

BAB IV

PENERAPAN TEORI PADA PROGRAM

4.1 Teknik dan Bahasa Pemrograman

Perkembangan bahasa komputer semakin maju dan saat ini telah sampai pada generasi kelima, yaitu generasi *Object Oriented Programming* (OOP) yang memudahkan penulisan program dalam lingkungan sistem operasi berbasis grafis seperti Windows, OS/2 Warp, Unix, Xenix, Sun Solaris dan lain-lain. Bahasa pemrograman ini terus berkembang ditandai dengan semakin banyak bahasa pemrograman yang berorientasi *object*, seperti MS Visual Basic, MS Visual C++, Borland Delphi, Sun Java dan lain-lain.

Beberapa keunggulan yang ditawarkan dalam bahasa jenis ini adalah:

1. Penulisan kode program lebih singkat jika dibandingkan dengan bahasa pemrograman non OOP untuk program yang sama pada lingkungan operasi berbasis grafis, hal ini dapat terjadi mengingat bahasa ini telah menyimpan sekumpulan kode untuk manipulasi *object* pada sistem operasi,
2. pengaturan *property* dari *object* tertentu menjadi lebih mudah,
3. pemrogram dapat lebih berkonsentrasi pada prosedur perangkat lunak yang dibuat.

Dalam Tugas Akhir ini, digunakan bahasa MS Visual Basic Version 3.0 mengingat bahasa ini adalah bahasa pemrograman yang didukung penuh oleh Microsoft dan *vendor* pihak ketiga, terbukti dari terpasangnya bahasa ini dalam produk Microsoft seperti MS Word, MS Excel, MS Access, MS Powerpoint dan dikenal dengan nama Visual Basic for Application (VBA).

4.2 Pembacaan Data Struktur

Perhitungan persoalan struktur di lapangan perlu disesuaikan dengan kemampuan perangkat lunak yang disediakan untuk struktur tersebut. Berdasarkan batasan yang diberikan pada Bab I, perangkat lunak untuk Tugas Akhir ini dibuat berdasarkan teori pada Bab III yaitu diperuntukkan bagi struktur rangka ruang dengan beban beragam, baik statis, dinamis maupun gabungan keduanya. Berikut ini adalah format penulisan data masukan yang harus dipenuhi untuk memberikan informasi tentang struktur ke perangkat lunak.

Tabel 4.1 Data struktur untuk rangka ruang.

Tipe data	Jumlah baris	Variabel pada baris data
Identifikasi permasalahan	1	Judul permasalahan
Parameter struktur	1	NN, NE, NRN, E, RHO
Data rangka ruang		
(a) Koordinat titik buhul	NN	J, X(J), Y(J), Z(J)
(b) Informasi batang	NE	J, JN(J), KN(J), AX(J), IP
Koordinat ^a titik P	1	XP, YP, ZP
(c) Kekangan titik buhul	NRN	J, NRL(3J-2), NRL(3J-1), NRL(3J)

Keterangan: ^aPerlu jika IP = 1.

Tabel 4.1 memperlihatkan beberapa parameter yang digunakan untuk informasi struktur. Identifikasi permasalahan sebagai keterangan tentang nama permasalahan struktur dapat menampung jumlah karakter maksimum sebanyak 256 byte. Parameter struktur terdiri dari jumlah titik buhul (NN), jumlah batang (NE), jumlah titik buhul terkekang (NRN), modulus elastisitas (E), dan kerapatan massa batang (RHO). Data rangka ruang terdiri dari kordinat titik buhul (J , $X(J)$, $Y(J)$, $Z(J)$), dengan jumlah baris masukan sebanyak jumlah titik buhul (NN), informasi batang dengan jumlah baris masukan sebanyak jumlah batang (NE) mengandung informasi nomor batang (J), titik buhul awal ($JN(J)$), titik buhul akhir ($KN(J)$), luas penampang ($AX(J)$), dan IP yang menunjukkan perlu tidaknya titik buhul P untuk penentuan bidang lentur dalam memperoleh cosinus sudut batang. Jika titik P diperlukan, maka koordinat titik P diberikan dalam baris selanjutnya (XP , YP , ZP). Kekangan titik buhul sebanyak NRN baris terdiri dari titik buhul (J), kekangan arah X (NRL(3J-2)), kekangan arah Y (NRL(3J-1)), kekangan arah Z (NRL(3J)).

Tabel 4.2 Data beban dinamis untuk rangka ruang.

Tipe data	Jumlah baris	Variabel pada baris data
Parameter dinamis	1	NTS, DT, DampingRatio
Kondisi awal		
(a) Parameter kondisi	1	NNID, NNIV
(b) Anjakan	NNID	J, D0(3J-2), D0(3J-1), D0(3J)
(c) Kecepatan	NNIV	J, V0(3J-2), V0(3J-1), V0(3J)
Gaya terapan		
(a) Parameter beban	1	NLN, NEL
(b) Beban titik buhul	NLN	J, ASS(3J-2), ASS(3J-1), ASS(3J)
(c) Beban garis	NEL	J, BL(1, J), BL(2, J), BL(3, J), BL(4, J), BL(5, J), BL(6, J)
Percepatan tanah		
(a) Parameter percepatan	1	IGA
(b) Faktor percepatan ^b	1	GAX, GAY, GAZ
Fungsi gaya		
(a) Parameter fungsi	1	NFO
(b) Ordinat fungsi	NFO	K, T(K), FO(K)
Pilihan keluaran		
(a) Jumlah titik buhul untuk keluaran	NNO	JNO(J)
(b) Jumlah elemen untuk keluaran	NEO	IEO(J)

Keterangan: ^bPerlu jika IGA = 1.

Pada Tabel 4.2 terlihat urutan data beban dinamis diawali dengan satu baris data mengenai jumlah tenggang waktu (NTS), tenggang waktu (DT), dan nilai rasio redaman (DampingRatio). Kondisi awal terdiri dari parameter kondisi menunjukkan jumlah titik buhul dengan anjakan awal (NNID), jumlah titik buhul dengan kecepatan awal (NNIV), anjakan awal pada titik buhul J, D0(3J-2), D0(3J-1), D0(3J) sebanyak jumlah titik buhul dengan anjakan awal (NNID), kecepatan awal pada titik buhul J, V0(3J-2), V0(3J-1), V0(3J) sebanyak jumlah titik buhul

sejumlah satu baris yang terdiri dari jumlah titik buhul terbebani (NLN) dan jumlah batang terbebani (NEL), beban titik buhul pada titik buhul J, ASS(3J-2), ASS(3J-1), ASS(3J) sebanyak jumlah titik buhul terbebani (NLN), beban garis pada titik buhul J, BL(1, J), BL(2, J), BL(3, J), BL(4, J), BL(5, J), BL(6, J) sebanyak jumlah batang terbebani (NEL). Percepatan tanah terdiri dari parameter percepatan yang diwakili oleh variabel IGA menunjukkan ada tidaknya percepatan tanah ditandai dengan angka 1 untuk ada dan angka 0 untuk tidak ada. Jika pada struktur terdapat percepatan tanah, maka pada baris berikutnya berisi data tentang percepatan dalam arah sumbu utama, yaitu $X \Rightarrow GAX$, $Y \Rightarrow GAY$, $Z \Rightarrow GAZ$. Baris terakhir dalam data beban dinamis adalah fungsi gaya mewakili penggambaran perubahan gaya yang bekerja pada struktur dengan parameter fungsi sebanyak satu baris berisi jumlah ordinat fungsi (NFO), dan ordinat fungsi yang terdiri dari waktu ke- n (K), waktu dalam analisis T(K), dan ordinat FO(K).

Prosedur pembacaan data struktur dan data beban dinamis dilakukan dalam dua sub program yaitu:

1. (1) STRUCTURAL_DATA_ST

Pembacaan data struktur.

Parameter: AX(), COSN(), E, EL(), ID(), Filenumber, JN(), KN(), NDoF, NE, NN, NND, NNR, NRL(), NRN, RHO, RNO(), X(), Y(), Z().

2. (7) DYNAMIC_LOAD_ST

Pembacaan data beban dinamis struktur.

Parameter: ASS(), BL(), CMS(), D0(), DampingRatio, DT, EL(), Filenumber, FO(), GAC(), ID(), IGA, JN(), KN(), LNO(), NDoF, NEL, NELO(), NFO, NIDO(), NIVO(), NLN, NN, NND, NNID, NNIV, NTS, Ramp(), Stepp(), T(), V0().

4.3 Prosedur Analisis Struktur

Penerapan teori dalam kode komputer harus dituangkan secara efisien dan efektif. Setelah pembacaan data struktur dan data beban dinamis untuk rangka ruang terlewati, prosedur analisis struktur dapat dilakukan. Secara garis besar prosedur analisis struktur dibagi menjadi analisis getaran dan integrasi persamaan gerakan struktur.

4.3.1 Analisis Getaran

Prosedur analisis getaran dilakukan dalam empat sub program yaitu:

1. (2) STIFFNESS_AND_CONSISTENT_MASS_MATRIX_ST
Perhitungan matriks kekakuan dan matriks massa konsisten struktur.
Parameter: AX(), CMS(), COSN(), E, EL(), ID(), JN(), KN(), NDoF, NE, SS(), RHO.
2. (3) STANDARD_SYMMETRIC
Perubahan masalah nilai eigen ke bentuk standard simetris.
Parameter: CMU(), CMS(), Decomposed, NDoF, SS(), U().
3. (4) FIND_EIGENPAIRS
Mendapatkan nilai eigen dari frekuensi alami dan vektor eigen.
Parameter: CMU(), NDoF, CV(), PHI().
4. (5) TRANSFORM_EIGENVECTORS
Pentransformasian vektor eigen ke koordinat asli.
Parameter: CV(), Decomposed, NDoF, PHI(), U().

4.3.2 Integrasi Persamaan Gerakan Struktur

Prosedur integrasi persamaan gerakan struktur dilakukan dalam satu sub program yaitu:

(8) DIRECT_NUMERICAL_INTEGRATION

Parameter: ASS(), Alpha, Beta, CMS(), CV(), D0(), DampingRatio, DF(), DT, Filenumber, Gamma, NDoF, NTS, Stepp(), PHI(), Ramp(), Singular, SS(), V0().

4.4 Penulisan Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan dari proses terdahulu ditulis dalam bentuk data keluaran yang dapat dibaca untuk tahap perhitungan selanjutnya. Penulisan dapat dilakukan secara langsung ke printer atau ditulis dahulu ke dalam bentuk file. File keluaran diberi nama sesuai dengan nama file masukan dengan *extension* yang berbeda. File keluaran ditulis dalam format text dengan *extension* .TXT agar mudah dibuka dan dibaca oleh perangkat lunak pengolah dokumen teks, seperti MS-Windows Notepad, MS-Edit, Word Star, SideKick, dan lain-lain. Untuk pencetakan ke printer dapat dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas yang tersedia dalam perangkat lunak tersebut. Dengan prinsip yang sama dengan penulisan data masukan, penulisan hasil perhitungan mengikuti format sesuai dengan tabel sebagai berikut.

Tabel 4.3 Data hasil perhitungan untuk rangka ruang.

Tipe data	Jumlah baris	Variabel pada baris data
Identifikasi permasalahan	1	Judul permasalahan
Parameter struktur	1	NN, NE, NRN, RHO
Data rangka ruang		
(a) Koordinat titik buhul	NN	J, X(J), Y(J), Z(J)
(b) Informasi batang	NE	J, JN(J), KN(J), AX(J), EL(J)
(c) Kekangan titik buhul	NRN	J, NRL(3J-2), NRL(3J-1), NRL(3J)
Jumlah derajat kebebasan	1	NDoF
Jumlah titik buhul terkekang	1	NRN
Hasil analisis getaran		
(a) Mode getaran	NDoF	J
(b) Frekuensi sudut	NDoF	
(c) Vektor eigen	NDoF	J, EE(3J-2), EE(3J-1), EE(3J)
Parameter dinamis	1	NTS, DT, DampingRatio
Kondisi awal		
(a) Parameter kondisi	1	NNID, NNIV
(b) Anjakan	NNID	J, D0(3J-2), D0(3J-1), D0(3J)
(c) Kecepatan	NNIV	J, V0(3J-2), V0(3J-1), V0(3J)
Gaya terapan		
(a) Parameter beban	1	NLN, NEL
(b) Beban titik buhul	NLN	J, ASS(3J-2), ASS(3J-1), ASS(3J)
(c) Beban garis	NEL	J, BL(1, J), BL(2, J), BL(3, J), BL(4, J), BL(5, J), BL(6, J)
Percepatan tanah		
(a) Parameter percepatan	1	IGA
(b) Faktor percepatan ^b	1	GAX, GAY, GAZ
Fungsi gaya		
(a) Parameter fungsi	1	NFO
(b) Ordinat fungsi	NFO	K, T(K), FO(K)
Pilihan keluaran		
(a) Jumlah titik buhul dan elemen untuk keluaran	1	NNO, NEO
(b) Titik buhul untuk keluaran	NNO	JNO()
(c) Elemen untuk keluaran	NEO	IEO()

Respons riwayat waktu		
(a) Anjakan titik buhul	NNO	DS0()
Anjakan maksimum	1	AMDMax
Waktu terjadi anjakan maksimum	1	TMax
Anjakan minimum	1	AMDMin
Waktu terjadi anjakan minimum	1	TMin
(b) Gaya aksial elemen	NEO	AMD
Gaya maksimum	1	AMDMax
Waktu terjadi gaya maksimum	1	TMax
Gaya minimum	1	AMDMin
Waktu terjadi gaya minimum	1	TMin

Keterangan: ^bAbaikan jika IGA = 0.

Penulisan hasil perhitungan dilakukan dalam tiga sub program yaitu:

1. (6) RESULT1_ST

Penulisan hasil analisis getaran ke file.

Parameter: AX(), CMS(), CV(), Decomposed, E, EL(), Filenumber, ID(), JN(), KN(), NDoF, NE, NN, NND, NNR, NRL(), NRN, PHI(), RHO, RNO(), Title, X(), Y(), Z().

2. (7) DYNAMIC_LOAD_ST

Penulisan data dinamis ke file.

Parameter: ASS(), BL(), CMS(), D0(), DampingRatic, DT, EL(), Filenumber, FO(), GAC(), ID(), IGA, JN(), KN(), LNO(), NDoF, NEL, NELO(), NFO, NIDO(), NIVO(), NLN, NN, NND, NNID, NNIV, NTS, Ramp(), Stepp(), T(), V0().

3. (9) RESULT2_ST

Penulisan hasil analisis dinamis ke file.

Parameter: AX(), COSN(), D0(), DF(), DT, E, EL(), Filenumber, ID(), IEO(), JN(), JNO(), KN(), NDoF, NEO, NND, NNO, NRL(), NTS.

Penjelasan tentang variabel dalam sub program yang diberikan pada sub bab 4.1, 4.2, dan 4.3 dapat dilihat pada sub bab 4.6.

4.5 Diagram Alir Program

Untuk memudahkan pembacaan, berikut ini diberikan arti dari diagram menurut standard yang digunakan dalam perangkat lunak ABC FlowCharter 3.0. Arti diagram ini digunakan pada seluruh diagram alir yang terdapat dalam Tugas Akhir ini.

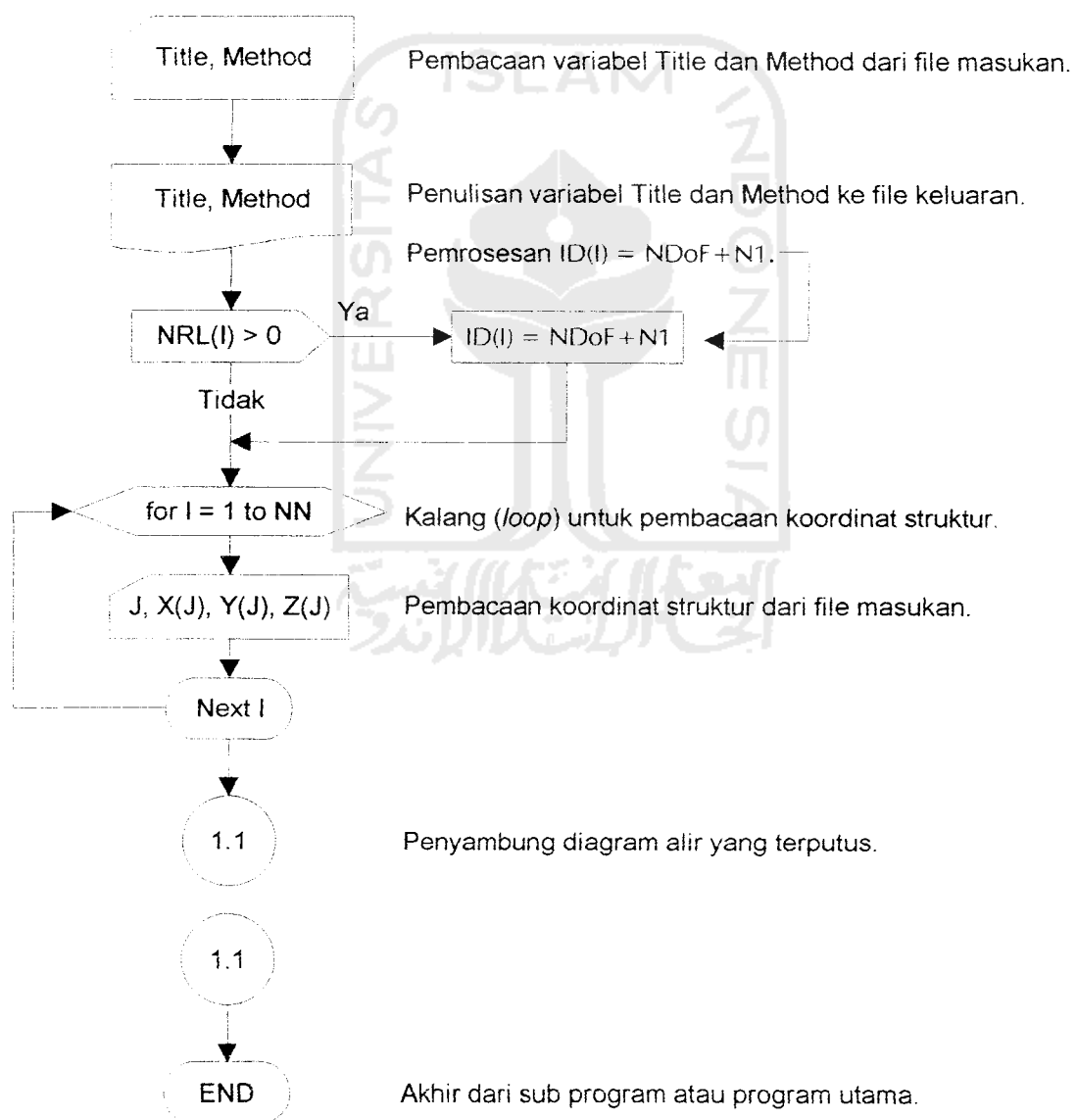
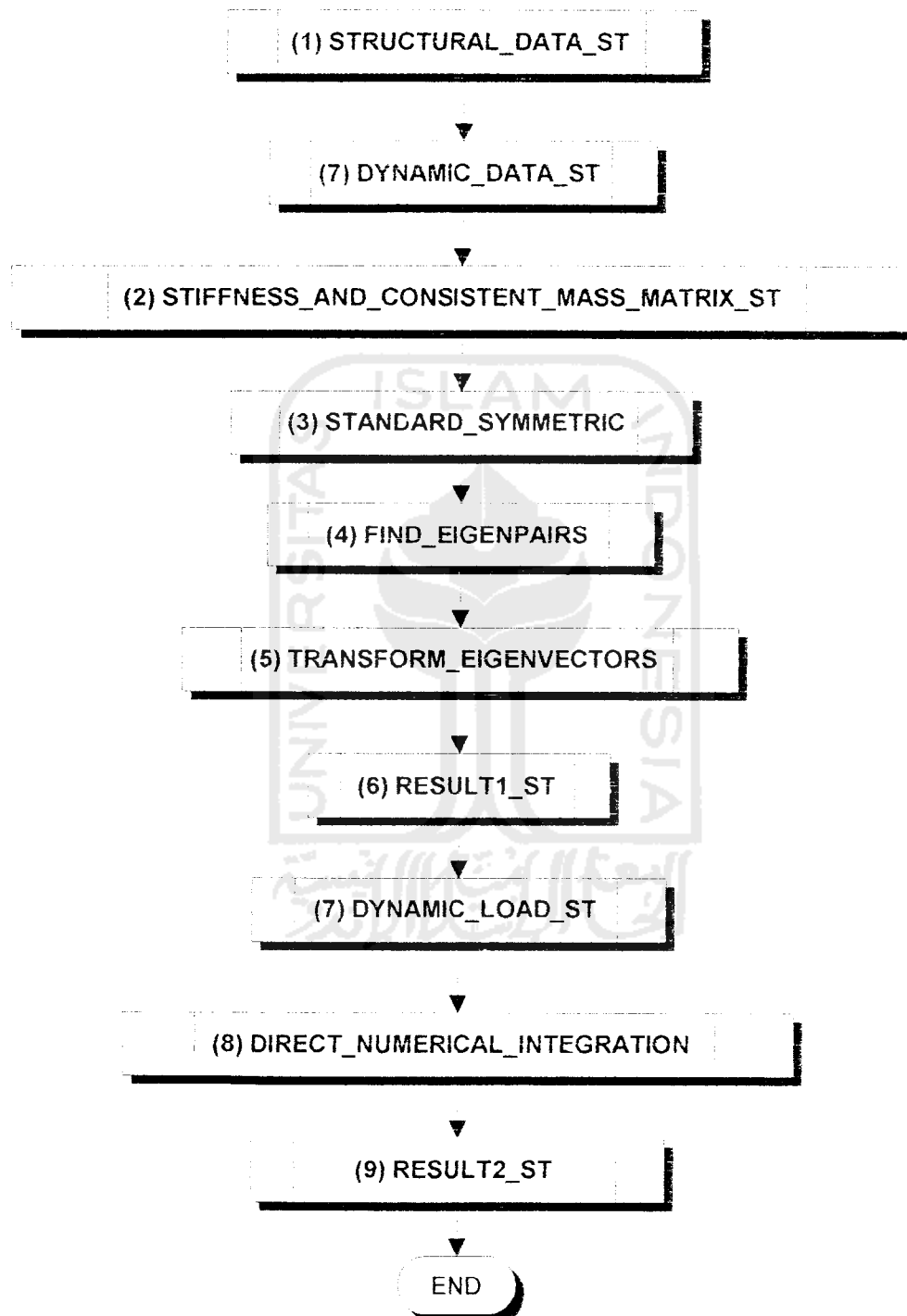


