



TUGAS AKHIR - MO091336

**ANALISA TEGANGAN DAN VIBRASI PADA RISER
APNE-A DAN APNF PT. PERTAMINA HULU ENERGI
*OFFSHORE NORTH WEST JAVA (ONWJ)***

SIMON JUNIASI LUBIS

NRP. 4309 100 102

Dosen Pembimbing :

Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T, M.T, Ph.D

Ir. Joswan J Sudjono, M.Sc

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2014



FINAL PROJECT - M0091336

**STRESS AND VIBRATION RISER ANALYSIS OF
APNE-A AND APNF PT. PERTAMINA HULU ENERGI
OFFSHORE NORTH WEST JAVA (ONWJ)**

SIMON JUNIASI LUBIS

REG. 4309 100 102

Supervisors :

Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T, M.T, Ph.D

Ir. Joswan J Sudjono, M.Sc

OCEAN ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2014

**ANALISA TEGANGAN DAN VIBRASI PADA RISER APNE-A
DAN APNF PT. PERTAMINA HULU ENERGI OFFSHORE
NORTH WEST JAVA (ONWJ)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

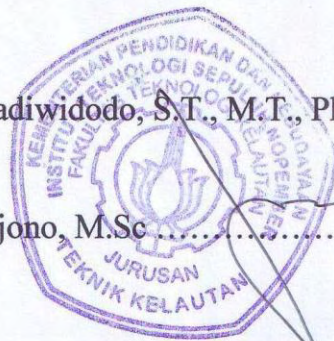
Oleh :

Simon Juniasi Lubis

NRP. 4309100102

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D(Pembimbing I)
2. Ir. Joswan J Sudjono, M.Sc(Pembimbing II)



Surabaya, Agustus 2014

**ANALISA TEGANGAN DAN VIBRASI PADA RISER
APNE-A DAN APNF PT. PERTAMINA HULU ENERGI
OFFSHORE NORTH WEST JAVA (ONWJ)**

Nama Mahasiswa : Simon J Lubis
NRP : 4309 100 102
Jurusan : Jurusan Teknik kelautan FTK – ITS
Dosen Pembimbing : Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T, M.T, Ph.D
Ir. Joswan J Sudjono, M.Sc

ABSTRAK

Sistem *riser* sangat vital sebagai media penghubung dan penyalur fluida antara fasilitas diatas permukaan air dan pipa bawah laut. Sistem *riser* tersebut didesain untuk mampu menerima berbagai beban, seperti beban fungsional dan beban lingkungan. Adanya perubahan kondisi yang dialami oleh *riser*, baik itu diakibatkan oleh keadaan internal maupun eksternal, dapat berdampak pada struktur material *riser*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar tegangan yang dialami oleh *riser* dengan variasi tekanan internal fluida, dan untuk mengetahui vibrasi yang dialami *riser* dengan variasi diameter dan kecepatan fluida. Analisa statis dilakukan dengan menggunakan *software* CAESAR untuk mengetahui besar tegangan yang diakibatkan oleh variasi tekanan internal fluida. Nilai tekanan internal yang masih dalam batas toleransi yakni 5Mpa dengan rasio 55% terhadap SMYS material material. Analisa dinamis dilakukan dengan menggunakan *software* ANSYS untuk mengetahui vibrasi yang dialami oleh *riser* dengan variasi kecepatan fluida. Analisa frekuensi natural *riser* juga dilakukan dengan variasi diameter dan tekanan desain. Analisa lokal dilakukan pada bentangan maksimal tiap *riser*, yakni 19.82 m (APNE-A) dan 19.86 m (APNF) untuk mengetahui karakteristik *displacement* yang terjadi.

Kata kunci : *riser*, tegangan, frekuensi natural, *displacement*

**STRESS AND VIBRATION RISER ANALYSIS OF APNE-A
AND APNF PT. PERTAMINA HULU ENERGI OFFSHORE
NORTH WEST JAVA (ONWJ)**

Student Name : Simon J Lubis
NRP : 4309 100 102
Departement : Jurusan Teknik kelautan FTK – ITS
Supervisor : Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T, M.T, Ph.D
Ir. Joswan J Sudjono, M.Sc

ABSTRACT

Riser system is very important to connecting and channelizing the fluid between facilities on top of surface water and pipeline in the seabed. These riser system designed to be able to hold the loads, such as functional load and environment load. A condition changing accepted by riser, may be caused by internal condition as well as external, can have the impact to the riser's material structure. This research has purposes to knowing stress value hold out by riser, with internal fluid pressure variation, and also knowing the vibration occurred with diameter and fluid velocity variations. Static analysis had to be done using CAESAR software to know the stress value caused by internal fluid pressure variation. Internal pressure value that still in limit of tolerance is 5 Mpa, with ratio about 55% to SMYS value of the material. Dynamic analysis had to be done using ANSYS software to know the vibration of riser with fluid velocity variation. Natural frequency analysis of the riser also had to be done with diameter and design pressure variations. Local analysis worked at the maximum span of each riser, it is about 19.82 m for APNE-A riser and 19.86 m for APNF riser, to know the characteristic of displacement that occurred.

Keywords : riser, stress, vibration, natural frequency, displacement.

KATA PENGANTAR

Salam Sejahtera

Puji dan Syukur atas berkat dan rahmat Tuhan yang berkelimpahan, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisa Tegangan dan Vibrasi Pada Riser APNE-A dan APNF PT. Pertamina Hulu Energi Offshore North West Java (ONWJ)**”.

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Dalam Tugas akhir, penulis melakukan analisa statis dan analisa dinamis pada *riser*. Analisa ini dilakukan untuk mengetahui batas tegangan ijin pada *riser*, karakteristik frekuensi natural yang dialami dengan variabel yang dikaji, seperti diameter *riser* dan tekanan internal fluida, dan juga karakteristik *displacement* atau perpindahan yang terjadi pada *riser*.

Penulis sangat mengharapkan agar karya tulis ini dapat menambah ilmu dalam bidang produksi dan dapat dijadikan acuan atau referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang berkaitan. Penulis juga menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi materi maupun penyusunannya, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan adanya saran atau masukan untuk perbaikan / penyusunan dalam pengembangan karya tulis ini di masa mendatang.

Surabaya, Agustus 2014

Simon J Lubis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	5
2.2.1 Aliran Fluida Pada Pipa Penampang Bundar	5
2.2.2 Tegangan Normal	5
2.2.2.1 Tegangan Gelang(<i>Hoop Stress</i>)	6
2.2.2.1 Tegangan Longitudinal (<i>Longitudinal Stress</i>)	7

2.2.2.1 Tegangan Arah Radial (<i>Radial Stress</i>).....	7
2.2.3 Tegangan Geser.....	8
2.2.3.1 Tegangan Akibat Gaya Geser (<i>Shear Stress</i>).....	8
2.2.3.1 Tegangan Akibat Momen Puntir (<i>Torsional Stress</i>).....	8
2.2.4 Tegangan Von Misses.....	9
2.2.5 Teori Gelombang Stoke Orde-2.....	9
2.2.6 Bilangan Reynold.....	11
2.2.7 Getaran.....	11
2.2.7.1 Tinjauan Umum.....	12
2.2.7.2 Derajat Kebebasan (DOF).....	15
2.2.8 Vibrasi Pada Riser.....	15
2.2.8 Metode <i>Likelihood of Failure</i>	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Pengumpulan Data.....	21
3.2 Pemodelan Dibantu Software.....	21
3.2.1 Pemodelan Menggunakan Caesar.....	22
3.2.2 <i>Riser Mechanical Model</i>	25
BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Analisa Statis Dengan Caesar.....	27
4.1.1 Hasil Perhitungan Tekanan <i>Riser</i> APNE-A.....	27
4.1.2 Hasil Perhitungan Tekanan <i>Riser</i> APNF.....	29
4.2 Analisa Dinamis Fluida Dengan Ansys.....	31
4.2.1 Pemodelan Aliran Fluida.....	32
4.2.2 Pembahasan.....	34
4.3 Analisa Dengan Metode LOF.....	35

4.4	Analisa Frekuensi Natural <i>Riser</i>	37
4.4.1	Perbandingan Frekuensi Natural Dengan Variasi Diameter	37
4.4.2	Perbandingan Frekuensi Natural Dengan Variasi Tekanan Desain	39
4.5	Validasi Hasil Pemodelan <i>Software</i> Dengan Perhitungan manual	41
4.6	Analisa <i>Displacement</i> Pada <i>Riser</i>	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		53
5.1.	Kesimpulan	53
5.2.	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA		55
LAMPIRAN A DATA <i>RISER</i>		
LAMPIRAN B DESAIN <i>RISER</i>		
LAMPIRAN C <i>OUTPUT</i> PEMODELAN ANSYS		
LAMPIRAN D PERHITUNGAN BEBAN GELOMBANG		
LAMPIRAN E TAMPILAN <i>MODE SHAPE</i> PADA <i>RISER</i>		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan Bilangan Reynold dan Koefisien Hidrodinamis.....	11
Tabel 2.2 Tipe Bentangan	18
Tabel 2.3 Metode Perhitungan Fv	18
Tabel 2.3 Metode Perhitungan Fv	18
Tabel 3.1 Data Proses.....	22
Tabel 3.2 Data Material <i>Riser</i>	22
Tabel 4.1 Tekanan Pada <i>Riser</i> APNE-A	28
Tabel 4.2 Tekanan Pada <i>Riser</i> APNF	29
Tabel 4.3 Hasil Tekanan Fluida Dengan Variasi Kecepatan	34
Tabel 4.4 Validasi Tekanan Fluida	36
Tabel 4.5 Frekuensi Natural <i>Riser</i> APNE-A Dengan Variasi Diameter	37
Tabel 4.6 Frekuensi Natural <i>Riser</i> APNF Dengan Variasi Diameter	37
Tabel 4.7 Frekuensi Natural <i>Riser</i> APNE-A Dengan Variasi Tekanan Desain.....	39
Tabel 4.8 Frekuensi Natural <i>Riser</i> APNF Dengan Variasi Tekanan Desain	39
Tabel 4.9 Hasil Frekuensi Natural <i>Riser</i> Dengan <i>Software</i> Caesar	41
Tabel 4.10 Validasi Frekuensi Natural	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Volume Kendali Aliran Pada Pipa Miring	6
Gambar 2.2 Elemen Vibrasi	12
Gambar 2.3 Getaran Bebas Tanpa Redaman	13
Gambar 2.4 Getaran Bebas Teredam	13
Gambar 2.3 Getaran Paksa Teredam.....	14
Gambar 2.6 Sistem Getaran Harmonik	15
Gambar 2.7 Getaran Bebas Tanpa Redaman	15
Gambar 2.8 Deskripsi Vibrasi Sederhana	16
Gambar 2.9 Contoh Bentuk <i>Flow Induced Vibration</i>	13
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Pengerjaan Tugas Akhir	20
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Pengerjaan Tugas Akhir	20
Gambar 3.2 Parameter Pemodelan <i>Riser</i> APNE-A.....	23
Gambar 3.3 Parameter Pemodelan <i>Riser</i> APNF	23
Gambar 3.4 Struktur <i>Riser</i> APNE-A Pada <i>Software</i> Caesar.....	24
Gambar 3.5 Struktur <i>Riser</i> APNF Pada <i>Software</i> Caesar	24
Gambar 3.6 <i>Riser Mechanical Model</i>	25
Gambar 4.1 Tampilan <i>Software</i> Caesar	27
Gambar 4.2 Pemodelan <i>Riser</i> APNE-A Dengan Caesar.....	28
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Tekanan Operasi Dan Batas Ijin Tegangan (APNE-A).....	29
Gambar 4.4 Pemodelan <i>Riser</i> APNF Dengan Caesar	30
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Tekanan Operasi Dan Batas Ijin Tegangan (APNF)	31
Gambar 4.6 Pemodelan <i>Riser</i> APNE-A	32

Gambar 4.7 Kontur Tekanan Oleh Fluida Pada <i>Riser</i> APNE-A.....	33
Gambar 4.8 Kontur Tekanan Oleh Fluida Pada <i>Riser</i> APNE-A.....	33
Gambar 4.9 Grafik Kecepatan Fluida Terhadap Tekanan Fluida	34
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Frekuensi Natural <i>Riser</i> APNE-A Dengan Variasi Diameter.....	38
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Frekuensi Natural <i>Riser</i> APNF Dengan Variasi Diameter.....	38
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Frekuensi Natural <i>Riser</i> APNE-A Dengan Variasi Tekanan Desain.....	40
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Frekuensi Natural <i>Riser</i> APNF Dengan Variasi Tekanan Desain.....	41
Gambar 4.14 Bentangan Maksimal Pada <i>Riser</i> APNE-A (19.8 m)	42
Gambar 4.15 Analisa Lokasi Pergeseran (<i>Displacement</i>) Pada <i>Riser</i> APNE-A Dan APNF	44
Gambar 4.16 Pemodelan <i>Riser</i> APNE-A Dengan Panjang Bentangan 19.8 m	45
Gambar 4.17 Beban Gelombang Pada Pemodelan <i>Riser</i> APNE-A	46
Gambar 4.18 Grafik <i>Displacement</i> Struktur <i>Riser</i> APNE-A Terhadap Sumbu x, y, z	48
Gambar 4.19 Grafik <i>Displacement</i> Struktur <i>Riser</i> APNF Terhadap Sumbu x, y, z	50
Gambar 4.20 Grafik <i>Reduced velocity for cross-flow oscillations</i>	51
Gambar 4.20 Grafik <i>reduced velocity for in-line oscillations</i>	52

DAFTAR NOTASI

- σ_H = tegangan di sekeliling pipa/ *Hoop Stress* (N/m^2)
- P_i = tekanan internal (Pa)
- P_e = tekanan eksternal (pairlaut.g.h)
- D = diameter luar pipa (m)
- t_1 = tebal minimum dinding pipa (m)
- σ_L = tegangan memanjang/ *Longitudinal Stress* (N/m^2)
- F_{ax} = gaya dalam pipa (N)
- A_m = luas penampang pipa (m^2)
- M_B = momen bending
- μ = viskositas dinamis fluida ($N.s/m^2$)
- σ_v = Tegangan ekuivalen/ *von misses stress* (N/m^2)
- I = momen inersia
- d = kedalaman laut (m)
- k = angka gelombang
- H = tinggi gelombang pada kedalaman yang ditinjau (m)
- T = periode gelombang (*sec*)
- ω = frekuensi gelombang (*rad/sec*)
- C_w = cepat rambat gelombang (*m/sec*)
- θ = sudut fase ($^{\circ}$)
- s = jarak vertikal titik yang ditinjau dari dasar laut (m)
- y = jarak vertikal suatu titik yang ditinjau terhadap muka air diam (m)
- L = panjang gelombang pada kedalaman yang ditinjau (m)
- g = percepatan gravitasi, (m/sec^2)
- ν_k = viskositas kinematis fluida untuk air laut ($m^2.sec^{-1}$)
- f_n = frekuensi natural (Hz)
- EI = kekakuan pipa (N.Kg)
- M = massa pipa dan massa tambah /*added mass* (slug/ft)
- C = konstanta kondisi ujung pipa

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Saat ini Pertamina Hulu Energi *Offshore North West Java* (PHE ONWJ) telah mengembangkan ladang minyak dengan pembuatan 3 anjungan lepas pantai yang baru. Penambahan 3 anjungan baru tersebut yakni APNE-A, APNE-B, APNF yang berlokasi di laut sebelah utara Jawa Barat. Anjungan tersebut akan memproduksi gas yang didistribusikan ke *MM complex*. Pendistribusian dilakukan menggunakan *riser* yang dihubungkan dengan jalur pipa anjungan APNB yang sudah ada sebelumnya.

Sebagai media penyalur fluida, *riser* didesain untuk mampu menerima berbagai beban, seperti beban fungsional (berat, tekanan, operasional) dan beban lingkungan (angin, hidrodinamika). Adanya perubahan kondisi yang dialami oleh *riser*, baik itu diakibatkan oleh keadaan internal maupun eksternal, dapat berdampak pada struktur material *riser*.

Desain nilai tekanan operasi yang sesuai merupakan salah satu variabel yang harus diperhatikan dalam perancangan *riser*. Peningkatan *pressure* atau tekanan secara statis dapat berdampak terhadap tegangan yang terjadi pada *riser*. Tegangan dipertimbangkan dalam dua sumbu (*biaxial*) : tegangan gelang di sekeliling pipa (*hoop stress*), yang berkaitan dengan perancangan diameter riser dan tegangan secara memanjang (*longitudinal stress*), yang berkaitan dengan tekanan, suhu, lengkungan. Secara umum, nilai tegangan dalam batas toleransi, mempunyai batasan terhadap SMYS (*specified minimum yield stress*) dengan faktor perancangan yang ditentukan (Soegiono 2006).

Sementara itu, kecepatan fluida di dalam *riser* berhubungan terhadap nilai tekanan fluida yang dihasilkan. Penelitian yang dilakukan oleh Medio (2009) menganalisa vibrasi pada pipa, memperlihatkan hubungan antara kecepatan aliran internal fluida dengan tekanan fluida yang berbanding lurus. Peningkatan kecepatan aliran internal fluida akan menghasilkan tekanan fluida yang lebih

besar. Tekanan fluida ini akan memicu getaran pada struktur. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan frekuensi natural dari struktur.

Guo dan Luo (2007) melakukan eksperimen dengan memodelkan *riser* yang disimulasikan pada tangki uji (*water flume*) dengan variasi kecepatan internal fluida. Eksperimen ini menghasilkan hubungan yang mana peningkatan kecepatan aliran internal fluida akan mengakibatkan penurunan nilai frekuensi natural dari *riser*. Penurunan nilai frekuensi natural struktur yang mendekati atau sama dengan frekuensi eksitasi akan mengakibatkan kegagalan (*failure*) struktur. Nilai frekuensi natural struktur yang tinggi akan meminimalkan osilasi yang dialami struktur tersebut.

Pada tugas akhir ini, pemodelan dan analisa kekuatan *riser* secara statis dan dinamis akan dibantu dengan program komputasi (*software*). Hasil analisa statis yang tergolong masih dalam batas toleransi aman akan dilanjutkan dengan analisa dinamis.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi pokok bahasan dalam tugas akhir ini antara lain:

1. Bagaimana nilai tegangan yang dialami riser pada setiap variasi perubahan *pressure* yang terjadi di dalam aliran?
2. Bagaimana vibrasi yang dialami riser pada setiap variasi diameter dan kecepatan fluida?

1.3 Tujuan

Berdasarkan perumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui besar tegangan yang dialami oleh riser akibat variasi *pressure* yang terjadi
2. Mengetahui besar vibrasi yang dialami oleh riser akibat variasi kecepatan fluida yang mengalir di dalam *riser*

1.4 Manfaat

Setelah mengetahui hasil analisa, maka dapat diketahui besaran nilai *pressure* atau tekanan dan kecepatan fluida mengalir yang masih dalam batas toleransi aman. Dengan demikian, kegagalan (*failure*) pada *riser* dapat dihindari pada saat mendistribusikan gas dari *offshore* ke *subsea pipeline*.

1.5 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan ruang lingkup dari permasalahan, maka permasalahan akan dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Analisis faktor lain yang mempengaruhi pipa selain tegangan dan vibrasi tidak dibahas dalam tugas akhir ini.
2. Fluida yang dialirkan yaitu fluida gas *single phase*.
3. Vibrasi yang terjadi disebabkan oleh *velocity* fluida dan beban lingkungan, tidak mempertimbangkan variabel yang lain
4. Fluida diasumsikan *uniform*.
5. Dinding pipa bagian dalam dianggap halus.
6. VIV (*vortex induced vibration*), *pressure drop* dan korosi tidak dibahas dalam tugas akhir ini.
7. Analisa dilakukan sesuai standar DNV OS F101 Submarine Pipeline Systems.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Menurut Guo (2004), *riser* dapat didefinisikan sebuah segmen pipa vertikal yang menghubungkan antara fasilitas diatas permukaan air dan pipa bawah laut. Desain *riser* biasanya berdasarkan gabungan segmen-segmen pipa, pengapit (*clamp*), penyangga, dan pengembangan perangkat lainnya.

Sebuah sistem *riser* sangat penting sebagai penghubung antara bangunan laut dan *wellheads* pada dasar laut. *Riser* terbagi atas 2 jenis, yaitu *rigid riser* dan *flexible riser*. Pencampuran dari kedua jenis riser ini dinamakan *hybrid riser*. Sistem riser harus direncanakan agar beban eksternal tetap dalam batas yang dapat diterima :

- tegangan dan gaya
- getaran
- kelelahan akibat gelombang
- gangguan lainnya

Bay (2005) mengatakan, *riser* harus dirancang sependek mungkin untuk mengurangi biaya material dan biaya instalasi, namun tetap fleksibel untuk menerima penyimpangan yang relatif besar akibat berbagai hal.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Aliran Fluida pada Pipa Penampang Bundar

Menurut Streeter (1990), fluida merupakan zat yang berubah bentuk secara kontinu bila terkena tegangan geser, betapapun kecilnya tegangan itu. Tegangan geser merupakan perbandingan gaya geser terhadap luas dengan berkurangnya luas hingga menjadi titik tersebut.

Pada gambar 2.1 berikut, volume kendali terdiri atas dinding tabung aliran antara penampang 1 dan 2, dan ujung penampang 1 dan 2. Aliran stedi menyebabkan laju aliran massa keluar dari volume kendali menjadi nol, yang

mana kondisi fluida tidak berubah terhadap waktu. Debit (Q) atau *flow rate* didefinisikan sebagai perkalian antara kecepatan dan luas penampang. Maka laju aliran massa dapat dituliskan sebagai berikut (Streeter 1990)

$$m = \rho_1 Q_1 = \rho_2 Q_2 \dots\dots\dots (2.1)$$

Untuk aliran stedi takmampumampat

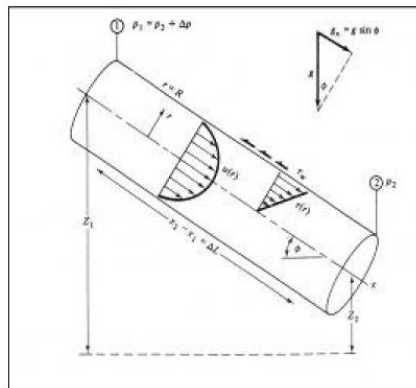
$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

Q = debit aliran (m³/s)

A = luas penampang pipa (m²)

V = kecepatan aliran pada penampang (m/s)



Gambar 2.1 Volume kendali aliran pada pipa miring (white 1994)

2.2.2 Tegangan Normal

Dalam penjabarannya, tegangan normal dibagi menjadi beberapa bagian, yakni tegangan gelang di sekeliling riser (*hoop stress*), tegangan secara memanjang (*longitudinal stress*), dan tegangan arah radial (*radial stress*).

2.2.2.1 Tegangan Gelang (*Hoop Stress*)

Tegangan ini bekerja dalam arah tangensial dan besarnya bervariasi dalam terhadap tebalnya dinding pipa.

$$\sigma_H = \frac{(P_i - P_e)D - t_1}{2t_1} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

- σ_H = tegangan di sekeliling pipa
- P_i = tekanan internal
- P_e = tekanan eksternal (pailaut.g.h)
- D = diameter luar pipa
- t_1 = tebal minimum dinding pipa

2.2.2.2. Tegangan Longitudinal (*Longitudinal Stress*)

Tegangan secara memanjang bekerja dalam arah aksial sejajar dengan sumbu pipa, dan bergantung kepada tekanan, suhu, lengkungan, serta tegangan sisa yang sukar sehingga sering diabaikan.

$$\sigma_L = \frac{F_{AX}}{A_m} + \frac{Pd_0}{4t} + \frac{M_B}{Z} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

- σ_L = tegangan di sekeliling pipa
- F_{ax} = gaya dalam pipa
- A_m = luas penampang pipa
- M_B = momen bending
- Z = section modulus

2.2.2.3. Tegangan Arah Radial (*Radial Stress*)

Tegangan ini bekerja dalam arah radial dan besarnya bervariasi dari permukaan dalam ke permukaan luar. Tekanan internal mencapai nilai maksimum pada permukaan dalam dan nilai minimum pada permukaan luar.

$$\sigma_R = \frac{P \left(r_i^2 - \frac{r_i^2 r_o^2}{r^2} \right)}{(r_o^2 - r_i^2)} \dots\dots\dots (2.5)$$

2.2.3 Tegangan Geser

Penjabaran dari tegangan geser digolongkan ke dalam dua jenis, yakni tegangan akibat gaya geser (*shear stress*) dan tegangan akibat momen puntir (*torsional stress*).

2.2.3.1 Tegangan Akibat Gaya Geser (*Shear Stress*)

Tegangan ini bekerja dalam arah sejajar penampang. Nilai maksimum dari tegangan ini diperoleh ketika berada di sumbu netral. Sebaliknya, nilai minimum diperoleh pada jarak maksimum dari sumbu netral.

$$\tau_{\max} = \frac{VQ}{A_m} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

V = gaya geser

A_m = luas penampang

Q = faktor gesekan (1.33 untuk bagian *solid circular*)

2.2.3.2 Tegangan Akibat Momen Puntir (*Torsional Stress*)

Tegangan ini memiliki nilai maksimum di bagian dinding luar. Besarnya tegangan maksimum diekspresikan dalam persamaan (2.7).

$$\tau = \frac{M_T c}{R} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\tau_{\max} = \frac{M_T}{2Z} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

C = jarak dari titik pusat

M_T = momen puntir

R = *Torsional resistance*

$$= \pi(d_o^4 - d_i^4)/32$$

2.2.4. Tegangan Von Misses

Merupakan tegangan yang bekerja pada benda 3 dimensi searah sumbu x, y, dan z. Tegangan Von Misses dapat ditentukan dengan formula sebagai berikut :

$$2 \sigma_v^2 = (\sigma_r - \sigma_h)^2 + (\sigma_h - \sigma_d)^2 + (\sigma_d - \sigma_r)^2 \dots\dots\dots (2.9)$$

keterangan :

σ_h = *hoop stress*

σ_r = *radial stress* = *P* (internal pressure)

σ_v = *von misses stress*

dan tegangan aksial diberikan dengan formula sebagai berikut :

$$\sigma_a = \frac{D_i M_b}{2I} + \frac{T_a}{A_s} \dots\dots\dots (2.10)$$

keterangan :

D_i = diameter dalam riser

M_b = moment bending

I = momen inersia

T_a = gaya aksial

A_s = *steel cross-sectional area*

2.2.5 Teori Gelombang Stokes Orde-2

Gelombang pada dasarnya adalah manifestasi dari gaya-gaya yang bekerja pada fluida. Ketika gelombang terbentuk, gaya gravitasi dan tegangan permukaan akan bereaksi untuk menimbulkan rambatan gelombang. Parameter-parameter terpenting dalam menggambarkan gelombang adalah panjang gelombang (L), tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), kedalaman perairan (h). Parameter yang lain, seperti kecepatan serta percepatan partikel air dapat diturunkan dari teori gelombang.

Penentuan teori gelombang yang berlaku didasarkan pada parameter-parameter berupa tinggi gelombang, periodenya serta kedalaman laut yang diamati. Semua parameter tersebut menjadi acuan untuk penentuan teori gelombang yang dapat dilihat pada grafik *Region Validity*.

Teori gelombang Airy (linier) memperhatikan suku pertama dari ruas kanan, maka pada teori gelombang stokes orde 2, diperhitungkan dua suku pertamanya. Teori gelombang Stokes Orde 2 merupakan teori gelombang amplitudo berhingga, untuk itu harus diperhatikan besaran-besaran yang berorde lebih tinggi. Stokes mengembangkan teori orde kedua ini untuk gelombang yang memiliki tinggi gelombang kecil tetapi berhingga (Triatmodjo 1999).

Persamaan kecepatan partikel air pada teori gelombang Stokes orde 2, yaitu :

$$u = \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh ks}{\sin kd} \cos \theta + \frac{3}{4} \left(\frac{\pi H}{L} \right) \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh 2ks}{\sinh^4 kd} \cos 2\theta \quad (2.11)$$

Sedangkan persamaan untuk percepatan partikel air adalah:

$$\frac{du}{dt} = \frac{2\pi^2 H}{T} \frac{\cosh ks}{\sin kd} \sin \theta + \frac{3\pi^2 H}{T^2} \left(\frac{\pi H}{L} \right) \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh 2ks}{\sinh^4 kd} \sin 2\theta \quad (2.12)$$

Nilai s dan k pada persamaan teori gelombang *stokes* orde 2 diketahui dari persamaan berikut:

$$s = d + y \quad (2.13)$$

$$k = \frac{2\pi}{L} \quad (2.14)$$

dengan,

d = kedalaman laut (m)

k = angka gelombang

H = tinggi gelombang pada kedalaman yang ditinjau (m)

T = periode gelombang (sec)

ω = frekuensi gelombang (rad/sec)

C_w = cepat rambat gelombang (m/sec)

θ = sudut fase ($^\circ$)

- s = jarak vertikal titik yang ditinjau dari dasar laut (m)
- y = jarak vertikal suatu titik yang ditinjau terhadap muka air diam (m)
- L = panjang gelombang pada kedalaman yang ditinjau (m)
- g = percepatan gravitasi, (m/sec²)

2.2.6 Bilangan Reynold

Perbandingan gaya-gaya yang disebabkan oleh gaya inersia, gravitasi dan kekentalan dikenal sebagai bilangan Reynold (Re). Bilangan Reynold mengindikasikan pola aliran yang terbentuk dan berhubungan dengan tahanan suatu benda. Bilangan Reynold dirumuskan dalam bentuk :

$$Re = \frac{U_k D}{\nu_k} \dots\dots\dots (2.15)$$

dengan,

- ν_k = viskositas kinematis fluida untuk air laut (m².sec⁻¹)
- D = diameter luar pipa (m)
- U = kecepatan efektif partikel (m/sec)

Perancang harus dapat menerapkan nilai koefisien hidrodinamis sesuai dengan keadaan sebenarnya di lapangan. Beberapa pihak mempunyai cara tersendiri dalam menentukan koefisien hidrodinamis. Salah satunya adalah koefisien hidrodinamis yang direkomendasikan oleh Mouselli (1981) untuk desain pipa :

Tabel 2.1 Hubungan Bilangan Reynold dan Koefisien Hidrodinamis

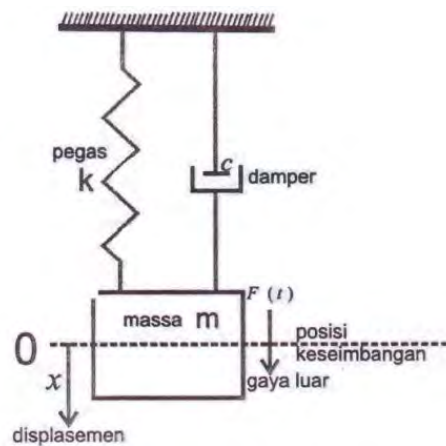
Re	C _D	C _L	C _M
Re < 5,0 x 10 ³	1,3	1,5	2,0
5,0 x 10 ³ < Re < 1,0 x 10 ⁴	1,2	1,0	2,0
1,0 x 10 ⁴ < Re < 2,5 x 10 ⁵	1,53 - $\frac{Re}{3 \times 10^5}$	1,2 - $\frac{Re}{5 \times 10^5}$	2,0
2,5 x 10 ⁴ < Re < 5,0 x 10 ⁵	0,7	0,7	2,5 - $\frac{Re}{5 \times 10^5}$
5,0 x 10 ⁵ < Re	0,7	0,7	1,5

2.2.7 Getaran

2.2.7.1. Tinjauan Umum

Menurut Hamid, getaran merupakan gerak bolak-balik atau gerakan osilasi dari suatu benda yang mempunyai amplitudo, massa, dan elastisitas. Seperti yang ditampilkan pada gambar 2.2, getaran terdiri dari beberapa elemen, yakni :

- a. Massa (m)
- b. Kekakuan (k)
- c. Redaman (c)
- d. Gaya luar ($F(t)$)



Gambar 2.2 Elemen Vibrasi
(sumber : vibrasi mekanik)

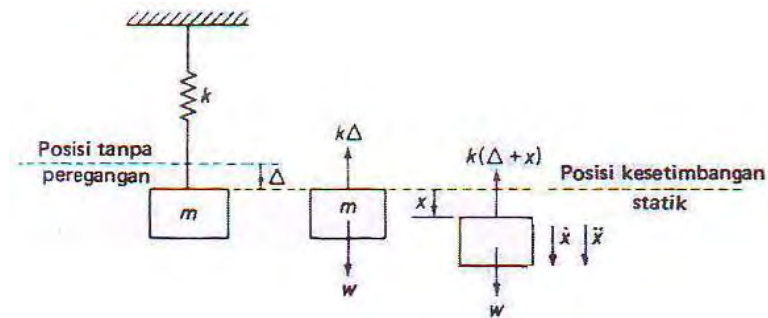
Secara umum, getaran dapat digolongkan menjadi empat yakni :

1. Getaran Bebas

Getaran bebas merupakan getaran yang tidak memiliki gaya eksternal ($F(t) = 0$) pada sistem tersebut. Getaran bebas dapat diklasifikasikan menjadi getaran bebas tanpa redaman dan getaran bebas teredam.

a. Getaran bebas tanpa redaman

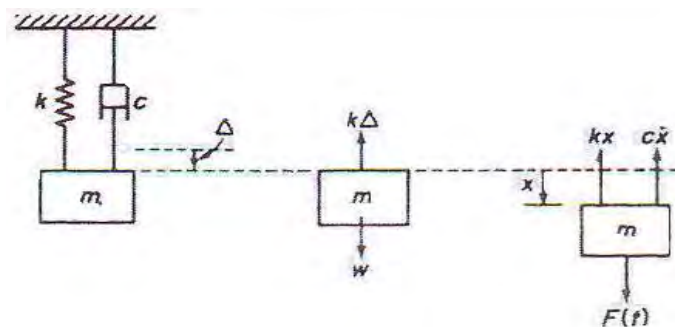
Getaran bebas tanpa redaman didefinisikan sebagai getaran yang memiliki massa (m) dan kekakuan (k) dan tidak dipengaruhi oleh gaya luar. Sistem getaran bebas tanpa redaman ditampilkan dalam gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Getaran Bebas Tanpa Redaman
(sumber : vibrasi mekanik)

b. Getaran bebas teredam

Getaran bebas teredam didefinisikan sebagai getaran pada sistem yang terdiri dari massa (m), kekakuan (k), dan konstanta redaman (c) dan tanpa pengaruh gaya dari luar ($F(t)$). Sistem getaran bebas teredam ditampilkan pada gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 Getaran Bebas Teredam
(sumber : vibrasi mekanik)

2. Getaran Paksa

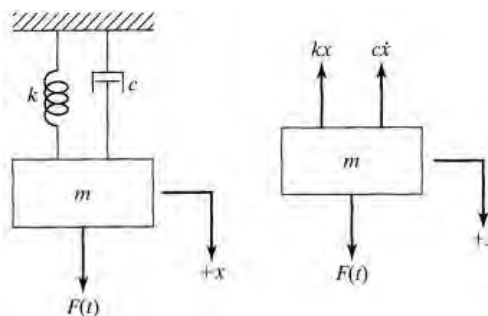
Getaran Paksa merupakan getaran yang memiliki fungsi gaya eksternal ($F(t) \neq 0$) pada sistem tersebut. Frekuensi dari gaya eksternal yang mendekati atau sama dengan frekuensi natural dari sistem akan menimbulkan resonansi. Getaran paksa dapat digolongkan menjadi getaran paksa teredam dan getaran paksa tanpa redaman.

a. Getaran paksa tanpa redaman

Merupakan sistem yang memiliki fungsi massa (m), kekakuan (k), dan dipengaruhi oleh gaya eksternal ($F(t)$) namun tidak memiliki konstanta redaman (c).

b. Getaran paksa teredam

Merupakan getaran pada suatu sistem yang terdiri dari massa (m), kekakuan (k), konstanta redaman (c), dan gaya dari luar ($F(t)$). Sistem getaran ini ditampilkan pada gambar 2.5 berikut.

