.....	165
6.6.1 Harga Satuan Pekerjaan Masing-masing Pekerjaan.....	165
6.6.2 Kebutuhan Pembesian dan Volume Beton.....	166
6.6.3 Harga Satuan Pekerjaan.....	168
6.7 Hasil dan Analisis Rencana Anggaran Biaya.....	168
6.7.1 Perbandingan Antara Struktur Menggunakan Balok Anak Arah x dengan Struktur Menggunakan Balok Anak Arah y ..	168
6.7.1.1 Harga Struktur	168
6.7.1.2 Volume Struktur	170
6.7.2 Perbandingan Antara Masing-masing Mutu Beton ($f'c$)	172
6.7.2.1 Volume Struktur	172
6.7.2.2 Kebutuhan Tulangan	173



LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA 180

7.2 Saran 179

7.1 Kesimpulan 177

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

6.7.2.3 Harga Struktur 174

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Balok dengan dominasi beban gempa.....	14
Gambar 3.2	Balok dengan dominasi beban gravitasi.....	15
Gambar 3.3	Koefisien spektrum gempa rencana wilayah gempa 6 (TCPKGUBG <i>draft</i> SNI-03-1276-2002).....	21
Gambar 3.4	Sistem struktur dengan orientasi balok anak.....	25
Gambar 3.5	Redistribusi momen.....	28
Gambar 3.6	Penyaluran beban ke tumpuan untuk pelat dua arah dengan syarat-syarat batas yang sama pada empat tepi.....	32
Gambar 3.7	Distribusi tegangan regangan beton bertulang pelat.....	33
Gambar 3.8	<i>Flow Chart</i> perhitungan pelat.....	35
Gambar 3.9	<i>Flow Chart</i> momen tersedia pada pelat.....	36
Gambar 3.10	Distribusi tegangan regangan balok bertulangan sebelah.....	37
Gambar 3.11	Distribusi tegangan regangan balok bertulangan rangkap.....	39
Gambar 3.12	Balok portal dengan sendi plastis pada kedua ujungnya.....	44
Gambar 3.13	<i>Flow Chart</i> perhitungan balok bertulangan sebelah.....	47
Gambar 3.14	<i>Flow Chart</i> perhitungan balok bertulangan rangkap.....	48
Gambar 3.15	<i>Flow Chart</i> momen tersedia pada balok.....	49
Gambar 3.16	<i>Flow Chart</i> momen kapasitas balok.....	50
Gambar 3.17	<i>Flow Chart</i> penulangan geser balok.....	51

Gambar 3.18	Momen lentur sendi plastis pada kedua ujung balok	54
Gambar 3.19	Diagram gaya dalam kolom	58
Gambar 3.20	Kuat geser pada kolom portal.....	61
Gambar 3.21	<i>Flow Chart</i> penulangan kolom bagian 1	64
Gambar 3.22	<i>Flow Chart</i> penulangan kolom bagian 2	65
Gambar 3.23	<i>Flow Chart</i> diagram interaksi Mn-Pn	66
Gambar 3.24	<i>Flow Chart</i> penulangan geser kolom	67
Gambar 3.25	Gaya-gaya pada pertemuan join rangka	68
Gambar 3.26	<i>Flow Chart</i> renulangan <i>beam column joint</i>	71
Gambar 3.27	Pondasi mengalami gaya tekanan ke atas.....	72
Gambar 3.28a	Distribusi tekanan di bawah pondasi akibat beban gravitasi.....	73
Gambar 3.28b	Distribusi tekanan di bawah pondasi akibat beban gempa.....	73
Gambar 3.28c	Distribusi tekanan di bawah pondasi akibat beban gravitasi dan beban gempa.....	73
Gambar 3.29	Penempatan balok-balok pada pondasi rakit.....	74
Gambar 3.30	Skema RAB metode praktis. (John W Niron, 1992).....	76
Gambar 4.1	Denah sistem struktur 1	80
Gambar 4.2	Denah sistem struktur 2.....	80
Gambar 4.3	Portal memanjang struktur	81
Gambar 4.4	Portal melintang struktur	82
Gambar 4.5	<i>Flow Chart</i> tahapan analisis dan disain.....	83
Gambar 5.1	Denah struktur dengan balok anak arah x	86
Gambar 5.2	Denah struktur dengan balok anak arah y	87

