

STUDI STRUKTUR *FLAT SLAB* BETON PRATEGANG

Ferrianto Dama Purnomo

NRP : 0621004

Pembimbing : Ir. Winarni Hadipratomo.

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA
BANDUNG

ABSTRAK

Adanya gejolak perekonomian dunia pada saat ini, sangat berpengaruh pada dunia konstruksi. Pengurangan biaya struktur adalah salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut. Jawaban dari persoalan ini adalah dengan menggunakan struktur pelat beton tanpa balok (*flat plate/flat slab*) yang diprategangkan. Di sini akan dibahas struktur *flat slab* dengan penebalan setempat (*drop panel*).

Struktur beton prategang merupakan kombinasi dari dua material, yaitu material beton dan baja mutu tinggi. Konsep dasarnya adalah memberikan tegangan permanen untuk melawan gaya elastis akibat beban. Struktur pelat beton prategang yang ditunjang dengan penebalan setempat berfungsi untuk dapat menahan geser pons (*punching shear*) yang ada pada kolom, sehingga struktur menjadi kuat tanpa tulangan geser pelat. Dalam Tugas Akhir ini, dilakukan pemodelan dan analisis struktur dengan bantuan perangkat lunak ADAPT-PT. Melalui perangkat lunak ini, didapatkan jumlah tendon yang digunakan yaitu *low-relaxation bonded tendon* 14Ø13 mm dan tulangan non-prategang D10-360mm pada tumpuan tepi dan tumpuan dalam pertama.

STUDY OF PRESTRESSED FLAT SLAB STRUCTURE WITH DROP PANEL

Ferrianto Dama Purnomo
NRP : 0621004

Advisor : Ir. Winarni Hadipratomo.

**DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING
MARANATHA CHRISTIAN UNIVERSITY
BANDUNG**

ABSTRACT

Recently, the global economic upheavals tend to influence the world of construction. Reducing the structural expense is one alternative to overcome the problem. Low rise long span building could be designed as flat plate/flat slab to cut down the expense. A prestressed flat slab with drop panels and spandrel beam will be studied.

Prestressed concrete structure is combination of two materials, namely concrete mortar and high strength steel. The basic concept is to provide a permanent tensile stress in the tendon that will put the concrete in compressive stress to resist the loading. Flat slab structure is provided by local thickening of the plate to resist the punching shear due to the axial force in the column, so that shear reinforcement is not needed. In this thesis prestressed flat slab modeling and analysis was carried out using ADAPT-PT software. As the results, we obtain tendon profile and non-prestressed reinforcement e.s. 14Ø13mm low-relaxation bonded tendon and D10-360mm at the end support and the first interior support.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Surat Keterangan Tugas Akhir	ii
Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir	iii
Lembar Pengesahan	iv
Pernyataan Orisinalitas Laporan Tugas Akhir	v
Abstrak	vi
Prakata	viii
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xii
Daftar Tabel	xiv
Daftar Notasi	xv
Daftar Lampiran	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan	1
1.3 Ruang Lingkup Pembahasan	2
1.4 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sistem Pelat Beton Dua Arah	5
2.2 Pemodelan Struktur Pelat	5
2.2.1 Metode Portal Ekuivalen	5
2.2.2 Metode Perhitungan Portal Ekuivalen	7
2.3 Beton Prategang	10
2.4 Karakteristik Desain Pelat Prategang Pascatarik	11
2.4.1 Metode Beban Imbang Dua Arah	12
2.4.2 Kehilangan Gaya Prategang	12
2.5 Lendutan	14
2.6 Penggunaan Program ADAPT-PT	14
2.6.1 ADAPT-PT	14
2.6.2 Desain dengan Pendekatan <i>Final Effective Force</i>	17
2.6.3 Desain dengan Pendekatan <i>System Bound</i>	17
BAB III STUDI KASUS PELAT BETON PRATEGANG DENGAN PENEBALAN SETEMPAT	
3.1 Data Struktur	20
3.1.1 Data Material	20
3.1.2 Data Komponen Struktur	22
3.1.3 Data Pembebanan	23
3.1.4 Kombinasi Pembebanan	24
3.2 Desain Struktur Pelat Beton Prategang dengan ADAPT-PT	24
3.2.1 Pemodelan Struktur dengan <i>ADAPT-Modeler</i>	25
3.2.2 Analisis dan Desain Pelat dengan ADAPT-PT	35
3.2.3 Hasil Desain ADAPT-PT	46

