

**STUDI PERILAKU BALOK PRATEGANG SEBAGIAN
AKIBAT BEBAN SEMI SIKLIK
DENGAN METODE NUMERIK**

SKRIPSI

Oleh

YASIN WIJAYA

04 03 01 076 3



**DEPARTEMEN SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

831/FT.01/SKRIP/07/2008

**BEHAVIOR STUDY OF PARTIALLY PRESTRESS
CONCRETE BEAM UNDER SEMI - CYCLIC LOADS
WITH NUMERICAL METHOD**

FINAL ASSIGNMENT

By

YASIN WIJAYA

04 03 01 076 3



**CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
ENGINEERING FACULTY UNIVERSITY OF INDONESIA
TERM 2 2007/2008**

831/FT.01/SKRIP/07/2008

**STUDI PERILAKU BALOK PRATEGANG SEBAGIAN
AKIBAT BEBAN SEMI SIKLIK
DENGAN METODE NUMERIK**

SKRIPSI

Oleh

YASIN WIJAYA

04 03 01 076 3



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA**

831/FT.01/SKRIP/07/2008

**BEHAVIOR STUDY OF PARTIALLY PRESTRESS
CONCRETE BEAM UNDER SEMI - CYCLIC LOADS
WITH NUMERICAL METHOD**

FINAL ASSIGNMENT

By

YASIN WIJAYA

04 03 01 076 3



**THIS FINAL ASSIGMENT IS PROPOSED TO COMPLETE
ONE OF THE REQUIREMENT TO ACHIEVE
AN ENGINEERING BACHELOR DEGREE**

**CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
ENGINEERING FACULTY UNIVERSITY OF INDONESIA**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

STUDI PERILAKU BALOK PRATEGANG SEBAGIAN AKIBAT BEBAN SEMI SIKLIK DENGAN METODE NUMERIK

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasi dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 11 Juli 2008

Yasin Wijaya

NPM 04 03 01 076 3

FINAL ASSIGNMENT ORIGINALITY CLARIFICATION

I hereby state that final assignment titled :

BEHAVIOR STUDY OF PARTIALLY PRESTRESS CONCRETE BEAM UNDER SEMI - CYCLIC LOADS WITH NUMERICAL METHOD

This is submitted to fulfill one of requirement needed to achieve Bachelor Degree in Civil Engineering Department Faculty of Engineering University of Indonesia is my own work. This final assignment is the original copy and not duplication of other final assignment that have been published or used to gain Bachelor Degree in University of Indonesia as well as other university or any other institute, unless the references included as they should be.

Depok, July 11st 2008

Yasin Wijaya

NPM 04 03 01 076 3

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

**STUDI PERILAKU BALOK PRATEGANG SEBAGIAN
AKIBAT BEBAN SEMI SIKLIK
DENGAN METODE NUMERIK**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi tanggal 08 Juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 8 Juli 2008

Ir. Sjahril A.Rahim M.Eng

NIP. 130 801 588

Dr. Ir. Elly Tjahjono

NIP. 130 936 028

APPROVAL

Final assignment titled :

**BEHAVIOR STUDY OF PARTIALLY PRESTRESS CONCRETE
BEAM UNDER SEMI - CYCLIC LOADS WITH NUMERICAL
METHOD**

is submitted to fulfill one of requirement needed to achieve Bachelor Degree in Civil Engineering Department Faculty of Engineering University of Indonesia, is my own work. This final assignment has been examined at July 8th 2007 and approved as final assignment on Civil Engineering Department Faculty of Engineering University of Indonesia.