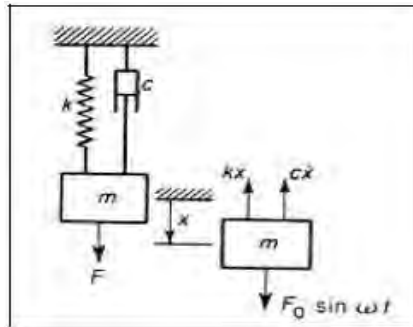


Gambar 2.5 Getaran Paksa Teredam

(sumber : *Theory of Vibration with Application*, Thomson)

3. Getaran Harmonik

Menurut Thomson, getaran harmonik terjadi ketika suatu sistem dipengaruhi oleh eksitasi harmonik, sehingga menimbulkan getaran pada frekuensi yang sama dengan frekuensi eksitasi. Sistem getaran harmonik ditampilkan pada gambar 2.6 berikut.



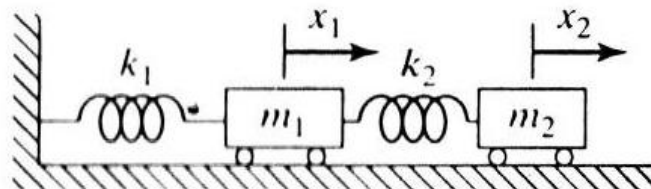
Gambar 2.6. Sistem Getaran Harmonik
(sumber : *Theory of Vibration with Application*, Thomson)

4. Getaran Acak

Getaran acak merupakan respon eksitasi dari suatu sistem dinamis yang dipengaruhi eksitasi yang tidak beraturan (*nonperiodic excitation*).

2.2.7.2. Derajat Kebebasan (DOF)

Derajat kebebasan dapat didefinisikan sebagai jumlah koordinat independen yang dibutuhkan untuk menggambarkan pergerakan dari suatu sistem (Thomson 1993). Sistem derajat kebebasan ditampilkan pada gambar 2.7 berikut ini.



Gambar 2.7 Getaran Bebas Tanpa Redaman
(sumber : *vibrasi mekanik*)

2.2.8 Vibrasi pada Riser

Analisa vibrasi merupakan studi dari pergerakan osilasi, dengan tujuan mengetahui efek dari vibrasi dalam hubungannya dengan *performance* dan keamanan sebuah sistem dan bagaimana mengontrolnya.

Gerakan osilasi ini menghasilkan frekuensi yang disebut dengan frekuensi natural (*natural frequency*) yang merupakan fungsi dari massa dan kekakuan.

Menurut Mousseli (1981), formula untuk frekuensi natural adalah sebagai berikut:

$$f_n = \frac{C}{L^2} \sqrt{\frac{EI}{M}} \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan :

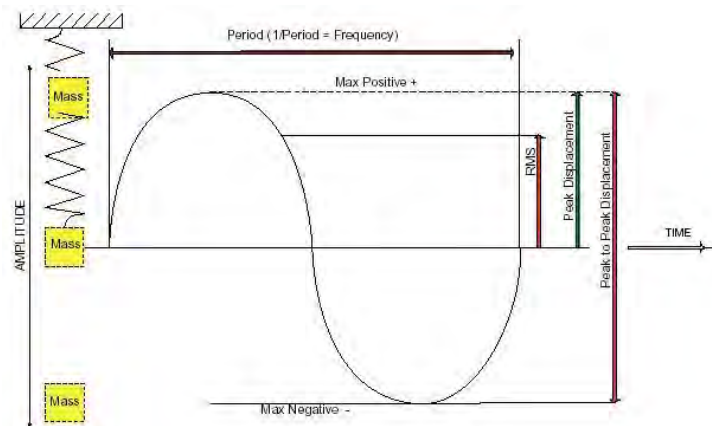
f_n = frekuensi natural (Hz)

EI = kekakuan pipa (lbs-ft²)

M = massa pipa dan massa tambah /*added mass* (slug/ft)

C = konstanta kondisi ujung pipa

Vibrasi yang berkesinambungan dapat menyebabkan kelelahan, dan menimbulkan kegagalan apabila frekuensi natural riser sama dengan frekuensi yang dihasilkan dari vibrasi tersebut. Salah satu penyebab vibrasi adalah aliran fluida dari dalam riser itu sendiri atau sering disebut dengan *Flow Induced Vibration* (FIV). FIV bisa terjadi karena adanya perubahan kecepatan fluida yang dapat diakibatkan oleh perubahan bentuk penampang, sehingga terjadi perubahan jenis aliran ke turbulen. Aliran ini dapat menyebabkan vibrasi atau getaran pada pipa.



Gambar 2.8 Deskripsi Vibrasi sederhana

(sumber : *Guidelines for Avoidance of Vibration Induced Fatigue in Process Pipework*)

2.2.9 Metode *likelihood of Failure*

Metode *likelihood of failure* (LOF) ini merupakan suatu bentuk penilaian yang digunakan sebagai salah satu filtrasi dalam mencapai tujuan. LOF sendiri bukanlah sebuah probabilitas kegagalan absolut ataupun penilaian pasti tentang kegagalan. Perhitungan didasarkan atas bentuk pemodelan yang disederhanakan untuk mempermudah dalam penggunaannya dan harus konservatif. Metode LOF ini diperkenalkan oleh MTD Ltd pada tahun 2000 berdasarkan *joint industry project*, yang melibatkan banyak kontraktor serta perusahaan minyak dan gas dunia.

Metode ini difokuskan pada sistem yang dipertimbangkan tingkat keamanan dan kritisnya. Selanjutnya bagian yang lain dari struktur dianalisa untuk menjamin semua potensi dan isu yang sudah diidentifikasi.

Penerapan metode LOF ini terdiri atas beberapa tahapan :

- Menganalisa penyebab getaran.

Pada tugas akhir ini, getaran diidentifikasi hanya sebagai akibat fluida yang mengalir di dalam pipa (*flow induced vibration*). Adapun eksitasi lain yang dapat dianalisa dengan metode LOF adalah *high frequency acoustic excitation, mechanical excitation, pulsation*.

- Menghitung nilai LOF pipa utama

Eksitasi yang menyebabkan getaran diidentifikasi sebagai akibat dari aliran yang terjadi di dalam pipa. Perhitungan nilai LOF untuk pipa utama terdiri atas beberapa tahap :

- Menentukan tipe bentangan dengan menggunakan tabel 2.1 sebagai acuan. Nilai diameter eksternal pipa dimasukkan kedalam persamaan, maka akan didapat tipe bentangan yang sesuai.

Tabel 2.2 Tipe bentangan

Span length L in metres	Support arrangement type
$L \leq -1.2346 \times 10^{-5} D^2 + 0.02D + 2.0563$	Stiff
$L > -1.2346 \times 10^{-5} D^2 + 0.02D + 2.0563$ $L \leq -1.1886 \times 10^{-5} D^2 + 0.025262D + 3.3601$	Medium stiff
$L > -1.1886 \times 10^{-5} D^2 + 0.025262D + 3.3601$ $L \leq -1.5968 \times 10^{-5} D^2 + 0.033583D + 4.429$	Medium
$L > -1.5968 \times 10^{-5} D^2 + 0.033583D + 4.429$	Flexible

- Menghitung nilai ρv^2
 Nilai ρv^2 dihitung dengan parameter ρ merupakan densitas fluida dan parameter v merupakan nilai kecepatan fluida yang mengalir dalam pipa.
- Menghitung nilai *fluid viscosity factor* (FVF)
 Jumlah energi turbulen secara parsial tergantung pada kekentalan fluida. FVF pada sistem gas dapat dihitung dengan rumus :

$$FVF = \frac{\sqrt{\mu \text{ gas}}}{1 \times 10^{-3}} \quad ; \mu = \text{viskositas dinamis fluida} \quad (2.17)$$

- Menghitung nilai faktor Fv pada aliran fluida
 Nilai Fv dapat dihitung dengan menggunakan tabel 2.3

Tabel 2.3 Metode perhitungan Fv

Support arrangement type	Range of outside diameter (mm)	Fv	α	β
Stiff	60 to 762	$\alpha \times (D/t)^\beta$	$446187.1 + 645.51D + 9.166 \times 10^{-4} D^3$	$0.1 \times \ln D - 1.3739$
Medium stiff	60 to 762	$\alpha \times (D/t)^\beta$	$283921 + 370.24D$	$0.1106 \times \ln D - 1.501$
Medium	273 to 762	$\alpha \times (D/t)^\beta$	$150412 + 208.93D$	$0.0815 \times \ln D - 1.3269$
Medium	60 to 219	$\exp[\alpha \times (D/t)^\beta]$	$13.1129 - 4.7455 \times 10^{-3} D + 1.4141 \times 10^{-6} D^2$	$-0.132 + 2.282 \times 10^{-4} D - 3.7245 \times 10^{-7} D^2$
Flexible	273 to 762	$\alpha \times (D/t)^\beta$	$41.21D + 49397$	$0.0815 \times \ln D - 1.3842$
Flexible	60 to 219	$\exp[\alpha \times (D/t)^\beta]$	$1.3175 \times 10^{-5} D^2 - 4.4213 \times 10^{-3} D + 12.217$	$-4.622 \times 10^{-7} D^2 + 2.835 \times 10^{-4} D - 0.164$

- Menghitung nilai LOF dengan rumus $LOF = (\rho v^2 / Fv) FVF$
- Menetapkan rekomendasi berdasarkan nilai LOF pipa utama, yaitu $LOF \leq 0.5$ maka pipa utama aman.

BAB III

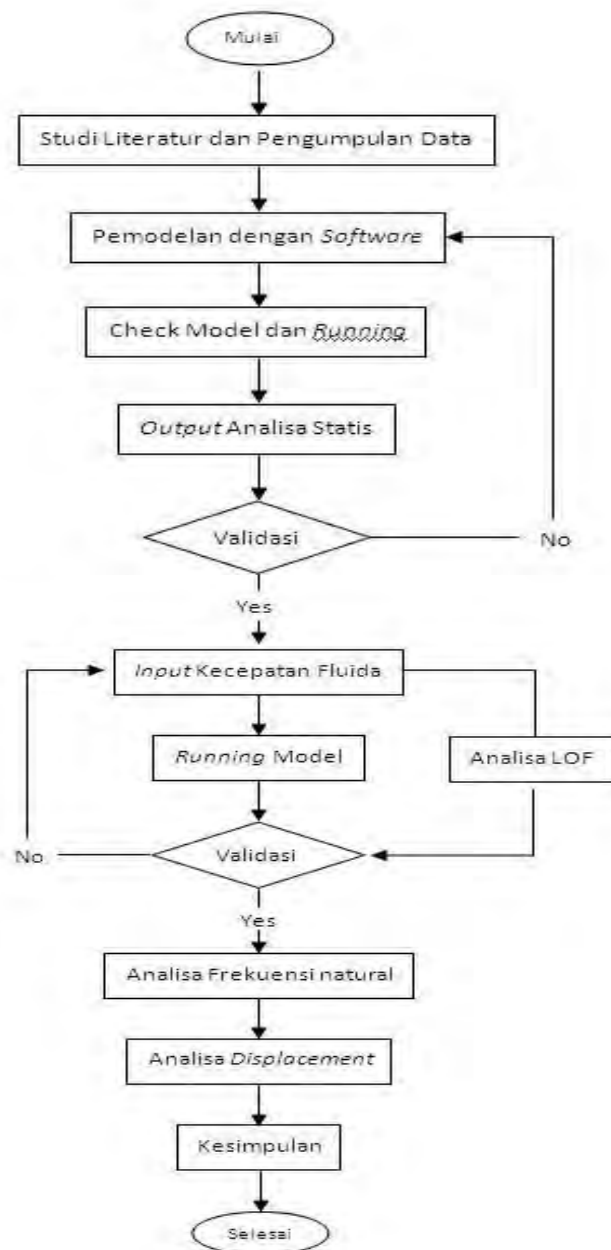
METODOLOGI PENELITIAN

Pada saat mengalirkan fluida, *riser* menerima berbagai beban, seperti beban rancang, fungsional, dan beban lingkungan. Pada beban fungsional, dapat menghasilkan nilai tegangan yang mempengaruhi struktur material *riser*. Pengaruh beban ini akan berakibat kegagalan pada struktur *riser* apabila melebihi tegangan ijinnya. Kegagalan tersebut dapat berupa kebocoran pada *riser* atau perubahan strukturnya dari bentuk semula. Untuk menghindari kegagalan tersebut, dilakukan penelitian sistematis dengan menganalisa nilai-nilai tegangan yang terjadi, dibandingkan dengan batas kekuatan material *riser*. Tahapan-tahapan yang dilakukan oleh penulis dalam melakukan analisa terhadap *riser* adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan data karakteristik yang diperoleh, selanjutnya dilakukan pemodelan dengan bantuan program komputasi CAESAR II. Data yang diperlukan meliputi data material *riser*, data operasional, fluida yang didistribusikan, dan lingkungan.
2. Data tersebut dimasukkan kedalam program komputasi untuk memperoleh nilai-nilai tegangan yang berpengaruh pada pipa ketika beroperasi.
3. Menganalisa besaran tegangan yang diperoleh melalui program komputasi tersebut berdasarkan variasi tekanan. Dari hasil analisa, maka akan diperoleh tekanan (*pressure*) yang masih dalam batas toleransi aman dan sesuai dengan karakteristik *riser*.
4. Setelah memperoleh nilai *pressure* yang masih dalam toleransi aman, maka dilakukan analisa dinamis tekanan dengan variabel kecepatan fluida mengalir, dibantu oleh program komputasi ANSYS.
5. Analisa dinamis dengan variasi kecepatan fluida menghasilkan sebaran tekanan oleh fluida yang mengalir di dalam struktur.

6. Validasi terhadap analisa statis dan dinamis dilakukan dengan membandingkan hasil terhadap perhitungan manual.
7. Tahap terakhir setelah analisis dilakukan yakni merumuskan kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian tugas akhir ini.

Tahapan metode penelitian ini digambarkan dalam bentuk bagan berikut:



Gambar 3.1 *Flow Chart* Pengerjaan Tugas Akhir

3.1 Pengumpulan Data

Studi literatur dilakukan dengan mencari, mengumpulkan, dan mempelajari berbagai jurnal, buku dan regulasi yang berhubungan dengan tema penelitian yang dilakukan. Pengumpulan data proses dan data karakteristik *riser* sebagai objek yang akan dianalisis ditampilkan pada tabel berikut ini.

Tabel 3.1 Data Proses

Parameter	Unit	Riser APNE-A	Riser APNF
Tekanan Desain	Mpa	5.0	5.0
Tekanan Operasi	Mpa	4.8	4.8
Temperatur Desain	⁰ K	333.15	333.15
Temperatur Operasi	⁰ K	307.95	307.95
Densitas Fluida (Gas)	kg/m ³	7.75	7.62
<i>Flow Rate</i>	m ³ /s	9.83	9.83

Tabel 3.2 Data Material *Riser*

Parameter	Unit	Riser APNE-A	Riser APNF
Material	-	API 5L X52	API 5L X52
SMYS	Pa	35852737.85	35852737.85
Ketebalan Riser	m	14.3 x 10 ⁻³	14.3 x 10 ⁻³
Densitas	kg/m ³	7849.047	7849.047
Toleransi Terhadap Korosi	m	4.064 x 10 ⁻³	4.064 x 10 ⁻³

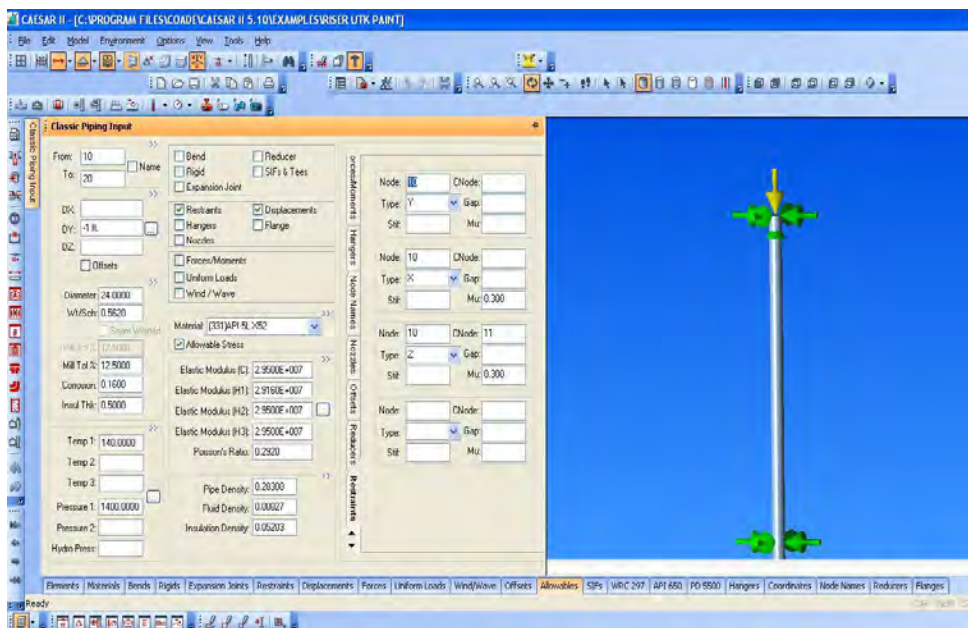
3.2 Pemodelan Dibantu Dengan Software

Dalam penelitian tugas akhir ini, pemodelan struktur *riser* dan perhitungan analisa secara statis dan dinamis dibantu dengan program komputasi CAESAR II. Analisa statis dilakukan dengan variabel besaran tekanan yang berbeda, yakni 3.4 MPa, 5 Mpa, 6.8 Mpa, 8.2 MPa, dan 9.6 Mpa. Untuk menganalisa tekanan fluida akibat variasi kecepatan fluida didalam *riser*, dibantu dengan program komputasi ANSYS. Variasi kecepatan internal fluida yakni 18.28 m/s, 21.36 m/s, 24.38 m/s.

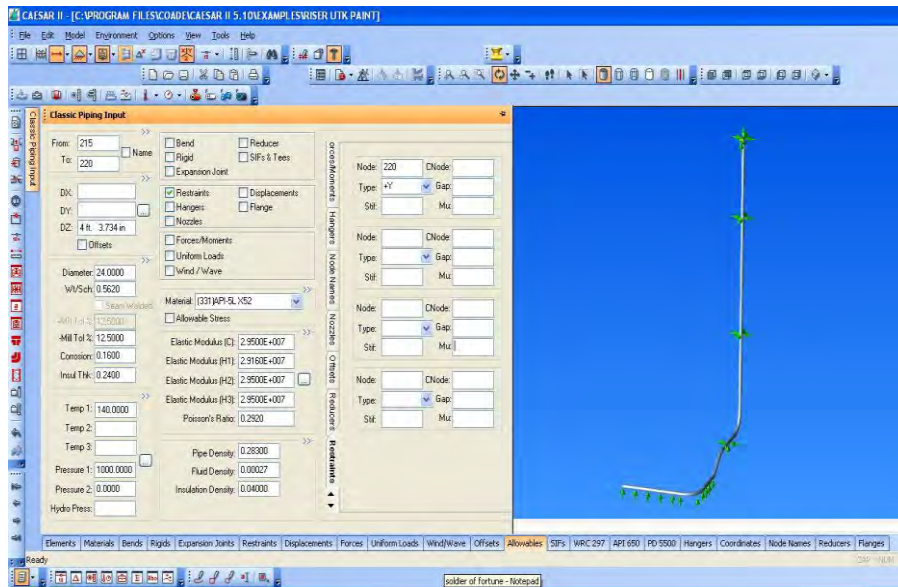
3.2.1. Pemodelan Menggunakan CAESAR

Pemodelan struktur *riser* APNE-A dan APNF untuk analisa statis dibantu dengan *software* CAESAR. Analisa statis dilakukan untuk memperoleh beban yang dialami struktur selama beroperasi. Pada analisa statis CAESAR ini menggunakan *codes* DNV OS F101 sebagai acuan dalam perhitungan beban selama beroperasi.

Hasil dari analisa ini adalah perbandingan beban-beban yang bekerja pada struktur dan batas toleransi dari material strukturnya. Pemodelan *riser* APNE-A dan APNF dilakukan dengan memasukkan nilai parameter yang dibutuhkan terkait dengan karakteristik material *riser*. Pemodelan *riser* tersebut ditampilkan pada gambar dibawah berikut ini.

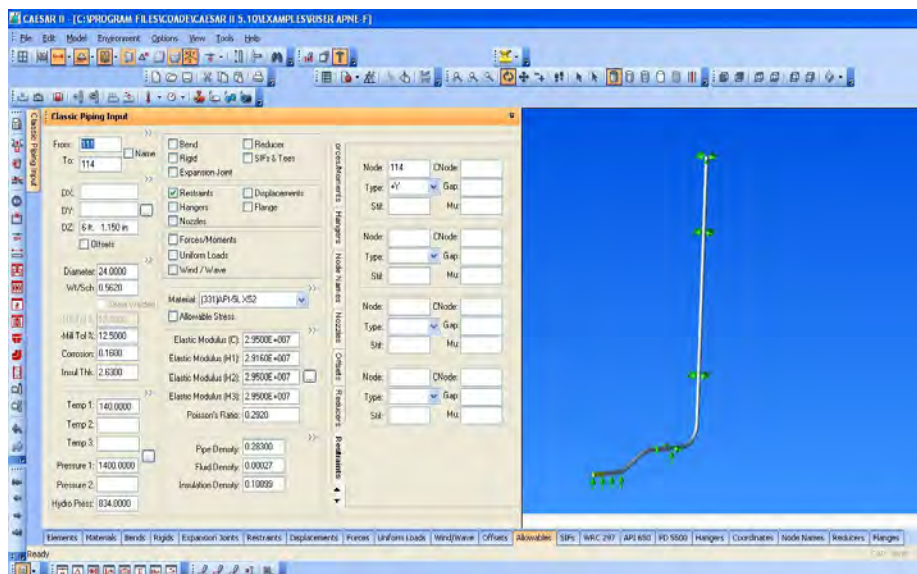


(a)



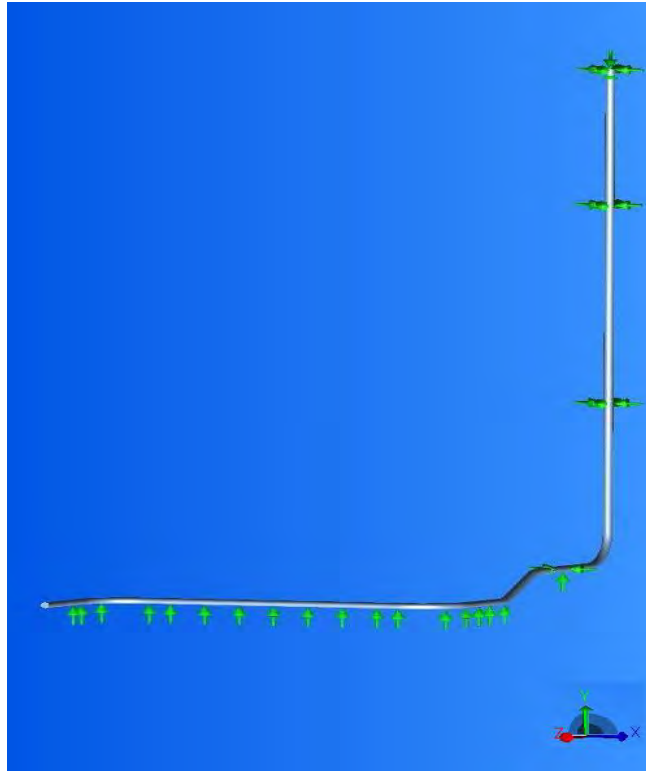
(b)

Gambar 3.2 Parameter Pemodelan Riser APNE-A

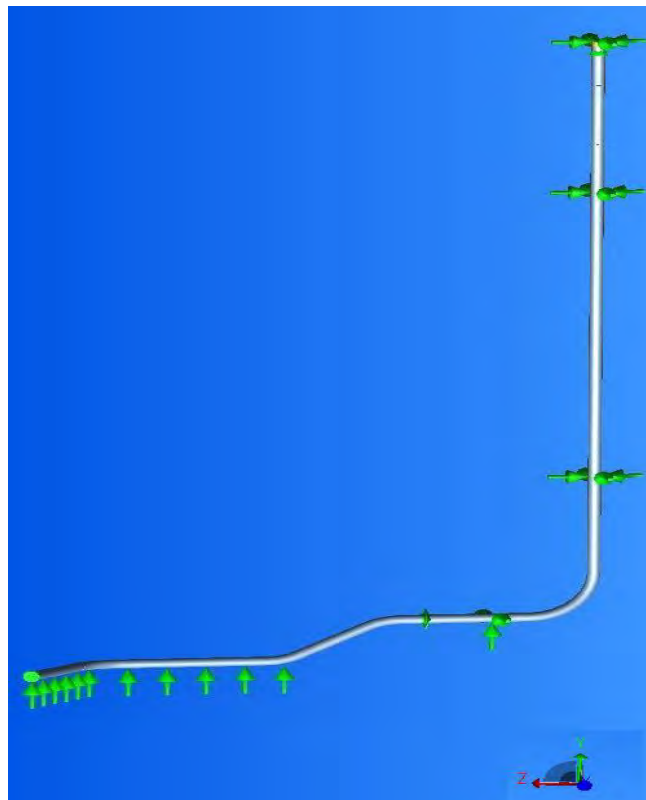


Gambar 3.3 Parameter Pemodelan Riser APNF

Pemodelan riser APNE-A dan APNF yang telah selesai ditampilkan pada gambar berikut ini.



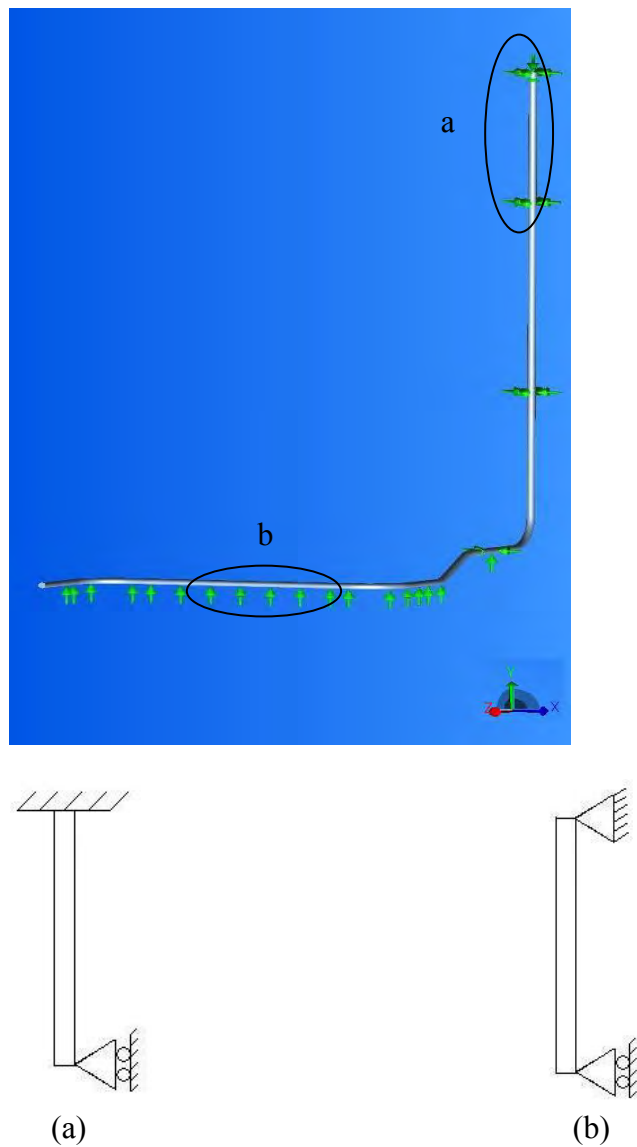
Gambar 3.4 Struktur *Riser APNE-A* pada *Software CAESAR*



Gambar 3.5 Struktur *Riser APNF* pada *Software CAESAR*

3.2.2. Riser Mechanical Model

Pemodelan mekanik *riser* dilakukan dengan mengambil potongan penampang dari struktur. Secara umum, struktur APNE-A dan APNF memiliki karakteristik material dan model yang hampir sama. Oleh sebab itu, pemodelan mekanik dari *riser* ini dapat diwakilkan oleh salah satu struktur, dalam pembahasan ini struktur yang digunakan adalah APNF. *Mechanical model* dari struktur *riser* ditampilkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.6 Riser Mechanical Model

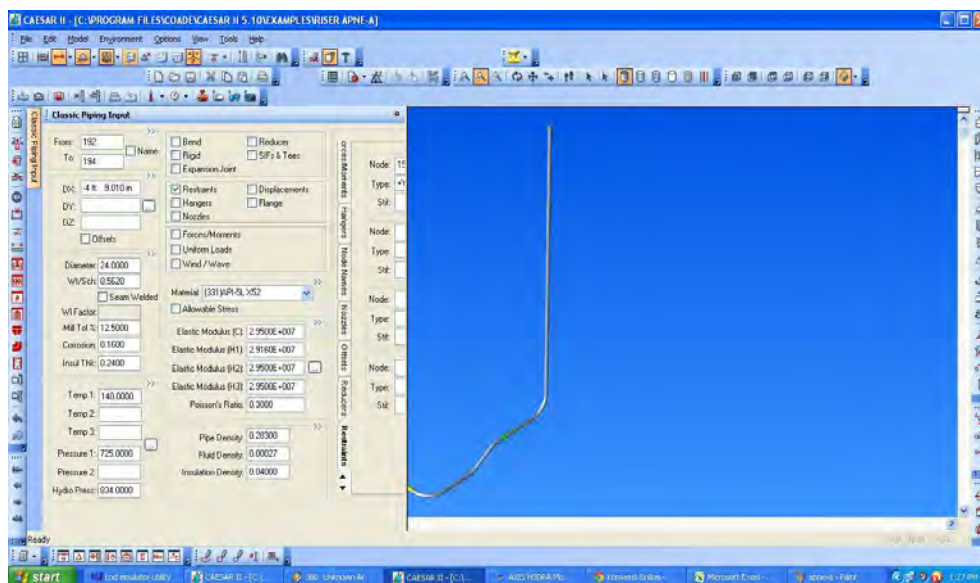
[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB IV

ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Statis dengan CAESAR

Analisa statis pada *riser* dilakukan untuk memperoleh nilai tegangan yang dialami oleh struktur *riser*. Hasil nilai tegangan tersebut akan dibandingkan dengan batas tegangan yang diijinkan (SMYS). Dari perbandingan tersebut dapat diketahui keamanan struktur *riser* untuk dioperasikan. CAESAR merupakan salah satu perangkat lunak yang dapat digunakan untuk menganalisa tegangan pipa secara statis. Tampilan perangkat ini dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini.



