

PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL DENGAN BALOK PRATEGANG

Boris Latanna

NRP : 0521051

Pembimbing : Yosafat Aji Pranata, S.T., M.T.

ABSTRAK

Beton material yang kuat dalam kondisi tekan akan tetapi lemah dalam keadaan tarik, oleh karena itu ditambahkan tulangan baja untuk menahan gaya tarik tersebut. Untuk menahan gaya tarik yang besar pada tepi serat beton digunakan tulangan prategang sehingga kapasitas beban yang dapat diterima lebih besar.

Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah melakukan analisis struktur portal dengan model tumpuan jepit dan pegas, melakukan perencanaan struktur portal yaitu meliputi kolom beton bertulang, balok beton prategang, *pilecap*, dan pondasi, kemudian membandingkan hasil analisis antara model struktur portal tumpuan jepit dan pegas, yaitu meliputi waktu getar, peralihan struktur, *drift* struktur, hasil penulangan.

Hasil analisis struktur dengan perletakan jepit dengan struktur dengan perletakan pegas memiliki hasil yang berbeda. Jumlah tulangan prategang mempunyai perbedaan berkisar 61,54-80,95 %. Nilai gaya momen pada balok daerah tumpuan memiliki perbedaan berkisar 14,27-43,39 % sedangkan pada daerah lapangan berkisar 37,44-70,36 %. Nilai gaya geser dasar gedung memiliki perbedaan sebesar 85,4 %. Secara umum struktur portal dengan tumpuan pegas lebih efisien.

Kata kunci: Portal, Beton Bertulang, Beton Prategang, Jepit, Pegas.

DESIGN OF FRAMES WITH PRESTRESSED CONCRETE BEAM

Boris Latanna

NRP : 0521051

Advisor : Yosafat Aji Pranata, S.T., M.T.

ABSTRACT

Concrete are material with strong behavior for compression but weak again tension, so reinforcements are needed to resist the tension load. Prestressed reinforcement sometimes used to resist a bigger tension load and to raise the load capacity.

Objectives of this final project are to analyze frames with fix and spring restraint models, design of reinforced concrete column, prestressed concrete beam, pilecap, and foundation, and then compare the analyses results between both of them, which are fundamental period, displacement, drift, and reinforcement.

Results for frame with fix restraint model and spring restraint model are different. The number of prestressed reinforcement are ranged from 61,54-80,95 %. The %-relative difference value of bending moment at support-area are ranged from 14,27-43,39 %, at span-area are ranged from 37,44-70,36 %. The %-relative difference value of shear force is 85,4 %. Generally frame with spring restraint model are more efficient.

Keywords: Frame, Reinforced Concrete, Prestressed Concrete, Fix, Spring.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN	iii
PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN	iv
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR	v
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR NOTASI	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Tugas Akhir	2
1.3 Ruang Lingkup Tugas Akhir	2
1.4 Sistematika Tugas Akhir	3
1.5 Metodologi Tugas Akhir	4
 BAB II TINJAUAN LITERATUR	
2.1 Beton	5
2.2 Beton Prategang	6
2.3 Analisis Struktur dan Mekanika Bahan	13
2.3.1 Struktur Statis Tak Tentu	13
2.3.2 Mekanika Bahan	18
2.4 Peraturan yang Digunakan	20
2.4.1 Peraturan Beton Indonesia	20
2.4.2 Peraturan Gempa Indonesia	40
2.4.3 Peraturan AASHTO	47
2.5 Parameter Tanah dan Pegas	48
2.5.1 Jenis Tanah dan Perambatan Gelombang	48
2.5.2 Data Tanah	49
2.5.3 Data Pegas	54
2.6 Perangkat Lunak SAP2000	56
2.6.1 Material	56
2.6.2 Balok dan Kolom	56
2.6.3 Tumpuan Jepit	57
2.6.4 Tumpuan Pegas	57
2.7 Perencanaan Balok dan Kolom	59
2.7.1 Balok	59
2.7.2 Kolom	62
2.8 Perencanaan Pondasi	70

