

Structural Engineering

	<b>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</b>
<b>20 FEB 2005</b>	
<i>117/TS/Hd.2/2005</i>	
<i>R/624.171.8304</i>	

# **ANALISIS BALOK LENKUNG PADA PORTAL BIDANG**

**TUGAS AKHIR SARJANA STRATA SATU**

Oleh :

**SISKA AGUSTINA  
NPM : 00 02 09939**



**UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
TAHUN 2004**

## PENGESAHAN

Tugas Akhir Sarjana Strata Satu

### ANALISIS BALOK LINGKUNG PADA PORTAL BIDANG

Oleh :

**SISKA AGUSTINA**  
NPM : 00 02 09939

Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing :

Yogyakarta, Agustus 2004

Pembimbing I



(Dr. Ir. F.X. Nurwadi W., MSc.)



Pembimbing II



(Ir. Haryanto YW., MT)

Disahkan oleh :

Ketua Program Studi Teknik Sipil

  
  
(Ir. Wiryawan Sardjono P., M.T.)

## PENGESAHAN

Tugas Akhir Sarjana Strata Satu


### ANALISIS BALOK LENKUNG PADA PORTAL BIDANG

Oleh :


**SISKA AGUSTINA**  
**NPM : 00 02 09939**

Telah diuji dan disetujui oleh penguji :


Ketua : Dr. Ir. FX Nurwadi W., MSc

  
.....

Anggota : Dr. Ir. AM. Ade Lisantono, MEng

 16/08/2004  
.....

Anggota : Ir. G Adjie Wuryantoro

 16/08/04  
.....



***Persembahan :***

*Untuk Papa dan Mama tercinta*

## INTISARI

**Analisis Balok Lengkung pada Portal Bidang**, Siska Agustina, No. Mhs: 09939, tahun 2004, PPS.Struktur, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Balok pada portal bidang dapat mempunyai bentuk yang bermacam-macam, balok lengkung merupakan salah satu bentuk batang yang saat ini semakin banyak digunakan, karena selain dari segi artistiknya, balok lengkung juga sangat efektif untuk bentang yang besar, karena balok lengkung mempunyai kemampuan mendistribusikan beban yang bekerja menjadi gaya aksial dan gaya geser, sedangkan momen yang timbul relatif kecil.

Masalah analisis balok lengkung adalah menurunkan matriks kekakuan, mencari persamaan tinggi penampang balok lengkung tak prismatis, dan membuat program komputer. Pada tugas akhir ini batasan masalahnya adalah balok lengkung berbentuk busur dari suatu lingkaran, pembebanan struktur berupa beban titik pada titik kumpul, dan pengaruh torsi diabaikan.

Penurunan matriks kekakuan diperoleh dengan menginvers matriks fleksibilitas, sedangkan penurunan persamaan tinggi penampang balok lengkung tak prismatis digunakan pendekatan persamaan polinomial berpangkat dua, dan untuk pembuatan program ditulis dalam bahasa basic dan dikompilasi menggunakan *Microsoft Visual Basic 6.0*.

Tugas akhir ini berhasil membuat suatu program yang dapat digunakan untuk menganalisis balok lengkung pada portal bidang, baik balok lengkung prismatis maupun balok lengkung tak prismatis pada penampang tingginya. Analisis program balok lengkung pada portal bidang ini dibandingkan dengan buku-buku referensi dan program SAP2000 sebagai program pembantu untuk mendekati balok lengkung tersebut dengan segmen-segmen balok lurus. Hasil perhitungan memperlihatkan bahwa untuk balok lengkung prismatis apabila dibandingkan dengan buku referensi terdapat perbedaan maksimal sebesar 3,122 %, sedangkan untuk balok lengkung tak prismatis pada tingginya apabila dibandingkan dengan SAP2000 mempunyai beda sebesar 31,355 %. Pembuatan program komputer untuk analisis balok lengkung tak prismatis pada lebar dan tingginya, balok lengkung yang tidak terbatas bentuk lengkung dan menampilkan hasil program dengan tampilan grafis merupakan topik yang menarik guna melanjutkan studi ini.