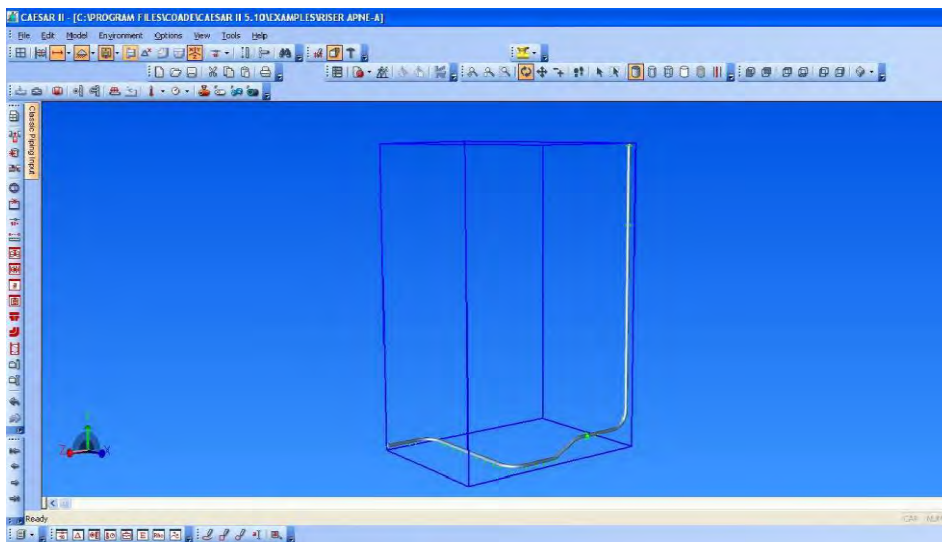
Gambar 4.1 Tampilan *Software* CAESAR

4.1.1 Hasil Perhitungan Tekanan *Riser* APNE-A

Struktur *riser* dimodelkan dengan bantuan software CAESAR, dan hasil pemodelan dapat dilihat pada gambar 4.2. Pemodelan yang telah selesai dan sudah melalui proses *check error*, selanjutnya dilakukan *running software* dengan variasi tekanan (pressure) untuk mengetahui besarnya nilai tegangan (*stress*) yang diterima oleh struktur *riser* tersebut. Nilai *stress* pada *riser* APNE-A ditampilkan pada tabel 4.1.

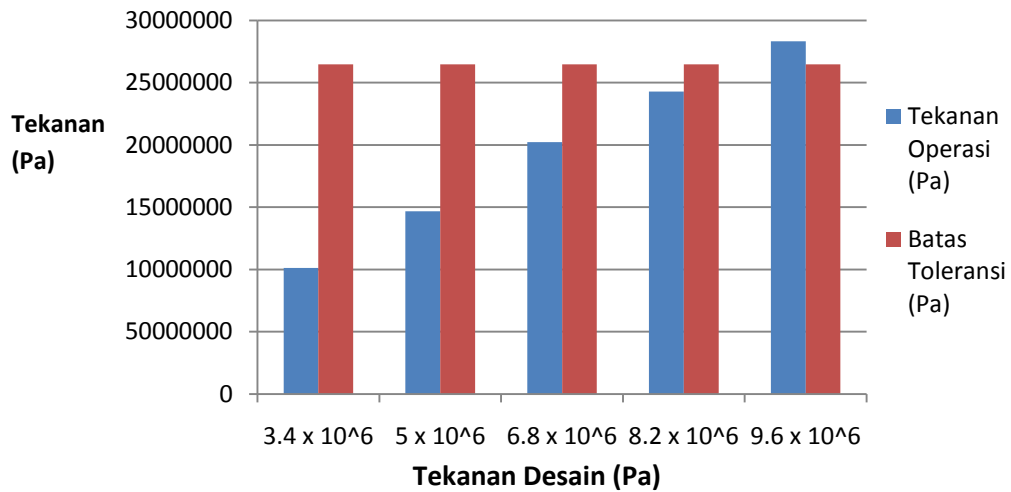
Tabel 4.1 Tekanan pada *Riser* APNE-A

Tekanan Desain (Pa)	Tekanan operasi (Pa)	Batas Toleransi (Pa)	Rasio (%)
3.4×10^6	101.1×10^6	264.7×10^6	38.21
5×10^6	146.7×10^6	264.7×10^6	55.41
6.8×10^6	202.3×10^6	264.7×10^6	76.43
8.2×10^6	242.8×10^6	264.7×10^6	91.72
9.6×10^6	283.3×10^6	264.7×10^6	107.00



Gambar 4.2 Pemodelan *riser* APNE-A dengan CAESAR

Berdasarkan tabel diatas, naiknya nilai desain *pressure* berbanding lurus dengan naiknya nilai *operation stress*. Pada desain tekanan 3.4 Mpa, rasio antara batas ijin dan tekanan operasi adalah 38.2%. nilai rasio tersebut masih kecil , sehingga desain tekanan dapat ditingkatkan hingga 5 Mpa dengan nilai rasio 55.4%. Namun, pada desain tekanan 6.8 Mpa, nilai rasio tergolong tinggi, yakni sekitar 76.%. Desain *riser* yang ideal memiliki nilai rasio pada kisaran 50-60%. Dengan rasio 55.4% tersebut, margin desain operasi 5 MPa masih dalam batas toleransi yang diijinkan, sehingga *riser* akan terhindar dari kegagalan struktur. Hasil analisa statis yang disajikan dalam bentuk diagram batang dapat dilihat sebagai berikut:



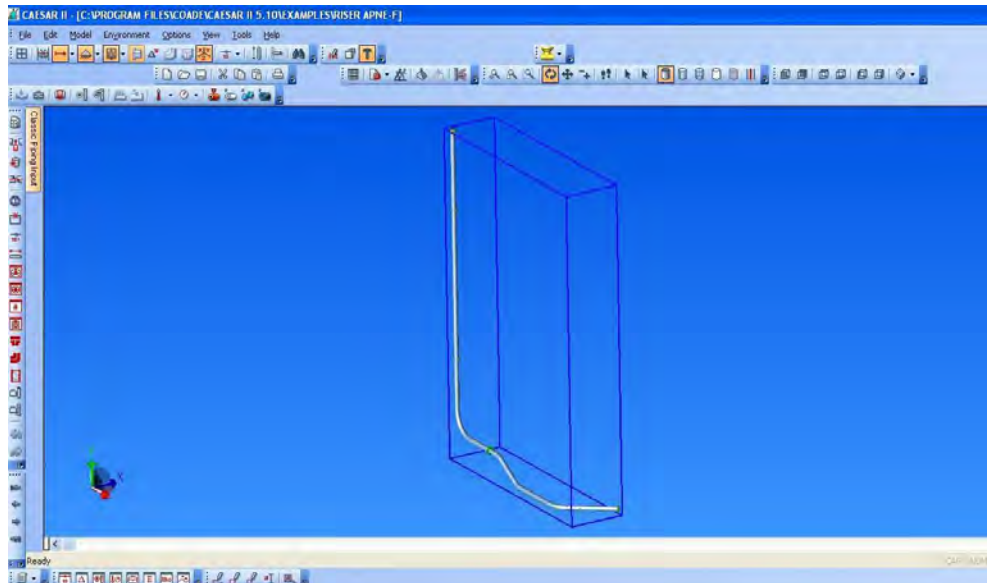
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Tekanan Operasi dan Batas Ijin Tegangan (APNE-A)

4.1.2 Hasil Perhitungan Tekanan *Riser* APNF

Spesifikasi material *riser* APNE-A dan APNF adalah sama, yakni material API 5L X 52. Model struktur *riser* APNF pada dasarnya tidak berbeda jauh dengan *riser* APNE-F. Pemodelan struktur tersebut dibantu dengan *software* dapat dilihat pada gambar 4.4. Hasil analisa tegangan yang terjadi pada struktur ini dapat dilihat pada tabel 4.2.

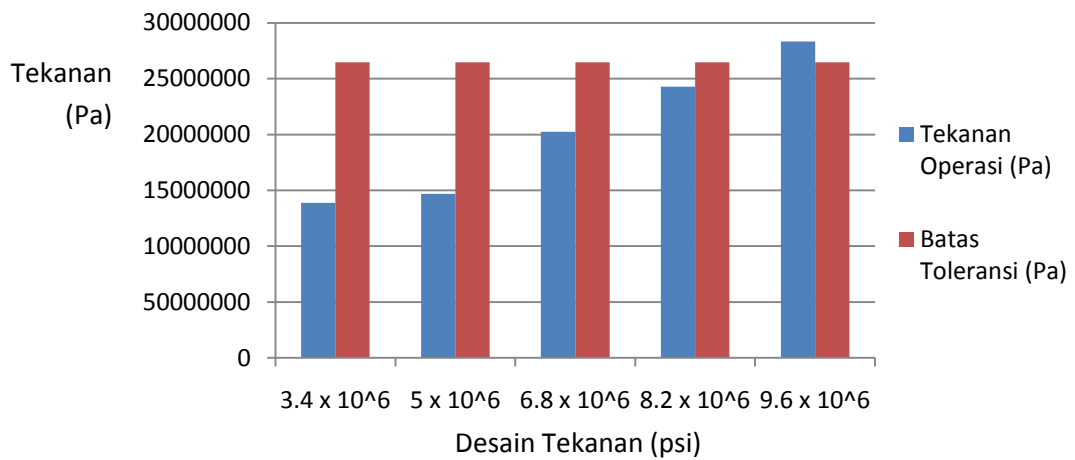
Tabel 4.2 Tekanan pada *Riser* APNF

Tekanan Desain (Pa)	Tekanan operasi (Pa)	Batas Toleransi (Pa)	Rasio (%)
3.4×10^6	138.7×10^6	264.7×10^6	52.41
5×10^6	146.7×10^6	264.7×10^6	55.41
6.8×10^6	202.3×10^6	264.7×10^6	76.43
8.2×10^6	242.8×10^6	264.7×10^6	91.72
9.6×10^6	283.3×10^6	264.7×10^6	107.01



Gambar 4.4 Pemodelan *Riser* APNF dengan CAESAR

Struktur APNF memiliki nilai tegangan hasil analisa yang hampir sama dengan struktur APNE-A. Hal ini disebabkan oleh jenis material kedua struktur tersebut sama, dan berada pada kondisi lingkungan yang sama pula. Berdasarkan tabel tersebut, nilai desain tekanan 3.4 Mpa memiliki perbandingan rasio sebesar 52.41%, dan desain tekanan 5 MPa memiliki perbandingan rasio yang tidak jauh berbeda, yakni sekitar 55.41%. Nilai perbandingan rasio tersebut masih dalam batas toleransi yang diijinkan. Berbeda dengan desain tekanan 6.8 MPa, yang memiliki nilai perbandingan sebesar 76.43%. Nilai perbandingan tersebut tergolong cukup besar, meskipun masih dalam batas toleransi. Pada desain tekanan 9.6 MPa, perbandingan tegangan yang terjadi dan batas toleransi sudah melebihi batas aman dan dapat mengakibatkan kegagalan pada struktur. Dengan demikian, nilai desain tekanan yang sesuai dan masih dalam batas toleransi pada struktur *riser* ini adalah pada tekanan 5 MPa. Hasil analisa tegangan pada struktur *riser* APNF ini juga ditampilkan dalam bentuk grafik berikut ini.



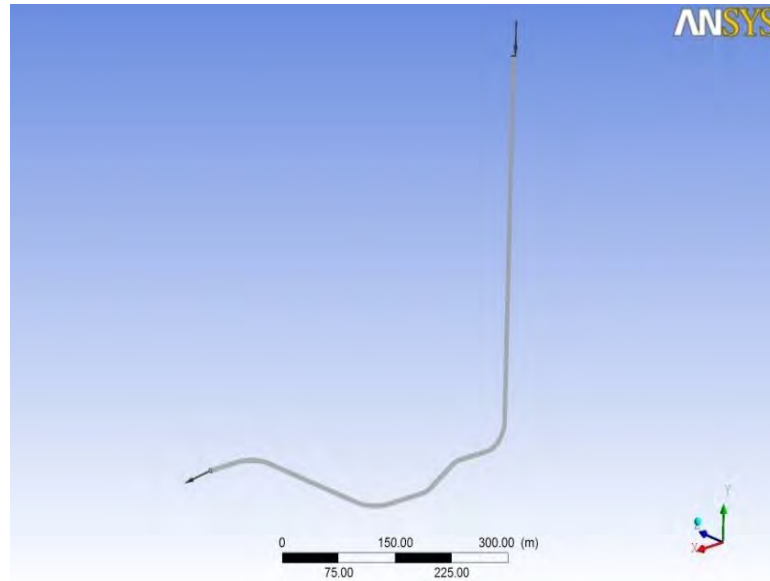
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Tekanan Operasi dan Batas Ijin Tegangan (APNF)

4.2 Analisa Dinamis Fluida dengan ANSYS

Menurut Arnold (1989), aliran gas harus dijaga berada pada batasan kecepatan maksimum dan kecepatan minimumnya. Aliran gas direkomendasikan dengan kecepatan minimal 15 ft/s untuk mengurangi terjadinya pengendapan pada titik-titik yang rendah (*low spots*). Secara umum, kecepatan normal fluida gas berada pada kisaran 60 ft/s sampai dengan 80 ft/s untuk mengurangi efek dari *noise* dan korosi. Pada *riser* APNE-A dan APNF ini akan dilakukan analisa dinamis fluida dengan bantuan Software ANSYS. Analisa ini dilakukan untuk mengetahui besaran tekanan yang dihasilkan oleh fluida secara dinamis. Dengan menggunakan variasi kecepatan, besaran tekanan ini nantinya dapat diketahui pada setiap bagian penampang struktur melalui perubahan warna kontur yang ditampilkan di ANSYS.

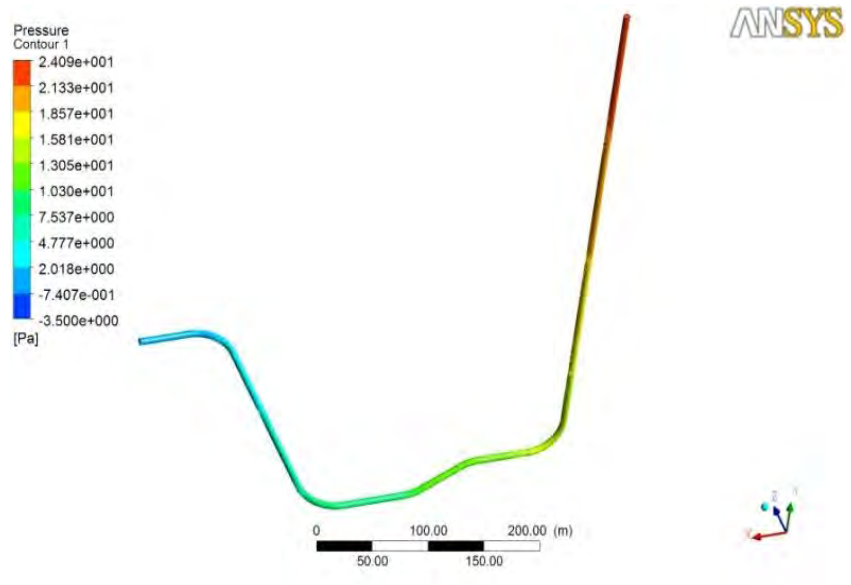
4.2.1 Pemodelan Aliran Fluida

Aliran fluida pada *riser* dimodelkan dengan menggunakan ANSYS, kemudian dilakukan analisa untuk mendapatkan tekanan yang dihasilkan dari aliran tersebut. Bentuk pemodelan *riser* dapat dilihat pada gambar berikut ini.

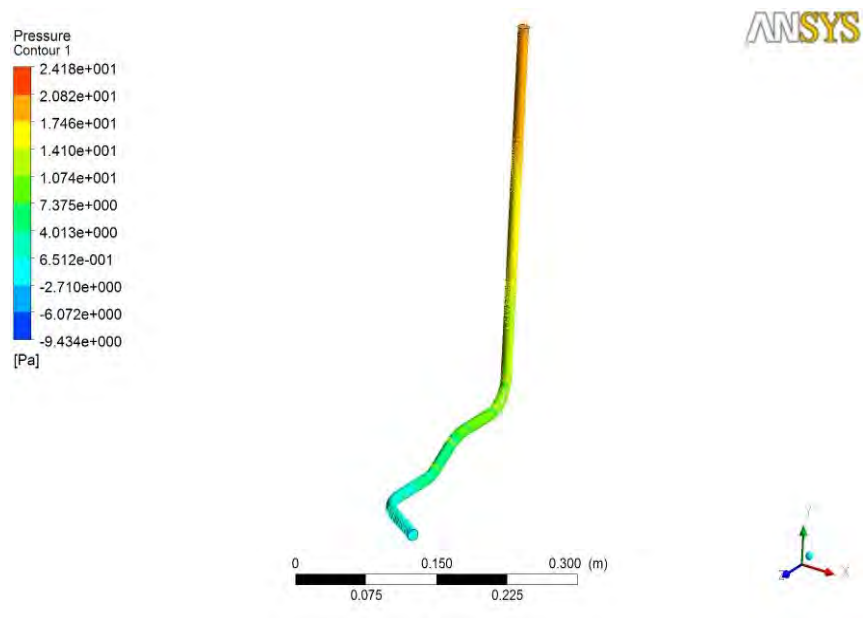


Gambar 4.6 Pemodelan *Riser* APNE-A

Pemodelan dengan software dilakukan dengan menggunakan skala 1 : 100. Setelah pemodelan selesai dilakukan , maka dilakukan *meshing* (pembagian objek menjadi bagian-bagian kecil), kemudian diteruskan ke ANSYS CFX-Pre. Pada bagian ini, properti fluida (gas) dimasukkan dan kondisi batas (*boundary condition*) ditetapkan, seperti kecepatan fluida, massa jenis fluida, arah aliran fluida masuk dan keluar, dan temperatur. *Running* model dilakukan di ANSYS CFX-Solver dan hasil *output* dapat dilihat pada ANSYS CFX-Post. Hasil *output* model ini ditampilkan dalam bentuk kontur warna yang menunjukkan sebaran tekanan yang dihasilkan aliran fluida. Masing-masing model dianalisa dengan menggunakan tiga variasi kecepatan, yakni 18 m/s, 21 m/s, dan 24 m/s. Berikut ini merupakan visualisasi hasil analisa fluida pada *riser* APNE-A dan APNF dengan variasi kecepatan 18 m/s.



Gambar 4.7 Kontur Tekanan Oleh Fluida Pada *RISER* APNE-A (Kecepatan 18 m/s)



Gambar 4.8 Kontur Tekanan Oleh Fluida Pada *RISER* APNF (Kecepatan 18 m/s)

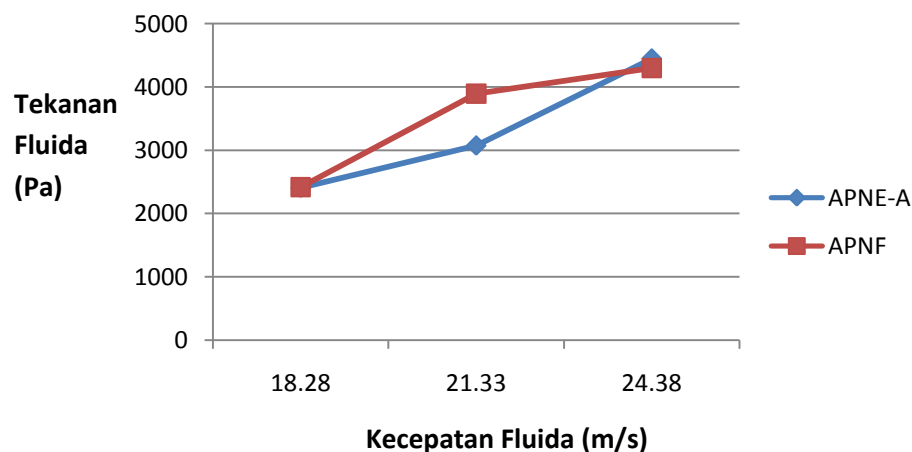
4.2.2 Pembahasan

Analisa aliran fluida yang mengalir pada *riser* menghasilkan sebaran nilai tekanan pada struktur *riser* tersebut. Perubahan nilai kecepatan fluida yang mengalir pada *riser* tersebut menyebabkan terjadinya variasi nilai tekanan yang ditimbulkan oleh fluida. Variasi kecepatan fluida dan tekanan yang dihasilkan disajikan pada tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 Hasil Tekanan fluida dengan Variasi Kecepatan

No	Kecepatan fluida (m/s)	Tekanan Fluida (Pa)	
		APNE-A	APNF
1	18.28	2409	2418
2	21.33	3075	3895
3	24.38	4448	4299

Berdasarkan hasil dari analisa yang dilakukan, dapat dilihat hubungan antara kecepatan aliran fluida dan besarnya nilai tekanan yang dihasilkan oleh fluida. Peningkatan nilai kecepatan fluida berbanding lurus dengan tekanan yang dihasilkan oleh fluida tersebut. Dalam bentuk grafik, hubungan kecepatan fluida dan tekanan fluida disajikan pada gambar 4.8 berikut ini.



Gambar 4.9 Grafik Kecepatan Fluida Terhadap Tekanan Fluida

4.3 Analisa Dengan Metode LOF

Metode LOF digunakan untuk mengetahui dan mengurangi resiko yang ditimbulkan oleh vibrasi. Nilai LOF dalam kaitannya dengan massa jenis, kecepatan fluida, dan nilai F_v (*flow induced vibration number*) akan menentukan apakah struktur masih dalam batas toleransi aman.

➤ F_v (*flow induced vibration number*)

$$F_v = \alpha(D/t)\beta$$

$$F_v = 235.94$$

- $D/t = 42.58741$
- $\alpha = 49422.09$
- $\beta = -1.4246$

Melalui analisa struktur berdasarkan nilai LOF, dapat diambil kesimpulan bahwa struktur *riser* dengan nilai $LOF < 0.5$ dikategorikan vibrasi masih dalam toleransi aman. Metode LOF untuk *riser* APNE-A dan APNF dengan variasi kecepatan fluida, hasilnya sebagai berikut :

I. *Riser* APNE-A

a. Kecepatan fluida 18.28 m/s

$$\begin{aligned}\rho &= 7.75 \text{ kg/s} \\ v &= 18.28 \text{ m/s} \\ \rho v^2 &= 2589.72 \\ LOF &= 0.06 \leq 0.5\end{aligned}$$

b. Kecepatan fluida 21.33 m/s

$$\begin{aligned}\rho &= 7.75 \text{ kg/s} \\ v &= 21.33 \text{ m/s} \\ \rho v^2 &= 3526.01 \\ LOF &= 0.085 \leq 0.5\end{aligned}$$

c. Kecepatan fluida 24.38 m/s

$$\begin{aligned}\rho &= 7.75 \text{ kg/s} \\ v &= 24.38 \text{ m/s} \\ \rho v^2 &= 4606.479 \\ LOF &= 0.135 \leq 0.5\end{aligned}$$

II. Riser APNF

a. Kecepatan fluida 18.28 m/s

$$\begin{aligned}\rho &= 7.62 \text{ kg/s} \\ v &= 18.28 \text{ m/s} \\ \rho v^2 &= 2546.28 \\ \text{LOF} &= 0.058 \leq 0.5\end{aligned}$$

b. Kecepatan fluida 21.33 m/s

$$\begin{aligned}\rho &= 7.62 \text{ kg/s} \\ v &= 21.33 \text{ m/s} \\ \rho v^2 &= 3466.8 \\ \text{LOF} &= 0.084 \leq 0.5\end{aligned}$$

c. Kecepatan fluida 24.38 m/s

$$\begin{aligned}\rho &= 7.62 \text{ kg/s} \\ v &= 24.38 \text{ m/s} \\ \rho v^2 &= 4529.3 \\ \text{LOF} &= 0.132 \leq 0.5\end{aligned}$$

Hasil perhitungan manual dengan metode LOF dan simulasi dengan ANSYS memiliki selisih yang tidak begitu jauh. Perbandingan hasil manual metode LOF dan simulasi ANSYS dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4 Validasi Tekanan Fluida

No.	Riser	Kecepatan Fluida (m/s)	Tekanan Fluida (Pa)	
			LOF	ANSYS
1	APNE-A	18	2589.7	2409
		21	3526	3075
		24	4606.5	4448
2	APNF	18	2546.3	2418
		21	3466.8	3895
		24	4529.2	4299

4.4 Analisa Frekuensi Natural *Riser*

4.4.1 Perbandingan Frekuensi Natural dengan variasi Diameter

Perubahan diameter berpengaruh terhadap frekuensi natural dari *riser* tersebut. Penambahan diameter akan meningkatkan nilai kekakuan dari struktur *riser*. Perbandingan frekuensi natural dengan variasi diameter pada *riser* dapat dilihat pada tabel 4.5 dan tabel 4.6. Nilai frekuensi natural akan meningkat sebanding dengan penambahan diameter *riser*.

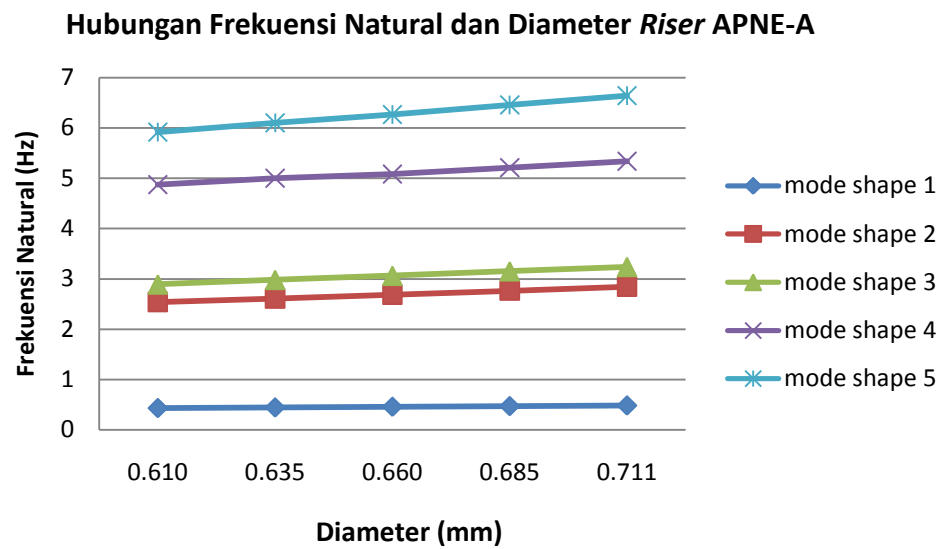
Tabel 4.5 Frekuensi Natural *Riser* APNE-A dengan Variasi Diameter

No	Variasi Diameter <i>Riser</i> (mm)	Mode shape				
		1	2	3	4	5
1	0.610	0.433	2.54	2.892	4.875	5.914
2	0.635	0.446	2.607	2.982	5.003	6.097
3	0.660	0.459	2.686	3.064	5.083	6.266
4	0.685	0.472	2.766	3.153	5.211	6.454
5	0.711	0.485	2.846	3.240	5.338	6.639

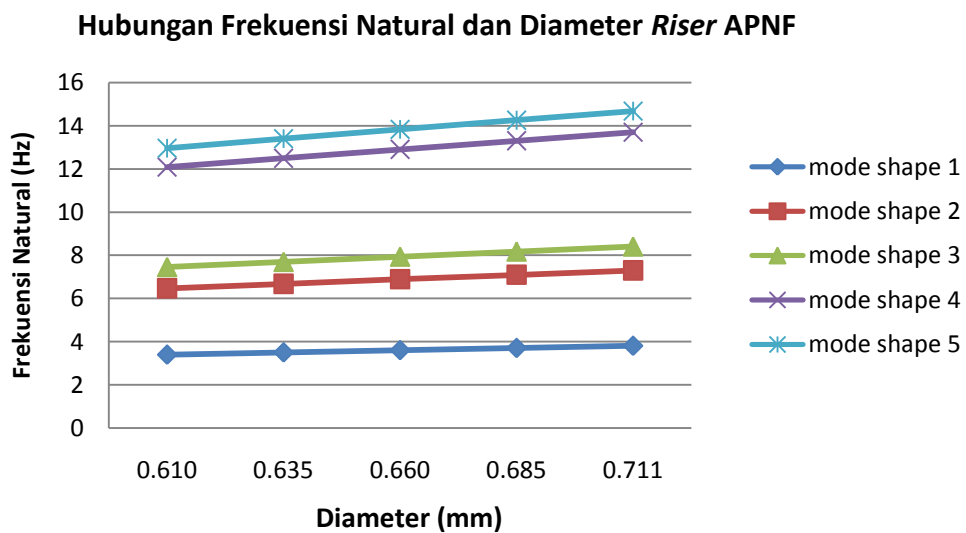
Tabel 4.6 Frekuensi Natural *Riser* APNF dengan Variasi Diameter

No	Variasi Diameter <i>Riser</i> (mm)	Mode shape Frekuensi Natural (Hz)				
		1	2	3	4	5
1	0.610	3.398	6.472	7.455	12.09	12.959
2	0.635	3.502	6.681	7.694	12.495	13.398
3	0.660	3.606	6.897	7.939	12.906	13.829
4	0.685	3.707	7.102	8.175	13.303	14.254
5	0.711	3.808	7.304	8.409	13.694	14.674

Peningkatan nilai diameter pada kedua *riser* tersebut akan meningkatkan nilai kekakuannya, sehingga berakibat pada meningkatnya frekuensi natural *riser*. Peningkatan nilai frekuensi natural tersebut disajikan pada grafik berikut ini.



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Frekuensi Natural *Riser* APNE-A dengan Variasi Diameter



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Frekuensi Natural *Riser* APNF dengan Variasi Diameter

4.4.2 Perbandingan Frekuensi Natural dengan Variasi Tekanan Desain

Guo (2007) melakukan pengujian model untuk menganalisa perubahan frekuensi natural dengan variasi kecepatan internal fluida pada *riser*. Pada pengujian model yang dilakukannya, diperoleh suatu hubungan antara frekuensi natural dengan kecepatan internal fluida. Naiknya kecepatan internal fluida pada *riser* akan berakibat pada menurunnya frekuensi natural *riser* seturut dengan respon amplitudo yang meningkat.

Pada penelitian ini menganalisa perubahan frekuensi natural pada *riser* dengan variasi tekanan desain. Analisa frekuensi natural ini dibantu dengan *software* CAESAR, hasil yang diperoleh ditampilkan dalam tabel berikut ini.