2.8.1 Data yang Dibutuhkan	70
2.8.2 Desain Pondasi	72
BAB III STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN	
3.1 Studi Kasus	74
3.2 <i>Preliminary</i> Desain	76
3.3 Analisis Struktur dengan Perangkat Lunak	77
3.4 Perencanaan Struktur Kolom Beton Bertulang	92
3.5 Perencanaan Struktur Balok Beton Prategang	99
3.6 Perencanaan <i>Pilecap</i> dan Pondasi	106
3.6.1 Perencanaan <i>Pilecap</i>	106
3.6.2 Perencanaan Pondasi	112
3.7 Peralihan Titik dan <i>Drift</i> Struktur	113
3.7 Pembahasan	114
3.7.1 Reaksi Tumpuan	115
3.7.2 Gaya Dalam	116
3.7.3 Penulangan Balok	116
3.7.4 Penulangan Kolom	117
3.7.5 Pondasi	118
3.7.6 Waktu Getar, Peralihan Titik dan <i>Drift</i>	118
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	
4.1 Kesimpulan	115
4.2 Saran	116
Daftar Pustaka	117
Lampiran	118

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses Pembuatan Beton Prategang Pratarik	7
Gambar 2.2	Proses Pembuatan Beton Prategang Pascatarik	8
Gambar 2.3	Tegangan Serat pada Beton dengan Tendon Lurus	10
Gambar 2.4	Diagram <i>freebody</i> balok beton bertulang dan balok beton prategang	11
Gambar 2.5	Kedudukan gaya tekan pada <i>C-Line</i>	12
Gambar 2.6	Konsep Beban Imbang	12
Gambar 2.7	Contoh Struktur Statis Tertentu	14
Gambar 2.8	Contoh Struktur Statis Tak Tentu	15
Gambar 2.9	Struktur Portal Ditopang-Pin	16
Gambar 2.10	Struktur Portal Ditopang-Tetap	17
Gambar 2.12	Elemen Kecil dari Bahan yang Mengalami Tegangan dan Regangan Geser	18
Gambar 2.13	Kelengkungan Balok yang Melentur	19
Gambar 2.14	Deformasi Balok yang Mengalami Lentur	20
Gambar 2.15	Skema Penampang Balok	21
Gambar 2.16	Skema penampang dalam keadaan lentur batas	24
Gambar 2.17	Daerah angkur	31
Gambar 2.18	Pengaruh dari perubahan potongan penampang	32
Gambar 2.19	Contoh model penunjang dan pengikat	33
Gambar 2.20	Wilayah Gempa Indonesia dengan Percepatan Batuan Dasar dengan Periode Ulang 500 Tahun	46
Gambar 2.21	Respons Spektrum Gempa Rencana	47
Gambar 2.22	Tahanan Arah dan Tahanan Sumbu pada Pegas	55
Gambar 2.23	Kurva Sudut-Rotasi Vs M	55
Gambar 2.24	Data masukan properti material	56
Gambar 2.25	Data masukan dimensi penampang kolom	56
Gambar 2.26	Gambar Tumpuan Jepit dan Simbolnya [Sibuea, 2010]	57
Gambar 2.27	Tumpuan Jepit Pada SAP2000	57
Gambar 2.28	Simbol Tumpuan Pegas	58
Gambar 2.29	Tumpuan Pegas pada SAP2000	58

Gambar 2.30	Distribusi Tegangan yang Sesuai dengan Titik pada Diagram Interaksi	63
Gambar 2.31	Keadaan Regangan-Tegangan Kolom Segiempat Berlubang Simetris dengan Tulangan Terdistribusi	64
Gamabr 2.32	Lokasi Geser Maksimum untuk Perencanaan	69
Gamabr 2.33	Tampilan Program <i>Concrete Pilecap Design</i>	73
Gambar 3.1	Diagram Bagan Alir Studi	74
Gambar 3.2	Skematik Model 3D Struktur	75
Gambar 3.3	Tampak Depan Struktur Portal	76
Gambar 3.4	New Model Initialization	78
Gambar 3.5	<i>Quick Grid Lines</i>	78
Gambar 3.6	<i>Coordinate/grid Systems</i>	79
Gambar 3.7	<i>Define Grid System Data</i>	79
Gambar 3.8	<i>Material Property Data</i> Beton	80
Gambar 3.9	<i>Input</i> Balok (satuan m)	80
Gambar 3.10	<i>Input</i> Kolom (satuan m)	81
Gambar 3.11	Langkah-Langkah Pemodelan Jepit	81
Gambar 3.12	Pemodelan Jepit	82
Gambar 3.13	Langkah-Langkah Pemodelan Pegas	82
Gambar 3.14	Pengisian Data Pegas (satuan KNm)	83
Gambar 3.15	<i>Input</i> Beban	84
Gambar 3.16	<i>Input</i> Kombinasi Pembebanan I	84
Gambar 3.17	<i>Input</i> Kombinasi Pembebanan II	84
Gambar 3.18	<i>Input</i> Kombinasi Pembebanan III	85
Gambar 3.19	Respon Spektrum Wilayah 4	86
Gambar 3.20	Gambar Titik Join	87
Gambar 3.21	<i>Joint Forces</i>	88
Gambar 3.22	Beban SDL pada Struktur Jepit	89
Gambar 3.23	Beban LL pada Struktur Jepit	89
Gambar 3.24	Beban PLL pada Struktur Jepit	89
Gambar 3.25	Beban CR pada Struktur Jepit	90
Gambar 3.26	Beban Gempa (E) pada Struktur Jepit	90
Gambar 3.27	Beban SDL pada Struktur Pegas	91
Gambar 3.28	Beban LL pada Struktur Pegas	91

