



TUGAS AKHIR - MO 184804

**ANALISIS *PIPELINE WALKING* DAN *LATERAL BUCKLING* PADA PIPA 20" DI SELAT MADURA FIELD**

MORA AFRA NADIA NOOER

NRP. 04311540000145

Dosen Pembimbing :

Ir. Imam Rochani, M.Sc.

Nur Syahroni, S.T, M.T.Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknolgi Sepuluh Nopember

2020



**TUGAS AKHIR - MO 184804**

**ANALISIS *PIPELINE WALKING* DAN *LATERAL BUCKLING* PADA PIPA 20” DI SELAT MADURA FIELD**

**MORA AFRA NADIA NOOER**

**NRP. 04311540000145**

**Dosen Pembimbing :**

**Ir. Imam Rochani, M.Sc.**

**Nur Syahroni, S.T, M.T.Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN**

**Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2020**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**TUGAS AKHIR ANALISIS PIPELINE WALKING DAN**  
**LATERAL BUCKLING PIPA 20" DI SELAT MADURA**  
**FIELD**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi  
Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

**MORA AFRA NADIA NOOER**

**NRP. 04311540000145**

Disetujui Oleh:

**1. Ir. Imam Rochani, M.Sc**

**(Pembimbing 1)**

**2. Nur Syahrani, S.T., M.T., Ph.D**

**(Pembimbing 2)**

**3. Dr. Yeyes Mulyadi, S.T.M.Sc.**

**(Penguji 1)**

**4. Ir. Handayanu, M.Sc., Ph.D**

**(Penguji 2)**

*Handayanu*

# **ANALISA PIPELINE WALKING DAN LATERAL BUCKLING” PADA PIPA 20” DI SELAT MADURA FIELD**

Nama Mahasiswa : Mora Afra Nadia Nooer

NRP : 043 115 40000 145

Jurusan : Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dosen Pembimbing: Ir. Imam Rochani, M.Sc

Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D.

## **ABSTRAK**

Salah satu mode pengangkutan gas bumi paling banyak digunakan adalah pipeline. Pipa yang diletakan di dasar laut pada laut dalam memiliki suhu dan tekanan yang tinggi selama masa operasi akibat aliran fluida dalam pipa. Selain itu juga pipa bawah laut sering mengalami kondisi *start up* dan *shut down*. *Start up* menyebabkan ekspansi menuju *cold end*, sementara saat shut down pipa mengalami penyusutan. Peristiwa ekspansi dan penyusutan ini terjadi terus menerus selama beberapa siklus dan menyebabkan pipa berjalan menuju *cold end*. Peristiwa berjalannya pipa ini disebut *pipeline walking*. Tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan pipa terhadap fenomena lateral buckling dan analisis pipeline walking pada pipa sepanjang 27 km dengan diameter 20 inch yang disebabkan tekanan dan suhu yang tinggi. Dengan analisis *expansion* yang dilakukan dapat diketahui bahwa jarak *anchor point* dengan *hot end* yang terbentuk adalah 1162 m dengan ekspansi yang terjadi sebesar 134 m dan jarak *anchor point* dengan *cold end* adalah 0.199 m dengan ekspansi sebesar 0.003 m.. Dari hasil analisis dapat diketahui bahwa pipa rentan terhadap *Lateral Buckling* dan pipa tidak rentan terhadap pipeline walking. Dari analisis berdasarkan software AUTOPIPE diketahui pipa rentan mengalami *displacement* atau perpindahan nodes dengan displacement maksimum sebesar 2796 mm pada KP 2

**Kata kunci:** *Pipeline Walking*, Tekuk Lateral, Ekspansi, *Displacement*, *Pipeline*.

# **PIPELINE WALKING AND LATERAL BUCKLING ANALYSIS OF 20" SUBSEA PIPELINE IN MADURA STRAIT FIELD**

Nama Mahasiswa : Mora Afra Nadia Nooer

NRP : 043 115 40000 145

Departement : Ocean Engineering

Marine Technology Faculty

Sepuluh Nopember Technology Institute

Supervisors : Ir. Imam Rochani, M.Sc

Nur Syahroni, S.T., M.T., Ph.D.

## **ABSTRACT**

One of the most widely used procedure of transporting natural gas is through pipeline. Pipeline placed on the seabed in the deep sea with high internal temperatures and pressures during operation due to fluid flow in the pipeline. In addition, subsea pipelines often experience start up and shut down conditions. Start up causes expansion to the cold end, while the shut down pipe experiences shrinkage. These expansion and shrinkage events occur continuously for several cycles and cause the pipe to run into the cold end. This occurring phenomenon is called pipeline walking. This final project aims to determine the susceptibility of the pipe to the phenomenon of lateral buckling and pipeline walking analysis on the 27 km long pipe with 20 inches diameter caused by high pressure and temperature. With the expansion analysis conducted it can be seen that the distance of the anchor point from hot end is 1162 m with an expansion that occurs at 134 m and the distance of the anchor point from the cold end is 0.199 m with an expansion of 0.003 m .. From the analysis results it can be seen that the pipe susceptible to lateral buckling and the pipe is not susceptible to pipeline walking. From the analysis based on AUTOPIPE software it is known that the pipe is susceptible to displacement or displacement of nodes with a maximum displacement of 2796 mm on KP 2

**Kata kunci:** Pipeline Walking, Lateral Buckling, Expansion, Displacement.

## KATA PENGANTAR

Assalamuaikum Wr. Wb.

Penulis memanjatkan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat dilancarkan dalam pengerjaan sampai dengan penyelesaian tugas akhir ini. Tugas Akhir ini berjudul “Analisa *Pipeline walking dan lateral buckling pipa 20*” di selat Madura”.

Tugas Akhir ini bermanfaat untuk memenuhi salah satu syarat mendapatkan gelar sarjana di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan ITS. Besar harapan penulis Tugas Akhir ini dapat menjadi referensi untuk perusahaan dalam mengambil keputusan berdasarkan kajian mengenai hubungan antara suhu, tekanan, fenomena tekuk lateral, fenomena pipeline walking serta displacement yang dihasilkan oleh fenomena-fenomena tersebut, dan dapat membantu pihak-pihak lainnya yang membutuhkan informasi di bidang teknik kelautan.

Dalam Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa tiada gading yang tak retak, dimana masih banyak kekurangan baik dalam penulisan, pemilihan variabel, dan parameter. Oleh sebab itu, sangat diharapkan saran dan kritik membangun dari pembaca agar dapat menjadi evaluasi untuk laporan kedepannya. Akhir kata, penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan menjadi sumber ilmu bagi para penulis selajutnya khususnya mahasiswa/i Jurusan Teknik Kelautan ITS.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Surabaya, Januari 2020

Mora Afra Nadia Nooer

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih banyak atas segala bantuan yang telah diberikan oleh berbagai pihak selama penulisan Tugas Akhir ini. Pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta mengajarkan penulis arti kehidupan dengan cara-Nya sendiri
2. Kedua orang tua penulis yang telah memberi support baik moral maupun materil, yang juga mendidik ,memberi kasih sayang yang tiada habisnya serta selalu menyemangati dan selalu bisa menyempatkan waktu untuk mendengarkan keluh-kesah penulis.
3. Bapak Imam Rochani, dan Bapak Nur syaroni, kedua dosen pembimbing penulis yang selalu sabar membimbing hingga penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir ini, terimakasih untuk ilmu dan waktu yang telah bapak-bapak berikan.
4. Bapak Zikra selaku dosen wali penulis selama 4.5 tahun ini, terima kasih telah memberikan penulis nasihat, bimbingan, serta kesabaran selama ini.
5. Bapak Rudi Walujo, selaku Kepala Departemen Teknik Kelautan beserta seluruh staff dan karyawan departemen Teknik Kelautan yang telah membantu perizinan dan administratif Tugas Akhir ini.
6. Shaskya, sharas, cindy, raisya, farid,ami, lele, dan fadel yang sudah membantu penulis beradaptasi selama merantau. Dan juga selalu menguatkan, memotivasi, dan menemani suka duka penulis hingga selesainya Tugas ini.
7. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung atau tidak langsung, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Terimakasih atas segala bantuannya, semoga Allah SWT melimpahkan balasan berupa berkah dan rahmat yang tiada habisnya. Amin.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
UCAPAN TERIMA KASIH .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Perumusan Masalah.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Tujuan .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Manfaat .....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Batasan Masalah .....</b>	<b>3</b>
<b>1.6 Sistematika Penulisan .....</b>	<b>4</b>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Tinjauan Pustaka .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Dasar Teori .....</b>	<b>7</b>
2.2.1 Pipeline .....	7
2.2.2 Menghitung Berat Terebam Pipa .....	9
2.2.3 Menghitung Regangan Total.....	10
2.2.3.1. Regangan <i>End Cap</i> .....	10
2.2.3.2 Regangan Poisson.....	11
2.2.3.3 Regangan Temperatur.....	12
2.2.3.4 Regangan Total Pada Pipa.....	13
2.2.4 Menghitung Regangan Gesek .....	13
2.2.5 Analisis Ekspansi .....	13
2.2.6 Menghitung Gaya Aksial Efektif .....	15
2.2.7 Analisis <i>Lateral Buckling</i> .....	17
2.2.7.1. Metode Hobbs .....	20



2.2.7.2.	Analisis <i>Local Buckling</i> .....	22
2.2.8	Analisis <i>Pipeline Walking</i> .....	26
2.2.8.1.	Laju <i>Walking</i> per Siklus .....	28
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>29</b>
<b>3.1</b>	<b>Metode Penelitian</b> .....	<b>29</b>
<b>3.2</b>	<b>Prosedur Penelitian</b> .....	<b>31</b>
<b>BAB IV</b>	<b>ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>33</b>
<b>4.1</b>	<b>Data Field</b> .....	<b>35</b>
<b>4.2</b>	<b>Data Pipa</b> .....	<b>36</b>
<b>4.3</b>	<b>Data Lingkungan</b> .....	<b>38</b>
<b>4.4</b>	<b>Data Tanah</b> .....	<b>40</b>
<b>4.5</b>	<b>Pembahasan</b> .....	<b>41</b>
4.5.1.	Perhitungan Berat Terendam .....	41
4.5.2.	Menghitung Regangan Total Pada Pipa .....	42
4.5.3.	Menghitung Regangan Gesek .....	42
4.5.4.	Menghitung Letak <i>Virtual Anchor Point</i> Pada Pipa .....	44
4.5.5.	Menghitung Ekspansi Pipa .....	44
4.5.6.	Analisis <i>Lateral Buckling</i> .....	45
4.5.6.1.	Analisis Kerentanan <i>Lateral Buckling</i> .....	45
4.5.6.2.	Analisis <i>Local Buckling</i> .....	48
4.5.7.	Analisis <i>Pipeline Walking</i> .....	53
4.5.7.1.	Analisis Kerentanan dan Laju <i>Pipeline Walking</i> .....	45
4.5.8.	Analisis Displacement Pipa .....	55
4.5.8.1.	Software AUTOPIPE .....	55
4.5.9.	Mitigasi <i>Lateral Buckling</i> dan <i>Pipeline Walking</i> .....	59
4.5.9.1.	Mitigasi <i>Lateral Buckling</i> .....	59
4.5.9.1.1.	<i>Snake Lay</i> .....	59
4.5.9.1.2.	<i>Sleeper</i> .....	61
4.5.9.1.1.	Pendistribusian <i>Bouyancy</i> .....	63
4.5.9.2.	Mitigasi <i>Pipeline Walking</i> .....	64
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>67</b>
<b>5.1</b>	<b>Kesimpulan</b> .....	<b>67</b>

5.2	Saran.....	67
	DAFTAR PUSTAKA.....	69
	BIODATA PENULIS.....	70
	LAMPIRAN.....	71

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Trend Design Temperatur Pada Pipa Bawah Laut (Bai,2014) .....	2
Gambar 2.1. <i>Subsea Pipeline</i> (Bai,2014).....	8
Gambar 2.2. Regangan <i>End Cap</i> Pada Dinding Pipa (Ifenna,2013).....	11
Gambar 2.3. Regangan <i>Poisson</i> Pada Dinding Pipa (Ifenna,2013) .....	12
Gambar 2.4. Regangan Temperatur (Ifenna,2013) .....	12
Gambar 2.5. Ilustrasi <i>Lay Tension</i> (Fyrileiv dan Collberg,2005) .....	16
Gambar 2.6. <i>Pipeline</i> yang Mengalami <i>Fatigue</i> (Bai,2014).....	19
Gambar 2.7. <i>Beam</i> yang Diberi Gaya Tekan Aksial (Hobbs,1984).....	20
Gambar 2.8. Bentuk Mode <i>Buckling Euler</i> (Hobbs,1984).....	20
Gambar 2.9. Ilustrasi <i>Pipeline Walking</i> pada <i>Spool/Jumper</i> (Ifenna,2013).....	27
Gambar 3.1. Diagram Alir Tugas Akhir .....	28
Gambar 4.1. Lokasi Jalur Pipa PT.XYZ .....	35
Gambar 4.2. Grafik Regangan Total Sepanjang Pipa .....	42
Gambar 4.3. Grafik Tegangan Aksial Efektif .....	47
Gambar 4.4. Data Properteis Pipa.....	55
Gambar 4.5. Data Operasional Pipa.....	56
Gambar 4.6. Data Tanah .....	56
Gambar 4.7. Data Gelombang dan Arus .....	56
Gambar 4.8. Hail Permodelan Tampak Atas .....	57
Gambar 4.9. Hasil Tegangan Salah Satu KP pad Software AUTOPIPE.....	57
Gambar 4.10. Konfigurasi Snake Lay (Bai,2014) .....	61
Gambar 4.11. Pipeline Melintasi Sleeper (Bai,2014) .....	63
Gambar 4.12. Tekuk Lateral Pada Pipa 12” pada Sleeper Tunggal.....	63
Gambar 4.13. Pendistribusian <i>Bouyancy</i> dan Konfigurasi Pipa (Bai,2014) .....	64

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Konstan K Tekuk untuk Mode <i>Buckling</i> (Hobbs,1984) .....	22
Tabel 2.2 Faktor Ketahanan Material (DNV OSF101).....	23
Tabel 2.3. Pemilihan <i>Safety Class</i> (DNV OSF101).....	24
Tabel 2.4. Faktor <i>Safety Class</i> (DNV OSF101).....	24
Tabel 4.1. Data Properti Pipa .....	36
Tabel 4.2. Data Material Pipa .....	36
Tabel 4.3. Data Profil Tekanan Pipa .....	37
Tabel 4.4 Data Profil Temperatur Pipa .....	38
Tabel 4.5. Kedalaman Laut .....	39
Tabel 4.6. Data Gelombang dan Arus.....	40
Tabel 4.7. Data Tanah .....	40
Tabel 4.8. Data Koefisien Gesek Lateral Tanah .....	40
Tabel 4.9. Data Koefisien Gesek Aksial Tanah.....	40
Tabel 4.10 <i>Submerged Weight</i> .....	41
Tabel 4.11 Gaya Tahanan Gesek .....	43
Tabel 4.12 Regangan Gesek.....	43
Tabel 4.13 Letak VAP Pada Pipa .....	44
Tabel 4.14 Panjang Ekspansi Pipa .....	45
Tabel 4.15 Gaya Aksial Efektif Hobbs .....	45
Tabel 4.16 Penentuan Nkritis.....	46
Tabel 4.17 Hasil Analisis Kriteria <i>Bursting</i> .....	48
Tabel 4.18 Hasil Analisis Kriteria <i>Collapse</i> .....	49
Tabel 4.19 Hasil Analisis <i>Combined Load</i> .....	51
Tabel 4.20 Hasil Kriteria <i>Propagation Buckling</i> .....	52
Tabel 4.21 Kerentanan Terhadap <i>Pipeline Walking</i> .....	53
Tabel 4.22 Laju <i>Pipeline Walking</i> .....	54
Tabel 4.23 Perbandingan <i>Hoop Stress</i> .....	58
Tabel 4.24 Nilai <i>Displacement</i> Pada Pipa.....	58

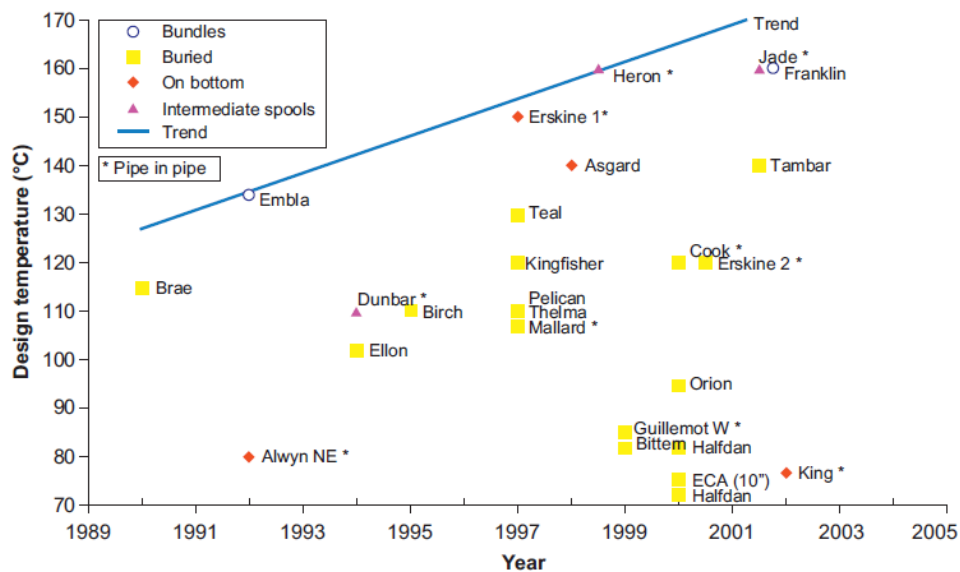
# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Minyak dan Gas Bumi adalah sumber daya alam strategis yang mempunyai peranan penting dalam perekonomian nasional dan merupakan komoditas vital yang menguasai hajat hidup orang banyak (BP Migas, 2007). Cadangan gas alam di perairan dunia semakin menjadi sumber energi yang penting dalam mendorong pertumbuhan ekonomi di negara-negara maju dan berkembang. Pipa membawa peran khusus dalam pengembangan dan produksi cadangan gas karena pipa berperan sebagai sarana transportasi untuk pergerakan cairan hidrokarbon, ditambah dengan meningkatnya kebutuhan untuk menyediakan infrastruktur transportasi utama antara daerah penghasil gas dan negara-negara yang ingin mengimpor gas, maka persyaratan untuk jaringan pipa lepas pantai tampaknya baru akan ditetapkan pada beberapa tahun mendatang. (Young Bai,2005). Dengan menipisnya cadangan migas di daratan dan perairan dangkal, eksplorasi dan produksi migas pada perairan dalam menjadi tantangan bagi industri lepas pantai. Perkembangan eksplorasi dan produksi migas lepas pantai di perairan dalam meningkat dengan pesat (Young Bai,2007). Untuk mengakomodasi penyaluran minyak dan gas bumi dari sumur-sumur minyak di laut dalam, maka digunakan jaringan pipa bawah laut sebagai alternatif yang paling mudah, aman, dan efisien.

Pipa bawah laut semakin banyak diminta untuk beroperasi pada tekanan dan temperatur tinggi (HPHT) dalam beberapa tahun terakhir. Gambar 1.1 menunjukkan bahwa kecenderungan ini terus meningkat dengan ladang minyak dan gas yang dikembangkan semakin menjauh dari pantai dan semakin dekat dengan daerah perairan dalam (Bai Y. dan Bai Q. 2014).



Gambar 1.1 Trend design temperature pada proyek pipa bawah laut dalam beberapa waktu terakhir (Bai dan Bai, 2014)

Pipa mengalami beban termal siklik karena pemanasan dan pendinginan sistem pipa dalam kondisi operasi..Pipa bawah laut sering mengalami kondisi *start up* dan *shut down* . *Start up* menyebabkan ekspansi menuju *cold end*, sementara saat *shut down* pipa mengalami penyusutan. Peristiwa ekspansi dan penyusutan ini terjadi terus menerus selama beberapa siklus dan menyebabkan pipa berjalan menuju *cold end*. Peristiwa berjalannya pipa ini disebut *pipeline walking*. (DNVGL-RP F110, 2018).

Tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan pipa terhadap lateral buckling dan pipeline walking pada pipa yang dipengaruhi oleh adanya fenomena ekspansi .Pipa yang akan dianalisa adalah pipa PT. XYZ dengan diameter sebesar 20 inchi dan berlokasi di periran Selat Madura . PT. XYZ adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pendistribusian gas kepada sektor industri. Dalam melakukan pendistribusiannya, PT. XYZ menggunakan pipeline yang terbentang di daerah Selat Madura sepanjang 27km.. Analisa awal menggunakan data existing yang ada dilapangan kemudian dilakukan pemodelan dan perhitungan mengenai tegangan dan kelelahan yang terjadi, setelah itu penulis melakukan pemodelan menggunakan software AutoPipe.

## **1.2 Perumusan Masalah**

1. Berapakah besar ekspansi yang terjadi pada pipa?
2. Apakah Pipa Rentan Terhadap Lateral Buckling dan Pipeline Walking?
3. Berapakah besar displacement yang terjadi pada pipa akibat fenomena ekspansi, lateral buckling dan pipeline walking?

## **1.3. Tujuan**

1. Untuk mengetahui besar ekspansi yang terjadi pada pipa
2. Untuk mengetahui kerentanan pipa terhadap pipeline buckling dan pipeline walking.
3. Untuk mengetahui besar displacement yang terjadi pada pipa akibat fenomena ekspansi, lateral buckling dan pipeline walking.

## **1.4. Manfaat**

Manfaat yang diharapkan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Memberi informasi mengenai berapa besar displacement yang terjadi pada pipa akibat fenomena ekspansi, lateral buckling dan pipeline walking
2. Memberi informasi mengenai berapa amplitudo lateral buckling.
3. Memberi informasi mengenai fenomena pipeline walking .
4. Untuk memberikan informasi tentang hubungan antara ekspansi, lateral buckling dan pipeline walking

## **1.5. Batasan Masalah**

1. Studi kasus yang dipakai adalah proyek milik PT.XYZ di Wilayah Selat Madura.
2. Permodelan dan analisa tegangan pada pipa menggunakan software AUTOPIPE
3. Menggunakan code DNV ST F101 dan DNV RP-F110 dan ASME B31.8
4. Freespan diabaikan
5. Degradasi material (efek dari korosi) diabaikan

6. Beban pada pipa tiap tahunnya dianggap konstan.
7. Tekanan dari *booster pump* tiap tahunnya dianggap konstan.
8. Terdapat dua virtual anchor point, yaitu di hot end dan cold end.
9. Terdapat satu jenis tanah di sepanjang pipeline, yaitu clay.
10. Rute pipeline mengikuti kondisi sebenarnya sesuai dengan design basis.
11. Terjadi 2 kali siklus *shut down- start up* pada *pipeline* selama satu tahun
12. Faktor utama penyebab pipeline walking karena transient termal
13. *Seabed* diasumsikan datar

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Berikut ini merupakan sistematika penulisan yang digunakan dalam tugas akhir sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini terdiri dari latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

Bab ini menjelaskan tinjauan pustaka yang yang menjadi acuan dalam tugas akhir, dasar teori, rumus-rumus, dan aturan yang digunakan dalam tugas akhir ini.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam mengerjakan tugas akhir ini yang digambarkan dalam diagram alir penelitian.

### **BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini berisi data yang digunakan dalam tugas akhir, menerangkan pemodelan yang dilakukan saat penyelesaian penelitian, analisis, pengolahan, dan pembahasan data hasil dari luaran pemodelan.



## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan dari tugas akhir, hasil dari analisis, pembahasan yang telah dilakukan serta rekomendasi yang perlu diberikan untuk penelitian lebih lanjut. Bab ini juga untuk menjawab permasalahan yang telah di rumuskan pada Bab I.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Ketika Pipa mempunyai suhu tinggi dan tekanan dan suhu tinggi, maka pipa akan meregang, fenomena peregangan pipa karena suhu dan tekanan tinggi disebut juga dengan fenomena ekspansi. menurut ifenna (2013) fenomena ekspansi itu sendiri menimbulkan aktifnya gaya -gaya seperti gaya tahanan gesek, gaya aksial efektif yang menyebabkan fenomena *lateral buckling* dan *pipeline walking*.

Menurut eton (2011) Saat suatu pipeline beroperasi di laut dalam, *pipeline* akan mengalami peningkatan tekanan dan suhu. Peningkatan tersebut mengakibatkan pipeline mengalami ekspansi, namun ekspansi ini biasanya tertahan oleh gaya friksi yang timbul di antara seabed dan pipeline. *Displasmant* tyang terjadi pada pipa dapat secara vertikal (*upheaval buckling*), lateral (*lateral buckling*), dan aksial (*pipeline walking*). (Eton, 2011)

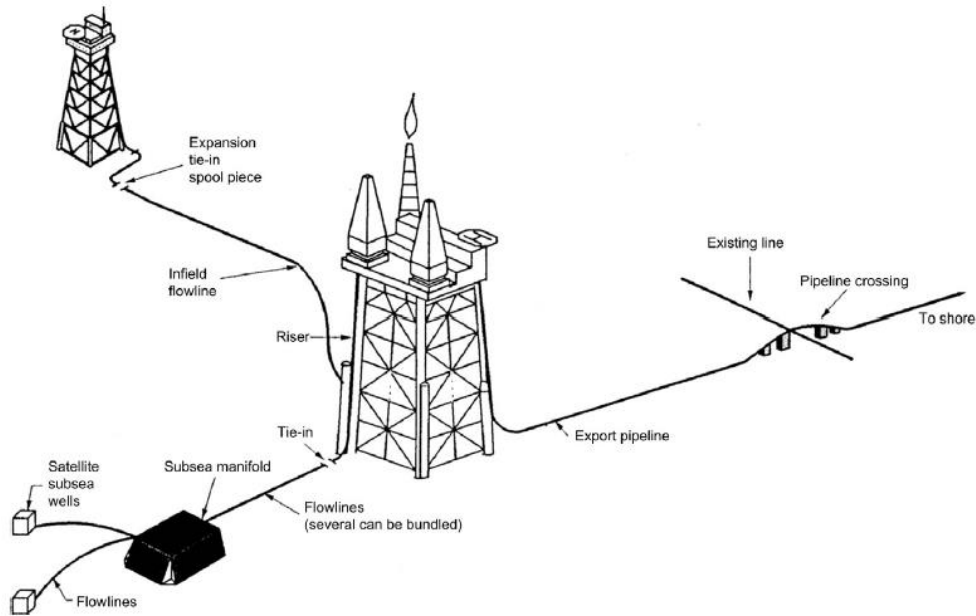
Pada tugas akhir ini, penulis akan melakukan analisis perpindahan pipeline secara aksial yang disebut dengan pipeline walking. Penelitian mengenai pipeline walking telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya, Camilla Tveramo (2013) membahas tentang “*Pipeline Walking of High Pressure/ Temperature Flowlines*”.

#### **2.2. Dasar Teori**

##### **2.2.1 Pipeline**

Seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.1, pipa bawah laut (*Subsea Pipeline*) digunakan dalam pengembangan sumber daya hidrokarbon bawah laut. Sistem *Pipeline* dapat berupa sistem pipa tunggal, pie-in-pipe, atau bundle. Biasanya, istilah aliran bawah laut (*Subsea Flowlines*) digunakan untuk menggambarkan pipa bawah laut yang membawa produk minyak dan gas dari kepala sumur menuju riser; *riser* lalu menghubungkan ke fasilitas pemrosesan. Pipa bawah laut yang menjulur dari fasilitas pemrosesan ke pantai disebut pipa ekspor, sedangkan pipa

bawah laut dari platform ke peralatan bawah laut yang digunakan untuk mentransfer air atau inhibitor kimia disebut injeksi air atau aliran kimia (*Chemical Flowline*). (Bai dan Bai , 2014).



Gambar 2.1 *Subsea Pipeline* (Bai dan Bai, 2014)

Dalam desain pipa terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan seperti kondisi pembebanan dan mekanisme kegagalan. Pipa yang terletak pada *seabed* memiliki tekanan internal akibat aliran fluida dalam pipa, tekanan eksternal akibat hidrostatis, beban temperature dan bending. Tekanan internal dalam pipa menyebabkan adanya *hoop stress* pada dinding pipa (Tveramo, 2013). Besar *hoop stress* ( $S_h$ ) berdasarkan kode ASME B31.8 dapat dicari dengan persamaan 2.1.

$$S_h = (P_i - P_e) \frac{D_o}{2t} \quad \dots\dots(2.1)$$

Dimana :

$P_i$  = Tekanan Internal (N/m<sup>2</sup>)

$P_e$  = Tekanan Eksternal (N/m<sup>2</sup>)

$D_o$  = Diameter Luar (m)

$t$  = Tebal pipa (m)

Jika tegangan pada pipa mencapai *ultimate strength* dari material, maka pipa dapat meledak. Hal ini merupakan mekanisme kegagalan pada pipa akibat dari adanya tekanan internal. Jika tekanan eksternal pipa juga semakin bertambah maka akan menyebabkan adanya *local buckling* dan juga menyebabkan terjadinya kegagalan pada pipa.

Fenomena lain yang perlu dipertimbangkan dalam desain pipa adalah pipeline walking dan lateral buckling. Pipeline walking dapat menyebabkan dan lateral buckling dan dapat merusak pip ajika tidak dikontrol. Salah satu penyebab terjadinya pipeline walking adalah adanya kemiringan pada seabed pipa.