**Kata kunci** : portal bidang, metode kekakuan, balok lengkung tak prismatis.

## KATA HANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus karena hanya dengan berkat dan penyertaanNya saja penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulisan tugas akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi syarat yudisium dalam mencapai tingkat kesarjanaan Strata 1 (S1) pada program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis juga menyadari keberhasilan dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis berkeinginan untuk menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak. Dr. Ir. F.X. Nurwadji.,MSc selaku pembimbing I atas waktu yang telah banyak diberikan kepada penulis dan kesabaran dalam membimbing baik secara moral maupun material.
2. Bapak. Ir. Haryanto YW., MT selaku pembimbing II atas bimbingan, waktu dan perhatiannya.
3. Papa dan Mama yang mendukung baik secara moral dan material, juga atas doanya setiap hari.
4. Silvie sebagai kakak atas dukungan dan saran-sarannya.
5. Selvy, Yenny, dan Shanny atas bantuan, dukungan dan doa-doanya.
6. Eko atas perhatian, kesabaran, bantuan dan pengorbanannya.
7. Teman-teman di laboratorium Ilmu Ukur Tanah dan laboratorium Penyelidikan Tanah atas dukungannya.

dan kepada semua teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu atas dorongan dan dukungannya selama ini.

Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat berguna bagi dunia teknik sipil pada khususnya dan dunia luar pada umumnya.