Gambar 3.29	Beban PLL pada Struktur Pegas	91
Gambar 3.30	Beban CR pada Struktur Pegas	92
Gambar 3.31	Beban Gempa (E) pada Struktur Pegas	92
Gambar 3.32	Data, Jenis Penulangan, dan Sketsa Penampang Kolom	93
Gambar 3.33	Tampilan Kolom yang Dianalisis	93
Gambar 3.34	Tabel Perhitungan P_n dan M_n	94
Gambar 3.35	Grafik Diagram Interaksi Kolom	94
Gambar 3.36	Plot nilai P_u dan M_u	95
Gambar 3.37	Hasil Plot Nilai P_u dan M_u Kolom Struktur dengan Perletakan Jepit	96
Gambar 3.38	Hasil Plot Nilai P_u dan M_u Kolom Struktur dengan Perletakan Pegas	97
Gambar 3.39	Gaya Geser pada Kolom Struktur dengan Tumpuan Jepit	98
Gambar 3.40	Gaya Geser pada Kolom Struktur dengan Tumpuan Pegas	99
Gambar 3.41	Gaya Geser pada Jarak $0,5d_p$ Struktur dengan Tumpuan Jepit	104
Gambar 3.42	Gaya Geser pada Jarak $0,5d_p$ Struktur dengan Tumpuan Pegas	105
Gambar 3.43	Tampilan Program <i>Concrete Pilecap Design</i> Struktur Jepit	106
Gambar 3.44	Hasil Reaksi Perletakan Kombinasi II Struktur dengan Tumpuan Jepit (satuan Kg)	107
Gambar 3.45	Tampilan Program <i>Concrete Pilecap Design</i> Struktur Pegas	108
Gambar 3.46	Hasil Reaksi Perletakan Kombinasi II Struktur dengan tumpuan Pegas (satuan Kg)	110
Gambar 3.47	Peralihan Titik Pada Struktur dengan Tumpuan Jepit (satuan mm)	113
Gambar 3.48	Peralihan Titik Pada Struktur dengan Tumpuan Pegas (satuan mm)	114

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan Beton Bertulang vs Beton Prategang	11
Tabel 2.2	Faktor daktilitas maksimum, faktor reduksi gempa maksimum, faktor tahanan lebih struktur dan faktor tahanan lebih total beberapa jenis sistem dan subsistem struktur gedung	41
Tabel 2.3	Koefisien ζ yang Membatasi Waktu Getar Alami Fundamental Struktur Gedung	43
Tabel 2.4	Faktor Keutamaan I untuk Berbagai Kategori Gedung	45
Tabel 2.5	Percepatan Puncak Batuan Dasar dan Percepatan Puncak Muka Tanah untuk Masing-masing Wilayah Gempa Indonesia	46
Tabel 2.6	Jenis-jenis tanah	48
Tabel 2.7	Data Uji SPT Titik Uji 1	50
Tabel 2.8	Data Uji SPT Titik Uji 2	50
Tabel 2.9	Data Uji SPT Titik Uji 3	51
Tabel 2.10	Data Uji SPT Titik Uji 4	52
Tabel 2.11	Data Uji SPT Titik Uji 5	53
Tabel 2.12	Tebal Minimum Balok Nonprategang Atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung	57
Tabel 2.13	Hasil Uji SPT	70
Tabel 3.1	Besar Beban yang Diberikan pada Struktur dengan Perletakan Jepit	88
Tabel 3.2	Besar Beban yang Diberikan pada Struktur dengan Perletakan Pegas	90
Tabel 3.3	Reaksi Tumpuan dan Momen Pada Kolom dengan perletakan Jepit	95
Tabel 3.4	Reaksi Tumpuan dan Momen Pada Kolom dengan perletakan Pegas	96
Tabel 3.5	Momen pada Balok dengan Tumpuan Jepit	100
Tabel 3.6	Momen pada balok dengan Tumpuan Pegas	100
Tabel 3.7	Hasil Reaksi Tumpuan Kolom Kiri	114