### 2.2.2. Menghitung Berat Terendam Pipa

Berat pipa aktual dihitung dengan menjumlahkan berat pipa baja itu sendiri, berat lapisan korosi, berat selimut beton dan berat isi atau fluida yang mengalir dalam pipa yang dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.8 hingga 2.11. Pada pipa bawah laut gaya apung bekerja secara berlawanan arah dengan berat pipa yang berfungsi untuk menyeimbangkan berat pipa itu sendiri. Untuk menghitung berat-berat tersebut perlu diketahui beberapa parameter seperti diameter dalam pipa, diameter lapisan anti korosi, diameter total pipa, luas penampang internal, luas penampang eksternal, dan luas *cross sectional* seperti dengan menggunakan persamaan 2.2 hingga 2.13. Tahapan perhitungan berat terendam pipa dimulai dengan mencari adalah sebagai berikut:

- Diameter Dalam Pipa ( $D_i$ )

Diameter maksimal yang dapat dialiri fluida dalam pipa bawah laut

$$D_i = D_o - 2t_{steel} \quad \dots\dots(2.2)$$

- Diameter Lapisan Anti Korosi ( $D_{corr}$ )

$$D_{corr} = D_o + 2t_{corr} \quad \dots\dots(2.3)$$

- Diameter Total Pipa

Penjumlahan diameter baja dan pelindungnya

$$D_t = D_o + 2t_{corr} + 2t_{conc} \quad \dots\dots(2.4)$$

- Luas Penampang Internal Pipa ( $A_i$ )

$$A_i = \frac{\pi}{4} (D_i^2) \quad \dots\dots(2.5)$$

- Luas Penampang Eksternal Pipa ( $A_e$ )

$$A_e = \frac{\pi}{4} (D_t^2) \quad \dots\dots(2.6)$$

- Luas *Cross Sectional* ( $A_s$ )

$$A_s = \frac{\pi}{4} (D_o^2 - D_i^2) \quad \dots\dots(2.7)$$

- Berat Pipa Baja ( $W_{steel}$ )

$$W_{steel} = \frac{\pi}{4} (D_o^2 - D_i^2) \rho_{steel} g \quad \dots\dots(2.8)$$

- Berat Lapisan Korosi ( $W_{corr}$ )

$$W_{corr} = \frac{\pi}{4} (D_{corr}^2 - D_o^2) \rho_{corr} g \quad \dots\dots(2.9)$$

- Berat Lapisan *concrete* ( $W_{conc}$ )

$$W_{conc} = \frac{\pi}{4} (D_t^2 - D_{conc}^2) \rho_{conc} g \quad \dots\dots(2.10)$$

- Berat Isi Pipa ( $W_{cont}$ )

$$W_{cont} = \frac{\pi}{4} (D_i^2) \rho_{cont} g \quad \dots\dots(2.11)$$

- Bouyancy Pipa ( $B$ )

$$B = \frac{\pi}{4} (D_t^2) \rho_w g \quad \dots\dots(2.12)$$

- Berat Teredam Pipa per satuan panjang ( $W_{sub}$ )

$$W_{sub} = (W_{cont} + W_{conc} + W_{corr} + W_{steel}) - B \quad \dots\dots(2.13)$$

### 2.2.3. Menghitung Regangan Total

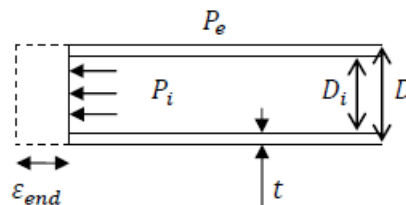
#### 2.2.3.1. Regangan *End-Cap* ( $\epsilon_E$ )

Regangan longitudinal karena efek *end cap* bersifat sepanjang satuan pipa seperti yang diperlihatkan pada persamaan 2.14. Efek *end cap* itu sendiri disebabkan karena adanya tekanan internal di dalam pipa akibat aliran fluida dan menyebabkan regangan pada dinding pipa seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.2. Regangan tersebut terjadi pada bagian akhir pipa yang tersambung dengan belokan pipa (*bend*). (Bai, 2014).

$$\varepsilon_E = \frac{\pi (P_{in} D_i^2 - P_o D_o^2)}{4 EA} \quad \dots\dots(2.14)$$

Dimana :

- $\varepsilon_E$  = Regangan End Cap
- $P_{in}$  = Pressure internal (N/m<sup>2</sup>)
- $P_o$  = Pressure eksternal (N/m<sup>2</sup>)
- $D_i$  = Diameter internal (m)
- $D_o$  = Diameter luar (m)
- $E$  = Modulus elastisitas pipa (Pa)
- $A$  = Cross sectional area (m<sup>2</sup>)



Gambar 2.2. Regangan *End-Cap* Pada Dinding Pipa (Ifenna,2013)

### 2.2.3.2. Regangan *Poisson* ( $\varepsilon_v$ )

Regangan Longitudinal akibat efek rasio *poisson* pada regangan *hoop* dan radial. Regangan poisson meruakan hasil tegangan melingkar disepanjang pipa mengakibatkan pipa meluas seperti yang dijelaskan pada gambar 2.3. Persamaan regangan poisson dijelaskan pada persamaan 2.15 (Bai,2014)

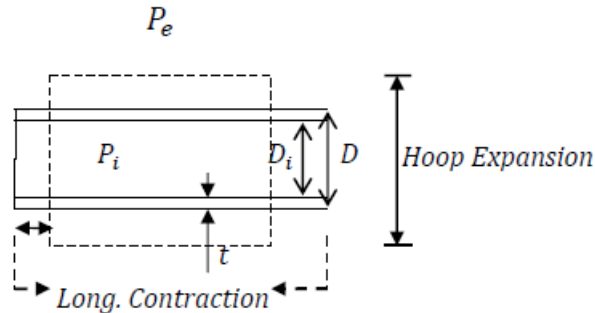
$$\varepsilon_v = -\nu \frac{(P_{in} D_i - P_o D_o)}{2 t_2 E} \quad \dots\dots(2.15)$$

Dimana :

- $P_{in}$  = Pressure internal (N/m<sup>2</sup>)
- $P_o$  = Pressure eksternal (N/m<sup>2</sup>)
- $D_i$  = Diameter internal (m)
- $D_o$  = Diameter luar (m)
- $E$  = Modulus elastisitas pipa (Pa)
- $t_2$  = Tebal Dinding Pipa

$$= t_{nom} - t_{corr} \text{ (m)}$$

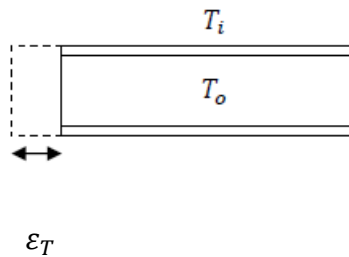
$\nu$  = Rasio *Poisson*



Gambar 2.3. Regangan *Poisson* Pada Dinding Pipa (Ifenna,2013)

### 2.2.3.3. Regangan Temperatur ( $\epsilon_T$ )

Variasi temperatur pada unstrained pipa dari kondisi awalnya menyebabkan regangan longitudinal seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.4. Peningkatan temperature dapat terjadi apabila pipa sudah dialiri fluida yang temperaturnya jauh lebih tinggi dari temperatur lingkungan.



Gambar 2.4. Regangan Temperatur Sepanjang Dinding Pipa (Ifenna, 2013)

Perbedaan ini akan menimbulkan efek regangan yang menjadi dasar ekspansi pada pipa. Rumus yang digunakan untuk mencari regangan temperatur dijelaskan pada persamaan 2.16 (Bai,2014).

$$\epsilon_T = \alpha \Delta T \quad \dots\dots(2.16)$$

Dimana :

$\alpha$  = Koefisien termal

$\Delta T$  = Selisih temperatur antara temperature internal dan instalasi

$$= T_{internal} - T_{instalasi} \text{ (}^\circ\text{C)}$$



#### 2.2.3.4. Regangan total pada pipa

Dari persamaan pada sub bab 2.2.3.1 - 2.2.3.3 kita dapat menemukan nilai regangan total pada pipa, dimana regangan total pada pipa adalah nilai regangan longitudinal kumulatif yang komponen-komponennya terdiri dari nilai regangan *end cap*, *poisson*, dan temperature. Adapun rumus yang digunakan dijelaskan pada persamaan 2.17.

$$\varepsilon_{total} = \varepsilon_E + \varepsilon_V + \varepsilon_T \quad \dots\dots(2.17)$$

#### 2.2.4. Menghitung Regangan Gesek ( $\varepsilon_f$ )

Regangan gesek pada pipa terjadi akibat adanya faktor gaya tahanan tanah yang berlawanan dengan pipa pada saat terjadi ekspansi, untuk mencari regangan gesek dapat menggunakan rumus 2.19. Pada pipa bawah laut, gesekan akan meningkat secara linear dengan jarak L dari ujung bebas yang sebanding dengan berat pipa kumulatif. Persamaan 2.18 digunakan untuk menghitung gaya tahanan gesek.

$$F = \mu_a W_{sub} \quad \dots\dots(2.18)$$

Regangan gesekan ditunjukkan dengan :

$$\varepsilon_f = \frac{F L}{A_s E} \quad \dots\dots(2.19)$$

Dimana :

$\mu_a$  = Koefisien gesek longitudinal (axial) antara pipa dan seabed

$W_{sub}$  = berat terendam pipa per satuan panjang

$A_s$  = Luas Penampang Pipa

$E$  = Modulus Young

$L$  = Panjang pipa yang ditinjau

#### 2.2.5. Analisis Ekspansi

Zat padat secara mikroskopis dapat dipandang dengan model atom-atom yang dihubungkan dengan pegas. Pegas-pegas tersebut bergerak dengan amplitude tertentu. Bila temperature dinaikan maka jarak antar atom-atom tersebut juga akan berubah. Begitu pula pada pipa bawah laut yang terletak pada seabed, kondisi bawah laut yang mempunyai

temperatur rendah dapat menyebabkan pemuaian pada pipa karena temperatur fluida di dalam pipa ang tinggi (Tveramo, 2013). Ketika kondisi operasi pipa akan mengalami ekspansi menuju ujung akhir dari pipa yang disebabkan oleh temperatur dan tekanan pada pipa. Hal ini mengakibatkan tahanan gesek yang disebabkan oleh tanah dasar laut akan meningkat dan mengakibatkan gaya axial yang berlawanan dengan arah ekspansi meningkat. Kemudian pipa mengalami gaya kompresif axial efektif. Gaya efektif ini akan terus meningkat sampai mencapai keseimbangan.

Keseimbangan gaya antara gaya axial dan tahanan gesek dapat tercapai tergantung dengan besar kecilnya tahanan gesek dari *seabed*. Dalam kasus ini keseimbangan gaya akan terbentuk dan dinamakan *virtual anchor point*. Jika terdapat gesekan yang tetap disepanjang pipa, maka *virtual anchor point* pada pipa pendek terdapat pada tengah pipa. Kemudian jika terdapat tahanan gesek yang cukup maka dapat menahan regangan akibat temperature dan tekanan pada pipa dan dinamakan pipa panjang. Pada pipa panjang letak *virtual anchor point* terdapat pada ujung pipa. Lokasi titik anchor dapat ditentukan dengan menyamakan gaya yang diterapkan pada gaya gesekan permukaan, Panjang Virtual Anchor dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.20

$$L_A = \frac{\epsilon_{tot} \cdot A_s \cdot E}{F} \quad \dots\dots(2.20)$$

Dimana :

$L_A$  = Virtual anchor length (m)

$\epsilon_{tot}$  = Regangan akibat tekanan internal dan temperature

$A_s$  = Luas Penampang pipa (m<sup>2</sup>)

$F$  = Gaya Tahanan Gesek (N/m)

$E$  = Modulus Young (Pa)

Jika tahanan gesek dan gaya ekspansi pada pipa mencapai keseimbangan atau sama besar, pipa akan berhenti berkekspansi. Titik dimana pipa berhenti berekspansi dinamakan *virtual anchor point*.

Pada pipa pendek, *virtual anchor point* terletak pada bagian tengah pipa sehingga arah ekspansi pada zona *hot end* menuju *hot end* atau pada

zona *cold end* menuju *cold end*. Namun pada pipa panjang *virtual anchor point* terletak pada kedua zona pipa yaitu *hot end* dan *cold end*, sehingga arah ekspansi pada ujung *vertical anchor point hot end* menuju *hot end* dan *virtual anchor point cold end* menuju *cold end*.

Nilai ekspansi maksimum pada pipa merupakan akibat dari regangan total yang bekerja pada pipa dengan gaya tahanan tanah. Untuk mencari ekspansi pada ujung-ujung pipa menggunakan persamaan 2.21 dan 2.22.

$$\delta = \int_0^{VAP} \epsilon_{net} \quad \dots\dots(2.21)$$

Dimana :

$\epsilon_{net}$  = Net Strain Pipa, adapun rumusnya dijelaskan pada persamaan 2.22

$$\epsilon_{net} = \epsilon_{total} - \epsilon_f \quad \dots\dots(2.22)$$

### 2.2.6. Menghitung Gaya Aksial Efektif

Selama ekspansi pipa, kombinasi penggerak gaya aksial yang mengimbangi untuk menghindari ekspansi pada ujung pipa adalah gaya aksial efektif (Fyrileiv dan Collberg, 2005). Gaya aksial efektif meningkat dari ujung pipa sampai mencapai maksimum pada titik aksial *full constraint*. Menurut (Fyrileiv dan Collberg, 2005), “gaya aksial efektif mengatur respons struktur pipa dengan menjadi pengaruh bagi tekuk lateral dan *upheaval*, ekspansi pada ujung pipa dan frekuensi alami free span. Mempertimbangkan tekanan eksternal dan internal, gaya aksial efektif dapat dihitung oleh persamaan berikut (Fyrileiv dan Collberg, 2005):

$$N_{eff(x)} = N - P_i A_i + P_e A_e \quad \dots\dots(2.23)$$

Dimana :

$N$  = Gaya dinding pipa sejati

akan tetapi ,

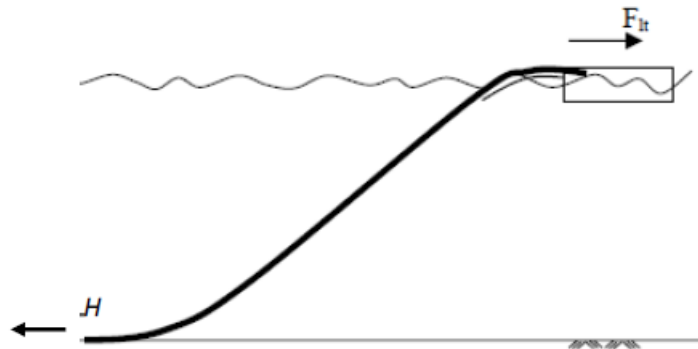
$$P_i A_i + P_e A_e = N_{endcap} = \text{Gaya End Cap}$$

Maka, .....(2.24)

$$N_{eff(x)} = N - N_{endcap}$$

Dengan mempertimbangkan tegangan *barge*,  $F_{lt}$  seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.5

$$F_{lt} = N + P_e A_e = H \quad \text{.....(2.26)}$$



Gambar 2.5. Ilustrasi *Lay Tension* ( Fyrileiv dan collberg, 2005)

Saat Operasi, Gaya aksial sejati apabila *full constraint* berubah menjadi gaya tekan akibat ekspansi termal ( $-EA_s \alpha \Delta T$ ) dan tegangan akibat *hoop stress* dan *feel poisson* ( $v \sigma_H A_s$ ) ( Fyrileiv dan collberg, 2005).

Maka dari persamaan 2.23, gaya aksial sejati setelah instalasi menjadi

$$N = H - P_e A_e + v \sigma_H A_s - EA_s \alpha \Delta T$$

$$N = H - P_e A_e + v \frac{P_i D_i}{2t} A_s - EA_s \alpha \Delta T \quad \text{.....(2.27)}$$

Dari persamaan 2.23 dan 2.27, gaya aksial efektif menjadi :

$$N_{eff} = H - P_i A_i + v \frac{P_i D_i}{2t} A_s - EA_s \alpha \Delta T \quad \text{.....(2.28)}$$

Maka gaya penggerak **tekan** aksial efektif pipa pada kondisi *full axial constraint* dapat dicari dengan persamaan 2.29

$$N_{eff} = EA_s \alpha \Delta T - \nu \frac{P_i D_i}{2t_2} A_s + P_i A_i - H \quad \dots\dots(2.29)$$

Dimana :

$P_i$  = Tekanan internal ketika sudah terpasang

$D_i$  = Diameter internal

$H$  = *Residual Lay Tension*

$A_s$  = Luas cross section penampang

$t_2$  = Tebal dinding pipa

$A_i$  = Luas penampang internal pipa

$\Delta T$  = Perubahan temperatur pada pipa

### 2.2.7. Analisa *Lateral Buckling*

Pipa yang mengalami tekanan tinggi dan suhu tinggi (HPHT) dapat memanjang dan memendek secara longitudinal secara signifikan selama siklus pemanasan dan pendinginan operasional, menghasilkan pembentukan *global buckle* di lokasi saluran pipa dengan *out of straightness* (OOS) yang tinggi atau ketidaksempurnaan karena beban tekan aksial, ketika pipa ditahan atau semi-ditahan oleh perangkat ujung pipa dan tanah. Tekuk lateral terjadi jika pipa terpapar di dasar laut, atau tekuk *upheavel* dapat terjadi jika pipa dikubur atau ditimbun dalam parit. Tekuk global yang tidak terkontrol dapat menyebabkan deformasi plastis berlebihan pada pipa yang dapat menyebabkan *collapsing* tekuk lokal atau *fatigue* selama operasi karena siklus pemanasan dan siklus *cooldown* jika tidak dikelola dengan baik. Tekuk lateral tidak selalu menyebabkan kegagalan. jika pipa gas dengan panjang sekitar 3 km tertekuk di beberapa tempat sebesar beberapa meter, maka tidak perlu dilakukan tindakan lebih lanjut, karena range tegangan dan kelelahan sangat rendah. Namun salah untuk menyimpulkan bahwa tekuk lateral tidak dapat menyebabkan kegagalan. Sebagai contoh, pada bulan Januari 2000 saluran pipa di Teluk Guanabara, Brasil tiba-tiba melengkung 4 m ke arah lateral dan pecah menyebabkan lepasnya minyak dari 7000 barel yang rusak. Investigasi menunjukkan bahwa pipa bergeser ke samping akibat peningkatan

tekanan dan suhu dalam kondisi operasi ketika kegagalan pipa terjadi. Gambar 2.6 menggambarkan kegagalan pipa karena *fatigue* dan *fracture* di bawah beban termal siklik untuk pipa tunggal *pipe in pipe* (PIP).

Ketika sebuah pipa dasar laut dipanaskan (*heat-up*), ia cenderung untuk meluas, dan ekspansi itu ditentang oleh gesekan yang dihasilkan oleh dasar laut. Ketika pipa didinginkan (*cooldown*), ia berkontraksi, tetapi gesekan dasar laut menahan pipa yang bergerak kembali ke posisi semula. Jika siklus *heat-up* / *cooldown* melibatkan gradien termal yang signifikan, maka ratcheting aksial dari pipa dapat terjadi, dengan *displacement* menuju *cold end*. Lebih dari beberapa siklus, gerakan ini dapat menyebabkan gerakan aksial global yang sangat besar dengan pembebanan berlebih pada spool atau jumper di ujung pipa. Gerakan aksial kumulatif ini disebut *pipeline walking*. *pipeline walking* dapat menyebabkan masalah berikut:

- *overstressing* spool dan jumper pada ujung saluran pipa
- hilangnya tekanan pada SCR (*steel catenary riser*) jika ujung saluran pipa tersambung dengan SCR
- peningkatan beban pada tekuk lateral karena lateral walking

Fenomena tekuk lateral dan pipeline walking telah diselidiki selama beberapa dekade terakhir. Tekuk lateral serta *Pipeline Walking* merupakan dua fenomena yang tidak bisa dipisahkan, ketika sebuah pipa berpotensi mengalami *lateral buckling*, maka pipa tersebut juga berpotensi mengalami *pipeline walking*. Selama masa operasionalnya, *lateral buckling* dan *pipeline walking* pada pipa dapat dipengaruhi beberapa hal antara lain:

- Temperatur
- Tekanan
- Seabed Slope

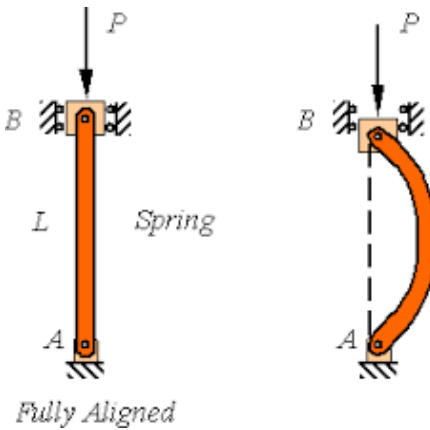
Dalam interaksi antara *lateral buckling* dan *pipeline walking*, kontur seabed menjadi faktor yang sangat berpengaruh. Perbedaan kedalaman seabed dapat menyebabkan pergerakan atau mobilisasi pada pipa dengan diringi dengan pembebanan pada pipa berupa pembebanan temperatur

dan tekanan yang menyebabkan fenomena seperti ekspansi dan juga gaya tekan aksial yang nantinya dapat menyebabkan *lateral buckling* pada pipa. Rambat lateral buckling pun terjadi pada pipa karena adanya pembebanan tekanan dan temperatur yang terus menerus terjadi selama masa operasional pipa, dan kontur *seabed* yang tidak rata dapat mempermudah pergerakan diiringi perambatan *lateral buckling* yang terjadi pada pipa.

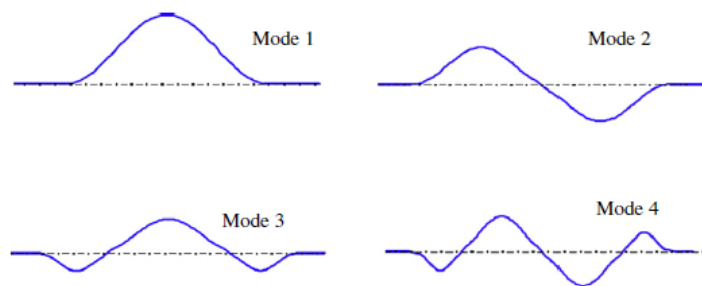


Gambar 2.6. Pipeline yang Mengalami *Fatigue* (Bai, 2014)

Pada Gambar 2.7 gaya tekan aksial efektif cukup besar pada struktur ramping seperti pipa maka pipa akan mengalami tekuk Euler (tekuk global). Tekuk global termasuk tekuk lateral dan tekuk tipikal upheavel. Saluran pipa yang diletakkan di dasar laut tanpa penimbunan atau penguburan cenderung mengakibatkan tekuk lateral daripada tekuk upheavel. Permasalahan tekuk lateral dalam pipa dipertimbangkan dan dianalisa secara teoritis oleh Hobbs dan Liang dalam bentuk penelitian. Eksperimen dilakukan dan dari pemantauan mereka diketahui bahwa pipa dapat berubah bentuk menjadi beberapa bentuk tekuk lateral, bentuk yang paling umum diilustrasikan pada gambar 2.8.



Gambar 2.7. *Beam* yang Diberi Gaya Tekan Aksial (Hobbs,1984)



Gambar 2.8. Bentuk Mode *Buckling* Euler (Hobbs,1984)

**2.2.7.1. Metode Hobbs**

Parameter dan persamaan yang digunakan untuk mencari gaya aksial efektif tekuk lateral dengan metode hobbs dituliskan pada persamaan 2.30 .

$$S(z) = \frac{k_1 \cdot E \cdot I}{[L(z)]^2} + k_3 \cdot \mu_a \cdot W_{sub} \cdot L(z) \cdot \left\{ \left[ 1 + \frac{k_2 \cdot E \cdot A \cdot \mu_l^2 \cdot \omega \cdot (L(z))^5}{\mu_a (E \cdot I)^2} \right]^{0.5} - 1 \right\} \dots\dots(2.30)$$

Dimana :

$z$  = kedalaman pipa

$L(z)$  = panjang tekukan

$\mu_l$  = koefisien gesekan lateral pipa-seabed

$\mu_a$  = Koefisien gesekan aksial pipa-seabed

$W_{sub}$  = Berat Terendam Pipa

$A$  = Luas Penampang Pipa

$E$  = Modulus Young

$k_n$  = konstan Tekuk (Buckle)



Gaya aksial efektif berlaku untuk semua mode dan diplot terhadap panjang gelombang *buckling*. Gaya *buckling* kritikal dapat ditemukan dengan mengambil gaya aksial terkecil pada tiap modenya seperti persamaan 2.31.

$$N_{HOBBS} = \min(S_{mode1}, S_{mode2}, S_{mode3}, S_{mode4}, S_{mode\infty}) \quad \dots\dots(2.31)$$

Dimana:

$N_{HOBBS}$  = Gaya aksial pemicu *buckling* mode 1 sampai tak hingga.

Penentuan besar gaya *buckling* kritis di sepanjang pipa adalah dengan membandingkan besar gaya *buckling* Hobbs dengan gaya *buckling* yang terjadi akibat ketidak lurusan pipa (*out of straightness*) menggunakan persamaan 2.32 dan 2.33.

$$N_{kritis} = \min(N_{Hobbs}, N_{OSS}) \quad \dots\dots(2.32)$$

$$N_{OSS} = \mu_l W_{sub} R \quad \dots\dots(2.33)$$

Dimana:

$N_{kritis}$  = gaya kritis terjadinya *buckling* (N)

$N_{OSS}$  = gaya yang menyebabkan out of straightness (N)

$\mu_l$  = koefisien gaya gesek lateral (minimum)

$R$  = radius curvature (m)

Setelah dilakukan perhitungan terhadap gaya *buckling* kritis, nilai  $N_{max}$  dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.35 maka dapat dilakukan pengecekan dimana pipa akan rentan terhadap lateral *buckling* jika memenuhi persamaan 2.34

$$N_{max} \geq N_{kritis} \quad \dots\dots(2.34)$$

$$N_{max} = \min(S, N_{friction}) \quad \dots\dots(2.35)$$

Dimana :

$S$  = Gaya Aksial Efektif

$N_{friction}$  = Gaya Gesek Maksimum

Tabel 2.1 Konstan k Tekuk untuk Mode *Buckling* Hobbs (Hobbs,1984)

Mode Buckle	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>
1	80.76	6.391x10 <sup>-5</sup>	0.5	2.407 x10 <sup>-3</sup>
2	39.48	1.743x10 <sup>-4</sup>	1.0	5.532 x10 <sup>-3</sup>
3	34.06	1.668 x10 <sup>-4</sup>	1.294	1.032 x10 <sup>-2</sup>
4	28.20	2.144 x10 <sup>-4</sup>	1.608	1.047 x10 <sup>-2</sup>
∞	39.48	4,7050 x 10 <sup>-5</sup>		4,4495 x 10 <sup>-3</sup>

Untuk mode tak hingga parameter lateral buckling memiliki persamaan yang berbeda yaitu :

- Persamaan Gaya Tekanan aksial

$$S(z) = P_{buck}(z) + 1,4545 \times 10^{-5} AE \left( \frac{\mu_l W_{sub}}{EI} \right)^2 L(z)^6 \quad \dots\dots(2.36)$$

### 2.2.7.2. Analisis Lokal Buckling

Menurut Ifenna (2013) ketika kita menganalisis lateral buckling sebaiknya diringi dengan perhitungan tekuk lokal , Menurut DNV ST F101 analisis lokal buckling dari *lateral buckling (global buckling)* dapat menggunakan kriteria *bursting, collapse,propagation*, dan *combined loading* dengan persamaan 2.37 hingga 2.50 hingga kriteria moda kegagalan yang harus dipenuhi sesuai persyaratan DNV OSF F101 agar pipa dapat dikatakan aman dari kegagalan *local buckling*, yaitu :

- Perhitungan tekanan pengaman

$$P_b = \min(P_{b,s}, P_{b,u}) \quad \dots\dots(2.37)$$

$$P_{b,s} = \frac{2 \cdot t_1}{D - t_1} \cdot f_y \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \quad \dots\dots(2.38)$$

$$P_{b,u} = \frac{2 \cdot t_1}{D - t_1} \cdot \frac{f_u}{1.15} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \quad \dots\dots(2.39)$$

Dimana :

$P_{b,s}$  = *Yielding limit state*

$P_{b,u}$  = *Bursting limit state*

$f_y$  = *Characteristic specified minimum yield strength (SMYS)*

$f_u$  = *Characteristic specified minimum tensile strength (SMTS)*

$D$  = Nilai diameter terluar (m)

- $t_1$  = Ketebalan minimum, ( $t_1 = t - t_{fab} - t_{corr}$ )
- $t_{fab}$  = Nilai toleransi ketebalan fabrikasi
- $t_{corr}$  = Nilai ketebalan korosi

Perbedaan tekanan yang terjadi harus dianalisis dengan seksama agar meminimalisir terjadinya buckling. Untuk itu, perlu dilakukan control system tekanan dimana hal ini bertujuan untuk melindungi tekanan dari dalam pipa agar tidak melebihi nilai dari system pipa yang diijinkan. Tujuan dari perlindungan ini juga untuk melindungi system selama beroperasi dimana harga maksimum *incidental pressure* yang diijinkan sama dengan *incidental pressure* dikurang dengan toleransi kemanan tekanan system.