BAB IV PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Analisis dan Desain Pelat	62
4.1.1 Desain Tendon	62
4.1.2 Kehilangan Gaya Prategang Jangka Panjang	63
4.1.3 Kehilangan Gaya Prategang Seketika	66
4.2 Nilai dan Pemeriksaan Lendutan pada Pelat	68
4.3 Diagram Tegangan	73
4.4 <i>Punching Shear</i>	86
4.5 Profil Tendon dan Penulangan Pelat	89
4.6 Verifikasi Perhitungan Program ADAPT-PT	94
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	98
5.2 Saran	99
Daftar Pustaka	100
Lampiran	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Potongan Melintang	2
Gambar 1.2	Denah Struktur	3
Gambar 1.3	Detail <i>Drop Panel</i>	3
Gambar 2.1	Pemodelan Portal Ekuivalen	6
Gambar 2.2	Pemodelan Metode Rangka Ekuivalen untuk Transfer Momen	7
Gambar 2.3	Variasi Momen Inersia Disepanjang Bentang <i>Drop Cap</i> dan <i>Drop Panel Sections</i>	8
Gambar 2.4	Pendekatan Momen Inersia Kolom	9
Gambar 2.5	Asumsi yang Digunakan Pada Rangka Ekuivalen Untuk Kekakuan Kolom	10
Gambar 2.6	Flowchart Proses Desain ADAPT-PT	15
Gambar 2.7	<i>Reversed Parabola</i> dan Beban Imbang	16
Gambar 2.8	Flowchart Proses Perhitungan Kehilangan Gaya Prategang ADAPT-PT	19
Gambar 3.1	Denah Struktur	22
Gambar 3.2	Potongan Melintang	22
Gambar 3.3	Detail <i>Drop Panel</i>	23
Gambar 3.4	Tipe Struktur, Opsi Desain, dan Unit Satuan	25
Gambar 3.5	<i>Material Concrete</i>	26
Gambar 3.6	<i>Material Mild Steel</i>	26
Gambar 3.7	<i>Material Prestressing</i>	26
Gambar 3.8	<i>Level Assignment</i>	27
Gambar 3.9	<i>Column – General</i>	27
Gambar 3.10	<i>Column – Location</i>	28
Gambar 3.11	<i>Column – Boundary Condition</i>	28
Gambar 3.12	<i>Slab Region – General</i>	29
Gambar 3.13	<i>Drop Panel – General</i>	30
Gambar 3.14	<i>Copy – Column</i>	30
Gambar 3.15	<i>Beam – General</i>	31
Gambar 3.16	<i>Dead Load</i>	31
Gambar 3.17	<i>Live Load</i>	32
Gambar 3.18	<i>Support Line – General</i>	32
Gambar 3.19	<i>Support Line – Design</i>	33
Gambar 3.20	<i>Support Line – General</i>	33
Gambar 3.21	<i>Support Line – Design</i>	34
Gambar 3.22	<i>General Setting</i>	35
Gambar 3.23	<i>Design Setting</i>	36
Gambar 3.24	<i>Span Geometry</i>	36
Gambar 3.25	<i>Geometry Transverse Beam</i>	37
Gambar 3.26	<i>Geometry Drop Panel</i>	37
Gambar 3.27	<i>Support Geometry</i>	38
Gambar 3.28	<i>Supports-Boundary Conditions</i>	38
Gambar 3.29	<i>Loading</i>	39