Tabel 3.8	Hasil Reaksi Tumpuan Kolom Kanan	114
Tabel 3.9	Hasil Gaya Momen pada Balok	115
Tabel 3.10	Hasil Gaya Geser pada Balok	115
Tabel 3.11	Hasil Gaya Momen pada Kolom	115
Tabel 3.12	Hasil Gaya Geser pada Kolom	116
Tabel 3.13	Hasil Gaya Geser Dasar Portal	116
Tabel 3.14	Jumlah Tendon dan Sengkang pada Balok	116
Tabel 3.15	Tulangan pada Angkur	117
Tabel 3.16	Jumlah Tulangan Lentur pada Balok	117
Tabel 3.17	Penulangan <i>Pilecap</i> dan Pondasi	118
Tabel 3.18	Peralihan Titik dan <i>Drift</i>	118

DAFTAR NOTASI

a	: Tinggi balok persegi ekivalen
A_c	: Luas penampang bruto beton
A_{ps}	: Luas tulangan prategang di daerah tarik
A'_s	: Luas tulangan tekan
A_s	: Luas tulangan tarik nonprategang
C_1	: Nilai faktor respon gempa yang didapat dari spektrum respon gempa rencana untuk waktu getar alami fundamental dari struktur gedung
c^t	: Jarak garis berat penampang ke tepi atas
c_b	: Jarak garis berat ke tepi bawah
d	: Jarak dari serat terluar ke pusat berat tulangan tarik
d'	: Jarak dari serat terluar ke pusat berat tulangan tekan
d_p	: Jarak dari serat tekan terluar ke pusat berat tulangan prategang
d_{ps}	: Diameter tulangan prategang
e	: Eksentrisitas beban sejajar dengan sumbu komponen struktur diukur dari pusat berat penampang
E_c	: Modulus elastis beton
E_s	: Modulus elastis tulangan
f_b	: Tegangan pada tepi serat atas beton prategang
f'_c	: Kuat tekan beton
f_{ps}	: Tegangan di batang prategang pada kondisi kuat nominal
f_{pu}	: Kuat tarik tendon prategang
f_{py}	: Kuat leleh tendon prategang
f^t	: Tegangan pada tepi serat bawah beton prategang
f_y	: Kuat leleh tulangan baja
I	: Faktor keutamaan struktur
M_D	: Momen akibat beban mati

P_e	: Tegangan prategang efektif
P_i	: Tegangan prategang awal
P_p	: Beban aksial yang dipikul satu tiang pancang
r	: Radius girasi komponen struktur tekan
S_b	: Modulus penampang dari garis berat ke tepi bawah
S^t	: Modulus penampang dari garis berat ke tepi atas
w_b	: Beban imbang per unit panjang
W_t	: Berat total struktur
w_{ub}	: Beban tak imbang per unit panjang
ε_s	: Regangan tulangan tarik
η	: Rasio gaya prategang efektif dengan gaya prategang awal
ρ_p	: Rasio penguat prategang
ρ	: Rasio penguat tegangan nonprategang
ρ'	: Rasio penguat tekan nonprategang
ω'	: Rasio tulangan tekan
ω	: Rasio tulangan tarik

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Reaksi Perletakan	121
Lampiran 2	Gaya Dalam	128
Lampiran 3	<i>Column Design Chart</i>	141
Lampiran 4	Bagan Alir Penulangan Geser Balok	142
Lampiran 5	Detail Penulangan <i>Pilecap</i> dan Pondasi	144
Lampiran 6	Detail Penulangan Balok	149
Lampiran 7	Detail Penulangan Kolom	154
Lampiran 8	Data Beban	157
Lampiran 9	Verifikasi Program dan Manual	159