Maka dari itu, diketahuilah perbandingan rasio *incidental pressure* dan *design pressure* pada keadaan normal sebesar 1.1 yang merupakan nilai maksimum yang diijinkan. Sehingga kriteria untuk tekanan bursting adalah :

$$P_{li} - P_e \leq \frac{P_b}{\gamma_m \cdot \gamma_{sc,pc}} \quad \dots\dots(2.40)$$

Sementara itu, untuk mendapatkan nilai *local incidental pressure* dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_{li} = P_{inc} + \rho_{cont} \cdot g \cdot h \quad \dots\dots(2.41)$$

Dimana,

- $P_{inc}$  =  $P_d \cdot \gamma_{inc}$
- $\rho_{cont}$  = Massa jenis fluida dalam pipa ( $kg/m^3$ )
- $h$  = Jarak vertikal dari point referensi ke permukaan laut.
- $P_d$  = Tekanan Desain

Tabel 2.2. Faktor ketahanan material (DNV OS F101)

Faktor ketahanan material	SLS/ULS/ALS	FLS
$\gamma_m$	1.15	1.00

Pemilihan factor kelas keamanan berdasarkan pada jenis fluida yang dialirkan dalam pipa dan dampak bahaya yang ditimbulkan bagi manusia, lingkungan, perekonomian, dan politik. Berikut klasifikasi factor kelas keamanan berdasarkan DNV OS F101 :

Tabel 2.3. Pemilihan *Safety Class* (DNV OS F101)

<i>Safety class</i>	Definisi
<i>Low</i>	Dampak dari kegagalan yang ditimbulkan sangat kecil bagi manusia dan lingkungan. Digunakan untuk fase instalasi
Normal	Dampak dari kegagalan yang ditimbulkan cukup berpengaruh bagi manusia, lingkungan, ekonomi dan politik. Digunakan pada operasi diluar platform area
<i>High</i>	Dampak dari kegagalan sangat berpengaruh besar bagi manusia, lingkungan, ekonomi, dan politik. Digunakan pada keadaan dekat dengan pemukiman penduduk ( $\pm 500$ m )

Tabel 2.4. Faktor *Safety Class* (DNV OS F101)

<i>Safety class</i> $\gamma_{sc}$	Low	Normal	High
<i>Pressure Containment</i>	1.046	1.138	1.308
<i>Other</i>	1.04	1.14	1.26

Ketika kriteria pengaman telah dipenuhi, maka selanjutnya adalah dengan memastikan tekanan eksternal ini aman atau tidak mengalami keruntuhan. Berikut kriteria yang harus dipenuhi :

$$P_e \leq \frac{P_c(t_1)}{\gamma_m \gamma_{SC}} \quad \dots\dots(2.42)$$

Dimana :

$P_e$  = Tekanan eksternal maksimum (N/m<sup>2</sup>)

$P_c$  = Tekanan karakteristik keruntuhan (N/m<sup>2</sup>)

- Beban kombinasi lokal

Setelah itu menghitung kombinasi beban dari bending moment, gaya axial efektif, dan tekanan internal. Nilai tersebut harus di desain dan memenuhi persamaan dibawah ini :

$$\left[ \gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot \frac{|M_{sd}|}{\alpha_c \cdot M_p(t_2)} + \left\{ \frac{\gamma_m \cdot \gamma_{SC} \cdot S_{sd} \cdot (P_i)}{\alpha_c \cdot S_p(t_2)} \right\}^2 \right]^2 + \left( \gamma_p \frac{P_i - P_e}{\alpha_c \cdot P_b(t_2)} \right)^2 \leq 1 \quad \dots\dots(2.43)$$

Dimana :

$M_{sd}$  = Desain momen bending

$S_{sd}$  = Desain gaya axial efektif

$P_i$  = Tekanan internal (N/m<sup>2</sup>)

$P_e$  = Tekanan eksternal (N/m<sup>2</sup>)

$S_p(t)$  = Karakteristik tahanan gaya plastic axial,

$$= f_y \cdot \pi (D - t) \cdot t \quad \dots\dots(2.44)$$

$$M_p(t) = f_y (D - t)^2 \cdot t \quad \dots\dots(2.45)$$

$\alpha_c$  = Parameter tegangan aliran untuk perhitungan regangan

$$\alpha_c = (1 - \beta) + \beta \frac{f_u}{f_y} \quad (\text{nilai maksimum 1.2}) \quad \dots\dots(2.46)$$

Dimana untuk  $\beta$ ,

$$\beta = \begin{cases} 0.5 & \text{Untuk } D/t_2 < 5 \\ \frac{(60 - \frac{D}{t_2})}{90} & \text{Untuk } 5 \leq D/t_2 \leq 60 \\ 0 & \text{Untuk } D/t_2 \geq 60 \end{cases}$$

Untuk nilai  $f_y$  (karakteristik tegangan luluh) dan  $f_u$  (karakteristik tegangan tarik) adalah sebagai berikut :

$$f_y = (SMYS - f_{y, temp}) \alpha_u \quad \dots\dots(2.47)$$

$$f_u = (SMTS - f_{u, temp}) \alpha_u \alpha_A \quad \dots\dots(2.48)$$

Dimana :

$\alpha_u$  = factor kekuatan material

$\alpha_A$  = factor anisotrophy 0.95 untuk arah axial dan 1.0 untuk arah  
Lainnya

setelah semua kriteria telah di analisis, maka yang terakhir adalah dengan menganalisis kriteria perambatan buckling untuk mengetahui apakah terjadi perambatan buckling pada pipeline. Untuk memeriksa tekanan perambatan, dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$P_e < \frac{P_{pr}}{\gamma_m \gamma_{SC}} \quad \dots\dots(2.49)$$

Dimana untuk nilai  $P_{pr}$  dapat ditemukan dengan rumus :

$$P_{pr} = 35 f_y \alpha_{fab} \left( \frac{t_2}{D} \right) \quad \dots\dots(2.50)$$

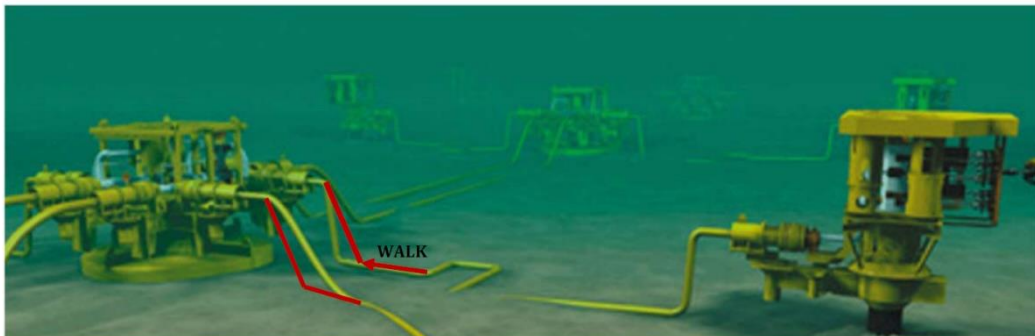
#### 2.2.8. Analisis Pipeline Walking

*Pipeline Walking* adalah suatu fenomene dimana pipa ketika *start up* mengalami pemuaian dan kemudian pada kondisi *shutting down* pipa akan mengalami penyusutan menuju ke posisi awal tetapi karena ada gaya gesek tanah yang menahan, maka pipa tidak bisa kembali ke bentuk semula. Pipa juga mengalami perubahan temperature yang disebabkan oleh perubahan siklus ketika kondisi *start up* dan *shutting down*. Ketika pipa diletakkan di dasar laut dan dipanaskan oleh fluida panas yang mengalir dalam pipa, pipa cenderung berkembang, ekspansi tersebut ditentang oleh gaya gesekan yang dihasilkan dengan adanya kontak dengan dasar laut (Alves et al, 2012). Pada kondisi *shutting down*, pipa mengalami penurunan tekanan dan suhu sehingga pipa mengalami penyusutan dalam proses ini tahanan gesek akan meningkat dengan demikian menentang gerakan penyusutan pipa (Tveramo, 2013). Ketika kejadian ini dibiarkan terus-menerus maka akan mengakibatkan kegagalan terhadap pipa. Menurut Carr et al (2006) *pipeline walking* dapat mengakibatkan:

1. Tekanan yang berlebihan pada koneksi pipa seperti *spool / jumper*
2. Hilangnya tension dalam steel catenary riser
3. Menyebabkan *lateral buckling*
4. Menyebabkan peningkatan tegangan karena *lateral buckling*

Pada gambar 2.9 pipa yang mengalami fenomena *pipeline walking* akan mendapatkan tekanan berlebih pada koneksi pipa karena *walking* mwnjalar dari pipa ke spool. Dari pembahasan diatas dapat diketahui bahwa *pipeline walking* terjadi akibat adanya gaya gesek tanah, ekspansi termal dan perubahan suhu dari satu siklus. Berikut ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya *pipeline walking* :

1. Jenis tanah seabed
2. Kemiringan dasar laut
3. Perubahan termal sepanjang pipa
4. Tegangan yang diciptakan oleh *steel catenary riser (SCR)*



Gambar 2.9. Ilustrasi *Pipeline Walking* Pada Spool/Jumper (Ifenna, 2013)

Walking meliputi pergerakan aksial global dimana beban siklik dan tidak berkurang dengan jumlah siklus. Fenomena ratcheting aksial dapat terjadi pada pipa yang sangat constrained yang kemudian cenderung membuat posisi equilibrium akibat siklus dengan jumlah sedikit. Maka terjadilah fenomena walking local pada pipa panjang (pipa dengan panjang lebih dari 10 km), dimana walking berinteraksi dengan fenomena lateral buckling dan menghasilkan peningkatan berkala pada end expansion dan pengurangan pada amplitudo lateral buckling. Peningkatan berkala ekspansi tersebut dapat berkurang seiring banyaknya siklus akan tetapi

tetap bisa terus terjadi selama masa hidup desain, kecuali terjadi pertumbuhan tahanan tanah menahan lateral buckling secara berkala hingga mengentikan fenomena lateral buckling itu sendiri. *Pipeline walking* biasanya terjadi pada pipa yang pendek dan bersuhu tinggi. Istilah pipa pendek berarti bahwa ekspansi termal pipa tidak mencapai bagian tengah constrained pipa dan mencakup bagian VAP yang terletak di tengah pipa. Untuk pipa HPHT, Pipa “pendek” bisa memiliki panjang sebesar beberapa kilometer. Fenomena pipeline walking juga dapat terjadi pada pipa yang lebih panjang di mana tekuk lateral telah terjadi.

### 2.2.8.1. Laju *Walking* per Siklus

Menurut pedoman desain SAFEBUCK JIP, pipa tidak akan rawan walking jika gaya gesekan aksial melebihi kriteria persamaan 2.51

$$f > \beta \times (\alpha_T \times \Delta\theta_{in} \times EA)/L \quad \dots\dots(2.51)$$

Dimana :

$\beta$  = Parameter walking dikarenakan trasien termal, yang didapatkan dari

$$2\beta^3 - 8\beta^2 + 6\beta + \frac{q\theta L}{\Delta\theta_{in}} = 0 \quad [\Delta\theta_{in} = \text{perbedaan inlet temperatur}]$$

Selain itu, pedoman desain menunjukkan perkiraan walking per cycle karena trasien termal dengan rumus sebagai berikut :

$$\Delta\phi = \frac{(|S| + WL|\sin\phi| - WL\mu \cos\phi L \tan\phi)}{EA\mu} \quad \dots\dots(2.52)$$

Dimana :

$\Delta S$  = Perubahan Gaya Aksial Efektif

$W$  = Beban Teredam Pipa

$L$  = Panjang Pipa yang Ditinjau

$E$  = Modulus Young

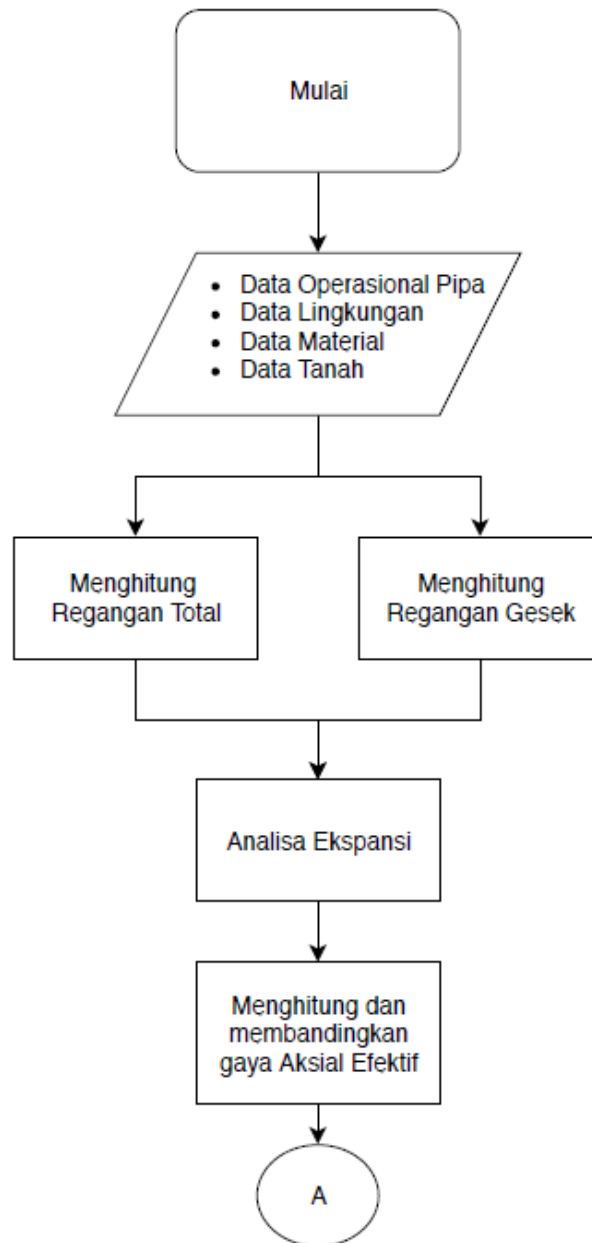
$\mu$  = Koefisien Gesek Lateral Pipa

$A$  = Cross Sectional Area Pipa

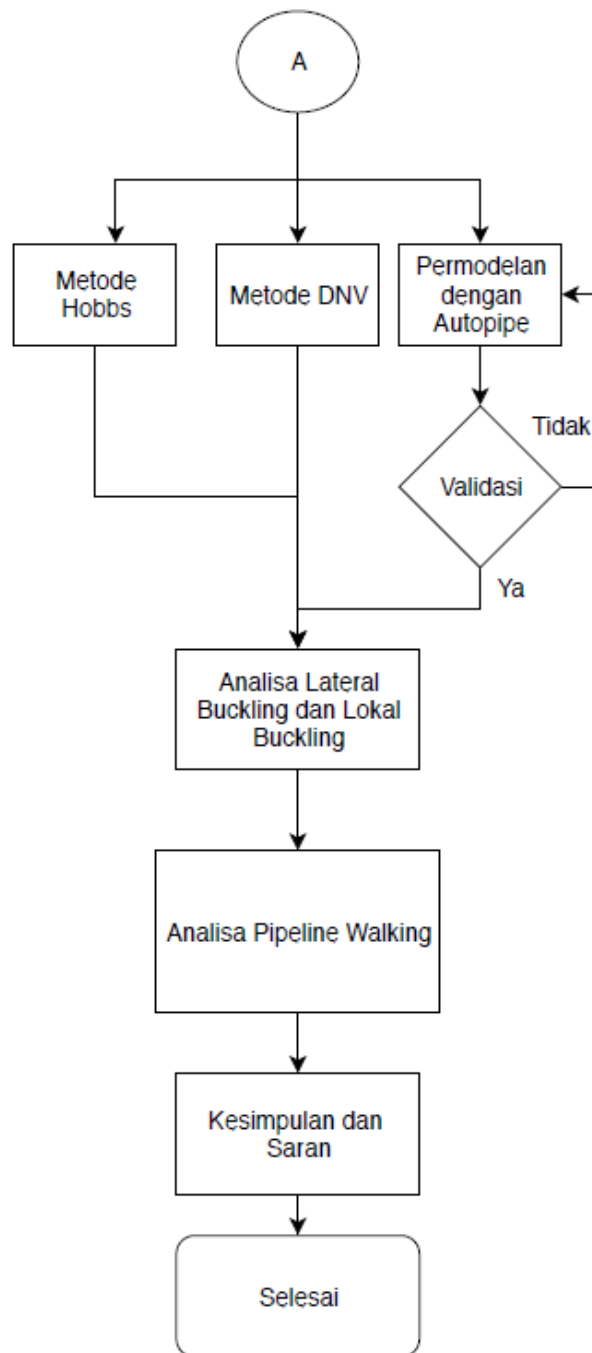


### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Metode Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Tugas Akhir



Gambar 3.1. Diagram Alir Tugas Akhir (Lanjutan)

### 3.2. Prosedur Penelitian

Berdasarkan diagram alir penelitian diatas, adapun prosedur penelitian dan langkah-langkah penelitian dalam mencapai tujuan Tugas Akhir ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### 1. Studi Literatur dan *Software*

Studi literatur dan *software* disini bertujuan untuk menambah pengetahuan tentang masalah yang diangkat dalam tugas akhir ini, menambah pengetahuan tentang *thermal expansion* pada *pipeline*, *pipeline walking*, dan cara penanggulangannya. Literatur yang dimaksud disini adalah berupa jurnal, *text book*, dan tugas akhir terdahulu yang membahas permasalahan yang hampir sama dengan tugas akhir ini. Literatur tersebut digunakan sebagai acuan ataupun referensi.

#### 2. Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir ini antara lain adalah:

##### a. Data Operasional Pipa

Data properti pipa meliputi nominal diameter luar, tebal dinding pipa, panjang pipa, panjang join, tekanan desain, temperature desain, tekanan operasional saat tinggi referensi, temperatur operasional, profil temperature pipa, profil tekanan pipa dan massa jenis produk.

##### b. Data Material Pipa

Data material properti pipa meliputi, grade material, tipe pengelasan fabrikasi pipa, modulus young, rasio poisson, konduktivitas termal baja, SMYS dan SMTS

##### c. Data Lingkungan

Data lingkungan meliputi profil kedalaman laut, gelombang dan arus, dan properti air laut

##### d. Data Tanah

Data tanah meliputi seabed roughness, Soil Submerged weight, faktor gesek lateral dan faktor gesek aksial tanah

### 3. Menghitung Berat Teredam Pipa

Dengan mengacu pada buku young bai (2014), Berat teredam pipa dapat dicari dengan menentukan diameter internal, berat pipa di udara, berat konten pipa, berat lapisan *concrete*, berat lapisan korosi dan gaya buoyancy yang terjadi pada pipa dan dengan mengacu pada persamaan 2.13 pada sub bab 2.2.2 maka berat teredam pipa dapat diketahui. Berat teredam ini kemudian akan dibutuhkan untuk analisis ekspansi dan menghitung gaya tahanan gesek

### 4. Menghitung Regangan Total

Perhitungan dilakukan dengan menginput data data seperti profil temperatur dan koefisien ekspansi termal untuk mendapatkan regangan termal, tekanan internal dan eksternal serta diameter, modulus young, *cross area*, area internal dan eksternal pipa untuk mendapatkan regangan *end cap* serta rasio *poisson* dan *hoop stress* yang digunakan untuk mendapatkan regangan total seperti yang dijelaskan pada persamaan 2.17 pada sub bab 2.2.3.4.

### 5. Menghitung Regangan Gesek

Perhitungan dilakukan dengan menginput data-data seperti koefisien gesek aksial, berat teredam, jarak antara ujung pipa dan titik yang dievaluasi, modulus young, dan area *cross-sectional* seperti yang dijelaskan oleh persamaan 2.18 dan 2.19 pada sub bab 2.2.4.

### 6. Analisa Ekspansi

Analisa ekspansi sendiri terjadi karena kontak antara regangan total dan regangan gesek, fenomena ekspansi sendiri selain menimbulkan panjang ekspansi pada cold end dan hot end, pipa secara natural membentuk titik dua titik *virtual anchor* seperti yang dijelaskan pada persamaan 2.20, 2.21, 2.22 pada sub bab 2.2.5.

### 7. Menghitung Gaya Aksial Efektif

Fenomena Ekspansi selain ditahan oleh gaya tahanan gesek juga ditahan dengan gaya aksial efektif yang memiliki sifat gaya tekan dan mempunyai beberapa elemen yang sama dengan perhitungan regangan total seperti gaya end cap, poisson dan termal ditambah gaya tension lay akibat instalasi

seperti tertera pada DNV RPF 109 persamaan 2.29 pada sub bab 2.2.6, lalu metode hobs pada sub bab 2.2.7.1. pada persamaan 2.30 dan 2.39 serta persamaan gaya aksial efektif pada SOFTWARE AUTOPIPE

#### 8. Analisa Kerentanan Lateral Buckling

Gaya Aksial efektif sendiri dapat menimbulkan dua macam fenomena yaitu pipeline walking dan lateral buckling, gaya lateral buckling sendiri akan terjadi jika gaya maximum melebihi gaya kritisnya seperti yang tertera pada persamaan 2.31 sampai 2.35 pada sub bab 2.2.7.1 dan juga diperlukan assessment lokal buckling pada pipa dengan kriteria *bursting*, *collapse*, *combined loading*, dan *propagation* seperti pada persamaan 2.37 hingga 2.50

#### 9. Analisa Pipeline Walking

Dalam analisa ini, akan dipaparkan kerentanan pipa akan fenomena pipeline walking seperti yang tertera pada persamaan 2.51, dan jika rentan maka akan dihitung laju pipeline walking nya dengan menggunakan persamaan 2.52.

#### 10. Kesimpulan dan Saran

Pada bagian ini akan didapatkan kesimpulan yang berasal dari penelitian yang diangkat dalam tugas akhir ini, serta akan didapatkan saran-saran untuk melakukan penelitian yang lebih kompleks..

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

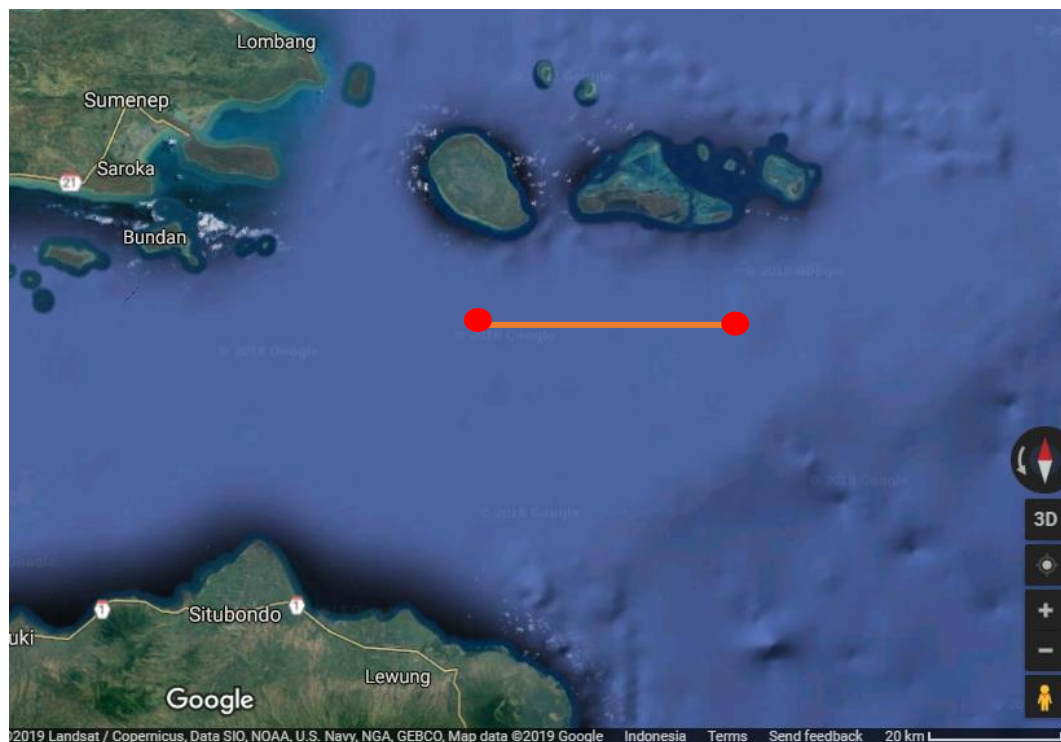
## BAB IV

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Data Field

PT. XYZ memiliki lapangan gas yang terletak di lepas pantai Selat Madura, Jawa Timur. Dalam proses produksinya, gas yang diproduksi dari sumur akan di distribusikan menuju ke Floating Production Unit (FPU) yang nantinya akan dilanjutkan pendistribusiannya dari FPU tersebut ke *East Java Gas Pipeline* (EJGP) menuju konsumen masing-masing. Dalam penyalurannya dari sumur menuju FPU, PT. XYZ menggunakan *subsea pipeline* diameter 20 in dengan panjang 27 km.

Dalam *post-lay survey* yang telah dilakukan (lihat table 4.1), didapatkan banyak sekali bentangan bebas yang terjadi sepanjang jalur pipa. Sehingga pada lokasi yang mengalami bentangan bebas tersebut harus ditambahkan *support* jika dianggap kritis. Berikut dibawah ini (Gambar 4.1) gambaran lokasi jalur pipa PT.XYZ.



Gambar 4.1 Lokasi Jalur Pipa PT.XYZ

## 4.2. Data Pipa

Tabel 4.1 Data Properti Pipa

Deskripsi	Satuan	Nilai
Nominal Diameter Luar	mm	508
Tebal Dinding Pipa	mm	15.9
Panjang Pipa	m	27000
Panjang Join	m	12.2
Tekanan Desain	Mpa	4.14
Temperatur Desain	°C	60
Tekanan Operasional saat Tinggi Referensi	Mpa	3
Temperatur Operasional	°C	36.6
Massa Jenis Produk	kg/m <sup>3</sup>	107.6

Tabel 4.2. Data Material Pipa

Deskripsi	Unit	Nilai
Massa Jenis Baja	kg/m <sup>3</sup>	7850
Modulus Young	MPa	$207 \times 10^3$
Rasio Poisson	-	0.3
Koefisien Ekspansi Termal Baja	m/m/K	$11.7 \times 10^{-6}$
Konduktivitas Termal Baja	W/m/K	45
SMYS	MPa	450
SMTS	MPa	535
Grade Material	-	API 5L X65 PSL 2
Fabrikasi	Riser & Tie-In Spool	SMLS/LSAW
	Pipeline	SMLS/HF- ERW



Tabel 4.3. Data Profil Tekanan Pipa

KP	Tekanan (barg)
0	41.065
1	41.271
2	41.192
3	41.070
4	41.067
5	41.009
6	40.901
7	40.770
8	40.736
9	40.676
10	40.585
11	40.525
12	40.366
13	40.216
14	40.117
15	40.021
16	39.845
17	39.684
18	39.613
19	39.522
20	39.373
21	39.188
22	39.098
23	38.925
24	38.797
25	38.625
26	23.88
27	23.80

Tabel 4.4. Data Profil Temperatur Pipa

KP	Temperatur (°C)
0	53.413
1	37.853
2	33.073
3	29.989
4	28.6
5	28.412
6	28.082
7	28.136
8	28.149
9	18.157
10	28.168
11	28.101
12	28.097
13	28.077
14	28.058
15	28.047
16	27.972
17	27.961
18	27.952
19	27.892
20	27.915
21	27.913
22	27.937
23	27.937
24	27.933
25	27.950
26	28.18
27	28.22

#### 4.3.Data Lingkungan

Selain data pipa dan properti, dibutuhkan juga data lingkungan dimana pipa tersebut ter instalasi. Berikut data lingkungan di daerah lepas pantai Selat Madura, Jawa Timur :

Tabel 4.5. Kedalaman Laut

KP	Kedalaman (m)
0	96.1
1	99.2
2	94.8
3	99
4	102.3
5	105.8
6	106.7
7	106.2
8	105
9	104.3
10	104
11	103.2
12	102.8
13	102.5
14	101.2
15	98.3
16	97.8
17	95.2
18	94.3
19	92.8
20	91.6
21	88.9
22	87.3
23	86.2
24	85.3
25	84.1
26	84.5
27	82.3

Tabel 4.6 Data Gelombang dan Arus

Data Gelombang dan arus				
Deskripsi	Satuan	<i>1 year Return Period</i>	<i>10 year Return Period</i>	<i>100 year Return Period</i>
Tinggi Signifikan Gelombang (Hs)	m	2.68	3.90	5.09
Periode Gelombang (Tp)	s	7.03	8.05	8.87
Tinggi Maksimum Gelombang (Hmax)	m	5.37	7.80	10.00
Periode Gelombang Maksimum (Tmax)	s	6.33	7.24	7.93
Kecepatan arus 1 m diatas <i>Seabed</i>	m/s	0.518	0.62	0.69

#### 4.4.Data Tanah

Berikut data tanah pada tempat pipeline beroperasi :

Tabel 4.7. Data Tanah

Parameter Tanah (Clay)		
Deskripsi	Satuan	Nilai
<i>Seabed Rougness (Clay)</i>	m	$5.21 \times 10^{-6}$
<i>Soil Submerged Weight</i>	kPa	8
<i>Vertical Soil Stiffness</i>	N/m <sup>2</sup>	15315.4
<i>Horizontal Soil Stiffness</i>	N/m <sup>2</sup>	12564.2

Tabel 4.8. Data Koefisien Gesek Lateral Tanah

Koefisien Gesek Lateral	
KP	Nilai
0	0.73
1.00-4.00	0.58
5.00-10.00	1.32
11.00-27.00	1.52

Tabel 4.9. Data Koefisien Gesek Aksial Tanah

Koefisien Gesek Aksial	
KP	Nilai
0-27.00	0.3

#### 4.5. Pembahasan

Setelah semua data-data dikumpulkan, maka pada subbab ini data-data tersebut akan diolah dan dilakukan analisis untuk menjawab permasalahan-permasalahan yang terdapat pada tugas akhir ini.

##### 4.5.1. Perhitungan Berat Terendam

Perhitungan submerged weight dari pipa ini akan digunakan untuk menghitung kriteria stabilitas on-bottom pipa ketika beroperasi dibawah laut. Untuk mendapatkan submerged weight dari pipa nilainya bisa didapatkan dengan menambahkan berat dari pipa, berat coating, berat concrete, dan berat fluida yang mengalir didalam pipa, setelah itu dikurangi dengan buoyancy dari pipa. Sehingga nilai submerged weight pipa menjadi (lihat Tabel 4.10) :

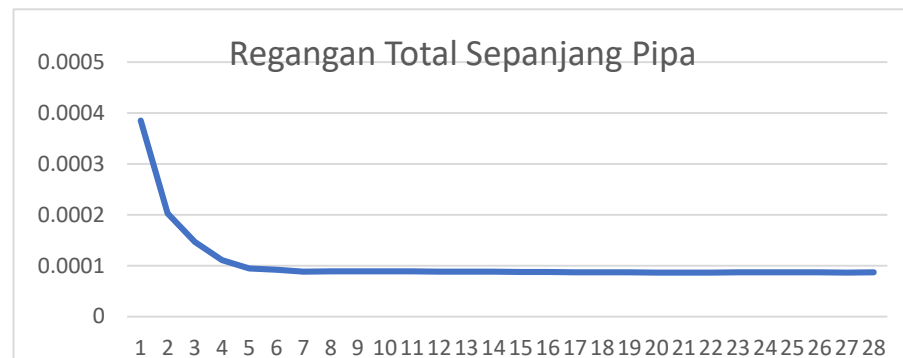
Tabel 4.10 *Submerged Weight*

No.	Deskripsi	Simbol	Nilai	Satuan
1	Diameter Dalam Pipa	$D_i$	0.47	m
2	Diameter Lapisan Anti Korosi	$D_{corr}$	0.519	m
3	Diameter Total Pipa	$D_t$	0.599	m
4	Luas Penampang Internal Pipa	$A_i$	0.17	m <sup>2</sup>
5	Luas Penampang Eksternal Pipa	$A_e$	0.28	m <sup>2</sup>
6	Luas <i>Cross Sectional</i>	$A_s$	0.02	m <sup>2</sup>
7	Berat Konten Pipa	$W_{cont}$	15.66	N/m
8	Berat Pipa Baja	$W_{steel}$	1892.95	N/m
9	Berat Lapisan Anti Korosi	$W_{corr}$	111.41	N/m
10	Berat Lapisan Concrete	$W_{conc}$	2097.66	N/m
11	Gaya Apung	$B$	2833.59	N/m
12	Berat Terendam Pipa per satuan panjang	$W_{sub}$	1284.10	N/m

#### 4.5.2. Menghitung Regangan (total) pada pipa

Dari persamaan pada sub bab 2.2.3.4 maka kita dapat menemukan nilai regangan total pada pipa, dimana regangan total pada pipa adalah nilai regangan kumulatif daripada nilai regangan end cap, poisson, dan temperature. Dengan perhitungan regangan total pada pipa dapat diketahui titik *virtual anchor point*, yaitu titik dimana pipa tidak mengalami pergerakan atau ekspansi akibat pengaruh *thermal* dan *pressure* pada pipa. Berikut merupakan grafik yang menggambarkan nilai regangan yang terjadi pada pipa bawah laut di setiap KP nya dengan menggunakan persamaan 2.17.

$$\varepsilon_{total} = \varepsilon_E + \varepsilon_V + \varepsilon_T$$



Gambar 4.2. Grafik Regangan Total Sepanjang Pipa

Gambar 4.1 menunjukkan nilai dari total applied strain yang terjadi pada pipa bawah laut. Dari grafik diatas diketahui nilai total regangan per KP maksimum adalah  $3.9273 \times 10^{-4}$  yang terdapat pada KP 0 karena nilai temperature maksimum pada ujung pipa.

#### 4.5.3. Menghitung Regangan Gesek

Regangan gesek sendiri terjadi akibat adanya gaya tahanan tanah yang berlawanan dengan pipa pada saat terjadi ekspansi. Regangan Gesek sendiri dapat dicari dengan persamaan 2.19. Gaya gesek ini terjadi ketika pipa mengalami proses peregangan, gaya ini dipengaruhi oleh tanah dimana pipa itu terletak. Tahanan gesek ini terjadi tidak hanya pada pipa ketika walking tetapi ketika pipa menyusut juga terdapat tahanan tersebut. Tahanan ini di pengaruhi oleh berat terendam pipa dan juga

koefisien gesekan tanah.. Gaya Tahanan ini dapat menahan laju dari ekspansi pipa.dengan menggunakan persamaan 2.18 maka nilai tahanan gesek sepperti yang tertera di Gambar 4.2.