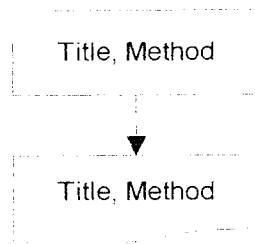
Diagram alir program utama secara garis besar adalah:



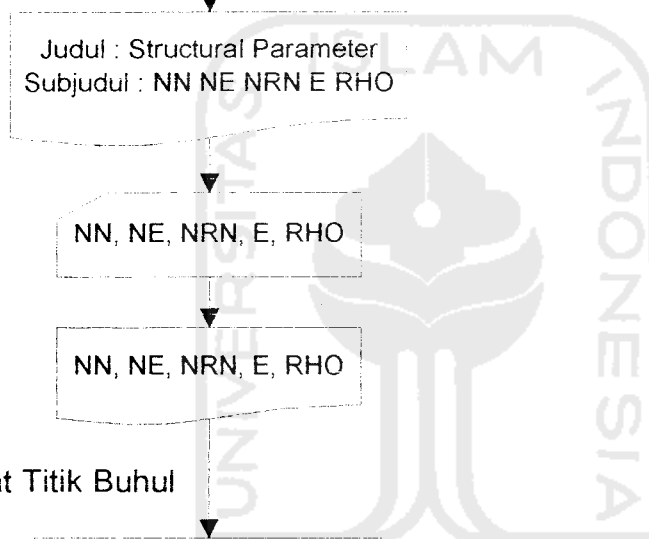
Secara lebih terinci, diagram alir untuk masing-masing sub program adalah:

(1) STRUCTURAL_DATA_ST

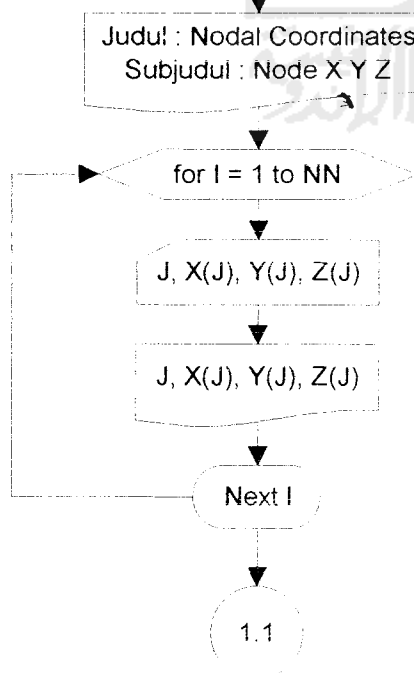
1. Judul Problem



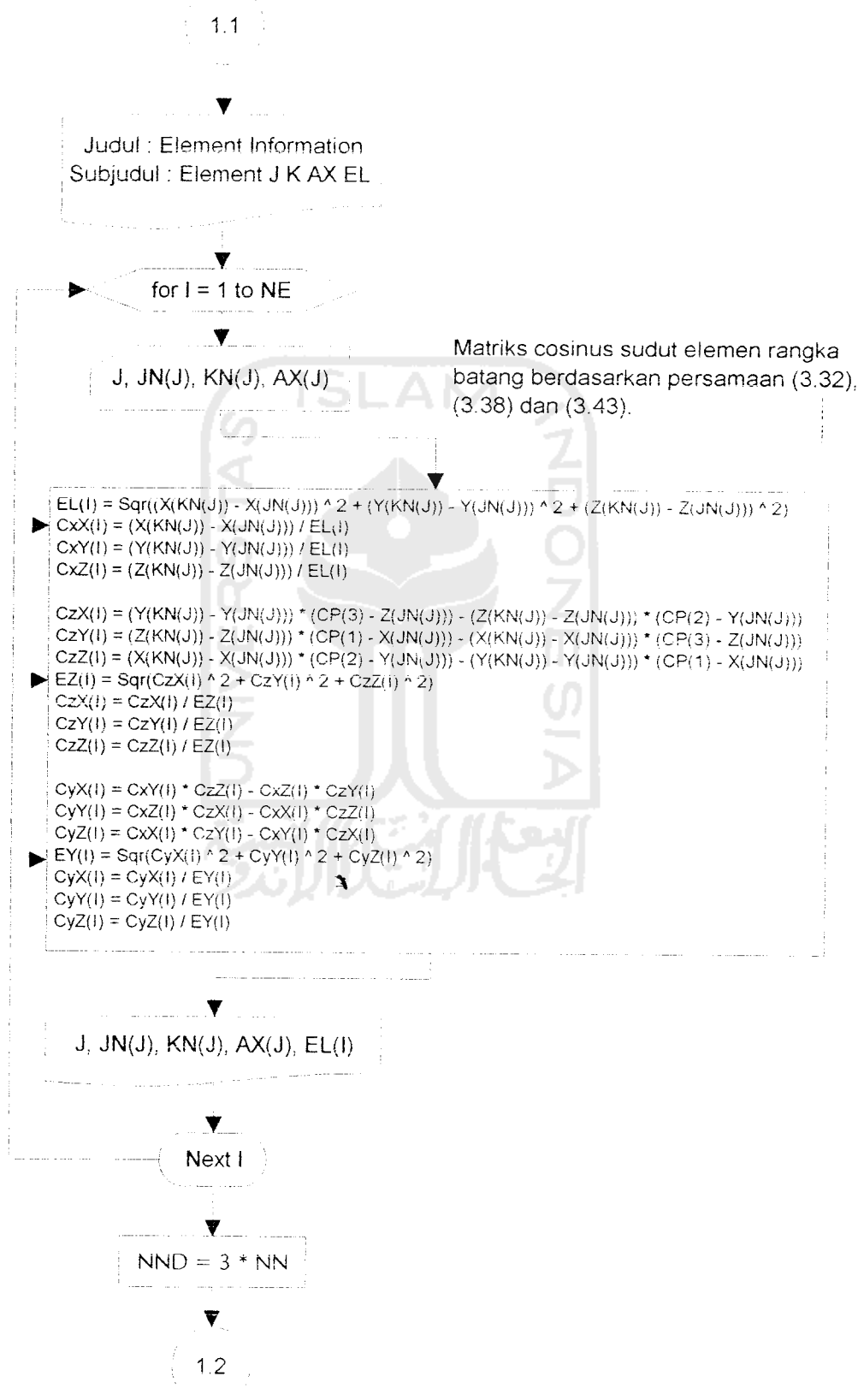
2. Parameter Struktur



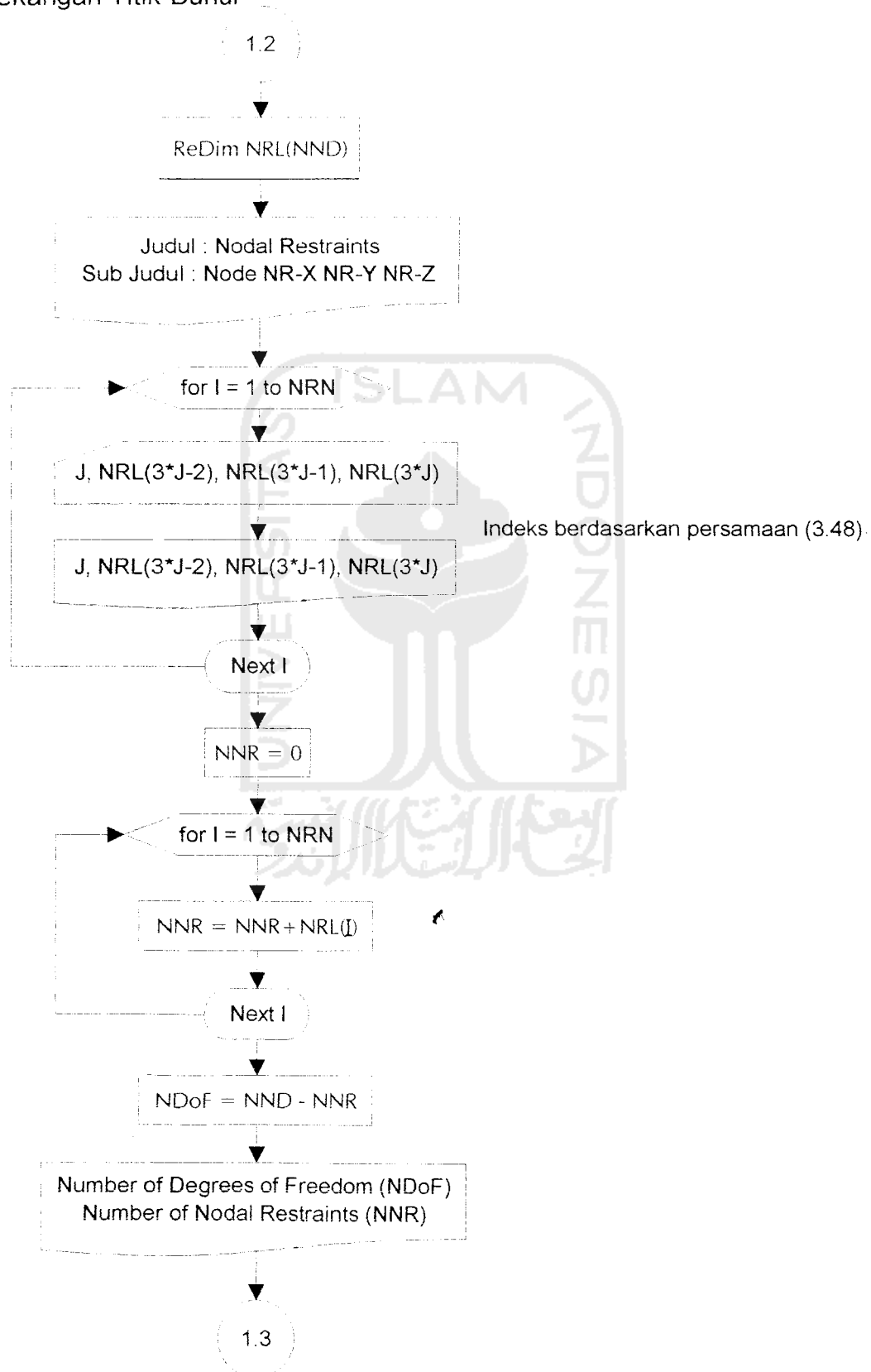
3. Koordinat Titik Buhul



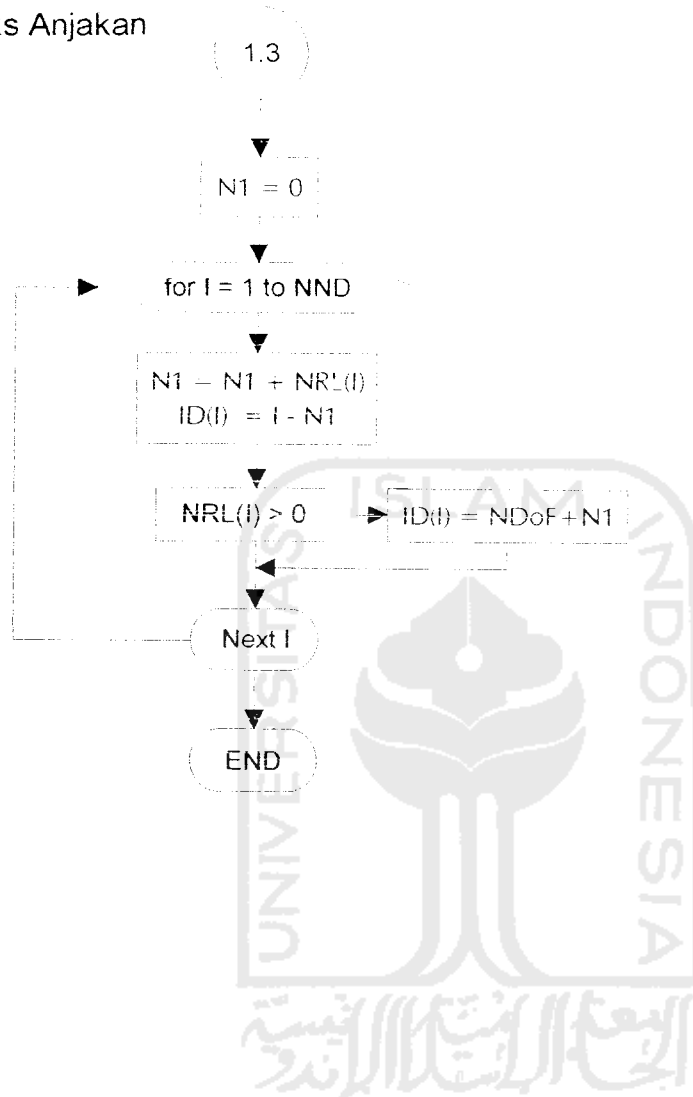
4. Data Elemen



5. Kekangan Titik Buhul



6. Indeks Anjakan

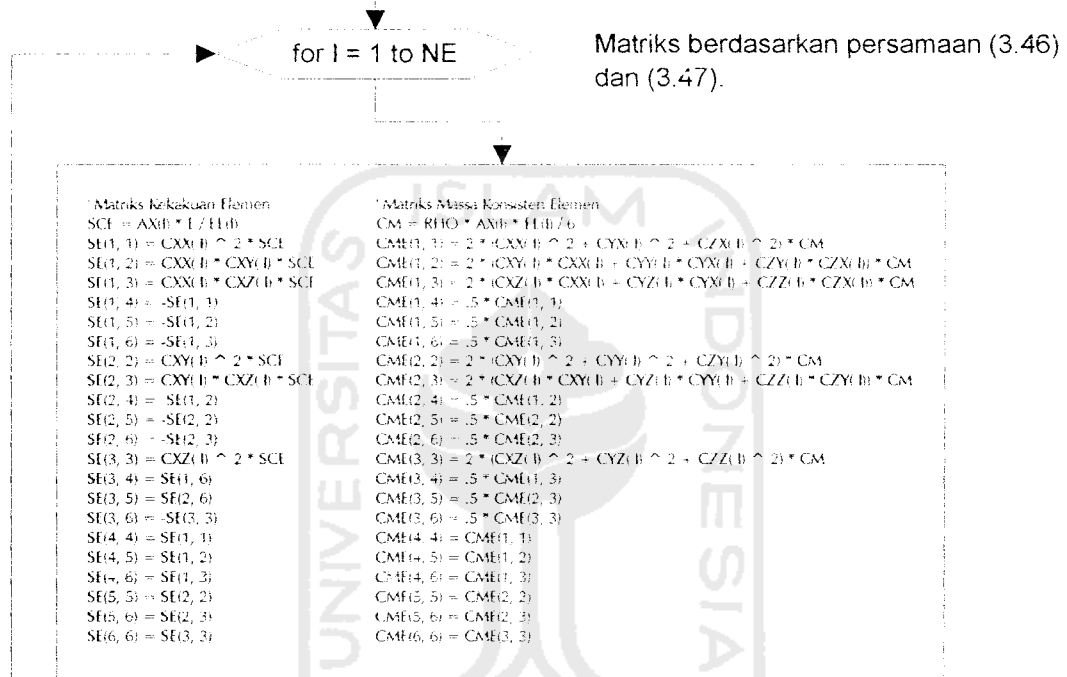


(2) STIFFNESS_MATRIX_AND_CONSISTENT_MASS_MATRIX

1. Penentuan dimensi array untuk matriks kekakuan dan matriks massa

```
Redim SS(NDoF, NDoF)
Redim CMS(NDoF, NDoF)
```

2. Matriks kekakuan elemen dan matriks massa konsisten elemen



3. Perhitungan indeks anjakan elemen

```

IDE(1) = ID(3 * JN(I) - 2)
IDE(2) = ID(3 * JN(I) - 1)
IDE(3) = ID(3 * JN(I))
IDE(4) = ID(3 * KN(I) - 2)
IDE(5) = ID(3 * KN(I) - 1)
IDE(6) = ID(3 * KN(I))

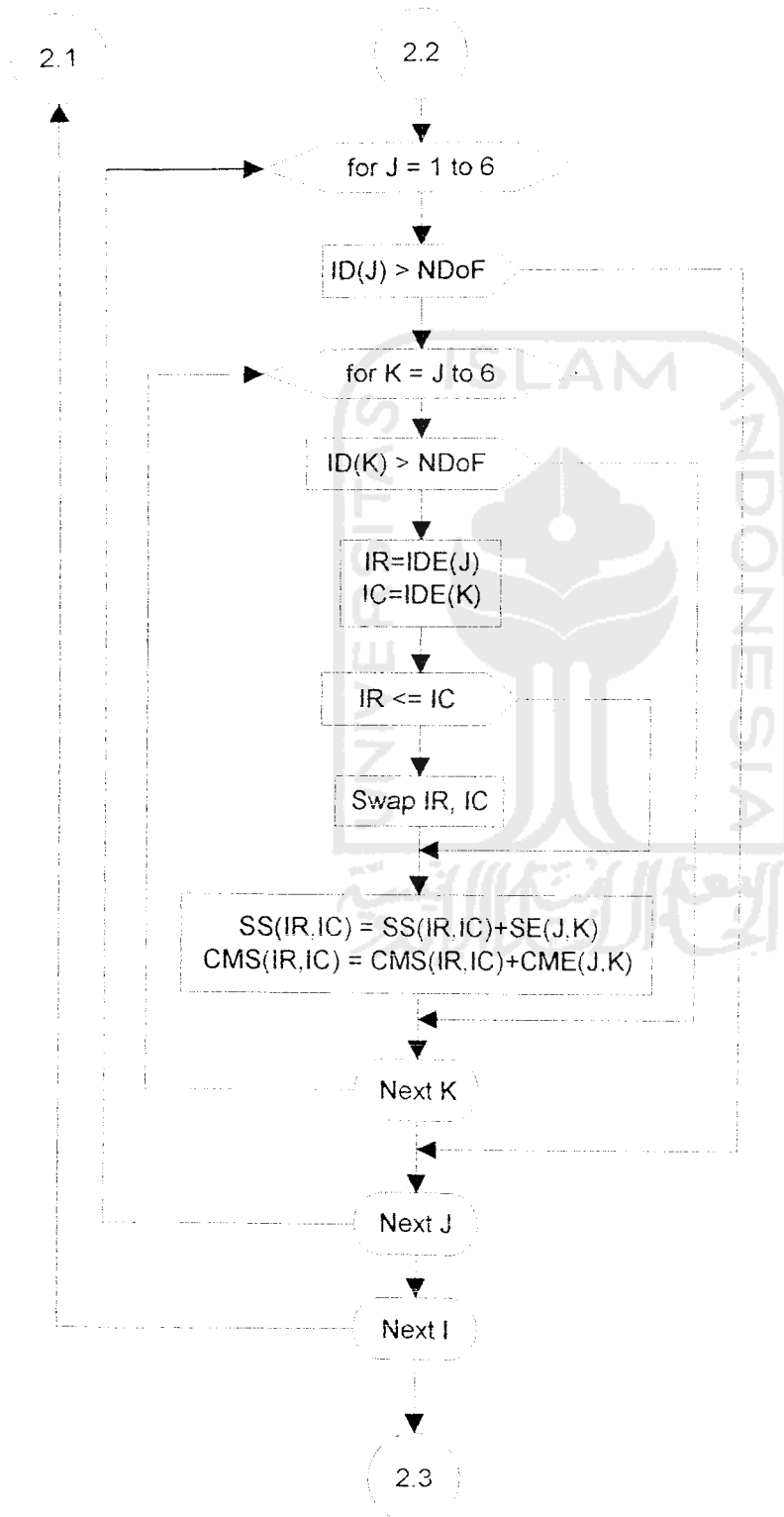
```

Indeks berdasarkan persamaan (3.48).