Gambar 5.3a	Momen balok B8 dan B41 sebelah kiri akibat beban gravitasi ..	100
Gambar 5.3b	Momen balok B8 dan B41 sebelah kiri akibat beban gravitasi dan beban gempa.....	100
Gambar 5.4a	Momen lapangan balok B8 dan B41 akibat beban gravitasi.....	101
Gambar 5.4b	Momen lapangan balok B8 dan B41 akibat beban gravitasi dan beban gempa.....	101
Gambar 5.5a	Momen balok B8 dan B41 sebelah kanan akibat beban gravitasi	102
Gambar 5.5b	Momen balok B8 dan B41 sebelah kanan akibat beban gravitasi dan beban gempa	102
Gambar 5.6a	Geser balok B8 dan B41 akibat beban gravitasi.....	103
Gambar 5.6b	Geser balok B8 dan B41 akibat beban gravitasi dan beban gempa	103
Gambar 5.7	Momen kolom struktur.....	104
Gambar 5.8	Gaya geser kolom struktur	105
Gambar 5.9	Gaya aksial kolom struktur.....	106
Gambar 5.10	Simpangan total struktur akibat balok anak arah x dan struktur akibat balok anak arah y	107
Gambar 6.1	Distribusi tegangan regangan balok bertulangan rangkap	124
Gambar 6.2	Distribusi tegangan regangan balok bertulangan sebelah	131
Gambar 6.3	Reaksi balok	133
Gambar 6.4	Gaya geser balok pada daerah sendi plastis dan luar sendi plastis.....	135

Gambar 6.5	Keseimbangan momen kolom.....	139
Gambar 6.6	Gaya aksial kolom.....	141
Gambar 6.7	Diagram gaya dalam kolom (kondisi patah desak)	147
Gambar 6.8	Diagram gaya dalam kolom (kondisi patah tarik).....	151
Gambar 6.9	Gaya geser kolom.....	157
Gambar 6.10	Penampang <i>beam column joint</i>	159
Gambar 6.11	Gaya tekanan ke atas pondasi pelat.....	162
Gambar 6.12a	Distribusi tekanan di bawah pondasi akibat beban gravitasi.....	163
Gambar 6.12b	Distribusi tekanan di bawah pondasi akibat beban gempa.....	163
Gambar 6.12c	Distribusi tekanan di bawah pondasi akibat beban gravitasi dan gempa.....	163
Gambar 6.13	Diagram tegangan di bawah pelat pondasi.....	164
Gambar 6.14	Grafik perbandingan harga struktur balok anak arah x dengan struktur balok anak arah y	169
Gambar 6.15	Grafik persentase harga masing-masing pekerjaan antara struktur balok anak arah x dengan struktur balok anak arah y ...	170
Gambar 6.16	Grafik perbandingan volume struktur balok anak arah x dengan struktur balok anak arah y.....	171
Gambar 6.17	Grafik persentase volume masing-masing pekerjaan antara struktur balok anak arah x dengan struktur balok anak arah y ...	172
Gambar 6.18	Grafik perbandingan volume struktur masing-masing mutu beton.....	172

Gambar 6.19 Grafik perbandingan kebutuhan tulangan struktur masing-masing mutu beton	173
Gambar 6.20 Grafik perbandingan luas tulangan struktur masing-masing mutu beton.....	174
Gambar 6.21 Grafik Perbandingan Harga Struktur masing-masing Mutu Beton	175
Gambar 6.22 Grafik perbandingan harga komponen struktur masing-masing mutu beton	175