Persamaan 2.18 :

$$F = \mu_a W_{sub}$$

Tabel 4.11. Gaya Tahanan Gesek

$\mu_a$	$W_{sub}$ (N/m)	F (N/m)
0.3	1284.10	385.23

Persamaan 2.19 :

$$\varepsilon_f = \frac{F L}{A_s E}$$

Tabel 4.12. Regangan Gesek

KP	Regangan Gesek ditinjau dari Hot End	Regangan Gesek ditinjau dari Cold End
0	0	-0.002044152
1	-7.57093E-05	-0.001968443
2	-0.000151419	-0.001892733
3	-0.000227128	-0.001817024
4	-0.000302837	-0.001741315
5	-0.000378547	-0.001665605
6	-0.000454256	-0.001589896
7	-0.000454256	-0.001514187
8	-0.000605675	-0.001438477
9	-0.000681384	-0.001362768
10	-0.000757093	-0.001287059
11	-0.000832803	-0.001211349
12	-0.000908512	-0.00113564
13	-0.000984221	-0.001059931
14	-0.001059931	-0.000984221
15	-0.00113564	-0.000908512
16	-0.001211349	-0.000832803
17	-0.001287059	-0.000757093
18	-0.001362768	-0.000681384
19	-0.001438477	-0.000605675
20	-0.001514187	-0.000529965
21	-0.001589896	-0.000454256
22	-0.001665605	-0.000378547
23	-0.001741315	-0.000302837
24	-0.001817024	-0.000227128

Tabel 4.12. Regangan Gesek (Lanjutan)

KP	Regangan Gesek ditinjau dari Hot End	Regangan Gesek ditinjau dari Cold End
25	-0.001892733	-0.000151419
26	-0.001968443	-7.57093E-05
27	-0.002044152	0

#### 4.5.4. Menghitung Letak *Virtual Anchor Point* pada pipa

Pada saat beroperasi pipa akan mengalami ekspansi namun ketika besar gaya aksial sama dengan besar tahanan gesek pipa akan berhenti berekspansi. Dimana titik tempat berhentinya pipa berekspansi dinamakan *virtual anchor point*. Hal yang mempengaruhi untuk menghitung *virtual anchor* adalah besarnya nilai regangan dan nilai tahanan gesek. Pada pipa yang panjang titik acuan yang digunakan untuk menghitung *virtual anchor* yaitu titik *hot end* dan *cold end*. Letak *virtual anchor* sendiri dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.20

Persamaan 2.20 :

$$L_A = \frac{\varepsilon_{tot} \cdot A_s \cdot E}{F}$$

Tabel 4.13. Letak VAP pada Pipa

Deskripsi	Letak VAP (m)
Hot End	1162
Cold End	134

#### 4.5.5. Menghitung Ekspansi Pipa

Tingkat ekspansi yang terjadi pada pipa sangat dipengaruhi oleh operasional *pressure* dan temperature, berat pipa, serta gaya tahanan tanah. Besarnya ekspansi yang terjadi pada pipa diketahui dengan mengintegalkan selisih gaya efektif dan gaya tahanan tanah dengan *virtual anchor point* yang terbentuk pada kedua ujung-ujung pipa. Menurut persamaan 2.21 maka ekspansi pada ujung hot end dan ujung cold end.



Persamaan 2.21:

$$\delta = \int_0^{VAP} \varepsilon_{net}$$

Tabel 4.14. Panjang Ekspansi Pipa

$\delta_{hotend}$ (m)	$\delta_{coldend}$ (m)
0.1998	0.00321

#### 4.5.6. Analisis *Lateral Buckling*

##### 4.5.6.1. Analisis Kerentanan *Lateral Buckling*

Persamaan yang digunakan untuk menentukan gaya aksial efektif metode hobbs pada tabel 4.15 dapat dicari dengan persamaan 2.30 untuk mode 1-4 sedangkan untuk mode tak hingga menggunakan persamaan 2.36, untuk kriteria kerentanannya dapat menggunakan persamaan 2.31 hingga 2.35

Persamaan 2.31 hingga 2.35 :

$$N_{HOBBS} = \min(S_{mode1}, S_{mode2}, S_{mode3}, S_{mode4}, S_{mode\infty})$$

$$N_{kritis} = \min(N_{Hobbs}, N_{OSS})$$

$$N_{OSS} = \mu_L W_{sub} R$$

$$N_{max} \geq N_{kritis}$$

$$N_{max} = \min(S, N_{friction})$$

Tabel 4.15. Gaya Aksial Efektif Hobbs

mode	$\mu_l$	S(z) (N)
1	0.73	4458072.55
	0.58	3983826.78
	1.32	5957921.46
	1.52	6385644.25
2	0.73	2628895.96

Tabel 4.15 Gaya Aksial Efektif Hobbs (Lanjutan)

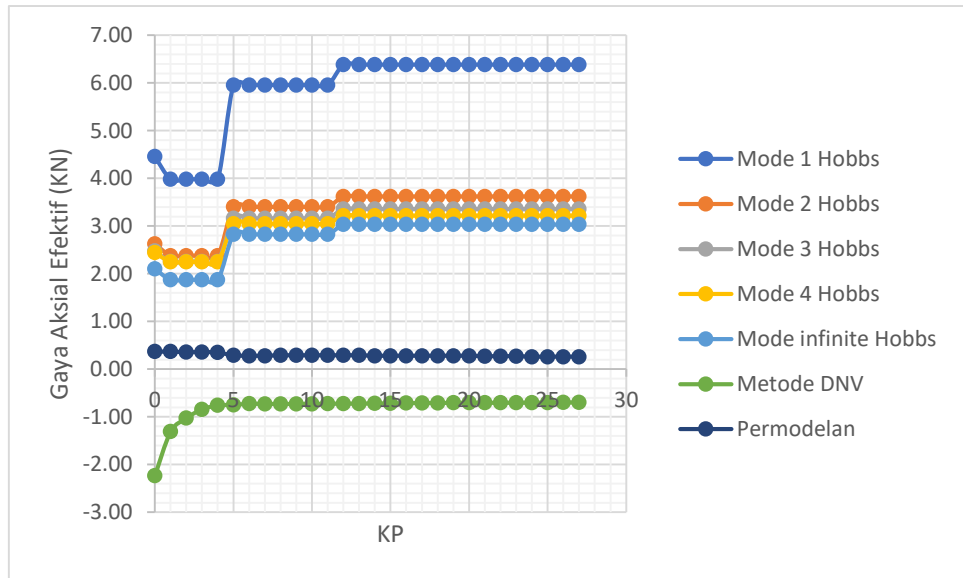
mode	$\mu_t$	S(z) (N)
2	0.58	2381702.88
	1.32	3403423.41
	1.52	3622576.32
3	0.73	2477785.15
	0.58	2257117.57
	1.32	3165882.40
	1.52	3359787.02
4	0.73	2444233.04
	0.58	2248534.54
	1.32	3048995.63
	1.52	3218085.28
∞	0.73	2104036.84
	0.58	1875392.55
	1.32	2828635.08
	1.52	3035616.88

Seperti yang tertera pada persamaan 2.42 Maka

Tabel 4.16 Penentuan  $N_{kritis}$ 

$N_{HOBBS}$ (N)	$N_{OSS}$ (N)	$N_{kritis}$ (N)
1504061.22	216.787	216.787

Dari sub bab 4.5.3. kita mengetahui bahwasanya Nilai  $N_{friction}$  maksimum yang bekerja pada pipa sebesar 385.23 N/m dan dengan persamaan 2.29 maka gaya aksial efektif pipa didapatkan seperti yang tertera pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Tegangan Aksial Efektif

Dari grafik diatas terlihat bahwasanya metode hobbs mode 1 hingga mode infinite bernilai positif, itu dikarenakan parameter-parameter pada rumus pencarian tegangan aksial dengan metode hobbs semua bernilai positif, dan semakin besar KP semakin besar juga faktor gesekan lateral yang menyebabkan gaya aksial efektif semakin besar ketika besar KP juga semakin besar. Seperti yang sudah dijelaskan untuk membuat sebuah beam atau dalam hal ini pipa mengalami lateral buckling, dari 4 metode diatas metode yang menghasilkan gaya aksial efektif dengan nilai minus adalah metode dnv dan permodelan, dalam hal ini permodelan terdapat beberapa definisi yang masih kurang jelas, sehingga metode metode yang dipilih adalah metode DNV seperti yang dijelaskan pada sub bab 2.2.6 memiliki rumusan yang sama, dimana gaya aksial terjadi karena adanya gaya lay tenson yang disebabkan oleh barge saat proses instalasi yang ketika ditinjau pada masa operasi menjadi 0 KN, gaya endcap, gaya poison dan gaya yang disebabkan ekspansi dijelaskan pada sub bab 2.2.6 dan juga diperlihatkan pada gamabr 2.8 bahwasanya gaya aksial efektif bersifat tekanan dapat diketahui bahwa gaya tegangan aksial efektif terbesar berada di KP 0 dengan

nilai sebesar 2.2 KN, maka nilai  $N_{max} = 385.23$  N maka nilai  $N_{max} \geq N_{kritisal}$ , maka **Pipa Rentan Lateral Buckling**.

#### 4.5.6.2. Analisis Local Buckling

Pada Tabel 4.16 merupakan hasil perhitungan analisis kriteria tekanan pengaman. Seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya, tujuan dari kriteria tekanan pengaman ini adalah sebagai sistem control pada pipeline agar tekanan internal yang bekerja tidak melebihi kekuatan maksimum tekanan internal yang dapat diterima pipeline, dalam hal ini nilai kekuatan maksimum pipeline terhadap tekanan internal adalah tekanan bursting. Pada kriteria tekanan pengaman ini, DNV OS F101 telah menetapkan syarat (lihat persamaan 2.40) bahwa tekanan lokal incidental (tekanan maksimum internal pipeline pada kondisi operasi ekstrim) dikurangi dengan nilai minimum tekanan eksternal, harus lebih kecil dari tekanan burst dibagi dengan safety factornya. Dari hasil analisis yang dilakukan (lihat Tabel 4.18), pipeline telah memenuhi syarat tekanan bursting.

Tabel 4.17 Hasil Analisis Kriteria *Bursting* (Ketahanan terhadap Tekanan Internal)

KP	$P_{li} - P_e$	$\frac{P_b}{\gamma_m \gamma_{sc}}$	Ket
0	3.473585225	6.926277495	AMAN
1	3.439141726	6.926277495	AMAN
2	3.488029272	6.926277495	AMAN
3	3.441363887	6.926277495	AMAN
4	3.404698227	6.926277495	AMAN
5	3.365810406	6.926277495	AMAN
6	3.355810681	6.926277495	AMAN
7	3.361366084	6.926277495	AMAN
8	3.374699051	6.926277495	AMAN
9	3.382476615	6.926277495	AMAN
10	3.385809857	6.926277495	AMAN
11	3.394698502	6.926277495	AMAN
12	3.399142824	6.926277495	AMAN
13	3.402476066	6.926277495	AMAN
14	3.416920114	6.926277495	AMAN
15	3.449141451	6.926277495	AMAN

Tabel 4.17 Hasil Analisis Kriteria *Bursting* (Lanjutan)

KP	$P_{li} - P_e$	$\frac{P_b}{\gamma_m \gamma_{sc}}$	Ket
16	3.454696854	6.926277495	AMAN
17	3.48358495	6.926277495	AMAN
18	3.493584675	6.926277495	AMAN
19	3.510250884	6.926277495	AMAN
20	3.523583852	6.926277495	AMAN
21	3.553583028	6.926277495	AMAN
22	3.571360317	6.926277495	AMAN
23	3.583582204	6.926277495	AMAN
24	3.593581929	6.926277495	AMAN
25	3.606914897	6.926277495	AMAN
26	3.602470574	6.926277495	AMAN
27	3.626914347	6.926277495	AMAN

Pada analisis kriteria yang kedua (Tabel 4.19), melakukan pengecekan ketahanan pipa terhadap tekanan eksternal, dimana DNV OS F101 mensyaratkan tekanan eksternal maksimum dikurangi dengan tekanan internal minimum ( = 0 ) yang bekerja pada pipeline, tidak boleh melebihi kapasitas tekanan maksimum eksternal yang dapat diterima oleh pipeline, dimana kapasitas tekanan maksimum pipeline ditandai dengan nilai tekanan collapsenya (lihat persamaan 2.55). Sehingga dari hasil analisis, pipeline aman dari tekanan eksternal yang bekerja (lihat table 4.19).

Tabel 4.18 Hasil Analisis Kriteria Tekanan *Collapse*

KP	Pe (Pa)	$\gamma_m$	$\gamma_{sc}$	Pc(t1) (Pa)	Keterangan
0	977772.51	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
1	1008943.79	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
2	964700.69	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
3	1006932.74	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
4	1040115.06	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
5	1075308.44	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
6	1084358.16	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
7	1079330.54	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
8	1067264.24	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
9	1060225.56	1.15	1.14	2180724.93	AMAN

Tabel 4.18 Hasil Analisis Kriteria *Collapse* (Lanjutan)

KP	Pe (Pa)	$\gamma_m$	$\gamma_{sc}$	Pc(t1) (Pa)	Keterangan
10	1057208.99	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
11	1049164.79	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
12	1045142.69	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
13	1042126.11	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
14	1029054.29	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
15	999894.06	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
16	994866.44	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
17	968722.79	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
18	959673.06	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
19	944590.19	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
20	932523.89	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
21	905374.71	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
22	889286.31	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
23	878225.54	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
24	869175.81	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
25	857109.51	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
26	861131.61	1.15	1.14	2180724.93	AMAN
27	839010.06	1.15	1.14	2180724.93	AMAN

Dilanjutkan analisis kriteria combined load (lihat persamaan 2.57). Combined load meliputi beban dari momen bending, gaya axial efektif, tekanan internal maupun tekanan eksternal. Ketika kriteria combined load ini tidak terpenuhi ( nilainya lebih dari 1), maka artinya ada lokal buckling yang terbentuk pada pipa.. Pada Tabel 4.19 terlihat bahwa pipa aman dari kegagalan lokal buckling.

Tabel 4.19 Hasil Analisis Kriteria *Combined Load*

KP	Kriteria Desain	Ket
0	0.011	AMAN
1	0.009	AMAN
2	0.009	AMAN
3	0.009	AMAN
4	0.008	AMAN
5	0.008	AMAN
6	0.008	AMAN
7	0.008	AMAN
8	0.008	AMAN
9	0.008	AMAN
10	0.008	AMAN
11	0.008	AMAN
12	0.008	AMAN
13	0.008	AMAN
14	0.008	AMAN
15	0.008	AMAN
16	0.008	AMAN
17	0.008	AMAN
18	0.008	AMAN
19	0.008	AMAN
20	0.008	AMAN
21	0.008	AMAN
22	0.008	AMAN
23	0.008	AMAN
24	0.008	AMAN
25	0.008	AMAN
26	0.008	AMAN
27	0.008	AMAN

maka yang terakhir adalah dengan menganalisis kriteria perambatan buckling untuk mengetahui apakah terjadi perambatan buckling pada pipeline. Untuk memeriksa tekanan perambatan, dapat diketahui dengan rumus 2.39 seperti yang tertera pada tabel 4.21

Tabel 4.20 Hasil Analisis Kriteria *Propagation Buckling*

KP	$P_{pr}$	$P_e$	Ket
0	299,870079	0,98	AMAN
1	299,870079	1,01	AMAN
2	299,870079	0,96	AMAN
3	299,870079	1,01	AMAN
4	299,870079	1,04	AMAN
5	299,870079	1,08	AMAN
6	299,870079	1,08	AMAN
7	299,870079	1,08	AMAN
8	299,870079	1,07	AMAN
9	299,870079	1,06	AMAN
10	299,870079	1,06	AMAN
11	299,870079	1,05	AMAN
12	299,870079	1,05	AMAN
13	299,870079	1,04	AMAN
14	299,870079	1,03	AMAN
15	299,870079	1,00	AMAN
16	299,870079	0,99	AMAN
17	299,870079	0,97	AMAN
18	299,870079	0,96	AMAN
19	299,870079	0,94	AMAN
20	299,870079	0,93	AMAN
21	299,870079	0,91	AMAN
22	299,870079	0,89	AMAN
23	299,870079	0,88	AMAN
24	299,870079	0,87	AMAN
25	299,870079	0,86	AMAN
26	299,870079	0,86	AMAN
27	299,870079	0,84	AMAN



#### 4.5.7. Analisis Pipeline Walking

##### 4.5.7.1. Analisis Kerentanan dan Laju Pipeline Walking

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui apakah *pipeline walking* terjadi atau tidak dan kalau terjadi berapa besar *walking* setiap satu siklusnya. Hal ini perlu kita ketahui bahwa pipa akan mengalami perawatan setiap tahunnya untuk mengetahui apakah pipa mengalami korosi, ketahanan pipa, maupun pembersihan pipa. Setiap perusahaan memiliki perbedaan dalam melakukan perawatan pipa. Pada penelitian ini perawatan pipa dilakukan 2 kali dalam satu tahun sehingga siklus yang terjadi yaitu dua kali siklus. Pada proses penyusutan pipa akan ditahan oleh gaya gesek tanah sehingga pipa tidak bisa kembali ke posisi semula.

Jika Pipa memenuhi kriteria berikut maka pipa tidak akan mengalami fenomena pipeline walking ;

$$f > \beta \times (\alpha_T \times \Delta\theta_{in} \times EA)/L$$

Tabel 4.21 Kerentanan Terhadap Pipeline Walking

KP	$f$	X	Hasil
0	385.23	52248.598	WALKING
1	385.23	8106.5595	WALKING
2	385.23	8031.7206	WALKING
3	385.23	5493.9669	WALKING
4	385.23	2923.1587	WALKING
5	385.23	2832.6482	WALKING
6	385.23	3862.7021	WALKING
7	385.23	1817.1314	WALKING
8	385.23	8722.2306	WALKING
9	385.23	7199.3014	WALKING
10	385.23	8687.6185	WALKING
11	385.23	2542.9456	WALKING
12	385.23	5364.864	WALKING
13	385.23	13706.362	WALKING
14	385.23	1411.1323	WALKING
15	385.23	1022.7854	WALKING
16	385.23	3149.6944	WALKING
17	385.23	1074.7034	WALKING

Tabel 4.21 Kerentanan Terhadap *Pipeline Walking* (Lanjutan)

KP	$f$	X	Hasil
18	385.23	9608.2984	WALKING
19	385.23	3004.3239	WALKING
20	385.23	1838.9369	WALKING
21	385.23	4288.43	WALKING
22	385.23	1911.2761	WALKING
23	385.23	2154.8068	WALKING
24	385.23	6970.862	WALKING
25	385.23	1664.1462	WALKING
26	385.23	3457.7414	WALKING
27	385.23	2778.6535	WALKING

Dimana :

$$X = \beta \times (\alpha_T \times \Delta\theta_{in} \times EA)/L$$

Karena pipa mengalami *Walking*, maka laju walking dari pipa dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.35, laju pipeline walking pada pipa adalah sebagai berikut :

Tabel 4.22 Laju *Pipeline Walking*

KP	$\Delta\phi$
0	0.0013849
1	0.0014257
2	0.0011583
3	0.0008969
4	0.0009125
5	0.0002292
6	0.0001294
7	0.0003035
8	0.0001769
9	7.58E-05
10	0.0002021
11	0.0001017
12	7.596E-05
13	0.0003287
14	0.0007328
15	0.0001265
16	0.0006575
17	0.0002276

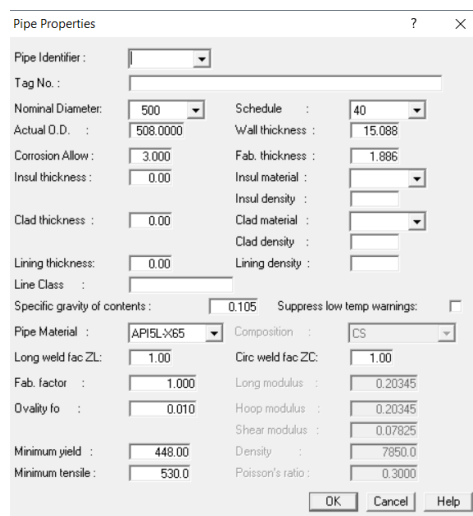
Tabel 4.22 Laju *Pipeline Walking* (Lanjutan)

KP	$\Delta\phi$
18	0.000379
19	0.0003037
20	0.0006821
21	0.0004044
22	0.000278
23	0.0002275
24	0.0003033
25	0.0001011
26	0.0005563
27	0.0204348

#### 4.5.8. Analisis *Displacement* Pipa

##### 4.5.8.1. Software AUTOPIPE

Akibat adanya aktifitas ekspansi, lateral buckling dan pipeline walking, displacement terjadi disepanjang pipa. Titik awal pipa diberi node A00, model pipa ini memiliki panjang 27 km. Setelah pipa dimodelkan sebagai pipa di atas tanah. Data pipa kondisi operasi, data tanah yang digunakan untuk permodelan ini sebagaimana yang sudah dijelaskan pada sub bab 4.1 diatas. Kemudian data tersebut diinput sebagai parameter permodelan sebagaimana pada gambar 4.4-4.7



gambar 4.4 Data Properties Pipa

Review Component Data

	From	To	Material	Pipe ID	Nominal mm	Case 1 Pres. N/mm2	Case 1 Temp. deg C	Case 1 Auto	Case 1 Expan. mm/m	Case 1 Auto	Case 1 Hot Mod. E6 N/mm2	Case 1 Auto	Case 1 fy derating N/mm2	Case 1 Auto	Case 1 fu derating N/mm2
	A01	A02	APSL-X65	508STD	500.0	4.23	55.08	<input checked="" type="checkbox"/>	0.401	<input checked="" type="checkbox"/>	0.2011	<input checked="" type="checkbox"/>	3.05	<input checked="" type="checkbox"/>	3.05
	A02	A03	APSL-X65	508STD	500.0	4.23	55.08	<input checked="" type="checkbox"/>	0.401	<input checked="" type="checkbox"/>	0.2011	<input checked="" type="checkbox"/>	3.05	<input checked="" type="checkbox"/>	3.05
	A03	A04	APSL-X65	508STD	500.0	4.23	55.08	<input checked="" type="checkbox"/>	0.401	<input checked="" type="checkbox"/>	0.2011	<input checked="" type="checkbox"/>	3.05	<input checked="" type="checkbox"/>	3.05
	A04	A05	APSL-X65	508STD	500.0	4.23	55.08	<input checked="" type="checkbox"/>	0.401	<input checked="" type="checkbox"/>	0.2011	<input checked="" type="checkbox"/>	3.05	<input checked="" type="checkbox"/>	3.05
	A05	A06	APSL-X65	508STD	500.0	4.19	32.85	<input checked="" type="checkbox"/>	0.147	<input checked="" type="checkbox"/>	0.2026	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00
	A06	A07	APSL-X65	508STD	500.0	4.19	32.85	<input checked="" type="checkbox"/>	0.147	<input checked="" type="checkbox"/>	0.2026	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00
	A07	A08	APSL-X65	508STD	500.0	4.19	32.85	<input checked="" type="checkbox"/>	0.147	<input checked="" type="checkbox"/>	0.2026	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00
	A08	A09	APSL-X65	508STD	500.0	4.19	32.85	<input checked="" type="checkbox"/>	0.147	<input checked="" type="checkbox"/>	0.2026	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00

Gambar 4.5 Data Operasional Pipa

Edit Soil Properties

Soil Identifier:  SNIP Soil Data

Calculation Method:  Soil Type:

Soil Parameters	Low	High	Average
Outside diameter, D [mm]	508.00		
Depth to centerline, H [mm]	1524.00		
Effective unit weight above pipe [kg/m3]	1601.85	1601.85	1601.85
Total unit weight below pipe [kg/m3]	1601.85	1601.85	1601.85
Dry unit weight above pipe [kg/m3]	1601.85	1601.85	1601.85
Soil cohesion, c [N/m2]	11970.00	11970.00	11970.00
Friction angle, phi [deg]	0.00	0.00	0.00
Coating factor, f			
Coefficient of pressure at Rest, K0			
Clay undrained shear strength, Su [N/m2]			
Horizontal stiff. param. ki [lb/in3]			
Horizontal yield parameter, dp [mm]	71.12	71.12	71.12
Longitudinal yield displacement, dt [mm]	10.16	10.16	10.16
Vertical up yield displacement, dqu [mm]	101.60	101.60	101.60

Pipe Direction:  Horizontal  Vertical

Note: High yield disp. is used for low stiffness  
Select stiffness in analysis set.

Direction	Auto	k1 (N/mm/mm)	Auto	p1 (N/m)	k2 (N/mm/mm)	Yield Disp. (mm)
Trans. Horizontal	<input checked="" type="checkbox"/>	0.54	<input checked="" type="checkbox"/>	38715.16	0.00	71.12
Longitudinal	<input checked="" type="checkbox"/>	1.89	<input checked="" type="checkbox"/>	19173.58	0.00	10.16
Trans. Vertical Up	<input checked="" type="checkbox"/>	0.36	<input checked="" type="checkbox"/>	36484.75	0.00	101.60
Trans. Vertical Dn	<input checked="" type="checkbox"/>	0.43	<input checked="" type="checkbox"/>	43560.75	0.00	101.60

Gambar 4.6 Data Tanah

Wave Load

Wave data name:

Wave type:  Load case:

Water - Elev.:  Depth:

Water density:  Phase:

Wave - Height:  Period:

Coeff. - Drag:  Inertia:

Direction - DX:  DY:  DZ:

Water Depth	Current Velocity	Marine Growth
<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.000"/>	<input type="text" value="0.000"/>
<input type="text" value="95400.00"/>	<input type="text" value="700.000"/>	<input type="text" value="4.000"/>
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>

OK Cancel Help

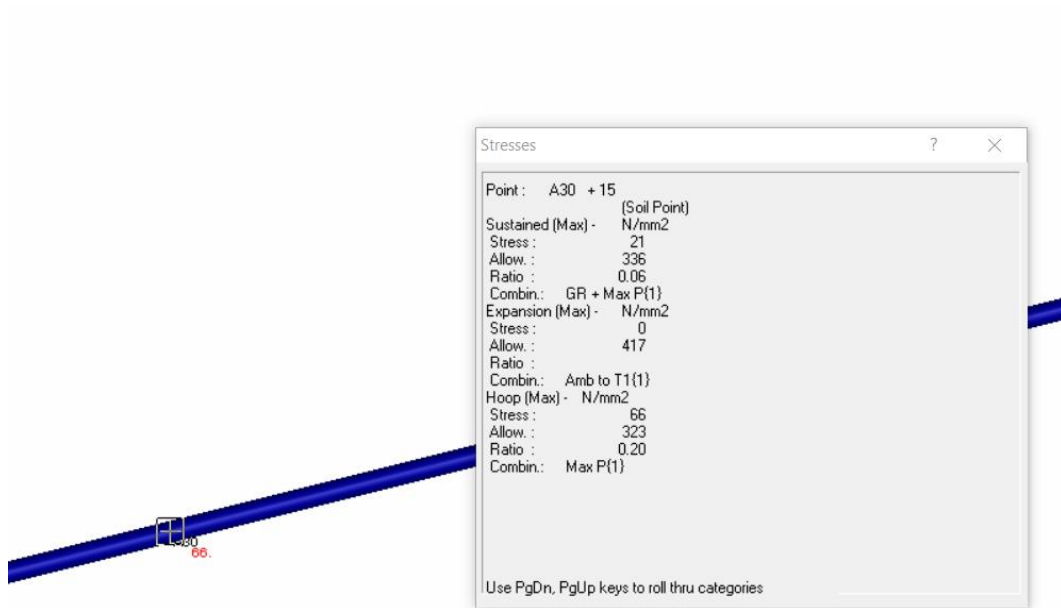
Gambar 4.7 Data Gelombang dan Arus

Berikut adalah hasil permodelan pipa dari tampak atas:



Gambar 4.8 hasil permodelan tampak atas pipa

Setelah memasukkan koordinat pipa sepanjang 27 km, properti pipa, dan data tanah, dilakukan analisa stress dengan output besaran *hoop stress* yang terjadi pada pipa berdasarkan *codes ASME B.318* untuk pipa *restrain*. Didapatkan hasil *hoop stress* sebesar 66 MPa dengan allowable stress 323 MPa, sehingga ratio didapatkan sebesar 0.2 dengan kata lain pipa ini dapat dikatakan tergolong aman beroperasi.



Gambar 4.9 Hasil Tegangan pada Salah Satu KP pada Permodelan Software AUTOPIPE

Perbandingan perhitungan manual dengan permodelan *software* untuk *hoop stress* dijelaskan pada tabel 4.20 dibawah ini.

Tabel 4.23 Perbandingan *Hoop Stress*

	Perhitungan Manual	Permodelan Software	Error
Hoop Stress	49.72 MPa	66 MPa	0.254%

Dari permodelan *software* ini didapatkan besarnya defleksi terjadi pada pipa arah vertikal dan horizontal saat kondisi operasi yang disebabkan oleh tegangan longitudinal akibat thermal sebagaimana pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.24 Nilai *Displacement* Pada Pipa

Node	Displacement			
	dx (mm)	dy (mm)	dz (mm)	Total (mm)
A00	-0.582	0.00	0.145	0.6
A01	-0.05	-1.228	-0.006	1.288
A02	2262.28	-1.298	-1643.1	2796.01
A28	0.00	-1.288	0.00	1.288
A04	0.02	-1.288	0.00	1.286
A05	0.00	-1.288	0.00	1.288
A31	0.054	-1.288	-0.298	1.323
A07	0.005	-1.288	0.001	1.288
A08	-0.0075	-1.294	0.612	1.434
A29	0.00	-1.288	0.00	1.288
A10	0.00	-1.288	0.00	1.288
A11	0.00	-1.288	0.00	1.288
A12	0.003	-1.288	0.00	1.288
A13	0.02	-1.288	0.00	1.288
A14	0.02	-1.288	0.00	1.288
A15	0.02	-1.288	0.00	1.288
A16	0.03	-1.288	0.00	1.288
A17	0.03	-1.288	0.00	1.288
A18	0.00	-1.288	0.00	1.288
A19	0.02	-1.288	0.00	1.288
A20	0.03	-1.288	0.00	1.288
A21	0.074	-1.294	0.579	1.420
A30	0.00	-1.288	0.00	1.288
A23	0.003	-1.288	-0.001	1.288
A24	0.003	-1.288	-0.001	1.288
A25	0.002	-1.288	0.00	1.288
A26	0.002	-1.288	0.00	1.288
A27	0.00	0.00	0.00	0.00

Dari hasil diatas dapat disimpulkan :

- Displacement terbesar terjadi pada KP 2 dengan total displacement 2796.01 mm

#### **4.5.9. Mitigasi *Lateral Buckling* dan *Pipeline Walking***

##### **4.5.9.1. Mitigasi *Lateral Buckling***

Tekuk lateral dapat dikurangi atau dibatasi dengan mengurangi gaya penyebab buckling dan meningkatkan resistensi buckle. Menggunakan baja bermutu tinggi untuk mengurangi ketebalan dinding pipa dan menurunkan tekanan operasi adalah metode untuk mengurangi aksial efektif tekan pipa, yang merupakan penyebab utama fenomena buckling , tetapi banyak faktor teknik yang dapat menghambat penerapan metode ini. Di sisi lain, peningkatan ketahanan buckle dapat dicapai dengan meningkatkan ketahanan tanah, tahanan aksial, tahanan bending, atau mengurangi OOS. *Backfill* mekanis, penimbunan batuan atau matras (seperti sleeper) untuk penah lokal, dan jangkar (flanges) merupakan beberapa pengaplikasian engineering (rekayasa) untuk meningkatkan kekuatan tahanan buckle. Mitigasi tekuk lateral juga dapat dicapai dengan menyediakan tempat khusus penginisiasi buckle terencana, sehingga memaksa pipa untuk bergerak ke samping di lokasi ini untuk mengurangi beban aksial pipa. Metode inisiasi *buckle* telah banyak digunakan pada proyek laut dalam untuk mendorong pembentukan tekuk lateral yang andal dan dapat mengontrol jarak buckle dan beban pengoperasian. Metode inisiasi buckle mencakup

- Membuat bagian *Snake lay* pada saat instalasi pipa bagian untuk menciptakan ketidaksempurnaan lateral.
- *Sleepers* untuk menambah beban vertikal.
- Pendistribusian gaya apung untuk menciptakan ketidaksempurnaan vertikal dengan berat terendam yang rendah.