Gambar 3.30	<i>Material Concrete</i>	39
Gambar 3.31	<i>Material Reinforcement</i>	40
Gambar 3.32	<i>Material-Post Tensioning</i>	40
Gambar 3.33	<i>Criteria-Allowable Stresses</i>	41
Gambar 3.34	<i>Criteria Calculation Options</i>	42
Gambar 3.35	<i>Criteria Tendo Profile</i>	43
Gambar 3.36	<i>Criteria Minimum Covers</i>	44
Gambar 3.37	<i>Criteria Minimum Bar Extension</i>	44
Gambar 3.38	<i>Load Combination</i>	45
Gambar 3.39	<i>Criteria Design Code</i>	45
Gambar 3.40	<i>PT Recycling</i>	46
Gambar 3.41	Hasil Perhitungan <i>Support Line 1</i>	50
Gambar 3.42	Hasil Perhitungan <i>Support Line 2</i>	51
Gambar 3.43	Hasil Perhitungan <i>Support Line 3</i>	52
Gambar 3.44	Hasil Perhitungan <i>Support Line 4</i>	53
Gambar 3.45	Hasil Perhitungan <i>Support Line 5</i>	54
Gambar 3.46	Hasil Perhitungan <i>Support Line 6</i>	55
Gambar 3.47	Hasil Perhitungan <i>Support Line 7</i>	56
Gambar 3.48	Hasil Perhitungan <i>Support Line 8</i>	57
Gambar 3.49	Hasil Perhitungan <i>Support Line 9</i>	58
Gambar 3.50	Hasil Perhitungan <i>Support Line 10</i>	59
Gambar 3.51	Hasil Perhitungan <i>Support Line 11</i>	60
Gambar 3.52	Hasil Perhitungan <i>Support Line 12</i>	61
Gambar 4.1	Grafik Distribusi Tegangan <i>Support Line 1</i>	74
Gambar 4.2	Grafik Distribusi Tegangan <i>Support Line 2</i>	75
Gambar 4.3	Grafik Distribusi Tegangan <i>Support Line 3</i>	76
Gambar 4.4	Grafik Distribusi Tegangan <i>Support Line 4</i>	77
Gambar 4.5	Grafik Distribusi Tegangan <i>Support Line 5</i>	78
Gambar 4.6	Grafik Distribusi Tegangan <i>Support Line 6</i>	79
Gambar 4.7	Grafik Distribusi Tegangan <i>Support Line 7</i>	80
Gambar 4.8	Grafik Distribusi Tegangan <i>Support Line 8</i>	81
Gambar 4.9	Grafik Distribusi Tegangan <i>Support Line 9</i>	82
Gambar 4.10	Grafik Distribusi Tegangan <i>Support Line 10</i>	83
Gambar 4.11	Grafik Distribusi Tegangan <i>Support Line 11</i>	84
Gambar 4.12	Grafik Distribusi Tegangan <i>Support Line 12</i>	85
Gambar 4.13	Profil Tendon 14	87
Gambar 4.14	Profil Tendon Tepi	88
Gambar 4.15	Penulangan Pelat	89
Gambar 4.16	Tendon Pelat	90
Gambar 4.17	Analisis Penampang	95
Gambar 4.18	Detail Tendon	96
Gambar 4.19	Detail Penulangan	97

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis Kehilangan Gaya Prategang dan Waktu Terjadinya	13
Tabel 3.1	Hasil Desain dan Analisis	47
Tabel 4.1	Tipe <i>Strand</i>	63
Tabel 4.2	Kehilangan Gaya Prategang Jangka Panjang pada Setiap <i>support line</i>	64
Tabel 4.3	Kehilangan Gaya Prategang Seketika pada Setiap <i>support line</i>	66
Tabel 4.4	Lendutan pada pelat pada Setiap <i>support line</i>	69
Tabel 4.5	Pemeriksaan Lendutan	71
Tabel 4.6	<i>Punching Shear</i>	87

DAFTAR NOTASI

A	= Luas penampang secara umum, mm ²
ACI	= <i>American Concrete Institute</i>
A_c	= Luas penampang beton, mm ²
A_{ps}	= Luas penampang tendon di lokasi dimana geser diperiksa, mm ²
A_s	= Luas tulangan non-prategang minimum, mm ²
A_v	= Luas tulangan geser, mm ²
b	= Lebar penampang, mm
C	= Konstanta penampang
cg _c	= Pusat gravitasi (titik berat) penampang beton
cg _s	= Pusat gravitasi baja prategang
C_{CU}	= Koefisien rangkai <i>ultimate</i>
C_R	= Kehilangan gaya prategang akibat rangkai, MPa
c	= Jarak dari titik berat penampang geser kritis ke serat terluar dalam arah peralihan momen, mm
c_1	= Ukuran kolom yang diukur dalam arah bentang dimana momen lentur sedang ditentukan, mm
c_2	= Ukuran kolom yang diukur dalam arah tegak lurus terhadap arah bentang dimana momen lentur sedang ditentukan, mm
d_p	= Jarak dari serat tepi tertekan ke pusat tendon, mm
d_r	= Jarak dari serat tepi tertekan ke pusat tarik, tidak melebihi 0.8 kali tebal penampang, mm
d_x	= Elemen panjang pada tendon, mm
E_c	= Modulus elastisitas beton, MPa
E'_{ci}	= Modulus elastisitas Beton saat ditegangkan, MPa
E_{ps}	= Modulus elastisitas baja prategang, MPa
E_S	= Kehilangan gaya prategang akibat perpendekan elastik, MPa
E_s	= Modulus elastisitas baja tulangan, MPa
e	= Jarak antara cg _c dan cg _s , mm
e_L	= Eksentrisitas maksimum tendon prategang pada arah bentang panjang, mm
e_S	= Eksentrisitas maksimum tendon prategang pada arah bentang pendek, mm
f	= Tegangan tekan merata, MPa
f_b	= Tegangan pada serat bawah, MPa
f_c	= Tegangan tekan pada serat terluar maksimum ijin setelah kehilangan gaya prategang terjadi pada tingkat beban kerja, MPa
f'_c	= Kuat silinder beton pada umur 28 hari, MPa
f_{ci}	= Tegangan tekan pada serat terluar maksimum ijin segera setelah peralihan gaya prategang dan sebelum kehilangan gaya prategang terjadi, MPa
f'_{ci}	= Kuat tekan beton saat ditegangkan, MPa
f_{cs}	= Tegangan beton pada pusat tendon, MPa
f_{csd}	= Tegangan beton pada garis berat tendon akibat seluruh beban