Depok, 8 Juli 2008

Counsellor

Ir. Sjahril A.Rahim M.Eng

NIP. 130 801 588

Dr. Ir. Elly Tjahjono

NIP. 130 936 028

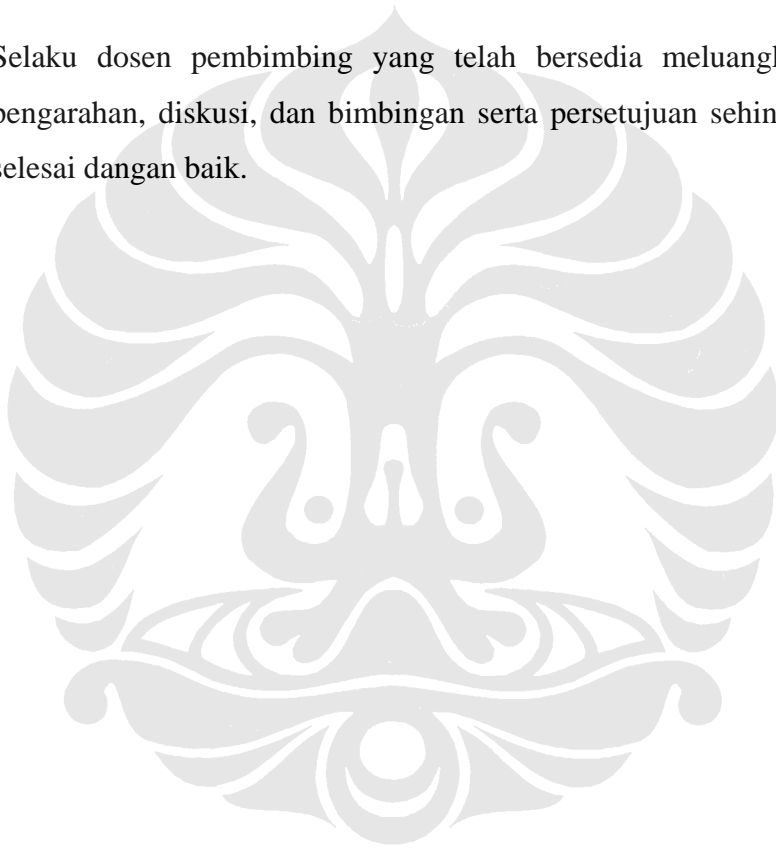
UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Ir. Sjahril A.Rahim M.Eng

Dr. Ir. Elly Tjahjono

Selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu memberi pengarahan, diskusi, dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.



**DAFTAR ISI**

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	i
PENGESAHAN	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR GRAFIK.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SIMBOL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 LATAR BELAKANG	1
I.2 PERUMUSAN MASALAH.....	2
I.3 MAKSUD DAN TUJUAN PENELITIAN.....	2
I.4 BATASAN MASALAH.....	2
I.5 METODOLOGI PENELITIAN	3
I.6 SISTEMATIKA PENELITIAN	3
BAB II DASAR TEORI	5
II.1 KARAKTERISITIK MATERIAL	5
II.1.1 Mekanika Material	5
II.1.1.A Tegangan.....	5
II.1.1.B Regangan	6
II.1.1.C Tegangan Regangan	7
II.1.2 Material Beton.....	9
II.1.2.A Pendahuluan	9
II.1.2.B Tegangan Regangan Beton.....	9
II.1.2.C Rangkak	10



II.1.2.D Susut	11
II.1.3 Material Baja	12
II.1.3.A Baja Tulangan	12
II.1.2.B Kawat Baja Pra-tegang	13
II.2 KUAT LENTUR PENAMPANG	15
II.2.1 Beton Bertulang.....	15
II.2.1.A Penampang Tidak Retak	15
II.2.1.B Penampang Retak	16
II.2.1.C Kuat Batas	17
II.2.2 Beton Prategang Penuh	18
II.2.2.A Tegangan Akibat Sistem Prategang.....	18
II.2.2.B Tegangan Akibat Beban	19
II.2.3 Beton Prategang Sebagian.....	19
II.2.3.A Penampang Tidak Retak.....	19
II.2.3.B Penampang Retak	21
II.3 NON LINIERITAS MATERIAL	23
II.3.1 Daktilitas	23
II.3.2 Non linieritas dari Beton	23
II.3.3 Non Linieritas dari Baja Pra-tegang	24
II.3.3.A. Tendon 250 Ksi Strand.....	24
II.3.3.B. Tendon 270 Ksi Strand.....	25
II.3.4 Non Linieritas dari Baja Non Pra-tegang	25
II.3.5. Tahapan Non Linieritas Material Pada Program.....	27
II.3.5.A. Beton	27
II.3.5.B. Baja Tulangan.....	28
II.3.5.C. Baja Prategang	28
II.4. BEBAN SEMI SIKLIK.....	28
II.5. TIPE ANALISIS PROGRAM.....	29
II.5.1. Linier Material dan Non linier material.....	29
II.5.2. Geometri Linier dan Geometri Non linier	30
II.5.3. Kontrol Lendutan dan Kontrol Gaya.....	30



BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
III.1 SISTEMATIKA PENELITIAN.....	31
III.2 STUDI LITERATUR.....	31
III.3 PERMODELAN STRUKTUR	33
III.3.1 Desain dan Permodelan Struktur Jembatan.....	33
III.3.2 Desain Pembebanan	34
III.3.3 Desain Penampang.....	35
III.4 PEMOGRAMAN.....	36
III.5 OUTPUT	36
BAB IV STUDI KASUS DAN SIMULASI PERMODELAN	37
IV.1. STUDI KASUS.....	37
IV.1.1 Input Data	37
IV.1.1.A. <i>Data Input Program</i>	37
IV.1.1.B. <i>Koordinat Nodal Struktur</i>	37
IV.1.1.C. <i>Penampang</i>	38
IV.1.1.D. <i>Kurva Baja Prategang</i>	40
IV.1.1.E. <i>Kurva Baja Non Prategang</i>	41
IV.1.1.F. <i>Kurva Beton</i>	42
IV.1.2. Analisa	43
IV.1.3. Modifikasi Permodelan.....	44
IV.1.4. Ouput Permodelan Simulasi	45
IV.1.4.1. <i>Beton Bertulang, Prategang Penuh,Prategang</i> <i>Sebagian</i>	45
IV.1.4.2. <i>PPR terhadap kekuatan batas beton</i>	53
IV.2. DATA MODEL	55
IV.2.1. Input Data	55
IV.2.1.A <i>Variasi Data</i>	55
IV.2.1.B <i>Permodelan Balok</i>	57
IV.2.2 Tahapan Simulasi	59
IV.2.2.A. <i>Simulasi 1</i>	59
IV.2.2.B. <i>Simulasi 2</i>	59
IV.2.2.C. <i>Simulasi 3</i>	59



BAB V. ANALISA	60
V.1. Simulasi 1	60
V.2. Simulasi 2.....	62
V.2.1. Prategang Penuh dan Prategang Sebagian	63
V.2.2. Tingkat Prategang	65
V.2.3. Perubahan Penampang	66
V.2.4. Perbedaan PPR	67
V.3. Simulasi 3.....	68
V.3.1. Prategang Penuh dan Prategang Sebagian	70
V.3.2. Tingkat Prategang	73
V.3.3. Perubahan Penampang	74
V.3.4. Perbedaan PPR	77
V.3.5. Pengaruh beban semi siklik terhadap kekuatan struktur dan lendutan struktur.....	78
VI. KESIMPULAN.....	80
DAFTAR PUSTAKA	81