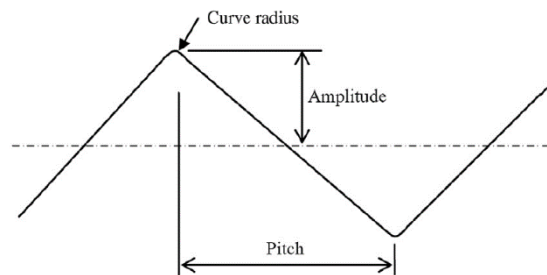
##### **4.5.9.1.1. *Snake Lay***

Untuk metode *Snake lay*, pipeline diletakkan dalam konfigurasi berbentuk seperti ular (zigzag) di dasar laut. Pola zigzag dari pipa mengontrol tekuk lateral sehingga dapat terjadi di bagian yang melengkung. Gambar 4.13 menunjukkan tipikal snake lay dengan pola zig-zag di sekitar

rute lurus. Dimensi utama dari “snake lay” adalah pitch inisiasi / letak *buckle*, letak jari-jari lengkungan, dan amplitudo lateral seperti yang ditunjukkan pada gambar. Keandalan pembentukan buckle dapat ditingkatkan dengan mengurangi jari-jari atau meningkatkan amplitudo lateral kelengkungan di setiap zigzag. Inisiasi *buckle* / letak *pitch* tergantung pada perhitungan jarak minimum yang diijinkan yang membatasi hasil *feed-in* (pemasukan) termal agar mencapai tingkat yang dapat diterima dan tergantung pada profil suhu pipa di bagian. dikarenakan mempertimbangkan rute, pitch dan amplitudo bervariasi di sepanjang rute. Untuk menentukan *key dimension*, analisis elemen hingga biasanya digunakan dikarenakan kompleksitas kondisi operasi dan interaksi antara tanah-pipa. Panjang tipikal *pitch* adalah 1-2 km dan tipikal letak radius tikungan sekitar 1 km. *snake lay* merupakan metode mitigasi *buckle* yang hemat biaya ketika pipa dipasang dengan kurva yang direncanakan pada dasar laut yang relatif datar di lokasi yang telah ditentukan. Metode *snake lay* biasanya diaplikasikan pada pipa panjang di kedalaman air dangkal dan sedang. Keuntungan dari metode *snake lay* adalah pengekskusiannya dilakukan secara sederhana tanpa biaya mahal. Biasanya beban kritis tekuk yang rendah (inisiasi buckle) dihasilkan pada bagian pipa yang melengkung daripada bagian pipa yang lurus, dikarenakan ketidaksempurnaan lateral. Namun, sulit dipastikan tekuk lateral yang cukup dalam kondisi tanah dan suhu pipa tertentu



dapat mengurangi tegangan maksimum dan kelelahan turun ke tingkat yang dapat diterima.

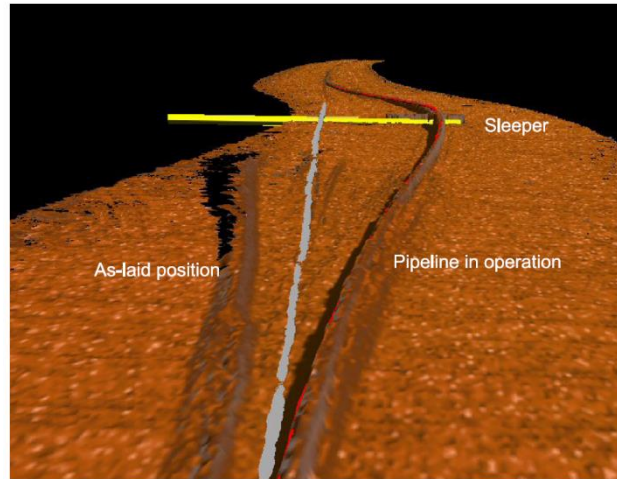


Gambar 4.10 konfigurasi *Snake Lay* (Bai, 2014)

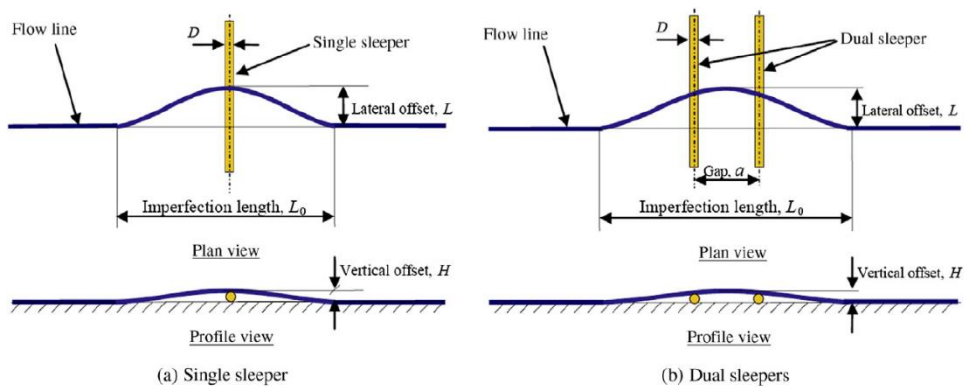
#### 4.5.9.1.2. *Sleeper*

Sebuah *sleeper* (bantalan) biasanya merupakan bagian pipa berdiameter besar, dengan atau tanpa dukungan sistem support sederhana, *prelaid* tegak lurus terhadap jalur pipa untuk menaikkan dan menyokong pipa di atas dasar laut. Gambar 4.14 menggambarkan dua jenis perangkat *sleeper* sebagai alat mitigasi gesper yaitu bantalan tunggal dan ganda. *sleeper* membuat fitur out of straightness vertikal di lokasi terpisah sepanjang pipa, yang dimana memperlihatkan gerakan vertikal awal dan kemudian menyebabkan tekuk lateral global ketika gaya tekan aksial efektif dalam pipa cukup tinggi. Keuntungan dari *sleeper* vertikal adalah mereka menciptakan out of straightness yang untuk mengurangi kekuatan tekuk kritis dan ketidakpastian interaksi/kontak antara pipa-tanah. Interaksi/kontak antara pipa-sleeper mengurangi tahanan lateral ke pipa di lokasi buckle, meskipun sebenarnya berms (tanggul) tanah pada titik touchdown pipa di kedua sisi sleeper dapat menghasilkan tahanan pergerakan lateral pipa. Pengurangan tahanan lateral untuk pergerakan pipa membantu proses inisiasi tekuk global pipa lebih mudah dan mengurangi ketidakpastian terkait tahanan tanah lateral. Namun, sleeper tidak dapat digunakan di kawasan memancing dan panjang span pipa buatan harus dalam kisaran yang diijinkan tanpa

masalah VIV. Gambar 4.15 menunjukkan posisi yang disurvei dari 12” pipa dan sebuah sleeper pada Proyek BP Greater Plutonio, yang mengindikasikan posisi as-laid (garis vertikal abu-abu) dan posisi postbuckling (ke kanan) pipa, dimana garis horizontal mewakili sleeper. Bayangan ke kiri adalah lokasi pemindahan awal pipa selama *hydrottest*, sebelum tekuk lateral terbentuk secara penuh selama operasi. Sleeper harus dipasang dengan penekanan khusus pada keakuratan penempatan pipa, sebelum peletakan pipa. Analisis elemen hingga biasanya dilakukan untuk menentukan level perpindahan *postbuckle*, momen lentur (*bending*), dan regangan sebagai masalah manajemen desain dalam bentuk ekspansi termal. BP pertama kali mengadopsi mitigasi pendekatan sleeper tunggal untuk pipa di lapangan Proyek King di Teluk Meksiko, sementara Petrobas pertama kali mengadopsi pendekatan mitigasi *sleeper* ganda dalam pipa pada Proyek PDET di lepas pantai Brazil. Dalam proyek PDET, pendekatan pertama adalah menggunakan *sleeper* tunggal tetapi kriteria kelelahan yang diterima tidak terpenuhi. Konfigurasi dual *sleeper* memenuhi syarat untuk menginisiasi tekuk lateral pada beban buckling kritis yang rendah dan memenuhi kriteria desain saat konfigurasi *postbuckling*.



Gambar 4.11. Pipeline melintasi sleepers (bai,2014)

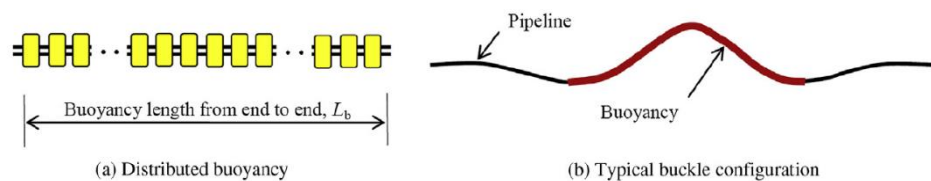


Gambar 4.12. Tekuk Lateral pada pipa 12” pada sleeper tunggal (Bai,2014)

#### 4.5.9.1.3. Pendistribusian *Bouyancy*

Metode pendistribusian daya apung mendistribusikan modul daya apung di lokasi tertentu sepanjang pipa untuk bertindak sebagai penggagas buckling dan alat mitigasi tegangan. Gambar 4.16 (a) menunjukkan bagian daya apung yang didistribusikan pada pipa, dan Gambar 4.16 (b) menunjukkan tipikal konfigurasi *buckled* untuk bagian daya apung tunggal dengan panjang hingga 100 m. Gaya daya apung per satuan panjang dapat dicapai dengan peningkatan ketebalan lapisan isolasi atau dengan memasang modul daya apung dengan perhiungan massa jenis sejumlah sambungan pipa untuk memastikan bahwa pipa mendekati daya apung secara natural

per satuan panjang dengan bagian daya apung selama normal operasi. Jumlah daya apung bervariasi pada berbagai proyek, tergantung pada jumlah mitigasi tegangan yang dibutuhkan. Panjang setiap bagian daya apung yang didistribusikan, ( $L_b$ ) adalah parameter utama untuk mengontrol fenomena tekuk lateral. Daya apung lokal tidak hanya membuat fitur OOS vertikal kecil untuk mendorong inisiasi buckle tetapi juga secara signifikan mengurangi ketahanan tanah lateral, meskipun daya apung lokal tinggi /reaksi dasar laut yang terjadi di ujung bagian daya apung dapat meningkatkan tahanan lateral secara lokal. Sejak BP pertama kali mengadopsi pendekatan pendistribusian daya apung untuk proyek pipa Thunder Horse di Teluk Meksiko, metode daya apung yang didistribusikan telah digunakan pada sejumlah proyek laut dalam, termasuk Proyek Tahiti Project di Teluk Meksiko. Dengan metode daya apung terdistribusi panjang diskrit dari pipa (60-200 m) dipasang dengan daya apung tambahan, memfasilitasi lokasi untuk inisiasi tekuk lateral yang terkontrol. Kekhawatiran dalam menggunakan metode ini adalah dapat menyebabkan ketidakstabilan hidrodinamik.



Gambar 4.12. Pendistribusian *Bouyancy* dan Konfigurasi Pipa ( Bai,2014)

#### 4.15.12.2. Mitigasi *Pipeline Walking*

*Walking* aksial itu sendiri tidak menyebabkan kegagalan pipa. Namun, sebagai akibat dari akumulasi perpindahan global dikarenakan sejumlah siklus termal, aksial berjalan menyebabkan kegagalan pipa. *walking* terjadi di sejumlah pipa dan menyebabkan setidaknya satu kegagalan hingga saat ini. Untuk

mengurangi *walking* aksial pada pipa, meningkatkan gesekan aksial dan anchoring pipa adalah metode mitigasi yang memungkinkan di perairan dangkal, penimbunan batuan atau penguburan kadang-kadang juga digunakan. Namun, teknik ini seringkali tidak praktis dan mahal jika di aplikasikan di perairan dalam. Penahan dapat ditempatkan di mana saja di sepanjang pipa; Analisis telah menunjukkan bahwa jangkar pada midline menghasilkan beban yang lebih rendah daripada yang terletak di ujung pipa. Namun, jangkar midline seringkali sulit untuk diterapkan dibandingkan dengan jangkar di ujung pipa. Dibutuhkan beban jangkar yang lebih rendah untuk sistem aliran dengan jangkar yang lebih fleksibel.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Dengan analisis *expansion* yang dilakukan dapat diketahui bahwa jarak *anchor point* dengan *hot end* yang terbentuk adalah 1162 m dengan ekspansi yang terjadi sebesar 134 m dan jarak *anchor point* dengan *cold end* adalah 0.199 m dengan ekspansi sebesar 0.003 m..
2. Dari hasil analisis dapat diketahui bahwa pipa rentan terhadap *buckling* karena gaya maksimal yang bekerja pada pipa lebih besar dari pada gaya *critical buckling* nya dan Pipa tidak rentan terhadap pipeline walking .
3. Dari analisis berdasarkan software AUTOPIPE diketahui pipa rentan mengalami *displacement* atau perpindahan nodes dengan displacement maksimum sebesar 2796 mm pada KP 2

#### 5.2 Saran

Berikut merupakan beberapa saran yang penulis berikan jika dilakukan penelitian lebih lanjut:

1. Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai *fatigue* yang terjadi akibat adanya *buckling*.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **DAFTAR PUSTAKA**



- Bai, Y., Bai, Q. 2014. *Subsea Pipeline Design, Analysis, and Installation*. USA: Elsevier Science.
- Sibuea, Clinton. Mulyadi, Yeyes. Rochani, Imam. 2016. *Analisis On-Bottom Stability dan Local Buckling: Studi Kasus Pipa Bawah Laut dari Platform Ula Menuju Platform Uw*. Surabaya : Jurnal Teknik ITS.
- Ifenna, Obele. 2013. *Lateral Buckling and Axial Walking of Surface Laid Subsea Pipeline*. Thesis. Norway: Unoversitas Stavanger
- Det Norske Veritas. 2000. *DNV RP-F101 Submarine Pipeline System*. Norway: Det Norske Veritas
- Det Norske Veritas. 2007. *DNV RP-F110 Global Buckling of Submarine Pipelines*. Norway: Det Norske Veritas
- Det Norske Veritas. 2010. *DNV RP-F109 On-Bottom Stability Design of Submarine Pipelines*. Norway: Det Norske Veritas
- Fyrileiv dan Collberg. 2015. *Influence of Pressure in Pipeline Design*. Greece : Konfrensi Internasional OMAE
- Guo, B. 2005. *Offshore Pipeline*. Elsevier
- Harja, Ibnu Suwida. 2015. *Analisa Lateral Buckling Akibat Ekspansi Thermal Yang Mengakibatkan Pipeline walking*. Jurnal Tugas Akhir Teknik Kelautan: Surabaya.
- Hobbs, R. 1984. *In Service Buckling of Heated Pipeline*. Jurnal Tugas Akhir Teknik Kelautan: Surabaya. *Buckling Design Guideline*.
- Ifenna, Obele. 2013. *Lateral Buckling and Axial Walking of Surface Laid Subsea Pipeline*. Thesis. Norway: Unoversitas Stavanger
- SAFEBUCK-JIP. 2011. *SAFEBUCK III-Safe Design of Pipeline with Lateral*

## BIODATA PENULIS



Mora Afra Nadia Nooer lahir di Jakarta, 16 Oktober 1997 . Pendidikan formal penulis dimulai dengan menyelesaikan jenjang Pendidikan Dasar di SD Islam Al-Azhar 20 Cibubur pada tahun 2009 dan SMP SMP Islam Al-Azhar 19 Cibubur pada tahun 2012. Kemudian menyelesaikan jenjang Pendidikan Menengah Atas di SMA Unggulan M.H.Thamrin Jakarta pada tahun 2015. Setelah lulus jenjang pendidikan menengah Atas, penulis melanjutkan pendidikan Perguruan Tinggi di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut

Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama menempuh masa perkuliahan, penulis aktif di organisasi kemahasiswaan dan kepanitiaan, juga dalam berbagai pelatihan, seminar dan kegiatan lainnya. Dalam bidang organisasi kemahasiswaan, penulis pernah menjadi bendahara Departemen Inovasi Karya Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan FTK-ITS tahun 2017-2018. Dalam bidang kepanitiaan, penulis pernah menjabat sebagai *staff* kesekretariatan OCEANO 2017, dan diberi amanah menjadi BPH OCEANO 2018 sebagai sekretaris. Pada tahun 2018 penulis juga sempat menjadi panitia acara seminar internasional ISOCEEN 2018, pada tahun yang sama penulis juga melakukan pelatihan manajemen resiko yang diselenggarakan oleh ITS bekerja sama dengan PT Surveyor Indonesia (Persero) pada tanggal 3-4 Oktober 2018.

Penulis pernah berkesempatan untuk menjalankan kerja praktik selama 2 bulan (25 Juni 2018 –24 Agustus 2018) di Husky CNOOC Madura Limited. Penulis tertarik dengan bidang *pipeline* dan ingin mendalaminya. Penulis mulai mengerjakan Tugas Akhir sebagai syarat kelulusan Pendidikan Sarjana (S1) dengan mengambil bidang keahlian Perancangan dan Produksi Bangunan Laut. Judul Tugas Akhir penulis berjudul “Analisis *Pipeline Walking* dan *Lateral Buckling* pada pipa 20” di Selat Madura Field, diselesaikan dalam waktu dua semester

## LAMPIRAN

Perhitungan Manual Tegangan Hoop Pada A22 AUTOPIPE

Rumus Tegangan Hoop :

$$\sigma_h = (P_i - P_e) \times \frac{D_o}{2 \times t_{nom}}$$

<b>TEGANGAN HOOP</b>			
<b>Parameter Notasi</b>		<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
Diameter luar pipa baja	D <sub>0</sub>	0.508	m
Tebal nominal dinding pipa	t <sub>nom</sub>	0.0159	m
<i>Corrossion allowance</i>	t <sub>corr</sub>	0.0055	m
<i>Mill Tolerance</i>	t <sub>mill</sub>	0.0019875	m
Tebal dinding pipa	t	0.0084125	m
Tekanan eksternal	P <sub>e</sub>	889286.31	Pa
Tekanan internal	P <sub>i</sub>	4.00E+06	Pa
Rasio ukuran pipa	D/t	60	-

<b>TEGANGAN HOOP</b>			
<b>Persamaan</b>	<b>Notasi</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
$\sigma_h = (P_i - P_e) \times \frac{D_o}{2 \times t_{nom}}$	σ <sub>h</sub>	49723598.83	Pa
		49.72	MPa

<b>CEK ASME B31.8</b>			
<b>Parameter</b>	<b>Notasi</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
Tegangan hoop	σ <sub>h</sub>	49.72	MPa
<i>Specified minimum yield strength</i>	SMYS	450.00	MPa
		0.70 SMYS	Rasio
	σ <sub>h</sub>	49.72	315.00
			0.16
<b>OK</b>			

## MENGHITUNG BERAT TEREDAM PIPA

<b>Diameter Total Pipa (m)</b>		
Dt	=	$Do + 2t_{corr} + 2t_{conc}$
D	=	<b>0.599</b> m

<b>Diameter dalam pipa (m)</b>		
Di	=	$Do - 2t_{steel}$
Di	=	<b>0.4762</b> m

<b>Diameter Lapisan Anti Korosi Pipa (m)</b>		
D <sub>corr</sub>	=	$Do + 2t_{corr}$
D <sub>corr</sub>	=	<b>0.519</b> m

<b>Luas Penampang Internal Pipa (m<sup>2</sup>)</b>		
A <sub>i</sub>	=	$\pi/4 (Di)^2$
A <sub>i</sub>	=	<b>0.1781019</b> m <sup>2</sup>

<b>Luas Penampang Eksternal Pipa (m<sup>2</sup>)</b>		
A <sub>e</sub>	=	$\pi/4 (Dt)^2$
A <sub>e</sub>	=	<b>0.2818016</b> m <sup>2</sup>

<b>Luas Penampang Cross Sectional (m<sup>2</sup>)</b>		
A <sub>s</sub>	=	$\pi/4 ((Do)^2 - (Di)^2)$
A <sub>s</sub>	=	<b>0.024581</b> m <sup>2</sup>

<b>Berat pipa di udara (N/m)</b>		
W <sub>steel</sub>	=	$\pi/4 \cdot \rho_{steel} \cdot ((Do)^2 - (Di)^2) \cdot g$
W <sub>steel</sub>	=	<b>1892.9495</b> N/m

<b>Berat corrosion coating di udara (N/m)</b>		
W <sub>corr</sub>	=	$\pi/4 \cdot \rho_{corr} \cdot [(Do + 2t_{corr})^2 - Do^2] \cdot g$
W <sub>corr</sub>	=	<b>111.412</b> N/m

<b>Berat concrete coating di udara (N/m)</b>		
Wc	=	$\pi/4 \cdot \rho_c \cdot [(Dt)^2 - (Do+2t_{corr})^2] \cdot g$
Wc	=	<b>2097.6611</b> N/m

<b>Berat content pipa (N/m)</b>		
Wcont	=	$\pi/4 \cdot \rho_{cont} \cdot [(Di)^2] \cdot g$
Wcont	=	<b>15.666381</b> N/m

<b>Buoyancy pipa per satuan panjang (N/m)</b>		
B	=	$\pi/4 \cdot \rho_w \cdot (Dt)^2 \cdot g$
B	=	<b>2833.586</b> N/m

Maka Berat Total dan Berat Terendam Pipa Adalah sebagai berikut :

Berat Total Pipa (Ws) (N/m)	Berat Terendam Pipa (Wsub) (N/m)
4117.68	1284.10

Regangan Total :

Regangan total memiliki rumus sebagai berikut :

$$\varepsilon_{total} = \frac{\pi (P_{in} D_i^2 - P_o D_o^2)}{4 EA} - \nu \frac{(P_{in} D_i - P_o D_o)}{2 t_2 E} + \alpha \Delta T$$

Maka perhitungan regangan total pada KP 0-27 menjadi :

Kp	Regangan end cap	regangan poisson	regangan temperatur	Regangan total
0	0.000105247	-0.000102052	0.00038157	0.000384766
1	0.000104725	-0.00010163	0.000199525	0.000202619
2	0.000106211	-0.000102935	0.000143662	0.000146939
3	0.000104103	-0.000101036	0.000107516	0.000110583
4	0.000102771	-9.98517E-05	9.14652E-05	9.43845E-05
5	0.000101167	-9.84141E-05	8.91144E-05	9.1867E-05
6	0.000100426	-9.7733E-05	8.51965E-05	8.78891E-05
7	0.000100169	-9.74775E-05	8.58284E-05	8.85195E-05
8	0.000100531	-9.77921E-05	8.59801E-05	8.87185E-05
9	0.000100601	-9.78426E-05	8.60812E-05	8.884E-05
10	0.0001004	-9.7645E-05	8.62076E-05	8.8963E-05
11	0.000100511	-9.77311E-05	8.5424E-05	8.82042E-05
12	0.000100117	-9.73473E-05	8.53734E-05	8.81426E-05
13	9.97095E-05	-9.69544E-05	8.51459E-05	8.7901E-05
14	9.98846E-05	-9.70895E-05	8.49184E-05	8.77136E-05
15	0.000100711	-9.78039E-05	8.47921E-05	8.76991E-05
16	0.000100293	-9.73962E-05	8.39074E-05	8.68046E-05
17	0.000100773	-9.77888E-05	8.3781E-05	8.67649E-05
18	0.000100885	-9.78741E-05	8.36799E-05	8.66911E-05
19	0.000101168	-9.81068E-05	8.29721E-05	8.60337E-05
20	0.000101125	-9.80376E-05	8.32501E-05	8.63381E-05
21	0.000101561	-9.83863E-05	8.32249E-05	8.63996E-05
22	0.000101884	-9.86546E-05	8.35029E-05	8.67325E-05
23	0.000101721	-9.84736E-05	8.35029E-05	8.67502E-05
24	0.000101635	-9.83704E-05	8.34524E-05	8.67165E-05
25	0.000101511	-9.8225E-05	8.36546E-05	8.69408E-05
26	0.000101103	-9.78476E-05	8.29721E-05	8.62276E-05
27	0.000101436	-9.81111E-05	8.34271E-05	8.67522E-05

Regangan Gesek :

Regangan gesek memiliki rumus sebagai berikut :

$$\varepsilon_f = \frac{F L}{A_s E}$$

Maka perhitungan regangan gesek pada KP 0-27 menjadi :

KP	Regangan Gesek Hot End	Regangan Gesek Cold End
0	0	-0.002044152
1	-7.57093E-05	-0.001968443
2	-0.000151419	-0.001892733
3	-0.000227128	-0.001817024
4	-0.000302837	-0.001741315
5	-0.000378547	-0.001665605
6	-0.000454256	-0.001589896
7	-0.000454256	-0.001514187
8	-0.000605675	-0.001438477
9	-0.000681384	-0.001362768
10	-0.000757093	-0.001287059
11	-0.000832803	-0.001211349
12	-0.000908512	-0.00113564
13	-0.000984221	-0.001059931
14	-0.001059931	-0.000984221
15	-0.00113564	-0.000908512
16	-0.001211349	-0.000832803
17	-0.001287059	-0.000757093
18	-0.001362768	-0.000681384
19	-0.001438477	-0.000605675
20	-0.001514187	-0.000529965
21	-0.001589896	-0.000454256
22	-0.001665605	-0.000378547
23	-0.001741315	-0.000302837
24	-0.001817024	-0.000227128
25	-0.001892733	-0.000151419
26	-0.001968443	-7.57093E-05
27	-0.002044152	0

Regangan net :

Regangan net memiliki rumus sebagai berikut :

$$\varepsilon_{net} = \varepsilon_{total} - \varepsilon_f$$

Maka perhitungan regangan net pada KP 0-27 menjadi :

KP	Regangan Net Hot End	Regangan Net Cold End
0	0.000384766	0.002428918
1	0.000278329	0.002171062
2	0.000298358	0.002039672
3	0.000337711	0.001927607
4	0.000397222	0.001835699
5	0.000470414	0.001757472
6	0.000542145	0.001677785
7	0.000542775	0.001602706
8	0.000694393	0.001527196
9	0.000770224	0.001451608
10	0.000846056	0.001376022
11	0.000921007	0.001299553
12	0.000996655	0.001223783
13	0.001072122	0.001147832
14	0.001147644	0.001071935
15	0.001223339	0.000996211
16	0.001298154	0.000919607
17	0.001373824	0.000843858
18	0.001449459	0.000768075
19	0.001524511	0.000691708
20	0.001600525	0.000616303
21	0.001676296	0.000540656
22	0.001752338	0.000465279
23	0.001828065	0.000389587
24	0.00190374	0.000313844
25	0.001979674	0.000238359
26	0.00205467	0.000161937
27	0.002130904	8.67522E-05



Perhitungan Gaya Aksial Efektif :

- Metode DNV

Gaya aksial efektif menurut DNV RPF 110 memiliki rumus sebagai berikut :

$$N_{eff} = EA_s \alpha \Delta T - v \frac{P_i D_i}{2t_2} A_s + P_i A_i - H$$

Maka gaya aksial efektif metode DNV pada KP0-27 adalah sebagai berikut :

KP (km)	S
0.000	-2232955
1.000	-1308590
2.000	-1023930
3.000	-839234
4.000	-757583
5.000	-745216
6.000	-724516
7.000	-726800
8.000	-727329
9.000	-727418
10.000	-727407
11.000	-722996
12.000	-721610
13.000	-719380
14.000	-717520
15.000	-716196
16.000	-710439
17.000	-708653
18.000	-707635
19.000	-703389
20.000	-703738
21.000	-702296
22.000	-703063
23.000	-701835
24.000	-700669
25.000	-700468
26.000	-696493
27.000	-697692

- Metode Hobbs

Gaya aksial efektif menurut Hobbs (1984) memiliki rumus sebagai berikut :

$$S(z) = \frac{k_1 \cdot E \cdot I}{[L(z)]^2} + k_3 \cdot \mu_a \cdot W_{sub} \cdot L(z) \cdot \left\{ \left[ 1 + \frac{k_2 \cdot E \cdot A \cdot \mu_l^2 \cdot \omega \cdot (L(z))^5}{\mu_a (E \cdot I)^2} \right]^{0.5} - 1 \right\}$$

Maka gaya aksial efektif metode Hobbs pada KP0-27 adalah sebagai berikut :

KP	Mode 1 Hobbs (KN)	Mode 2 Hobbs (KN)	Mode 3 Hobbs (KN)	Mode 4 Hobbs (KN)	Mode infinite Hobbs (KN)
0	4.46	2.63	2.48	2.44	2.10
1	3.98	2.38	2.26	2.25	1.88
2	3.98	2.38	2.26	2.25	1.88
3	3.98	2.38	2.26	2.25	1.88
4	3.98	2.38	2.26	2.25	1.88
5	5.96	3.40	3.17	3.05	2.83
6	5.96	3.40	3.17	3.05	2.83
7	5.96	3.40	3.17	3.05	2.83
8	5.96	3.40	3.17	3.05	2.83
9	5.96	3.40	3.17	3.05	2.83
10	5.96	3.40	3.17	3.05	2.83
11	5.96	3.40	3.17	3.05	2.83
12	6.39	3.62	3.36	3.22	3.04
13	6.39	3.62	3.36	3.22	3.04
14	6.39	3.62	3.36	3.22	3.04
15	6.39	3.62	3.36	3.22	3.04
16	6.39	3.62	3.36	3.22	3.04
17	6.39	3.62	3.36	3.22	3.04
18	6.39	3.62	3.36	3.22	3.04
19	6.39	3.62	3.36	3.22	3.04
20	6.39	3.62	3.36	3.22	3.04

KP	Mode 1 Hobbs (KN)	Mode 2 Hobbs (KN)	Mode 3 Hobbs (KN)	Mode 4 Hobbs (KN)	Mode infinite Hobbs (KN)
21	6.39	3.62	3.36	3.22	3.04
22	6.39	3.62	3.36	3.22	3.04
23	6.39	3.62	3.36	3.22	3.04
24	6.39	3.62	3.36	3.22	3.04
25	6.39	3.62	3.36	3.22	3.04
26	6.39	3.62	3.36	3.22	3.04
27	6.39	3.62	3.36	3.22	3.04

- Metode Permodelan

Output gaya aksial efektif permodelan menggunakan software AUTOPIPE adalah sebagai berikut :

KP	Permodelan (KN)
0	0.37
1	0.37
2	0.36
3	0.36
4	0.35
5	0.29
6	0.28
7	0.28
8	0.29
9	0.29
10	0.29
11	0.29
12	0.29
13	0.29
14	0.28
15	0.28
16	0.28
17	0.28
18	0.28
19	0.28
20	0.28
21	0.27
22	0.27
23	0.27
24	0.26
25	0.26
26	0.26
27	0.26

Perhitungan Pipeline Walking :

Adapun kriteria kerentanan pipeline walking adalah sebagai berikut :

$$f > \beta \times (\alpha_T \times \Delta\theta_{in} \times EA)/L$$

Maka analisis kerentanan pipa terhadap pipeline walking pada KP 0-27 adalah sebagai

berikut :