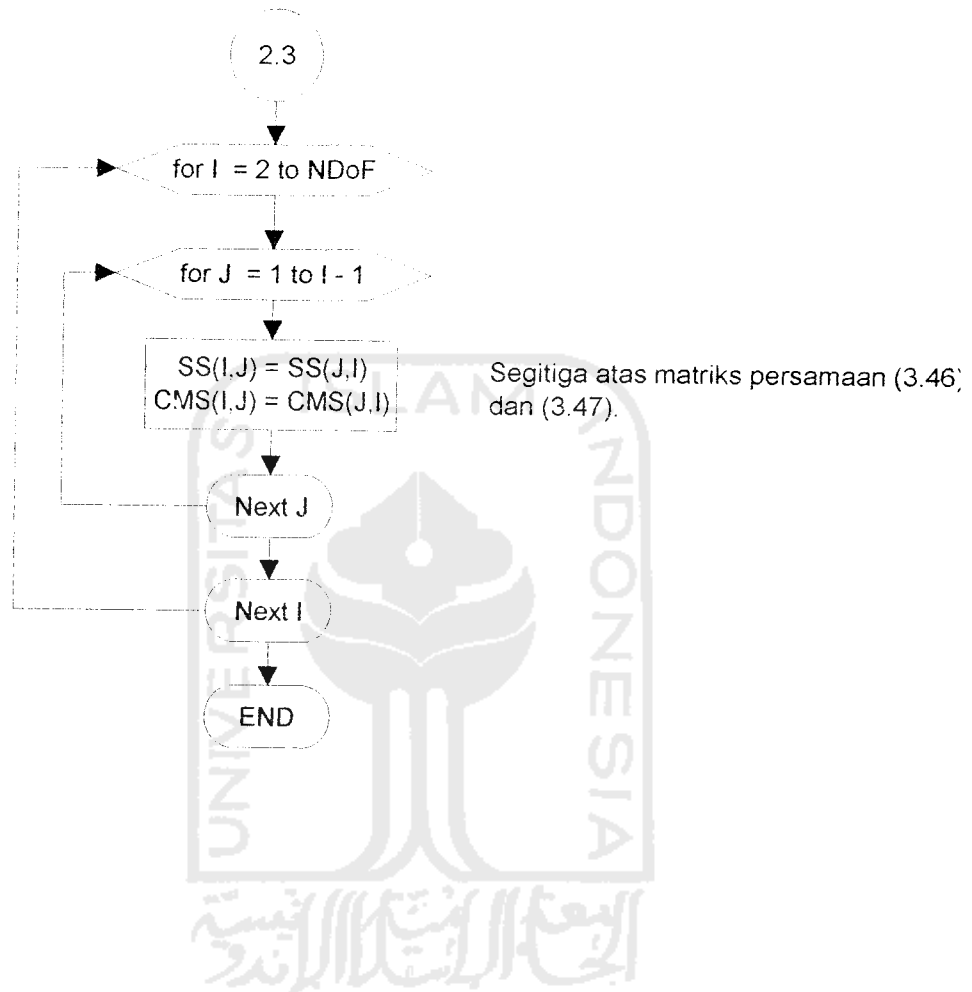
2.1

2.2

4. Perubahan ke matriks kekakuan struktur dan matriks massa konsisten struktur

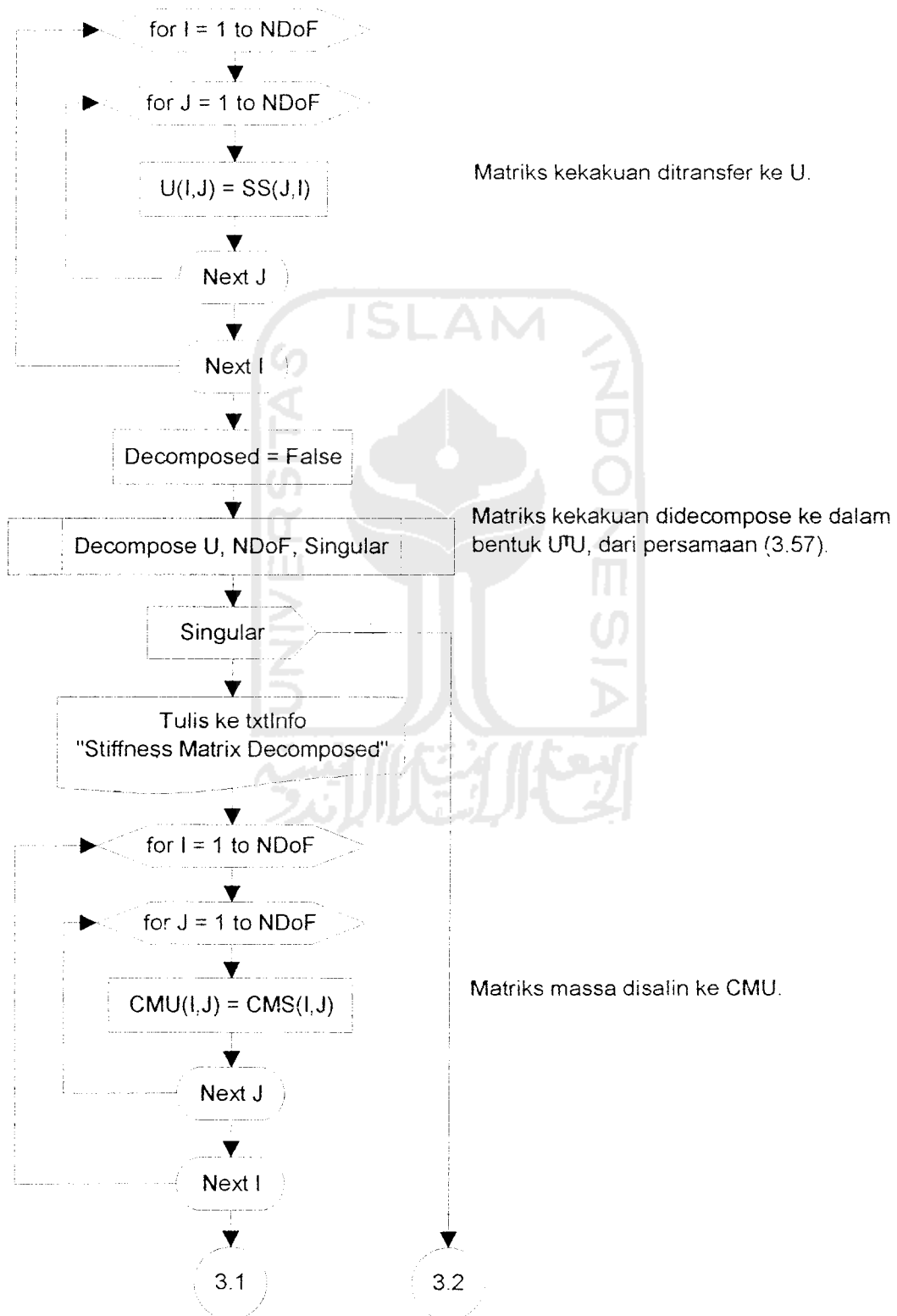


3. Pengisian segitiga atas matriks kekakuan struktur dan matriks massa konsisten struktur

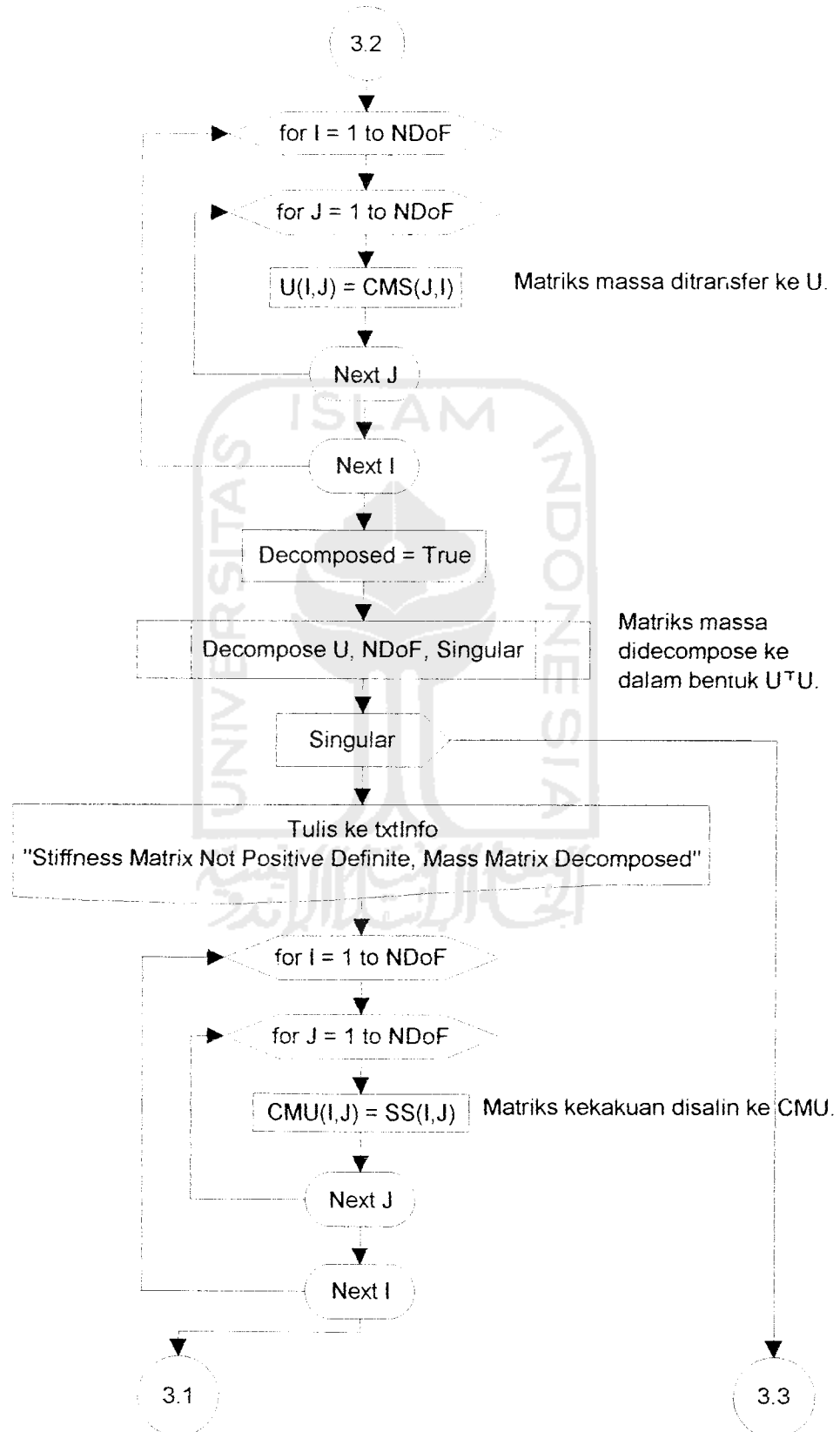


(3) STANDARD_SYMMETRIC

1. Decompose Matriks Kekakuan dan Salin Matriks Massa ke CMU



2. Decompose Matriks Massa dan Salin Matriks Kekakuan ke CMU



3.3

Tulis ke txtinfo
 "Stiffness Matrix and Mass Matrix Not Positive Definite"

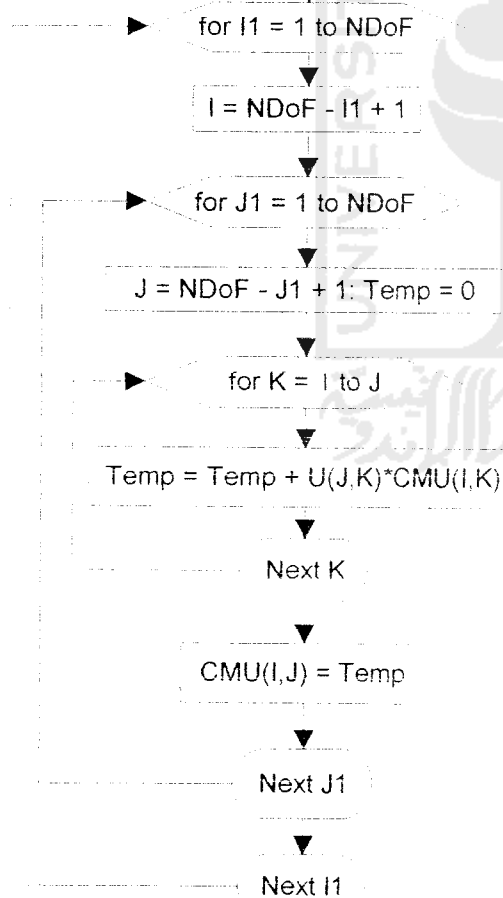
3. Perhitungan inverse transpose dari matrix U.

3.1

InvertMatrix U, NDoF, Singular

Sub program InvertMatrix dipanggil untuk mendapatkan invers transpose dari matriks U.

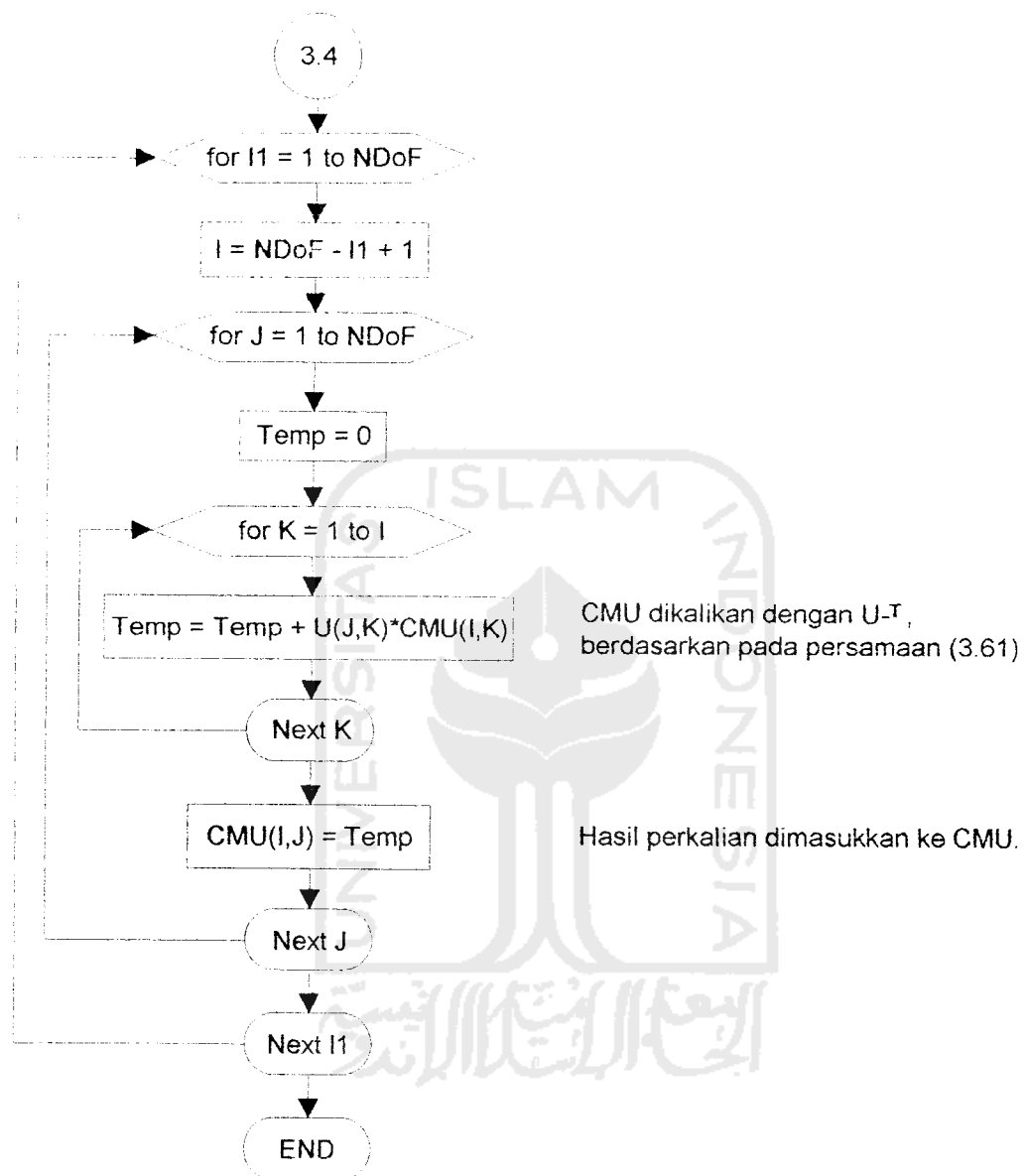
4. Perubahan ke bentuk standard simetris



CMU dikalikan dengan U^T berdasarkan pada persamaan (3.61)

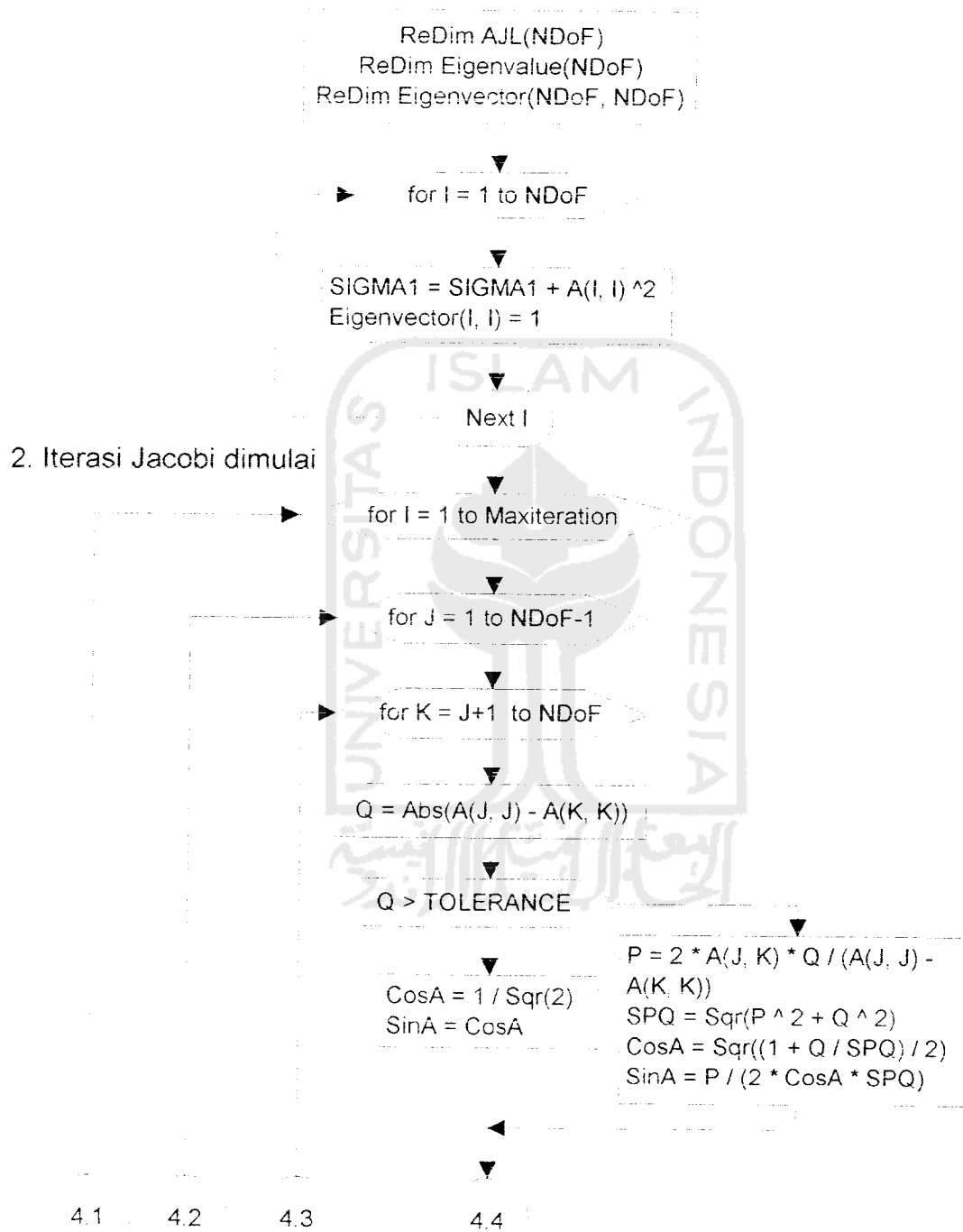
Hasil perkalian dimasukkan ke CMU.