	mati yang bekerja pada komponen struktur setelah diberi gaya prategang, MPa
f_{cpa}	= Tegangan tekan beton pada garis berat beton, MPa
f_{py}	= Tegangan leleh prategang (<i>Yield strength</i>), MPa
f_{pu}	= Tegangan putus prategang (<i>Ultimate strength</i>), MPa
f^t	= Tegangan pada serat atas, MPa
f_{ii}	= Tegangan tarik pada serat terluar maksimum ijin segera setelah peralihan gaya prategang dan sebelum kehilangan gaya prategang terjadi, MPa
f_u	= Tegangan putus (<i>Ultimate strength</i>), MPa
f_y	= Tegangan leleh (<i>Yield strength</i>), MPa
h	= Tebal pelat, mm
h_1	= Tebal <i>drop panel</i> , mm
I_c	= Momen inersia penampang komponen beton, mm ⁴
I_g	= Momen inersia penampang bruto komponen beton, mm ⁴
I_L	= Momen inersia penampang pelat pada arah bentang panjang, mm ⁴
I_S	= Momen inersia penampang pelat pada arah bentang pendek, mm ⁴
J_c	= Momen inersia kutub dari penampang kritis
K	= Koefisien <i>wobble</i>
K_c	= Kekakuan lentur kolom, momen per unti rotasi
K_{ec}	= Kekakuan lentur kolom ekuivalen, momen per unti rotasi
K_t	= Kekakuan puntir komponen struktur, momen per unit rotasi
L	= panjang bentang, mm
M	= Momen eksternal pada penampang akibat beban dan berat sendiri balok, Nmm
P_e	= Gaya prategang pada beban kerja, N
P_i	= Gaya prategang awal, N
P_j	= Gaya tendon pada ujung angkur, N
P	= Gaya prategang efektif setelah kehilangan, N/mm
P_x	= Gaya tendon pada jarak x dari titik penjangkaran, N
RE	= Kehilangan gaya prategang akibat relaksasi pada baja, MPa
RH	= Kelembaban relatif, %
r	= Jari-jari girasi, m
s	= Jarak tulangan geser, mm
SH	= Kehilangan gaya prategang akibat susut, MPa
SNI	= Standar Nasional Indonesia
t	= Umur beton saat ditegangkan, hari
V/S	= Perbandingan volume terhadap luas, mm
V_p	= Komponen vertikal dari gaya prategang efektif di penampang, N
V_u	= Gaya geser terfaktor pada penampang, N
v_c	= Kuat geser pada beton, MPa
v_{cw}	= Tegangan geser dua arah yang diijinkan, MPa
v_n	= Tegangan geser nominal, MPa
w	= Berat jenis beton, kg/m ³
w_b	= Bebanimbang per lebar satuan, N/m ²
w_{bal}	= Beban penyeimbang, N/mm ²

x	= Jarak dari titik penegangan, mm
Δ	= Panjang pemanjangan pada tendon, mm
Δ_a	= Deformasi pengangkuran, mm
γ_v	= Besarnya bagian dari momen tak-imbang yang dipindahkan sebagai geser eksentris pada hubungan pelat kolom
α	= Perubahan sudut total dari profil tendon prategang dalam radian dari ujung angkur ke titik sejarak x
Φ	= Faktor reduksi kapasitas geser
μ	= Koefisien kelengkungan

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A *Punching Shear* dan Lendutan
Lampiran B *Stresses*