KP	$f$	$\beta$	L	E	As	$\Delta\theta_{in}$	$\alpha_T$	X	Hasil
0	385.23	1	1000	2.07E+11	0.0245	32.61284	0.0000117	52248.5978	WALKING
1	385.23	1	1000	2.07E+11	0.0245	5.06	0.0000117	8106.55946	WALKING
2	385.23	1.05	1000	2.07E+11	0.0245	4.774559	0.0000117	8031.72065	WALKING
3	385.23	1.11	1000	2.07E+11	0.0245	3.08942	0.0000117	5493.9669	WALKING
4	385.23	1.33	1000	2.07E+11	0.0245	1.371875	0.0000117	2923.15866	WALKING
5	385.23	0.88	1000	2.07E+11	0.0245	0.20092	0.0000117	2832.64821	WALKING
6	385.23	0.72	1000	2.07E+11	0.0245	0.334867	0.0000117	3862.70211	WALKING
7	385.23	2.1	1000	2.07E+11	0.0245	0.054011	0.0000117	1817.13137	WALKING
8	385.23	4.2	1000	2.07E+11	0.0245	0.012963	0.0000117	8722.23057	WALKING
9	385.23	5.2	1000	2.07E+11	0.0245	0.008642	0.0000117	7199.30142	WALKING
10	385.23	5.02	1000	2.07E+11	0.0245	0.010802	0.0000117	8687.61854	WALKING
11	385.23	2.37	1000	2.07E+11	0.0245	0.066973	0.0000117	2542.94555	WALKING
12	385.23	7.75	1000	2.07E+11	0.0245	0.004321	0.0000117	5364.86404	WALKING
13	385.23	4.4	1000	2.07E+11	0.0245	0.019444	0.0000117	13706.3623	WALKING
14	385.23	4.53	1000	2.07E+11	0.0245	0.019444	0.0000117	1411.1323	WALKING
15	385.23	5.91	1000	2.07E+11	0.0245	0.010802	0.0000117	1022.78537	WALKING
16	385.23	2.6	1000	2.07E+11	0.0245	0.075615	0.0000117	3149.69437	WALKING
17	385.23	6.21	1000	2.07E+11	0.0245	0.010802	0.0000117	1074.70341	WALKING
18	385.23	6.94	1000	2.07E+11	0.0245	0.008642	0.0000117	9608.29843	WALKING
19	385.23	3.1	1000	2.07E+11	0.0245	0.060492	0.0000117	3004.32386	WALKING
20	385.23	4.83	1000	2.07E+11	0.0245	0.023765	0.0000117	1838.93694	WALKING
21	385.23	12.39	1000	2.07E+11	0.0245	0.00216	0.0000117	4288.43003	WALKING

KP	$f$	$\beta$	L	E	As	$\Delta\theta_{in}$	$a_T$	X	Hasil
22	385.23	5.02	1000	2.07E+11	0.0245	0.023765	0.0000117	1911.27608	WALKING
23	385.23	1	1000	2.07E+11	0.0245	0.01345	0.0000117	2154.80681	WALKING
24	385.23	10.07	1000	2.07E+11	0.0245	0.004321	0.0000117	6970.86205	WALKING
25	385.23	6.01	1000	2.07E+11	0.0245	0.017283	0.0000117	1664.14621	WALKING
26	385.23	3.7	1000	2.07E+11	0.0245	0.058332	0.0000117	3457.7414	WALKING
27	385.23	4.46	1000	2.07E+11	0.0245	0.038888	0.0000117	2778.65345	WALKING

Rumus laju pipeline walking adalah sebagai berikut:

$$\Delta\phi = \frac{(|S| + WL|\sin\phi| - WL\mu \cos\phi L \tan\phi)}{EA\mu}$$

Maka laju pipeline walking pada KP 0-27 adalah sebagai berikut :

KP	$\Delta S$	W	L	E	A	$\mu$	$\cos\phi$	$\sin\phi$	$\Delta\phi$
0	2232954.8	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	0.73	0.999995	0.002192	0.001384941
1	924365.3	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	0.58	0.999990	0.003111	0.001425686
2	284659.95	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	0.58	0.999991	0.002970	0.001158256
3	184695.12	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	0.58	0.999995	0.002333	0.000896851
4	81651.538	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	0.58	0.999994	0.002475	0.000912477
5	12367.191	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.32	1.000000	0.000636	0.000229207
6	20699.573	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.32	1.000000	0.000354	0.000129397
7	2283.4691	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.32	0.999999	0.000849	0.000303493
8	529.8523	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.32	1.000000	0.000495	0.000176918
9	88.105631	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.32	1.000000	0.000212	7.58014E-05
10	10.596454	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.32	1.000000	0.000566	0.000202104
11	4411.1986	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.32	1.000000	0.000283	0.000101708
12	1386.2696	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.52	1.000000	0.000212	7.59623E-05
13	2229.317	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.52	0.999999	0.000919	0.000328681

KP	$\Delta S$	W	L	E	A	$\mu$	$\cos \phi$	$\sin \phi$	$\Delta \phi$
14	1860.0299	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.52	0.999996	0.002051	0.000732806
15	1324.5186	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.52	1.000000	0.000354	0.000126476
16	5756.3008	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.52	0.999997	0.001838	0.000657528
17	1786.1276	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.52	1.000000	0.000636	0.00022758
18	1018.4252	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.52	0.999999	0.001061	0.000379046
19	4245.6959	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.52	0.999999	0.000849	0.000303681
20	348.81562	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.52	0.999996	0.001909	0.000682089
21	1442.3616	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.52	0.999999	0.001131	0.000404362
22	767.81451	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.52	0.999999	0.000778	0.00027797
23	1228.59	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.52	1.000000	0.000636	0.000227508
24	1166.1176	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.52	0.999999	0.000849	0.000303283
25	200.17757	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.52	1.000000	0.000283	0.00010107
26	3975.1108	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.52	0.999998	0.001556	0.000556255
27	1198.9647	1284.1	1000	2.07E+11	0.024569	1.52	0.996723	0.057248	0.020434791

```
-----  
-----  
Permodelan TUGAS AKHIR 8 januari 2020  
01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
07:39 AM  
Advanced 11.01.00.17  
-----  
-----
```

BENTLEY  
AutoPIPE

```
          *          ***** ** ***** *****  
        ***          ** ** ** ** ** ** **  
      ** **          ***** ** ** ** **  
    ** ** ** ** ** ** ** ** **   ** ** **   ***** ** ***** *****  
 ***** ** ** ** **   ** ** **   ** ** **  
** ** ** ** **   ** ** **   ** ** **   ** ** **  
**          ** ***** ** ***** ** ** ** *****
```

Pipe Stress Analysis and Design Program

Version: 11.01.00.17

Edition: Advanced

Developed and Maintained by

BENTLEY SYSTEMS, INCORPORATED  
1600 Riviera Ave., Suite 300  
Walnut Creek, CA 94596



-----  
-----  
Permodelan 8 januari 2020  
01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
07:39 AM  
Advanced 11.01.00.17  
-----  
-----

BENTLEY  
AutoPIPE

\*\*\*\*\*  
\*\*  
\*\* AUTOPIPE SYSTEM INFORMATION \*\*  
\*\*  
\*\*\*\*\*

SYSTEM NAME : Permodelan 8 januari 2020

PROJECT ID : TUGAS AKHIR 04311510000145

PREPARED BY : \_\_\_\_\_  
MORA AFRA NADIA

CHECKED BY : \_\_\_\_\_

1ST APPROVER : \_\_\_\_\_

2ND APPROVER : \_\_\_\_\_

PIPING CODE : ASME B31.8

YEAR : 2016

VERTICAL AXIS : Y

AMBIENT TEMPERATURE : 20.8 deg C

COMPONENT LIBRARY : AUTOPIPE

MATERIAL LIBRARY : B318-16

MODEL REVISION NUMBER : 25

-----  
-----  
Permodelan 8 januari 2020  
01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
07:39 AM  
Advanced 11.01.00.17  
-----  
-----

BENTLEY  
AutoPIPE

T A B L E O F C O N T E N T S

Displacement.....	1
Forces & Moments.....	10
Code Compliance.....	27
Result Summary.....	46

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 1

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

D I S P L A C E M E N T S

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm )			ROTATIONS (deg )		
		X	Y	Z	X	Y	Z
*** Segment A begin ***							
A00	Gravity{1}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	-0.573	0.001	0.143	0.000	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	-0.573	0.001	0.143	0.000	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	-0.573	0.001	0.143	0.000	0.000	0.000
+1	Gravity{1}	-0.048	-15.746	0.012	-0.001	0.000	-0.001
	Thermal 1{1}	-20.628	26.342	13.230	0.111	1.781	-0.043
	Pressure 1{1}	0.001	0.007	0.005	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.004	0.004	0.014	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	-20.675	10.603	13.247	0.110	1.781	-0.044
	G RTP1+U1{1}	-20.671	10.606	13.262	0.110	1.781	-0.044
A01	Gravity{1}	0.003	-11.525	-0.002	-0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	91.169	-105.393	-55.088	0.204	-7.116	-0.026
	Pressure 1{1}	-0.004	-0.029	-0.021	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.003	0.003	0.011	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	91.168	-116.947	-55.110	0.203	-7.116	-0.026
	G RTP1+U1{1}	91.171	-116.944	-55.099	0.203	-7.115	-0.026
+1	Gravity{1}	0.066	-12.662	-0.013	0.000	0.000	0.003
	Thermal 1{1}	-414.400	13.001	224.730	-0.081	26.578	-0.067
	Pressure 1{1}	0.006	-0.001	0.080	0.000	-0.001	0.000
	User 1{1}	0.003	0.000	0.013	0.000	-0.001	0.000
	G RTP1{1}	-414.327	0.338	224.797	-0.081	26.577	-0.064
	G RTP1+U1{1}	-414.324	0.339	224.809	-0.081	26.577	-0.064
A02 N	Gravity{1}	-0.001	-12.338	-0.013	-0.004	0.000	-0.010
	Thermal 1{1}	1725.780	54.089	-883.722	0.430	-99.060	0.268
	Pressure 1{1}	-0.017	0.032	-0.299	0.000	0.003	0.000
	User 1{1}	0.002	-0.002	0.010	0.000	0.002	0.000
	G RTP1{1}	1725.761	41.783	-884.034	0.426	-99.057	0.258
	G RTP1+U1{1}	1725.763	41.781	-884.024	0.426	-99.055	0.258
A02 F	Gravity{1}	-0.002	-12.390	-0.013	-0.004	0.000	-0.010
	Thermal 1{1}	1724.842	55.325	-384.892	0.428	-102.703	0.184
	Pressure 1{1}	-0.018	0.035	-0.307	0.000	0.001	0.000
	User 1{1}	0.001	-0.002	-0.002	0.000	0.002	0.000
	G RTP1{1}	1724.822	42.970	-385.213	0.423	-102.703	0.174
	G RTP1+U1{1}	1724.823	42.967	-385.215	0.423	-102.700	0.174
+1	Gravity{1}	-0.057	-12.426	-0.004	-0.005	0.000	0.002
	Thermal 1{1}	-418.129	-14.912	108.570	0.908	27.473	0.073
	Pressure 1{1}	0.003	-0.008	0.082	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	-0.003	-0.004	0.000	-0.001	0.000
	G RTP1{1}	-418.184	-27.346	108.648	0.903	27.473	0.074
	G RTP1+U1{1}	-418.183	-27.348	108.645	0.903	27.472	0.074

D I S P L A C E M E N T S

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm )			ROTATIONS (deg )		
		X	Y	Z	X	Y	Z
A28	Gravity{1}	-0.038	-12.416	-0.006	-0.004	0.000	-0.001
	Thermal 1{1}	100.778	3.673	-30.192	0.673	-7.400	0.097
	Pressure 1{1}	0.001	-0.002	-0.022	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	-0.001	-0.003	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	100.740	-8.745	-30.219	0.669	-7.400	0.096
	G RTP1+U1{1}	100.741	-8.746	-30.222	0.669	-7.399	0.096
+1	Gravity{1}	-0.035	-12.419	-0.004	-0.004	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	-24.541	-0.994	8.402	0.653	1.976	0.078
	Pressure 1{1}	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	0.001	-0.003	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	-24.576	-13.412	8.404	0.649	1.976	0.077
	G RTP1+U1{1}	-24.576	-13.411	8.401	0.649	1.976	0.077
A04	Gravity{1}	-0.036	-12.418	-0.005	-0.003	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	5.998	0.274	-2.335	0.591	-0.529	0.075
	Pressure 1{1}	0.000	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	0.002	-0.003	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	5.962	-12.144	-2.342	0.588	-0.529	0.075
	G RTP1+U1{1}	5.963	-12.143	-2.345	0.587	-0.529	0.075
+1	Gravity{1}	-0.041	-12.418	-0.005	-0.003	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	-1.460	-0.074	0.644	0.541	0.139	0.067
	Pressure 1{1}	-0.001	0.003	0.003	-0.001	0.001	0.000
	User 1{1}	0.000	0.002	-0.003	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	-1.502	-12.489	0.642	0.538	0.140	0.066
	G RTP1+U1{1}	-1.502	-12.487	0.639	0.538	0.140	0.066
A05	Gravity{1}	-0.023	-12.418	-0.003	-0.002	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.356	0.019	-0.178	0.487	-0.039	0.063
	Pressure 1{1}	0.002	-0.012	-0.010	-0.001	-0.004	0.000
	User 1{1}	0.000	0.001	-0.003	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.335	-12.412	-0.191	0.484	-0.043	0.062
	G RTP1+U1{1}	0.335	-12.411	-0.194	0.484	-0.043	0.062
+1	Gravity{1}	-0.008	-12.418	-0.001	-0.002	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	-0.087	-0.012	0.051	0.436	0.011	0.048
	Pressure 1{1}	-0.008	0.005	0.038	-0.001	0.015	0.000
	User 1{1}	0.000	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	-0.104	-12.426	0.088	0.433	0.026	0.047
	G RTP1+U1{1}	-0.103	-12.426	0.085	0.433	0.026	0.047
A31 N	Gravity{1}	-0.003	-12.418	0.001	-0.001	0.001	0.000
	Thermal 1{1}	0.023	0.031	-0.021	0.379	-0.009	0.072
	Pressure 1{1}	0.032	-0.008	-0.143	-0.001	-0.056	0.001
	User 1{1}	0.001	0.000	-0.006	0.000	0.001	0.000
	G RTP1{1}	0.052	-12.396	-0.163	0.377	-0.065	0.073
	G RTP1+U1{1}	0.053	-12.396	-0.170	0.377	-0.063	0.073

D I S P L A C E M E N T S

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm )			ROTATIONS (deg )		
		X	Y	Z	X	Y	Z
+1	Gravity{1}	-0.003	-12.418	0.000	-0.001	0.001	0.000
	Thermal 1{1}	0.022	0.011	-0.014	0.379	-0.009	0.072
	Pressure 1{1}	0.020	-0.007	-0.099	-0.001	-0.057	0.001
	User 1{1}	0.002	0.000	-0.007	0.000	0.001	0.000
	G RTP1{1}	0.039	-12.415	-0.112	0.377	-0.065	0.073
	G RTP1+U1{1}	0.040	-12.415	-0.120	0.377	-0.063	0.073
A31 F	Gravity{1}	-0.003	-12.418	0.000	-0.001	0.001	0.000
	Thermal 1{1}	0.019	-0.028	-0.007	0.379	-0.009	0.072
	Pressure 1{1}	0.006	-0.006	-0.054	-0.001	-0.057	0.001
	User 1{1}	0.002	0.000	-0.009	0.000	0.001	0.000
	G RTP1{1}	0.022	-12.452	-0.061	0.377	-0.065	0.073
	G RTP1+U1{1}	0.024	-12.452	-0.069	0.377	-0.063	0.073
+1	Gravity{1}	0.006	-12.418	0.001	-0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	-0.005	0.007	0.002	0.334	0.003	0.090
	Pressure 1{1}	-0.002	0.002	0.011	-0.001	0.015	0.000
	User 1{1}	0.003	0.000	-0.012	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.000	-12.409	0.014	0.333	0.018	0.089
	G RTP1+U1{1}	0.003	-12.409	0.002	0.333	0.017	0.089
A07	Gravity{1}	0.008	-12.419	0.002	0.000	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.001	-0.002	-0.001	0.299	0.000	0.071
	Pressure 1{1}	0.001	-0.003	0.010	-0.001	-0.005	0.000
	User 1{1}	0.003	0.000	-0.011	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.010	-12.424	0.011	0.298	-0.005	0.071
	G RTP1+U1{1}	0.013	-12.424	0.000	0.298	-0.005	0.071
+1	Gravity{1}	0.014	-12.416	0.003	0.000	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	-0.001	0.000	0.258	0.001	0.072
	Pressure 1{1}	0.005	0.000	-0.048	-0.001	0.004	0.000
	User 1{1}	0.003	0.000	-0.012	0.000	0.001	0.000
	G RTP1{1}	0.019	-12.416	-0.044	0.258	0.004	0.072
	G RTP1+U1{1}	0.022	-12.416	-0.057	0.258	0.005	0.072
A08 N	Gravity{1}	0.010	-12.426	0.002	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.004	0.000	0.228	0.000	0.029
	Pressure 1{1}	-0.020	0.002	0.183	-0.001	-0.011	0.000
	User 1{1}	0.002	0.000	-0.009	0.000	-0.002	0.000
	G RTP1{1}	-0.010	-12.420	0.186	0.228	-0.011	0.029
	G RTP1+U1{1}	-0.008	-12.420	0.176	0.228	-0.013	0.029
A08 F	Gravity{1}	0.010	-12.426	0.001	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	-0.005	0.000	0.228	0.000	0.029
	Pressure 1{1}	-0.025	0.002	0.219	-0.001	-0.010	0.000
	User 1{1}	0.001	0.000	-0.002	0.000	-0.002	0.000
	G RTP1{1}	-0.015	-12.429	0.220	0.228	-0.010	0.029
	G RTP1+U1{1}	-0.014	-12.428	0.217	0.228	-0.012	0.029

D I S P L A C E M E N T S

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm )			ROTATIONS (deg )		
		X	Y	Z	X	Y	Z
+1	Gravity{1}	0.008	-12.416	0.000	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.001	0.000	0.221	0.000	-0.008
	Pressure 1{1}	0.006	-0.001	-0.059	-0.001	0.003	0.000
	User 1{1}	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000
	G RTP1{1}	0.013	-12.416	-0.059	0.221	0.003	-0.008
	G RTP1+U1{1}	0.013	-12.416	-0.058	0.221	0.003	-0.008
A29	Gravity{1}	0.006	-12.419	0.000	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.213	0.000	0.002
	Pressure 1{1}	0.000	0.002	0.016	-0.001	-0.001	0.000
	User 1{1}	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.006	-12.418	0.016	0.214	-0.001	0.002
	G RTP1+U1{1}	0.006	-12.418	0.016	0.214	-0.001	0.002
+1	Gravity{1}	0.002	-12.418	0.000	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.206	0.000	-0.001
	Pressure 1{1}	0.000	0.000	-0.004	-0.001	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.002	-12.418	-0.004	0.206	0.000	-0.001
	G RTP1+U1{1}	0.002	-12.419	-0.004	0.206	0.000	-0.001
A10	Gravity{1}	0.006	-12.418	0.000	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.199	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	0.000	-0.002	0.001	-0.001	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.006	-12.420	0.001	0.199	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.006	-12.421	0.001	0.199	0.000	0.000
+1	Gravity{1}	0.010	-12.418	0.000	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.191	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.010	-12.418	0.000	0.192	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.010	-12.418	0.000	0.192	0.000	0.000
A11	Gravity{1}	0.006	-12.418	0.000	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.184	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.007	-12.417	0.000	0.184	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.007	-12.416	0.000	0.184	0.000	0.000
+1	Gravity{1}	0.004	-12.418	0.000	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.176	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.003	-12.419	0.000	0.177	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.003	-12.418	0.000	0.177	0.000	0.000

D I S P L A C E M E N T S

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm )			ROTATIONS (deg )		
		X	Y	Z	X	Y	Z
A12	Gravity{1}	0.004	-12.418	0.000	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.169	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.007	-12.418	0.000	0.169	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.007	-12.418	0.000	0.169	0.000	0.000
+1	Gravity{1}	0.002	-12.418	0.000	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.161	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	-0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.001	-12.417	0.000	0.162	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.001	-12.418	0.000	0.162	0.000	0.000
A13	Gravity{1}	0.009	-12.418	0.000	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.154	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	0.001	-0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.011	-12.423	0.000	0.155	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.011	-12.425	0.000	0.155	0.000	0.000
+1	Gravity{1}	0.014	-12.418	0.000	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.146	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	-0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.013	-12.416	0.000	0.147	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.013	-12.417	0.000	0.147	0.000	0.000
A14	Gravity{1}	0.022	-12.418	0.000	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.139	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	0.001	-0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.023	-12.425	0.000	0.140	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.023	-12.425	0.000	0.140	0.000	0.000
+1	Gravity{1}	0.037	-12.418	0.000	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.131	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	-0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.036	-12.419	0.000	0.133	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.036	-12.417	0.000	0.133	0.000	0.000
A15	Gravity{1}	0.019	-12.418	0.000	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.124	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	0.001	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.020	-12.409	0.000	0.125	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.020	-12.406	0.000	0.125	0.000	0.000

D I S P L A C E M E N T S

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm )			ROTATIONS (deg )		
		X	Y	Z	X	Y	Z
+1	Gravity{1}	0.000	-12.418	0.000	0.002	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.117	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	-0.001	-12.419	0.000	0.118	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	-0.001	-12.417	0.000	0.118	0.000	0.000
A16	Gravity{1}	0.017	-12.418	0.000	0.002	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.109	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	0.003	-0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.020	-12.426	0.000	0.110	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.020	-12.428	0.000	0.110	0.000	0.000
+1	Gravity{1}	0.033	-12.418	0.000	0.002	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.102	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	-0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.032	-12.418	0.000	0.103	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.032	-12.422	0.000	0.103	0.000	0.000
A17	Gravity{1}	0.019	-12.418	0.000	0.002	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.094	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	0.003	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	-0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.021	-12.412	0.000	0.096	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.021	-12.415	0.000	0.096	0.000	0.000
+1	Gravity{1}	0.007	-12.418	0.000	0.002	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.087	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	-0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.006	-12.420	0.000	0.088	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.006	-12.420	0.000	0.088	0.000	0.000
A18	Gravity{1}	0.014	-12.418	0.000	0.002	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.079	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.014	-12.420	0.000	0.081	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.014	-12.416	0.000	0.081	0.000	0.000
+1	Gravity{1}	0.017	-12.418	0.000	0.002	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.072	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.017	-12.418	0.000	0.074	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.017	-12.413	0.000	0.074	0.000	0.000



Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 7

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

D I S P L A C E M E N T S

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm )			ROTATIONS (deg )		
		X	Y	Z	X	Y	Z
A19	Gravity{1}	0.015	-12.418	0.000	0.002	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.064	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.017	-12.418	0.001	0.066	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.017	-12.415	0.001	0.066	0.000	0.000
+1	Gravity{1}	0.011	-12.418	0.000	0.002	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.057	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	-0.001	0.001	-0.004	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	-0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.010	-12.417	-0.004	0.059	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.010	-12.420	-0.004	0.059	0.000	0.000
A20	Gravity{1}	0.021	-12.419	0.000	0.002	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.049	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	0.004	-0.006	0.015	0.000	0.001	0.000
	User 1{1}	0.000	-0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.025	-12.425	0.015	0.051	0.001	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.025	-12.432	0.015	0.051	0.001	0.000
+1	Gravity{1}	0.033	-12.416	0.000	0.002	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.042	0.000	0.001
	Pressure 1{1}	-0.008	0.000	-0.056	0.000	-0.003	0.000
	User 1{1}	0.000	-0.005	-0.001	0.000	0.001	0.000
	G RTP1{1}	0.025	-12.416	-0.056	0.044	-0.003	0.001
	G RTP1+U1{1}	0.025	-12.421	-0.057	0.044	-0.002	0.001
A21 N	Gravity{1}	0.023	-12.426	0.000	0.002	0.001	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	-0.001	0.000	0.035	0.000	-0.004
	Pressure 1{1}	0.029	0.004	0.211	0.000	0.010	0.000
	User 1{1}	0.001	-0.002	0.002	0.000	-0.002	0.000
	G RTP1{1}	0.052	-12.423	0.211	0.037	0.012	-0.004
	G RTP1+U1{1}	0.053	-12.424	0.213	0.037	0.010	-0.004
A21 F	Gravity{1}	0.022	-12.426	-0.003	0.002	0.001	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.001	0.000	0.035	0.000	-0.004
	Pressure 1{1}	0.024	0.004	0.176	0.000	0.011	0.000
	User 1{1}	0.002	-0.001	0.009	0.000	-0.002	0.000
	G RTP1{1}	0.047	-12.421	0.172	0.037	0.012	-0.004
	G RTP1+U1{1}	0.048	-12.422	0.181	0.037	0.010	-0.004
+1	Gravity{1}	0.016	-12.416	-0.005	0.002	0.000	-0.001
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.030	0.000	-0.009
	Pressure 1{1}	-0.007	-0.002	-0.047	0.000	-0.003	0.000
	User 1{1}	0.003	0.004	0.012	0.000	0.001	0.000
	G RTP1{1}	0.008	-12.418	-0.051	0.032	-0.003	-0.009
	G RTP1+U1{1}	0.011	-12.414	-0.040	0.032	-0.003	-0.009

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 8

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

D I S P L A C E M E N T S

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm )			ROTATIONS (deg )		
		X	Y	Z	X	Y	Z
A30	Gravity{1}	0.014	-12.419	-0.003	0.002	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.028	0.000	-0.007
	Pressure 1{1}	0.003	0.002	0.012	0.000	0.001	0.000
	User 1{1}	0.003	0.009	0.011	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.017	-12.416	0.009	0.030	0.001	-0.007
	G RTP1+U1{1}	0.020	-12.407	0.020	0.030	0.001	-0.007
+1	Gravity{1}	0.011	-12.418	-0.003	0.002	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.025	0.000	-0.006
	Pressure 1{1}	-0.001	-0.001	-0.003	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.003	0.006	0.012	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.009	-12.419	-0.006	0.027	0.000	-0.007
	G RTP1+U1{1}	0.012	-12.413	0.006	0.027	0.000	-0.007
A23	Gravity{1}	0.011	-12.418	-0.003	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.022	0.000	-0.006
	Pressure 1{1}	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.003	-0.002	0.012	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.013	-12.417	-0.002	0.024	0.000	-0.006
	G RTP1+U1{1}	0.016	-12.419	0.010	0.024	0.000	-0.006
+1	Gravity{1}	0.009	-12.420	-0.002	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000	-0.005
	Pressure 1{1}	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.003	-0.009	0.012	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.008	-12.420	-0.002	0.021	0.000	-0.005
	G RTP1+U1{1}	0.011	-12.429	0.010	0.021	0.000	-0.005
A24	Gravity{1}	0.010	-12.414	-0.003	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000	-0.004
	Pressure 1{1}	0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.003	-0.010	0.011	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.012	-12.415	-0.003	0.018	0.000	-0.004
	G RTP1+U1{1}	0.015	-12.425	0.008	0.018	0.000	-0.004
+1	Gravity{1}	0.015	-12.436	-0.004	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	-0.003
	Pressure 1{1}	-0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.003	-0.004	0.011	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.014	-12.437	-0.003	0.015	0.000	-0.004
	G RTP1+U1{1}	0.017	-12.441	0.007	0.015	0.000	-0.004
A25	Gravity{1}	0.005	-12.354	-0.001	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	-0.003
	Pressure 1{1}	0.001	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.003	0.007	0.011	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.006	-12.349	-0.002	0.012	0.000	-0.003
	G RTP1+U1{1}	0.009	-12.341	0.009	0.012	0.000	-0.003

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 9

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

D I S P L A C E M E N T S

Point name	Load combination	TRANSLATIONS (mm )			ROTATIONS (deg )		
		X	Y	Z	X	Y	Z
+1	Gravity{1}	-0.009	-12.657	0.002	0.001	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.008	0.000	-0.002
	Pressure 1{1}	-0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.003	0.008	0.011	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	-0.010	-12.656	0.003	0.009	0.000	-0.002
	G RTP1+U1{1}	-0.007	-12.649	0.014	0.009	0.000	-0.002
A26	Gravity{1}	0.009	-11.527	-0.002	0.000	0.000	-0.001
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	-0.001
	Pressure 1{1}	0.002	-0.010	-0.001	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.003	0.023	0.011	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.012	-11.537	-0.003	0.006	0.000	-0.002
	G RTP1+U1{1}	0.014	-11.513	0.008	0.006	0.000	-0.002
+1	Gravity{1}	0.032	-15.746	-0.008	0.000	0.000	0.001
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	-0.001
	Pressure 1{1}	-0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.004	0.008	0.015	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.031	-15.743	-0.008	0.003	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.035	-15.736	0.008	0.003	0.000	0.000
A27	Gravity{1}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Thermal 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Pressure 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	User 1{1}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1{1}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	G RTP1+U1{1}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

\*\*\* Segment A end \*\*\*

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 10

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

GLOBAL FORCES & MOMENTS

Point name	Load combination	FORCES (N )				MOMENTS (N.m )			
		X	Y	Z	Result	X	Y	Z	Result
*** Segment A begin ***									
A00	Gravity{1}	21	0	-5	21	12	0	40	42
	Thermal 1{1}	.10E+10	-.3E+07	-.3E+09	.10E+10	-412	17268	-132	17274
	Pressure 1{1}	285302	-884	-71325	294084	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	.10E+10	-.3E+07	-.3E+09	.10E+10	-400	17268	-91	17273
	G RTP1+U1{1}	.10E+10	-.3E+07	-.3E+09	.10E+10	-400	17268	-91	17272
+1	- Gravity{1}	21	0	-5	21	-7	0	-33	33
	Thermal 1{1}	.10E+10	-.3E+07	-.3E+09	.10E+10	-418	-34508	486	34514
	Pressure 1{1}	285302	-884	-71325	294084	0	1	0	1
	User 1{1}	0	0	0	0	0	1	0	1
	G RTP1{1}	.10E+10	-.3E+07	-.3E+09	.10E+10	-425	-34507	454	34513
	G RTP1+U1{1}	.10E+10	-.3E+07	-.3E+09	.10E+10	-425	-34506	454	34512
+1	+ Gravity{1}	-361	1	90	372	-7	0	-33	33
	Thermal 1{1}	.10E+10	-.3E+07	-.3E+09	.10E+10	-418	-34508	486	34514
	Pressure 1{1}	285291	-884	-71323	294073	0	1	0	1
	User 1{1}	1	0	0	1	0	1	0	1
	G RTP1{1}	.10E+10	-.3E+07	-.3E+09	.10E+10	-425	-34507	454	34513
	G RTP1+U1{1}	.10E+10	-.3E+07	-.3E+09	.10E+10	-425	-34506	454	34512
A01	- Gravity{1}	-361	1	90	372	8	0	25	26
	Thermal 1{1}	.10E+10	-.3E+07	-.3E+09	.10E+10	-236	120619	-709	120622
	Pressure 1{1}	285291	-884	-71323	294073	0	-3	-1	3
	User 1{1}	1	0	0	1	0	-3	0	3
	G RTP1{1}	.10E+10	-.3E+07	-.3E+09	.10E+10	-228	120616	-685	120619
	G RTP1+U1{1}	.10E+10	-.3E+07	-.3E+09	.10E+10	-228	120613	-685	120616
A01	+ Gravity{1}	-519	-2	130	534	8	0	25	26
	Thermal 1{1}	.10E+104478263	-.3E+09	.10E+10		-236	120619	-709	120622
	Pressure 1{1}	286817	1262	-71704	295646	0	-3	-1	3
	User 1{1}	-1	0	0	2	0	-3	0	3
	G RTP1{1}	.10E+104479523	-.3E+09	.10E+10		-228	120616	-685	120619
	G RTP1+U1{1}	.10E+104479523	-.3E+09	.10E+10		-228	120613	-685	120616
+1	- Gravity{1}	-519	-2	130	534	-12	1	-54	55
	Thermal 1{1}	.10E+104478263	-.3E+09	.10E+10		2738	-448524	1170	448534
	Pressure 1{1}	286817	1262	-71704	295646	1	11	2	11
	User 1{1}	-1	0	0	2	0	11	0	11
	G RTP1{1}	.10E+104479523	-.3E+09	.10E+10		2726	-448512	1118	448521
	G RTP1+U1{1}	.10E+104479523	-.3E+09	.10E+10		2726	-448501	1118	448511
+1	+ Gravity{1}	568	2	-142	585	-12	1	-54	55
	Thermal 1{1}	.99E+094364644	-.2E+09	.10E+10		2738	-448524	1170	448534
	Pressure 1{1}	286071	1259	-71518	294878	1	11	2	11
	User 1{1}	7	0	-2	7	0	11	0	11
	G RTP1{1}	.99E+094365905	-.2E+09	.10E+10		2726	-448512	1118	448521
	G RTP1+U1{1}	.99E+094365905	-.2E+09	.10E+10		2726	-448501	1118	448511