Yogyakarta, 20 Juli 2004

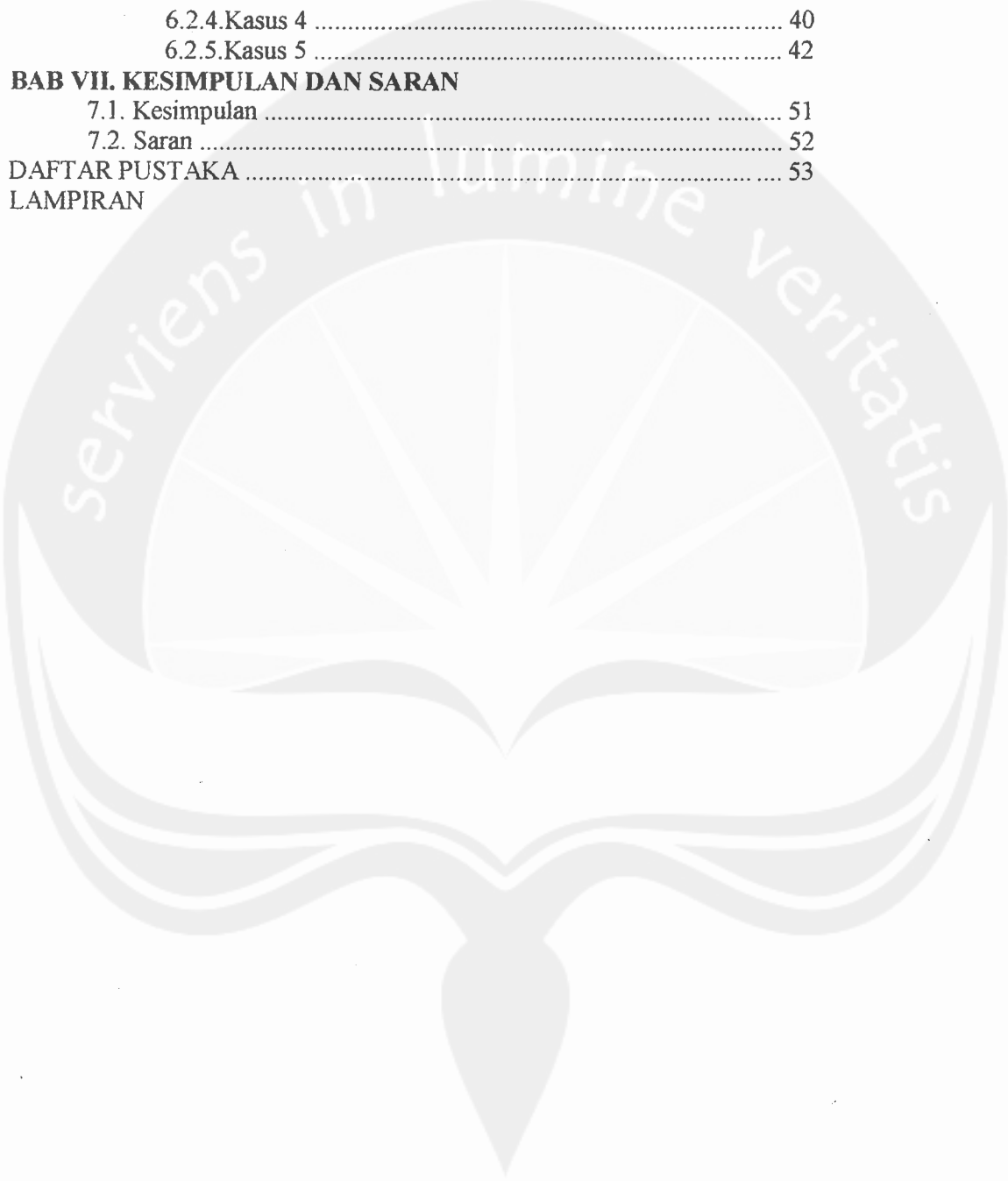




## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
INTISARI .....	v
KATA HANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN .....	xiii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Manfaat Tugas Akhir .....	3
1.5. Tujuan Tugas Akhir .....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Pendahuluan .....	5
2.2. Batang Lengkung.....	5
2.3. Batang Tak Prismatis.....	6
2.4. Struktur Rangka.....	7
<b>BAB III. LANDASAN TEORI</b>	
3.1. Metode Kekakuan untuk Portal Bidang .....	9
3.1.1. Derajat kebebasan .....	9
3.1.2. Matriks fleksibilitas untuk batang lengkung .....	10
3.1.3. Matriks kekakuan dalam sumbu lokal .....	13
3.1.4. Matriks transformasi .....	14
3.1.5. Matriks kekakuan dalam sumbu global .....	15
3.2. Vektor Beban .....	16
3.3. Persamaan Aksi untuk Portal Bidang .....	16
3.4. Gaya Batang dan Reaksi Tumpuan .....	16
<b>BAB IV. MATRIKS KEKAKUAN BATANG LENGKUNG</b>	
4.1. Umum .....	18
4.2. Rumus Umum Tinggi Batang Tak Prismatis .....	18
4.3. Matriks Fleksibilitas Batang Lengkung .....	21
4.4. Matriks Kekakuan Batang .....	25
<b>BAB V. PEMROGRAMAN BALOK LENGKUNG PADA PORTAL     BIDANG</b>	
5.1. Struktur Program .....	27
5.2. Judul Program .....	28
5.3. <i>Input</i> Data .....	29
5.4. <i>Output</i> Data .....	30

<b>BAB VI. APLIKASI PROGRAM NON-PRISMATIC ARC FRAME</b>	
6.1.Pendahuluan.....	31
6.2.Validasi Program.....	31
6.2.1.Kasus 1 .....	31
6.2.2.Kasus 2 .....	36
6.2.3.Kasus 3 .....	39
6.2.4.Kasus 4 .....	40
6.2.5.Kasus 5 .....	42
<b>BAB VII. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
7.1. Kesimpulan .....	51
7.2. Saran .....	52
DAFTAR PUSTAKA .....	53
LAMPIRAN	



## DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 4.1. Nilai bobot (pengali) Gauss dan absis titik Gauss .....	25
Tabel 5.1. Format penulisan <i>/input</i> data melalui <i>notepad</i> .....	30
Tabel 6.1. Perpindahan arah x titik kumpul 2 kasus 1 .....	33
Tabel 6.2. Perpindahan arah y titik kumpul 2 kasus 1 .....	34
Tabel 6.3. Rotasi arah z titik kumpul 2 kasus 1 .....	35
Tabel 6.4. Perpindahan arah y titik kumpul 2 kasus 2 .....	38
Tabel 6.5. Perpindahan titik kumpul 2 kasus 3 .....	40
Tabel 6.6. Reaksi tumpuan titik kumpul 1 kasus 4 .....	42
Tabel 6.7. Reaksi tumpuan titik kumpul 3 kasus 4 .....	42
Tabel 6.8. Perpindahan arah x titik kumpul 2 kasus 5 .....	44
Tabel 6.9. Perpindahan arah y titik kumpul 2 kasus 5 .....	45
Tabel 6.10. Rotasi arah z titik kumpul 2 kasus 5 .....	46
Tabel 6.11. Perpindahan arah x titik kumpul 3 kasus 5 .....	47
Tabel 6.12. Perpindahan arah y titik kumpul 3 kasus 5 .....	48
Tabel 6.13. Rotasi arah z titik kumpul 3 kasus 5 .....	49

## DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 3.1. Derajat kebebasan batang lurus untuk portal bidang .....	9
Gambar 3.2. Derajat kebebasan batang lengkung untuk portal bidang .....	10
Gambar 4.1. Pemodelan tinggi batang lengkung tak prismatis.....	19
Gambar 4.2. Batang lengkung pada portal bidang.....	21
Gambar 5.1. Bagan alir program non-Prismatic Arc Frame.....	28
Gambar 6.1. Kasus 1 Portal bidang dengan batang lengkung .....	33
Gambar 6.2. Grafik hubungan jumlah titik kumpul dan perpindahan arah x kasus 1 .....	34
Gambar 6.3. Grafik hubungan jumlah titik kumpul dan perpindahan arah y kasus 1 .....	35
Gambar 6.4. Grafik hubungan jumlah titik kumpul dan rotasi arah x kasus 1 ....	36
Gambar 6.5. Kasus 2 batang lengkung dengan tumpuan jepit.....	37
Gambar 6.6. Grafik hubungan jumlah titik kumpul dan perpindahan arah y kasus 2 .....	38
Gambar 6.7. Kasus 3 batang lengkung berjajar .....	39
Gambar 6.8. Kasus 4 batang lengkung $\frac{1}{2}$ lingkaran pada portal bidang.....	41
Gambar 6.9. Kasus 5 batang lengkung tak prismatis linier .....	44
Gambar 6.10. Grafik hubungan jumlah titik kumpul dan perpindahan arah x (titik kumpul 2) kasus 5 .....	45
Gambar 6.11. Grafik hubungan jumlah titik kumpul dan perpindahan arah y (titik kumpul 2) kasus 5 .....	46
Gambar 6.12. Grafik hubungan jumlah titik kumpul dan rotasi arah z (titik kumpul 2) kasus 5 .....	47
Gambar 6.13. Grafik hubungan jumlah titik kumpul dan perpindahan arah x (titik kumpul 3) kasus 5 .....	48
Gambar 6.14. Grafik hubungan jumlah titik kumpul dan perpindahan arah y (titik kumpul 3) kasus 5 .....	49
Gambar 6.15. Grafik hubungan jumlah titik kumpul dan rotasi arah x (titik kumpul 3) kasus 5 .....	50

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. <i>Input dan output</i> program kasus 1 .....	54
Lampiran B. <i>Output</i> SAP2000 kasus 1 .....	64
Lampiran C. <i>Input dan output</i> program kasus 2 .....	74
Lampiran D. <i>Output</i> SAP2000 kasus 2.....	81
Lampiran E. <i>Input dan output</i> program kasus 3 .....	85
Lampiran F. <i>Output</i> SAP2000 kasus 3.....	86
Lampiran G. <i>Input dan output</i> program kasus 4 .....	89
Lampiran H. <i>Input dan output</i> program kasus 5 .....	90
Lampiran I. <i>Output</i> SAP2000 kasus 5 .....	91
Lampiran J. <i>Listing</i> Program non-Prismatic Arc Frame .....	97

