

KOMPUTERISASI ANALISIS STRUKTUR RANGKA 3D DENGAN METODE KEKAKUAN LANGSUNG ALGORITMA HOLZER

Yohanes I P

NRP : 0021006

**Pembimbing : Ir. Daud R. Wiyono, M.sc.
Pembimbing Pendamping : Anang Kristianto, ST., MT.**

**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA
BANDUNG**

ABSTRAK

Analisis struktur merupakan pekerjaan yang selalu dilakukan untuk melakukan desain terhadap berbagai macam bangunan sipil. Analisis struktur dilakukan sebagai tahap awal perencanaan untuk mendapatkan gaya-gaya dalam, reaksi perletakan, serta peralihan dari struktur tersebut. Atas dasar analisis inilah maka akan dilakukan suatu desain dimensi dari elemen struktur untuk menahan gaya-gaya dalam yang bekerja pada elemen tersebut.

Pada tugas akhir ini, akan dilakukan suatu implementasi analisis struktur rangka 3D. implementasi yang dilakukan adalah berupa algoritma yang dituangkan kedalam suatu program komputer yang dapat menganalisis suatu struktur rangka 3D maupun 2D.

Program komputer disusun dengan bahasa pemograman Borland C++ Builder Versi 4.0 Professional Ed. Program ini diberi nama program ASR (Analisa Struktur Ruang). Program dapat menganalisis struktur rangka 3D sederhana dengan kondisi beban yang statis.

Hasil *output* dari program ini adalah gaya-gaya dalam yang bekerja pada elemen struktur dalam arah lokal, reaksi perletakan struktur dalam arah global, peralihan dari struktur dalam arah global, serta gambar gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur.

Hasil analisis dari program ASR dibuat sesederhana mungkin untuk dapat dengan jelas memperlihatkan implementasi algoritma Holzer dalam menganalisis suatu struktur ruang. untuk melihat kebenaran dari hasil analisis program ASR dilakukan verifikasi dengan menggunakan dua contoh kasus, yaitu kasus ke-1 dilakukan penggambaran model yang sama pada SAP 2000 dan ASR, kemudian akan dianalisis oleh program ASR serta SAP 2000, kemudian kasus ke-2 berupa kasus yang diambil dari buku referensi, kemudian dianalisis dengan menggunakan program ASR.

DAFTAR ISI

SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR	i
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
 BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang permasalahan	1
1.2 Tujuan penulisan	2
1.3 Pembatasan masalah	3
1.4 Sistematika pembahasan	
5	
 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sistem Persamaan Linear	6
2.1.1 Pendahuluan	6

2.1.2	Eliminasi Gauss-Jordan	7
2.2	Metode kekakuan langsung	10
2.2.1	Klasifikasi struktur	10
2.2.2	Sistem sumbu pada struktur	11
2.2.3	Derajat kebebasan struktur	13
2.2.4	Pembentukan Kekakuan Titik	16
2.2.5	Pembentukan vektor beban	22
2.2.6	Flowchart analisis struktur	27
2.2.7	Pembentukan kekakuan struktur	28
2.2.8	Perhitungan <i>Free Body</i> dari tiap elemen	28
2.2.9	Perhitungan reaksi perletakan dan gaya-gaya dalam	29
BAB 3	PROGRAM KOMPUTER	
3.1	Program <i>ASR-Analysator Struktur Ruang</i>	31
3.1.1	Pengenalan Program	31
3.1.2	Pembuatan Program	32
3.2	Organisasi program	36
3.2.1	Format file	36
3.2.2	Organisasi data struktur	38

3.3	Pemasukan data	42
3.3.1	Pemasukan data material	42
3.3.2	Pemasukan data penampang	44
3.3.3	Pemasukan data gambar	45
3.3.4	Pemasukan data beban	47
3.3.5	Pemasukan data jenis struktur	48
3.4	Analisis data	49
3.4.1	Intrepretasi data struktur	49
3.4.2	Intrepretasi beban pada struktur	50
3.4.3	Analisis struktur	50
BAB 4	STUDI KASUS	
4.1	Contoh kasus	52
4.2	Penyelesaian kasus dengan program <i>ASR</i>	59
4.2.1	Langkah pengerjaan	54
4.2.2	Intrepretasi hasil program <i>ASR</i>	59

4.3	Perbandingan hasil <i>output</i> program <i>ASR</i> dengan program <i>SAP 2000</i>	63
4.4	Verifikasi Dengan Buku Referensi	71
4.4.1	Perbandingan Hasil <i>output</i>	74
4.4.2	Kesimpulan Hasil Verifikasi	76

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

.....