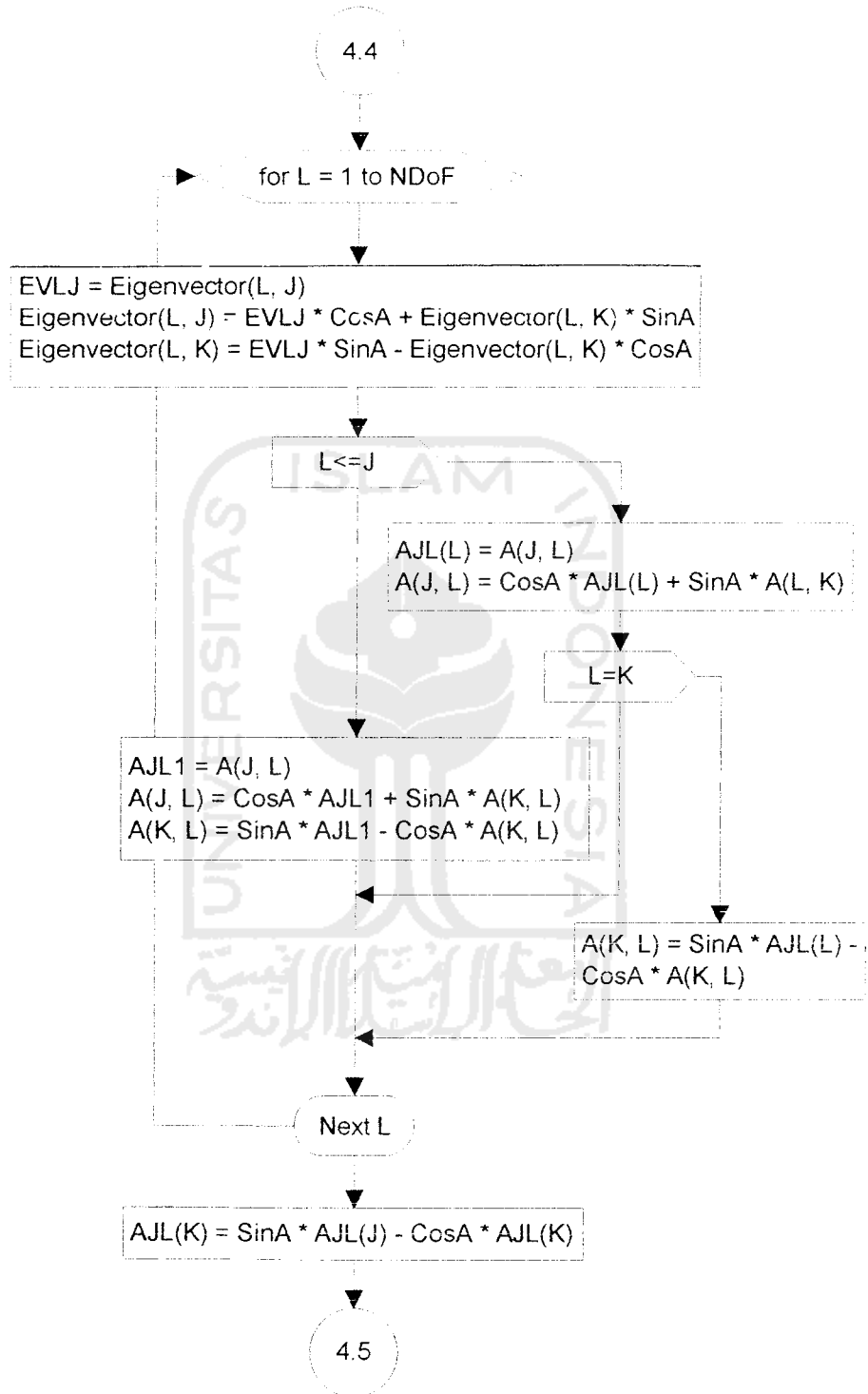
3.4

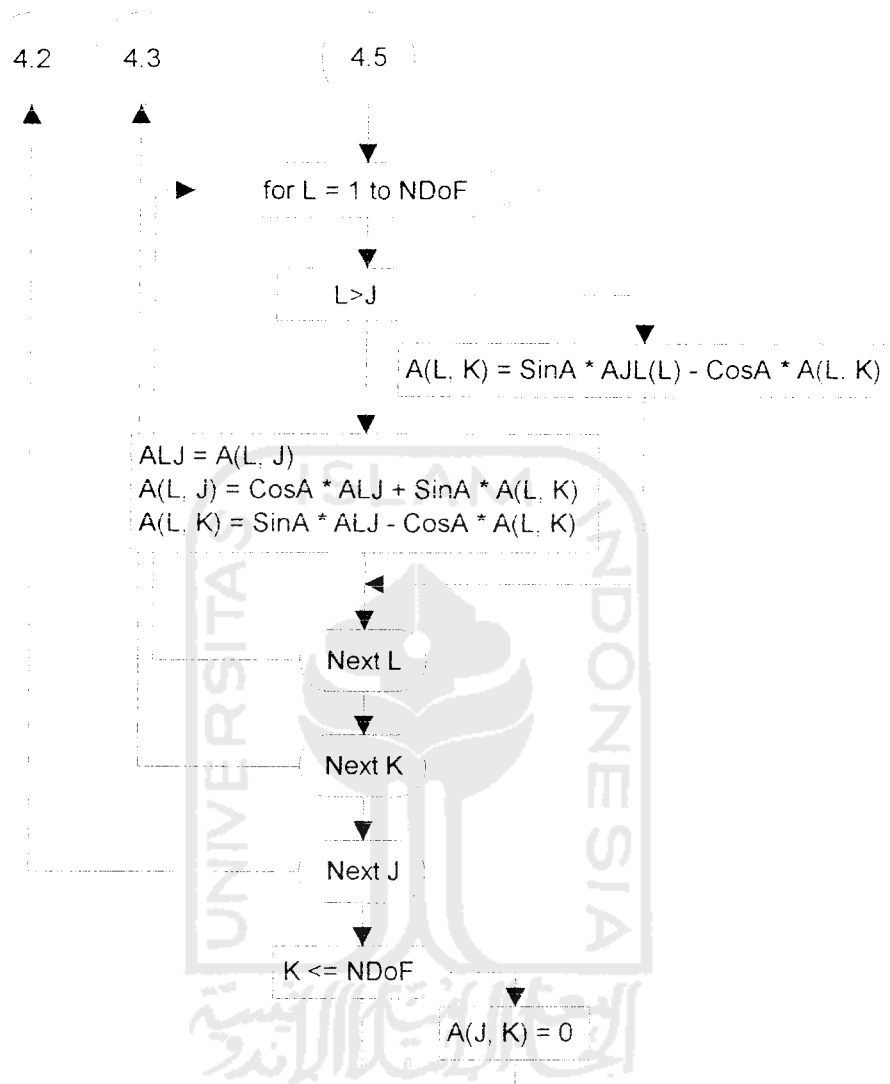


(4) FIND_EIGENPAIRS

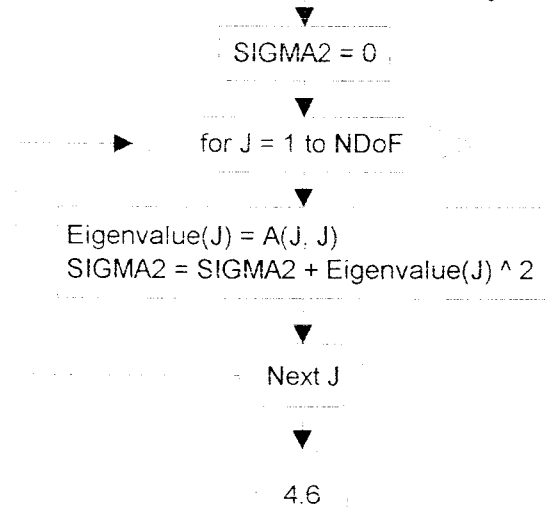
1. Set up matriks vektor eigen sebagai matriks identitas

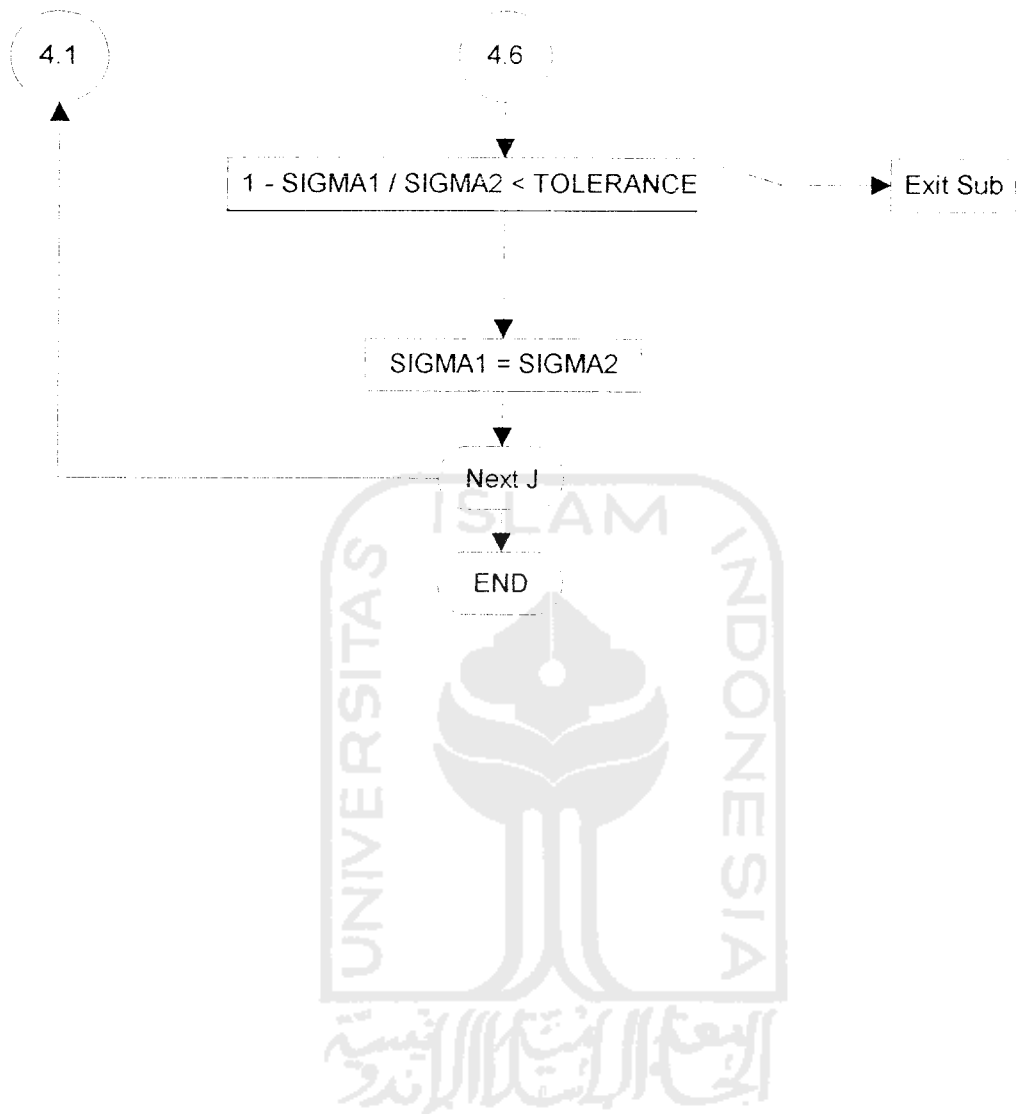






3. Tentukan Sigma2 untuk A tertransformasi dan uji konvergensi

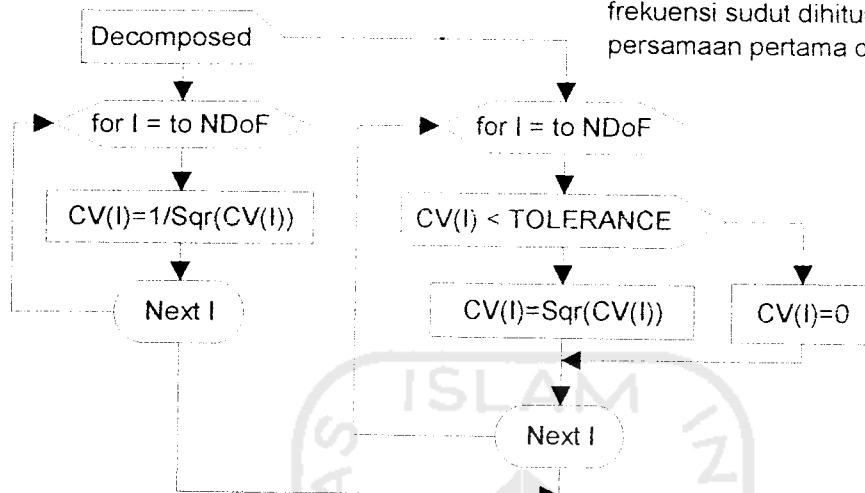




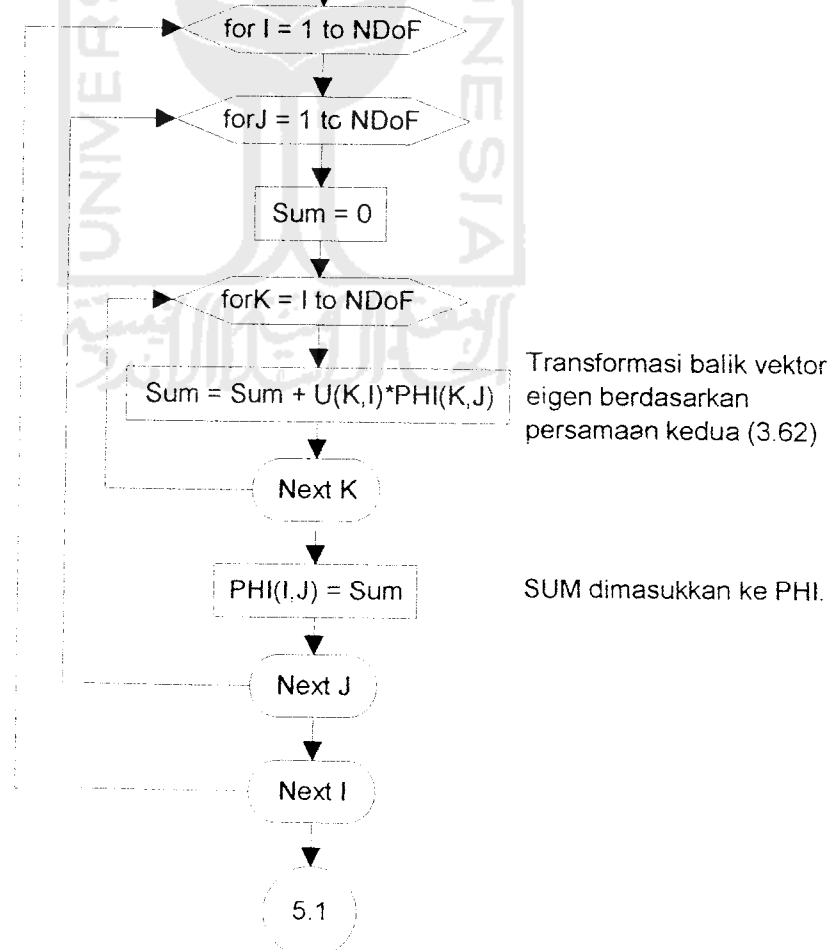
(5) TRANSFORM_EIGENVECTOR

1. Perhitungan Frekuensi Sudut

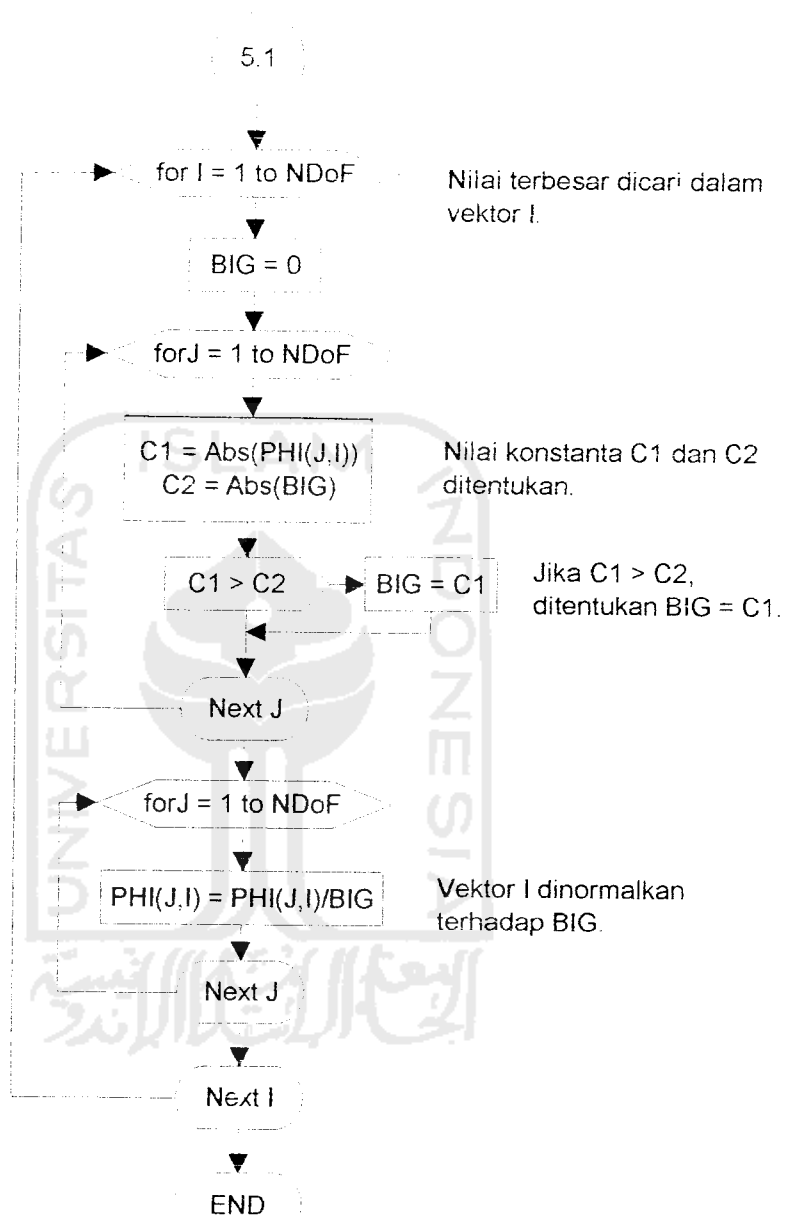
Jika matriks massa terdekomposisi, frekuensi sudut dihitung berdasarkan persamaan pertama dari (3.62)



