

struktur

Rf
634.1
Agu
98

MILIK PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA	
Diterima	11 MAR 1998
Inventarisasi	: 947/TS/Hd.8/98
Klasifikasi	Rf 634.1 Agu 98
Kadaluarsa	: 12 APR 1998
Selesai diproses	13 MAY 1998

**ANALISIS BALOK PRATEGANG
PADA GEDUNG KANTOR PT. BANK TABUNGAN NEGARA
YOGYAKARTA**

TUGAS AKHIR SARJANA STRATA SATU

Disusun oleh:

AGUS ALEXANDER TAMPUBOLON

No. Mahasiswa: 6005/TSS

NIRM: 910051053114120081



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

1998



PENGESAHAN

Tugas Akhir Sarjana Strata Satu, dengan topik:

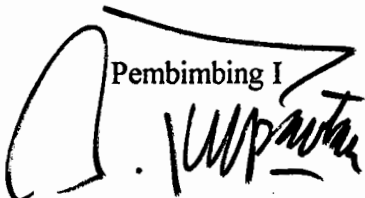
ANALISIS BALOK PRATEGANG PADA GEDUNG KANTOR PT. BANK TABUNGAN NEGARA YOGYAKARTA

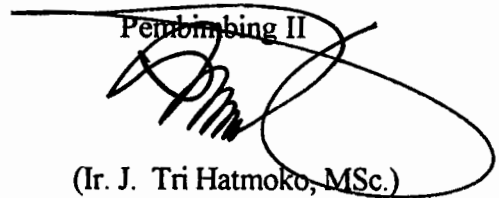
disusun oleh:

AGUS ALEXANDER TAMPUBOLON
No. Mahasiswa: 6005/ TSS
NIRM: 910051053114120081

telah diperiksa, disetujui dan diuji oleh Dosen Pembimbing

Yogyakarta,

Pembimbing I

(Ir. Ign. Benny Puspantoro, MSc.)

Pembimbing II

(Ir. J. Tri Hatmoko, MSc.)

Disahkan oleh:
Ketua Program Studi Teknik Sipil

(Ferianto Raharjo, ST)



ABSTRAKSI

ANALISIS BALOK PRATEGANG PADA GEDUNG KANTOR PT. BANK TABUNGAN NEGARA YOGYAKARTA, Agus Alexander Tampubolon, 6005-TSS, tahun 1998, Program Studi Teknik Sipil Struktur, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Beton Prategang pada dasarnya merupakan beton yang telah diberi tegangan-tegangan internal dengan besar dan distribusi sedemikian rupa, sehingga tegangan-tegangan tarik potensial dalam beton akibat beban-beban luar, dapat dilawan sampai tingkat yang diinginkan. Prategang ini dilakukan dengan cara menarik kawat dalam tendon yang ditanam di dalam beton.

Pemakaian beton dan baja mutu tinggi yang menjadi kebutuhan utama dalam perencanaan struktur prategang, akan memperkecil dimensi penampang melintang beton prategang sehingga bentang yang lebih panjang dapat digunakan. Namun pemilihan bentuk struktur tersebut menyebabkan momen dan lendutan yang terjadi pada elemen beton akan lebih besar, sehingga kekuatan beton prategang terhadap keruntuhan lentur sangat perlu untuk dipikirkan.

Tegangan-tegangan dalam yang akan diberikan pada beton, selain menggunakan material baja mutu tinggi, akan dipengaruhi oleh bentuk tendon, pengangkur, sistem dan operasi prategang serta lingkungan disekeliling struktur. Faktor waktu akan mempengaruhi beberapa sifat material beton mutu tinggi yang secara langsung juga akan mempengaruhi distribusi tegangan-tegangan dalam.

Studi ini dimaksudkan untuk mengetahui sampai sejauh mana kekuatan beton prategang yang telah direncanakan dan dikerjakan untuk melayani beban-beban luar sampai batas-batas kekuatan yang disyaratkan.

KATA HANTAR

Ucapan syukur penyusun panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmatNya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir.

Tugas-akhir ini merupakan kewajiban bagi setiap mahasiswa untuk memperoleh derajat sarjana (S1) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

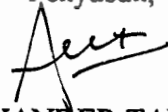
Dalam tugas-akhir ini, penyusun membahas tentang **Analisis Balok Prategang Pada Gedung Kantor PT. Bank Tabungan Negara Yogyakarta.**

Pada kesempatan ini, penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Papa, Mama, kakak serta adik, yang banyak memberi dorongan dan dukungan dalam doa.
2. Bapak Ir. Ign. Benny Puspantoro, M.Sc., selaku Ketua Tim Dosen Pembimbing.
3. Bapak Ir. J. Tri Hatmoko, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing, yang telah membantu dengan penuh kesabaran kepada penyusun dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir.
4. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan hingga selesainya tugas-akhir ini.

