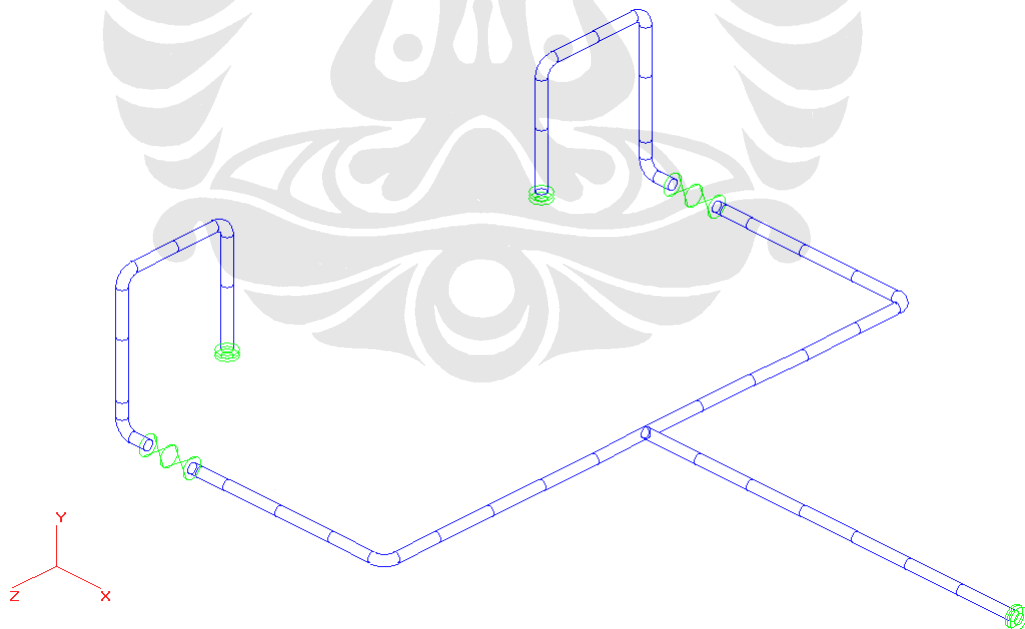


BAB IV

ANALISIS TEGANGAN PADA CABANG PIPA

Pada suatu perangkat lunak sistem stress analysis terdapat beberapa variabel yang dapat dijadikan input untuk selanjutnya dapat dilakukan analisis terhadap model. Sebagaimana dimaklumi bahwa suatu produk perangkat lunak stress analysis ini dirancang oleh suatu perusahaan dengan kaidah-kaidah piping code yang ada. Kaidah-kaidah tersebut diimplementasikan sedemikian rupa dengan menggunakan manipulasi data dan input sehingga memiliki kesamaan perhitungan dengan hitungan sebenarnya.

Hasil akhir yang diinginkan pada perangkat lunak tersebut salahsatunya adalah data-data yang berkaitan dengan tegangan-tegangan yang terjadi di model tersebut. Untuk mendapatkan hasil terakhir tersebut, masing-masing perangkat lunak menggunakan metode-metode tersendiri walaupun menggunakan rumus yang sama. Hal ini menyebabkan hasil output yang berbeda meskipun data input yang dimasukkan relatif sama.



Gambar 4.1. Model Sistem Perpipaan

4.1 PERSAMAAN CAESAR II DAN AUTOPIPE

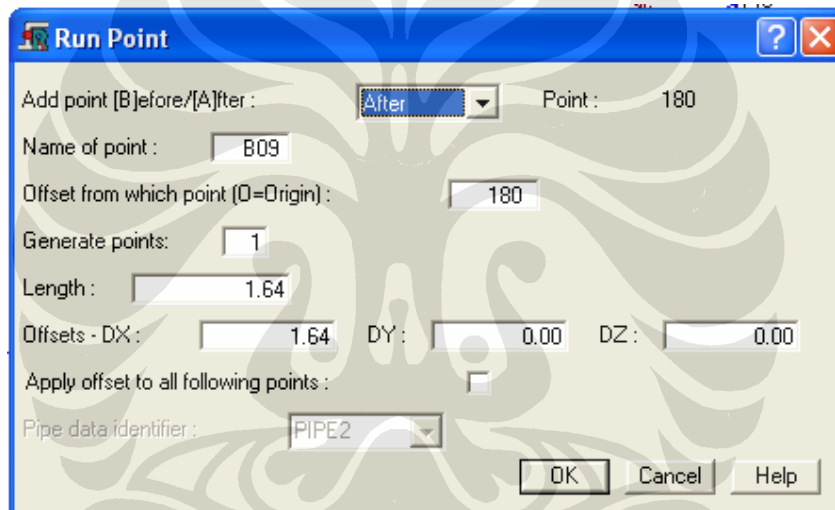
Sebagai sebuah perangkat lunak engineering baik Caesar II dan Autopipe dirancang untuk dapat memiliki input yang standar dalam perhitungannya. Berikut ini adalah faktor yang dominan mempengaruhi sebuah input dalam kedua perangkat lunak.