.....

.....

.....

.....

.....

82

5.2 Saran

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

83

DAFTAR PUSTAKA.....

.....

..... 85

LAMPIRAN.....

.....

.....

86

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

λ	:	Matriks Transformasi
A	:	Luas Penampang
DOF	:	<i>Degree Of Freedom</i> , merupakan kemampuan titik untuk bergerak tanpa kekangan
E	:	Modulus Elastisitas
F _x	:	gaya bekerja searah sumbu 1
F _y	:	Gaya bekerja searah sumbu 2
F _z	:	Gaya bekerja searah sumbu 3
G	:	Modulus Geser
GUI	:	<i>Graphical User Interface</i> , program yang bekerja tidak berdasarkan teks melainkan sudah berdasarkan grafis
J	:	Angka kelembaman polar
[k]	:	Kekakuan elemen
[K]	:	Kekakuan struktur
L	:	Panjang Elemen
[M]	:	Matriks MCode
M ₂₂	:	Momen terhadap sumbu 2
M ₃₃	:	Momen terhadap sumbu 3
N	:	Gaya Aksial

$\{q\}$	:	Peralihan struktur
$\{Q\}$	:	Beban yang bekerja pada struktur
$\underline{\{Q\}}^{\wedge}$	:	Matriks beban yang bekerja pada elemen
$\{Q\}$	:	Beban yang bekerja pada titik hubung struktur
T	:	Gaya Torsi
u	:	Peralihan pada elemen
V	:	Gaya Geser
x	:	Matriks pada arah Lokal
X	:	Matriks pada arah sumbu Global

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sumbu Global dan Lokal pada Elemen.....	11
Gambar 2.2 DOF pada Elemen.....	13
Gambar 2.2a.....	
Contoh Struktur Rangka Kaku 2D.....	14
Gambar 2.3 Elemen Mengalami Deformasi Aksial.....	16
Gambar 2.4 Model Deformasi Lentur dan transversal.....	18
Gambar 2.4a.....	
Contoh Struktur Rangka Kaku 2D.....	21
Gambar 2.4b.....	
Elemen sebagai <i>freebody</i>	23
Gambar 2.5 <i>Flowchart</i> Analisis Struktur	
Metode Kekakuan Langsung.....	25
Gambar 2.6 Elemen dengan beban luar dan gaya-gaya free body.....	27
Gambar 3.1 Arah Peralihan dari Elemen.....	30
Gambar 3.2 Tampilan Umum Program ASR.....	38
Gambar 3.3	
Material Form.....	39
Gambar 3.4 Section Form.....	40

Gambar 3.5 Section Properties.....	40
Gambar 3.6 Grid Editor.....	41
Gambar 3.7 Tombol-Tombol pada program ASR.....	42
Gambar 3.8 Member Load Form.....	43
Gambar 3.9 Dofs Option.....	44
Gambar 3.10.....	
Jendela Status.....	45
Gambar 3.11.....	
Contoh Hasil Analisis Gaya Dalam dari Elemen yang dipilih.....	46
Gambar 4.1 Contoh Kasus Ke-1 yang akan dianalisis.....	48
Gambar 4.2 Contoh Kasus Ke-2 yang akan dianalisis.....	49
Gambar 4.3 Model yang akan dianalisis oleh <i>SAP 2000</i> tampak 3D.....	49
Gambar 4.4 Penomoran Elemen pada $Z=1$, pada program <i>SAP 2000</i>	50
Gambar 4.5 Penomoran Elemen pada $Y=-1$, pada program <i>SAP 2000</i>	50
Gambar 4.6 Penomoran Elemen pada $Y=0$, pada program <i>SAP 2000</i>	51
Gambar 4.7 Penomoran Elemen pada $Y=1$, pada program <i>SAP 2000</i>	51
Gambar 4.8 Ukuran Penampang, pada program <i>SAP 2000</i>	52
Gambar 4.9 Data Material, pada program <i>SAP 2000</i>	52
Gambar 4.10.....	
Beban JOINT, pada program <i>SAP 2000</i>	53