Yogyakarta, 10 Januari 1998

Penyusun,



AGUS ALEXANDER TAMPUBOLON

No. Mahasiswa: 6005 /TSS

NIRM: 910051053114120081

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAKSI	iii
KATA HANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1
1.2 Konsep Dasar Beton Prategang	2
1.3 Keuntungan Beton Prategang	4
1.4 Metoda Analisis Hitungan	5
1.5 Pedoman Hitungan	5
BAB II MATERIAL DAN PEMBEBANAN BETON PRATEGANG	8
2.1 Material Beton Prategang	8
2.2 Sistem Prategang Dan Pengangkuran	13
2.3 Tegangan Yang Diizinkan	16

	Halaman
2.4 Hitungan Pembebanan Balok	21
2.5 Hitungan Balok T	24
BAB III KEHILANGAN PRATEGANG	28
3.1 Pendahuluan	28
3.2 Perpendekan Elastik Beton (<i>Elastic Shortening</i>)	30
3.3 Relaksasi Baja (<i>Relaxation of Steel</i>)	31
3.4 Rangkak Pada Beton (<i>Creep of Concrete</i>)	31
3.5 Susut Pada Beton (<i>Shrinkage of Concrete</i>)	32
3.6 Slip Pada Angkur (<i>Anchorage Seating Losses</i>)	33
3.7 Gesekan Dalam Tendon (<i>Friction</i>)	34
3.8 Hitungan Kehilangan Prategang	35
BAB IV ANALISIS TEGANGAN	44
4.1 Tegangan Pada Balok Beton	44
4.2 Tegangan Pada Tendon	49
BAB V ANALISIS LENDUTAN BALOK PRATEGANG	52
5.1 Pendahuluan	52
5.2 Dasar Analisis	52
5.3 Analisis lendutan	57
BAB VI ANALISIS LENTUR DAN GESER	61
6.1 Lentur Pada Batang Prategang	61
6.2 Geser Pada Batang Prategang	67

BAB VII ANALISIS TEGANGAN PADA DAERAH ANGKUR	72
7.1 Dasar Analisis	72
7.2 Analisis Tegangan Pada Angkur	76
7.3 Diskusi Hasil Analisis	78
BAB VIII KESIMPULAN	81
8.1 Kesimpulan	81
8.2 Saran	82
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN A Bentuk dan Ukuran Angkur VSL	84
LAMPIRAN B Detail Angkur Prategang Lantai 1,2,3,4	86
LAMPIRAN C Penulangan Balok Prategang Lantai 1,2,3,4	89
LAMPIRAN D Hasil Kalibrasi <i>Hydraulic Jack</i>	90
LAMPIRAN E Foto Alat dan Pelaksanaan Prategang di Lapangan	91

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Daftar tulangan non-prategang	12
2.2 Hitungan beban ekuivalen	22
2.3 Hitungan reaksi dan momen	24
2.4 Hitungan luas dan momen statis beton sebelum <i>grouting</i>	25
2.5 Hitungan luas dan momen statis beton sesudah <i>grouting</i>	26
3.1 Nilai-nilai pendekatan kehilangan gaya prategang sistem pasca-tarik	29
3.2 Interval waktu	30
3.3 Faktor bentuk dan ukuran untuk rangkai dan susut beton	33
3.4 Rangkuman kehilangan tegangan (total)	43
5.1 Lendutan izin maksimum	53
7.1 Koefisien-koefisien untuk perhitungan angkur (Guyon)	73
D.1 Hasil kalibrasi	90

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1.1 Balok beton bertulang	2
1.2 Balok beton prategang	3
1.3 Denah lantai 1,2,3,4	6
1.4 Potongan melintang bangunan	7
2.1 Perbandingan diagram tegangan-regangan	10
2.2 Diagram tegangan-regangan untuk baja prategang	11
2.3 Tulangan non-prategang	13
2.4 Sistem pasca penarikan (<i>post tensioning</i>)	14
2.5 Profil kabel balok prategang	19
2.6 Perataan beban pada pelat lantai	20
2.7 Perataan beban segitiga tunggal	21
2.8 Pembebanan struktur	23
2.9 Profil memanjang balok T	24
2.10 Balok T sebelum <i>grouting</i>	25
2.11 Balok T sesudah <i>grouting</i>	26
3.1 Pengaruh kelengkungan pada tendon	35
3.2 Penampang melintang beton	35
3.3 Kelengkungan tendon	37