Tabel 4.7 Frekuensi Natural *Riser* APNE-A dengan Variasi Tekanan Desain

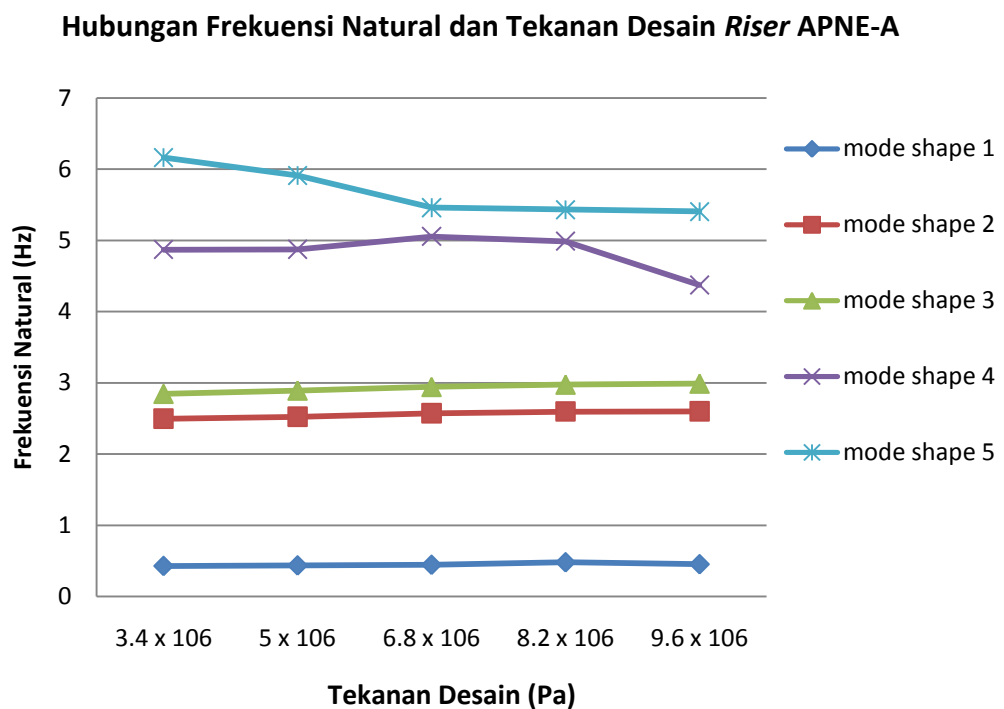
No	Tekanan Desain (Pa)	Mode shape				
		1	2	3	4	5
1	3.4×10^6	0.426	2.496	2.846	4.871	6.164
2	5×10^6	0.433	2.524	2.892	4.875	5.914
3	6.8×10^6	0.442	2.574	2.943	5.056	5.464
4	8.2×10^6	0.477	2.597	2.976	4.988	5.433
5	9.6×10^6	0.45	2.6	2.99	4.374	5.408

Tabel 4.8 Frekuensi Natural *Riser* APNF dengan Variasi Tekanan Desain

No	Tekanan Desain (Pa)	Mode shape				
		1	2	3	4	5
1	3.4×10^6	3.305	6.03	7.173	12.772	13.339
2	5×10^6	3.398	6.472	7.455	12.09	12.959
3	6.8×10^6	3.509	6.885	8.193	12.674	13.158
4	8.2×10^6	3.566	6.988	8.521	13	13.288
5	9.6×10^6	3.584	7.034	8.679	13.341	16.567

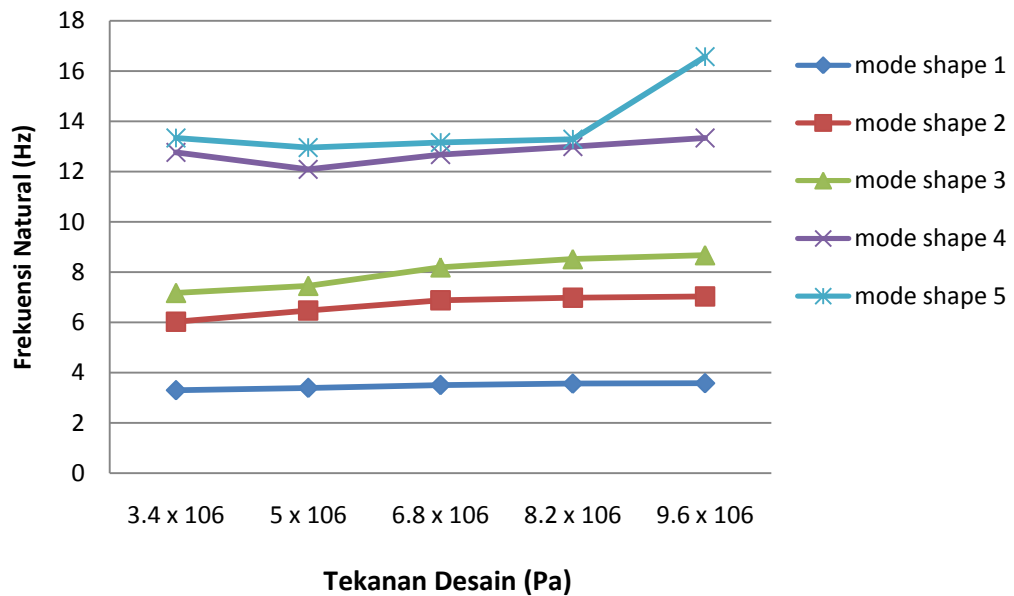
Pada tabel 4.7 disajikan hubungan antara frekuensi natural *riser* APNE-A dengan variasi tekanan desain. Peningkatan nilai tekanan desain akan cenderung mengakibatkan pada penurunan nilai frekuensi natural. Gambar 4.11 menampilkan grafik perubahan frekuensi natural dengan variasi tekanan desain.

Hubungan antara frekuensi natural *riser* APNF dengan variasi tekanan desain dapat dilihat pada tabel 4.8. Peningkatan nilai tekanan desain cenderung mengakibatkan naiknya nilai frekuensi natural dari *riser*. Gambar 4.12 menampilkan grafik perubahan frekuensi natural dengan variasi tekanan desain.



Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Frekuensi Natural *Riser* APNE-A dengan Variasi Tekanan Desain

Hubungan Frekuensi Natural dan Tekanan Desain *Riser* APNF



Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Frekuensi Natural *Riser* APNF dengan Variasi Tekanan Desain

4.5 Validasi Hasil Pemodelan *Software* dengan Perhitungan Manual

Validasi diperlukan untuk mengetahui perbandingan hasil perhitungan *software* dan perhitungan manual. Tabel 4.9 memperlihatkan frekuensi natural pada *riser* APNE-A dan APNF dalam berbagai bentuk defleksi, yang biasa disebut *mode shape*. Nilai frekuensi natural terbesar pada *riser* APNE-A yakni sebesar 5.914 Hz dan untuk *riser* APNF yakni sebesar 12.959 Hz.

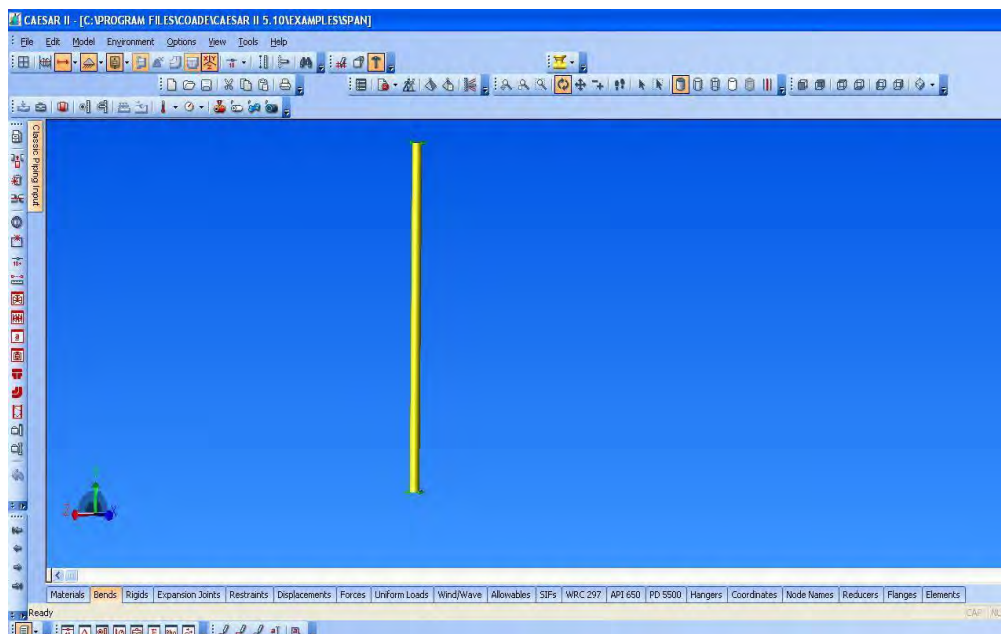
Tabel 4.9 Hasil Frekuensi Natural *Riser* dengan Software Caesar II

Frekuensi natural (Hz)	Mode shape				
	1	2	3	4	5
Riser APNE-A	0.433	2.54	2.892	4.875	5.914
Riser APNF	3.398	6.472	7.455	12.09	12.959

Pada tabel 4.9 diatas, nilai frekuensi natural tersebut merupakan hasil perhitungan dari *software* terhadap struktur *riser* secara keseluruhan. Sementara pada rumus perhitungan manual, frekuensi natural diperoleh dengan menganalisa bentangan pada struktur. Nilai frekuensi natural dipengaruhi oleh beberapa faktor, yakni kekakuan struktur, kondisi ujung bentangan, panjang bentangan, serta massa efektif dari struktur tersebut.

Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil yang diperoleh *software* Caesar dan perhitungan manual terhadap bentangan maksimal dari struktur. Bentangan maksimal struktur APNE-A dan APNF, yakni masing-masing sebesar 19.8 m dan 19.86 m.

Pada perhitungan dibantu *software*, dilakukan pemodelan terhadap bentangan maksimal, dapat dilihat pada gambar 4.14. Gambar 4.14 memperlihatkan model bentangan maksimal pada *riser* APNE-A, dengan kondisi kedua ujung bentangan yakni pin-roll. Analisa dilanjutkan untuk memperoleh nilai frekuensi natural dari bentangan tersebut.



Gambar 4.14 Bentangan Maksimal Pada *Riser* APNE-A (19.8 m)

Analisa frekuensi natural secara manual dilakukan dengan menggunakan rumus 2.16 pada bab II. Hasil perhitungan frekuensi natural untuk bentangan maksimal pada struktur *riser* APNE-A dan APNF, yakni sebagai berikut :

- Panjang bentangan 19.8 m (*riser* APNE-A)

$$f_n = \frac{9.87}{2 \times 3.14} \sqrt{\frac{2.07E11 \times 0.0011}{205.77 \times 19.8^4}}$$

$$= 4.484 \text{ Hz}$$

- Panjang bentangan 19.86 m (*riser* APNF)

$$f_n = \frac{9.87}{2 \times 3.14} \sqrt{\frac{2.07E11 \times 0.0011}{205.77 \times 19.86^4}}$$

$$= 4.377 \text{ Hz}$$

Perbandingan hasil perhitungan manual dan hasil analisa dibantu *software* dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut ini.

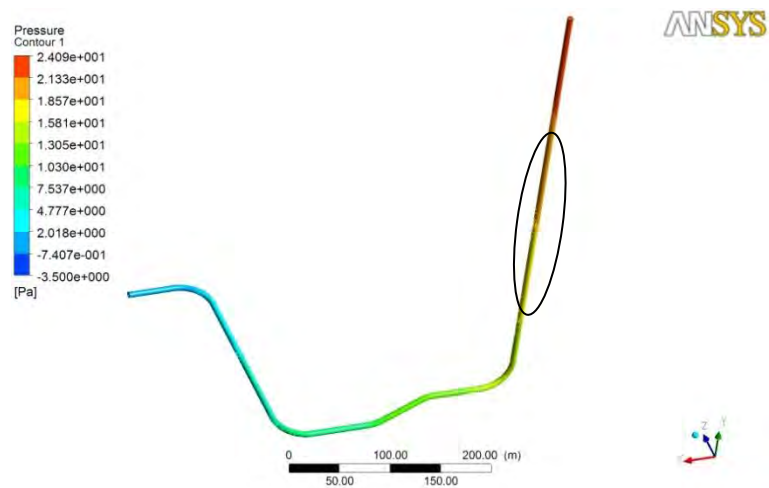
Tabel 4.10 Validasi Frekuensi Natural

Bentangan Maksimal pada <i>Riser</i>	Fn Manual (Hz)	Fn Caesar II (Hz)	Selisih (%)
APNE-A (19.8 m)	4.48	4.708	4.76
APNF (19.86 m)	4.37	4.67	6.42

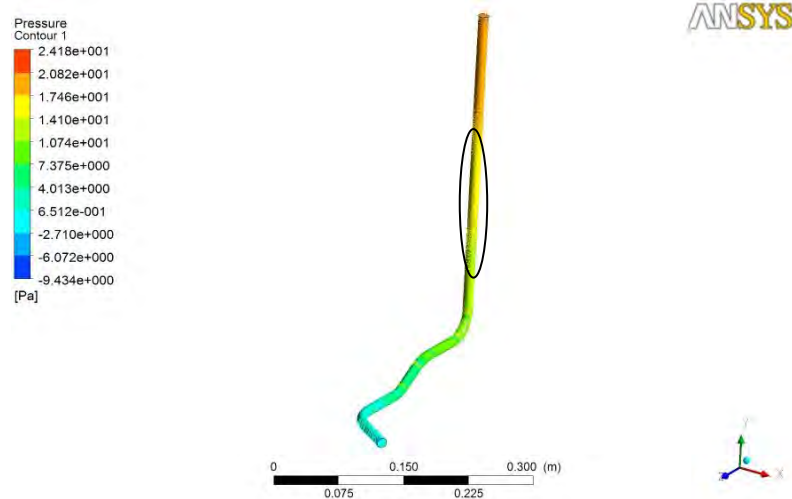
Tabel diatas memperlihatkan persentase perbandingan antara perhitungan manual dan dibantu *software*. Selisih perbandingan frekuensi natural antara perhitungan manual dan dibantu *software* untuk APNE-A sebesar 4.76 %. Sementara itu, untuk APNF selisih frekuensi natural yang diperoleh yakni sebesar 6.42 %. Adanya perbedaan tersebut disebabkan karena perhitungan frekuensi natural pada *software* CAESAR merupakan hasil dari pembebanan perubahan tekanan fluida, sedangkan pada perhitungan manual fluida dianggap konstan. Selisih terbesar pada validasi ini tidak signifikan, yakni sebesar 6.42 % dan masih dalam kategori toleransi. Hal ini menunjukkan jika hasil *output* dari CAESAR cukup bisa dipertanggungjawabkan pada analisa ini.

4.6 Analisa *Displacement* Pada *Riser*

Adanya tekanan internal fluida dan pengaruh dari lingkungan dapat mengakibatkan terjadinya perpindahan (*displacement*) atau bergesernya struktur *riser*. Pergeseran struktur *riser* ini sesuai dengan jumlah derajat kebebasan yang dimilikinya. Analisa pergeseran struktur *riser* ini akan dilakukan secara lokal, dengan mengambil penampang struktur *riser* yang dilingkari, seperti pada gambar dibawah ini.



(a)

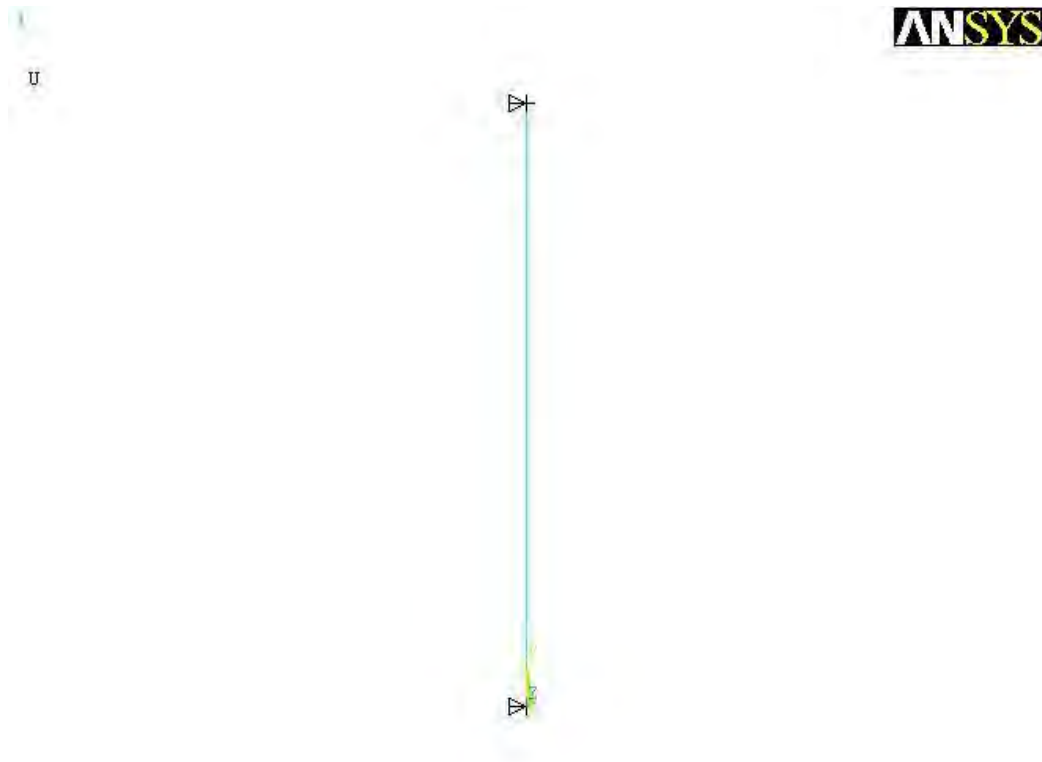


(b)

Gambar 4.15 Analisa Lokal Pergeseran (*Displacement*) Pada *Riser*.

(a) APNE-A ; (b) APNF

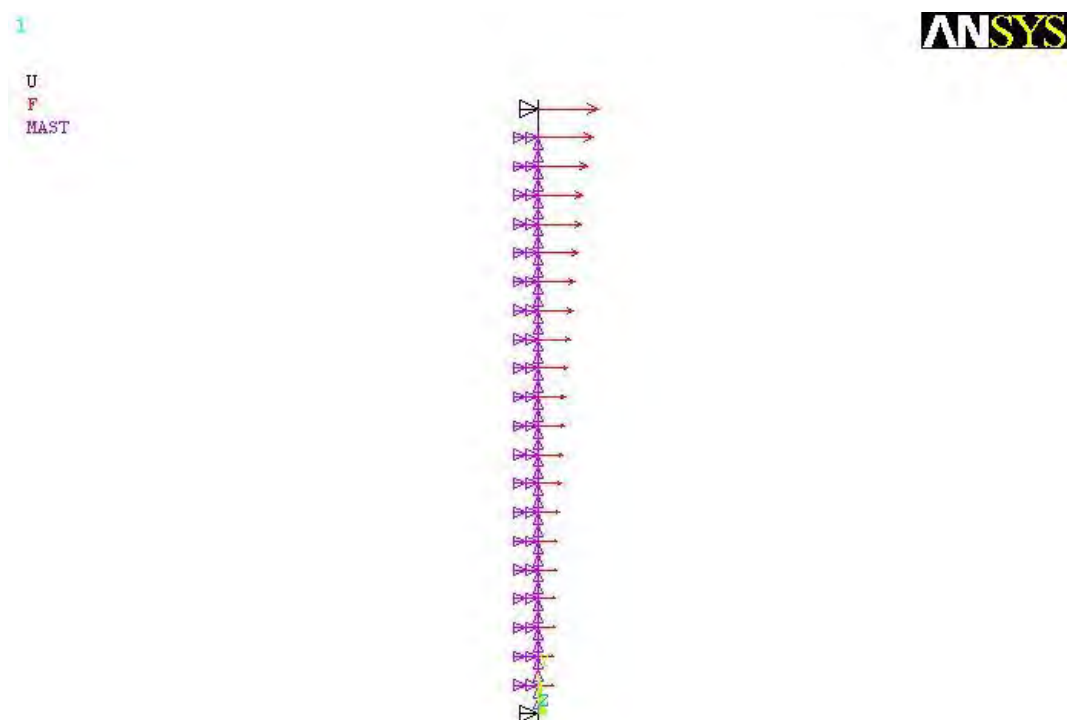
Pada analisa lokal ini, panjang bentangan *riser* APNE-A dan APNF yang dimodelkan yakni masing-masing sebesar 19.82 m dan 19.86 m. kedua ujung bentangan masing-masing *riser* diberi *restraint* sesuai dengan kondisi *riser* dilapangan yang diberi tumpuan pin-roll.



Gambar 4.16 Pemodelan *Riser* APNE-A Dengan Panjang Bentangan 19.8 m

Analisa ini dilakukan dengan bantuan program komputasi ANSYS. Pemodelan terhadap penampang yang akan dianalisa dilakukan dan diberi kondisi pembebanan, dapat dilihat pada gambar 4.17. Beban ini meliputi tekanan internal yang dihasilkan oleh fluida yang mengalir di dalam *riser* dan beban lingkungan berupa gaya gelombang yang mengenai struktur. Gaya gelombang ini diperoleh dari perhitungan kecepatan efektif partikel gelombang berdasarkan data gelombang yang ada (tinggi gelombang dan periode gelombang signifikan). Untuk mendapatkan nilai kecepatan partikel gelombang, harus disesuaikan dengan teori gelombang yang digunakan. Penentuan teori gelombang yang akurat,

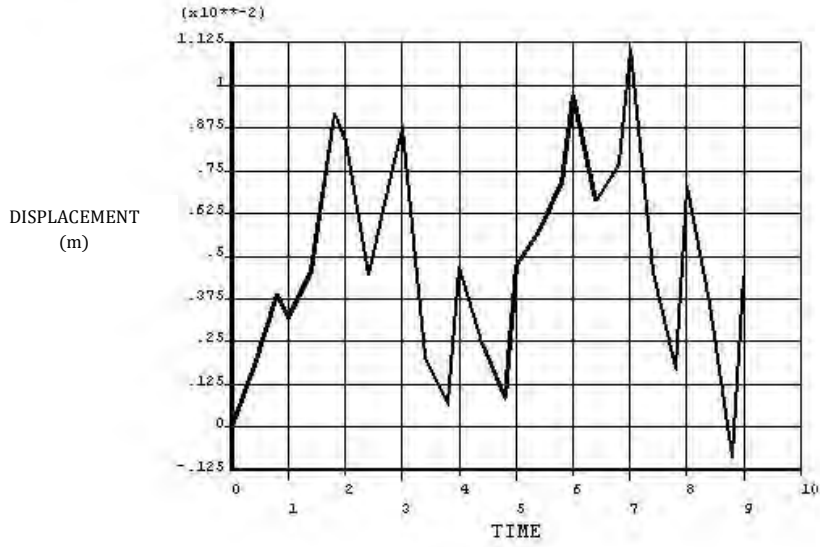
dapat dilakukan dengan menggunakan grafik *region validity*. Teori gelombang yang digunakan pada perhitungan ini menggunakan teori gelombang *Stoke* orde-2. Perhitungan kecepatan partikel dan percepatan partikel gelombang dapat dihitung berdasarkan rumus pada subbab 2.5. Perhitungan menggunakan rumus tersebut menghasilkan nilai maksimal kecepatan partikel gelombang (u_x) senilai 0.350 m/s, dan percepatan partikel gelombang (a_x) senilai 2.202 m/s². Perhitungan gaya *drag* yakni sebesar 210.89 N/m, dan gaya inersia sebesar 1318.84 N/m.



Gambar 4.17 Beban Gelombang Pada Pemodelan *Riser* APNE-A

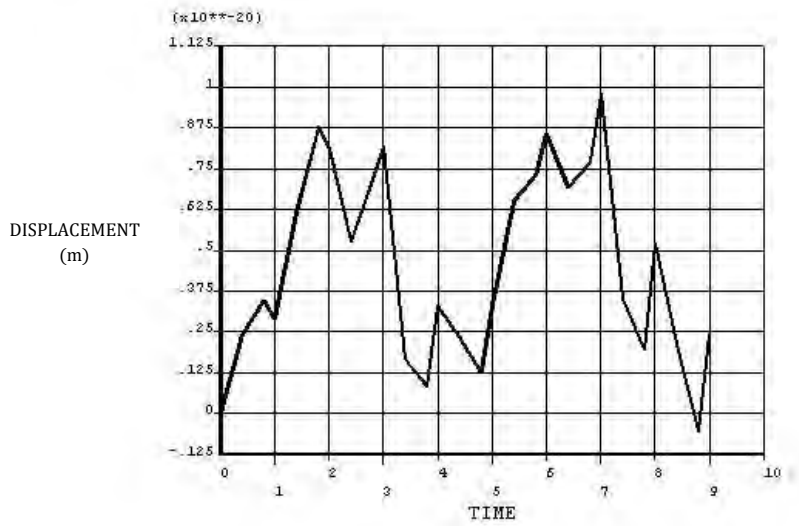
Analisa terhadap struktur dilakukan untuk memperoleh karakteristik pergeseran (*displacement*) dengan memberikan pembebanan. Hasil dari analisa ini ditampilkan dalam bentuk grafik, yang mana pembebanan diasumsikan selama 9 detik.

UX_2



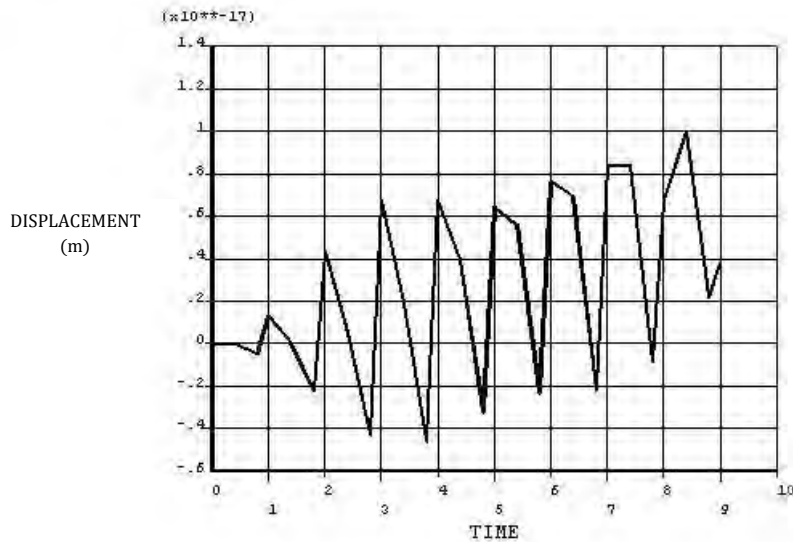
(a)

UY_3



(b)

U2_5



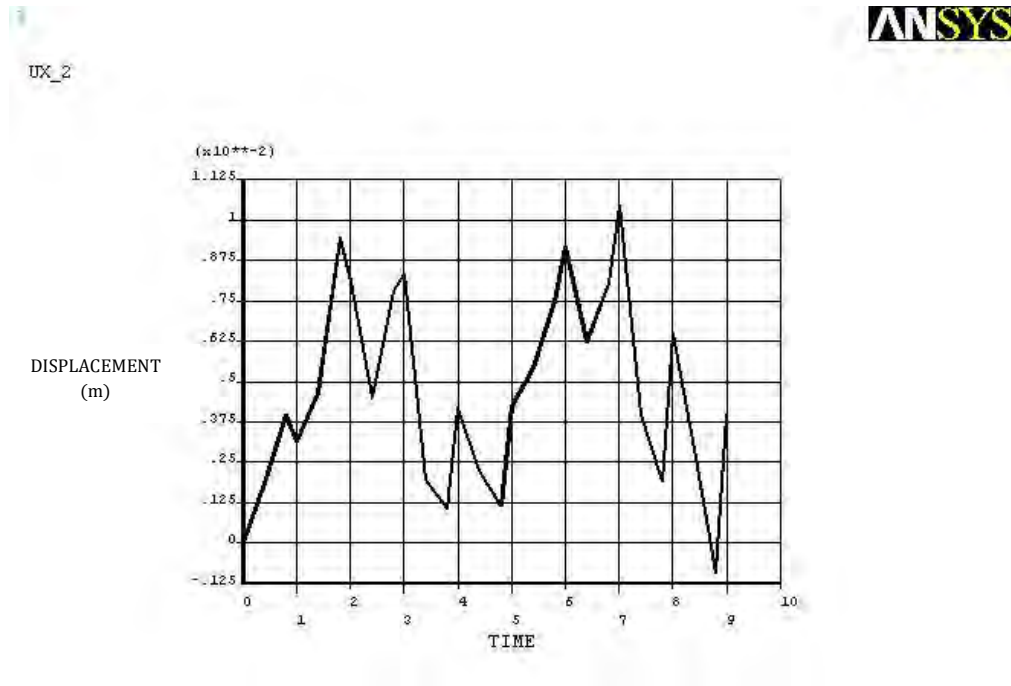
(c)

Gambar 4.18 Grafik *Displacement* Pada Titik Tengah Bentangan Maksimal *Riser* APNF terhadap (a) sumbu-x; (b) sumbu-y; (c) sumbu-x

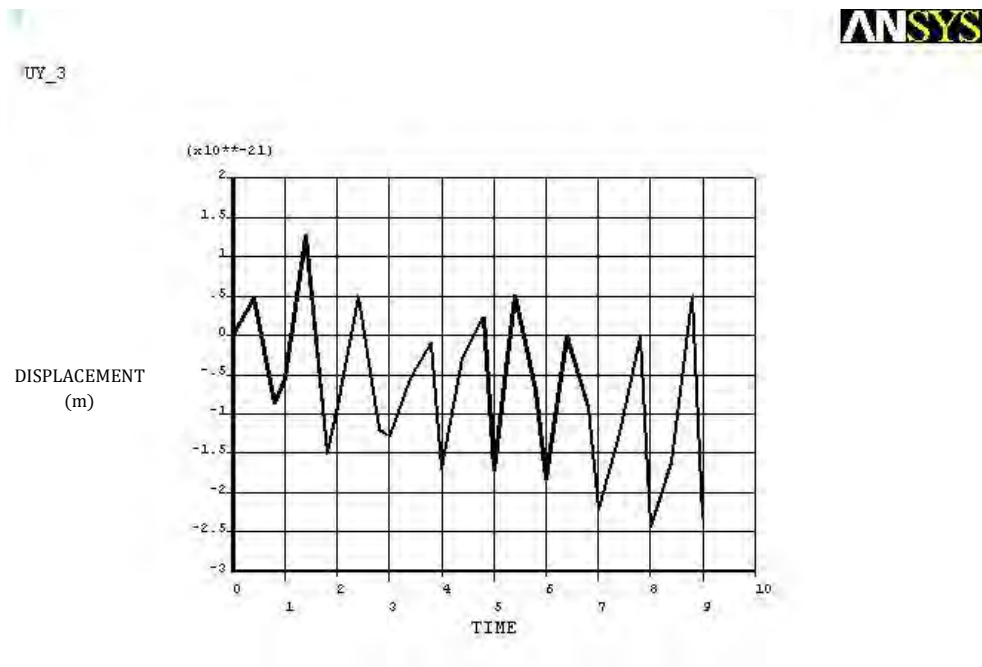
Pengaruh beban gelombang dan tekanan internal fluida terhadap *riser* APNF disimulasikan selama 9 detik. Analisa ini menghasilkan grafik *displacement* terhadap sumbu-x, sumbu-y, dan sumbu-z, seperti pada gambar 4.18 diatas.

Pergeseran terhadap sumbu-x bervariasi dalam kurun 9 detik, yang mana nilai pergeseran maksimum mencapai nilai 1.125×10^{-2} m saat $t = 7$ s. Sementara itu, karakteristik pergeseran sumbu-y berada pada nilai tertinggi 0.95×10^{-20} m saat $t = 7$ s dan nilai terendah 0.05×10^{-20} m saat $t = 8.7$ s. Grafik pergeseran sumbu-z memiliki nilai karakteristik perpindahan yang relatif meningkat dalam kurun waktu yang diberikan. Nilai perpindahan tertinggi untuk sumbu-z berada pada 1×10^{-17} m saat $t = 8.4$ s, dan nilai perpindahan terendah berada pada -0.08×10^{-17} m saat $t = 0.9$ s.

Pergeseran yang dialami oleh riser APNE-A terhadap sumbu-x, sumbu-y, dan sumbu-z dengan pemberian gaya gelombang dan tekanan internal fluida dalam kurun waktu 9 detik ditampilkan pada gambar 4.19 dibawah ini.

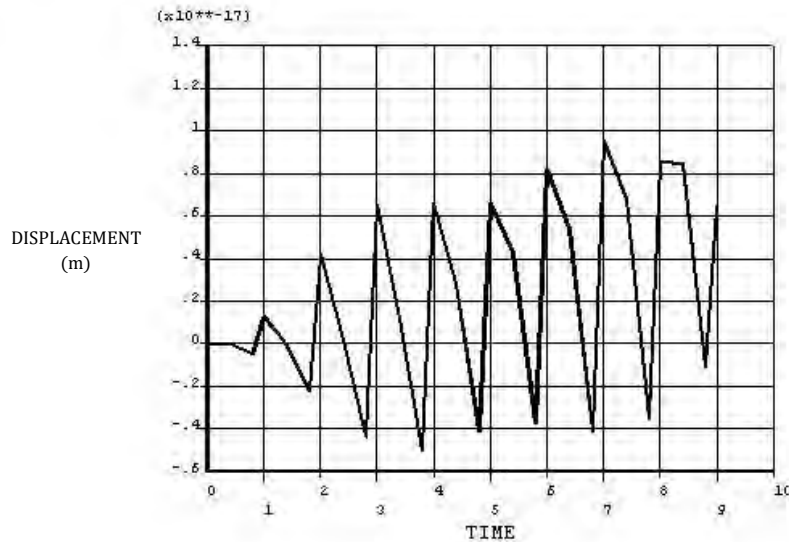


(a)



(b)

UZ_4



(c)

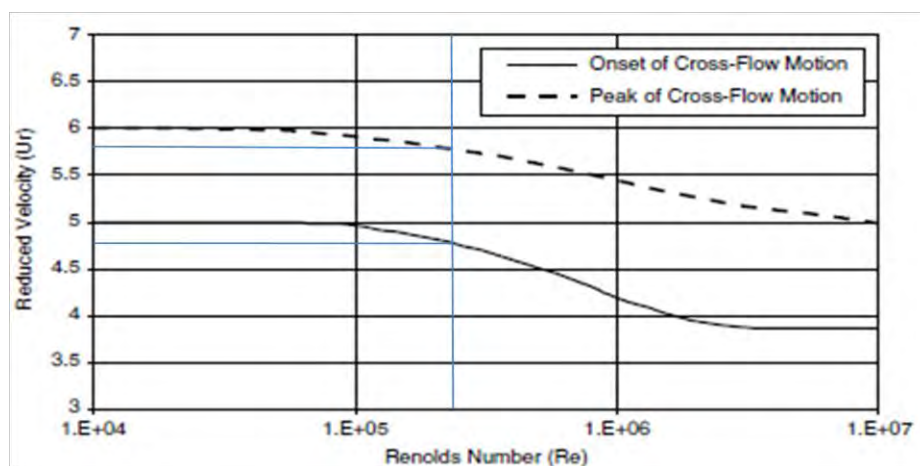
Gambar 4.19 Grafik *Displacement* Pada Titik Tengah Bentangan Maksimal *Riser* APNE-A terhadap (a) sumbu-x; (b) sumbu-y; (c) sumbu-z

Berdasarkan grafik pada gambar 4.19 diatas, nilai maksimum pergeseran atau yang terjadi pada *riser* APNE-A terhadap sumbu-x yakni sebesar 1.06×10^{-2} m pada saat $t = 7$ s. Sementara pada sumbu-y, grafik pergeseran cenderung meningkat dalam rentan waktu 9 detik. Nilai perpindahan maksimum terhadap sumbu-y berada pada -2.4×10^{-21} m saat $t = 8$ s, dan nilai perpindahan minimum yakni 0.25×10^{-21} m saat $t = 4.8$ s. Grafik perpindahan struktur terhadap sumbu-z cenderung meningkat dalam kurun waktu 9 detik, seperti yang terlihat pada gambar diatas. Nilai perpindahan minimum berada pada 0.05×10^{-17} m saat $t = 0.8$ s, dan nilai perpindahan maksimum berada pada 0.9×10^{-17} m saat $t = 7$ s.