- a. input nomor nodal (from node to node)



From: 10
To: 20

Gambar 4.2. Input nodal Caesar II



Run Point

Add point [B]efore/[A]fter: After Point: 180

Name of point: B09

Offset from which point (O=Origin): 180

Generate points: 1

Length: 1.64

Offsets - DX: 1.64 DY: 0.00 DZ: 0.00

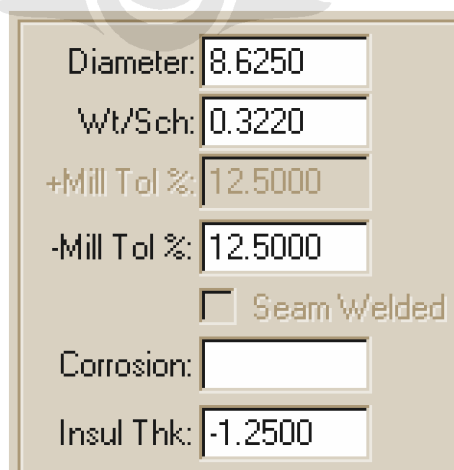
Apply offset to all following points:

Pipe data identifier: PIPE2

OK Cancel Help

Gambar 4.3. Input nodal Autopipe

- b. input dimensi pipa



Diameter: 8.6250

Wt/Sch: 0.3220

+Mill Tol %: 12.5000

-Mill Tol %: 12.5000

Seam Welded

Corrosion:

Insul Thk: -1.2500

Gambar 4.4. Input dimensi pipa Caesar II


Gambar 4.5. Input dimensi pipa Autopipe

c. input panjang dan orientasi pipa

Gambar 4.6. Input panjang pipa Caesar II

Gambar 4.7. Input panjang pipa Autopipe

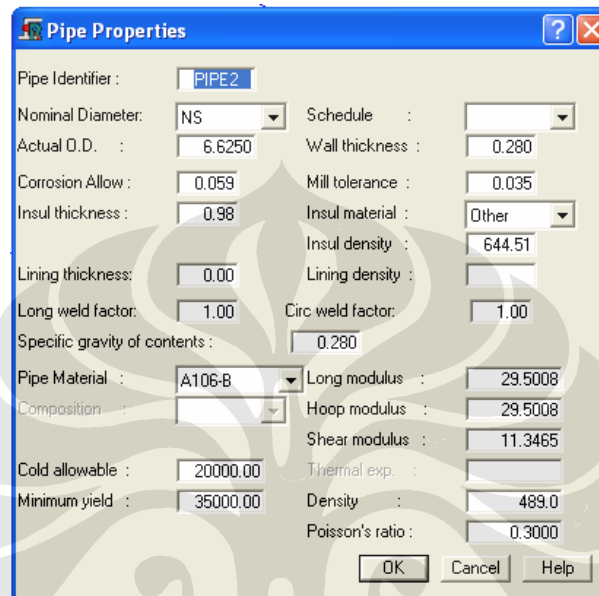
d. input material pipa



Material: (106)A106 B

Allowable Stress

Gambar 4.8. Input material pipa Caesar II



Pipe Properties

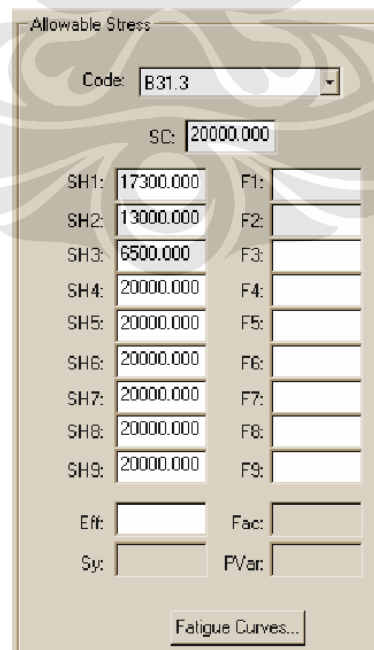
Pipe Identifier : PIPE2

Nominal Diameter: NS Schedule :
 Actual O.D. : 6.6250 Wall thickness : 0.280
 Corrosion Allow : 0.059 Mill tolerance : 0.035
 Insul thickness : 0.98 Insul material : Other
 Insul density : 644.51
 Lining thickness : 0.00 Lining density :
 Long weld factor : 1.00 Circ weld factor : 1.00
 Specific gravity of contents : 0.280
 Pipe Material : A106-B Long modulus : 29.5008
 Composition : Hoop modulus : 29.5008
 Shear modulus : 11.3465
 Cold allowable : 20000.00 Thermal exp. :
 Minimum yield : 35000.00 Density : 489.0
 Poisson's ratio : 0.3000

OK Cancel Help

Gambar 4.9. Input material pipa Autopipe

e. input kode standar



Allowable Stress

Code: B31.3

SC: 20000.000

SH1:	17300.000	F1:	
SH2:	13000.000	F2:	
SH3:	6500.000	F3:	
SH4:	20000.000	F4:	
SH5:	20000.000	F5:	
SH6:	20000.000	F6:	
SH7:	20000.000	F7:	
SH8:	20000.000	F8:	
SH9:	20000.000	F9:	

Eff: Fac:
 Sy: PVar:

Fatigue Curves...

Gambar 4.10. Input kode standar pipa Caesar II

General Model Options

Project ID : PROJECT:

Prepared by : Checked by :

Piping Code : B31.3

Service level : Seismic level :

Piping code to calculate SIF for General piping :

Units file name - Input : ENGLISH Output : ENGLISH

Vertical axis direction : Y-axis

Number of thermal/pressure cases: 1 Ambient temperature : 69.8

Libraries - Component : AUTOPIPE Material : AUTOB313

OK Cancel Help

Gambar 4.11. Input kode standar pipa Autopipe

f. input temperatur dan tekanan

Temp 1: 600.0000

Temp 2:

Temp 3:

Pressure 1: 150.0000

Pressure 2:

Pressure 3:

...