	Halaman
4.1 Superposisi tegangan pada pembebanan awal	45
4.2 Superposisi tegangan pada pembebanan akhir	45
4.3 Tegangan di tengah bentang pada pembebanan awal	46
4.4 Tegangan di tengah bentang pada pembebanan akhir	47
4.5 Tegangan di dukungan pada pembebanan awal	48
4.6 Tegangan di dukungan pada pembebanan akhir	49
5.1 Diagram bidang momen M/EI oleh gaya prategang	54
5.2 Bidang momen M/EI dan lendutan akibat beban luar	49
6.1 Jenis keruntuhan lentur pada beton	61
6.2 Keseimbangan gaya penampang persegi	62
6.3 Balok lentur T di tengah bentang	65
6.4 Jarak tulangan geser pada badan	68
6.5 Diagram gaya lintang beban hidup dan mati	69
6.6 Diagram gaya lintang V_u	69
6.7 Penulangan balok prategang	71
7.1 Distribusi tegangan pada daerah angkur	73
7.2 Tegangan dan momen pada daerah angkur	75
7.3 Potongan x-x	76
7.4 Distribusi tegangan memecah	77
A.1 Angkur hidup VSL tipe 12Sc	84
A.2 Angkur mati VSL tipe 12U	85

	Halaman
B.1 Tampak depan angkur hidup dan angkur mati	86
B.2 Tampak samping angkur hidup dan angkur mati jalur N (2,3,4,5)	87
B.3 Tampak atas angkur hidup dan angkur mati jalur N (2,3,4,5)	88
C.1 Penulangan Balok Prategang Lantai 1,2,3,4	89
E.1 Foto Angkur Hidup VSL Tipe 12Sc	91
E.2 Foto Angkur Mati VSL Tipe 12U	91
E.3 Foto <i>Prestress Multi Jack</i> Seri 12 ST-2	92
E.4 Foto <i>Stressing Pump</i>	92
E.5 Foto Profil Tendon Pada Balok	93
E.6 Foto Pipa <i>Grouting</i>	93
E.7 Foto Pekerjaan <i>Stressing</i>	94
E.8 Foto Pengukuran Slip Pada Baji (<i>Wedges Draw-in</i>)	94
E.9 Foto Tendon yang telah selesai ditarik dan siap untuk di <i>-grouting</i>	95

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

a	= tinggi blok persegi tegangan desak ekivalen, mm
A_{br}	= luas bantalan (<i>bearing</i>) pada pelat angkur, mm ²
A_{bst}	= luas tulangan memecah (<i>bursting</i>) pada daerah tarik angkur, mm ²
A_c	= luas beton pada penampang yang ditinjau, mm ²
A_{ps}	= luas tulangan prategang pada daerah tarik, mm ²
A_s	= luas tulangan tarik non-prategang, mm ²
A'_s	= luas tulangan desak non-prategang, mm ²
A_t	= luas beton transformasi pada penampang yang ditinjau, mm ²
A_v	= luas tulangan geser dalam daerah sejarak s , mm ²
b	= lebar penampang beton di daerah desak, mm
b_{ef}	= lebar efektif balok beton di tepi atas sayap, mm
b_w	= lebar badan balok beton, mm
c_b	= jarak dari serat bawah terluar ke garis netral beton, mm
c_t	= jarak dari serat atas terluar ke garis netral beton, mm
$c.g.c$	= garis netral daerah beton (<i>center of gravity of concrete</i>), mm
$c.g.s$	= garis netral daerah baja (<i>center of gravity of steel</i>), mm
C_{cu}	= koefisien rangkai ultimit beton
C_t	= koefisien rangkai pada saat t
d	= jarak dari serat desak terluar ke titik berat tulangan tarik non-prategang, mm
d_p	= jarak dari serat desak terluar ke titik berat tulangan prategang, mm

d'	= jarak dari serat desak terluar ke titik berat tulangan tarik, mm
D	= diameter tulangan (ϕ), mm
e_o	= eksentrisitas tendon terhadap titik berat beton, mm
e_c	= eksentrisitas tendon di bawah titik berat beton, mm
e_e	= eksentrisitas tendon di atas titik berat beton, mm
E_c	= modulus elastisitas beton, MPa
E_{ps}	= modulus elastisitas tulangan prategang, MPa
E_s	= modulus elastisitas tulangan non-prategang, MPa
f_{bt}	= tegangan yang terjadi dalam tendon akibat rekatan (bonded), MPa
f_{br}	= tegangan yang terjadi pada bantalan pelat angkur, MPa
f_{bst}	= tegangan memecah pada daerah angkur, MPa
f	= tegangan yang terjadi di serat atas beton di ketinggian baja pada penampang yang ditinjau, MPa
f_b	= tegangan yang terjadi di serat bawah beton di ketinggian baja pada penampang yang ditinjau, MPa
f'_c	= kuat tekan beton yang ditentukan, MPa
f'_{ci}	= kuat tekan beton pada saat pemberian prategang, MPa
f_{pe}	= tegangan efektif tulangan prategang (setelah memperhitungkan semua kehilangan prategang yang mungkin terjadi), MPa
f_{pj}	= tegangan jacking yang diberikan pada tendon selama operasi prategang, MPa
f_{pi}	= tegangan tarik awal sebelum terjadi kehilangan tegangan, MPa
f_{ps}	= tegangan dalam tulangan prategang pada kuat nominal, MPa
f_{pu}	= kuat tarik ultimit tendon yang ditentukan, MPa
f_{py}	= kuat leleh tendon yang ditentukan, MPa
f_{pA}	= kehilangan tegangan akibat pengangkuran, MPa