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Tebal Minimum Plat (SKSNI-T-15-1981-03).....	31
Tabel 5.1	Berat Tiap Lantai dan Berat Total Struktur.....	94
Tabel 5.2	Distribusi Gaya Geser Dasar Horizontal Struktur Balok Anak Arah x.....	95
Tabel 5.3	Distribusi Gaya Geser Dasar Horizontal Struktur Balok Anak Arah y.....	96
Tabel 5.4	Evaluasi Periode Getar (T Rayleigh) Struktur Balok Anak Arah x.....	96
Tabel 5.6	Evaluasi Periode Getar (T Rayleigh) Struktur Balok Anak Arah y.....	97
Tabel 6.1	Contoh Kebutuhan Pembesian	167
Tabel 6.2	Rekapitulasi Harga Struktur	168

DAFTAR NOTASI

- A_g = Luas bruto penampang.
- A_{gc} = Luas penampang kolom yang dipakai.
- $A_{j,h}$ = Luas tulangan geser horizontal pada pertemuan balok-kolom.
- $A_{j,v}$ = Luas tulangan geser vertikal pada pertemuan balok-kolom.
- A_s = Luas dari tulangan tarik.
- A'_s = Luas dari tulangan tekan.
- A_{sh} = Luas tulangan geser horizontal yang melewati bidang krisis horizontal.
- $A_{s\ min}$ = Luas tulangan minimum.
- $A_{s\ susut}$ = Luas tulangan susut.
- A_v = Luas tulangan geser pada daerah sejarak s , atau luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu daerah sejarak s pada komponen struktur lentur tinggi.
-
- A_ϕ = Luas penampang satu batang tulangan.
- a = Tinggi blok tegangan regangan tekan persegi ekuivalen.
- a_{leleh} = Tinggi blok tegangan regangan tekan persegi ekuivalen pada saat leleh.
- a_k = Tinggi blok tegangan regangan persegi kapasitas ekuivalen.
- b = Lebar dari muka tekan komponen struktur.
- b_j = Lebar efektif join.

b_v = Lebar penampang pada bidang kontak yang ditinjau terhadap geser horizontal.

b_w = Lebar badan balok atau diameter penampang bulat.

c = Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral.

C_1 = Koefisien gempa dasar.

C_c = Gaya tekan dalam beton tanpa tulangan tekan.

C_s = Gaya tekan tambahan akibat tulangan tekan.

d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (tinggi efektif balok).

d' = Jarak dari serat terluar ke pusat tulangan tekan.

d_i = Simpangan horisontal lantai tingkat ke-i.

D = Beban mati, atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati.

e = Eksentrisitas gaya terhadap sumbu.

E = Pengaruh beban mati, atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa.

E_c = Modulus elastisitas beton.

E_s = Modulus elastisitas baja.

f'_c = Kuat tekan beton yang disyaratkan.

f_i = Faktor kuat lebih beban dan bahan yang terkandung di dalam struktur gedung dan nilainya ditetapkan sebesar 1,6.

f_s = Kuat tekan leleh tulangan pada saat beban bekerja.

f_y = Kuat leleh baja tulangan yang diisyaratkan.

F_i = Distribusi beban geser dasar pada tingkat ke-i.

g	= Percepatan gravitasi.
h	= Tinggi kolom portal.
h'	= Tinggi bersih kolom portal.
H	= Tinggi kolom, tinggi total portal struktur.
I	= Faktor keutamaan, momen inersia.
K	= Faktor jenis keutamaan.
k	= Kekakuan lentur kolom.
L	= Beban hidup, atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban hidup.
l_n	= Panjang dari bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah, dukur dari muka-ke-muka balok atau tumpuan lain pada kasus lainnya, mm.
l_n	= Bentang bersih.
l	= Panjang bentang.
m	= Perbandingan tegangan
M_D	= Momen akibat beban mati.
M_E	= Momen akibat beban gempa.
M_{EK}	= Momen akibat gaya geser gempa.
M_{kap}	= Momen kapasitas penampang.
M_L	= Momen akibat beban hidup.
M_n	= Kuat momen nominal pada suatu penampang.
M_u	= Momen ultimit/terfaktor penampang.
n	= Jumlah tulangan, jumlah lantai bangunan.