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 11

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

GLOBAL FORCES & MOMENTS

Point name	Load combination	FORCES (N )				MOMENTS (N.m )			
		X	Y	Z	Result	X	Y	Z	Result
A02 N	Gravity{1}	12122	1649	-722	12255	47	-3	183	189
	Thermal 1{1}	.49E+09	5085-.4E+08	.49E+09		-7971	1671208	-4357	1671233
	Pressure 1{1}	282976	-38	-17006	283486	-1	-44	-7	44
	User 1{1}	254	11	281	379	1	-41	2	41
	GRTPl{1}	.49E+09	6696-.4E+08	.49E+09		-7925	1671162	-4182	1671186
	GRTPl+U1{1}	.49E+09	6708-.4E+08	.49E+09		-7925	1671121	-4180	1671145
A02 F-	Gravity{1}	12122	865	-722	12175	19	1	-168	169
	Thermal 1{1}	.49E+09	5114-.4E+08	.49E+09		-7425-1784988		1564	1785004
	Pressure 1{1}	282976	-38	-17007	283486	-1	10	8	13
	User 1{1}	254	11	281	379	0	42	-2	42
	GRTPl{1}	.49E+09	5942-.4E+08	.49E+09		-7406-1784977		1403	1784993
	GRTPl+U1{1}	.49E+09	5953-.4E+08	.49E+09		-7406-1784934		1402	1784950
A02 F+	Gravity{1}	501	-3	63	505	19	1	-168	169
	Thermal 1{1}	.19E+08	-821082429508	.20E+08		-7425-1784988		1564	1785004
	Pressure 1{1}	291874	-1235	36484	294148	-1	10	8	13
	User 1{1}	12	0	1	12	0	42	-2	42
	GRTPl{1}	.20E+08	-833462466055	.20E+08		-7407-1784977		1403	1784993
	GRTPl+U1{1}	.20E+08	-833462466056	.20E+08		-7406-1784934		1402	1784950
+1 -	Gravity{1}	501	-3	63	505	-8	0	45	45
	Thermal 1{1}	.19E+08	-821082429508	.20E+08		2403	477097	-467	477104
	Pressure 1{1}	291874	-1235	36484	294148	1	-3	-2	4
	User 1{1}	12	0	1	12	0	-11	0	11
	GRTPl{1}	.20E+08	-833462466055	.20E+08		2396	477094	-424	477100
	GRTPl+U1{1}	.20E+08	-833462466056	.20E+08		2396	477082	-424	477089
+1 +	Gravity{1}	-178	1	-22	179	-8	0	45	45
	Thermal 1{1}	-.5E+07	19786-5855854711517			2403	477097	-467	477104
	Pressure 1{1}	292664	-1239	36583	294945	1	-3	-2	4
	User 1{1}	-3	0	0	3	0	-11	0	11
	GRTPl{1}	-.4E+07	18548-5490244416751			2396	477094	-424	477100
	GRTPl+U1{1}	-.4E+07	18548-5490244416754			2396	477082	-424	477089
A28 -	Gravity{1}	-178	1	-22	179	0	0	-12	12
	Thermal 1{1}	-.5E+07	19786-5855854711517			-236	-126729	200	126729
	Pressure 1{1}	292664	-1239	36583	294945	0	1	1	2
	User 1{1}	-3	0	0	3	0	3	0	3
	GRTPl{1}	-.4E+07	18548-5490244416751			-236	-126727	188	126728
	GRTPl+U1{1}	-.4E+07	18548-5490244416754			-236	-126724	188	126725
A28 +	Gravity{1}	-33	0	-4	33	0	0	-12	12
	Thermal 1{1}	1106888	-3624	1386801115548		-236	-126729	200	126729
	Pressure 1{1}	291788	-956	36474	294061	0	1	1	2
	User 1{1}	1	0	0	1	0	3	0	3
	GRTPl{1}	1398644	-4580	1751491409575		-236	-126727	188	126728
	GRTPl+U1{1}	1398644	-4580	1751491409576		-236	-126724	188	126725

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 12

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

GLOBAL FORCES & MOMENTS

Point name	Load combination	FORCES (N )				MOMENTS (N.m )			
		X	Y	Z	Result	X	Y	Z	Result
+1 -	Gravity{1}	-33	0	-4	33	-2	0	3	4
	Thermal 1{1}	1106888	-3624	1386801	115548	319	33899	-27	33900
	Pressure 1{1}	291788	-956	36474	294061	0	-2	0	2
	User 1{1}	1	0	0	1	0	-1	0	1
	G RTP1{1}	1398644	-4580	1751491	409575	317	33897	-24	33899
	G RTP1+U1{1}	1398644	-4580	1751491	409576	317	33896	-24	33898
+1 +	Gravity{1}	12	0	1	12	-2	0	3	4
	Thermal 1{1}	-268208	878	-33611	270308	319	33899	-27	33900
	Pressure 1{1}	291816	-956	36477	294089	0	-2	0	2
	User 1{1}	0	0	0	0	0	-1	0	1
	G RTP1{1}	23620	-77	2867	23793	317	33897	-24	33899
	G RTP1+U1{1}	23619	-77	2867	23793	317	33896	-24	33898
A04 -	Gravity{1}	12	0	1	12	-2	0	-1	2
	Thermal 1{1}	-268208	878	-33611	270308	170	-9100	39	9101
	Pressure 1{1}	291816	-956	36477	294089	0	5	0	5
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	23620	-77	2867	23793	168	-9094	38	9096
	G RTP1+U1{1}	23619	-77	2867	23793	168	-9094	38	9096
A04 +	Gravity{1}	53	0	7	54	-2	0	-1	2
	Thermal 1{1}	65618	-230	8225	66132	170	-9100	39	9101
	Pressure 1{1}	291812	-1021	36476	294085	0	5	0	5
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	357483	-1251	44708	360270	168	-9094	38	9096
	G RTP1+U1{1}	357483	-1251	44708	360270	168	-9094	38	9096
+1 -	Gravity{1}	53	0	7	54	-2	0	0	2
	Thermal 1{1}	65618	-230	8225	66132	211	2433	29	2443
	Pressure 1{1}	291812	-1021	36476	294085	0	-19	0	19
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	357483	-1251	44708	360270	210	2415	29	2424
	G RTP1+U1{1}	357483	-1251	44708	360270	210	2415	29	2424
+1 +	Gravity{1}	-172	1	-21	173	-2	0	0	2
	Thermal 1{1}	-15862	56	-1989	15987	211	2433	29	2443
	Pressure 1{1}	291802	-1021	36475	294074	0	-19	0	19
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	275768	-965	34465	277915	210	2415	29	2424
	G RTP1+U1{1}	275767	-965	34465	277914	210	2415	29	2424
A05 -	Gravity{1}	-172	1	-21	173	-2	-1	0	2
	Thermal 1{1}	-15862	56	-1989	15987	205	-655	-4	686
	Pressure 1{1}	291802	-1021	36475	294074	1	70	-1	70
	User 1{1}	0	0	0	0	0	-2	0	2
	G RTP1{1}	275768	-965	34465	277915	203	-585	-5	620
	G RTP1+U1{1}	275767	-965	34465	277914	203	-587	-5	621

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 13

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

GLOBAL FORCES & MOMENTS

Point name	Load combination	FORCES (N )				MOMENTS (N.m )			
		X	Y	Z	Result	X	Y	Z	Result
A05 +	Gravity{1}	-141	0	-18	142	-2	-1	0	2
	Thermal 1{1}	3839	-4	481	3869	205	-655	-4	686
	Pressure 1{1}	291851	-263	36481	294122	1	70	-1	70
	User 1{1}	1	0	0	1	0	-2	0	2
	GRTPl{1}	295548	-266	36944	297848	203	-585	-5	620
	GRTPl+U1{1}	295549	-266	36945	297850	203	-587	-5	621
+1 -	Gravity{1}	-141	0	-18	142	-2	2	-1	3
	Thermal 1{1}	3839	-4	481	3869	188	151	138	278
	Pressure 1{1}	291851	-263	36481	294122	0	-262	5	262
	User 1{1}	1	0	0	1	0	7	0	7
	GRTPl{1}	295548	-266	36944	297848	185	-109	142	258
	GRTPl+U1{1}	295549	-266	36945	297850	185	-102	142	255
+1 +	Gravity{1}	-50	0	-6	50	-2	2	-1	3
	Thermal 1{1}	-942	2	-118	949	188	151	138	278
	Pressure 1{1}	291653	-262	36459	293923	0	-262	5	262
	User 1{1}	-5	0	-1	5	0	7	0	7
	GRTPl{1}	290661	-260	36335	292924	185	-109	142	258
	GRTPl+U1{1}	290656	-260	36334	292918	185	-102	142	255
A31 N-	Gravity{1}	-50	0	-6	50	-2	-9	1	10
	Thermal 1{1}	-942	2	-118	949	255	49	-398	475
	Pressure 1{1}	291653	-262	36459	293923	4	977	-17	977
	User 1{1}	-5	0	-1	5	0	-26	0	26
	GRTPl{1}	290661	-260	36335	292924	256	1017	-414	1128
	GRTPl+U1{1}	290656	-260	36334	292918	256	992	-414	1105
A31 N+	Gravity{1}	-2433	5	-501	2484	-2	-9	1	10
	Thermal 1{1}	5370	-929	-694	5494	255	49	-398	475
	Pressure 1{1}	284715	-51	61048	291186	4	977	-17	977
	User 1{1}	-196	4	520	556	0	-26	0	26
	GRTPl{1}	287653	-975	59853	293815	256	1017	-414	1128
	GRTPl+U1{1}	287456	-971	60373	293730	256	992	-414	1105
+1 -	Gravity{1}	-2433	5	-501	2484	-2	-4	1	4
	Thermal 1{1}	5370	-929	-695	5494	244	-43	-357	435
	Pressure 1{1}	284721	-52	61019	291186	0	420	-1	420
	User 1{1}	-196	4	520	556	0	0	0	0
	GRTPl{1}	287659	-975	59823	293815	242	373	-358	571
	GRTPl+U1{1}	287463	-971	60344	293730	242	373	-358	571
+1 +	Gravity{1}	-2432	5	-501	2484	-2	-4	1	4
	Thermal 1{1}	5368	-929	-694	5492	244	-43	-357	435
	Pressure 1{1}	284714	-51	61054	291186	0	420	-1	420
	User 1{1}	-196	4	520	556	0	0	0	0
	GRTPl{1}	287650	-975	59859	293813	242	373	-358	571
	GRTPl+U1{1}	287454	-971	60379	293728	242	373	-358	571

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 14

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

GLOBAL FORCES & MOMENTS

Point name	Load combination	FORCES (N )				MOMENTS (N.m )			
		X	Y	Z	Result	X	Y	Z	Result
A31 F-	Gravity{1}	-2433	5	-500	2484	-2	9	0	9
	Thermal 1{1}	5368	-929	-696	5492	231	-150	-316	419
	Pressure 1{1}	284743	-53	60918	291186	-4	-954	18	954
	User 1{1}	-196	4	520	556	0	25	0	25
	G RTP1{1}	287678	-977	59721	293813	224	-1095	-297	1157
	G RTP1+U1{1}	287483	-972	60241	293728	224	-1070	-297	1133
A31 F+	Gravity{1}	-81	0	-20	83	-2	9	0	9
	Thermal 1{1}	189	-1	48	194	231	-150	-316	419
	Pressure 1{1}	284532	142	71135	293289	-4	-954	18	954
	User 1{1}	-2	0	-1	3	0	25	0	25
	G RTP1{1}	284639	141	71163	293400	224	-1095	-297	1157
	G RTP1+U1{1}	284637	141	71162	293398	224	-1070	-297	1133
+1 -	Gravity{1}	-81	0	-20	83	-2	-2	-1	3
	Thermal 1{1}	189	-1	48	194	121	41	122	177
	Pressure 1{1}	284532	142	71135	293289	1	252	-5	252
	User 1{1}	-2	0	-1	3	0	-7	0	7
	G RTP1{1}	284639	141	71163	293400	120	291	116	336
	G RTP1+U1{1}	284637	141	71162	293398	120	283	116	329
+1 +	Gravity{1}	-18	0	-4	18	-2	-2	-1	3
	Thermal 1{1}	-46	0	-12	47	121	41	122	177
	Pressure 1{1}	284585	142	71146	293343	1	252	-5	252
	User 1{1}	1	0	0	1	0	-7	0	7
	G RTP1{1}	284522	142	71130	293278	120	291	116	336
	G RTP1+U1{1}	284522	142	71130	293279	120	283	116	329
A07 -	Gravity{1}	-18	0	-4	18	-2	0	0	2
	Thermal 1{1}	-46	0	-12	47	141	-12	42	148
	Pressure 1{1}	284585	142	71146	293343	0	-56	1	56
	User 1{1}	1	0	0	1	0	5	0	5
	G RTP1{1}	284522	142	71130	293278	139	-68	43	160
	G RTP1+U1{1}	284522	142	71130	293279	139	-63	43	159
A07 +	Gravity{1}	-54	0	-13	55	-2	0	0	2
	Thermal 1{1}	11	0	3	11	141	-12	42	148
	Pressure 1{1}	283304	340	70826	292023	0	-56	1	56
	User 1{1}	-1	0	0	1	0	5	0	5
	G RTP1{1}	283262	340	70816	291980	139	-68	43	160
	G RTP1+U1{1}	283260	340	70815	291978	139	-63	43	159
+1 -	Gravity{1}	-54	0	-13	55	-2	2	-1	3
	Thermal 1{1}	11	0	3	11	171	3	-76	187
	Pressure 1{1}	283304	340	70826	292023	0	-30	1	30
	User 1{1}	-1	0	0	1	0	-11	0	11
	G RTP1{1}	283262	340	70816	291980	169	-25	-76	187
	G RTP1+U1{1}	283260	340	70815	291978	169	-36	-76	189



Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 15

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

GLOBAL FORCES & MOMENTS

Point name	Load combination	FORCES (N )				MOMENTS (N.m )			
		X	Y	Z	Result	X	Y	Z	Result
+1 +	Gravity{1}	40	0	10	41	-2	2	-1	3
	Thermal 1{1}	-3	-1	-1	3	171	3	-76	187
	Pressure 1{1}	282933	340	70734	291641	0	-30	1	30
	User 1{1}	5	0	1	6	0	-11	0	11
	G RTP1{1}	282971	338	70743	291680	169	-25	-76	187
	G RTP1+U1{1}	282976	338	70745	291686	169	-36	-76	189
A08 N	Gravity{1}	676	263	172	745	-2	-7	1	8
	Thermal 1{1}	18	-148	7	150	33	0	476	477
	Pressure 1{1}	283957	261	37541	286428	0	178	-3	178
	User 1{1}	243	-3	-379	450	0	38	0	38
	G RTP1{1}	284650	376	37720	287139	31	170	474	505
	G RTP1+U1{1}	284893	373	37341	287330	31	208	474	518
A08 F-	Gravity{1}	676	-257	172	743	0	7	1	8
	Thermal 1{1}	18	-148	7	150	29	1	504	504
	Pressure 1{1}	283956	261	37548	286428	0	-183	1	183
	User 1{1}	243	-3	-379	451	0	-39	0	39
	G RTP1{1}	284649	-144	37727	287139	29	-176	506	536
	G RTP1+U1{1}	284892	-148	37347	287330	29	-214	506	550
A08 F+	Gravity{1}	20	0	0	20	0	7	1	8
	Thermal 1{1}	1	1	0	1	29	1	504	504
	Pressure 1{1}	290922	204	0	290923	0	-183	1	183
	User 1{1}	10	0	0	10	0	-39	0	39
	G RTP1{1}	290944	205	0	290944	29	-176	506	536
	G RTP1+U1{1}	290954	205	1	290954	29	-214	506	550
+1 -	Gravity{1}	20	0	0	20	0	-2	0	2
	Thermal 1{1}	1	1	0	1	29	0	-135	138
	Pressure 1{1}	290922	204	0	290923	0	50	0	50
	User 1{1}	10	0	0	10	0	10	0	10
	G RTP1{1}	290944	205	0	290944	29	47	-136	146
	G RTP1+U1{1}	290954	205	1	290954	29	58	-136	150
+1 +	Gravity{1}	18	0	0	18	0	-2	0	2
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	-135	138
	Pressure 1{1}	291271	204	0	291271	0	50	0	50
	User 1{1}	-2	0	0	2	0	10	0	10
	G RTP1{1}	291289	204	0	291289	29	47	-136	146
	G RTP1+U1{1}	291286	204	0	291286	29	58	-136	150
A29 -	Gravity{1}	18	0	0	18	0	1	0	1
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	1	36	46
	Pressure 1{1}	291271	204	0	291271	0	-13	0	13
	User 1{1}	-2	0	0	2	0	-3	0	3
	G RTP1{1}	291289	204	0	291289	29	-12	36	48
	G RTP1+U1{1}	291286	204	0	291286	29	-15	36	49

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 16

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

GLOBAL FORCES & MOMENTS

Point name	Load combination	FORCES (N )				MOMENTS (N.m )				
		X	Y	Z	Result	X	Y	Z	Result	
A29	+	Gravity{1}	35	0	0	35	0	1	0	1
		Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	1	36	46
		Pressure 1{1}	290495	87	0	290495	0	-13	0	13
		User 1{1}	1	0	0	1	0	-3	0	3
		G RTP1{1}	290529	87	0	290529	29	-12	36	48
		G RTP1+U1{1}	290530	87	0	290530	29	-15	36	49
+1	-	Gravity{1}	35	0	0	35	0	0	0	0
		Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	-10	30
		Pressure 1{1}	290495	87	0	290495	0	4	0	4
		User 1{1}	1	0	0	1	0	1	0	1
		G RTP1{1}	290529	87	0	290529	29	3	-10	30
		G RTP1+U1{1}	290530	87	0	290530	29	4	-10	30
+1	+	Gravity{1}	-37	0	0	37	0	0	0	0
		Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	-10	30
		Pressure 1{1}	290498	87	0	290498	0	4	0	4
		User 1{1}	0	0	0	0	0	1	0	1
		G RTP1{1}	290460	87	0	290460	29	3	-10	30
		G RTP1+U1{1}	290460	87	0	290460	29	4	-10	30
A10	-	Gravity{1}	-37	0	0	37	0	0	0	0
		Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	-1	3	29
		Pressure 1{1}	290498	87	0	290498	0	-1	0	1
		User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
		G RTP1{1}	290460	87	0	290460	29	-2	3	29
		G RTP1+U1{1}	290460	87	0	290460	29	-2	3	29
A10	+	Gravity{1}	-37	0	0	37	0	0	0	0
		Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	-1	3	29
		Pressure 1{1}	290497	232	0	290498	0	-1	0	1
		User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
		G RTP1{1}	290461	232	0	290461	29	-2	3	29
		G RTP1+U1{1}	290461	232	0	290461	29	-2	3	29
+1	-	Gravity{1}	-37	0	0	37	0	0	0	0
		Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	-1	29
		Pressure 1{1}	290497	232	0	290498	0	0	0	0
		User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
		G RTP1{1}	290461	232	0	290461	29	0	-1	29
		G RTP1+U1{1}	290461	232	0	290461	29	0	-1	29
+1	+	Gravity{1}	33	0	0	33	0	0	0	0
		Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	-1	29
		Pressure 1{1}	290495	232	0	290496	0	0	0	0
		User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
		G RTP1{1}	290529	232	0	290529	29	0	-1	29
		G RTP1+U1{1}	290529	232	0	290529	29	0	-1	29

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 17

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

G L O B A L F O R C E S & M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N )				MOMENTS (N.m )			
		X	Y	Z	Result	X	Y	Z	Result
A11 -	Gravity{1}	33	0	0	33	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	1	0	29
	Pressure 1{1}	290495	232	0	290496	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	290529	232	0	290529	29	1	0	29
	G RTP1+U1{1}	290529	232	0	290529	29	1	0	29
A11 +	Gravity{1}	23	0	0	23	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	1	0	29
	Pressure 1{1}	290505	116	0	290505	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	290528	116	0	290528	29	1	0	29
	G RTP1+U1{1}	290528	116	0	290528	29	1	0	29
+1 -	Gravity{1}	23	0	0	23	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	0	29
	Pressure 1{1}	290505	116	0	290505	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	290528	116	0	290528	29	0	0	29
	G RTP1+U1{1}	290528	116	0	290528	29	0	0	29
+1 +	Gravity{1}	-3	0	0	3	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	0	29
	Pressure 1{1}	290467	116	0	290467	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	290464	116	0	290464	29	0	0	29
	G RTP1+U1{1}	290464	116	0	290464	29	0	0	29
A12 -	Gravity{1}	-3	0	0	3	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	0	29
	Pressure 1{1}	290467	116	0	290467	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	290464	116	0	290464	29	0	0	29
	G RTP1+U1{1}	290464	116	0	290464	29	0	0	29
A12 +	Gravity{1}	25	0	0	25	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	0	29
	Pressure 1{1}	289096	87	0	289096	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	289120	87	0	289120	29	0	0	29
	G RTP1+U1{1}	289120	87	0	289120	29	0	0	29
+1 -	Gravity{1}	25	0	0	25	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	0	29
	Pressure 1{1}	289096	87	0	289096	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	289120	87	0	289120	29	0	0	29
	G RTP1+U1{1}	289120	87	0	289120	29	0	0	29

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 18

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

GLOBAL FORCES & MOMENTS

Point name	Load combination	FORCES (N )				MOMENTS (N.m )				
		X	Y	Z	Result	X	Y	Z	Result	
+1	+	Gravity{1}	-72	0	0	72	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	0	0	29
	Pressure 1{1}	289040	87	0	289040	0	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	288968	87	0	288968	29	0	0	0	29
	G RTP1+U1{1}	288968	87	0	288968	29	0	0	0	29
A13	-	Gravity{1}	-72	0	0	72	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	-1	0	0	29
	Pressure 1{1}	289040	87	0	289040	0	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	288968	87	0	288968	29	-1	0	0	29
	G RTP1+U1{1}	288968	87	0	288968	29	-1	0	0	29
A13	+	Gravity{1}	-41	0	0	41	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	-1	0	0	29
	Pressure 1{1}	288365	375	0	288365	0	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	288324	375	0	288324	29	-1	0	0	29
	G RTP1+U1{1}	288324	375	0	288324	29	-1	0	0	29
+1	-	Gravity{1}	-41	0	0	41	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	1	0	0	29
	Pressure 1{1}	288365	375	0	288365	0	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	288324	375	0	288324	29	1	0	0	29
	G RTP1+U1{1}	288324	375	0	288324	29	1	0	0	29
+1	+	Gravity{1}	-79	0	0	79	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	1	0	0	29
	Pressure 1{1}	288326	375	0	288326	0	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	288246	375	0	288247	29	1	0	0	29
	G RTP1+U1{1}	288246	375	0	288247	29	1	0	0	29
A14	-	Gravity{1}	-79	0	0	79	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	-2	0	0	29
	Pressure 1{1}	288326	375	0	288326	0	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	288246	375	0	288247	29	-2	0	0	29
	G RTP1+U1{1}	288246	375	0	288247	29	-2	0	0	29
A14	+	Gravity{1}	-142	0	0	142	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	-2	0	0	29
	Pressure 1{1}	287646	834	0	287648	0	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	287504	834	0	287505	29	-2	0	0	29
	G RTP1+U1{1}	287504	834	0	287505	29	-2	0	0	29

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 19

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

G L O B A L F O R C E S & M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N )				MOMENTS (N.m )			
		X	Y	Z	Result	X	Y	Z	Result
+1	- Gravity{1}	-142	0	0	142	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	0	29
	Pressure 1{1}	287646	834	0	287648	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	287504	834	0	287505	29	0	0	29
	G RTP1+U1{1}	287504	834	0	287505	29	0	0	29
+1	+ Gravity{1}	173	1	0	173	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	0	29
	Pressure 1{1}	287607	834	0	287608	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	287779	835	0	287781	29	0	0	29
	G RTP1+U1{1}	287779	835	0	287781	29	0	0	29
A15	- Gravity{1}	173	1	0	173	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	2	0	29
	Pressure 1{1}	287607	834	0	287608	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	287779	835	0	287781	29	2	0	29
	G RTP1+U1{1}	287779	835	0	287781	29	2	0	29
A15	+ Gravity{1}	179	0	0	179	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	2	0	29
	Pressure 1{1}	286934	143	0	286934	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	287113	144	0	287113	29	2	0	29
	G RTP1+U1{1}	287113	144	0	287113	29	2	0	29
+1	- Gravity{1}	179	0	0	179	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	0	29
	Pressure 1{1}	286934	143	0	286934	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	287113	144	0	287113	29	0	0	29
	G RTP1+U1{1}	287113	144	0	287113	29	0	0	29
+1	+ Gravity{1}	-165	0	0	165	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	0	29
	Pressure 1{1}	286876	143	0	286876	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	286711	143	0	286711	29	0	0	29
	G RTP1+U1{1}	286711	143	0	286711	29	0	0	29
A16	- Gravity{1}	-165	0	0	165	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	-2	0	29
	Pressure 1{1}	286876	143	0	286876	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	286711	143	0	286711	29	-2	0	29
	G RTP1+U1{1}	286711	143	0	286711	29	-2	0	29

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 20

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

GLOBAL FORCES & MOMENTS

Point name	Load combination	FORCES (N )				MOMENTS (N.m )				
		X	Y	Z	Result	X	Y	Z	Result	
A16	+	Gravity{1}	-152	0	0	152	0	0	0	0
		Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	-2	0	29
		Pressure 1{1}	285513	742	0	285513	0	0	0	0
		User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
		G RTP1{1}	285360	742	0	285361	29	-2	0	29
		G RTP1+U1{1}	285360	742	0	285361	29	-2	0	29
+1	-	Gravity{1}	-152	0	0	152	0	0	0	0
		Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	0	29
		Pressure 1{1}	285513	742	0	285513	0	0	0	0
		User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
		G RTP1{1}	285360	742	0	285361	29	0	0	29
		G RTP1+U1{1}	285360	742	0	285361	29	0	0	29
+1	+	Gravity{1}	138	0	0	138	0	0	0	0
		Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	0	29
		Pressure 1{1}	285439	742	0	285440	0	0	0	0
		User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
		G RTP1{1}	285577	743	0	285577	29	0	0	29
		G RTP1+U1{1}	285577	743	0	285578	29	0	0	29
A17	-	Gravity{1}	138	0	0	138	0	0	0	0
		Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	1	0	29
		Pressure 1{1}	285439	742	0	285440	0	0	0	0
		User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
		G RTP1{1}	285577	743	0	285577	29	1	0	29
		G RTP1+U1{1}	285577	743	0	285578	29	1	0	29
A17	+	Gravity{1}	111	0	0	111	0	0	0	0
		Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	1	0	29
		Pressure 1{1}	284073	256	0	284073	0	0	0	0
		User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
		G RTP1{1}	284184	256	0	284184	29	1	0	29
		G RTP1+U1{1}	284184	256	0	284184	29	1	0	29
+1	-	Gravity{1}	111	0	0	111	0	0	0	0
		Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	0	29
		Pressure 1{1}	284073	256	0	284073	0	0	0	0
		User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
		G RTP1{1}	284184	256	0	284184	29	0	0	29
		G RTP1+U1{1}	284184	256	0	284184	29	0	0	29
+1	+	Gravity{1}	-62	0	0	62	0	0	0	0
		Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	0	29
		Pressure 1{1}	284033	256	0	284033	0	0	0	0
		User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
		G RTP1{1}	283971	256	0	283971	29	0	0	29
		G RTP1+U1{1}	283971	256	0	283971	29	0	0	29

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 21

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

G L O B A L F O R C E S & M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N )				MOMENTS (N.m )			
		X	Y	Z	Result	X	Y	Z	Result
A18 -	Gravity{1}	-62	0	0	62	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	0	29
	Pressure 1{1}	284033	256	0	284033	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	283971	256	0	283971	29	0	0	29
	G RTP1+U1{1}	283971	256	0	283971	29	0	0	29
A18 +	Gravity{1}	-36	0	0	36	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	0	29
	Pressure 1{1}	284047	426	0	284048	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	284011	426	0	284012	29	0	0	29
	G RTP1+U1{1}	284011	426	0	284012	29	0	0	29
+1 -	Gravity{1}	-36	0	0	36	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	0	29
	Pressure 1{1}	284047	426	0	284048	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	284011	426	0	284012	29	0	0	29
	G RTP1+U1{1}	284011	426	0	284012	29	0	0	29
+1 +	Gravity{1}	22	0	0	22	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	0	29
	Pressure 1{1}	284023	426	0	284024	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	284045	426	0	284046	29	0	0	29
	G RTP1+U1{1}	284045	426	0	284046	29	0	0	29
A19 -	Gravity{1}	22	0	0	22	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	0	29
	Pressure 1{1}	284023	426	0	284024	0	-1	0	1
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	284045	426	0	284046	29	-1	0	29
	G RTP1+U1{1}	284045	426	0	284046	29	-1	0	29
A19 +	Gravity{1}	40	0	0	40	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	0	29
	Pressure 1{1}	283351	340	0	283351	0	-1	0	1
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	283391	340	0	283391	29	-1	0	29
	G RTP1+U1{1}	283391	340	0	283391	29	-1	0	29
+1 -	Gravity{1}	40	0	0	40	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	-1	29
	Pressure 1{1}	283351	340	0	283351	0	4	0	4
	User 1{1}	0	0	0	0	0	-1	0	1
	G RTP1{1}	283391	340	0	283391	29	4	-1	29
	G RTP1+U1{1}	283391	340	0	283391	29	3	-1	29