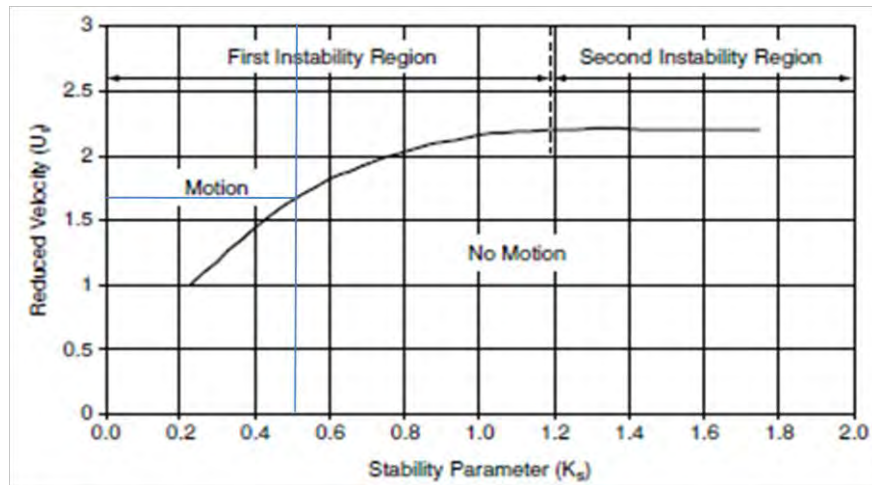
Grafik perpindahan tersebut diperoleh dengan melakukan pemodelan struktur yang dibagi dalam 20 segmen dan mengasumsikan gaya yang terjadi merata sepanjang tiap segmen. Beban lingkungan dan beban tekanan di dalam *riser* mempengaruhi setiap karakteristik perpindahan yang dialami oleh *riser* tersebut.

Beban lingkungan tersebut merupakan akumulasi dari gaya geser dan gaya inersia akibat aliran (kecepatan dan percepatan) partikel gelombang dan arus terhadap struktur. Pola aliran yang terbentuk akibat tahanan dari *riser* dapat dikaji lebih lanjut untuk mengetahui pengaruhnya terhadap osilasi *riser*. Perhitungan bilangan reynold, yang merupakan fungsi dari *reduced velocity*, dilakukan untuk mengetahui dampak dari aliran terhadap osilasi *cross flow*. Sementara itu, perhitungan nilai parameter kestabilan (K_s), juga merupakan fungsi dari *reduced velocity*, dilakukan untuk mengetahui dampak dari aliran terhadap osilasi *in-flow*.

Melalui persamaan pada subbab 2.2.6, diperoleh nilai maksimum dari bilangan reynold dan parameter kestabilan (K_s) masing-masing yakni 352061 dan 0.0823. setelah diperoleh hasil bilangan reynold dan parameter kestabilan, maka nilai *reduced velocity* dapat diketahui. *Reduced velocity* merupakan kecepatan dimana osilasi akibat vortex shedding terjadi. Nilai dari bilangan reynold dan parameter kestabilan diplot ke dalam grafik *reduced velocity*, dapat dilihat seperti pada gambar 4.20 dan 4.21. Dari grafik tersebut didapatkan nilai *reduced velocity* untuk kondisi *crossflow* (VR_{CF}) = 4.7, Sedangkan untuk kondisi *in-line* diperoleh nilai *reduced velocity* (VR_{IL}) = 1,6.



Gambar 4.20 Grafik *reduced velocity* for *cross-flow oscillations* (Guo dkk, 2005)



Gambar 4.21 Grafik *reduced velocity* for *in-line oscillations* (Guo dkk, 2005)

Pada kondisi internal, aliran fluida yang mengalir di dalam *riser* menyebabkan tekanan pada dinding *riser*. Tekanan yang disebabkan aliran tersebut dapat menjadi pemicu terjadinya osilasi atau getaran pada struktur. Perubahan pola aliran fluida di dalam *riser* dapat diketahui dengan mengkaji besar bilangan reynold. Pada pembahasan ini, jika nilai bilangan reynold kecil, aliran akan muncul berlapis-lapis yang disebut dengan aliran laminar, sedangkan aliran yang tidak terdapat garis edar tertentu yang dapat dilihat disebut dengan aliran turbulen. Hasil dari perhitungan bilangan reynold menggunakan persamaan 2.15, diperoleh hubungan antara kecepatan aliran fluida dan Re. Pada kecepatan fluida 18.28 m/s, 21.33 m/s, dan 24.38 m/s, dihasilkan bilangan reynold dengan nilai masing-masing sebesar 4157, 4850, dan 5542. Dari hasil ini dapat diketahui bahwa peningkatan kecepatan fluida akan memperbesar nilai dari bilangan reynold. Peningkatan bilangan reynold dapat mengindikasikan terjadinya perubahan pola aliran. Dalam kajian ini, aliran yang terjadi di dalam *riser* bersifat transisi sebab berada pada batas aliran laminar dan turbulen. Namun, dalam analisa lokal (bentangan) ini, turbulensi aliran tidak begitu signifikan berperan sebagai faktor penyebab osilasi *riser*, sebab masih dalam batas nilai yang relatif kecil dan faktor penampang bentangan yang tidak mengalami perubahan bentuk (penampang lurus).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari proses analisa yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Perubahan nilai tegangan yang dialami oleh *riser* berbanding lurus dengan variasi nilai tekanan internal yang diberikan. Batas nilai maksimal tegangan yang diijinkan pada *riser* adalah tidak melebihi dari 0.6 SMYS (*specified minimum yield strength*). Dari hasil analisa terhadap *riser* APNE-A dan APNF, diperoleh nilai tekanan internal yang masih dalam batas toleransi aman dengan ratio 55%, yakni pada tekanan 5 Mpa. Peningkatan tekanan internal dengan nilai tegangan melebihi 0.6 dari SMYS (*specified minimum yield strength yield stength*) dapat menyebabkan kegagalan pada struktur.
2. Diameter struktur dan tekanan desain merupakan beberapa parameter yang mempengaruhi frekuensi natural *riser*. Pada analisa *riser* APNE-A dan APNF, perubahan ukuran diameter struktur yang semakin besar akan meningkatkan nilai frekuensi naturalnya. Hal ini berkaitan dengan semakin besarnya momen inersia yang dimiliki oleh struktur. Sementara itu, perubahan nilai frekuensi natural struktur pada beberapa bentuk defleksi akibat dari pengaruh tekanan internal adalah cenderung relatif terhadap strukturnya. Pada *riser* APNE-A, peningkatan tekanan desain akan menyebabkan menurunnya frekuensi natural pada beberapa bentuk defleksi (*mode shape* 4 dan 5). Pada *riser* APNF, peningkatan tekanan desain berbanding lurus dengan nilai frekuensi natural yang dimilikinya. Analisa pergeseran (*displacement*) pada APNE-A dan APNF menghasilkan grafik pergeseran dengan nilai maksimal terhadap sumbu-x.

5.2 Saran

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut terkait hal lain yang menyebabkan vibrasi seperti efek palu air (*water hammer*), dan pengaruh *head loss* terhadap struktur.
2. Penjepit atau *clamp* pada *riser* berfungsi untuk menjepit *riser* agar posisinya tetap pada struktur. Analisa lebih lanjut dapat dilakukan dengan variasi jenis penjepit untuk mengetahui sebaran tegangan, potensi kegagalan, dan karakteristik pergerakan struktur tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnold Ken, dan Maurice Stewart. 1989. **Surface Production Operation**. United State Of America:Gulf Publishing Company.
- ASME B.31-8*. 2000. **Gas Transmission and Distribution Piping Code**.America.
- Bai, Y. 2000. **Subsea Pipelines and Risers**.United Kingdom:Elsevier Science Ltd.
- Blevins.2001.**Flow Induced Vibration**. Florida:Krieger Publishing Company. “COADE Pipe Stress Analysis Seminar Notes”,2000.
- Det Norske Veritas-OS-F101*. 2000. **Submarine Pipeline Systems**. Norway.
- Guidelines for Avoidance of Vibration Induced Fatigue in Process Pipework*. 2000.Marine Technology Directorate.
- Guo. H.Y., M. Lou. 2008. “Effect Of Internal Flow On Vortex-Induced Vibration Of Risers”. Elsevier Ltd. **Journal Of Fluids And Structures**.
- Guo, B., Shanhong S., Jacob C., Ali G.(2004). **Offshore Pipelines**. Gulf Profesional Publishing, Burlington. USA.
- Medio.V.2008. “AnalisaVibrasi Sistem Pipa Penyalur Gas-Liquid (Multiphase) Untuk Meningkatkan Produktivitas Gas Total E&P Indonesia”. **Jurnal Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan ITS**.
- Mouselli, A. H. (1981). **Offshore Pipeline Design, Analysis and Methods**. PennWell Books. Oklahoma.
- Soegiono. 2007. **Pipa Laut**. Airlangga University Press: Surabaya.
- Streeter, Wylie. 1990. *Mekanika Fluida. Jilid 1, cetakan II*. Jakarta. Erlangga.

Lampiran A
Data *Riser* APNE-A dan APNF

➤ Data Riser

Tabel Data Proses

Parameter	Unit	Riser APNE-A	Riser APNF
Tekanan Desain	Mpa	5.0	5.0
Tekanan Operasi	Mpa	4.8	4.8
Temperatur Desain	⁰ K	333.15	333.15
Temperatur Operasi	⁰ K	307.95	307.95
Densitas Fluida (Gas)	kg/m ³	7.75	7.62
Flow Rate	m ³ /s	9.83	9.83

Tabel Data Material Riser

Parameter	Unit	Riser APNE-A	Riser APNF
Material	-	API 5L X52	API 5L X52
SMYS	Pa	35852737.85	35852737.85
Ketebalan Riser	m	14.3 x 10 ⁻³	14.3 x 10 ⁻³
Densitas	kg/m ³	7849.047	7849.047
Toleransi Terhadap Korosi	m	4.064 x 10 ⁻³	4.064 x 10 ⁻³

➤ Data Lingkungan

Tabel Kedalaman Perairan

NO	Kedalaman Perairan	Satuan	Jalur Pipa	
			APNE-A ke 24" APNA-MM P/L	APNF ke 24" APNA-MM P/L
1	Kedalaman Laut Minimal	m	40	37
2	Kedalaman Laut Maksimal	m	48	42

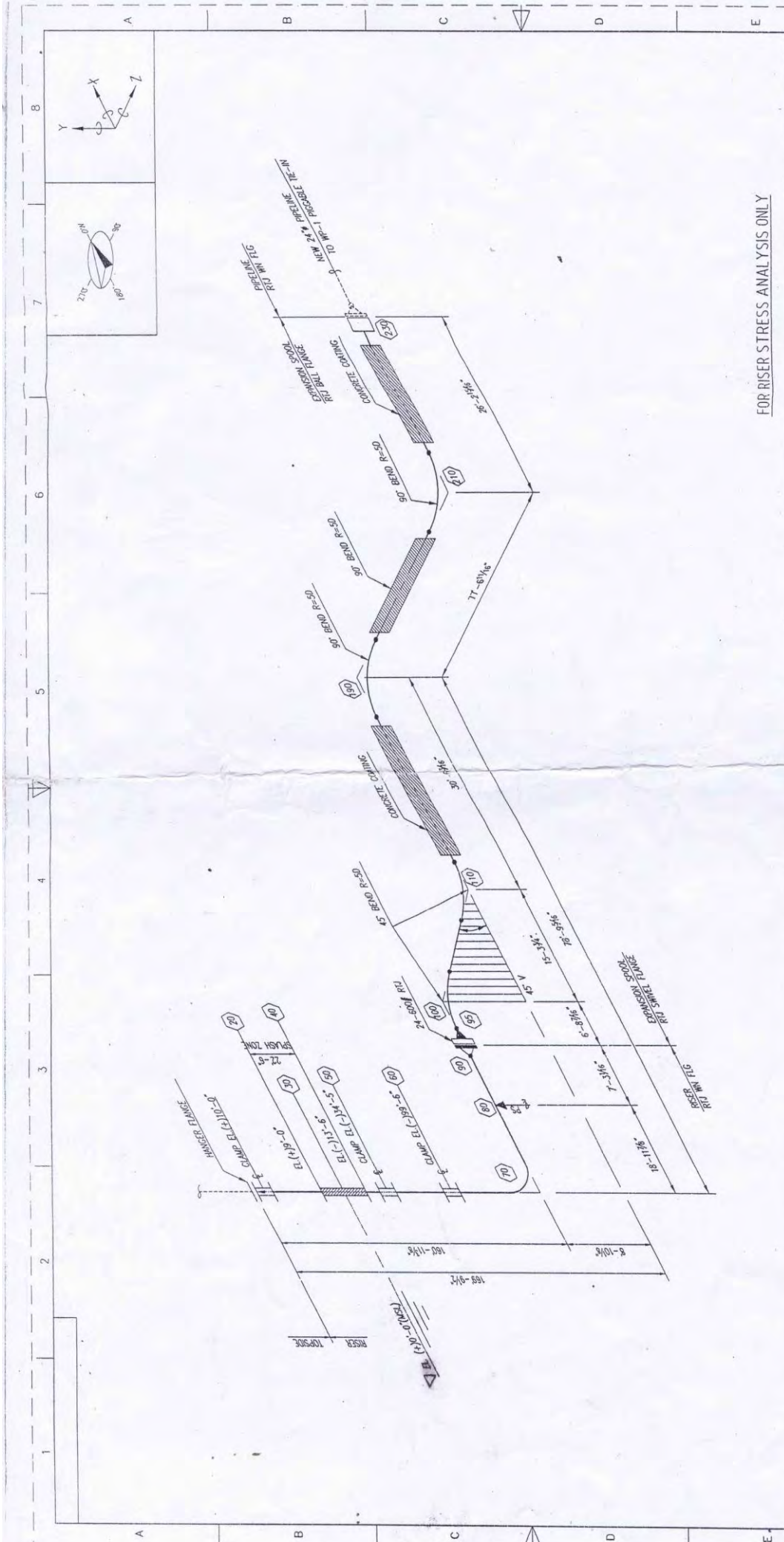
Tabel Data Pasang Surut

No	Item	Notasi	Satuan	Periode Ulang	
				1 Tahun	100 Tahun
1	Level Muka Air Tertinggi	HHWL	m	0.57	
2	Level Muka Air Terendah	LLWL	m	-0.47	
3	Level Muka Air Rata-rata	MSL	m	0.00	

Tabel Parameter Gelombang

No	Item	Notasi	Satuan	Periode Ulang	
				1 Tahun	100 Tahun
1	Gelombang Individu Maksimal				
	Tinggi Gelombang	H _{max}	m	3.5	6
	Periode Gelombang	T _{max}	s	6.9	9.1
	Panjang Gelombang	L _{max}	m	74.7	120.5
2	Gelombang Signifikan				
	Tinggi Gelombang	H _s	m	1.9	3.3
	Periode Gelombang	T _s	s	6.9	8.7
	Panjang Gelombang	L _s	m	73.7	111.8

Lampiran B
Desain *Riser* APNE-A dan APNF



LINE / NODE NO.		APNE-A RISER	
MATERIAL OF PIPE	API 5L X52		
PIPE SIZE & WT.	610 & 14.3		
CORR. AL.	4		
AMBIEN TEMP.	(°F)		
CON. THK.	(mm)		
DESIGN/OPR./M.P. PRESS. (PSIG)	725/700/833.75		
T1/T2	(°F)		
FLUID DENIS.	(kg/cm ³)	7.75	
END EXPANSION LENGTH (m)		0.683	

SPRING HANGER/SUPPORT	1. NODE :	SERIES/TYPE
	SIZE :	SPRING RATE :
	2. NODE :	SERIES/TYPE :
	SIZE :	SPRING RATE :
	3. NODE :	SERIES/TYPE :
	SIZE :	SPRING RATE :
	EXPANSION BELLOWS	
	1. NODE :	SERIES/TYPE
	SPRING RATE AXIAL LATERAL (N/MM)	
	SPRING RATE ANGULAR (N/MM/DEG)	
	2. NODE :	SERIES/TYPE
	SPRING RATE AXIAL LATERAL (N/MM)	
	SPRING RATE ANGULAR (N/MM/DEG)	

REY.	DESCRIPTION	BY	DATE

CLASS	REVISION	STATUS

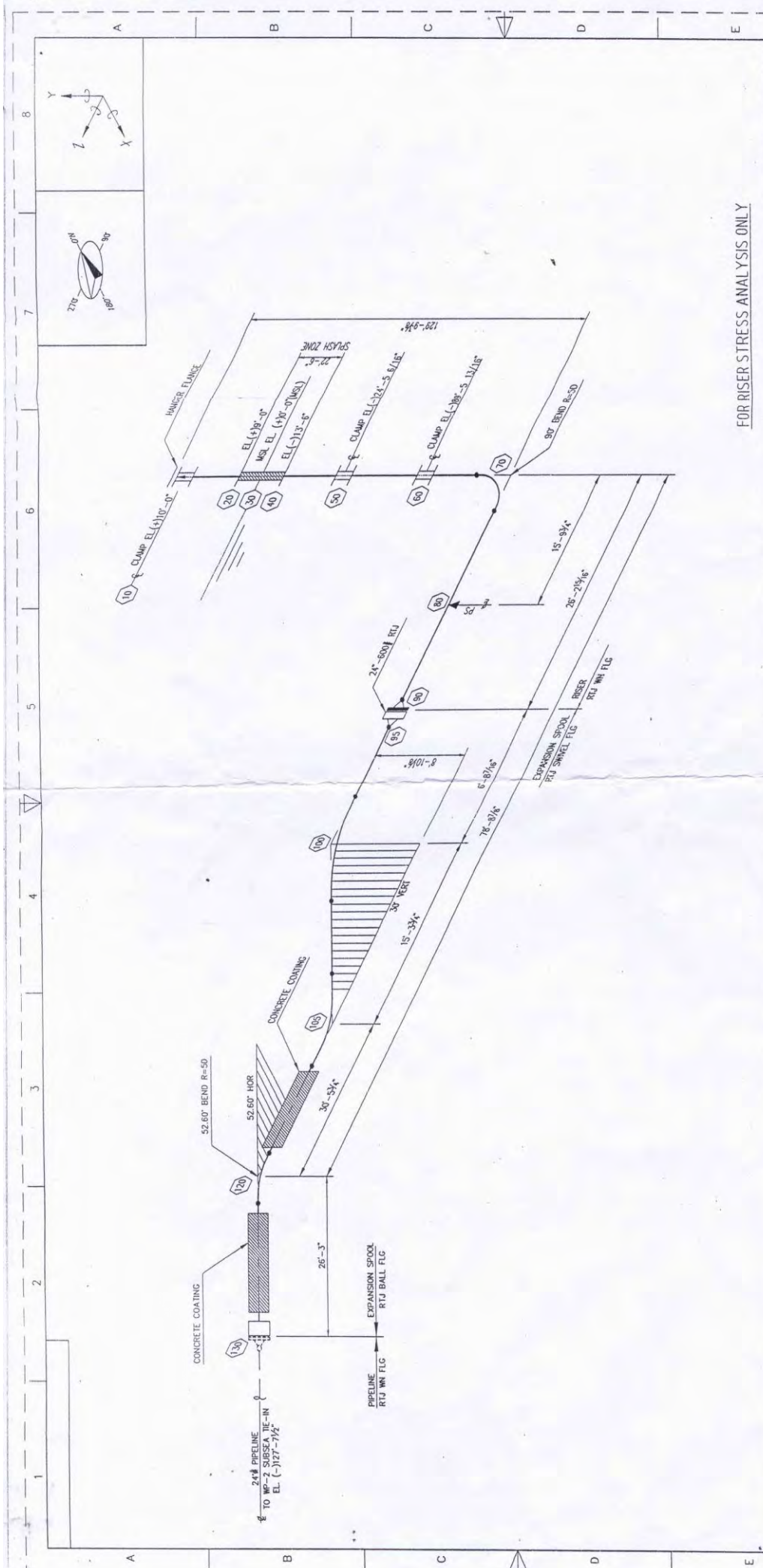
FOR RISER STRESS ANALYSIS ONLY

STAFF USE:
 A = Issued For Internal Review - B = Issued For Review - C = Issued For Approval
 0 = Approved For Construction

TOTAL OR PARTIAL REPRODUCTION AND/OR UTILIZATION OF THE DOCUMENTATION ARE FORBIDDEN WITHOUT PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION OF THE OWNER.

LINE NO. _____
 DRAWING NO. _____

ALL RIGHTS RESERVED.
 No part of this document may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without the prior written permission of PHE ONWJ.



FOR RISER STRESS ANALYSIS ONLY

LINE / NODE NO.	APNF RISER	SPRING HANGER/SUPPORT	CHANNEL	STATUS CODE :
MATERIAL OF PIPE	API 5L X52	1. NODE : SERIES/TYPE	CHANNEL	1 = Issued For Review - B = Issued For Review - C = Issued For Approval
PIPE SIZE & WT. (mm)	610 & 14.3	2. NODE : SIZE : SERIES/TYPE	FLANGE (TOP TO BOTTOM) INSTALLATION	B = Issued For Review - C = Issued For Approval
CORR. AL. (mm)	4	3. NODE : SIZE : SERIES/TYPE	CLAMP	D = Issued For Review - E = Issued For Approval
AMBIEN TEMP. (°F)	80	4. NODE : SIZE : SERIES/TYPE	ANCHOR	F = Issued For Review - G = Issued For Approval
CON. THK. (mm)	67	EXPANSION BELLOWS	VIRTUAL ANCHOR	
DESIGN/OPER./IMP PRESS. (PSIG)	725/700/833.75	1. NODE : SERIES/TYPE		
TI/72 (°F)	140	2. NODE : SIZE : SERIES/TYPE		
FLUID DENS. (kg/cu.m)	7.62	3. NODE : SIZE : SERIES/TYPE		
END EXPANSION LENGTH (m)	0.713	4. NODE : SIZE : SERIES/TYPE		

REV.	DESCRIPTION	BY	CALC./CHK'D	APPR.	DATE
A	ISSUED FOR INITIAL REVIEW	BFP	PNB	ANZ	05/02/10

CLASS	REVISION	STATUS
—	—	—
A	A	—

LINE NO.	APNF ISOMETRIC RISER
DRAWING NO.	

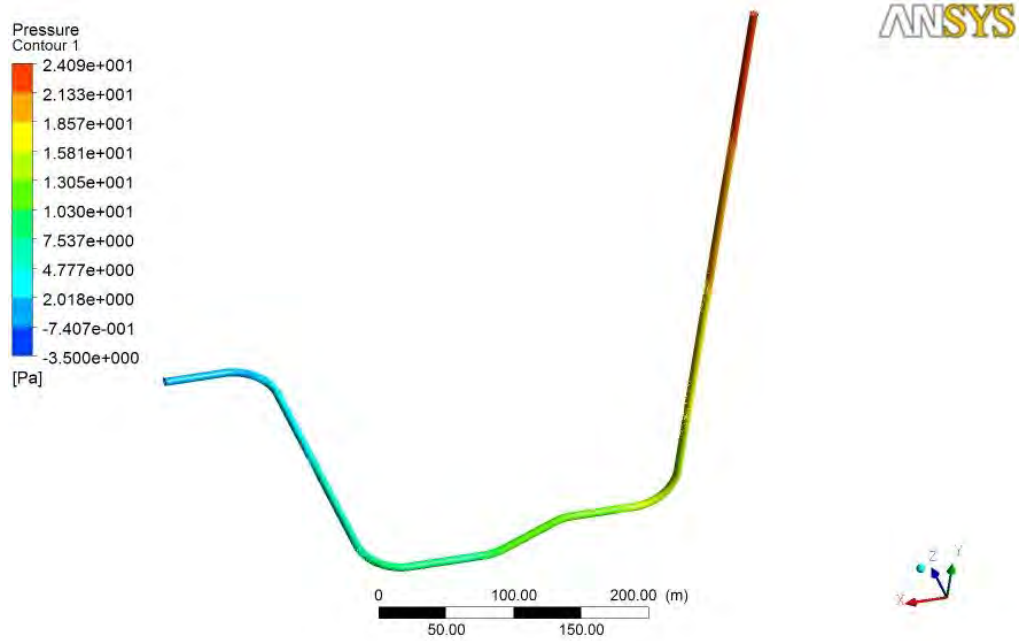
ALL RIGHTS RESERVED
 THE INFORMATION CONTAINED HEREIN IS THE PROPERTY OF PERTAMINA AND IS TO BE USED ONLY FOR THE PURPOSES AND IN THE MANNER SPECIFIED IN THE CONTRACT. ANY REPRODUCTION OR TRANSMISSION OF THIS INFORMATION WITHOUT THE WRITTEN AUTHORIZATION OF PERTAMINA IS STRICTLY PROHIBITED.

STATUS CODE :
 1 = Issued For Review - B = Issued For Review - C = Issued For Approval
 D = Issued For Review - E = Issued For Approval
 F = Issued For Review - G = Issued For Approval

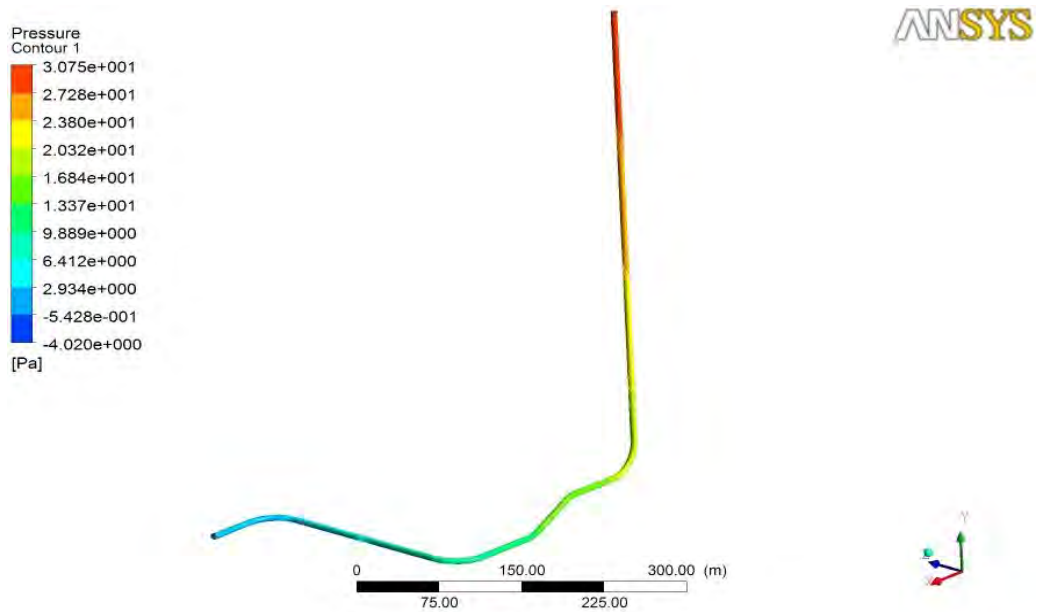
TOTAL OR PARTIAL REPRODUCTION AND/OR UTILIZATION OF THIS DOCUMENTATION ARE FORBIDDEN WITHOUT PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION OF THE OWNER.

PERTAMINA
 P H E
 O N W J

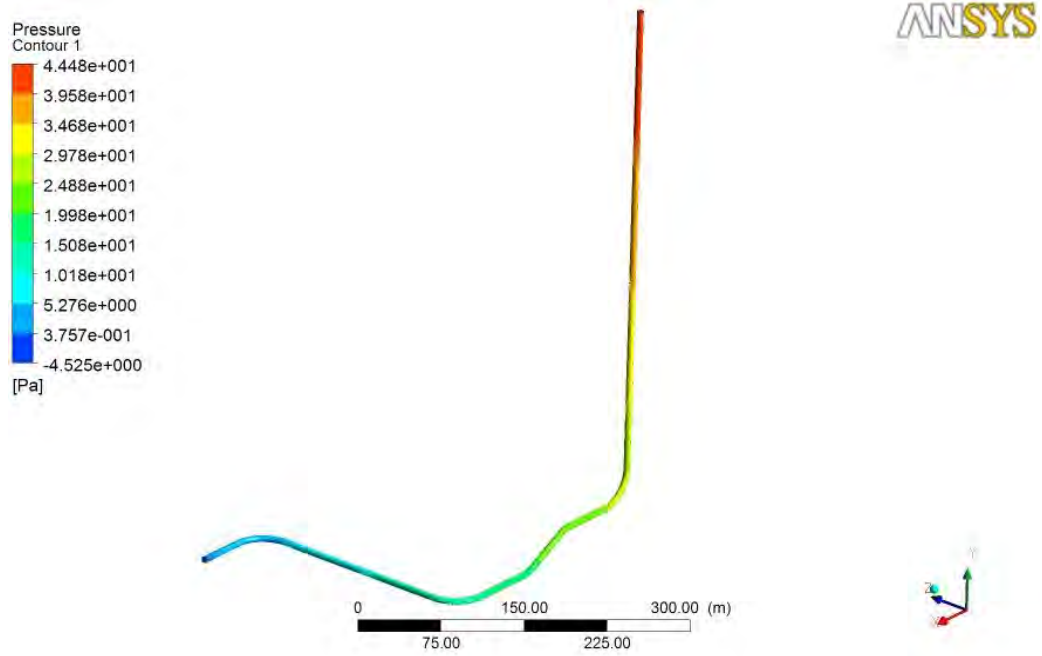
Lampiran C
Output Pemodelan ANSYS



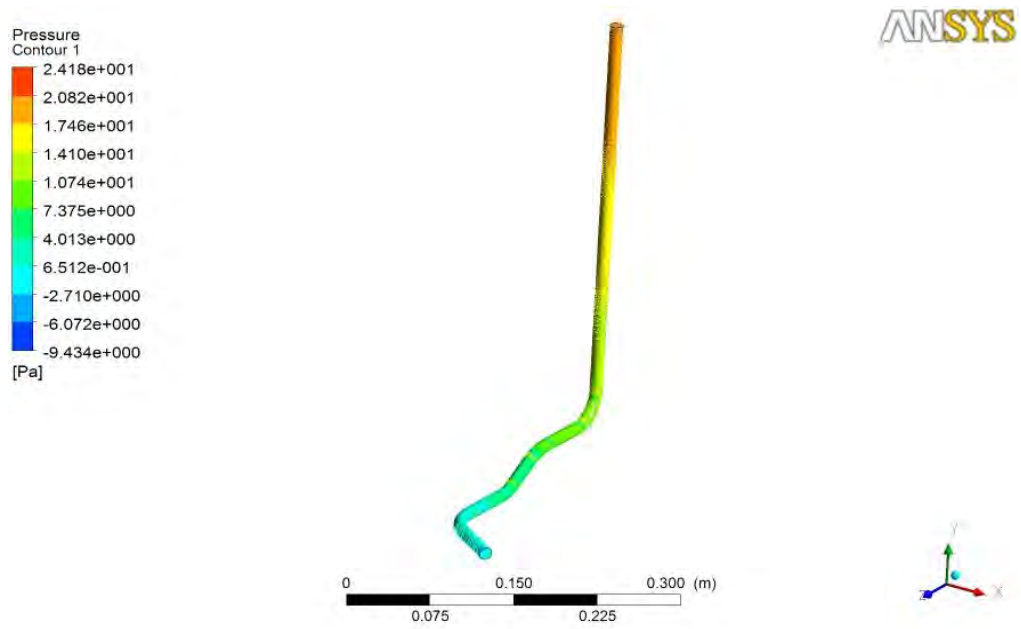
Kontur Tekanan Fluida *Riser* APNE-A (Velocity 18.28 m/s)



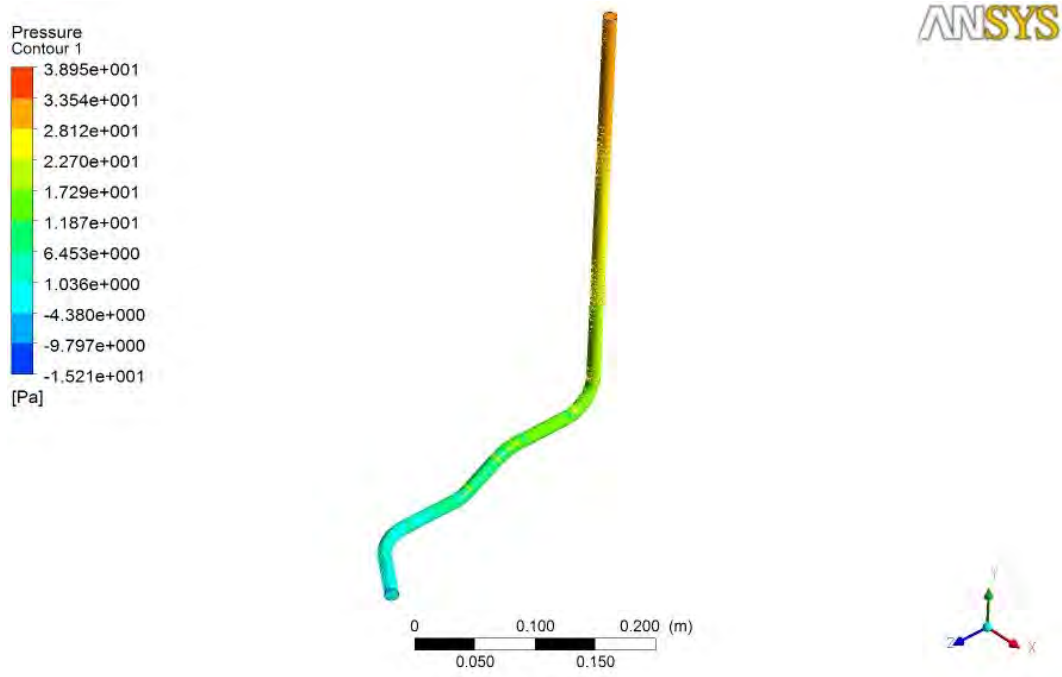
Kontur Tekanan Fluida *Riser* APNE-A (Velocity 21.33 m/s)



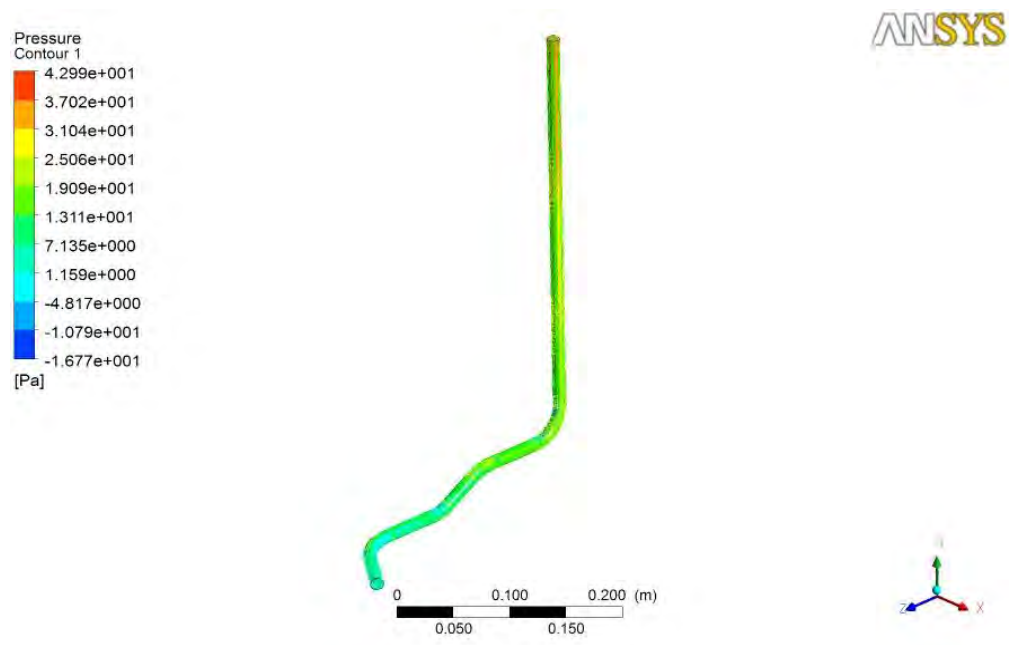
Kontur Tekanan Fluida *Riser* APNE-A (Velocity 24.38 m/s)



Kontur Tekanan Fluida *Riser* APNF (Velocity 18.28 m/s)



Kontur Tekanan Fluida *Riser* APNF (Velocity 21.33 m/s)



Kontur Tekanan Fluida *Riser* APNF (Velocity 24.38 m/s)

Lampiran D
Perhitungan Beban Gelombang

Pemilihan teori gelombang dengan mencari perpotongan H/gT^2 dan d/gT^2 pada sumbu-x dan sumbu-y.