f_{PCR}	= kehilangan tegangan akibat rangkak beton, MPa
f_{pES}	= kehilangan tegangan akibat perpendekkan elastik, MPa
f_{pF}	= kehilangan tegangan akibat gesekan dalam tendon, MPa
f_{pR}	= kehilangan tegangan akibat relaksasi baja, MPa
f_{pSH}	= kehilangan tegangan akibat susut beton, MPa
f_r	= modulus keruntuhan lentur beton, MPa
f_y	= kuat leleh tulangan baja non-prategang yang ditentukan, MPa
F_{bst}	= gaya memecah pada pelat angkur, N
$g(t)$	= fungsi waktu untuk memperkirakan koefisien rangkak
h	= tinggi total penampang beton, mm
h_f	= tinggi daerah sayap beton, mm
H	= kelembaman lingkungan, mm
I_c	= momen inersia bersih beton terhadap sumbu pusat, mm ⁴
I_t	= momen inersia transformasi beton terhadap sumbu pusat, mm ⁴
K_{CA}	= faktor umur pembebanan untuk rangkak beton
K_{CH}	= faktor koreksi kelembaman relatif untuk jenis perawatan beton
K_{CS}	= faktor bentuk dan ukuran penampang beton untuk rangkak
K_{SH}	= faktor koreksi kelembaman relatif untuk susut
K_{SS}	= faktor bentuk dan ukuran penampang beton untuk susut
l	= panjang bentang dalam arah momen, diukur dari pusat ke pusat tumpuan, mm
l_x	= panjang bentang yang ditinjau dalam arah momen, mm
M_{cr}	= momen yang menyebabkan terjadinya retak lentur akibat beban luar, Nmm
M_n	= kuat momen nominal pada penampang beton, Nmm
M_u	= momen terfaktor pada penampang beton, Nmm

M_{DL}	= momen akibat beban mati, Nmm
M_{LL}	= momen akibat beban hidup, Nmm
n_p	= rasio modulus elastisitas baja prategang terhadap beton
P_j	= gaya <i>jacking</i> yang dikerjakan pada tendon, N
q_{DL}	= beban mati per unit luas, N/m
q_{LL}	= beban hidup per unit luas, N/m
r	= jari-jari girasi, mm
s	= spasi tulangan geser dalam arah paralel dengan tulangan longitudinal, mm
t_{ij}	= interval waktu i,j untuk menghitung kehilangan tegangan jangka panjang, hari
t_A	= umur pada waktu pembebanan untuk menghitung faktor jenis perawatan beton pada rangkai, hari
V_n	= kuat geser nominal, N
V_s	= kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser, N
V_u	= gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau, N
w_u	= beban terfaktor per unit luas, N/m
y_{po}	= jarak dari sisi atas pelat bantalan ke pusat angkur, mm
y_o	= jarak dari pusat angkur ke sisi luar terdekat beton, mm
Z_t	= momen lawan di serat atas beton, mm ³
α	= sudut kelengkungan tendon, rad
β_1	= faktor yang tergantung dari kuat tekan beton
γ_p	= faktor untuk memperhitungkan tipe tendon
δ_{pi}	= lendutan seketika akibat prategang, mm
δ_{DL}	= lendutan yang diakibatkan oleh beban mati, mm
δ_{LL}	= lendutan yang diakibatkan oleh beban hidup, mm



ϵ_{su}	= regangan susut ultimit pada material beton, mm/mm
κ	= koefisien friksi wobble per meter panjang tendon
μ	= koefisien gesek lengkungan pada tendon
ρ	= rasio tulangan tarik non-prategang
ρ'	= rasio tulangan desak non-prategang
ρ_p	= rasio tulangan prategang
ϕ	= faktor reduksi kekuatan beton
ω	= indeks tulangan tarik non-prategang
ω'	= indeks tulangan desak non-prategang
ω_p	= indeks tulangan prategang
Δf_{pT}	= jumlah kehilangan prategang total, MPa

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Bentuk dan Ukuran Angkur VSL	84
B. Detail Angkur Prategang Lantai 1,2,3,4	86
C. Penulangan Balok Prategang Lantai 1,2,3,4	89
D. Hasil Kalibrasi <i>Hydraulic jack</i>	90
E. Gambar Alat dan Pelaksanaan Prategang di Lapangan	91