DAFTAR GAMBAR

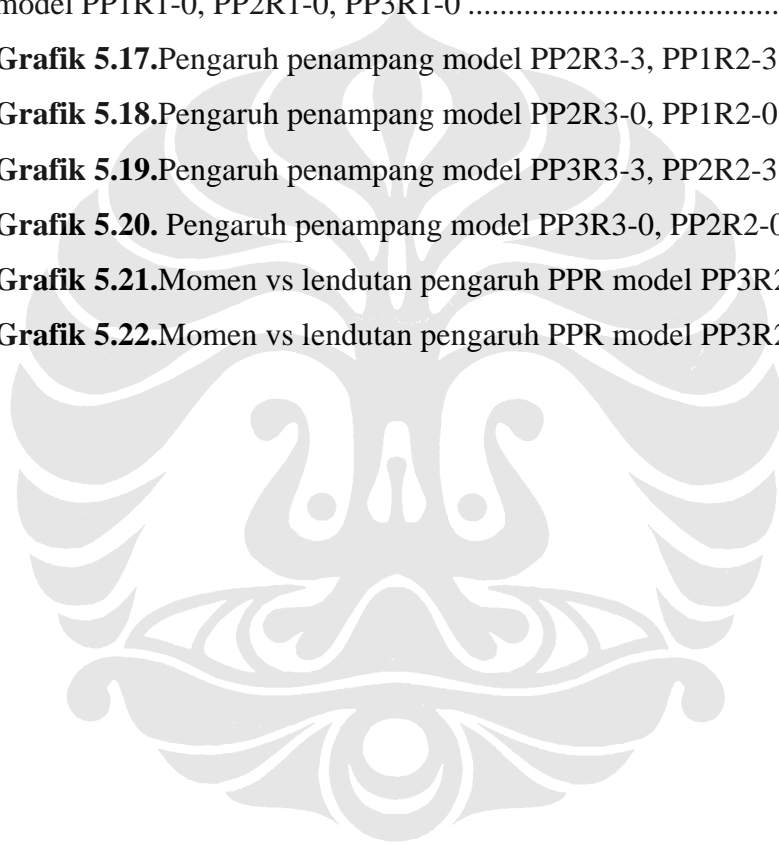
	Halaman
Gambar 2.1 Tegangan normal dan tegangan geser (a) pada sumbu global (b) pada sumbu lokal	6
Gambar 2.2 Grafik tegangan regangan baja.....	7
Gambar 2.3 Grafik tegangan regangan untuk reserve loading.....	9
Gambar 2.4 Grafik tegangan regangan beton.....	10
Gambar 2.5 Grafik rangkai pada beton	11
Gambar 2.6 Grafik susut pada beton.....	11
Gambar 2.7 Grafik tegangan regangan baja tulangan dengan mutu 420 Mpa.	13
Gambar 2.8 Grafik tegangan wibes dengan mutu 1785 Mpa	14
Gambar 2.9 Grafik tegangan regangan strand dengan mutu 1930 Mpa	14
Gambar 2.10 Grafik tegangan regangan bars dengan mutu 1120 Mpa.....	15
Gambar 2.11 Diagram regangan beton bertulang tidak retak	15
Gambar 2.12 Penampang transformasi	16
Gambar 2.13 Diagram tegangan penampang retak elastis.	16
Gambar 2.14 Diagram tegangan penampang retak metode kuat batas	17
Gambar 2.15 Diagram tegangan penampang retak metode kuat batas 2	18
Gambar 2.16 Diagram tegangan penampang akibat sistem pra-tegang	18
Gambar 2.17 Diagram tegangan kombinasi	19
Gambar 2.18 Penampang transformasi pada saat pemindahan gaya pra-tegang	20
Gambar 2.19 Analisa penampang retak	22
Gambar 2.20. Grafik tegangan – regangan material yang daktilitasnya baik	23
Gambar 2.21. Grafik tegangan – regangan beton dengan pendekatan Park.....	23
Gambar 2.22. Grafik tegangan – regangan tendon.....	25
Gambar 2.23. Grafik tegangan – regangan tulangan.....	26
Gambar 2.24. Grafik tegangan – regangan tulangan pendekatan Park	26
Gambar 2.25. Tahapan non linieritas material beton.	27
Gambar 2.26. Tahapan non linieritas material baja tulangan.....	28
Gambar 2.27. Tahapan non linieritas material baja prategang.....	28