Gambar 4.12. Input pressure & temperatur pipa Caesar II

Pressure & Temperature

Current point : 160

Case number -	1	2	3
Pressure :	145.04		
Temperature :	249.80		
Hot modulus :	28.5510		
Hot allow. :	Auto 20000.00		

Apply only blue changes :

OK Cancel Help

Gambar 4.13. Input pressure & temperatur pipa Autopipe

4.2. PERBEDAAN CAESAR II DAN AUTOPIPE

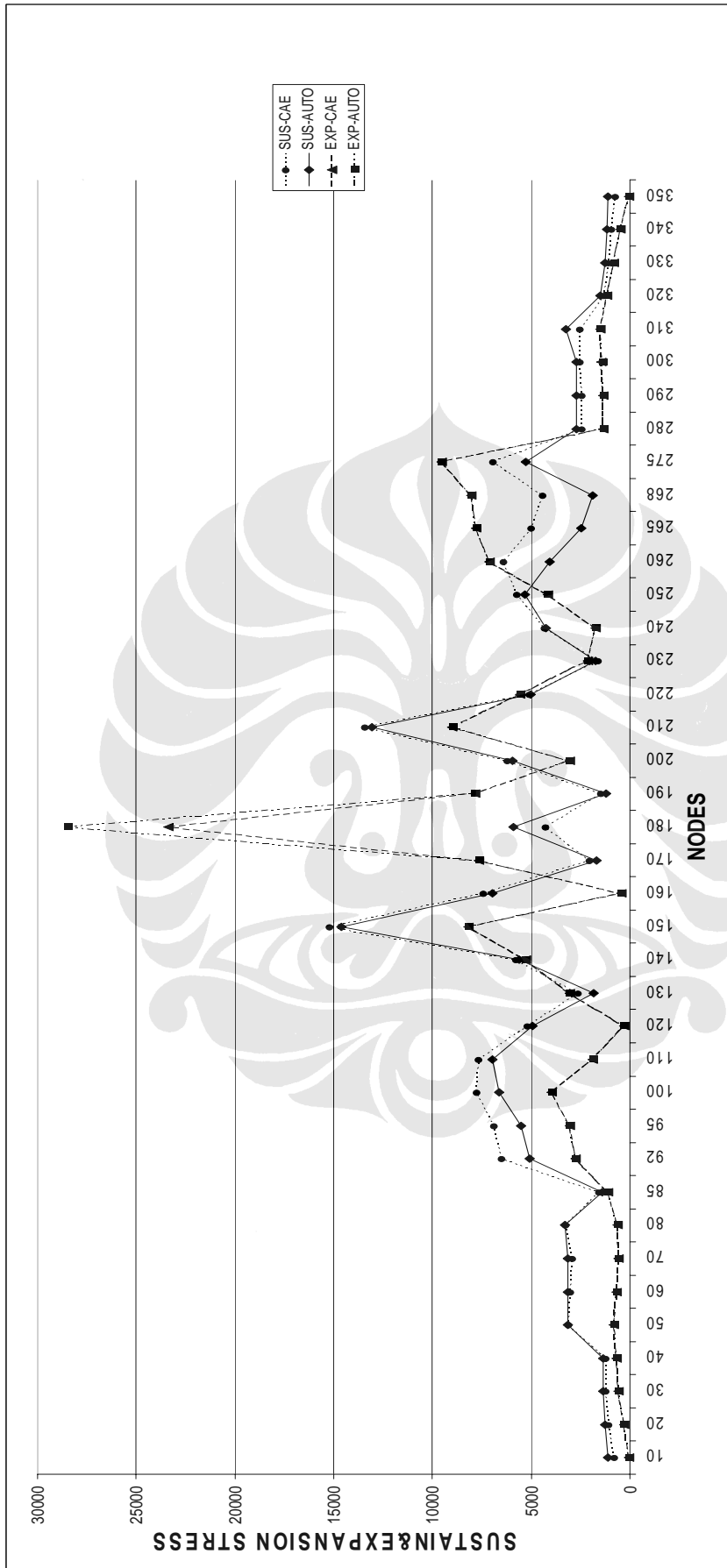
Hasil akhir dari suatu perangkat lunak adalah untuk mengetahui besar tegangan yang terjadi pada tiap nodal. Dengan demikian akan diketahui kecenderungan aliran tegangan yang ada pada tiap-tiap nodal. Hal tersebut akan terlihat jelas pada grafik 4.1 dan grafik 4.2 yang akan ditampilkan.

Analisis yang akan ditampilkan meliputi dua tegangan yang dominan yang terjadi pada suatu sistem perpipaan. Tegangan yang dimaksud adalah sustain stress dan expansion stress. Keterangan yang berkaitan dengan sustain stress dan expansion stress telah dijelaskan sebelumnya.