- $\left[\frac{H}{gT^2} \right]$ dan $\left[\frac{d}{gT^2} \right]$

- Periode Ulang 1 Tahun

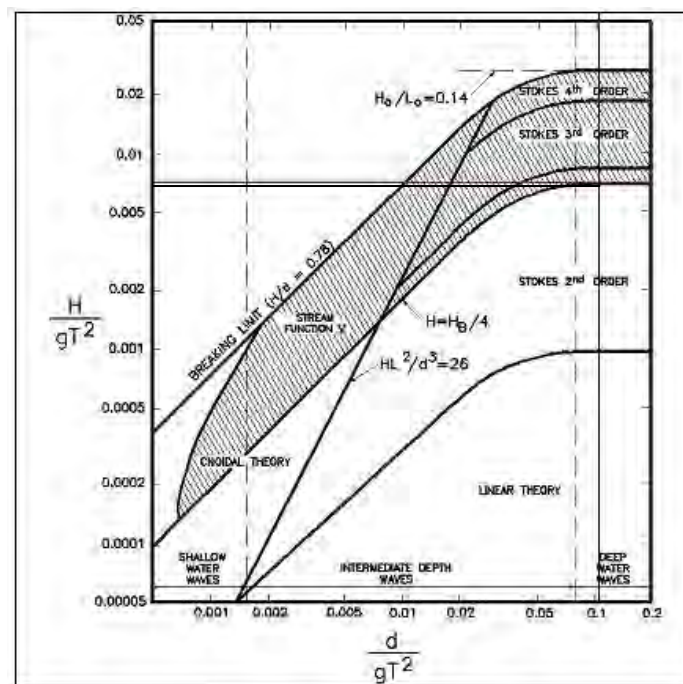
$$\frac{H}{gT^2} = 3.5 / (9.8 * 6.9^2) = 0.007501$$

$$\left[\frac{d}{gT^2} \right] = 48 / (9.8 * 6.9^2) = 0.1028$$

- Periode Ulang 100 Tahun

$$\frac{H}{gT^2} = 6 / (9.8 * 9.1^2) = 0.007393$$

$$\left[\frac{d}{gT^2} \right] = 48 / (9.8 * 9.1^2) = 0.059147$$



Gambar Grafik *Region Of Validity*

Beban lingkungan span pada lokasi tinjauan 15.26 m dari dasar laut.

$$\bullet u = \frac{3.14 \cdot 2.67}{9} \frac{\cosh 0.08407 \cdot 15.26}{\sin 0.08407 \cdot 48} \cos 45^\circ + \frac{3}{4} \left(\frac{3.24 \cdot 2.67}{74.7} \right) \frac{3.14 \cdot 2.67}{9} \frac{\cosh 2 \cdot 0.08407 \cdot 15.26}{\sinh^4 0.08407 \cdot 48} \cos 2 \cdot 45^\circ$$

$$= 0.077 \text{ m/s}$$

$$\bullet \frac{du}{dt} = \frac{2 \cdot 3.14^2 \cdot 2.67}{9} \frac{\cosh 0.08407 \cdot 15.26}{\sin 0.08407 \cdot 48} \sin 45^\circ + \frac{3 \cdot 3.14^2 \cdot 2.67}{9^2} \left(\frac{3.14 \cdot 2.67}{74.7} \right) \frac{3.14 \cdot 2.67}{9} \frac{\cosh 2 \cdot 0.08407 \cdot 15.26}{\sinh^4 0.08407 \cdot 48} \cdot \sin 2 \cdot 45^\circ$$

$$= 0.4858 \text{ m/s}^2$$

$$\bullet U_w = \sqrt{0.778 \cdot U^2 \left(\frac{D}{V_0} \right)^{0.286}}$$

$$= \sqrt{0.778 \cdot 0.077^2 \left(\frac{0.61}{32.735} \right)^{0.286}}$$

$$= \sqrt{0.001490}$$

$$= 0.0386 \text{ m/s}$$

$$\bullet U_D = 1.14 \left[\frac{1 + \frac{0.0000013}{0.61} \left(\ln \left(\frac{0.61}{0.0000013} + 1 \right) - 1 \right) \cdot \sin(90^\circ)}{\ln \left(\frac{15.26}{0.0000013} + 1 \right)} \right]$$

$$= 0.7956 \text{ m/s}$$

$$\bullet U_C = \sqrt{0.778 \cdot 0.7956^2 \cdot \frac{0.61}{32.735} \cdot 0.286}$$

$$= 0.3970 \text{ m/s}$$

$$\bullet U_C + U_w = 0.4252 \text{ m/s}$$

$$\bullet Re = 0.03860 \cdot 0.61 / 1.05 \cdot 10^{-6}$$

$$= 22430$$

Maka nilai $c_d = 1.3$; $c_m = 2.0$.

- $F_d = \frac{1}{2} \rho_{\text{fluida}} C_D U |U|$
 $F_d = 0.5 * 1025 * 1.3 * 0.04817 * 0.04817$
 $= 120.47 \text{ N/m}$
- $F_i = \rho_{\text{fluida}} C_m \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) \left(\frac{du}{dt} \right)$

Re	C _D	C _L	C _M
$Re < 5,0 \times 10^3$	1,3	1,5	2,0
$5,0 \times 10^3 < Re < 1,0 \times 10^5$	1,2	1,0	2,0
$1,0 \times 10^5 < Re < 2,5 \times 10^5$	$1,53 - \frac{Re}{3 \times 10^5}$	$1,2 - \frac{Re}{5 \times 10^5}$	2,0
$2,5 \times 10^5 < Re < 5,0 \times 10^5$	0,7	0,7	$2,5 - \frac{Re}{5 \times 10^5}$
$5,0 \times 10^5 < Re$	0,7	0,7	1,5

$$F_i = 1025 * 2 * \left(\frac{3.14 * 0.61 * 0.61}{4} \right) (0.4858)$$

$$= 290.93 \text{ N/m}$$

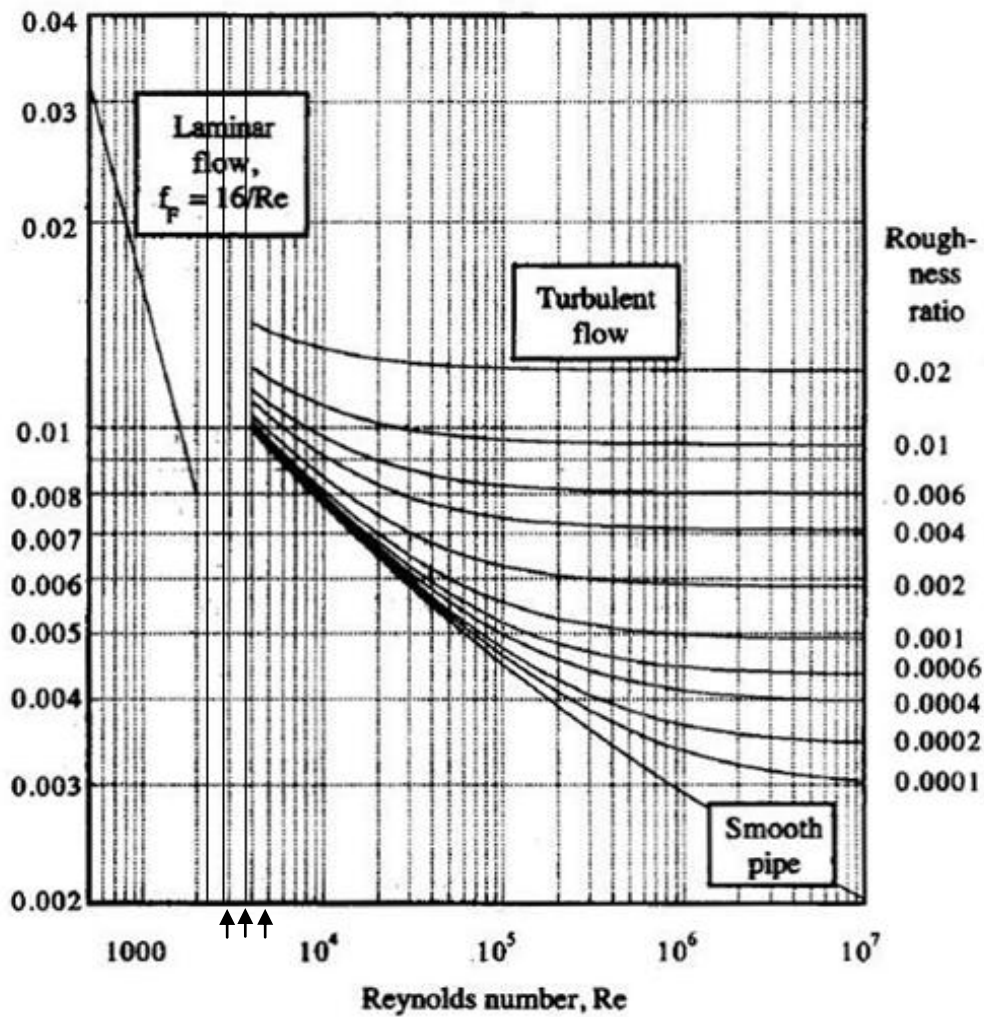
$$F_d + F_i = 411.4132 \text{ N/m}$$

Panjang bentangan *riser* dibagi atas 20 segmen. Variasi terhadap waktu dilakukan agar memperoleh beban gelombang dinamis. Dengan metode perhitungan seperti sebelumnya, maka diperoleh distribusi gaya gelombang pada bentangan.

Tabel Nilai Beban gelombang Pada Segmen Riser yang Ditinjau

NO	Kedalaman (dari dasar laut)	Force = $f_d + f_i$ (N/m)								
		t = 1	t = 2	t = 3	t = 4	t = 5	t = 6	t = 7	t = 8	t = 9
1	34.07	874.514	2280	2076	562.767	562	2075	2280	874	113
2	33.08	780.5	2082	1883	490.23	490	1883	2082	780	90
3	32.09	738.96	1935.46	1755	472.53	472.53	1755	1935.49	738	100
4	31.1	695.7	1798	1634	450	450	1634	1799	695	108
5	30.11	649	1663	1511	423	423	1511	1663	649	106
6	29.12	604	1539	1398	396	396	1398	1539	604	105
7	28.13	564	1425.2	1294.3	371	371	1294	1425	563	104
8	27.14	524	1320	1199	346	346	1199	1320	524	103
9	26.15	491.5	1224	1111.76	327	328	1111.75	1224	491	102.4
10	25.16	459.89	1135.7	1031.7	308	308	1031	1135	459	101.5
11	24.17	441.16	1063	968.5	302	302	968	1063	441	109
12	23.18	413	989	901.4	284	284	901	989	413	108
13	22.19	390	921	839.5	271	271	839	921	390	107.71
14	21.2	367.79	858	783	258	258	783	858	367	107.11
15	20.21	331.68	795	712	226	226	711	795	331	106.58
16	19.22	327.83	749	684	233	284.3	684	749	327	106
17	18.23	311.75	701	640.7	224	224	640.7	701	311	105.7
18	17.24	296.5	657.8	601	215	216	601	657	296	105.4
19	16.25	282.6	618.3	566	207	207	565	618	282	105.19
20	15.26	270	582	533	200	200.1	533	582	270	105

Penentuan Jenis Aliran Melalui Plotting nilai Re pada Diagram Moddy. Nilai bilangan reynold dengan nilai masing-masing sebesar 4157, 4850, dan 5542 ditarik garis perpotongan pada diagram Moddy, seperti pada gambar dibawah ini. Jenis aliran yang diperoleh adalah aliran transisi.

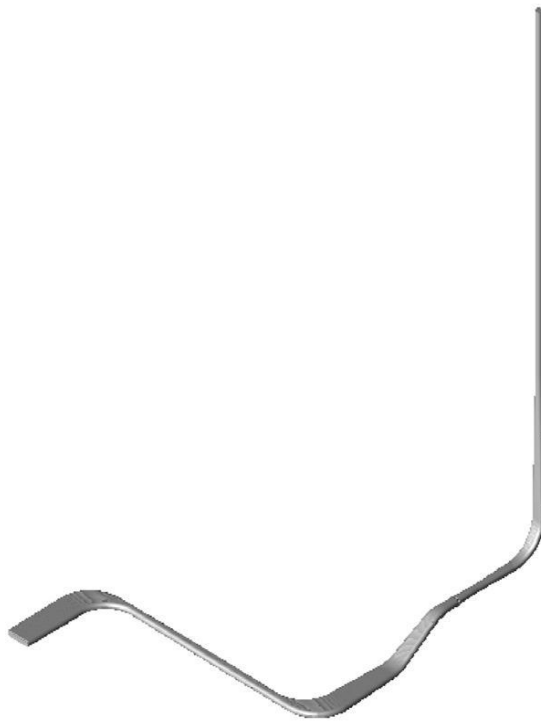


Lampiran Diagram Moddy Dalam Penentuan Jenis Aliran

Lampiran E
Mode shape *Riser*

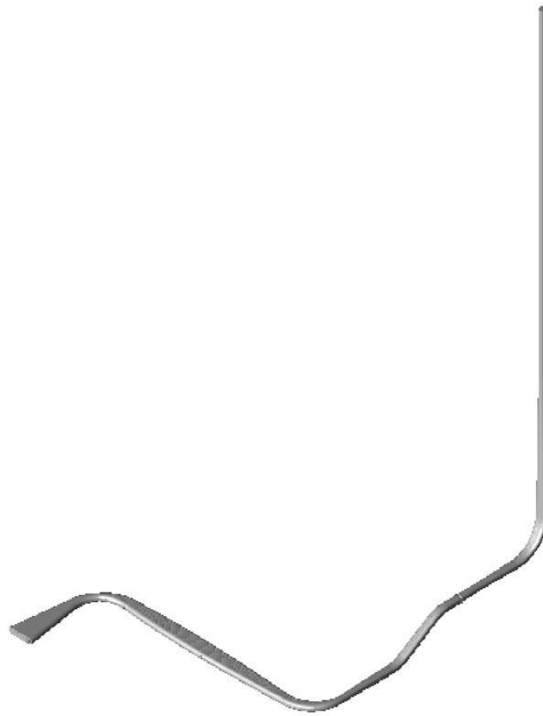
Mode shape Riser APNE-A

CASE 1



Mode shape Riser APNE-A

CASE 2



Mode shape Riser APNE-A

CASE 3



Mode shape Riser APNE-A

CASE 4



Mode shape Riser APNE-A

CASE 5

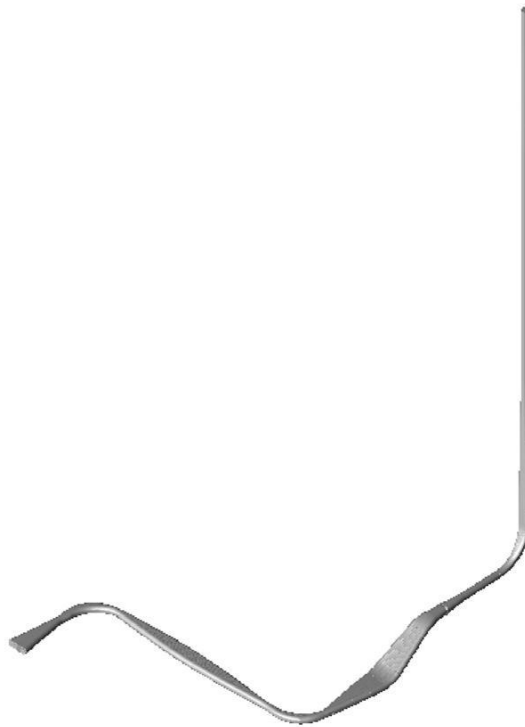


Table of Contents

LISTING OF STATIC LOAD CASES FOR THIS ANALYSIS.....	2
Displacements : 2 (OPE) W+D2+T1+P1.....	3
Stresses : 2 (OPE) W+D2+T1+P1.....	4
Stress Summary : 2 (OPE) W+D2+T1+P1.....	7
Displacements : 3 (SUS) W+P1.....	8
Stresses : 3 (SUS) W+P1.....	9
Stress Summary : 3 (SUS) W+P1.....	12
Displacements : 12 (OCC) L12=L8+L9+L10+L11	13
Stresses : 12 (OCC) L12=L8+L9+L10+L11	14
Stress Summary : 12 (OCC) L12=L8+L9+L10+L11	17
Displacements : 13 (OPE) L13=L2+L11.....	18
Stresses : 13 (OPE) L13=L2+L11	19
Stress Summary : 13 (OPE) L13=L2+L11	22

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: MAR 6, 2014 Time: 2:22
Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNE-A
Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

LISTING OF STATIC LOAD CASES FOR THIS ANALYSIS

1 (OPE) WW+T1+P1
2 (OPE) W+D2+T1+P1
3 (SUS) W+P1
4 (OPE) W+D1+D2+T1+P1+WAV1
5 (OPE) W+D1+D2+T1+P1+WAV2
6 (OPE) W+D1+D2+T1+P1+WAV3
7 (OPE) W+D1+D2+T1+P1+WAV4
8 (SUS) L8=L4-L2
9 (SUS) L9=L5-L2
10 (SUS) L10=L6-L2
11 (SUS) L11=L7-L2
12 (OCC) L12=L8+L9+L10+L11
13 (OPE) L13=L2+L11

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: MAR 6, 2014 Time: 2:22
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNE-A
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

DISPLACEMENTS REPORT: Nodal Movements
 CASE 2 (OPE) W+D2+T1+P1

NODE	DX in.	DY in.	DZ in.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
10	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0050	0.6533	-0.0195
11	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20	-0.0041	-0.0051	0.0011	-0.0050	0.6533	-0.0194
30	-0.0390	-0.0511	0.0100	-0.0042	0.6533	-0.0165
40	-0.0695	-0.1201	0.0178	-0.0008	0.6533	-0.0030
50	0.0000	-0.2270	-0.0000	0.0101	0.6533	0.0394
51	0.0000	-0.2270	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60	-0.0000	-0.5613	0.0000	-0.0425	0.6533	-0.1663
61	-0.0000	-0.5613	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
68	-2.6363	-0.7836	0.8405	-0.1461	0.6533	-0.3523
69	-2.7458	-0.7130	1.1034	-0.1858	0.6598	-0.3326
70	-1.9466	-0.4465	1.2572	-0.1836	0.6900	-0.3031
80	0.0000	-0.0000	1.3257	-0.1296	0.7369	-0.2611
85	1.1473	0.1629	1.3638	-0.0874	0.7732	-0.2378
90	1.1473	0.1629	1.3638	-0.0874	0.7732	-0.2378
95	1.2604	0.1757	1.3674	-0.0872	0.7734	-0.2377
98	1.9196	0.2406	1.3885	-0.0680	0.7935	-0.2248
99	2.3427	0.2679	1.4055	-0.0405	0.8256	-0.2144
100	2.7247	0.2767	1.4236	-0.0151	0.8574	-0.1998
108	4.4716	0.2304	1.4716	0.0238	0.9197	-0.1703
109	4.9100	0.2093	1.4779	0.0373	0.9515	-0.1557
110	5.4240	0.1841	1.4885	0.0475	0.9836	-0.1453
130	6.4562	0.1318	1.5144	0.0516	1.0084	-0.1294
150	7.6615	0.0702	1.5439	0.0517	1.0365	-0.1113
170	9.1235	-0.0000	1.5786	0.0491	1.0696	-0.0901
188	9.2644	-0.0065	1.5819	0.0488	1.0728	-0.0880
189	10.9037	-0.0310	2.3150	0.0445	1.1661	-0.0611
190	11.6006	-0.0000	4.1264	0.0452	1.2529	-0.0156
192	11.5967	0.0022	4.3235	0.0447	1.2562	-0.0134
194	11.5718	0.0090	5.5835	0.0419	1.2759	-0.0029
196	11.5313	0.0064	7.6792	0.0372	1.3050	0.0033
198	11.4907	0.0012	9.8188	0.0325	1.3302	0.0021
200	11.4501	-0.0000	11.9962	0.0279	1.3515	0.0002
202	11.4096	-0.0000	14.2051	0.0232	1.3689	-0.0000
204	11.3690	-0.0000	16.4391	0.0185	1.3825	0.0000
206	11.3285	-0.0000	18.6921	0.0139	1.3922	-0.0001
208	11.3036	-0.0000	20.0796	0.0110	1.3962	0.0001
209	11.2997	-0.0001	20.2992	0.0106	1.3967	0.0002
210	12.1231	-0.0023	22.3897	0.0042	1.4044	-0.0040
211	14.1890	-0.0000	23.2887	-0.0003	1.4056	-0.0061
215	14.2806	0.0000	23.2904	-0.0003	1.4056	-0.0061
220	15.5497	0.0001	23.3129	-0.0001	1.4056	-0.0061
225	17.7020	-0.0000	23.3513	0.0009	1.4056	-0.0061
230	19.8543	-0.0028	23.3896	0.0019	1.4056	-0.0061
231	19.8788	-0.0028	23.3900	0.0019	1.4056	-0.0061

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: MAR 6, 2014 Time: 2:22
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNE-A
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 2 (OPE) W+D2+T1+P1

Piping Code: DNV = Det Norske Veritas Submarine Pipeline
 (1996)

CODE STRESS CHECK PASSED : LOADCASE 2 (OPE) W+D2+T1+P1

Highest Stresses: (lb./sq.in.)
 OPE Stress Ratio (%): 57.3 @Node 20
 OPE Stress: 22013.1 Allowable: 38400.0
 Axial Stress: 10656.7 @Node 130
 Bending Stress: 6539.4 @Node 60
 Torsion Stress: 875.7 @Node 70
 Hoop Stress: 22013.1 @Node 20
 3D Max Intensity: 15170.5 @Node 190

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %	Piping Code
10	0.0	-0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3	DNV
20	43.5	0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3	DNV
20	43.5	-0.0	1.000	1.000	6501.6	38400.0	16.9	DNV
30	434.9	0.0	1.000	1.000	6384.4	38400.0	16.6	DNV
30	434.9	-0.0	1.000	1.000	6384.4	38400.0	16.6	DNV
40	1022.0	0.0	1.000	1.000	6208.4	38400.0	16.2	DNV
40	1022.0	-0.0	1.000	1.000	6208.4	38400.0	16.2	DNV
50	1930.9	0.0	1.000	1.000	5936.1	38400.0	15.5	DNV
50	1930.9	-0.0	1.000	1.000	5936.1	38400.0	15.5	DNV
60	6539.4	0.0	1.000	1.000	5089.0	38400.0	13.3	DNV
60	6539.4	-0.0	1.000	1.000	5089.0	38400.0	13.3	DNV
68	1797.8	0.0	1.000	1.000	4529.4	38400.0	11.8	DNV
68	1797.8	-0.0	1.000	1.000	4529.4	38400.0	11.8	DNV
69	1529.3	302.9	1.000	1.000	4475.4	38400.0	11.7	DNV
69	1529.3	-302.9	1.000	1.000	4475.4	38400.0	11.7	DNV
70	1914.4	875.7	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5	DNV
70	1914.4	-875.7	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5	DNV
80	5775.8	875.7	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5	DNV
80	5775.8	-875.7	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5	DNV
90	5057.8	875.7	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5	DNV
85	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: MAR 6, 2014 Time: 2:22
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNE-A
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 2 (OPE) W+D2+T1+P1

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %		Piping Code
95	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0		DNV
95	5002.1	-875.7	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5		DNV
98	4756.7	875.7	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5		DNV
98	4756.7	-875.7	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5		DNV
99	4860.1	389.4	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5		DNV
99	4860.1	-389.4	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5		DNV
100	4792.6	-123.8	1.000	1.000	4390.2	38400.0	11.4		DNV
100	4792.6	123.8	1.000	1.000	4385.9	38400.0	11.4		DNV
108	4264.8	-123.8	1.000	1.000	4305.6	38400.0	11.2		DNV
108	4264.8	123.8	1.000	1.000	4301.3	38400.0	11.2		DNV
109	4086.0	389.1	1.000	1.000	4292.7	38400.0	11.2		DNV
109	4086.0	-389.1	1.000	1.000	4292.7	38400.0	11.2		DNV
110	3651.7	875.7	1.000	1.000	4283.8	38400.0	11.2		DNV
110	3651.7	-875.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
130	3537.9	875.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
130	3537.9	-875.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
150	3532.4	875.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
150	3532.4	-875.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
170	3539.9	875.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
170	3539.9	-875.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
188	3543.4	875.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
188	3543.4	-875.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
189	3509.1	783.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
189	3509.1	-783.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
190	3782.2	164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
190	3782.2	-164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
192	3658.8	164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
192	3658.8	-164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
194	3035.1	164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
194	3035.1	-164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
196	2472.2	164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
196	2472.2	-164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: MAR 6, 2014 Time: 2:22
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNE-A
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 2 (OPE) W+D2+T1+P1

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %		Piping Code
198	2131.2	164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
198	2131.2	-164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
200	1763.8	164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
200	1763.8	-164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
202	1412.3	164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
202	1412.3	-164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
204	1059.7	164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
204	1059.7	-164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
206	706.4	164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
206	706.4	-164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
208	493.1	164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
208	493.1	-164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
209	455.3	164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
209	455.3	-164.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
210	372.8	72.2	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
210	372.8	-72.2	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
211	108.0	0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
211	108.0	-0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
215	93.7	0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
215	93.7	-0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
220	0.2	0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
220	0.2	-0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
225	285.8	0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
225	285.8	-0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
230	0.0	0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
230	0.0	-0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
231	0.0	0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: MAR 6, 2014 Time: 2:22
Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNE-A
Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESS SUMMARY REPORT: Highest Stresses Mini Statement
CASE 2 (OPE) W+D2+T1+P1

LOAD CASE DEFINITION KEY

CASE 2 (OPE) W+D2+T1+P1

Piping Code: DNV = Det Norske Veritas Submarine Pipeline
(1996)

CODE STRESS CHECK PASSED : LOADCASE 2 (OPE) W+D2+T1+P1

Highest Stresses: (lb./sq.in.) LOADCASE 2 (OPE) W+D2+T1+P1
OPE Stress Ratio (%): 57.3 @Node 20
OPE Stress: 22013.1 Allowable: 38400.0
Axial Stress: 10656.7 @Node 130
Bending Stress: 6539.4 @Node 60
Torsion Stress: 875.7 @Node 70
Hoop Stress: 22013.1 @Node 20
3D Max Intensity: 15170.5 @Node 190

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: MAR 6, 2014 Time: 2:22
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNE-A
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

DISPLACEMENTS REPORT: Nodal Movements
 CASE 3 (SUS) W+P1

NODE	DX in.	DY in.	DZ in.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
10	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0004	-0.0020	0.0001
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20	0.0000	0.0001	0.0001	-0.0003	-0.0020	0.0001
30	0.0001	0.0007	0.0007	-0.0003	-0.0020	0.0001
40	0.0002	0.0016	0.0012	-0.0001	-0.0020	0.0000
50	-0.0000	0.0029	-0.0000	0.0007	-0.0020	-0.0001
51	-0.0000	0.0029	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60	0.0000	0.0056	0.0000	-0.0030	-0.0020	0.0005
61	0.0000	0.0056	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
68	0.0082	0.0064	0.0592	-0.0103	-0.0020	0.0011
69	0.0085	0.0138	0.0764	-0.0121	-0.0020	0.0010
70	0.0060	0.0294	0.0833	-0.0078	-0.0021	0.0009
80	-0.0000	0.0420	0.0833	-0.0012	-0.0023	0.0007
85	-0.0036	0.0415	0.0833	0.0014	-0.0024	0.0006
90	-0.0036	0.0415	0.0833	0.0014	-0.0024	0.0006
95	-0.0039	0.0413	0.0833	0.0014	-0.0024	0.0006
98	-0.0060	0.0398	0.0833	0.0025	-0.0025	0.0006
99	-0.0073	0.0379	0.0830	0.0045	-0.0026	0.0005
100	-0.0085	0.0352	0.0819	0.0065	-0.0027	0.0005
108	-0.0142	0.0169	0.0714	0.0089	-0.0029	0.0004
109	-0.0156	0.0125	0.0695	0.0083	-0.0030	0.0003
110	-0.0173	0.0083	0.0690	0.0065	-0.0031	0.0003
130	-0.0205	0.0027	0.0690	0.0040	-0.0032	0.0002
150	-0.0243	-0.0000	0.0690	0.0009	-0.0033	0.0002
170	-0.0290	-0.0000	0.0690	0.0005	-0.0034	0.0001
188	-0.0294	-0.0001	0.0690	0.0007	-0.0034	0.0001
189	-0.0347	-0.0023	0.0667	0.0008	-0.0037	-0.0009
190	-0.0370	-0.0000	0.0610	-0.0001	-0.0040	-0.0006
192	-0.0370	0.0000	0.0604	-0.0001	-0.0040	-0.0004
194	-0.0370	-0.0000	0.0564	-0.0002	-0.0041	0.0001
196	-0.0370	-0.0000	0.0497	-0.0002	-0.0042	-0.0000
198	-0.0370	-0.0000	0.0429	-0.0002	-0.0042	0.0000
200	-0.0370	-0.0000	0.0359	-0.0003	-0.0043	-0.0000
202	-0.0370	-0.0000	0.0289	-0.0003	-0.0044	-0.0000
204	-0.0370	-0.0000	0.0217	-0.0004	-0.0044	0.0000
206	-0.0370	-0.0000	0.0145	-0.0004	-0.0044	-0.0001
208	-0.0370	-0.0000	0.0101	-0.0005	-0.0045	0.0008
209	-0.0370	-0.0002	0.0094	-0.0005	-0.0045	0.0010
210	-0.0397	-0.0026	0.0028	-0.0014	-0.0045	0.0013
211	-0.0464	-0.0000	0.0000	-0.0010	-0.0045	0.0004
215	-0.0467	0.0001	0.0000	-0.0009	-0.0045	0.0004
220	-0.0507	0.0004	0.0000	-0.0002	-0.0045	0.0004
225	-0.0576	-0.0000	0.0000	0.0012	-0.0045	0.0004
230	-0.0645	-0.0032	0.0000	0.0022	-0.0045	0.0004
231	-0.0646	-0.0033	0.0000	0.0022	-0.0045	0.0004