2. Transformasi Balik Vektoreigen

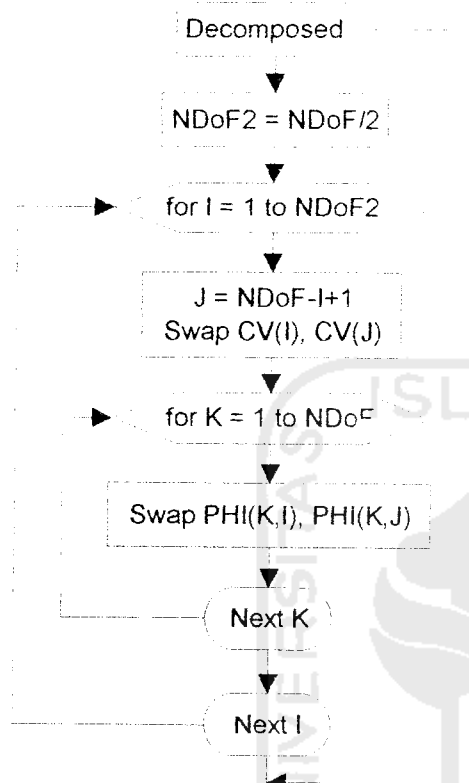


3. Penormalan vektor eigen terhadap vektor eigen terbesar

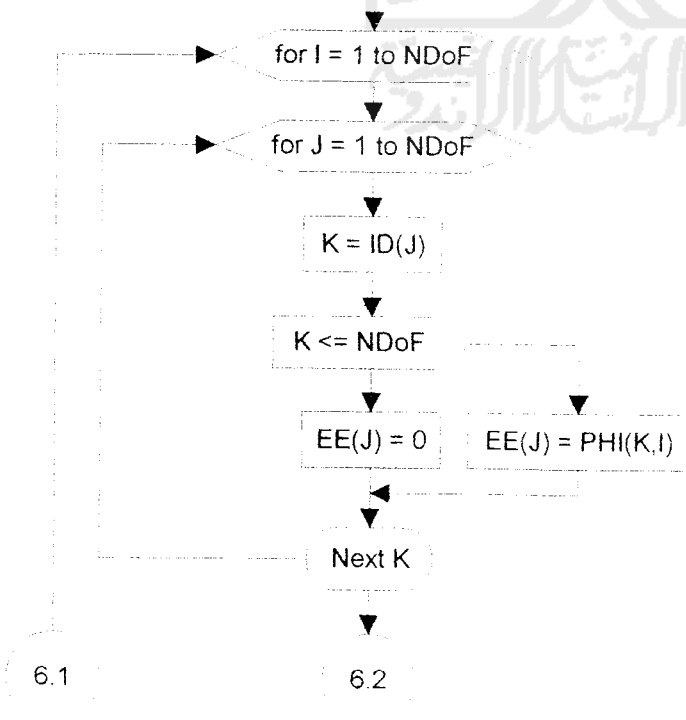


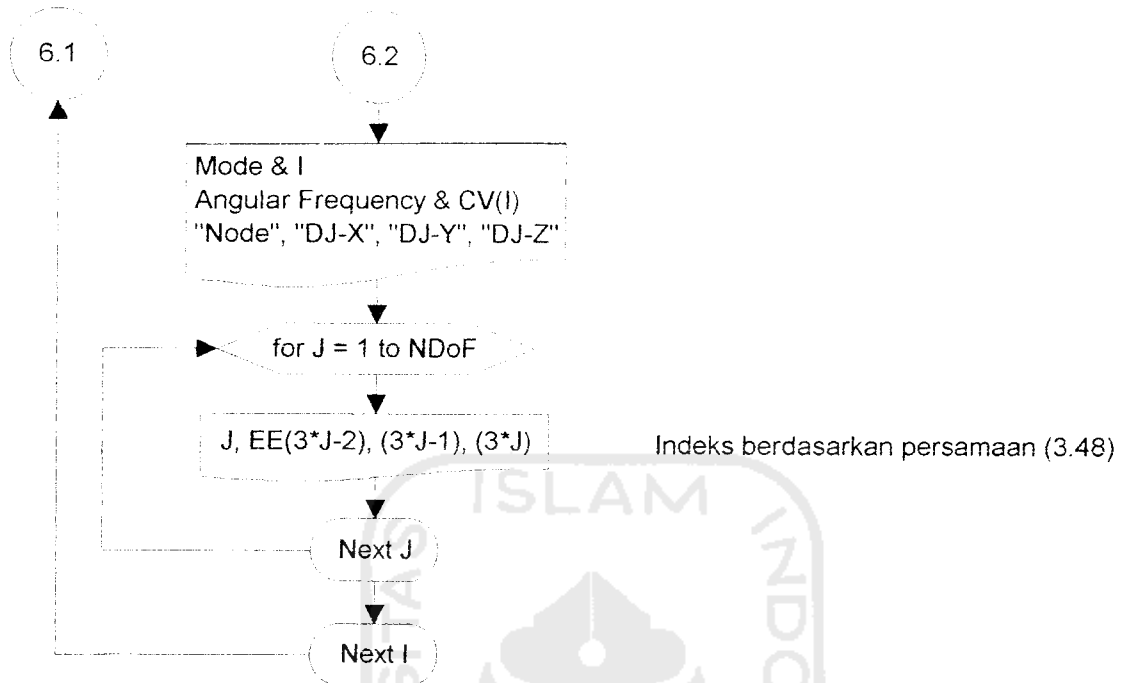
(6) RESULT1_ST

1. Pengurutan kembali frekuensi sudut dan vektor eigen

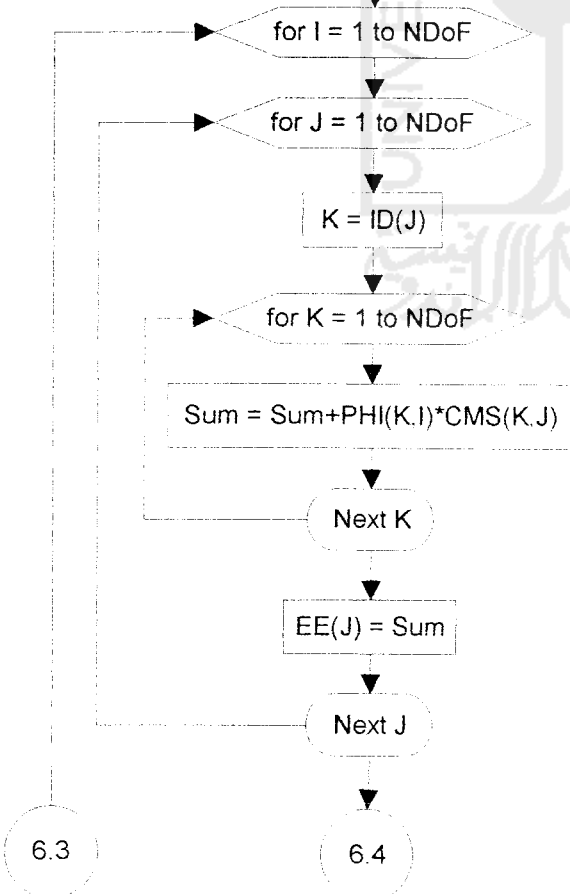


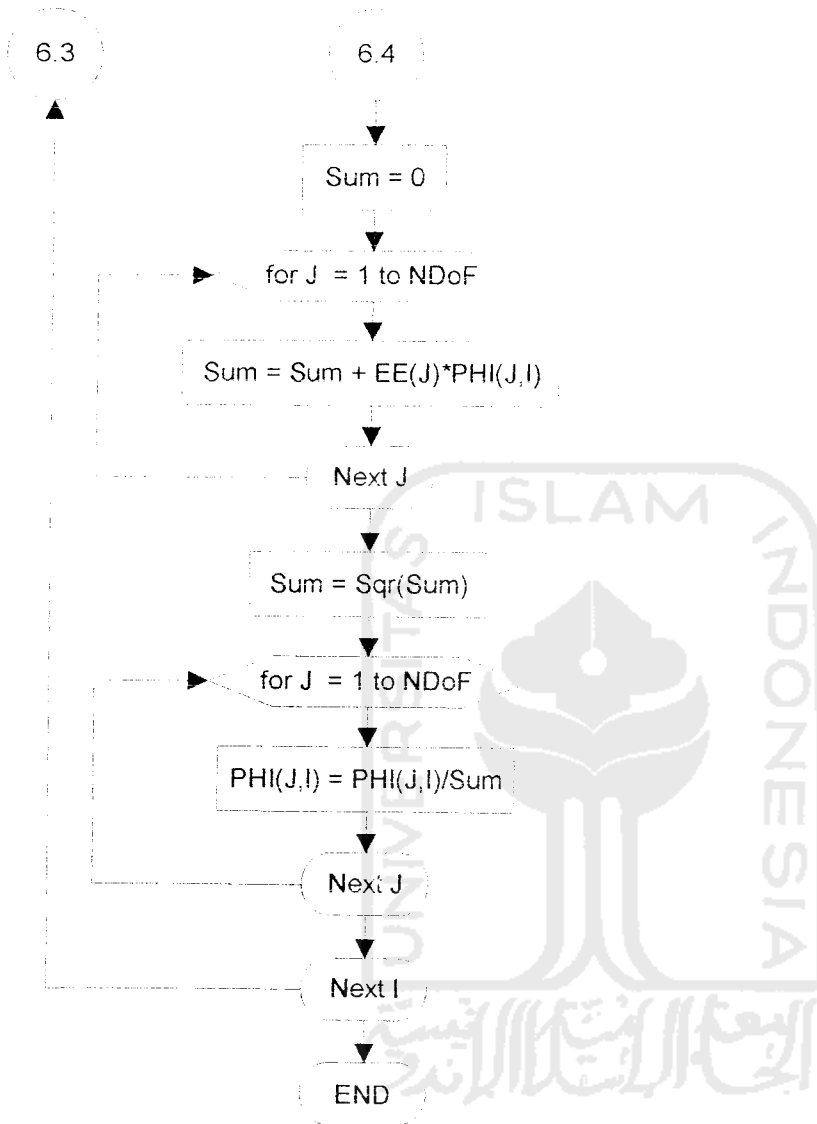
2. Penulisan frekuensi sudut dan vektor eigen





3. Penormalan vektor eigen terhadap matriks massa





(7) DYNAMIC_LOAD_ST

1. Parameter Dinamis

Judul : Loading No. (LN) of (NLS)
Subjudul : Dynamic Parameters
NTS DT DampingRatio

NTS, DT, DampingRatio

NTS, DT, DampingRatio

2. Kondisi Awal

ReDim D0(NND)
ReDim V0(NND)