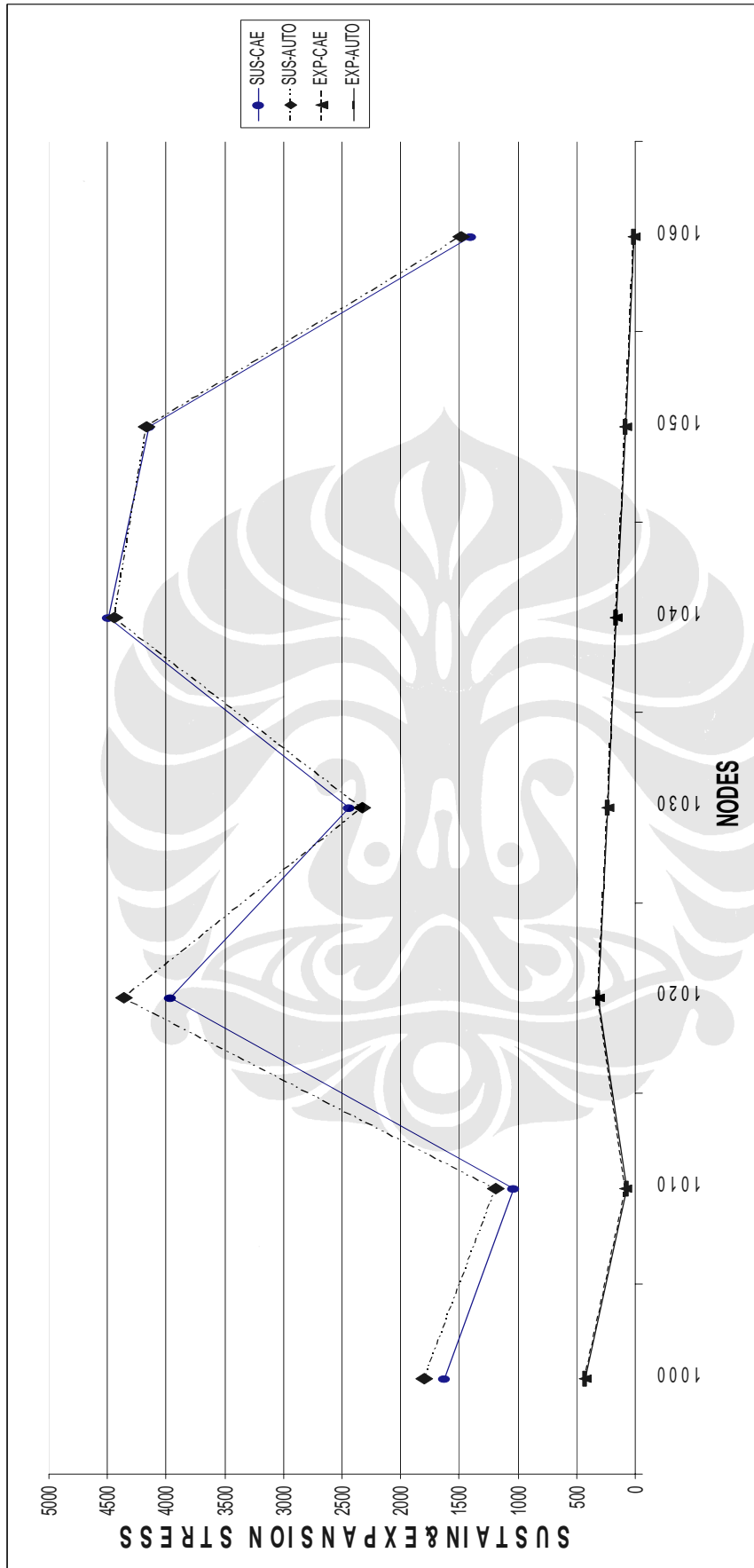
Seperti telah diketahui input data yang dilakukan dibuat sedemikian rupa hingga dihindari perbedaan yang timbul. Standar ukuran input yang dipakai pada model adalah English dengan penjelasan sebagai berikut:

- input nomor nodal (from node to node) menggunakan angka
- input dimensi pipa menggunakan inchi (In.)
- input panjang menggunakan inchi (In.)
- orientasi pipa menggunakan sumbu x, y, dan z
- input material pipa menggunakan A105 dan A106B
- input kode standar menggunakan ASME B31.3
- input temperatur menggunakan Fahrenheit (F)
- dan tekanan menggunakan pound /sq. inch (PSI)

Untuk dapat mengetahui besar tegangan yang terjadi, dibuat suatu grafik untuk melihat kecenderungan yang terjadi pada tiap batang. Batang-batang ini merupakan representasi dari jalur pipa yang ada pada model. Pada model dilakukan pembagian dua segmen analisis yaitu segmen A yaitu dimulai dari node 10 hingga node 150 dan segmen B yaitu dimulai dari node 1000 hingga 1060. Maksud dilakukan hal tersebut adalah agar dapat dilakukan analisis tegangan yang terjadi pada masing-masing titik batang.