Gambar 2.28. Beban semi siklik	29
Gambar 2.29 Beban semi siklik yang disederhanakan.....	29
Gambar 3.1 Alur kerja.....	31
Gambar 3.2 Alur studi literatur	32
Gambar 3.3 Model struktur	33
Gambar 3.4 Penampang	33
Gambar 3.5 Pembebanan.....	34
Gambar 4.1. Sistem koordinat struktur	37
Gambar 4.2. Potongan melintang sistem koordinat	38
Gambar 4.3. Potongan penampang setiap model	39
Gambar 4.4. Tegangan regangan penampang model TS2.....	46
Gambar 4.5. Tegangan regangan penampang model TS 10.....	49
Gambar 4.6. Tegangan regangan penampang model TS 4.....	52
Gambar 4.7. Potongan memanjang	57
Gambar 4.8.a. Potongan penampang tipikal	57
Gambar 4.8.b. Potongan penampang semua model	58

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 4.1. Grafik non linieritas material baja prategang	40
Grafik 4.2. Grafik non linieritas material baja tulangan	42
Grafik 4.3. Grafik non linieritas material beton.....	43
Grafik 4.4. Grafik beban vs lendutan model TS2	45
Grafik 4.5. Grafik beban vs Lendutan dengan laju retak model TS2	47
Grafik 4.6. Grafik beban vs lendutan model TS 10	47
Grafik 4.7. Grafik beban vs lendutan dengan laju retak model TS 10.....	49
Grafik 4.8. Grafik beban vs lendutan model TS 4	50
Grafik 4.9. Grafik beban vs lendutan dengan laju retak model TS 4.....	53
Grafik 4.10. Grafik beban vs lendutan semua model.....	54
Grafik 4.11. Grafik non linieritas material baja prategang yang digunakan...	58
Grafik 5.1. Beban vs lendutan simulasi 1	61
Grafik 5.2. Momen vs lendutan simulasi 1	61
Grafik 5.3. Beban vs lendutan simulasi 2	63
Grafik 5.4. Momen vs lendutan simulasi 2	63
Grafik 5.5. Momen vs lendutan untuk prategang penuh dan prategang sebagian simulasi 2	65
Grafik 5.6. Momen vs lendutan untuk tingkat prategang model PP1R3-3, PP2R3-3, PP3R3-3, PP1R3-0, PP2R3-0, PP3R3-0 hasil simulasi 2.....	66
Grafik 5.7. Momen vs lendutan pengaruh penampang model PP2R3-3, PP2R3-0, PP3R3-3, PP3R3-0, PP1R2-3, PP1R2-0, PP2R2-3, PP2R2-0, PP1R1-3, PP1R1-0, PP2R1-3, PP2R1-0	67
Grafik 5.8. Momen vs lendutan pengaruh PPR model PP3R2-3, PP2R1-3, PP3R2-0, PP2R1-0.....	69
Grafik 5.9. Beban vs lendutan hasil simulasi 3.....	70
Grafik 5.10. Momen vs lendutan hasil simulasi 3	70
Grafik 5.11. Momen vs lendutan hasil simulasi 3 pengaruh prategang dan prategang penuh model PP2R3-3, P3R3-3.....	71
Grafik 5.12. Momen vs lendutan hasil simulasi 3 pengaruh prategang	

dan prategang penuh model PP2R3-0, P3R3-0.....	72
Grafik 5.13. Momen vs lendutan hasil simulasi 3 pengaruh prategang dan prategang penuh model PP1R2-3, P2R2-3.....	72
Grafik 5.14. Momen vs lendutan hasil simulasi 3 pengaruh prategang dan prategang penuh model PP1R2-0, P2R2-0.....	73
Grafik 5.15. Momen vs lendutan hasil simulasi 3 pengaruh tingkat prategang model PP1R1-3, PP2R1-3, PP3R1-3	74
Grafik 5.16. Momen vs lendutan hasil simulasi 3 pengaruh tingkat prategang model PP1R1-0, PP2R1-0, PP3R1-0	75
Grafik 5.17. Pengaruh penampang model PP2R3-3, PP1R2-3, PP1R1-3	76
Grafik 5.18. Pengaruh penampang model PP2R3-0, PP1R2-0, PP1R1-0	77
Grafik 5.19. Pengaruh penampang model PP3R3-3, PP2R2-3, PP2R1-3	77
Grafik 5.20. Pengaruh penampang model PP3R3-0, PP2R2-0, PP2R1-0	78
Grafik 5.21. Momen vs lendutan pengaruh PPR model PP3R2-3, PP2R1-3 ..	79
Grafik 5.22. Momen vs lendutan pengaruh PPR model PP3R2-0, PP2R1-0 ..	80