P_b	= Kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang.
P_D	= Gaya aksial akibat beban mati.
P_E	= Gaya aksial akibat beban gempa.
P_g	= Gaya aksial akibat beban grafitasi terfaktor pada pusat joint.
P_L	= Gaya aksial akibat beban hidup.
P_n	= Kekuatan beban aksial nominal.
P_u	= Gaya aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan.
R	= Faktor reduksi gempa.
R_m	= Faktor reduksi gempa maksimum.
R_n	= Koefisien lawan untuk perencanaan kekuatan.
R_v	= Faktor reduksi gaya aksial kolom portal untuk memperhitungkan pengaruh terbentuknya sendi plastis yang tidak pada semua balok portal dalam struktur.
s	= Spasi tulangan geser atau torsi dalam arah paralel dengan tulangan longitudinal, mm.
T	= Waktu getar struktur, detik.
T_1	= Waktu getar alami fundamental.
T_s	= Gaya tarik tulangan baja.
V	= Gaya gempa/gaya geser total.
V_c	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton.
V_{ch}	= Start beton diagonal yang melewati daerah tekan ujung joint yang memikul gaya geser.
V_{jh}	= Tegangan geser horizontal nominal dalam joint.

V_{jv}	= Tegangan geser joint vertikal.
V_{sh}	= Tegangan geser horizontal nominal dalam joint (jika tegangan tekan rata-rata minimum pada penampang bruto kolom diatas joint kurang dari $0,1.f'_c$).
V_D	= Gaya geser akibat beban mati.
V_E	= Gaya geser akibat beban gempa.
V_g	= Gaya geser akibat beban mati ditambah beban hidup.
V_L	= Gaya geser akibat beban hidup.
V_s	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser.
V_u	= Gaya geser berfaktor pada penampang.
w_u	= Beban terfaktor per unit luas.
W_t	= Berat total struktur.
Z	= Besaran pembatas distribusi tegangan lentur.
α	= Faktor distribusi momen kolom portal yang ditinjau, yang nilainya dihitung sebanding dengan kekakuan relatif unsur-unsur yang bertemu pada titik pertemuan tersebut.
β	= Rasio dari bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari plat.
β_l	= Perbandingan a/x ; tinggi dari distribusi tegangan persegi terhadap kedalaman dari garis netral.
ρ	= Perbandingan tulangan tarik non-pratekan.
ρ_b	= Perbandingan tulangan pada keadaan regangan berimbang.
ρ_{mak}	= Perbandingan tulangan pada keadaan regangan maksimum.

ρ_{min}	= Perbandingan tulangan pada keadaan regangan minimum.
ϵ_c	= Regangan tekan beton.
ϵ_{cu}	= Regangan tekan beton maksimum pada saat hancur.
ϵ_s	= Regangan pada baja tulangan.
ϵ_y	= Regangan pada saat baja mencapai tegangan leleh.
ω_d	= Koefisien pembesar dinamis yang memperhitungkan pengaruh dari terbentunya sendi plastis pada struktur secara keseluruhan.
μ	= rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan (δ_m) dan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya pelelehan pertama (δ_y).
μ_m	= Faktor daktilitas maksimum.
ϕ	= Faktor reduksi kekuatan.
ϕ_0	= Faktor penambahan kekuatan (<i>overstrength factor</i>), yang ditetapkan sebesar 1,25 untuk baja tulangan dengan $f_y < 400$ MPa dan 1,4 untuk $f_y \geq 400$ MPa.