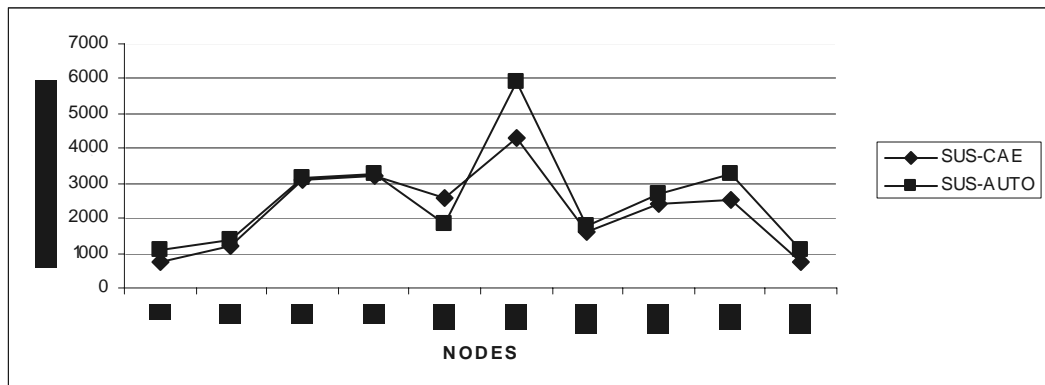


Gambar 4.14. Grafik Sustain Stress dan Expansion Stress Segmen A



Gambar 4.15. Grafik Sustain Stress dan Expansion Stress Segmen B

4.2.1. Perbedaan Sustain Stress Segmen A



Gambar 4.16. Sustain Stress Segmen A

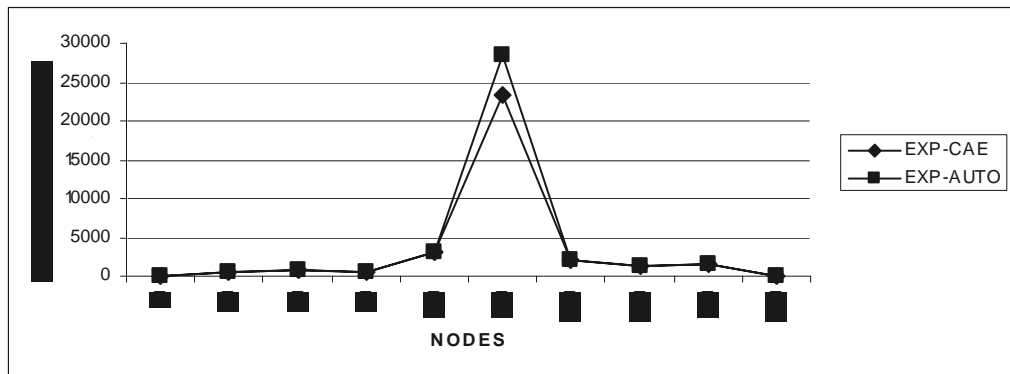
Pada grafik diatas dapat diketahui pergerakan sustain stress yang ada pada kedua perangkat lunak. Data yang didapatkan untuk segmen A ini adalah sebagai berikut:

NODE	SUSTAIN	
	CAE	AUTO
	SEGMENT A	
10	770	1105
30	1221	1351
50	3108	3160
80	3218	3284
130	2598	1852
180	4281	5888
230	1620	1762
280	2403	2714
310	2504	3249
350	749	1096

Tabel 4.1. Sustain Stress Segmen A

Nodal yang memiliki nilai sustain stress yang paling besar yaitu node 180 dengan besar tegangan sustain sebesar 4281 lb./sq.in. dengan perangkat lunak Caesar II dan sebesar 5888 lb./sq.in. dengan perangkat lunak Autopipe.

4.2.2. Perbedaan Expansion Strees Segmen A



Gambar 4.17. Expansion Strees Segmen A

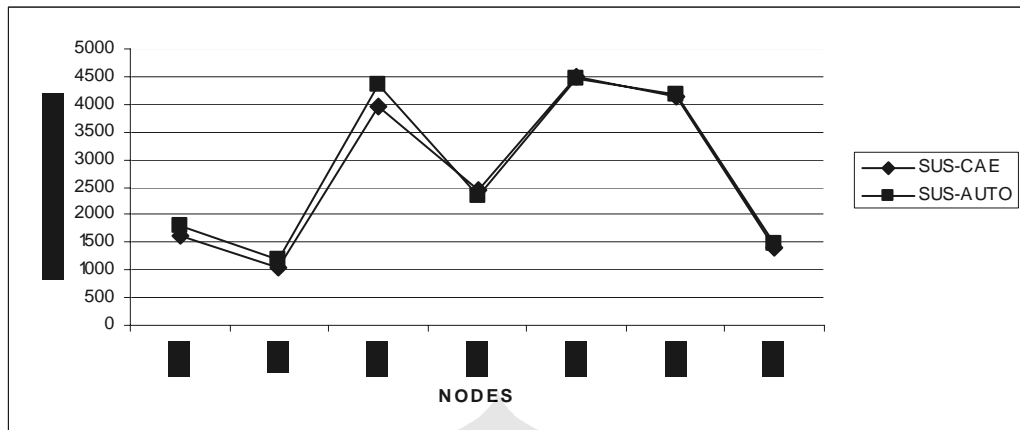
Pada grafik diatas dapat diketahui pergerakan expansion stress yang ada pada kedua perangkat lunak. Data yang didapatkan untuk segmen A ini adalah sebagai berikut:

NODE	EXPANSION	
	CAE	AUTO
	SEGMENT A	
10	28	28
30	604	603
50	799	798
80	609	608
130	3048	3028
180	23351	28441
230	2137	2116
280	1343	1339
310	1512	1508
350	44	44

Tabel 4.2. Expansion Strees Segmen A

Nodal yang memiliki nilai expansion stress yang paling besar yaitu node 180 dengan besar tegangan sustain sebesar 23351 lb./sq.in. dengan perangkat lunak Caesar II dan sebesar 28441 lb./sq.in. dengan perangkat lunak Autopipe.