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Variasi penampang.....	35
Tabel 4.1. Koordinat global nodal struktur	37
Tabel 4.2. Input data baja prategang	40
Tabel 4.3 Input data baja non-prategang.....	41
Tabel 4.4 Modifikasi input data	44
Tabel 4.5 Beban ultimate	54
Tabel 4.6. Data model	56
Tabel 5.1. Resume hasil simulasi 1	62
Tabel 5.2. Resume hasil simulasi 2	64
Tabel 5.3. Resume prategang penuh vs prategang sebagian hasil simulasi 2	65
Tabel 5.4. Resume tingkat prategang model PP1R3-3, PP2R3-3, PP3R3-3, PP1R3-0, PP2R3-0, PP3R3-0 hasil simulasi 2.....	66
Tabel 5.5. Resume pengaruh penampang model PP2R3-3, PP2R3-0, PP3R3-3, PP3R3-0, PP1R2-3, PP1R2-0, PP2R2-3, PP2R2-0, PP1R1-3, PP1R1-0, PP2R1-3, PP2R1-0 hasil simulasi 2.....	68
Tabel 5.6. Resume pengaruh PPR model PP3R2-3, PP2R1-3, PP3R2-0, PP2R1-0 hasil simulasi 2	69
Tabel 5.7. Resume hasil simulasi 3	71
Tabel 5.8. Resume pengaruh prategang penuh dengan prategang sebagian	73
Tabel 5.9. Tingkat pratengang model PP1R1-3, PP2R1-3, PP3R1-3, PP1R1-0, PP2R1-0, PP3R1-0.....	75
Tabel 5.10. Perubahan Penampang model PP2R3-3, PP1R2-3, PP1R1-3, PP2R3-0, PP1R2-0, PP1R1-0, PP3R3-3, PP2R2-3, PP2R1-3, PP3R3-0, PP2R2-0, PP2R1-0.....	78
Tabel 5.11. Resume pengaruh PPR hasil simulasi 3 model PP3R2-3, PP2R1-3, PP3R2-0, PP2R1-0.....	80
Tabel 5.12 Resume pengaruh beban semi siklik.....	81

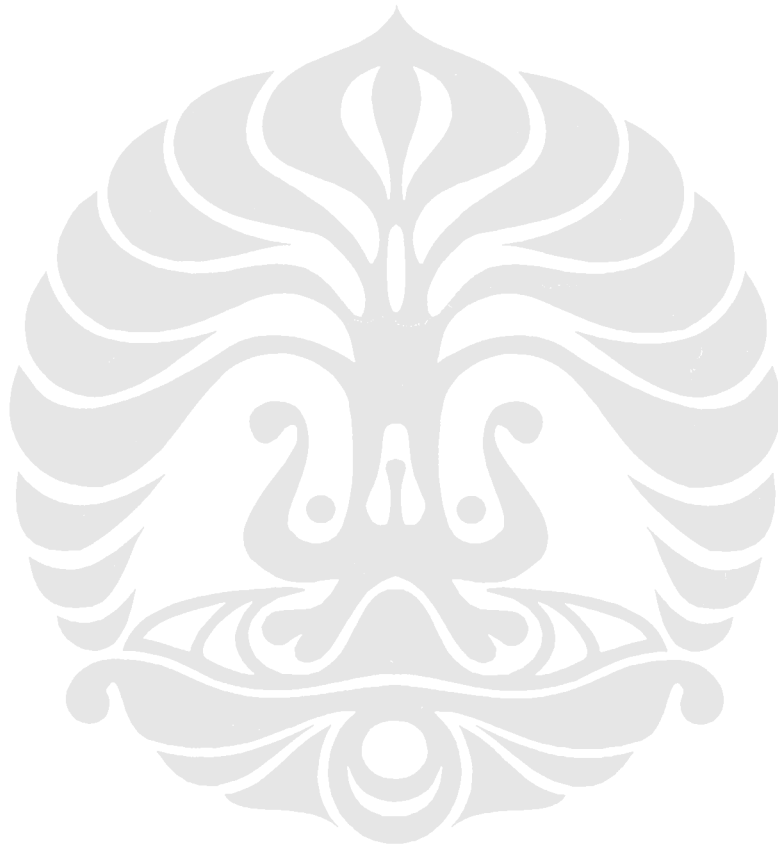
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A MANUAL PROGRAM