Judul : Initial Conditions
Subjudul : NNID NNIV

NNID, NNIV

NNID, NNIV

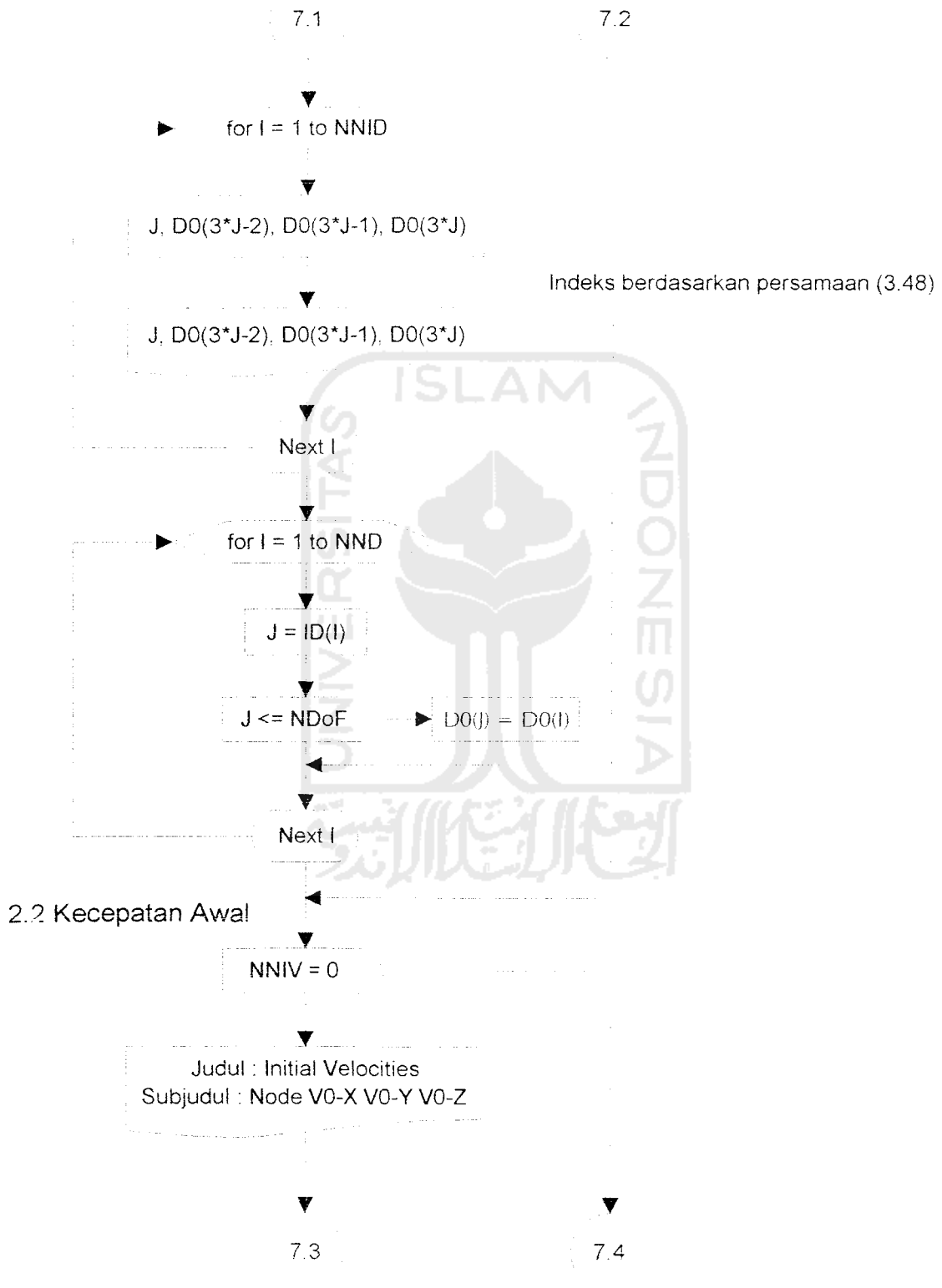
2.1 Anjakan Awal

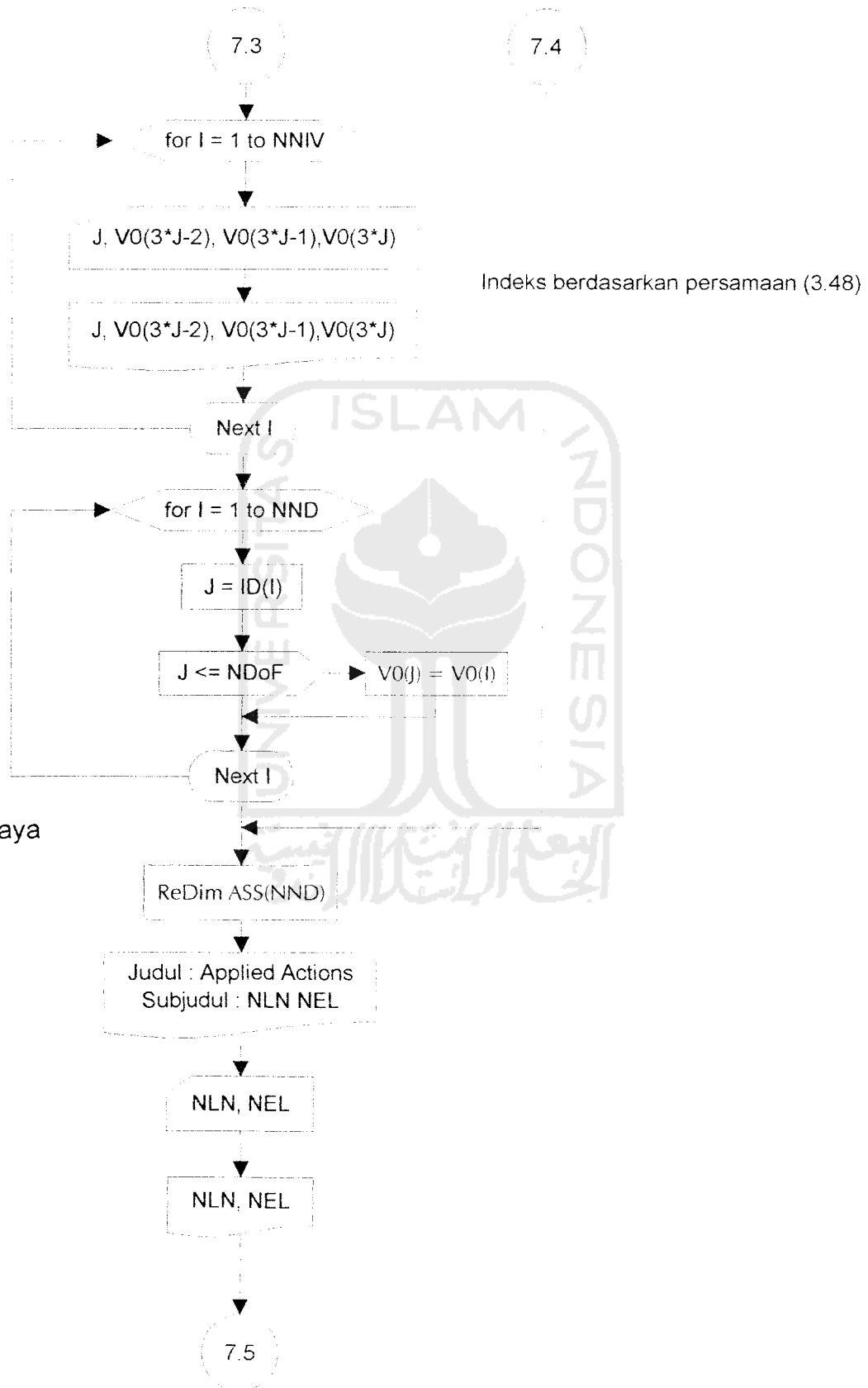
NNID = 0

Judul : Initial Displacement
Subjudul : Node D0-X D0-Y D0-Z

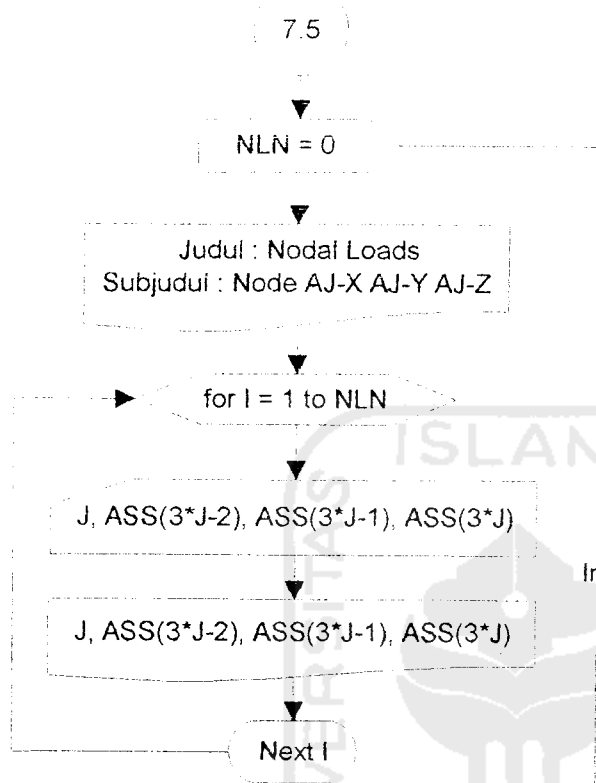
7.1

7.2



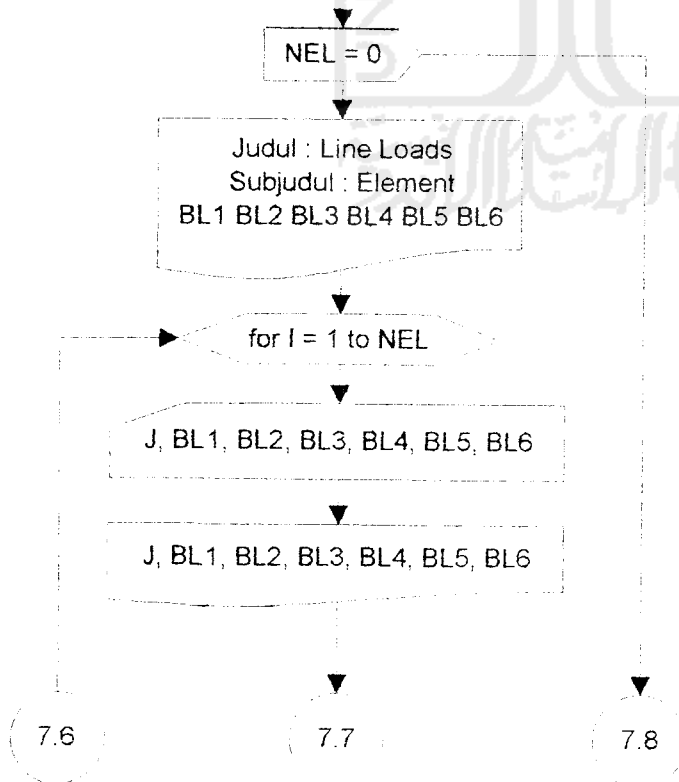


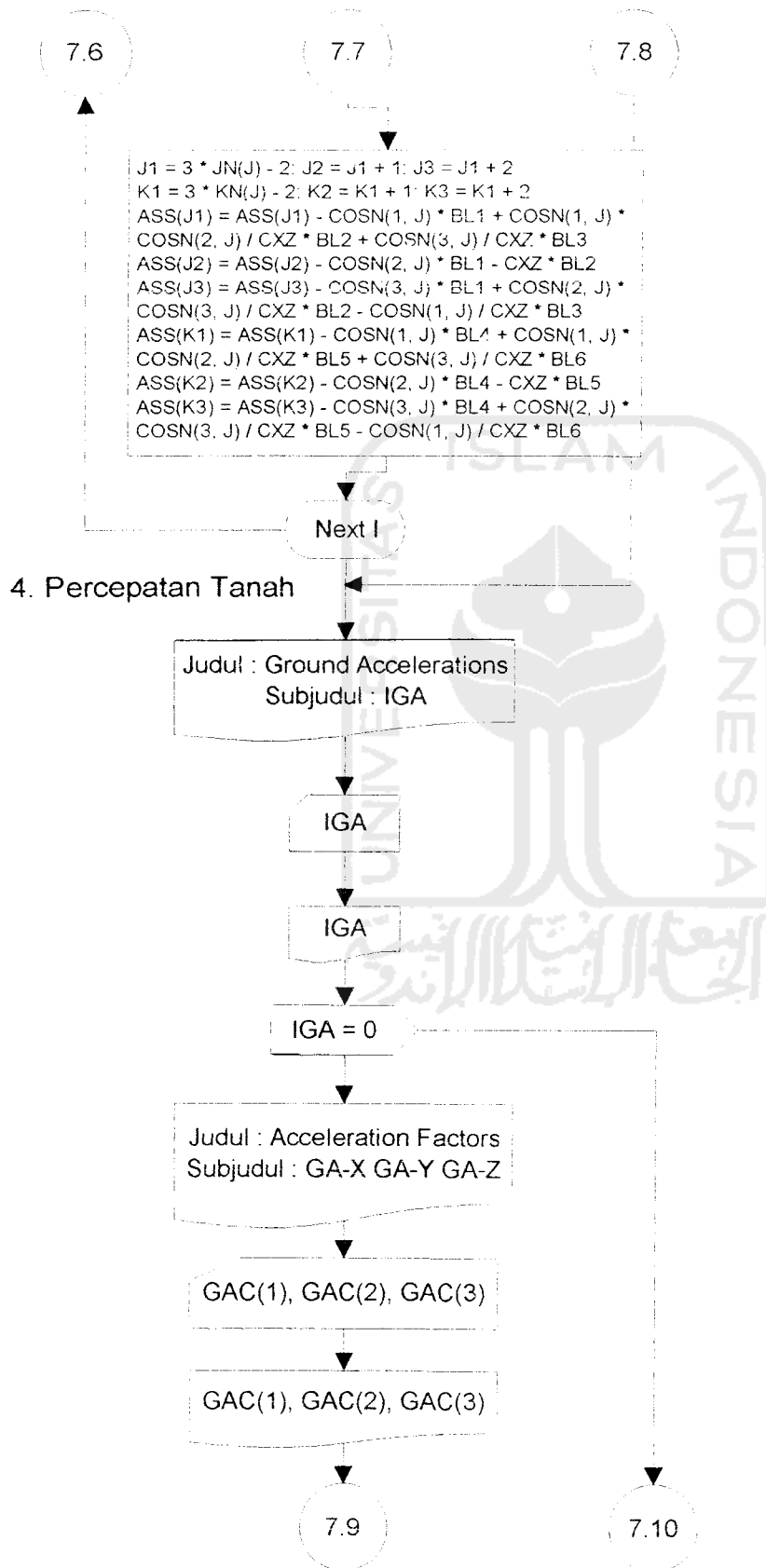
3.1 Beban Titik Buhul

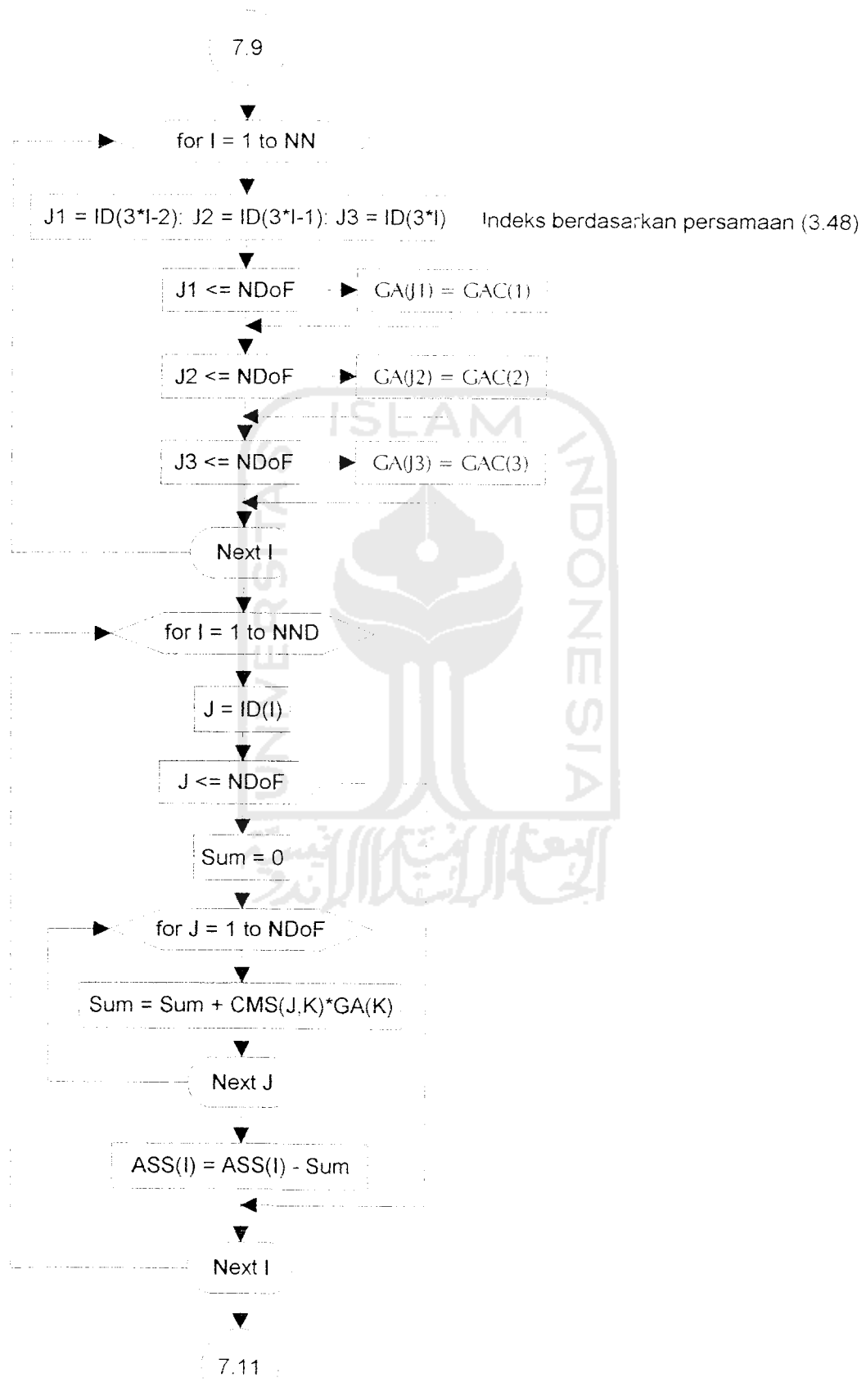


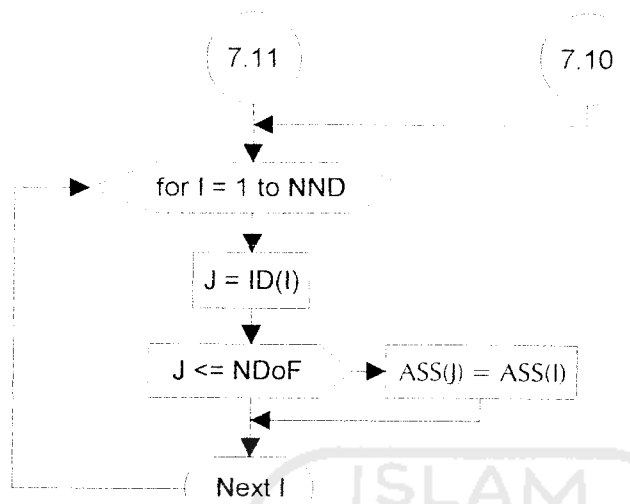
Indeks berdasarkan persamaan (3.48)

3.2 Beban Elemen

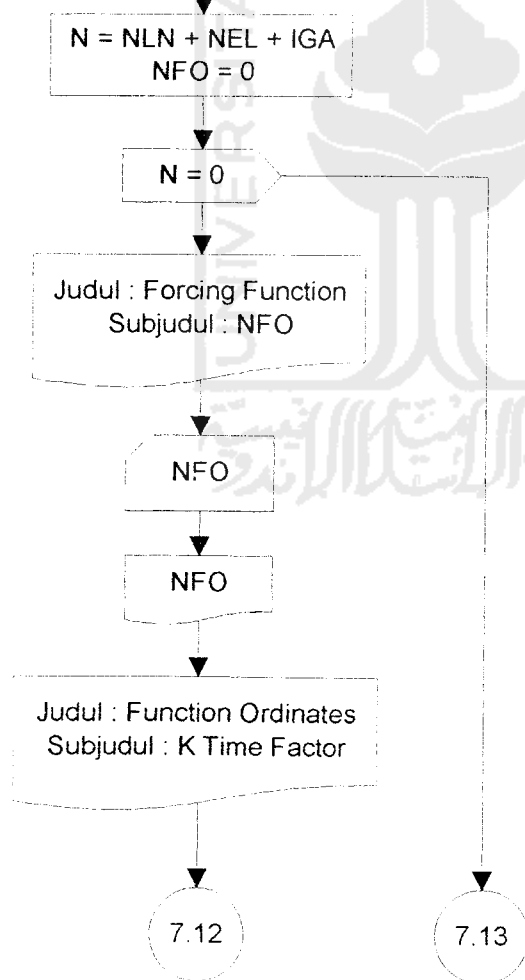


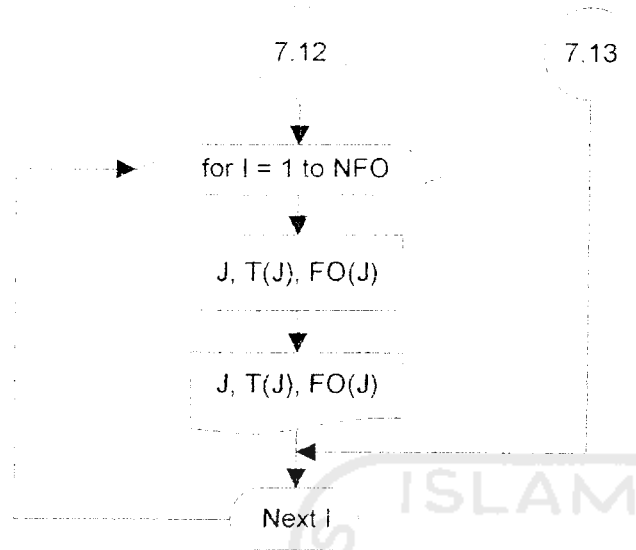




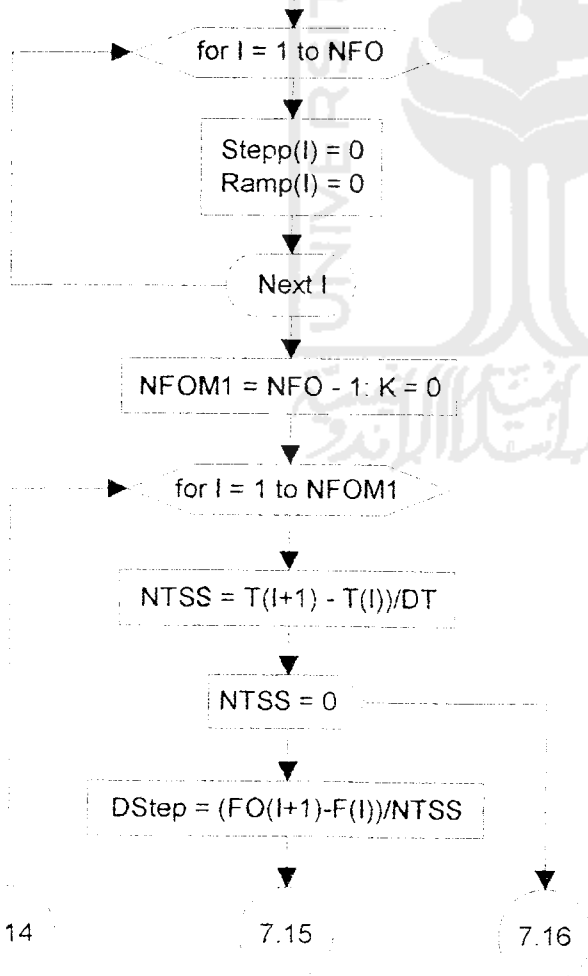


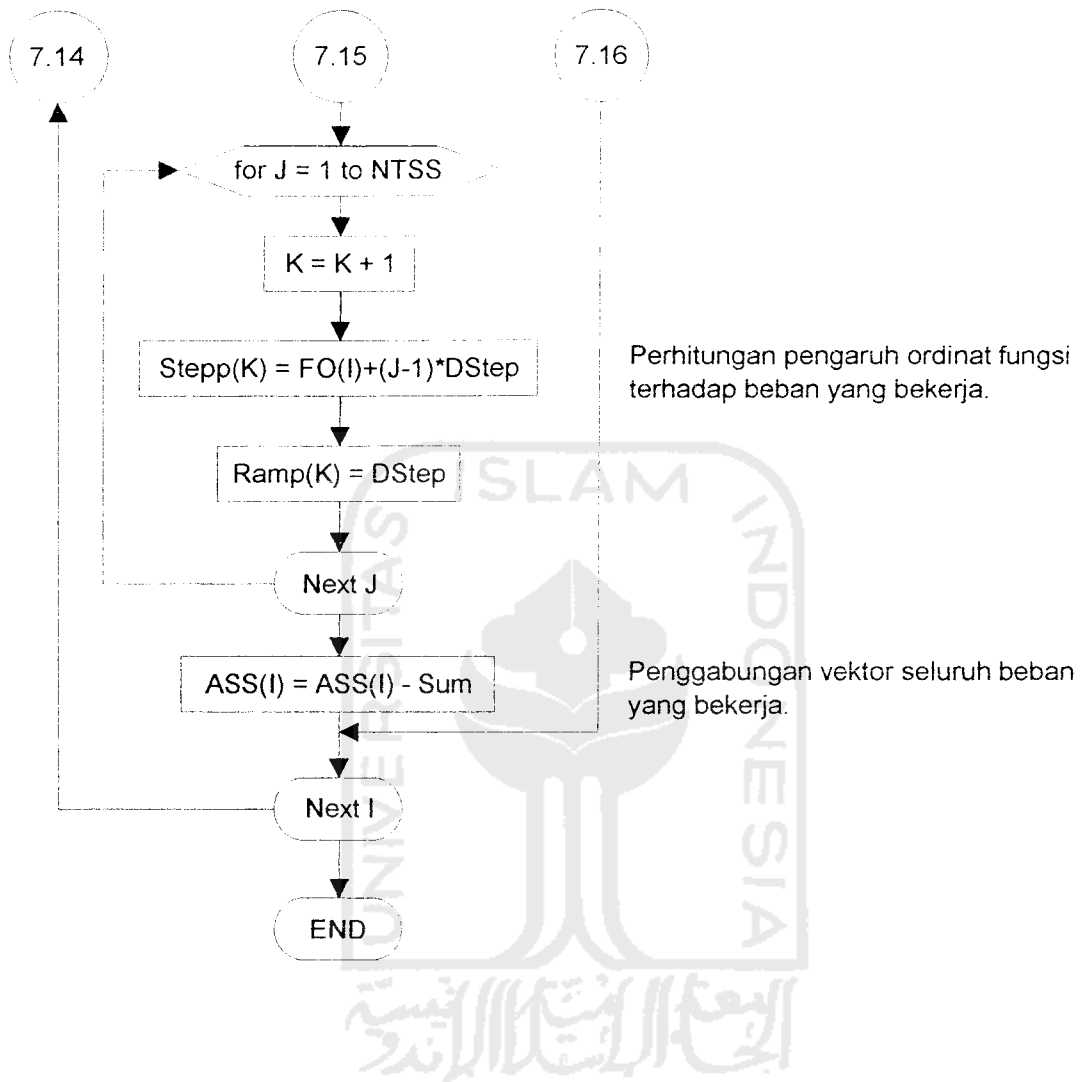
5. Baca Fungsi Gaya





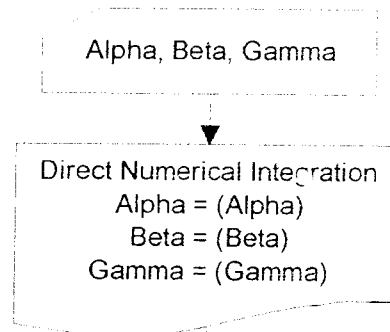
6. Perhitungan Step dan Ramp untuk tiap pertambahan waktu