4.2.3. Perbedaan Sustain Stress Segmen B



Gambar 4.18. Sustain Strees Segmen B

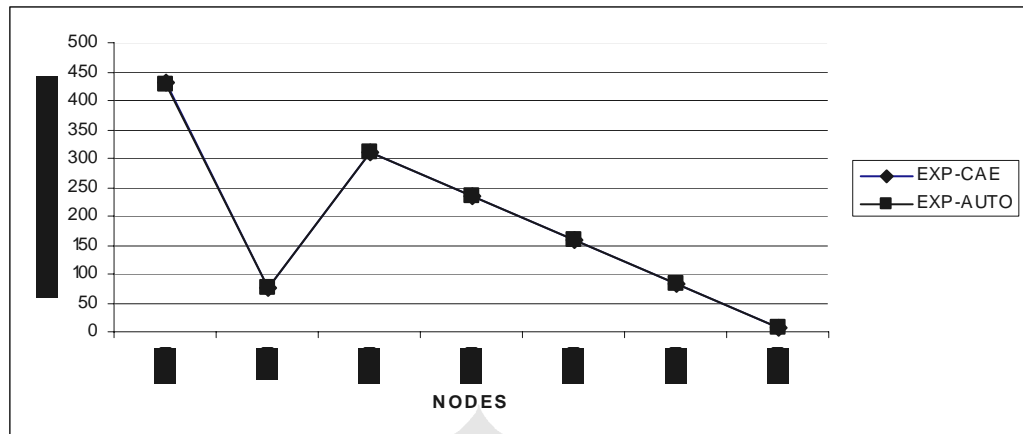
Pada grafik diatas dapat diketahui pergerakan sustain stress yang ada pada kedua perangkat lunak. Data yang didapatkan untuk segmen B ini adalah sebagai berikut:

NODE	SUSTAIN	
	CAE	AUTO
	SEGMENT B	
1000	1622	1794
1010	1037	1188
1020	3961	4360
1030	2442	2328
1040	4490	4443
1050	4142	4162
1060	1398	1484

Tabel 4.3. Sustain Strees Segmen B

Nodal yang memiliki nilai sustain stress yang paling besar yaitu node 1040 dengan besar tegangan sustain sebesar 4490 lb./sq.in. dengan perangkat lunak Caesar II dan sebesar 4443 lb./sq.in. dengan perangkat lunak Autopipe.

4.2.4. Perbedaan Expansion Strees Segmen B



Gambar 4.19. Expansion Strees Segmen B

Pada grafik diatas dapat diketahui pergerakan expansion stress yang ada pada kedua perangkat lunak. Data yang didapatkan untuk segmen B ini adalah sebagai berikut:

NODE	EXPANSION	
	CAE	AUTO
	SEGMENT B	
1000	431	427
1010	77	76
1020	311	312
1030	235	236
1040	159	160
1050	83	84
1060	7	7

Tabel 4.4. Expansion Strees Segmen B

Nodal yang memiliki nilai expansion stress yang paling besar yaitu node 1000 dengan besar tegangan sustain sebesar 431 lb./sq.in. dengan perangkat lunak Caesar II dan sebesar 427 lb./sq.in. dengan perangkat lunak Autopipe.

4.3. ANALISIS DATA TEGANGAN

Tegangan yang terjadi secara aktual berdasarkan pada hasil analisis komputer harus dapat dinyatakan bahwa sistem perpipaan adalah aman dalam arti tidak ada suatu masalah akibat dari operasional baik oleh temperatur dan tekanan. Kedua perangkat lunak menghasilkan hasil yang berbeda walaupun kecenderungan yang ada adalah sama.

Pembahasan mengenai tegangan ini akan difokuskan pada node 180

karena pada nodal ini terdapat nilai tegangan yang terbesar baik pada sustain stress dan expansion stress. Data dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{array}{l} S_l \text{ node 180} = 4281 \text{ lb./sq.in} \rightarrow \text{Caesar II} \\ S_l \text{ node 180} = 5888 \text{ lb./sq.in.} \rightarrow \text{Autopipe} \\ S_e \text{ node 180} = 23351 \text{ lb./sq.in.} \rightarrow \text{Caesar II} \\ S_e \text{ node 180} = 28441 \text{ lb./sq.in} \rightarrow \text{Autopipe} \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Berbeda } 1607 \text{ lb./sq.in} \\ \\ \text{Berbeda } 5090 \text{ lb./sq.in} \end{array}$$

4.3.1. Analisis Data Tegangan Sustain dan expansion

$$S_l = Pd_0 \left/ \begin{array}{l} 4t_n + F_{ax} \\ A + \frac{\sqrt{(i_i M_i)^2 + (i_o M_o)^2}}{Z} \end{array} \right.$$

$$S_e = \frac{1}{Z} \sqrt{(i_i M_i)^2 + (i_o M_o)^2 + M_t^2}$$

Diketahui:

P = pressure (tekanan) baik Caesar II dan Autopipe adalah 145,038 lb./sq.in

d_0 = diameter pipa baik Caesar II dan Autopipe adalah 6,625 in.

t_n = ketebalan nominal pipa baik Caesar II dan Autopipe adalah 0,280 in.

A = Luas penampang material pipa baik Caesar II dan Autopipe adalah

$$= \pi d_m t_n = \pi (6.345) (0.280)$$

$$= 5,583 \text{ sq. in.}$$

d_m = diameter rata-rata pipa $(d_i + d_o)/2$ baik Caesar II dan Autopipe adalah

$$= (6.6250 + 6.065)/2 = 6,345 \text{ in.}$$

i_i = In-plane stress intensification factor baik Caesar II dan Autopipe adalah 1,52

i_o = Out-of-plane stress intensification factor baik Caesar II dan Autopipe

adalah 1,69

Z = Section modulus of pipe, in³ baik Caesar II dan Autopipe 8,5

Tidak diketahui:

F_{ax} = gaya aksial, lb

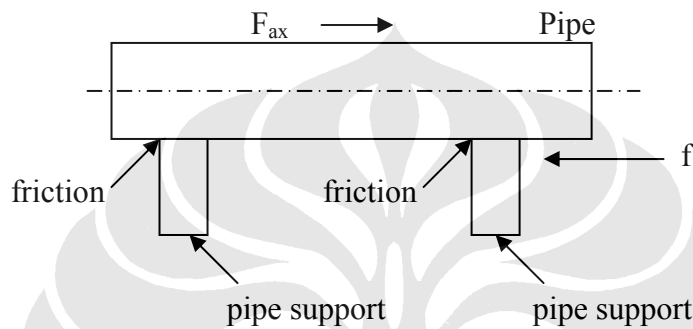
M_i = In-plane bending moment, in-lb dan

M_o = Out-of-plane bending moment, in-lb

M_t = Torsion moment, in-lb

4.3.2. Analisis Data *Friction Factor* Pipa

Setelah dilakukan analisis terhadap rumus sustain stress dan expansion stress, maka akan diketahui bahwa terdapat beberapa variabel yang tidak dapat diketahui secara pasti karena tidak masuk dalam input data yang dilakukan tetapi sangat mempengaruhi terhadap perhitungan tegangan. Hal ini termasuk dalam golongan masalah non linier. Masalah non linier menuntut kalkulasi dilakukan secara iterasi. Jika iterasi ini tidak berhasil, maka program akan berhenti karena masalah *non convergency*.



Gambar 4.20. Friction Factor pada pipa dan support

Kedua perangkat lunak memiliki dasar perhitungan tersendiri mengenai faktor friksi ini. Namun akan dapat dijelaskan bahwa pada suatu sistem perpipaan akan terdapat dua jenis friksi sebagai gaya reaksi terhadap gaya aksi F_{ax} , yaitu:

4.3.2.1. Faktor Friksi non Sliding (*static*)

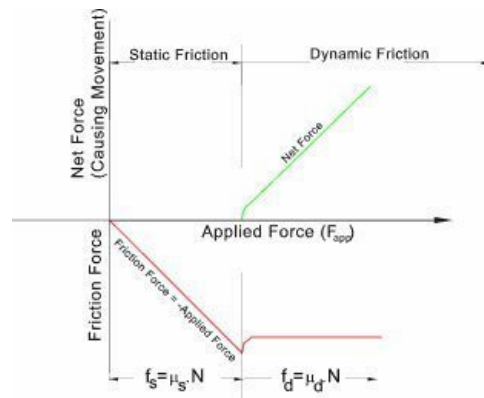
Sebelum bergerak gaya reaksi akibat friksi diasumsikan berbanding lurus dengan besarnya perpindahan sampai terjadi sliding dimana reaksi friksi ditentukan oleh persamaan:

$$F_{fr.NS} = S_{fr} \times D_{sl}$$

dimana

S_{fr} = Friction restraint stiffness

D_{sl} = Perpindahan sliding



Gambar 4.21. Static dan dinamic friction

<http://www.roymech.co.uk/table.css>

4.3.2.2. Faktor Friksi Sliding (*dynamic*)

$$F_{fr.} = \mu \times F_N$$

Dimana

μ = koefisien gesek

F_N = gaya normal

Berikut ini adalah daftar beberapa koefisien gesek :

Material 1	Material 2	Coefficient Of Friction				Test method
		DRY		Greasy		
		Static	Sliding	Static	Sliding	
Aluminum	Aluminum	1,05-1,35	1,4	0,3		
Aluminum	Mild Steel	0,61	0,47			
Bronze	Cast Iron		0,22			
Bronze	Steel			0,16		
Cast Iron	Cast Iron	1,1	0,15		0,07	
Hard Carbon	Hard Carbon	0,16		0,12 - 0,14		
Hard Carbon	Steel	0,14		0,11 - 0,14		
Iron	Iron	1,0		0,15 - 0,2		
Magnesium	Magnesium	0,6		0,08		
Nickel	Nickel	0,7-1,1	0,53	0,28	0,12	
Nickel	Mild Steel		0,64;		0,178	
Steel	Aluminium Bros	0,45				
Steel	Brass	0,35		0,19		
Steel(Mild)	Brass	0,51	0,44			
Steel (Mild)	Cast Iron		0,23	0,183	0,133	
Steel	Cast Iron	0,4		0,21		
Steel	Copper Lead Alloy	0,22		0,16	0,145	
Steel (Hard)	Graphite	0,21		0,09		
Steel	Graphite	0,1		0,1		