Lampiran B INPUT STUDI KASUS

Lampiran C INPUT MODEL

Lampiran D OUPUT MODEL



DAFTAR SIMBOL

	Satuan
β_1 = faktor kuat tekan beton	
ΔA = perubahan luas penampang	m^2
ΔF_x = perubahan gaya yang bekerja pada sumbu x	N
ΔF_y = perubahan gaya yang bekerja pada sumbu y	N
ΔF_z = perubahan gaya yang bekerja pada sumbu z	N
Δs = panjang awal	m
$\Delta s'$ = panjang setelah deformasi	m
ε = regangan normal	
ε_c = regangan beton	
ε_s = regangan baja	
ε_{sh} = regangan susut	
ε_{shu} = regangan susut ultimate	
ε_y = regangan leleh	
γ_{nt} = regangan geser	
γ_m = faktor material	
π = phi (3,14)	
θ' = perubahan sudut	<i>radian</i>
σ = tegangan	N/mm^2
σ_u = tegangan ultimate	N/mm^2
σ_z = tegangan yang bekerja pada sumbu z	N/mm^2
τ_{zy} = tegangan yang bekerja pada bidang zy	N/mm^2
τ_{zx} = tegangan yang bekerja pada bidang zx	N/mm^2
A = luas penampang beton	m^2
A_s = luas penampang baja	m^2
a = tinggi blok tegangan persegi ekuivalen yang dibatasi oleh tepi penampang dan suatu garis yang sejajar dengan sumbu netral.	m
b = lebar penampang	m

c	= jarak tegak lurus dari garis netral ke titik terjauh dari garis netral	m
C	= gaya tekan beton	N
d	= tinggi penampang balok	m
e	= eksentrisitas gaya prategang ke titik berat penampang	m
E	= modulus young	N/mm^2
E_c	= modulus elastisitas beton	N/mm^2
E_s	= modulus elastisitas baja	N/mm^2
f_c	= tegangan beton	N/mm^2
f'_c	= kuat tekan beton	N/mm^2
f_{cu}	= kuat tekan beton ultimate	N/mm^2
f_s	= tegangan baja	N/mm^2
I	= momen inersia penampang	m^4
k	= koefisien tinggi dari luas tekan kd pada sebuah penampang balok	
M	= momen	Nm
n	= perbandingan modulus elastisitas baja dengan beton	
P	= gaya prategang	N
S_c	= koefisien kandungan semen	
S_e	= koefisien kandungan udara	
S_f	= koefisien kehalusan	
S_h	= koefisien kelembapan relatif	
S_s	= koefisien slump dari beton	
S_t	= koefisien waktu susut	
S_{th}	= koefisien ketebalan	
T_s	= gaya tarik baja	N
x_i	= kurva kelengkungan regangan awal	$radian$
y	= jarak ke titik yang ditinjau	m