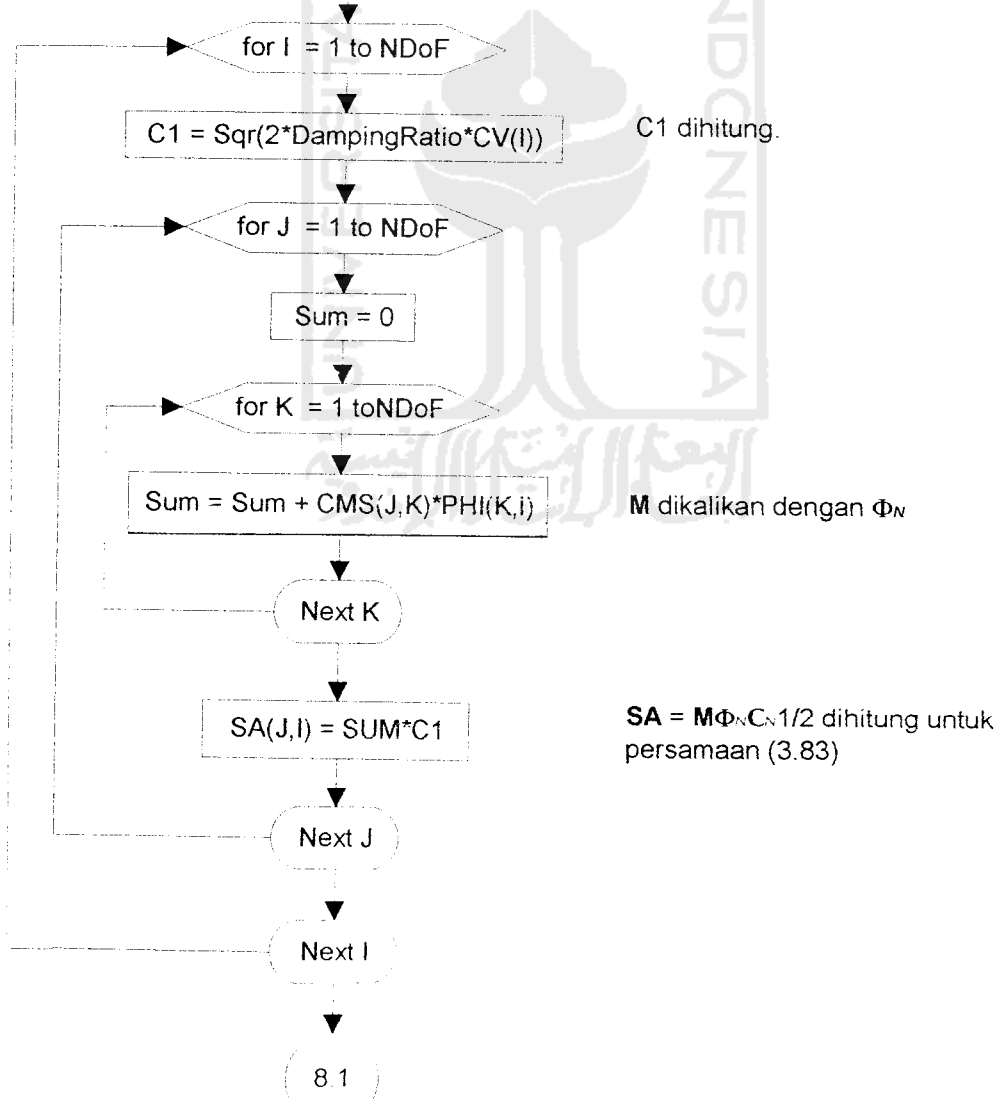
8. DIRECT_NUMERICAL_INTEGRATION

1. Baca dan Tulis Parameter Integrasi

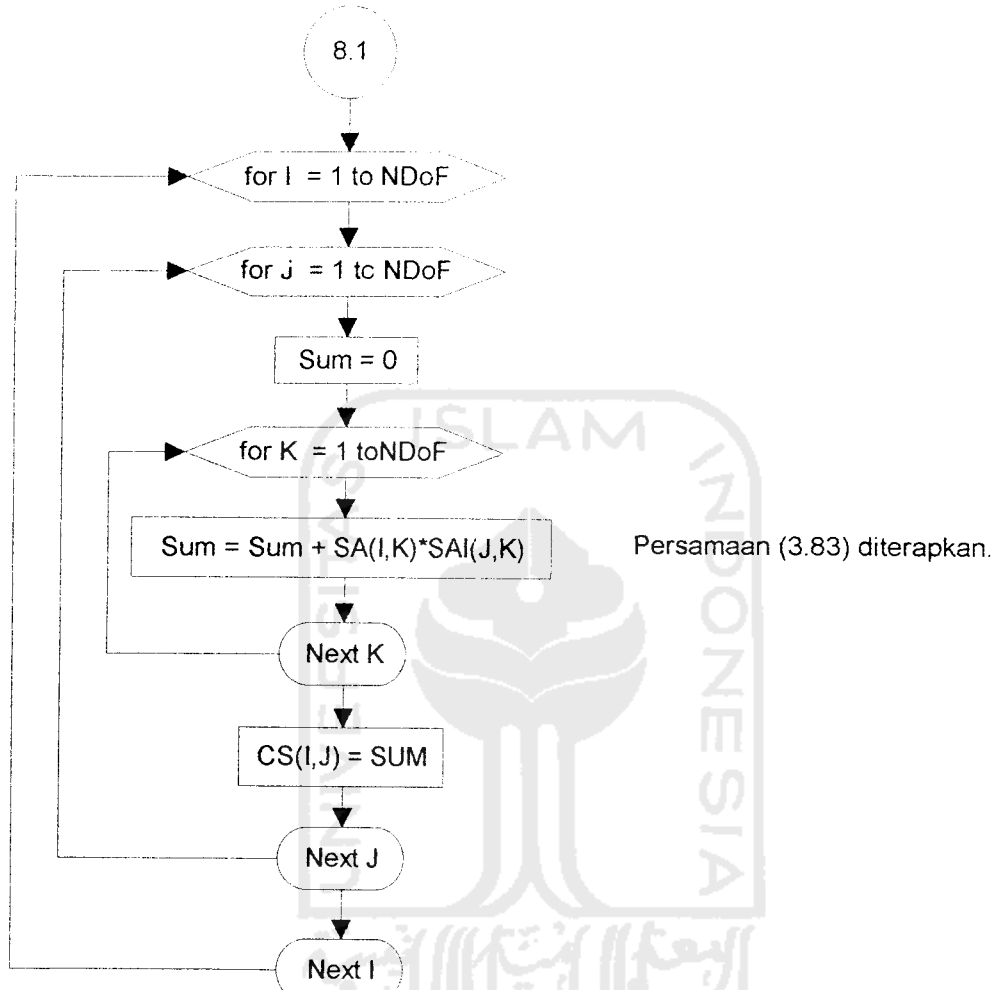


2. Hitung Matriks Redaman Struktur

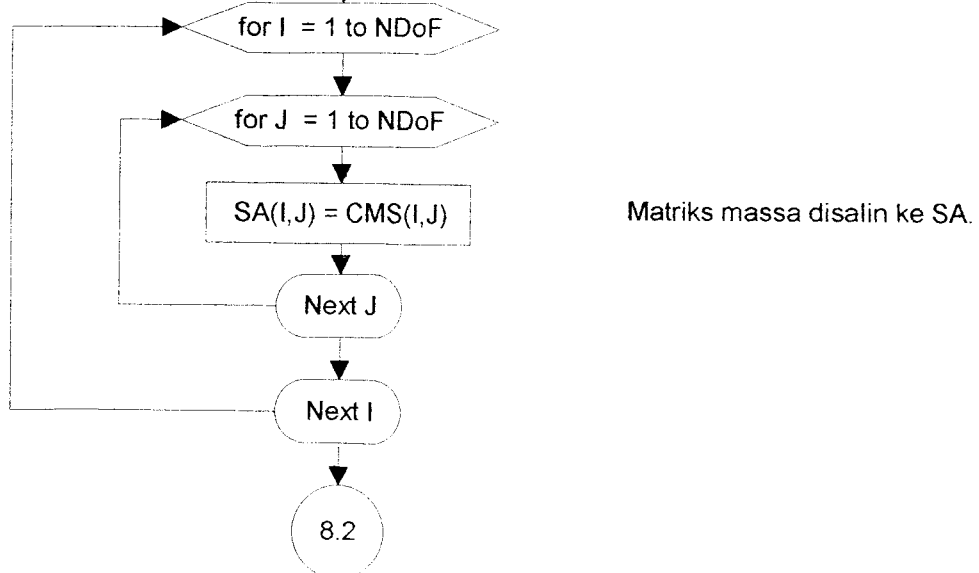
2.1 Tentukan Faktor SA

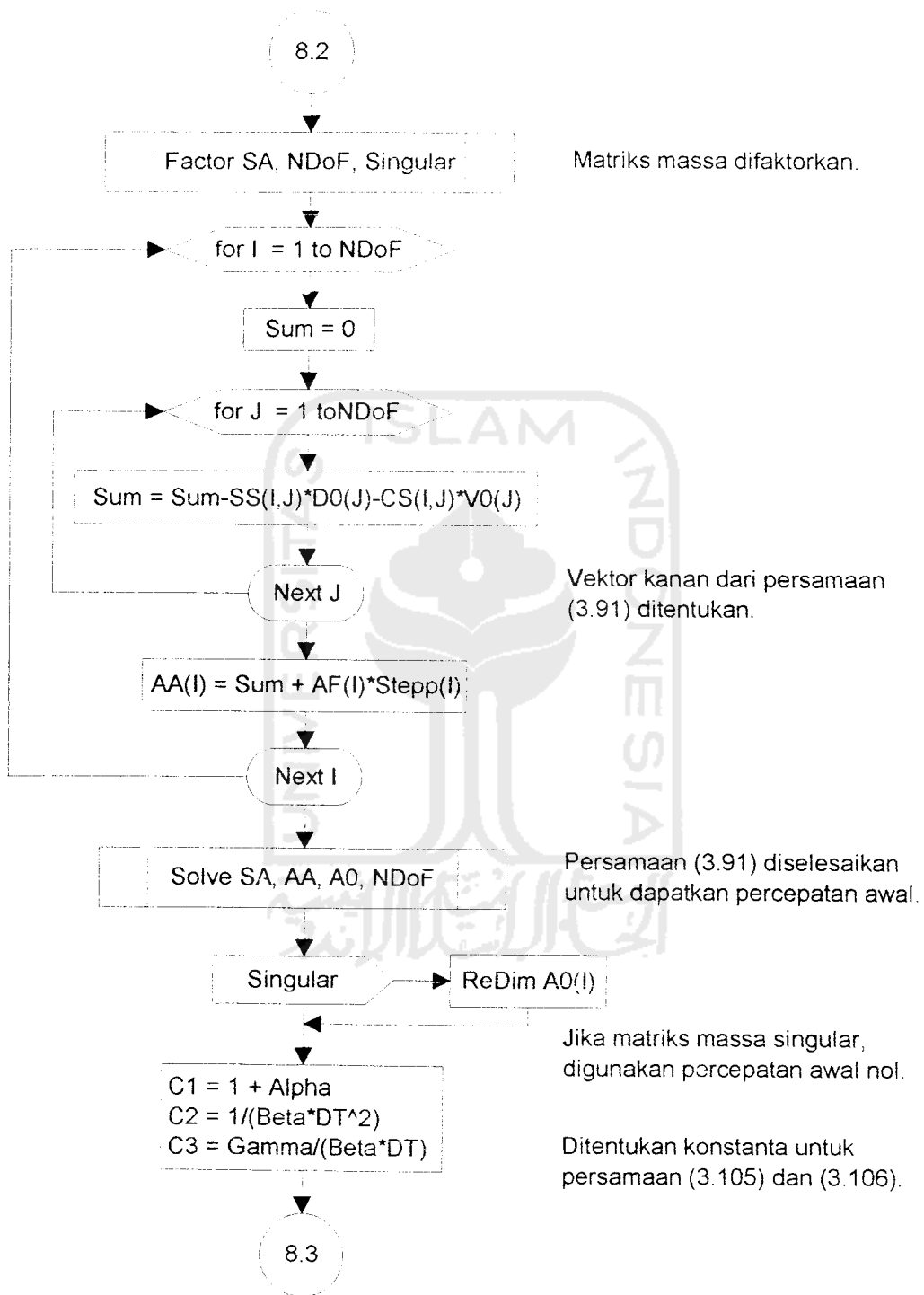


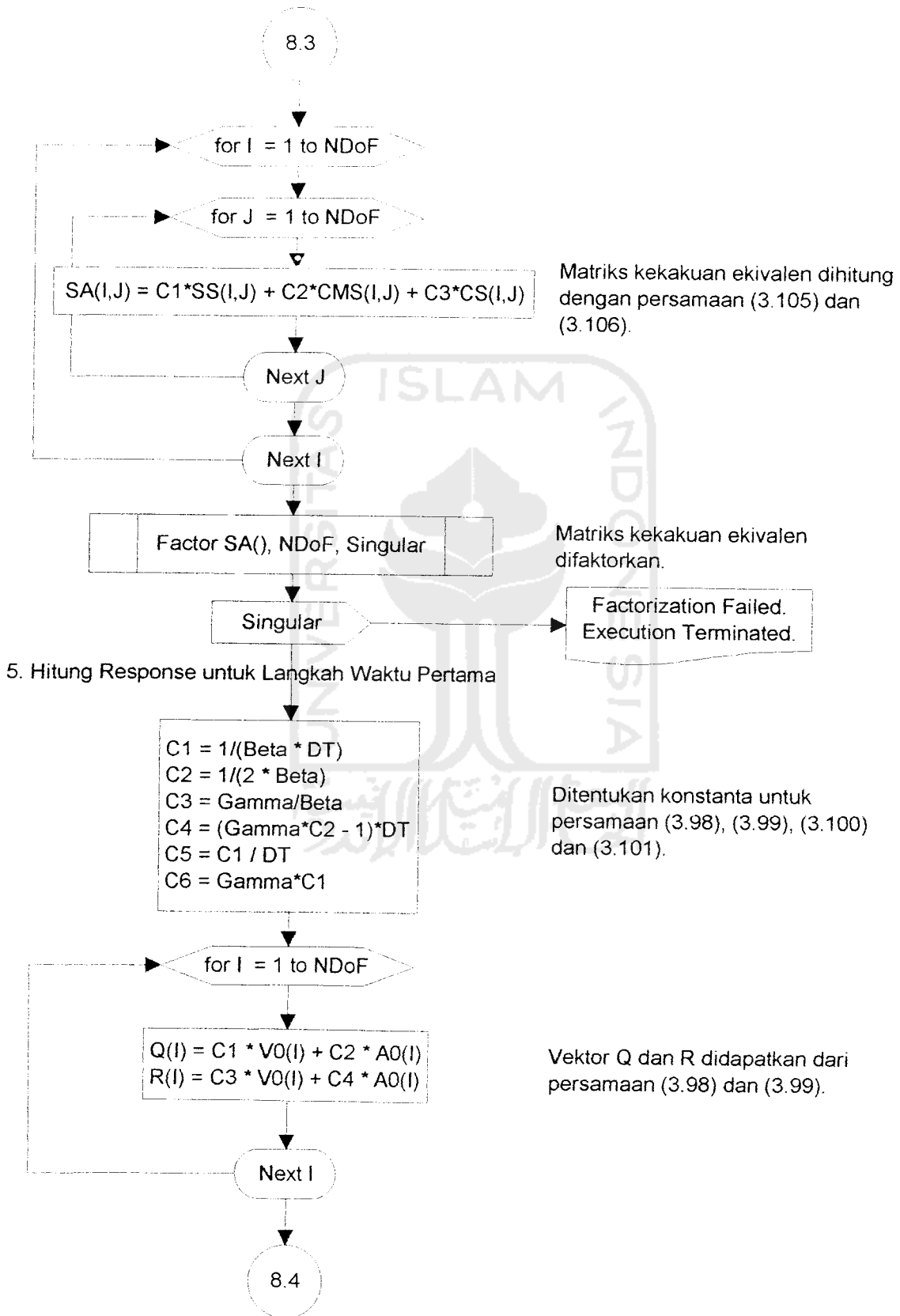
2.2 Kalikan SA dan Transpose-nya

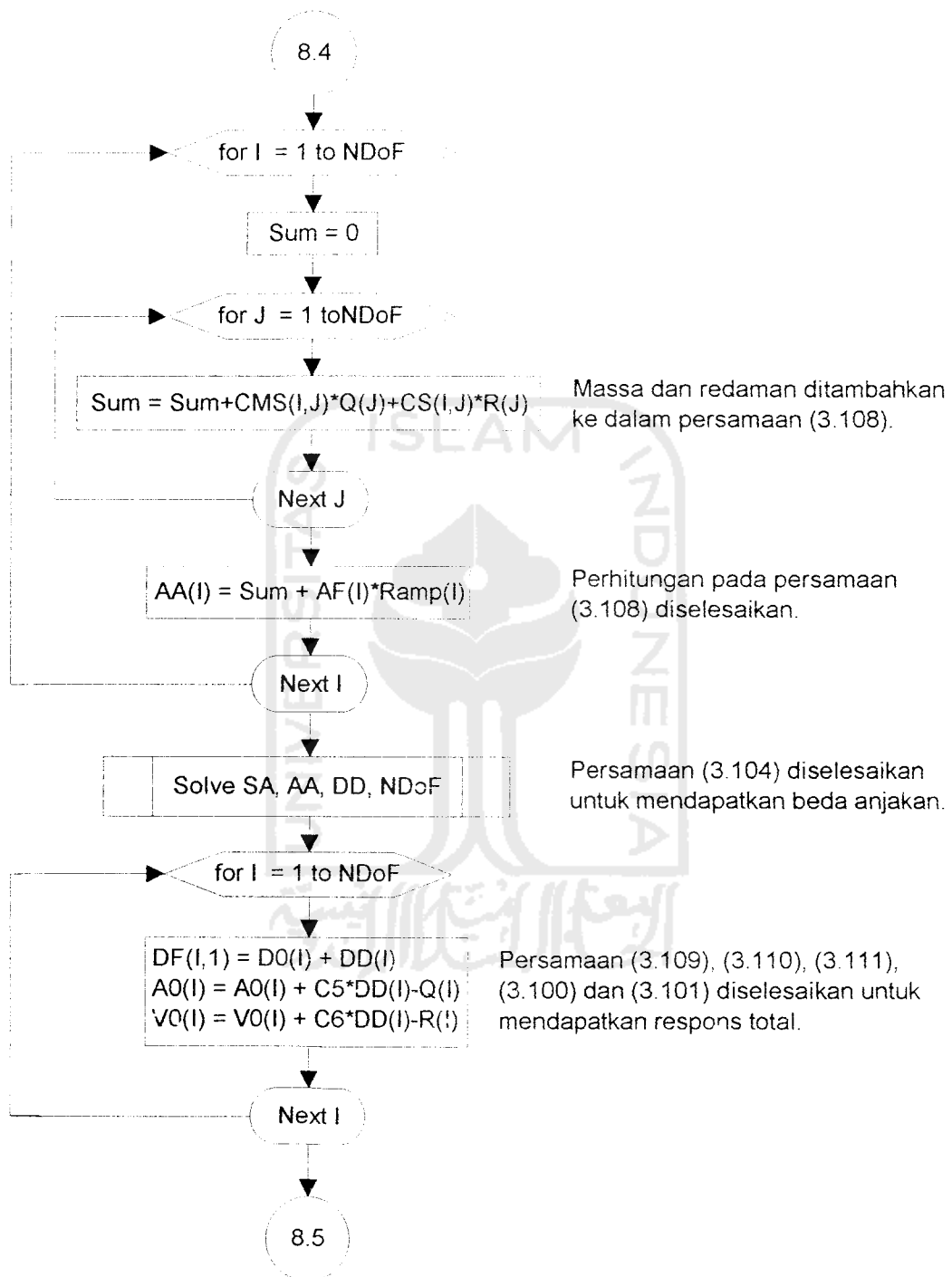


3. Hitung Percepatan Awal

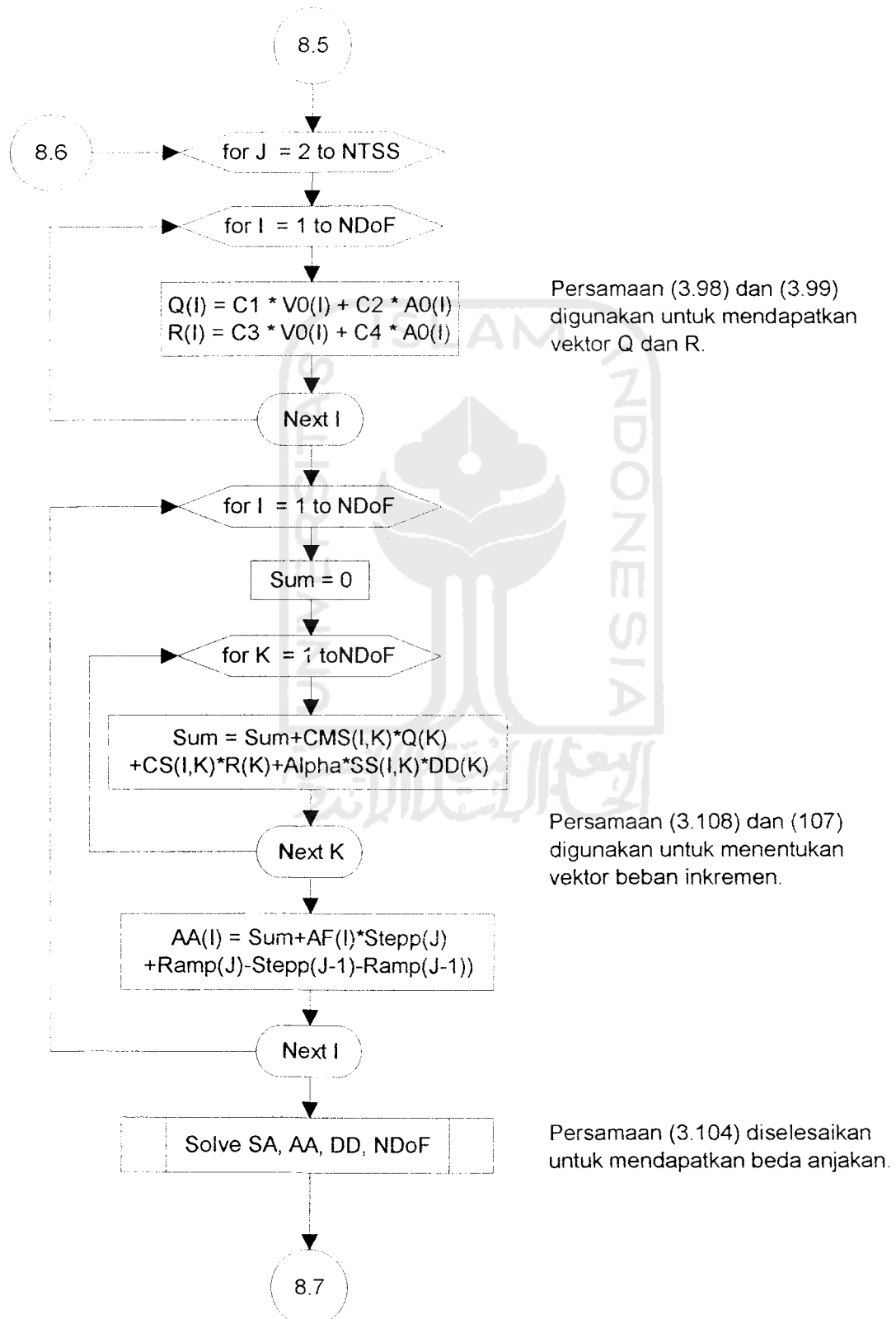


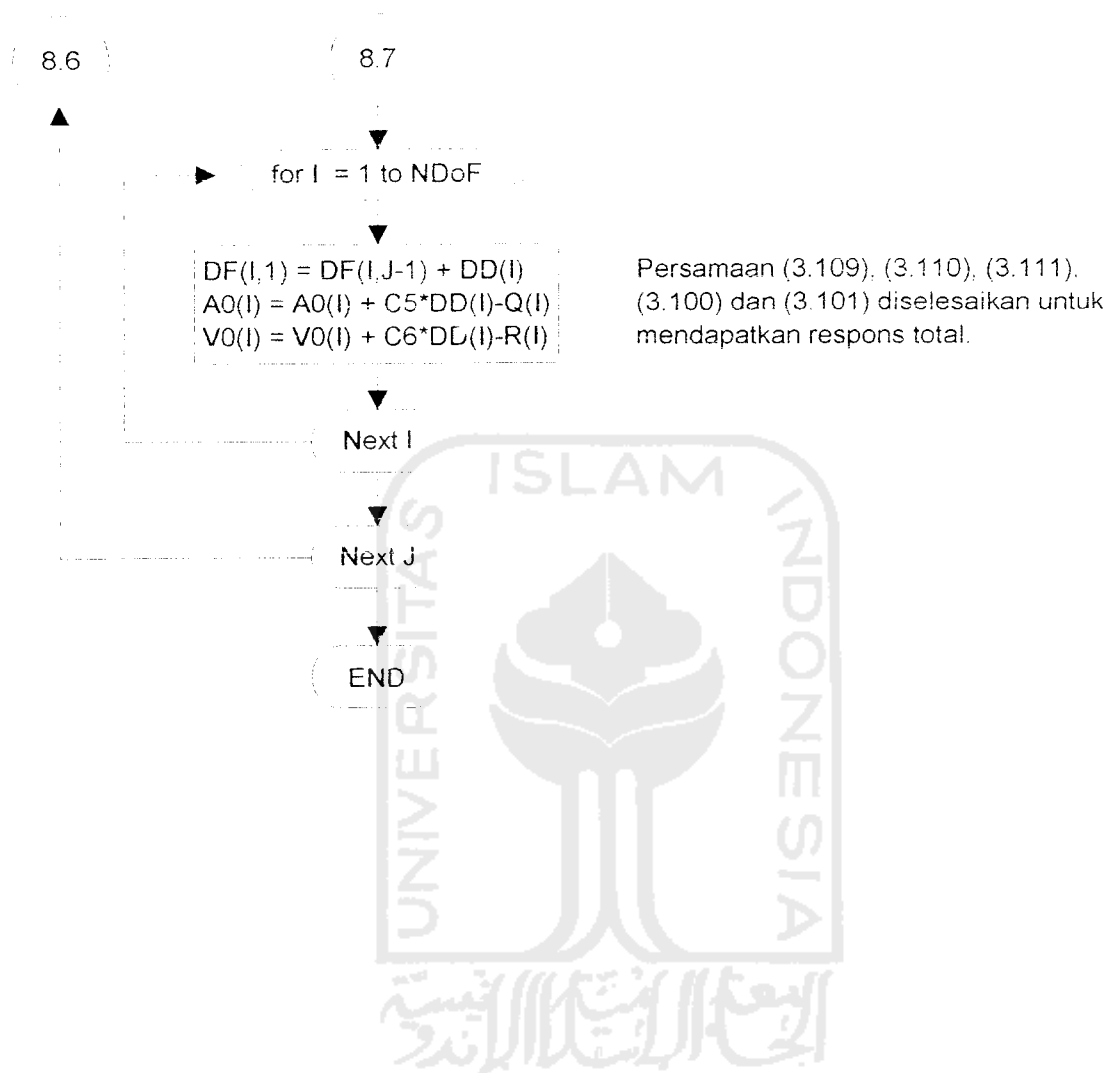


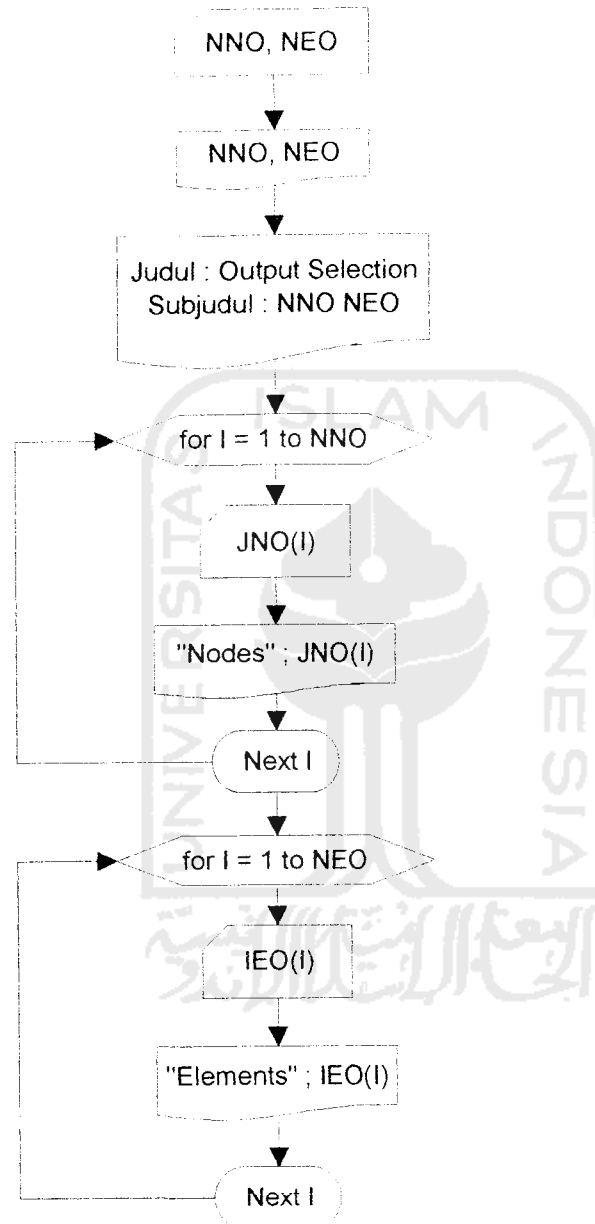
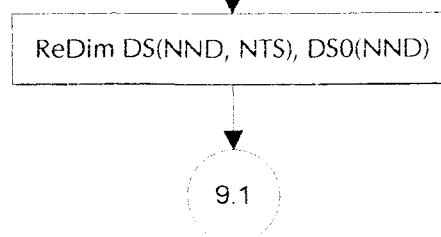