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: MAR 6, 2014 Time: 2:22
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNE-A
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 3 (SUS) W+P1

Piping Code: DNV = Det Norske Veritas Submarine Pipeline
 (1996)

CODE STRESS CHECK PASSED : LOADCASE 3 (SUS) W+P1

Highest Stresses: (lb./sq.in.)
 CodeStress Ratio (%): 57.3 @Node 20
 Code Stress: 22013.1 Allowable: 38400.0
 Axial Stress: 10634.7 @Node 190
 Bending Stress: 420.0 @Node 130
 Torsion Stress: 3.3 @Node 70
 Hoop Stress: 22013.1 @Node 20
 3D Max Intensity: 11798.4 @Node 130

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %	Piping Code
10	0.0	0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3	DNV
20	0.8	-0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3	DNV
20	0.8	0.0	1.000	1.000	6501.6	38400.0	16.9	DNV
30	7.7	-0.0	1.000	1.000	6384.4	38400.0	16.6	DNV
30	7.7	0.0	1.000	1.000	6384.4	38400.0	16.6	DNV
40	18.1	-0.0	1.000	1.000	6208.4	38400.0	16.2	DNV
40	18.1	0.0	1.000	1.000	6208.4	38400.0	16.2	DNV
50	34.1	-0.0	1.000	1.000	5936.1	38400.0	15.5	DNV
50	34.1	0.0	1.000	1.000	5936.1	38400.0	15.5	DNV
60	115.6	-0.0	1.000	1.000	5089.0	38400.0	13.3	DNV
60	115.6	0.0	1.000	1.000	5089.0	38400.0	13.3	DNV
68	126.4	-0.0	1.000	1.000	4529.4	38400.0	11.8	DNV
68	126.4	0.0	1.000	1.000	4529.4	38400.0	11.8	DNV
69	33.7	-1.3	1.000	1.000	4475.4	38400.0	11.7	DNV
69	33.7	1.3	1.000	1.000	4475.4	38400.0	11.7	DNV
70	279.8	-3.3	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5	DNV
70	279.8	3.3	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5	DNV
80	338.3	-3.3	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5	DNV
80	338.3	3.3	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5	DNV
90	151.8	-3.3	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5	DNV
85	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: MAR 6, 2014 Time: 2:22
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNE-A
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 3 (SUS) W+P1

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %		Piping Code
95	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0		DNV
95	146.9	3.3	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5		DNV
98	213.4	-3.3	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5		DNV
98	213.4	3.3	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5		DNV
99	231.0	-1.7	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5		DNV
99	231.0	1.7	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5		DNV
100	228.6	0.0	1.000	1.000	4390.2	38400.0	11.4		DNV
100	228.6	-0.0	1.000	1.000	4385.9	38400.0	11.4		DNV
108	23.6	0.0	1.000	1.000	4305.6	38400.0	11.2		DNV
108	23.6	-0.0	1.000	1.000	4301.3	38400.0	11.2		DNV
109	129.6	-1.7	1.000	1.000	4292.7	38400.0	11.2		DNV
109	129.6	1.7	1.000	1.000	4292.7	38400.0	11.2		DNV
110	266.6	-3.3	1.000	1.000	4283.8	38400.0	11.2		DNV
110	266.6	3.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
130	420.0	-3.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
130	420.0	3.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
150	283.5	-3.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
150	283.5	3.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
170	266.5	-3.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
170	266.5	3.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
188	213.4	-3.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
188	213.4	3.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
189	123.4	0.5	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
189	123.4	-0.5	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
190	225.8	1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
190	225.8	-1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
192	179.5	1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
192	179.5	-1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
194	23.8	1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
194	23.8	-1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
196	58.2	1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
196	58.2	-1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: MAR 6, 2014 Time: 2:22
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNE-A
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 3 (SUS) W+P1

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %		Piping Code
198	51.9	1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
198	51.9	-1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
200	53.0	1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
200	53.0	-1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
202	51.7	1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
202	51.7	-1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
204	57.5	1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
204	57.5	-1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
206	23.5	1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
206	23.5	-1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
208	281.3	1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
208	281.3	-1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
209	217.2	1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
209	217.2	-1.7	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
210	118.1	-0.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
210	118.1	0.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
211	228.1	-0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
211	228.1	0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
215	210.7	-0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
215	210.7	0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
220	73.8	-0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
220	73.8	0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
225	285.8	-0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
225	285.8	0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
230	0.0	-0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
230	0.0	0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
231	0.0	-0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: MAR 6, 2014 Time: 2:22
Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNE-A
Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESS SUMMARY REPORT: Highest Stresses Mini Statement
CASE 3 (SUS) W+P1

LOAD CASE DEFINITION KEY

CASE 3 (SUS) W+P1

Piping Code: DNV = Det Norske Veritas Submarine Pipeline
(1996)

CODE STRESS CHECK PASSED : LOADCASE 3 (SUS) W+P1

Highest Stresses: (lb./sq.in.) LOADCASE 3 (SUS) W+P1
CodeStress Ratio (%): 57.3 @Node 20
Code Stress: 22013.1 Allowable: 38400.0
Axial Stress: 10634.7 @Node 190
Bending Stress: 420.0 @Node 130
Torsion Stress: 3.3 @Node 70
Hoop Stress: 22013.1 @Node 20
3D Max Intensity: 11798.4 @Node 130

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: MAR 6, 2014 Time: 2:22
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNE-A
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

DISPLACEMENTS REPORT: Nodal Movements
 CASE 12 (OCC) L12=L8+L9+L10+L11

NODE	DX in.	DY in.	DZ in.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
10	0.0000	-0.0000	39.2000	1.0869	-0.2337	0.0071
11	0.0000	-0.0000	39.2000	0.0000	0.0000	0.0000
20	0.0015	-0.0000	38.9724	1.0870	-0.2337	0.0071
30	0.0142	-0.0001	36.9211	1.0911	-0.2337	0.0060
40	0.0253	-0.0001	33.8136	1.1099	-0.2337	0.0011
50	-0.0000	-0.0003	28.8400	1.1690	-0.2337	-0.0143
51	-0.0000	-0.0003	28.8400	0.0000	0.0000	0.0000
60	0.0000	0.0011	13.7200	0.8718	-0.2337	0.0605
61	0.0000	0.0011	13.7200	0.0000	0.0000	0.0000
68	0.9525	0.0040	8.3202	0.3334	-0.2337	0.1259
69	0.9897	-0.1094	7.9843	0.1156	-0.2365	0.1167
70	0.7008	-0.1493	7.9502	-0.0354	-0.2481	0.1044
80	-0.0000	-0.0000	7.9502	-0.0515	-0.2657	0.0868
85	-0.4141	0.0623	7.9502	-0.0315	-0.2793	0.0771
90	-0.4141	0.0623	7.9502	-0.0315	-0.2793	0.0771
95	-0.4549	0.0669	7.9502	-0.0314	-0.2794	0.0770
98	-0.6932	0.0893	7.9502	-0.0224	-0.2869	0.0717
99	-0.8471	0.0979	7.9512	-0.0101	-0.2990	0.0674
100	-0.9878	0.1001	7.9519	0.0009	-0.3111	0.0615
108	-1.6377	0.0799	7.9403	0.0147	-0.3343	0.0489
109	-1.8000	0.0715	7.9369	0.0178	-0.3464	0.0430
110	-1.9883	0.0613	7.9355	0.0195	-0.3585	0.0387
130	-2.3646	0.0408	7.9355	0.0193	-0.3678	0.0321
150	-2.8044	0.0192	7.9355	0.0166	-0.3783	0.0245
170	-3.3383	0.0000	7.9355	0.0101	-0.3908	0.0156
188	-3.3898	-0.0012	7.9355	0.0093	-0.3920	0.0148
189	-3.9950	-0.0062	7.6808	-0.0057	-0.4270	0.0026
190	-4.2639	-0.0000	7.0224	-0.0075	-0.4596	-0.0017
192	-4.2639	0.0002	6.9501	-0.0074	-0.4608	-0.0015
194	-4.2639	0.0013	6.4878	-0.0069	-0.4682	-0.0007
196	-4.2639	0.0015	5.7185	-0.0062	-0.4792	0.0002
198	-4.2639	0.0007	4.9327	-0.0054	-0.4886	0.0005
200	-4.2639	0.0000	4.1327	-0.0046	-0.4966	0.0002
202	-4.2639	-0.0000	3.3209	-0.0039	-0.5032	-0.0000
204	-4.2639	0.0000	2.4996	-0.0031	-0.5083	0.0000
206	-4.2639	0.0000	1.6712	-0.0024	-0.5119	-0.0000
208	-4.2639	-0.0000	1.1610	-0.0019	-0.5134	0.0001
209	-4.2639	-0.0000	1.0802	-0.0018	-0.5136	0.0001
210	-4.5803	-0.0001	0.3171	-0.0009	-0.5165	0.0009
211	-5.3458	0.0000	0.0000	-0.0001	-0.5169	0.0011
215	-5.3795	0.0000	0.0000	-0.0001	-0.5169	0.0011
220	-5.8462	0.0001	0.0000	-0.0000	-0.5169	0.0011
225	-6.6378	0.0000	0.0000	0.0001	-0.5169	0.0011
230	-7.4294	-0.0001	0.0000	0.0001	-0.5169	0.0011
231	-7.4384	-0.0001	0.0000	0.0001	-0.5169	0.0011

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: MAR 6, 2014 Time: 2:22
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNE-A
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 12 (OCC) L12=L8+L9+L10+L11

Piping Code: DNV = Det Norske Veritas Submarine Pipeline
 (1996)

CODE STRESS CHECK PASSED : LOADCASE 12 (OCC)
 L12=L8+L9+L10+L11

Highest Stresses: (lb./sq.in.)
 CodeStress Ratio (%): 23.9 @Node 60
 Code Stress: 9573.6 Allowable: 40040.0
 Axial Stress: 223.7 @Node 68
 Bending Stress: 9349.7 @Node 60
 Torsion Stress: 365.7 @Node 70
 Hoop Stress: 0.0 @Node 20
 3D Max Intensity: 9573.6 @Node 60

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %	Piping Code
10	0.0	0.0	1.000	1.000	55.0	40040.0	0.1	DNV
20	60.7	0.0	1.000	1.000	96.2	40040.0	0.2	DNV
20	60.7	0.0	1.000	1.000	96.2	40040.0	0.2	DNV
30	607.4	-0.0	1.000	1.000	630.3	40040.0	1.6	DNV
30	607.4	0.0	1.000	1.000	630.3	40040.0	1.6	DNV
40	1427.3	-0.0	1.000	1.000	1449.1	40040.0	3.6	DNV
40	1427.3	0.0	1.000	1.000	1449.1	40040.0	3.6	DNV
50	2696.7	-0.0	1.000	1.000	2718.1	40040.0	6.8	DNV
50	2696.7	0.0	1.000	1.000	2775.6	40040.0	6.9	DNV
60	9349.7	-0.0	1.000	1.000	9425.6	40040.0	23.5	DNV
60	9349.7	0.0	1.000	1.000	9573.6	40040.0	23.9	DNV
68	8629.7	-0.0	1.000	1.000	8853.5	40040.0	22.1	DNV
68	8629.7	0.0	1.000	1.000	8853.5	40040.0	22.1	DNV
69	7220.5	-139.8	1.000	1.000	7394.0	40040.0	18.5	DNV
69	7220.5	139.8	1.000	1.000	7394.0	40040.0	18.5	DNV
70	3943.0	-365.7	1.000	1.000	4078.5	40040.0	10.2	DNV
70	3943.0	365.7	1.000	1.000	4078.5	40040.0	10.2	DNV
80	2531.1	-365.7	1.000	1.000	2734.8	40040.0	6.8	DNV
80	2531.1	365.7	1.000	1.000	2629.3	40040.0	6.6	DNV
90	2183.8	-365.7	1.000	1.000	2295.7	40040.0	5.7	DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: MAR 6, 2014 Time: 2:22
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNE-A
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 12 (OCC) L12=L8+L9+L10+L11

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %		Piping Code
85	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0		DNV
95	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0		DNV
95	2151.8	365.7	1.000	1.000	2265.2	40040.0	5.7		DNV
98	1973.5	-365.7	1.000	1.000	2095.8	40040.0	5.2		DNV
98	1973.5	365.7	1.000	1.000	2095.8	40040.0	5.2		DNV
99	1966.1	-181.8	1.000	1.000	2000.5	40040.0	5.0		DNV
99	1966.1	181.8	1.000	1.000	2000.5	40040.0	5.0		DNV
100	1900.4	14.6	1.000	1.000	1908.7	40040.0	4.8		DNV
100	1900.4	-14.6	1.000	1.000	1908.7	40040.0	4.8		DNV
108	1571.8	14.6	1.000	1.000	1580.4	40040.0	3.9		DNV
108	1571.8	-14.6	1.000	1.000	1580.4	40040.0	3.9		DNV
109	1493.4	-181.7	1.000	1.000	1538.2	40040.0	3.8		DNV
109	1493.4	181.7	1.000	1.000	1538.2	40040.0	3.8		DNV
110	1329.6	-365.7	1.000	1.000	1501.7	40040.0	3.8		DNV
110	1329.6	365.7	1.000	1.000	1501.7	40040.0	3.8		DNV
130	1336.1	-365.7	1.000	1.000	1507.5	40040.0	3.8		DNV
130	1336.1	365.7	1.000	1.000	1507.5	40040.0	3.8		DNV
150	1416.0	-365.7	1.000	1.000	1579.1	40040.0	3.9		DNV
150	1416.0	365.7	1.000	1.000	1579.1	40040.0	3.9		DNV
170	1592.8	-365.7	1.000	1.000	1740.3	40040.0	4.3		DNV
170	1592.8	365.7	1.000	1.000	1750.4	40040.0	4.4		DNV
188	1562.7	-365.7	1.000	1.000	1722.9	40040.0	4.3		DNV
188	1562.7	365.7	1.000	1.000	1722.9	40040.0	4.3		DNV
189	1361.8	-94.8	1.000	1.000	1388.4	40040.0	3.5		DNV
189	1361.8	94.8	1.000	1.000	1388.4	40040.0	3.5		DNV
190	1163.7	-26.8	1.000	1.000	1170.0	40040.0	2.9		DNV
190	1163.7	26.8	1.000	1.000	1165.3	40040.0	2.9		DNV
192	1150.3	-26.8	1.000	1.000	1151.9	40040.0	2.9		DNV
192	1150.3	26.8	1.000	1.000	1151.9	40040.0	2.9		DNV
194	1065.6	-26.8	1.000	1.000	1067.4	40040.0	2.7		DNV
194	1065.6	26.8	1.000	1.000	1067.4	40040.0	2.7		DNV
196	929.0	-26.8	1.000	1.000	931.0	40040.0	2.3		DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: MAR 6, 2014 Time: 2:22
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNE-A
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 12 (OCC) L12=L8+L9+L10+L11

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %		Piping Code
196	929.0	26.8	1.000	1.000	931.0	40040.0	2.3		DNV
198	794.9	-26.8	1.000	1.000	797.3	40040.0	2.0		DNV
198	794.9	26.8	1.000	1.000	797.3	40040.0	2.0		DNV
200	664.9	-26.8	1.000	1.000	667.7	40040.0	1.7		DNV
200	664.9	26.8	1.000	1.000	667.8	40040.0	1.7		DNV
202	530.0	-26.8	1.000	1.000	533.7	40040.0	1.3		DNV
202	530.0	26.8	1.000	1.000	533.5	40040.0	1.3		DNV
204	397.4	-26.8	1.000	1.000	402.1	40040.0	1.0		DNV
204	397.4	26.8	1.000	1.000	402.0	40040.0	1.0		DNV
206	265.0	-26.8	1.000	1.000	271.8	40040.0	0.7		DNV
206	265.0	26.8	1.000	1.000	272.2	40040.0	0.7		DNV
208	187.3	-26.8	1.000	1.000	197.4	40040.0	0.5		DNV
208	187.3	26.8	1.000	1.000	197.0	40040.0	0.5		DNV
209	174.2	-26.8	1.000	1.000	184.6	40040.0	0.5		DNV
209	174.2	26.8	1.000	1.000	184.6	40040.0	0.5		DNV
210	62.8	-12.0	1.000	1.000	75.4	40040.0	0.2		DNV
210	62.8	12.0	1.000	1.000	75.4	40040.0	0.2		DNV
211	19.8	-0.0	1.000	1.000	28.2	40040.0	0.1		DNV
211	19.8	0.0	1.000	1.000	28.1	40040.0	0.1		DNV
215	19.3	0.0	1.000	1.000	27.6	40040.0	0.1		DNV
215	19.3	0.0	1.000	1.000	27.6	40040.0	0.1		DNV
220	12.1	-0.0	1.000	1.000	20.5	40040.0	0.1		DNV
220	12.1	0.0	1.000	1.000	20.5	40040.0	0.1		DNV
225	0.0	-0.0	1.000	1.000	8.4	40040.0	0.0		DNV
225	0.0	0.0	1.000	1.000	8.3	40040.0	0.0		DNV
230	0.0	-0.0	1.000	1.000	8.3	40040.0	0.0		DNV
230	0.0	0.0	1.000	1.000	8.3	40040.0	0.0		DNV
231	0.0	-0.0	1.000	1.000	8.3	40040.0	0.0		DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: MAR 6, 2014 Time: 2:22
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNE-A
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESS SUMMARY REPORT: Highest Stresses Mini Statement
 CASE 12 (OCC) L12=L8+L9+L10+L11

LOAD CASE DEFINITION KEY

CASE 12 (OCC) L12=L8+L9+L10+L11

Piping Code: DNV = Det Norske Veritas Submarine Pipeline
 (1996)

CODE STRESS CHECK PASSED : LOADCASE 12 (OCC)
 L12=L8+L9+L10+L11

Highest Stresses: (lb./sq.in.) LOADCASE 12 (OCC)

L12=L8+L9+L10+L11

CodeStress Ratio (%):	23.9	@Node	60	
Code Stress:	9573.6	Allowable:		40040.0
Axial Stress:	223.7	@Node	68	
Bending Stress:	9349.7	@Node	60	
Torsion Stress:	365.7	@Node	70	
Hoop Stress:	0.0	@Node	20	
3D Max Intensity:	9573.6	@Node	60	

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: MAR 6, 2014 Time: 2:22
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNE-A
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

DISPLACEMENTS REPORT: Nodal Movements
 CASE 13 (OPE) L13=L2+L11

NODE	DX in.	DY in.	DZ in.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
10	-0.0000	0.0000	9.8000	0.2668	0.5949	-0.0177
11	-0.0000	0.0000	9.8000	0.0000	0.0000	0.0000
20	-0.0037	-0.0051	9.7441	0.2668	0.5949	-0.0177
30	-0.0355	-0.0511	9.2402	0.2686	0.5949	-0.0150
40	-0.0632	-0.1201	8.4712	0.2767	0.5949	-0.0027
50	0.0000	-0.2271	7.2100	0.3023	0.5949	0.0358
51	0.0000	-0.2271	7.2100	0.0000	0.0000	0.0000
60	-0.0000	-0.5610	3.4300	0.1754	0.5949	-0.1512
61	-0.0000	-0.5610	3.4300	0.0000	0.0000	0.0000
68	-2.3982	-0.7826	2.9206	-0.0627	0.5949	-0.3209
69	-2.4984	-0.7403	3.0995	-0.1569	0.6007	-0.3034
70	-1.7714	-0.4838	3.2448	-0.1924	0.6280	-0.2770
80	0.0000	-0.0000	3.3133	-0.1425	0.6705	-0.2394
85	1.0438	0.1785	3.3513	-0.0952	0.7034	-0.2185
90	1.0438	0.1785	3.3513	-0.0952	0.7034	-0.2185
95	1.1466	0.1924	3.3550	-0.0950	0.7035	-0.2184
98	1.7463	0.2629	3.3760	-0.0736	0.7217	-0.2069
99	2.1309	0.2924	3.3933	-0.0431	0.7508	-0.1975
100	2.4777	0.3017	3.4116	-0.0149	0.7796	-0.1844
108	4.0621	0.2504	3.4567	0.0275	0.8361	-0.1581
109	4.4600	0.2272	3.4621	0.0417	0.8649	-0.1449
110	4.9270	0.1994	3.4724	0.0524	0.8940	-0.1356
130	5.8650	0.1420	3.4983	0.0564	0.9164	-0.1214
150	6.9604	0.0750	3.5278	0.0559	0.9419	-0.1052
170	8.2889	-0.0000	3.5625	0.0516	0.9720	-0.0862
188	8.4170	-0.0068	3.5658	0.0512	0.9748	-0.0843
189	9.9049	-0.0326	4.2352	0.0431	1.0593	-0.0605
190	10.5346	-0.0000	5.8820	0.0433	1.1380	-0.0160
192	10.5307	0.0022	6.0610	0.0429	1.1410	-0.0137
194	10.5059	0.0094	7.2055	0.0401	1.1588	-0.0030
196	10.4653	0.0068	9.1088	0.0357	1.1852	0.0034
198	10.4247	0.0014	11.0520	0.0312	1.2080	0.0022
200	10.3842	-0.0000	13.0294	0.0267	1.2273	0.0002
202	10.3436	-0.0000	15.0353	0.0222	1.2431	-0.0000
204	10.3030	-0.0000	17.0640	0.0178	1.2554	0.0000
206	10.2625	-0.0000	19.1099	0.0133	1.2642	-0.0001
208	10.2376	-0.0000	20.3698	0.0105	1.2678	0.0002
209	10.2337	-0.0001	20.5693	0.0101	1.2683	0.0002
210	10.9780	-0.0023	22.4690	0.0040	1.2752	-0.0038
211	12.8525	-0.0000	23.2887	-0.0003	1.2763	-0.0059
215	12.9357	0.0000	23.2904	-0.0003	1.2763	-0.0059
220	14.0882	0.0001	23.3130	-0.0001	1.2763	-0.0059
225	16.0425	-0.0000	23.3513	0.0009	1.2763	-0.0059
230	17.9969	-0.0028	23.3896	0.0019	1.2763	-0.0059
231	18.0192	-0.0028	23.3900	0.0019	1.2763	-0.0059

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: MAR 6, 2014 Time: 2:22
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNE-A
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 13 (OPE) L13=L2+L11

Piping Code: DNV = Det Norske Veritas Submarine Pipeline
 (1996)

CODE STRESS CHECK PASSED : LOADCASE 13 (OPE) L13=L2+L11

Highest Stresses: (lb./sq.in.)

OPE Stress Ratio (%): 57.3 @Node 20
 OPE Stress: 22013.1 Allowable: 38400.0
 Axial Stress: 10654.7 @Node 130
 Bending Stress: 6947.0 @Node 60
 Torsion Stress: 784.3 @Node 70
 Hoop Stress: 22013.1 @Node 20
 3D Max Intensity: 14963.4 @Node 190

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %	Piping Code
10	0.0	-0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3	DNV
20	46.0	0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3	DNV
20	46.0	0.0	1.000	1.000	6501.6	38400.0	16.9	DNV
30	459.9	-0.0	1.000	1.000	6384.4	38400.0	16.6	DNV
30	459.9	0.0	1.000	1.000	6384.4	38400.0	16.6	DNV
40	1080.8	-0.0	1.000	1.000	6208.4	38400.0	16.2	DNV
40	1080.8	0.0	1.000	1.000	6208.4	38400.0	16.2	DNV
50	2042.1	-0.0	1.000	1.000	5936.1	38400.0	15.5	DNV
50	2042.1	0.0	1.000	1.000	5936.1	38400.0	15.5	DNV
60	6947.0	-0.0	1.000	1.000	5089.0	38400.0	13.3	DNV
60	6947.0	0.0	1.000	1.000	5089.0	38400.0	13.3	DNV
68	3945.1	-0.0	1.000	1.000	4529.4	38400.0	11.8	DNV
68	3945.1	0.0	1.000	1.000	4529.4	38400.0	11.8	DNV
69	2916.8	267.9	1.000	1.000	4475.4	38400.0	11.7	DNV
69	2916.8	-267.9	1.000	1.000	4475.4	38400.0	11.7	DNV
70	1395.6	784.3	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5	DNV
70	1395.6	-784.3	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5	DNV
80	6029.6	784.3	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5	DNV
80	6029.6	-784.3	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5	DNV
90	5166.2	784.3	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5	DNV
85	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: MAR 6, 2014 Time: 2:22
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNE-A
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 13 (OPE) L13=L2+L11

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %		Piping Code
95	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0		DNV
95	5097.1	-784.3	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5		DNV
98	4782.0	784.3	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5		DNV
98	4782.0	-784.3	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5		DNV
99	4791.2	343.9	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5		DNV
99	4791.2	-343.9	1.000	1.000	4399.1	38400.0	11.5		DNV
100	4668.8	-120.2	1.000	1.000	4390.2	38400.0	11.4		DNV
100	4668.8	120.2	1.000	1.000	4385.9	38400.0	11.4		DNV
108	3965.1	-120.2	1.000	1.000	4305.6	38400.0	11.2		DNV
108	3965.1	120.2	1.000	1.000	4301.3	38400.0	11.2		DNV
109	3765.5	343.6	1.000	1.000	4292.7	38400.0	11.2		DNV
109	3765.5	-343.6	1.000	1.000	4292.7	38400.0	11.2		DNV
110	3341.0	784.3	1.000	1.000	4283.8	38400.0	11.2		DNV
110	3341.0	-784.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
130	3204.4	784.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
130	3204.4	-784.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
150	3211.3	784.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
150	3211.3	-784.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
170	3237.8	784.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
170	3237.8	-784.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
188	3241.9	784.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
188	3241.9	-784.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
189	3170.6	759.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
189	3170.6	-759.3	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
190	3575.4	157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
190	3575.4	-157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
192	3447.4	157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
192	3447.4	-157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
194	2801.6	157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
194	2801.6	-157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
196	2241.5	157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
196	2241.5	-157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: MAR 6, 2014 Time: 2:22
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNE-A
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 13 (OPE) L13=L2+L11

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %		Piping Code
198	1934.0	157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
198	1934.0	-157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
200	1598.2	157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
200	1598.2	-157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
202	1280.1	157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
202	1280.1	-157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
204	960.4	157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
204	960.4	-157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
206	640.3	157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
206	640.3	-157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
208	448.8	157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
208	448.8	-157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
209	412.9	157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
209	412.9	-157.6	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
210	359.6	69.2	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
210	359.6	-69.2	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
211	112.9	0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
211	112.9	-0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
215	98.5	0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
215	98.5	-0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
220	3.2	0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
220	3.2	-0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
225	285.8	0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
225	285.8	-0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
230	0.0	0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
230	0.0	0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV
231	0.0	0.0	1.000	1.000	22013.1	38400.0	57.3		DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: MAR 6, 2014 Time: 2:22
Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNE-A
Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESS SUMMARY REPORT: Highest Stresses Mini Statement
CASE 13 (OPE) L13=L2+L11

LOAD CASE DEFINITION KEY

CASE 13 (OPE) L13=L2+L11

Piping Code: DNV = Det Norske Veritas Submarine Pipeline
(1996)

CODE STRESS CHECK PASSED : LOADCASE 13 (OPE) L13=L2+L11

Highest Stresses: (lb./sq.in.) LOADCASE 13 (OPE) L13=L2+L11
OPE Stress Ratio (%): 57.3 @Node 20
OPE Stress: 22013.1 Allowable: 38400.0
Axial Stress: 10654.7 @Node 130
Bending Stress: 6947.0 @Node 60
Torsion Stress: 784.3 @Node 70
Hoop Stress: 22013.1 @Node 20
3D Max Intensity: 14963.4 @Node 190

Mode shape Riser APNF

CASE 1



Mode shape Riser APNF

CASE 2



Mode shape Riser APNF

CASE 3



Mode shape Riser APNF

CASE 4



Mode shape Riser APNF

CASE 5



Table of Contents

LISTING OF STATIC LOAD CASES FOR THIS ANALYSIS.....	2
Displacements : 2 (OPE) W+D2+T1+P1.....	3
Stresses : 2 (OPE) W+D2+T1+P1.....	4
Stress Summary : 2 (OPE) W+D2+T1+P1.....	7
Displacements : 3 (SUS) W+P1.....	8
Stresses : 3 (SUS) W+P1.....	9
Stress Summary : 3 (SUS) W+P1.....	12
Displacements : 12 (OCC) L12=L8+L9+L10+L11	13
Stresses : 12 (OCC) L12=L8+L9+L10+L11	14
Stress Summary : 12 (OCC) L12=L8+L9+L10+L11	17
Displacements : 13 (OPE) L13=L2+L11.....	18
Stresses : 13 (OPE) L13=L2+L11	19
Stress Summary : 13 (OPE) L13=L2+L11	22

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: FEB 28, 2014 Time: 2:11
Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNF
Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

LISTING OF STATIC LOAD CASES FOR THIS ANALYSIS

1 (HYD) WW+HP
2 (OPE) W+D2+T1+P1
3 (SUS) W+P1
4 (OPE) W+D1+D2+T1+P1+WAV1
5 (OPE) W+D1+D2+T1+P1+WAV2
6 (OPE) W+D1+D2+T1+P1+WAV3
7 (OPE) W+D1+D2+T1+P1+WAV4
8 (SUS) L8=L4-L2
9 (SUS) L9=L5-L2
10 (SUS) L10=L6-L2
11 (SUS) L11=L7-L2
12 (OCC) L12=L8+L9+L10+L11
13 (OPE) L13=L2+L11

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: FEB 28, 2014 Time: 2:11
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNF
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

DISPLACEMENTS REPORT: Nodal Movements
 CASE 2 (OPE) W+D2+T1+P1

NODE	DX in.	DY in.	DZ in.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
10	0.0000	9.9225	0.0000	-0.1417	-1.1073	0.0401
11	0.0000	9.9225	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20	0.0085	9.9172	0.0300	-0.1414	-1.1073	0.0400
30	0.0779	9.8702	0.2752	-0.1054	-1.1073	0.0298
40	0.1067	9.7996	0.3771	0.0590	-1.1073	-0.0167
50	-0.0000	9.7424	-0.0000	0.2888	-1.1073	-0.0817
51	-0.0000	9.7424	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60	0.0000	9.4026	-12.3755	1.3344	-1.1073	0.3967
61	0.0000	0.0000	-12.3755	0.0000	0.0000	0.0000
68	2.5964	9.2884	-18.6307	1.3435	-1.1073	0.6613
69	2.8992	8.4885	-20.5032	1.1811	-1.1238	0.6441
70	1.5424	6.8892	-21.1478	0.9652	-1.2384	0.5660
80	-0.0000	5.7552	-21.1177	0.8982	-1.3049	0.5172
90	-2.9955	3.9175	-21.0642	0.7869	-1.4266	0.4298
91	-2.9955	3.9175	-21.0642	0.7869	-1.4266	0.4298
95	-3.2041	3.8025	-21.0606	0.7866	-1.4270	0.4295
98	-4.2068	3.2672	-21.0435	0.7547	-1.4543	0.4017
99	-4.9793	2.8703	-21.0816	0.7031	-1.4948	0.3777
100	-5.6685	2.5226	-21.2105	0.6500	-1.5302	0.3503
103	-8.7280	1.1918	-21.9060	0.5010	-1.5603	0.2873
104	-9.4585	0.9575	-21.9899	0.4062	-1.5623	0.2766
105	-10.2854	0.7619	-22.0033	0.3087	-1.5552	0.2682
108	-11.3958	0.5599	-21.9858	0.2574	-1.5461	0.2573
111	-13.3542	0.2872	-21.9545	0.1741	-1.5168	0.2378
114	-15.2645	0.1106	-21.9232	0.1096	-1.4707	0.2182
117	-17.1052	-0.0000	-21.8919	0.0736	-1.4077	0.1987
118	-17.4439	-0.0170	-21.8860	0.0706	-1.3939	0.1950
119	-18.6678	-0.0358	-21.5816	0.0679	-1.2501	0.1775
120	-19.5227	-0.0000	-20.8547	0.1067	-1.1086	0.1319
122	-19.5647	0.0024	-20.7971	0.1081	-1.1050	0.1300
124	-20.2616	0.0236	-19.8413	0.1263	-1.0513	0.1062
126	-20.9275	0.0219	-18.9259	0.1348	-1.0123	0.0951
128	-21.5724	0.0115	-18.0380	0.1372	-0.9881	0.0920
129	-22.2060	-0.0000	-17.1649	0.1373	-0.9788	0.0919
130	-22.2900	-0.0015	-17.0490	0.1373	-0.9787	0.0919