Gambar 4.11.....	
Beban Elemen, pada program <i>SAP 2000</i>	53
Gambar 4.12.....	
Pengaturan Material pada program ASR.....	54
Gambar 4.13.....	
Pengaturan data penampang pada program ASR.....	54
Gambar 4.14.....	
Pengaturan grid untuk membantu menggambar	
Pada program ASR.....	55
Gambar 4.15.....	
Hasil penggambaran struktur yang akan dianalisis	
Pada program ASR.....	55
Gambar 4.16.....	
Pemberian beban JOINT pada program ASR.....	56
Gambar 4.17.....	
Pemberian beban Elemen pada program ASR.....	56
Gambar 4.18.....	
Hasil Akhir input pada program ASR.....	57
Gambar 4.19.....	
Gaya dalam untuk elemen 3 pada program ASR.....	63
Gambar 4.20.....	
Gaya aksial untuk elemen ID 4 pada <i>SAP 2000</i>	64

Gambar 4.21.....	
Gaya geser arah 2 elemen 4 pada <i>SAP 2000</i>	64
Gambar 4.22.....	
Gaya geser arah 3 elemen 4 pada <i>SAP 2000</i>	64
Gambar 4.23.....	
Gaya torsi elemen 4 pada <i>SAP 2000</i>	65
Gambar 4.24.....	
Gaya momen elemen 4 terhadap sb-2 pada <i>SAP 2000</i>	65
Gambar 4.25.....	
Gaya momen elemen 4 terhadap sb-3 pada <i>SAP 2000</i>	65
Gambar 4.26.....	
Gaya dalam elemen 6 pada ASR.....	66
Gambar 4.27.....	
Gaya aksial elemen 7 pada <i>SAP 2000</i>	66
Gambar 4.28.....	
Gaya momen terhadap sb-3 pada <i>SAP 2000</i>	66
Gambar 4.29.....	
Gaya dalam elemen 9, program ASR.....	67
Gambar 4.30.....	
Gaya aksial elemen 10, program <i>SAP 2000</i>	67

Gambar 4.31.....	
Gaya momen terhadap sb-3 pada <i>SAP 2000</i>	67
Gambar 4.32.....	
Gaya dalam elemen 13, program ASR.....	68
Gambar 4.33.....	
Gaya aksial elemen 14, program <i>SAP 2000</i>	68
Gambar 4.34.....	
Gaya momen terhadap sb-3 elemen 14 pada <i>SAP 2000</i>	68
Gambar 4.35.....	
Menentukan penampang pada program ASR.....	71
Gambar 4.36.....	
Menentukan grid pembantu pada program ASR.....	72
Gambar 4.37.....	
menggambar struktur pada program ASR.....	72
Gambar 4.38.....	
melakukan offset pada JOINT ID 1 pada program ASR.....	73
Gambar 4.39.....	
Gambar Akhir contoh kasus ke-2 pada program ASR.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Perbandingan hasil analisis ASR dan SAP 2000.....	70
Tabel 4.2	Hasil analisis yang diharapkan.....	71
Tabel 4.3	Hasil Program ASR.....	76

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A

Daftar Flowchart Program Analisator Struktur Ruang.....	82
Solver Routine.....	83
Rotation Matrik Routine.....	84
Member Load Routine.....	85
Local Stiffness Matriks Routine.....	86
Internal Force Routine.....	87
Analysis Routine.....	89

LAMPIRAN B

B.1 Matriks-Matriks Kekakuan Sesuai DOF.....	94
B.2 Matriks Transformasi.....	95