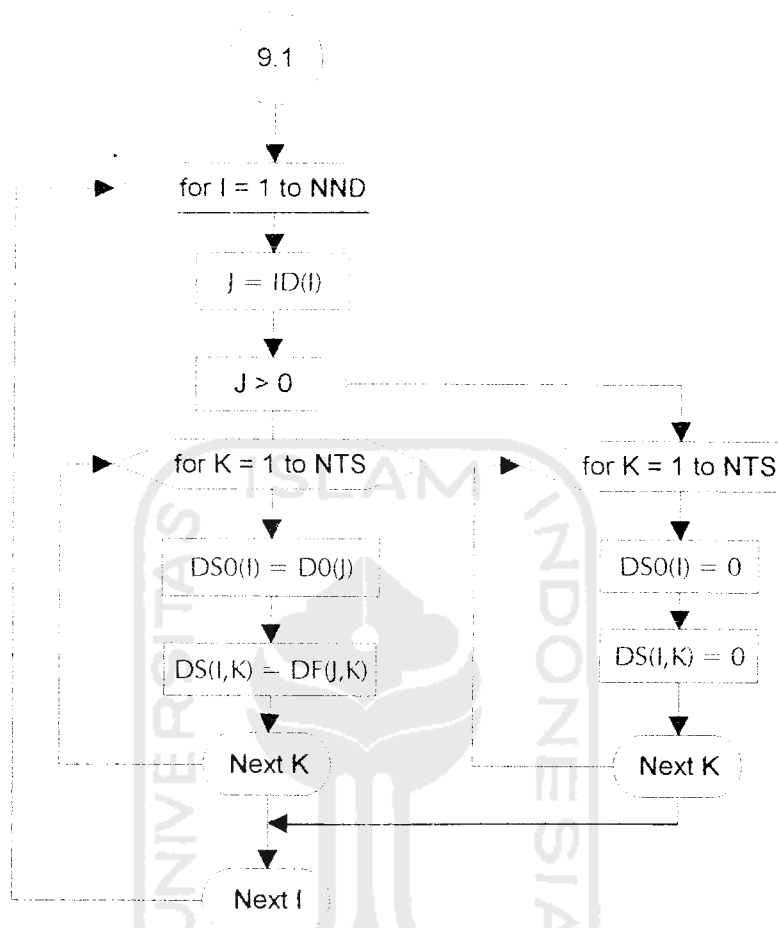


6. Hitung Respons untuk Langkah Waktu Subsekuen

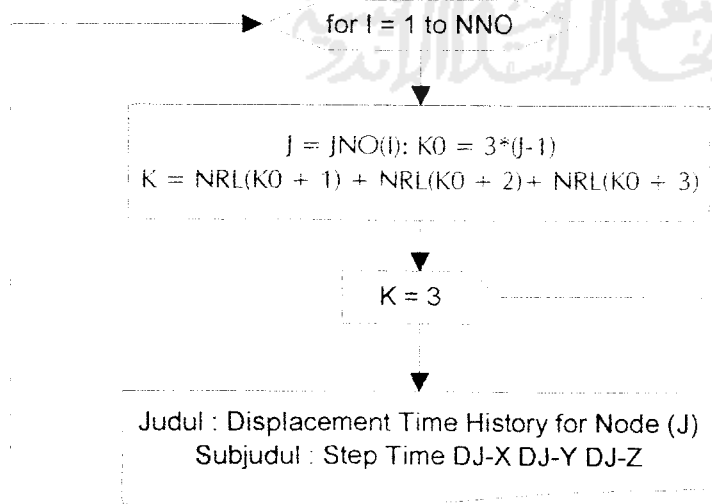




(9) RESULT2_ST**1. Penulisan Pilihan Keluaran****2. Pemindahan Anjakan dari DF ke DS**



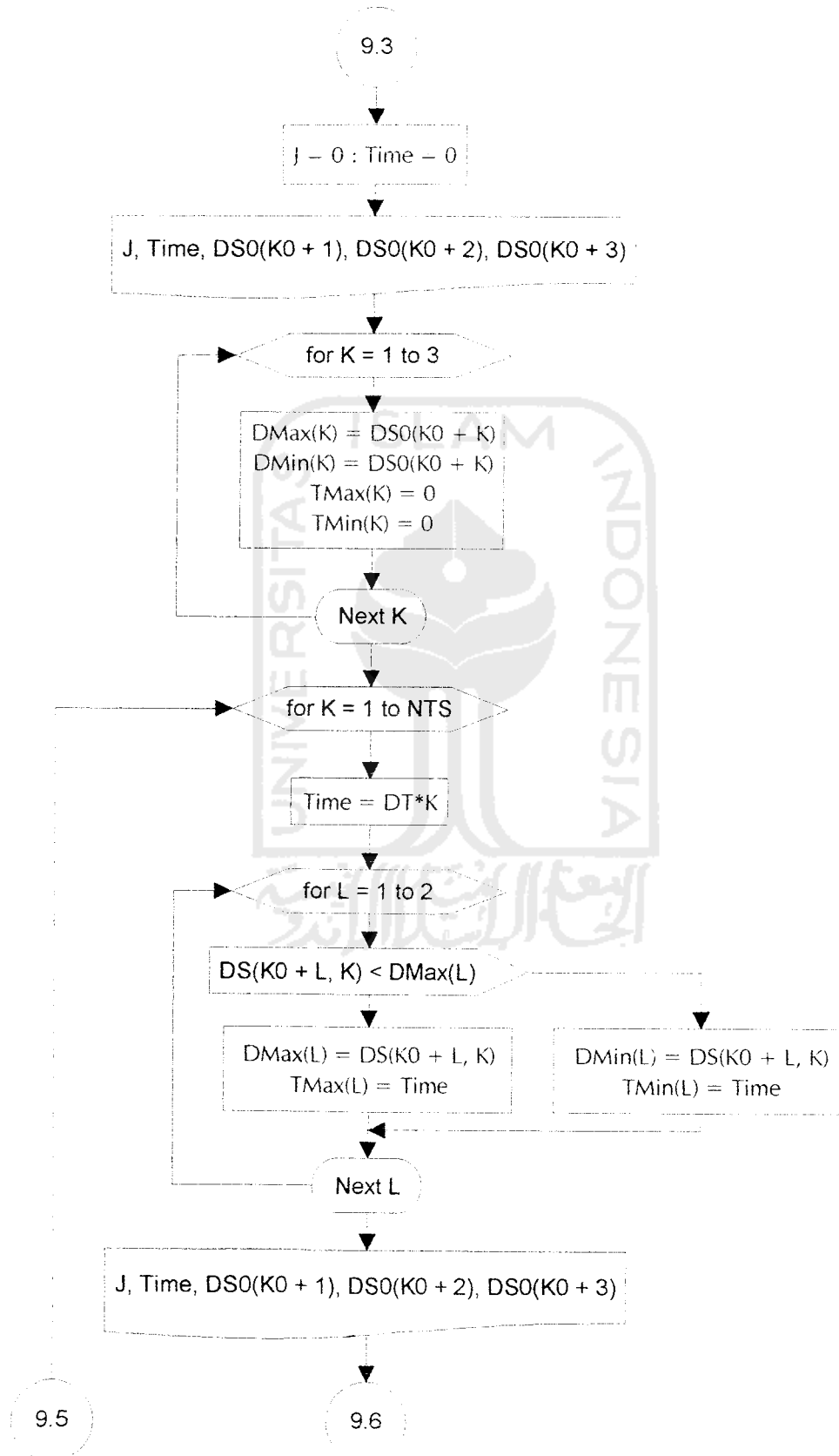
3. Penulisan Anjakan

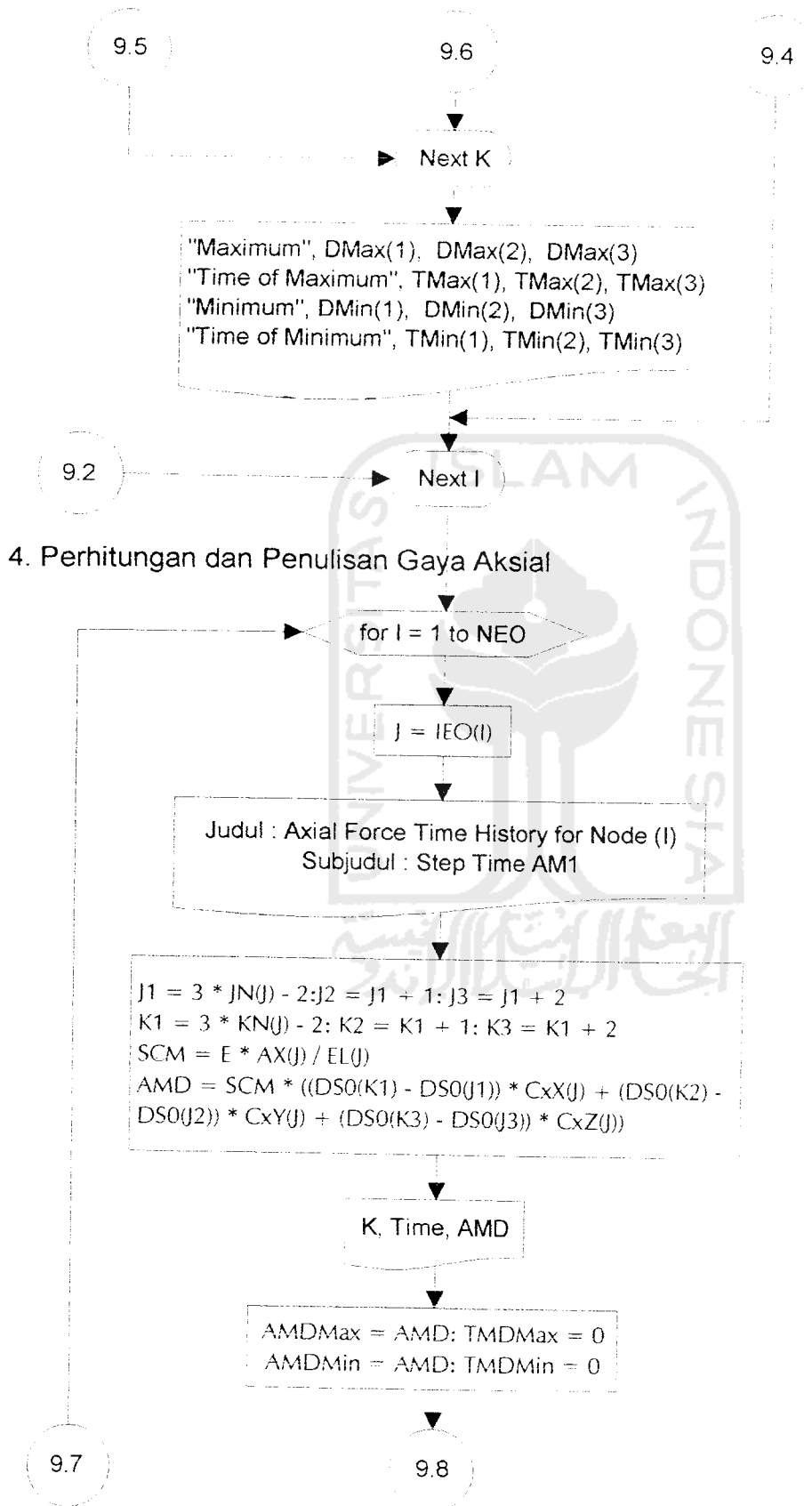


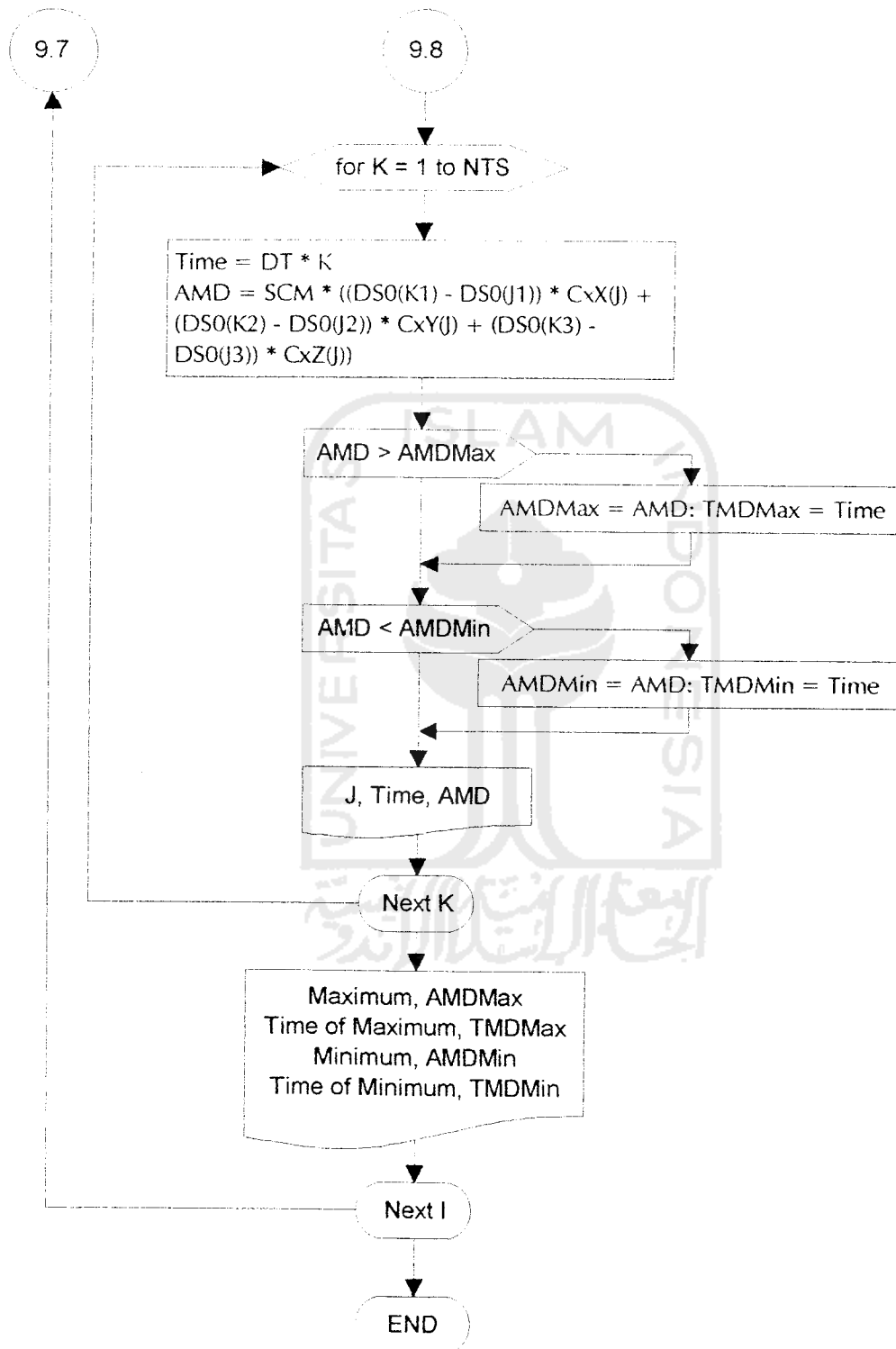
9.2

9.3

9.4







EL()	Double	Global	Panjang elemen struktur	X		X					X		X		X
Filenumber	Integer	Global	Nomor file	X	X								X	X	X
FO()	Double	Global	Ordinat fungsi		X								X		
GAC()	Double	Global	Matriks percepatan tanah		X								X		
Gamma	Double	Global	Parameter integrasi γ		X									X	
ID()	Integer	Global	Indeks anjakan	X		X							X		X
IEO()	Integer	Global	Jumlah elemen untuk keluaran tegangan		X										X
IGA	Integer	Global	Indikator percepatan tanah		X								X		
JN()	Integer	Global	Nomor titik buhul awal struktur	X		X							X		X
JNO()	Integer	Global	Jumlah titik buhul untuk keluaran anjakan		X										X
KN()	Integer	Global	Nomor titik buhul akhir struktur	X		X							X		X
LNO()	Integer	Global	Jumlah titik buhul untuk keluaran beban titik buhul		X								X		
NDoF	Integer	Global	Jumlah derajat kebebasan	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
NE	Integer	Global	Jumlah elemen struktur	X		X							X		
NEL	Integer	Global	Jumlah titik buhul terbebani		X								X		
NELO()	Integer	Global	Jumlah titik buhul terbebani untuk keluaran		X								X		X
NEO	Integer	Global	Jumlah elemen untuk keluaran		X										
NFO	Integer	Global	Jumlah ordinat fungsi		X								X		
NIIDO()	Integer	Global	Jumlah anjakan awal untuk keluaran		X								X		X

NIVO()	Integer	Global	Jumlah percepatan awal untuk keluaran	X							X	
NLN	Integer	Global	Jumlah titik buhul terbebani	X							X	
NN	Integer	Global	Jumlah titik buhul	X							X	
NND	Integer	Global	Jumlah anjakan titik buhul	X							X	X
NNID	Integer	Global	Jumlah titik buhul dengan anjakan awal	X							X	
NNIV	Integer	Global	Jumlah titik buhul dengan percepatan awal	X							X	
NNO	Integer	Global	Jumlah titik buhul untuk keluaran	X								X
NNR	Integer	Global	Jumlah kekangan titik buhul	X							X	
NRL()	Integer	Global	Matriks jumlah daftar kekangan	X							X	X
NRN	Integer	Global	Jumlah titik buhul terkekang	X							X	
NTS	Integer	Global	Jumlah langkah waktu	X							X	X
PHI()	Double	Global	Matriks vektor eigen								X	X
Ramp()	Double	Global	Vektor ramp									X
RHO	Double	Global	Kerapatan massa ρ	X							X	
RNO()	Integer	Global	Jumlah titik buhul terkekang untuk keluaran	X							X	
SS()	Double	Global	Matriks kekakuan struktur								X	X
Singular	Logical	Lokal	Indikator keadaan matriks									X
Stepp()	Double	Global	Vektor step								X	X
T()	Double	Global	Vektor waktu	X							X	

Title	String	Lokal	Judul Permasalahan									
U0	Double	Global	Matriks penampang sementara				X					
V00	Double	Global	Vektor kecepatan awal			X					X	X
X0, Y0, Z0	Double	Global	Koordinat titik buhul			X				X		

Keterangan:

Nomor pada sub program menunjukkan:

1. STRUCTURAL_DATA_ST
2. DYNAMIC_DATA_ST
3. STIFFNESS_AND_CONSISTENT_MASS_MATRIX_ST
4. STANDARD_SYMMETRIC
5. FIND_EIGENPAIRS
6. TRANSFORM_EIGENVECTORS
7. RESULT1_ST
8. DYNAMIC_LOAD_ST
9. DIRECT_NUMERICAL_INTEGRATION
10. RESULT2_ST