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: FEB 28, 2014 Time: 2:11
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNF
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 2 (OPE) W+D2+T1+P1

Piping Code: DNV = Det Norske Veritas Submarine Pipeline
 (1996)

CODE STRESS CHECK PASSED : LOADCASE 2 (OPE) W+D2+T1+P1

Highest Stresses: (lb./sq.in.)
 OPE Stress Ratio (%): 55.4 @Node 20
 OPE Stress: 21279.3 Allowable: 38400.0
 Axial Stress: 10258.3 @Node 10
 Bending Stress: 18342.0 @Node 50
 Torsion Stress: 2287.8 @Node 70
 Hoop Stress: 21279.3 @Node 20
 3D Max Intensity: 22313.9 @Node 105

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %	Piping Code
10	0.0	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4	DNV
20	532.9	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4	DNV
20	532.9	-0.0	1.000	1.000	5767.9	38400.0	15.0	DNV
30	5328.9	0.0	1.000	1.000	5650.6	38400.0	14.7	DNV
30	5328.9	-0.0	1.000	1.000	5650.6	38400.0	14.7	DNV
40	12522.8	0.0	1.000	1.000	5474.7	38400.0	14.3	DNV
40	12522.8	-0.0	1.000	1.000	5474.7	38400.0	14.3	DNV
50	18342.0	0.0	1.000	1.000	5332.4	38400.0	13.9	DNV
50	18342.0	-0.0	1.000	1.000	5332.4	38400.0	13.9	DNV
60	16184.1	0.0	1.000	1.000	4485.3	38400.0	11.7	DNV
60	16184.1	-0.0	1.000	1.000	4485.3	38400.0	11.7	DNV
68	4763.8	0.0	1.000	1.000	4200.2	38400.0	10.9	DNV
68	4763.8	-0.0	1.000	1.000	4200.2	38400.0	10.9	DNV
69	8009.4	-321.5	1.000	1.000	4146.2	38400.0	10.8	DNV
69	8009.4	321.5	1.000	1.000	4146.2	38400.0	10.8	DNV
70	10344.0	-2287.8	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6	DNV
70	10344.0	2287.8	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6	DNV
80	12746.8	-2287.8	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6	DNV
80	12746.8	2287.8	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6	DNV
90	9644.6	-2287.8	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6	DNV
91	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: FEB 28, 2014 Time: 2:11
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNF
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 2 (OPE) W+D2+T1+P1

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %		Piping Code
95	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0		DNV
95	9437.5	2287.8	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6		DNV
98	8405.2	-2287.8	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6		DNV
98	8405.2	2287.8	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6		DNV
99	8451.8	-1581.0	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6		DNV
99	8451.8	1581.0	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6		DNV
100	8662.7	-875.0	1.000	1.000	4061.0	38400.0	10.6		DNV
100	8662.7	875.0	1.000	1.000	4056.7	38400.0	10.6		DNV
103	10312.2	-875.0	1.000	1.000	3976.4	38400.0	10.4		DNV
103	10312.2	875.0	1.000	1.000	3972.1	38400.0	10.3		DNV
104	10744.3	-962.2	1.000	1.000	3963.5	38400.0	10.3		DNV
104	10744.3	962.2	1.000	1.000	3963.5	38400.0	10.3		DNV
105	10870.2	-874.9	1.000	1.000	3954.6	38400.0	10.3		DNV
105	10870.2	874.9	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
108	10639.1	-874.9	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
108	10639.1	874.9	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
111	9762.5	-874.9	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
111	9762.5	874.9	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
114	8706.4	-874.9	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
114	8706.4	874.9	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
117	8536.0	-874.9	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
117	8536.0	874.9	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
118	8775.1	-874.9	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
118	8775.1	874.9	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
119	9483.7	-855.4	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
119	9483.7	855.4	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
120	10020.4	-0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
120	10020.4	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
122	9826.0	-0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
122	9826.0	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
124	6836.5	-0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
124	6836.5	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: FEB 28, 2014 Time: 2:11
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNF
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 2 (OPE) W+D2+T1+P1

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %		Piping Code
126	4373.5	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
126	4373.5	-0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
128	2257.3	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
128	2257.3	-0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
129	266.3	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
129	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0		DNV
130	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0		DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: FEB 28, 2014 Time: 2:11
Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNF
Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESS SUMMARY REPORT: Highest Stresses Mini Statement
CASE 2 (OPE) W+D2+T1+P1

LOAD CASE DEFINITION KEY

CASE 2 (OPE) W+D2+T1+P1

Piping Code: DNV = Det Norske Veritas Submarine Pipeline
(1996)

CODE STRESS CHECK PASSED : LOADCASE 2 (OPE) W+D2+T1+P1

Highest Stresses: (lb./sq.in.) LOADCASE 2 (OPE) W+D2+T1+P1
OPE Stress Ratio (%): 55.4 @Node 20
OPE Stress: 21279.3 Allowable: 38400.0
Axial Stress: 10258.3 @Node 10
Bending Stress: 18342.0 @Node 50
Torsion Stress: 2287.8 @Node 70
Hoop Stress: 21279.3 @Node 20
3D Max Intensity: 22313.9 @Node 105

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: FEB 28, 2014 Time: 2:11
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNF
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

DISPLACEMENTS REPORT: Nodal Movements
 CASE 3 (SUS) W+P1

NODE	DX in.	DY in.	DZ in.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
10	-0.0000	9.2900	-0.0000	0.0331	-0.0289	-0.0009
11	-0.0000	9.2900	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20	-0.0002	9.2900	-0.0070	0.0330	-0.0289	-0.0009
30	-0.0018	9.2900	-0.0643	0.0246	-0.0289	-0.0007
40	-0.0024	9.2899	-0.0881	-0.0138	-0.0289	0.0004
50	0.0000	9.2898	0.0000	-0.0675	-0.0289	0.0019
51	0.0000	9.2898	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60	-0.0000	9.2884	1.6466	-0.0365	-0.0289	-0.0090
61	-0.0000	9.2884	1.6466	0.0000	0.0000	0.0000
68	-0.0303	9.2877	1.4023	0.1601	-0.0289	0.0043
69	-0.0148	9.1003	1.0122	0.3801	-0.0214	0.0408
70	-0.0006	8.3747	0.7349	0.5795	-0.0028	0.0730
80	0.0000	7.6388	0.7351	0.6249	0.0048	0.0934
90	0.0260	6.2131	0.7353	0.6706	0.0173	0.1300
91	0.0260	6.2131	0.7353	0.6706	0.0173	0.1300
95	0.0285	6.1150	0.7353	0.6707	0.0173	0.1301
98	0.0415	5.6464	0.7353	0.6751	0.0194	0.1418
99	0.0635	5.2793	0.6871	0.6766	0.0224	0.1512
100	0.1085	4.9375	0.5456	0.6737	0.0257	0.1612
103	0.3920	3.4553	-0.3099	0.6452	0.0183	0.1974
104	0.4429	3.1358	-0.4426	0.6181	0.0159	0.2047
105	0.4651	2.8087	-0.4860	0.5849	0.0107	0.2115
108	0.4715	2.3972	-0.4859	0.5630	0.0066	0.2205
111	0.4744	1.7071	-0.4858	0.5163	-0.0028	0.2366
114	0.4635	1.0793	-0.4857	0.4681	-0.0151	0.2528
117	0.4352	0.5098	-0.4855	0.4280	-0.0301	0.2689
118	0.4276	0.4074	-0.4855	0.4221	-0.0333	0.2720
119	0.3823	0.0988	-0.4736	0.3822	-0.0654	0.2868
120	0.3232	-0.0000	-0.4234	0.3754	-0.0964	0.2905
122	0.3194	0.0001	-0.4184	0.3756	-0.0972	0.2902
124	0.2503	0.0001	-0.3279	0.3772	-0.1089	0.2881
126	0.1744	-0.0000	-0.2285	0.3771	-0.1174	0.2883
128	0.0940	-0.0000	-0.1231	0.3771	-0.1227	0.2883
129	0.0111	-0.0000	-0.0145	0.3770	-0.1247	0.2884
130	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.3770	-0.1247	0.2884

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: FEB 28, 2014 Time: 2:11
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNF
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 3 (SUS) W+P1

Piping Code: DNV = Det Norske Veritas Submarine Pipeline
 (1996)

CODE STRESS CHECK PASSED : LOADCASE 3 (SUS) W+P1

Highest Stresses: (lb./sq.in.)
 CodeStress Ratio (%): 55.4 @Node 20
 Code Stress: 21279.3 Allowable: 38400.0
 Axial Stress: 10354.4 @Node 119
 Bending Stress: 8182.8 @Node 69
 Torsion Stress: 957.9 @Node 70
 Hoop Stress: 21279.3 @Node 20
 3D Max Intensity: 16809.2 @Node 111

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %	Piping Code
10	0.0	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4	DNV
20	119.8	-0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4	DNV
20	119.8	0.0	1.000	1.000	5767.9	38400.0	15.0	DNV
30	1198.3	-0.0	1.000	1.000	5650.6	38400.0	14.7	DNV
30	1198.3	0.0	1.000	1.000	5650.6	38400.0	14.7	DNV
40	2816.0	-0.0	1.000	1.000	5474.7	38400.0	14.3	DNV
40	2816.0	0.0	1.000	1.000	5474.7	38400.0	14.3	DNV
50	4124.6	-0.0	1.000	1.000	5332.4	38400.0	13.9	DNV
50	4124.6	0.0	1.000	1.000	5332.4	38400.0	13.9	DNV
60	4807.6	-0.0	1.000	1.000	4485.3	38400.0	11.7	DNV
60	4807.6	0.0	1.000	1.000	4485.3	38400.0	11.7	DNV
68	7974.7	-0.0	1.000	1.000	4200.2	38400.0	10.9	DNV
68	7974.7	0.0	1.000	1.000	4200.2	38400.0	10.9	DNV
69	8182.8	530.3	1.000	1.000	4146.2	38400.0	10.8	DNV
69	8182.8	-530.3	1.000	1.000	4146.2	38400.0	10.8	DNV
70	6443.8	957.9	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6	DNV
70	6443.8	-957.9	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6	DNV
80	4734.8	957.9	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6	DNV
80	4734.8	-957.9	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6	DNV
90	1639.5	957.9	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6	DNV
91	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: FEB 28, 2014 Time: 2:11
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNF
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 3 (SUS) W+P1

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %		Piping Code
95	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0		DNV
95	1446.0	-957.9	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6		DNV
98	623.7	957.9	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6		DNV
98	623.7	-957.9	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6		DNV
99	707.5	888.6	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6		DNV
99	707.5	-888.6	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6		DNV
100	1163.6	776.8	1.000	1.000	4061.0	38400.0	10.6		DNV
100	1163.6	-776.8	1.000	1.000	4056.7	38400.0	10.6		DNV
103	2748.7	776.8	1.000	1.000	3976.4	38400.0	10.4		DNV
103	2748.7	-776.8	1.000	1.000	3972.1	38400.0	10.3		DNV
104	3317.4	785.5	1.000	1.000	3963.5	38400.0	10.3		DNV
104	3317.4	-785.5	1.000	1.000	3963.5	38400.0	10.3		DNV
105	4128.3	722.5	1.000	1.000	3954.6	38400.0	10.3		DNV
105	4128.3	-722.5	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
108	5037.2	722.5	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
108	5037.2	-722.5	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
111	5812.8	722.5	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
111	5812.8	-722.5	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
114	5523.6	722.5	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
114	5523.6	-722.5	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
117	4252.3	722.5	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
117	4252.3	-722.5	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
118	3923.2	722.5	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
118	3923.2	-722.5	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
119	2687.6	110.5	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
119	2687.6	-110.5	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
120	2027.9	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
120	2027.9	-0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
122	1973.9	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
122	1973.9	-0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
124	1359.5	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
124	1359.5	-0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: FEB 28, 2014 Time: 2:11
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNF
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 3 (SUS) W+P1

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %		Piping Code
126	926.8	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
126	926.8	-0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
128	497.0	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
128	497.0	-0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
129	66.1	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
129	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0		DNV
130	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0		DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: FEB 28, 2014 Time: 2:11
Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNF
Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESS SUMMARY REPORT: Highest Stresses Mini Statement
CASE 3 (SUS) W+P1

LOAD CASE DEFINITION KEY

CASE 3 (SUS) W+P1

Piping Code: DNV = Det Norske Veritas Submarine Pipeline
(1996)

CODE STRESS CHECK PASSED : LOADCASE 3 (SUS) W+P1

Highest Stresses: (lb./sq.in.) LOADCASE 3 (SUS) W+P1
CodeStress Ratio (%): 55.4 @Node 20
Code Stress: 21279.3 Allowable: 38400.0
Axial Stress: 10354.4 @Node 119
Bending Stress: 8182.8 @Node 69
Torsion Stress: 957.9 @Node 70
Hoop Stress: 21279.3 @Node 20
3D Max Intensity: 16809.2 @Node 111

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: FEB 28, 2014 Time: 2:11
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNF
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

DISPLACEMENTS REPORT: Nodal Movements
 CASE 12 (OCC) L12=L8+L9+L10+L11

NODE	DX in.	DY in.	DZ in.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
10	0.0000	7.1956	39.2000	1.3215	-0.0196	0.0001
11	0.0000	7.1956	39.2000	0.0000	0.0000	0.0000
20	0.0000	7.1956	38.9233	1.3216	-0.0196	0.0001
30	0.0003	7.1955	36.4257	1.3326	-0.0196	0.0001
40	0.0004	7.1954	32.5976	1.3831	-0.0196	-0.0001
50	-0.0000	7.1954	29.3600	1.4536	-0.0196	-0.0003
51	-0.0000	7.1954	29.3600	0.0000	0.0000	0.0000
60	-0.0000	7.1940	8.7271	1.3880	-0.0196	0.0014
61	0.0000	44.8043	8.7271	0.0000	0.0000	0.0000
68	0.0176	7.1940	2.8609	1.1702	-0.0196	0.0080
69	0.0251	6.5556	1.2650	0.9733	-0.0176	0.0183
70	0.0155	5.2704	0.7097	0.7726	-0.0134	0.0269
80	0.0000	4.3675	0.7096	0.7107	-0.0119	0.0323
90	-0.0225	2.9344	0.7097	0.6025	-0.0090	0.0420
91	-0.0225	2.9344	0.7097	0.6025	-0.0090	0.0420
95	-0.0238	2.8464	0.7097	0.6021	-0.0090	0.0420
98	-0.0298	2.4393	0.7097	0.5692	-0.0082	0.0451
99	-0.0306	2.1457	0.6717	0.5143	-0.0069	0.0476
100	-0.0234	1.8992	0.5703	0.4603	-0.0054	0.0504
103	0.0369	0.9980	0.0497	0.3481	-0.0049	0.0605
104	0.0477	0.8365	-0.0179	0.2930	-0.0038	0.0631
105	0.0504	0.6924	-0.0375	0.2390	-0.0032	0.0654
108	0.0482	0.5318	-0.0375	0.2106	-0.0031	0.0682
111	0.0443	0.2946	-0.0375	0.1617	-0.0032	0.0734
114	0.0401	0.1183	-0.0375	0.1151	-0.0035	0.0785
117	0.0352	0.0000	-0.0375	0.0708	-0.0041	0.0836
118	0.0342	-0.0155	-0.0375	0.0634	-0.0043	0.0846
119	0.0295	-0.0314	-0.0363	0.0261	-0.0060	0.0891
120	0.0245	-0.0000	-0.0321	0.0389	-0.0077	0.0708
122	0.0242	0.0020	-0.0317	0.0397	-0.0077	0.0697
124	0.0188	0.0240	-0.0246	0.0522	-0.0084	0.0535
126	0.0130	0.0267	-0.0171	0.0610	-0.0089	0.0418
128	0.0070	0.0166	-0.0092	0.0664	-0.0092	0.0349
129	0.0008	0.0000	-0.0011	0.0682	-0.0093	0.0326
130	-0.0000	-0.0023	-0.0000	0.0682	-0.0093	0.0326

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: FEB 28, 2014 Time: 2:11
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNF
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 12 (OCC) L12=L8+L9+L10+L11

Piping Code: DNV = Det Norske Veritas Submarine Pipeline
 (1996)

CODE STRESS CHECK PASSED : LOADCASE 12 (OCC)
 L12=L8+L9+L10+L11

Highest Stresses: (lb./sq.in.)
 CodeStress Ratio (%): 18.9 @Node 80
 Code Stress: 7565.7 Allowable: 40093.4
 Axial Stress: 71.4 @Node 60
 Bending Stress: 7543.9 @Node 80
 Torsion Stress: 312.1 @Node 119
 Hoop Stress: 0.0 @Node 20
 3D Max Intensity: 7570.2 @Node 80

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %	Piping Code
10	0.0	-0.0	1.000	1.000	133.7	40093.4	0.3	DNV
20	157.4	0.0	1.000	1.000	222.8	40093.4	0.6	DNV
20	157.4	-0.0	1.000	1.000	222.8	40093.4	0.6	DNV
30	1573.8	0.0	1.000	1.000	1601.5	40093.4	4.0	DNV
30	1573.8	-0.0	1.000	1.000	1601.5	40093.4	4.0	DNV
40	3698.4	0.0	1.000	1.000	3723.1	40093.4	9.3	DNV
40	3698.4	-0.0	1.000	1.000	3723.1	40093.4	9.3	DNV
50	5417.0	0.0	1.000	1.000	5440.9	40093.4	13.6	DNV
50	5417.0	-0.0	1.000	1.000	5490.7	40093.4	13.7	DNV
60	6840.8	0.0	1.000	1.000	6914.0	40093.4	17.2	DNV
60	6840.8	-0.0	1.000	1.000	6845.9	40093.4	17.1	DNV
68	7216.2	0.0	1.000	1.000	7221.3	40093.4	18.0	DNV
68	7216.2	-0.0	1.000	1.000	7221.3	40093.4	18.0	DNV
69	7364.8	150.1	1.000	1.000	7372.3	40093.4	18.4	DNV
69	7364.8	-150.1	1.000	1.000	7372.3	40093.4	18.4	DNV
70	7480.8	253.9	1.000	1.000	7502.7	40093.4	18.7	DNV
70	7480.8	-253.9	1.000	1.000	7502.7	40093.4	18.7	DNV
80	7543.9	253.9	1.000	1.000	7565.7	40093.4	18.9	DNV
80	7543.9	-253.9	1.000	1.000	7563.8	40093.4	18.9	DNV
90	7091.9	253.9	1.000	1.000	7112.7	40093.4	17.7	DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: FEB 28, 2014 Time: 2:11
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNF
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 12 (OCC) L12=L8+L9+L10+L11

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %		Piping Code
91	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0		DNV
95	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0		DNV
95	7061.7	-253.9	1.000	1.000	7082.6	40093.4	17.7		DNV
98	6917.9	253.9	1.000	1.000	6939.1	40093.4	17.3		DNV
98	6917.9	-253.9	1.000	1.000	6939.1	40093.4	17.3		DNV
99	6806.0	227.5	1.000	1.000	6820.3	40093.4	17.0		DNV
99	6806.0	-227.5	1.000	1.000	6820.3	40093.4	17.0		DNV
100	6696.1	187.5	1.000	1.000	6712.0	40093.4	16.7		DNV
100	6696.1	-187.5	1.000	1.000	6712.0	40093.4	16.7		DNV
103	6170.3	187.5	1.000	1.000	6187.1	40093.4	15.4		DNV
103	6170.3	-187.5	1.000	1.000	6187.1	40093.4	15.4		DNV
104	6051.7	216.8	1.000	1.000	6066.5	40093.4	15.1		DNV
104	6051.7	-216.8	1.000	1.000	6066.5	40093.4	15.1		DNV
105	5934.4	229.4	1.000	1.000	5955.1	40093.4	14.9		DNV
105	5934.4	-229.4	1.000	1.000	5955.1	40093.4	14.9		DNV
108	5786.8	229.4	1.000	1.000	5807.9	40093.4	14.5		DNV
108	5786.8	-229.4	1.000	1.000	5807.9	40093.4	14.5		DNV
111	5523.5	229.4	1.000	1.000	5545.3	40093.4	13.8		DNV
111	5523.5	-229.4	1.000	1.000	5545.3	40093.4	13.8		DNV
114	5260.4	229.4	1.000	1.000	5283.1	40093.4	13.2		DNV
114	5260.4	-229.4	1.000	1.000	5283.1	40093.4	13.2		DNV
117	4997.6	229.4	1.000	1.000	5021.3	40093.4	12.5		DNV
117	4997.6	-229.4	1.000	1.000	5108.6	40093.4	12.7		DNV
118	4118.8	229.4	1.000	1.000	4251.7	40093.4	10.6		DNV
118	4118.8	-229.4	1.000	1.000	4251.7	40093.4	10.6		DNV
119	529.6	-312.1	1.000	1.000	1294.7	40093.4	3.2		DNV
119	529.6	312.1	1.000	1.000	1294.7	40093.4	3.2		DNV
120	3191.1	-0.0	1.000	1.000	3259.3	40093.4	8.1		DNV
120	3191.1	0.0	1.000	1.000	3198.7	40093.4	8.0		DNV
122	3145.1	-0.0	1.000	1.000	3152.6	40093.4	7.9		DNV
122	3145.1	0.0	1.000	1.000	3152.6	40093.4	7.9		DNV
124	2358.8	-0.0	1.000	1.000	2367.2	40093.4	5.9		DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: FEB 28, 2014 Time: 2:11
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNF
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 12 (OCC) L12=L8+L9+L10+L11

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %		Piping Code
124	2358.8	-0.0	1.000	1.000	2367.2	40093.4	5.9		DNV
126	1572.6	0.0	1.000	1.000	1582.7	40093.4	3.9		DNV
126	1572.6	0.0	1.000	1.000	1582.7	40093.4	3.9		DNV
128	786.3	-0.0	1.000	1.000	801.3	40093.4	2.0		DNV
128	786.3	0.0	1.000	1.000	801.3	40093.4	2.0		DNV
129	3.2	-0.0	1.000	1.000	125.7	40093.4	0.3		DNV
129	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0		DNV
130	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0		DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: FEB 28, 2014 Time: 2:11
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNF
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESS SUMMARY REPORT: Highest Stresses Mini Statement
 CASE 12 (OCC) L12=L8+L9+L10+L11

LOAD CASE DEFINITION KEY

CASE 12 (OCC) L12=L8+L9+L10+L11

Piping Code: DNV = Det Norske Veritas Submarine Pipeline
 (1996)

CODE STRESS CHECK PASSED : LOADCASE 12 (OCC)
 L12=L8+L9+L10+L11

Highest Stresses: (lb./sq.in.) LOADCASE 12 (OCC)

L12=L8+L9+L10+L11

CodeStress Ratio (%):	18.9	@Node	80	
Code Stress:	7565.7	Allowable:		40093.4
Axial Stress:	71.4	@Node	60	
Bending Stress:	7543.9	@Node	80	
Torsion Stress:	312.1	@Node	119	
Hoop Stress:	0.0	@Node	20	
3D Max Intensity:	7570.2	@Node	80	

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: FEB 28, 2014 Time: 2:11
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNF
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

DISPLACEMENTS REPORT: Nodal Movements
 CASE 13 (OPE) L13=L2+L11

NODE	DX in.	DY in.	DZ in.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
10	0.0000	11.7214	9.8000	0.1886	-1.1122	0.0401
11	0.0000	11.7214	9.8000	0.0000	0.0000	0.0000
20	0.0085	11.7161	9.7609	0.1890	-1.1122	0.0400
30	0.0779	11.6691	9.3816	0.2278	-1.1122	0.0298
40	0.1068	11.5984	8.5265	0.4047	-1.1122	-0.0167
50	-0.0000	11.5413	7.3400	0.6522	-1.1122	-0.0818
51	-0.0000	11.5413	7.3400	0.0000	0.0000	0.0000
60	0.0000	11.2011	-10.1937	1.6814	-1.1122	0.3971
61	0.0000	11.2011	-10.1937	0.0000	0.0000	0.0000
68	2.6008	11.0869	-17.9155	1.6360	-1.1122	0.6633
69	2.9055	10.1274	-20.1869	1.4244	-1.1282	0.6487
70	1.5462	8.2068	-20.9704	1.1584	-1.2417	0.5727
80	-0.0000	6.8471	-20.9403	1.0759	-1.3079	0.5253
90	-3.0012	4.6511	-20.8868	0.9376	-1.4289	0.4403
91	-3.0012	4.6511	-20.8868	0.9376	-1.4289	0.4403
95	-3.2101	4.5141	-20.8831	0.9371	-1.4292	0.4400
98	-4.2143	3.8770	-20.8661	0.8970	-1.4564	0.4130
99	-4.9870	3.4067	-20.9137	0.8316	-1.4965	0.3896
100	-5.6743	2.9974	-21.0679	0.7650	-1.5316	0.3629
103	-8.7188	1.4413	-21.8936	0.5881	-1.5615	0.3025
104	-9.4466	1.1666	-21.9943	0.4794	-1.5633	0.2923
105	-10.2728	0.9351	-22.0127	0.3684	-1.5560	0.2846
108	-11.3838	0.6929	-21.9951	0.3100	-1.5469	0.2743
111	-13.3432	0.3609	-21.9639	0.2145	-1.5176	0.2561
114	-15.2545	0.1402	-21.9326	0.1384	-1.4715	0.2378
117	-17.0964	-0.0000	-21.9013	0.0913	-1.4087	0.2196
118	-17.4353	-0.0209	-21.8954	0.0864	-1.3950	0.2161
119	-18.6605	-0.0436	-21.5907	0.0744	-1.2516	0.1998
120	-19.5166	-0.0000	-20.8627	0.1164	-1.1106	0.1496
122	-19.5587	0.0029	-20.8051	0.1181	-1.1070	0.1475
124	-20.2569	0.0296	-19.8474	0.1394	-1.0534	0.1196
126	-20.9243	0.0286	-18.9301	0.1501	-1.0145	0.1056
128	-21.5706	0.0156	-18.0403	0.1538	-0.9904	0.1007
129	-22.2058	-0.0000	-17.1651	0.1543	-0.9811	0.1000
130	-22.2900	-0.0021	-17.0490	0.1543	-0.9811	0.1000

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: FEB 28, 2014 Time: 2:11
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNF
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 13 (OPE) L13=L2+L11

Piping Code: DNV = Det Norske Veritas Submarine Pipeline
 (1996)

CODE STRESS CHECK PASSED : LOADCASE 13 (OPE) L13=L2+L11

Highest Stresses: (lb./sq.in.)
 OPE Stress Ratio (%): 55.4 @Node 20
 OPE Stress: 21279.3 Allowable: 38400.0
 Axial Stress: 10263.8 @Node 10
 Bending Stress: 19649.7 @Node 50
 Torsion Stress: 2224.3 @Node 70
 Hoop Stress: 21279.3 @Node 20
 3D Max Intensity: 23771.8 @Node 105

NODE	Bending Stress lb./sq.in.	Torsion Stress lb./sq.in.	SIF In Plane	SIF Out Plane	Code Stress lb./sq.in.	Allowable Stress lb./sq.in.	Ratio %	Piping Code
10	0.0	-0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4	DNV
20	570.9	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4	DNV
20	570.9	-0.0	1.000	1.000	5767.9	38400.0	15.0	DNV
30	5708.8	0.0	1.000	1.000	5650.6	38400.0	14.7	DNV
30	5708.8	-0.0	1.000	1.000	5650.6	38400.0	14.7	DNV
40	13415.7	0.0	1.000	1.000	5474.7	38400.0	14.3	DNV
40	13415.7	-0.0	1.000	1.000	5474.7	38400.0	14.3	DNV
50	19649.7	0.0	1.000	1.000	5332.4	38400.0	13.9	DNV
50	19649.7	-0.0	1.000	1.000	5332.4	38400.0	13.9	DNV
60	15748.6	0.0	1.000	1.000	4485.3	38400.0	11.7	DNV
60	15748.6	-0.0	1.000	1.000	4485.3	38400.0	11.7	DNV
68	6505.0	0.0	1.000	1.000	4200.2	38400.0	10.9	DNV
68	6505.0	-0.0	1.000	1.000	4200.2	38400.0	10.9	DNV
69	9690.6	-283.9	1.000	1.000	4146.2	38400.0	10.8	DNV
69	9690.6	283.9	1.000	1.000	4146.2	38400.0	10.8	DNV
70	11868.1	-2224.3	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6	DNV
70	11868.1	2224.3	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6	DNV
80	13972.0	-2224.3	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6	DNV
80	13972.0	2224.3	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6	DNV
90	10984.9	-2224.3	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6	DNV
91	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: FEB 28, 2014 Time: 2:11
 Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNF
 Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
 CASE 13 (OPE) L13=L2+L11

95	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0		DNV
95	10786.2	2224.3	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6		DNV
98	9791.6	-2224.3	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6		DNV
98	9791.6	2224.3	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6		DNV
99	9776.3	-1524.1	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6		DNV
99	9776.3	1524.1	1.000	1.000	4069.8	38400.0	10.6		DNV
100	9996.4	-828.1	1.000	1.000	4061.0	38400.0	10.6		DNV
100	9996.4	828.1	1.000	1.000	4056.7	38400.0	10.6		DNV
103	11834.3	-828.1	1.000	1.000	3976.4	38400.0	10.4		DNV
103	11834.3	828.1	1.000	1.000	3972.1	38400.0	10.3		DNV
104	12256.7	-908.0	1.000	1.000	3963.5	38400.0	10.3		DNV
104	12256.7	908.0	1.000	1.000	3963.5	38400.0	10.3		DNV
105	12344.8	-817.6	1.000	1.000	3954.6	38400.0	10.3		DNV
105	12344.8	817.6	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
108	12053.0	-817.6	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
108	12053.0	817.6	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
111	11012.7	-817.6	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
111	11012.7	817.6	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
114	9649.9	-817.6	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
114	9649.9	817.6	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
117	8912.0	-817.6	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
117	8912.0	817.6	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
118	8995.9	-817.6	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
118	8995.9	817.6	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
119	9431.6	-933.5	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
119	9431.6	933.5	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
120	10463.6	-0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
120	10463.6	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
122	10257.7	-0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
122	10257.7	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
124	7082.8	-0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
124	7082.8	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
126	4473.1	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
126	4473.1	-0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: FEB 28, 2014 Time: 2:11
Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNF
Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESSES REPORT: Stresses on Elements
CASE 13 (OPE) L13=L2+L11

128	2270.9	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
128	2270.9	-0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
129	265.5	0.0	1.000	1.000	21279.3	38400.0	55.4		DNV
129	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0		DNV
130	0.0	0.0	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0		DNV

CAESAR II Ver.5.10.00, (Build 070917) Date: FEB 28, 2014 Time: 2:11
Job: C:\PROGRAM FILES\COADE\CAESAR II 5.10\EXAMPLES\RISER APNF
Licensed To: DEALR/EVAL COPY -- ID #4369

STRESS SUMMARY REPORT: Highest Stresses Mini Statement
CASE 13 (OPE) L13=L2+L11

LOAD CASE DEFINITION KEY

CASE 13 (OPE) L13=L2+L11

Piping Code: DNV = Det Norske Veritas Submarine Pipeline
(1996)

CODE STRESS CHECK PASSED : LOADCASE 13 (OPE) L13=L2+L11

Highest Stresses: (lb./sq.in.) LOADCASE 13 (OPE) L13=L2+L11
OPE Stress Ratio (%): 55.4 @Node 20
OPE Stress: 21279.3 Allowable: 38400.0
Axial Stress: 10263.8 @Node 10
Bending Stress: 19649.7 @Node 50
Torsion Stress: 2224.3 @Node 70
Hoop Stress: 21279.3 @Node 20
3D Max Intensity: 23771.8 @Node 105

BIODATA PENULIS



Simon Juniasi Lubis. Lahir pada 9 Juni 1991 di Pematangsiantar, Sumatera Utara. Memulai pendidikan di SD RK Cinta Rakyat 2 Pematangsiantar, melanjutkan SMP dan SMA di Yayasan Budi Mulia Pematangsiantar. Penulis merantau ke Pulau Jawa untuk melanjutkan jenjang pendidikan S1. Pada tahun 2009, penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama masa perkuliahan, penulis juga aktif terlibat dalam beberapa organisasi intra dan ekstra kampus. Penulis pernah bergabung dalam departemen Hubungan Masyarakat HIMATEKLA, dan departemen PSDM BEM FTK. Berbagai pelatihan dan seminar pernah diikuti guna mengembangkan karakter diri penulis. Penulis juga mempunyai pengalaman *on job training* di perusahaan PT. Truba Jaya Engineering dan PT. KHI Pipe Industries.

Kontak :

Simonlubis11@gmail.com