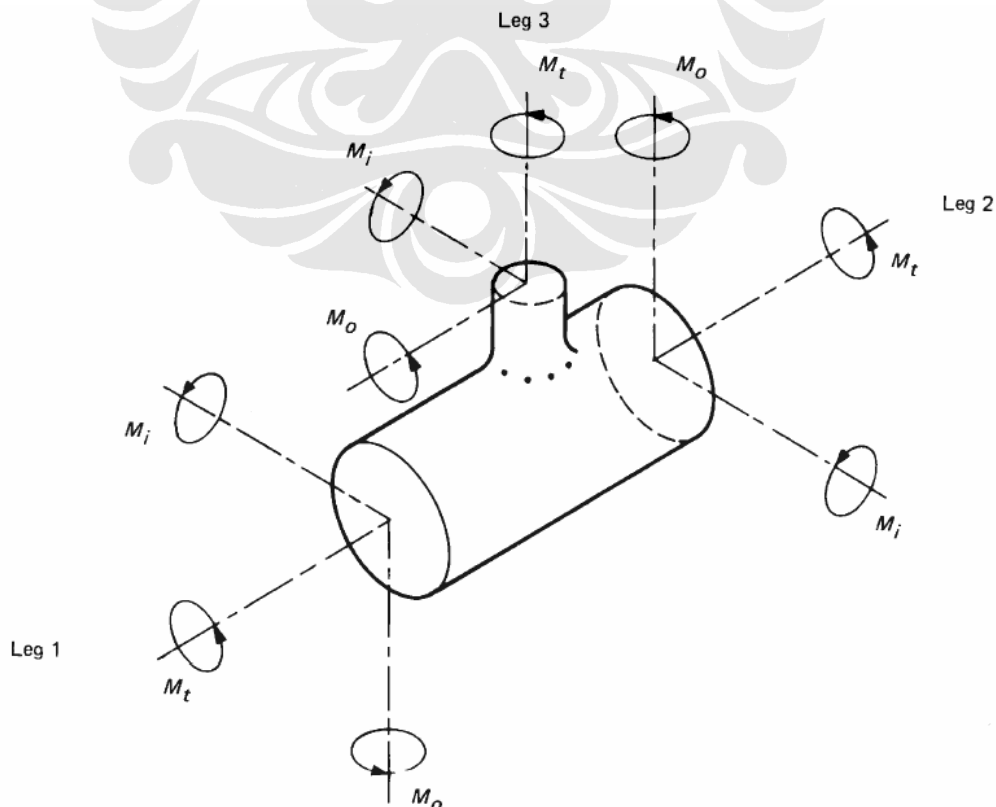
Steel (Mild)	Steel (Mild)	0,74	0,57		0,09-0,19	
Steel (Mild)	Steel (Mild)	-	0,62			FOR
Steel(Hard)	Steel (Hard)	0,78	0,42	0,05 - 0,11	0,029-0,12	
Steel	Zinc (Plated on steel)	0,5	0,45	-	-	
Teflon	Steel	0,04		0,04	0,04	
Teflon	Teflon	0,04		0,04	0,04	
Tin	Cast Iron		,32			

Tabel 4.5. Koefisien Gesek Material

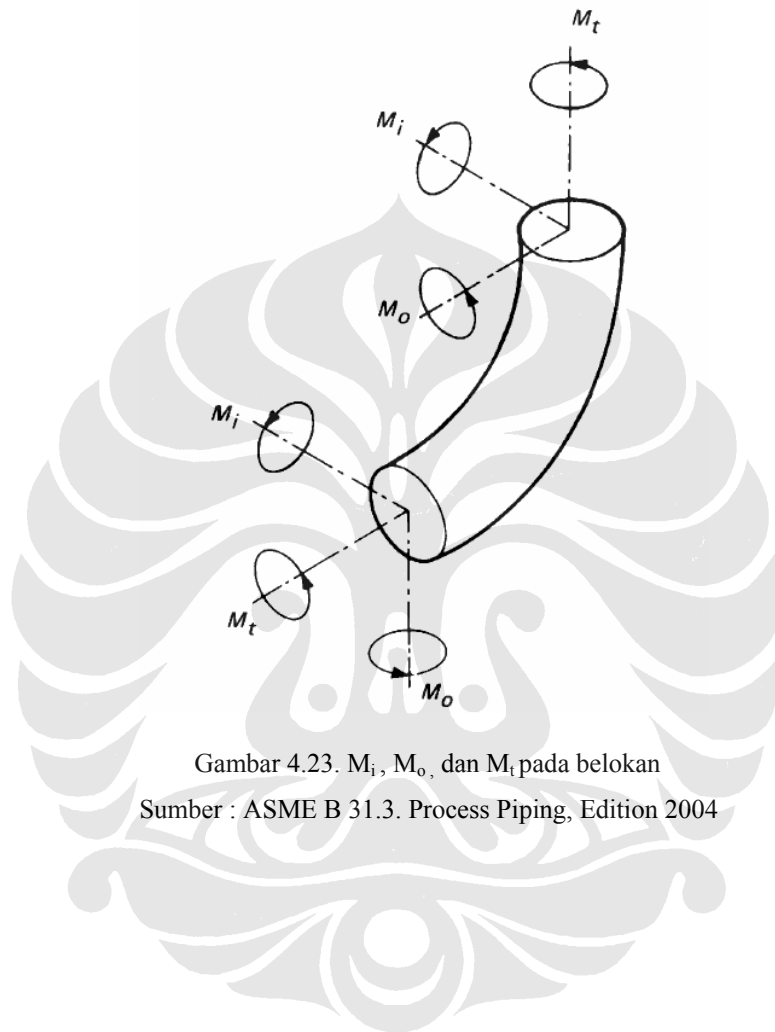
Sumber : <http://www.roymech.co.uk/table.css>

4.3.3. Analisis *In-plane bending moment* , *Out-of-plane bending moment*, dan *Torsion Moment*.

Pada Perhitungan tegangan pipa perlu diketahui besar dari M_i , M_o , dan M_t . Momen adalah hasil dari gaya terhadap jarak yang diukur. Pada Kedua perangkat lunak, hasil dari M_i , M_o , dan M_t akan diketahui dan menjadi perhitungan dalam mencari nilai tegangan. Karena Gaya (F) adalah variabel untuk mendapatkan momen-momen tersebut, dan tidak terlepas dari faktor adanya gaya gesek (f) maka M_i , M_o , dan M_t adalah variabel dalam rumus tegangan yang tergantung pada perhitungan perangkat lunak.



Gambar 4.22. M_i , M_o , dan M_t pada cabang
Sumber : ASME B 31.3. Process Piping, Edition 2004



Gambar 4.23. M_i , M_o , dan M_t pada belokan
Sumber : ASME B 31.3. Process Piping, Edition 2004