## ARTI DAN LAMBANG

$\delta W_E$	kerja virtuil eksternal
$\delta W_I$	kerja virtuil internal
$Q$	gaya riil
$\delta D$	lendutan virtuil
$D$	lendutan riil
$\delta Q$	gaya virtuil
$n_x$	gaya normal yang timbul dinyatakan sebagai fungsi $x$ sebagai akibat dikerjakannya gaya virtuil $\delta Q$
$N_x$	gaya normal yang timbul dinyatakan sebagai fungsi $x$ sebagai akibat dikerjakannya gaya kuar $Q$
$v_x$	gaya geser virtuil
$V_x$	gaya geser akibat gaya luar
$m_x$	momen lentur virtuil
$M_x$	momen lentur akibat gaya luar
$t_x$	momen torsi virtuil
$T_x$	momen torsi akibat gaya luar
$L$	panjang elemen
$A$	luas penampang elemen
$A_v$	luas efektif terhadap geser
$I$	momen inersia sumbu dari penampang
$J$	momen inersia polar dari penampang
$E$	modulus elastisitas dari bahan
$G$	modulus geser dari bahan
$[k]$	matriks kekakuan batang dalam sumbu lokal
$[k_{ii}^j]$	submatriks $ii$ pada matriks kekakuan batang dalam sumbu lokal
$[k_{ij}]$	submatriks $ij$ pada matriks kekakuan batang dalam sumbu lokal
$[k_{ji}]$	submatriks $ji$ pada matriks kekakuan batang dalam sumbu lokal
$[k_{jj}^i]$	submatriks $jj$ pada matriks kekakuan batang dalam sumbu lokal
$[d_{ii}^j]$	matriks fleksibilitas batang di ujung batang $i$
$[R_{ij}]$	matriks transformasi batang
$[K]$	matriks kekakuan struktur
$\{P\}$	vektor gaya yang bekerja pada titik-titik struktur
$\{r\}$	beban yang dikerjakan batang oleh titik kumpulnya
$\{R\}$	vektor aksi gabungan
$\{D\}$	vektor perpindahan
$\{D_f\}$	vektor perpindahan titik kumpul bebas
$\{A_R\}$	reaksi tumpuan
$\{A_{RC}\}$	beban titik kumpul yang selaras dengan perpindahan titik kumpul yang dikekang
$\{A_M\}$	gaya batang

$\{A_{Mi}\}$	gaya ujung batang akibat beban pada batang
$h_1$	tinggi penampang batang ujung $i$
$h_2$	tinggi penampang batang ujung $j$
$h_3$	tinggi penampang tengah bentang
$S$	panjang lengkung batang
Sudut $\phi$	sudut yang dibentuk dari busur $s$
Sudut $\alpha$	sudut yang dibentuk dari busur $S$
NJ	jumlah titik kumpul
NR	jumlah kekangan
NRJ	jumlah titik kumpul yang terkekang
M	jumlah batang total
MAR	jumlah batang lengkung
E	modulus elastisitas batang
NLJ	jumlah titik kumpul yang terbebani
$x,y$	koordinat titik kumpul
B	lebar penampang batang lurus
H	tinggi penampang batang lurus
BR	lebar penampang batang lengkung
HR1	tinggi penampang ujung awal batang lengkung
HR2	tinggi penampang ujung akhir batang lengkung
HR3	tinggi penampang tengah bentang batang lengkung
R	jari-jari lengkung batang lengkung
$X_0, Y_0$	koordinat titik pusat batang lengkung
$rd_x$	nilai kekangan arah horisontal
$rd_y$	nilai kekangan arah vertikal
$rd_z$	nilai kekangan rotasi
$P_x$	beban titik berupa gaya horisontal
$P_y$	beban titik berupa gaya vertikal
$P_z$	beban titik berupa momen