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 22

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

GLOBAL FORCES & MOMENTS

Point name	Load combination	FORCES (N )				MOMENTS (N.m )				
		X	Y	Z	Result	X	Y	Z	Result	
+1	+	Gravity{1}	-96	0	0	96	0	0	0	0
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	-1	29	
	Pressure 1{1}	283271	340	0	283272	0	4	0	4	
	User 1{1}	-1	0	0	1	0	-1	0	1	
	G RTP1{1}	283175	340	0	283175	29	4	-1	29	
	G RTP1+U1{1}	283174	340	0	283174	29	3	-1	29	
A20	-	Gravity{1}	-96	0	0	96	0	-1	0	1
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	-1	5	29	
	Pressure 1{1}	283271	340	0	283272	0	-13	0	13	
	User 1{1}	-1	0	0	1	0	3	0	3	
	G RTP1{1}	283175	340	0	283175	29	-15	6	33	
	G RTP1+U1{1}	283174	340	0	283174	29	-13	5	32	
A20	+	Gravity{1}	-114	0	0	114	0	-1	0	1
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	-1	5	29	
	Pressure 1{1}	282002	761	0	282003	0	-13	0	13	
	User 1{1}	2	0	0	2	0	3	0	3	
	G RTP1{1}	281888	761	0	281890	29	-15	6	33	
	G RTP1+U1{1}	281891	761	0	281892	29	-13	5	32	
+1	-	Gravity{1}	-114	0	0	114	0	5	-1	5
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	-20	35	
	Pressure 1{1}	282002	761	0	282003	0	49	0	49	
	User 1{1}	2	0	0	2	0	-10	1	10	
	G RTP1{1}	281888	761	0	281890	28	55	-21	65	
	G RTP1+U1{1}	281891	761	0	281892	28	45	-20	57	
+1	+	Gravity{1}	98	0	0	98	0	5	-1	5
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	29	0	-20	35	
	Pressure 1{1}	281537	760	0	281538	0	49	0	49	
	User 1{1}	-9	0	0	9	0	-10	1	10	
	G RTP1{1}	281635	760	-1	281636	28	55	-21	65	
	G RTP1+U1{1}	281626	760	0	281627	28	45	-20	57	
A21	N	Gravity{1}	1705	262	-35	1725	0	-19	4	19
	Thermal 1{1}	0	32	0	32	29	0	73	79	
	Pressure 1{1}	273482	567	-36184	275866	0	-183	0	183	
	User 1{1}	-230	-25	-360	428	0	37	-2	37	
	G RTP1{1}	275187	860	-36219	277562	29	-202	77	218	
	G RTP1+U1{1}	274957	836	-36579	277381	29	-165	75	184	
A21	F-	Gravity{1}	1705	-257	-35	1724	2	18	4	19
	Thermal 1{1}	0	32	0	32	28	0	67	73	
	Pressure 1{1}	273483	567	-36176	275866	0	187	0	187	
	User 1{1}	-230	-25	-360	427	1	-35	2	36	
	G RTP1{1}	275188	342	-36211	277561	29	205	72	220	
	G RTP1+U1{1}	274959	317	-36571	277380	30	170	74	188	



Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 23

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

G L O B A L F O R C E S & M O M E N T S

Point name	Load combination	FORCES (N )				MOMENTS (N.m )			
		X	Y	Z	Result	X	Y	Z	Result
A21 F+	Gravity{1}	53	0	-13	55	2	18	4	19
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	28	0	67	73
	Pressure 1{1}	271179	434	-67795	279525	0	187	0	187
	User 1{1}	-5	0	1	5	1	-35	2	36
	GRTPl{1}	271232	434	-67808	279580	29	205	72	220
	GRTPl+U1{1}	271227	434	-67807	279574	30	170	74	188
+1 -	Gravity{1}	53	0	-13	55	0	-5	-1	5
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	6	0	-21	22
	Pressure 1{1}	271179	434	-67795	279525	0	-50	0	50
	User 1{1}	-5	0	1	5	0	10	-1	10
	GRTPl{1}	271232	434	-67808	279580	6	-55	-23	60
	GRTPl+U1{1}	271227	434	-67807	279574	6	-45	-23	51
+1 +	Gravity{1}	15	0	-4	16	0	-5	-1	5
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	6	0	-21	22
	Pressure 1{1}	271422	434	-67855	279775	0	-50	0	50
	User 1{1}	1	0	0	1	0	10	-1	10
	GRTPl{1}	271437	434	-67859	279791	6	-55	-23	60
	GRTPl+U1{1}	271438	434	-67859	279792	6	-45	-23	51
A30 -	Gravity{1}	15	0	-4	16	1	1	0	2
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	12	0	2	12
	Pressure 1{1}	271422	434	-67855	279775	0	13	0	13
	User 1{1}	1	0	0	1	0	-3	0	3
	GRTPl{1}	271437	434	-67859	279791	12	15	3	19
	GRTPl+U1{1}	271438	434	-67859	279792	13	12	3	18
A30 +	Gravity{1}	30	0	-8	31	1	1	0	2
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	12	0	2	12
	Pressure 1{1}	270698	298	-67674	279029	0	13	0	13
	User 1{1}	0	0	0	0	0	-3	0	3
	GRTPl{1}	270728	298	-67682	279060	12	15	3	19
	GRTPl+U1{1}	270728	298	-67682	279060	13	12	3	18
+1 -	Gravity{1}	30	0	-8	31	1	0	0	1
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	10	0	-4	11
	Pressure 1{1}	270698	298	-67674	279029	0	-4	0	4
	User 1{1}	0	0	0	0	0	1	0	1
	GRTPl{1}	270728	298	-67682	279060	11	-4	-4	12
	GRTPl+U1{1}	270728	298	-67682	279060	11	-3	-4	12
+1 +	Gravity{1}	3	0	-1	3	1	0	0	1
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	10	0	-4	11
	Pressure 1{1}	270662	298	-67666	278992	0	-4	0	4
	User 1{1}	0	0	0	0	0	1	0	1
	GRTPl{1}	270665	298	-67666	278995	11	-4	-4	12
	GRTPl+U1{1}	270665	298	-67666	278995	11	-3	-4	12

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 24

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

GLOBAL FORCES & MOMENTS

Point name	Load combination	FORCES (N )				MOMENTS (N.m )			
		X	Y	Z	Result	X	Y	Z	Result
A23 -	Gravity{1}	3	0	-1	3	1	0	0	1
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	11	0	-2	11
	Pressure 1{1}	270662	298	-67666	278992	0	1	0	1
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	270665	298	-67666	278995	11	1	-2	12
	G RTP1+U1{1}	270665	298	-67666	278995	11	1	-2	12
A23 +	Gravity{1}	17	0	-4	17	1	0	0	1
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	11	0	-2	11
	Pressure 1{1}	269328	242	-67332	277618	0	1	0	1
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	269345	242	-67336	277635	11	1	-2	12
	G RTP1+U1{1}	269345	242	-67336	277635	11	1	-2	12
+1 -	Gravity{1}	17	0	-4	17	1	0	0	1
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	10	0	-3	11
	Pressure 1{1}	269328	242	-67332	277618	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	269345	242	-67336	277635	11	0	-3	11
	G RTP1+U1{1}	269345	242	-67336	277635	11	0	-3	11
+1 +	Gravity{1}	-16	0	4	16	1	0	0	1
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	10	0	-3	11
	Pressure 1{1}	269277	242	-67319	277565	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	269261	242	-67315	277548	11	0	-3	11
	G RTP1+U1{1}	269261	242	-67315	277548	11	0	-3	11
A24 -	Gravity{1}	-16	0	4	16	1	0	0	1
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	11	0	-3	11
	Pressure 1{1}	269277	242	-67319	277565	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	269261	242	-67315	277548	11	0	-3	11
	G RTP1+U1{1}	269261	242	-67315	277548	11	0	-3	11
A24 +	Gravity{1}	-38	0	9	39	1	0	0	1
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	11	0	-3	11
	Pressure 1{1}	268621	322	-67155	276888	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	268583	322	-67146	276850	11	0	-3	11
	G RTP1+U1{1}	268583	322	-67146	276850	11	0	-3	11
+1 -	Gravity{1}	-38	0	9	39	1	0	-1	1
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	10	0	-3	11
	Pressure 1{1}	268621	322	-67155	276888	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	268583	322	-67146	276850	11	0	-3	11
	G RTP1+U1{1}	268583	322	-67146	276850	11	0	-3	11

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 25

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

GLOBAL FORCES & MOMENTS

Point name	Load combination	FORCES (N )				MOMENTS (N.m )				
		X	Y	Z	Result	X	Y	Z	Result	
+1	+	Gravity{1}	89	0	-22	92	1	0	-1	1
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	10	0	-3	11	
	Pressure 1{1}	268583	322	-67146	276850	0	0	0	0	
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0	
	G RTP1{1}	268673	322	-67168	276942	11	0	-3	11	
	G RTP1+U1{1}	268673	322	-67168	276942	11	0	-3	11	
A25	-	Gravity{1}	89	0	-22	92	1	0	1	2
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	10	0	-3	11	
	Pressure 1{1}	268583	322	-67146	276850	0	0	0	0	
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0	
	G RTP1{1}	268673	322	-67168	276942	12	0	-1	12	
	G RTP1+U1{1}	268673	322	-67168	276942	12	0	-1	12	
A25	+	Gravity{1}	127	0	-32	131	1	0	1	2
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	10	0	-3	11	
	Pressure 1{1}	267927	-107	-66982	276173	0	0	0	0	
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0	
	G RTP1{1}	268054	-107	-67014	276304	12	0	-1	12	
	G RTP1+U1{1}	268054	-107	-67013	276304	12	0	-1	12	
+1	-	Gravity{1}	127	0	-32	131	-1	0	-5	5
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	10	0	-3	11	
	Pressure 1{1}	267927	-107	-66982	276173	0	0	0	0	
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0	
	G RTP1{1}	268054	-107	-67014	276304	10	0	-7	12	
	G RTP1+U1{1}	268054	-107	-67013	276304	10	0	-7	12	
+1	+	Gravity{1}	-164	0	41	169	-1	0	-5	5
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	10	0	-3	11	
	Pressure 1{1}	267876	-107	-66969	276120	0	0	0	0	
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0	
	G RTP1{1}	267712	-107	-66928	275951	10	0	-7	12	
	G RTP1+U1{1}	267712	-107	-66928	275951	10	0	-7	12	
A26	-	Gravity{1}	-164	0	41	169	4	0	12	13
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	10	0	-3	11	
	Pressure 1{1}	267876	-107	-66969	276120	0	0	0	0	
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0	
	G RTP1{1}	267712	-107	-66928	275951	14	0	10	17	
	G RTP1+U1{1}	267712	-107	-66928	275951	14	0	10	17	
A26	+	Gravity{1}	-126	0	32	130	4	0	12	13
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	10	0	-3	11	
	Pressure 1{1}	266542	586	-66635	274746	0	0	0	0	
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0	
	G RTP1{1}	266416	586	-66604	274616	14	0	10	17	
	G RTP1+U1{1}	266416	586	-66604	274616	14	0	10	17	

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 26

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

GLOBAL FORCES & MOMENTS

Point name	Load combination	FORCES (N )				MOMENTS (N.m )			
		X	Y	Z	Result	X	Y	Z	Result
+1	- Gravity{1}	-126	0	32	130	-7	0	-29	30
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	10	0	-3	11
	Pressure 1{1}	266542	586	-66635	274746	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	266416	586	-66604	274616	4	0	-31	32
	G RTP1+U1{1}	266416	586	-66604	274616	4	0	-31	32
+1	+ Gravity{1}	-10	0	2	10	-7	0	-29	30
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	10	0	-3	11
	Pressure 1{1}	266507	586	-66627	274710	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	266498	586	-66624	274700	4	0	-31	32
	G RTP1+U1{1}	266497	586	-66624	274700	4	0	-31	32
A27	Gravity{1}	-10	0	2	10	10	0	39	40
	Thermal 1{1}	0	0	0	0	10	0	-3	11
	Pressure 1{1}	266507	586	-66627	274710	0	0	0	0
	User 1{1}	0	0	0	0	0	0	0	0
	G RTP1{1}	266498	586	-66624	274700	21	0	36	42
	G RTP1+U1{1}	266497	586	-66624	274700	21	0	36	42

\*\*\* Segment A end \*\*\*

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 27

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

ASME B31.8 (2016) CODE COMPLIANCE									
Point name	Load combination	(Moments in N.m )			(Stress in N/mm2 )			Code Stress	Code Allow.
		In-Pl. Moment	Out-Pl. Moment	Shear Stress	Axial Stress	Bending Stress	Type		
*** Segment A begin ***									
A00	SIFI= 1.00	SIFO= 1.00							
REST	Max P{1}						HOOP	69	323
	GRTPl{1}		186	17267	0	-44438	6 RFun LONG	44513 44444	403** 403**
	GRTPl+U1{1}		186	17266	0	-44438	6 REnv LONG	44513 44444	448** 403**
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	44933	403
+1	- SIFI= 1.00	SIFO= 1.00							
REST	Max P{1}						HOOP	69	323
	GRTPl{1}		337	34508	0	-44438	12 RFun LONG	44520 44451	403** 403**
	GRTPl+U1{1}		337	34508	0	-44438	12 REnv LONG	44520 44451	448** 403**
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	44933	403
+1	+ SIFI= 1.00	SIFO= 1.00							
REST	Max P{1}						HOOP	69	323
	GRTPl{1}		337	34508	0	-44380	12 RFun LONG	44462 44393	403** 403**
	GRTPl+U1{1}		337	34508	0	-44380	12 REnv LONG	44462 44393	448** 403**
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	44933	403
A01	- SIFI= 1.00	SIFO= 1.00							
REST	Max P{1}						HOOP	69	323
	GRTPl{1}		720	120616	0	-44380	43 RFun LONG	44493 44424	403** 403**
	GRTPl+U1{1}		720	120613	0	-44380	43 REnv LONG	44493 44424	448** 403**
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	44933	403
A01	+ SIFI= 1.00	SIFO= 1.00							
REST	Max P{1}						HOOP	69	323
	GRTPl{1}		720	120615	0	-44885	43 RFun LONG	44998 44928	403** 403**

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 28

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

Point name	Load combination	ASME B31.8 (2016) CODE COMPLIANCE (Moments in N.m )		(Stress in N/mm2 )			Code Stress	Code Allow.	
		In-Pl. Moment	Out-Pl. Moment	Shear Stress	Axial Stress	Bending Stress			
	GRTPl+U1{1}	720	120613	0	-44885	43	REnv LONG	44998 44928	448** 403**
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	44933	403
+1 REST	- SIFI= 1.00 Max P{1}						HOOP	69	323
	GRTPl{1}	1746	448518	0	-44885	160	RFun LONG	45115 45046	403** 403**
	GRTPl+U1{1}	1746	448507	0	-44885	160	REnv LONG	45115 45046	448** 403**
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	44933	403
+1 REST	+ SIFI= 1.00 Max P{1}						HOOP	69	323
	GRTPl{1}	1746	448518	0	-43746	160	RFun LONG	43975 43906	403** 403**
	GRTPl+U1{1}	1746	448507	0	-43746	160	REnv LONG	43975 43906	448** 403**
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	44933	403
A02 N- REST	- SIFI= 1.00 Max P{1}						HOOP	69	323
	GRTPl{1}	5979	1671175	0	-43746	598	RFun LONG	44413 44343	403** 403**
	GRTPl+U1{1}	5977	1671134	0	-43746	598	REnv LONG	44413 44343	448** 403**
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	44933	403
A02 N+ REST	+ SIFI= 2.37 Max P{1}						HOOP	69	323
	GRTPl{1}	1670613	43745	0	-20704	1063	RFun LONG	21837 21767	403** 403**
	GRTPl+U1{1}	1670572	43742	0	-20704	1063	REnv LONG	21837 21767	448** 403**
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
A02 F- REST	- SIFI= 2.37 Max P{1}						HOOP	69	323

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 29

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

Point name	Load combination	ASME B31.8 (2016) CODE COMPLIANCE (Moments in N.m )		(Stress in N/mm2 )			Type	Code Stress	Code Allow.
		In-Pl. Moment	Out-Pl. Moment	Shear Stress	Axial Stress	Bending Stress			
	GRTPl{1}	1784482	42679	0	-20510	1136	RFun LONG	21715 21646	403** 403**
	GRTPl+U1{1}	1784440	42677	0	-20510	1136	REnv LONG	21715 21646	448** 403**
	REST: Amb to Tl{1}						RDIS	0	403
A02 F+ REST	SIFI= 1.00 Max P{1}		SIFO= 1.00				HOOP	69	323
	GRTPl{1}	2311	1784991	0	-818	638	RFun LONG	1525 1456	403** 403**
	GRTPl+U1{1}	2310	1784949	0	-818	638	REnv LONG	1525 1456	448** 403**
	REST: Amb to Tl{1}						RDIS	0	403
+1 REST	- SIFI= 1.00 Max P{1}		SIFO= 1.00				HOOP	69	323
	GRTPl{1}	718	477099	0	-818	171	RFun LONG	1058 989	403** 403**
	GRTPl+U1{1}	717	477088	0	-818	171	REnv LONG	1058 989	448** 403**
	REST: Amb to Tl{1}						RDIS	0	403
+1 REST	+ SIFI= 1.00 Max P{1}		SIFO= 1.00				HOOP	69	323
	GRTPl{1}	718	477099	0	221	171	RFun LONG	391 391	403 403
	GRTPl+U1{1}	717	477088	0	221	171	REnv LONG	391 391	448 403
	REST: Amb to Tl{1}						RDIS	0	403
A28 REST	- SIFI= 1.00 Max P{1}		SIFO= 1.00				HOOP	69	323
	GRTPl{1}	216	126727	0	221	45	RFun LONG	266 266	403 403
	GRTPl+U1{1}	216	126724	0	221	45	REnv LONG	266 266	448 403
	REST: Amb to Tl{1}						RDIS	0	403

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 30

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

Point name	Load combination	ASME B31.8 (2016) CODE COMPLIANCE (Moments in N.m )		(Stress in N/mm2 )			Code Stress	Code Allow.
		In-Pl. Moment	Out-Pl. Moment	Shear Stress	Axial Stress	Bending Stress Type		
A28 REST	+ SIFI= 1.00 Max P{1}	SIFO= 1.00					HOOP	69 323
	GRTP1{1}		216 126727	0	-29	45 RFun LONG	143 74	403 403
	GRTP1+U1{1}		216 126724	0	-29	45 REnv LONG	143 74	448 403
	REST: Amb to T1{1}					RDIS	0	403
+1 REST	- SIFI= 1.00 Max P{1}	SIFO= 1.00					HOOP	69 323
	GRTP1{1}		64 33898	0	-29	12 RFun LONG	110 41	403 403
	GRTP1+U1{1}		64 33897	0	-29	12 REnv LONG	110 41	448 403
	REST: Amb to T1{1}					RDIS	0	403
+1 REST	+ SIFI= 1.00 Max P{1}	SIFO= 1.00					HOOP	69 323
	GRTP1{1}		64 33898	0	30	12 RFun LONG	69 43	403 403
	GRTP1+U1{1}		64 33897	0	30	12 REnv LONG	69 43	448 403
	REST: Amb to T1{1}					RDIS	0	403
A04 REST	- SIFI= 1.00 Max P{1}	SIFO= 1.00					HOOP	69 323
	GRTP1{1}		17 9094	0	30	3 RFun LONG	69 34	403 403
	GRTP1+U1{1}		17 9094	0	30	3 REnv LONG	69 34	448 403
	REST: Amb to T1{1}					RDIS	0	403
A04 REST	+ SIFI= 1.00 Max P{1}	SIFO= 1.00					HOOP	69 323
	GRTP1{1}		17 9094	0	16	3 RFun LONG	69 19	403 403
	GRTP1+U1{1}		17 9094	0	16	3 REnv	69	448



Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 31

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

ASME B31.8 (2016) CODE COMPLIANCE									
Point name	Load combination	(Moments in N.m )			(Stress in N/mm2 )			Code Stress	Code Allow.
		In-Pl. Moment	Out-Pl. Moment	Shear Stress	Axial Stress	Bending Stress	Type		
							LONG	19	403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
+1	- SIFI= 1.00 SIFO= 1.00								
REST	Max P{1}						HOOP	69	323
	GRTPl{1}	3	2415	0	16	1 RFun	LONG	69	403
								17	403
	GRTPl+U1{1}	3	2416	0	16	1 REnv	LONG	69	448
								17	403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
+1	+ SIFI= 1.00 SIFO= 1.00								
REST	Max P{1}						HOOP	69	323
	GRTPl{1}	3	2415	0	20	1 RFun	LONG	69	403
								20	403
	GRTPl+U1{1}	3	2416	0	20	1 REnv	LONG	69	448
								20	403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
A05	- SIFI= 1.00 SIFO= 1.00								
REST	Max P{1}						HOOP	69	323
	GRTPl{1}	30	585	0	20	0 RFun	LONG	69	403
								20	403
	GRTPl+U1{1}	30	587	0	20	0 REnv	LONG	69	448
								20	403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
A05	+ SIFI= 1.00 SIFO= 1.00								
REST	Max P{1}						HOOP	69	323
	GRTPl{1}	30	585	0	19	0 RFun	LONG	69	403
								19	403
	GRTPl+U1{1}	30	587	0	19	0 REnv	LONG	69	448
								19	403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
+1	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00								
REST	Max P{1}						HOOP	69	323
	GRTPl{1}	118	109	0	19	0 RFun		69	403

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 32

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

Point name	Load combination	ASME B31.8 (2016) CODE COMPLIANCE (Moments in N.m )		(Stress in N/mm2 )			Code Stress	Code Allow.
		In-Pl. Moment	Out-Pl. Moment	Shear Stress	Axial Stress	Bending Stress		
							LONG	19 403
	GRTPI+U1{1}	118	102	0	19	0	REnv LONG	69 448 19 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
A31 N- REST	SIFI= 1.00 Max P{1}						HOOP	69 323
	GRTPI{1}	443	1017	0	19	0	RFun LONG	69 403 19 403
	GRTPI+U1{1}	442	992	0	19	0	REnv LONG	69 448 19 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
A31 N+ REST	SIFI= 2.37 Max P{1}						HOOP	69 323
	GRTPI{1}	1023	447	0	19	1	RFun LONG	69 403 20 403
	GRTPI+U1{1}	998	447	0	19	1	REnv LONG	69 448 19 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
+1 - REST	SIFI= 2.37 Max P{1}						HOOP	69 323
	GRTPI{1}	378	406	0	19	0	RFun LONG	69 403 19 403
	GRTPI+U1{1}	378	406	0	19	0	REnv LONG	69 448 19 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
+1 + REST	SIFI= 2.37 Max P{1}						HOOP	69 323
	GRTPI{1}	379	406	0	19	0	RFun LONG	69 403 19 403
	GRTPI+U1{1}	378	406	0	19	0	REnv LONG	69 448 19 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 33

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

Point name	Load combination	ASME B31.8 (2016) CODE COMPLIANCE (Moments in N.m )		(Stress in N/mm2 )			Code Stress	Code Allow.
		In-Pl. Moment	Out-Pl. Moment	Shear Stress	Axial Stress	Bending Stress		
A31 F- REST	SIFI= 2.37 Max P{1}	SIFO= 1.98					HOOP	69 323
	GRTP1{1}		1091	370	0	19	1 RFun LONG	69 403 20 403
	GRTP1+U1{1}		1065	369	0	19	1 REnv LONG	69 448 20 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
A31 F+ REST	SIFI= 1.00 Max P{1}	SIFO= 1.00					HOOP	69 323
	GRTP1{1}		343	1095	0	19	0 RFun LONG	69 403 19 403
	GRTP1+U1{1}		343	1070	0	19	0 REnv LONG	69 448 19 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
+1 - REST	SIFI= 1.00 Max P{1}	SIFO= 1.00					HOOP	69 323
	GRTP1{1}		84	291	0	19	0 RFun LONG	69 403 19 403
	GRTP1+U1{1}		84	283	0	19	0 REnv LONG	69 448 19 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
+1 + REST	SIFI= 1.00 Max P{1}	SIFO= 1.00					HOOP	69 323
	GRTP1{1}		84	291	0	19	0 RFun LONG	69 403 19 403
	GRTP1+U1{1}		84	283	0	19	0 REnv LONG	69 448 19 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
A07 REST	SIFI= 1.00 Max P{1}	SIFO= 1.00					HOOP	69 323
	GRTP1{1}		8	68	0	19	0 RFun LONG	69 403 19 403
	GRTP1+U1{1}		8	63	0	19	0 REnv	69 448

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 34

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

ASME B31.8 (2016) CODE COMPLIANCE									
Point name	Load combination	(Moments in N.m )			(Stress in N/mm2 )			Code Stress	Code Allow.
		In-Pl. Moment	Out-Pl. Moment	Shear Stress	Axial Stress	Bending Stress	Type		
							LONG	19	403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
+1 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	69	323
	GRTPl{1}	115	25	0	19	0 RFun LONG		69 19	403 403
	GRTPl+U1{1}	115	36	0	19	0 REnv LONG		69 19	448 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
A08 N- REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	69	323
	GRTPl{1}	453	170	0	19	0 RFun LONG		69 19	403 403
	GRTPl+U1{1}	452	208	0	19	0 REnv LONG		69 19	448 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
A08 N+ REST	SIFI= 2.38 SIFO= 1.98 Max P{1}						HOOP	69	323
	GRTPl{1}	169	451	0	19	0 RFun LONG		69 19	403 403
	GRTPl+U1{1}	207	450	0	19	0 REnv LONG		69 19	448 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
A08 F- REST	SIFI= 2.38 SIFO= 1.98 Max P{1}						HOOP	69	323
	GRTPl{1}	177	505	0	19	0 RFun LONG		69 19	403 403
	GRTPl+U1{1}	215	505	0	19	0 REnv LONG		69 19	448 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
A08 F+ REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	68	323
	GRTPl{1}	506	176	0	19	0 RFun		68	403

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 35

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

Point name	Load combination	ASME B31.8 (2016) CODE COMPLIANCE (Moments in N.m )		(Stress in N/mm2 )			Type	Code Stress	Code Allow.
		In-Pl. Moment	Out-Pl. Moment	Shear Stress	Axial Stress	Bending Stress			
							LONG	19	403
	GRTPI+U1{1}	506	214	0	19	0	REnv LONG	68 19	448 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
+1 REST	- SIFI= 1.00 Max P{1}						HOOP	68	323
	GRTPI{1}	136	47	0	19	0	RFun LONG	68 19	403 403
	GRTPI+U1{1}	136	58	0	19	0	REnv LONG	68 19	448 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
+1 REST	+ SIFI= 1.00 Max P{1}						HOOP	68	323
	GRTPI{1}	136	47	0	19	0	RFun LONG	68 19	403 403
	GRTPI+U1{1}	136	58	0	19	0	REnv LONG	68 19	448 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
A29 REST	SIFI= 1.00 Max P{1}						HOOP	68	323
	GRTPI{1}	36	12	0	19	0	RFun LONG	68 19	403 403
	GRTPI+U1{1}	36	15	0	19	0	REnv LONG	68 19	448 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
+1 REST	SIFI= 1.00 Max P{1}						HOOP	68	323
	GRTPI{1}	10	3	0	19	0	RFun LONG	68 19	403 403
	GRTPI+U1{1}	10	4	0	19	0	REnv LONG	68 19	448 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 36

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

Point name	Load combination	ASME B31.8 (2016) CODE COMPLIANCE (Moments in N.m )		(Stress in N/mm2 )			Code Stress	Code Allow.
		In-Pl. Moment	Out-Pl. Moment	Shear Stress	Axial Stress	Bending Stress		
A10 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	68 323
	GRTP1{1}	3	2	0	19	0	RFun LONG	68 403 19 403
	GRTP1+U1{1}	3	2	0	19	0	REnv LONG	68 448 19 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
+1 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	68 323
	GRTP1{1}	1	0	0	19	0	RFun LONG	68 403 19 403
	GRTP1+U1{1}	1	0	0	19	0	REnv LONG	68 448 19 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
A11 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	68 323
	GRTP1{1}	0	1	0	19	0	RFun LONG	68 403 19 403
	GRTP1+U1{1}	0	0	0	19	0	REnv LONG	68 448 19 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
+1 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	68 323
	GRTP1{1}	0	0	0	19	0	RFun LONG	68 403 19 403
	GRTP1+U1{1}	0	0	0	19	0	REnv LONG	68 448 19 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
A12 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	68 323
	GRTP1{1}	0	0	0	19	0	RFun LONG	68 403 19 403
	GRTP1+U1{1}	0	0	0	19	0	REnv	68 448

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 37

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

Point name	Load combination	ASME B31.8 (2016) CODE COMPLIANCE (Moments in N.m )			(Stress in N/mm2 )			Code Stress	Code Allow.
		In-Pl. Moment	Out-Pl. Moment	Shear Stress	Axial Stress	Bending Stress	Type		
							LONG	19	403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
+1 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	68	323
	GRTPl{1}	0	0	0	19	0	RFun LONG	68 19	403 403
	GRTPl+U1{1}	0	0	0	19	0	REnv LONG	68 19	448 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
A13 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	68	323
	GRTPl{1}	0	1	0	19	0	RFun LONG	68 19	403 403
	GRTPl+U1{1}	0	1	0	19	0	REnv LONG	68 19	448 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
+1 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	68	323
	GRTPl{1}	0	1	0	19	0	RFun LONG	68 19	403 403
	GRTPl+U1{1}	0	1	0	19	0	REnv LONG	68 19	448 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
A14 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	68	323
	GRTPl{1}	0	2	0	19	0	RFun LONG	68 19	403 403
	GRTPl+U1{1}	0	2	0	19	0	REnv LONG	68 19	448 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
+1 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	68	323
	GRTPl{1}	0	0	0	18	0	RFun	68	403

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 38

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

Point name	Load combination	ASME B31.8 (2016) CODE COMPLIANCE (Moments in N.m )		(Stress in N/mm2 )			Code Stress	Code Allow.
		In-Pl. Moment	Out-Pl. Moment	Shear Stress	Axial Stress	Bending Stress		
							LONG	18 403
	GRTPl+U1{1}	0	0	0	18	0	REnv LONG	68 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
A15 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	68 323
	GRTPl{1}	0	2	0	18	0	RFun LONG	68 403 18 403
	GRTPl+U1{1}	0	2	0	18	0	REnv LONG	68 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
+1 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	67 323
	GRTPl{1}	0	0	0	18	0	RFun LONG	67 403 18 403
	GRTPl+U1{1}	0	0	0	18	0	REnv LONG	67 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
A16 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	67 323
	GRTPl{1}	0	2	0	18	0	RFun LONG	67 403 18 403
	GRTPl+U1{1}	0	2	0	18	0	REnv LONG	67 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
+1 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	67 323
	GRTPl{1}	0	0	0	18	0	RFun LONG	67 403 18 403
	GRTPl+U1{1}	0	0	0	18	0	REnv LONG	67 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403



Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 39

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

ASME B31.8 (2016) CODE COMPLIANCE									
Point name	Load combination	(Moments in N.m )		(Stress in N/mm2 )				Code Stress	Code Allow.
		In-Pl. Moment	Out-Pl. Moment	Shear Stress	Axial Stress	Bending Stress	Type		
A17 REST	SIFI= 1.00 Max P{1}	SIFO= 1.00						HOOP	67 323
	GRTP1{1}		0	1	0	18	0	RFun LONG	67 403 18 403
	GRTP1+U1{1}		0	1	0	18	0	REnv LONG	67 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}							RDIS	0 403
+1 REST	SIFI= 1.00 Max P{1}	SIFO= 1.00						HOOP	67 323
	GRTP1{1}		0	0	0	18	0	RFun LONG	67 403 18 403
	GRTP1+U1{1}		0	0	0	18	0	REnv LONG	67 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}							RDIS	0 403
A18 REST	SIFI= 1.00 Max P{1}	SIFO= 1.00						HOOP	67 323
	GRTP1{1}		0	0	0	18	0	RFun LONG	67 403 18 403
	GRTP1+U1{1}		0	0	0	18	0	REnv LONG	67 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}							RDIS	0 403
+1 REST	SIFI= 1.00 Max P{1}	SIFO= 1.00						HOOP	67 323
	GRTP1{1}		0	0	0	18	0	RFun LONG	67 403 18 403
	GRTP1+U1{1}		0	0	0	18	0	REnv LONG	67 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}							RDIS	0 403
A19 REST	SIFI= 1.00 Max P{1}	SIFO= 1.00						HOOP	67 323
	GRTP1{1}		0	1	0	18	0	RFun LONG	67 403 18 403
	GRTP1+U1{1}		0	1	0	18	0	REnv	67 448

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 40

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

Point name	Load combination	ASME B31.8 (2016) CODE COMPLIANCE (Moments in N.m )		(Stress in N/mm2 )			Code Stress	Code Allow.
		In-Pl. Moment	Out-Pl. Moment	Shear Stress	Axial Stress	Bending Stress		
							LONG	18 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
+1 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	66 323
	GRTPl{1}	1	4	0	18	0 RFun	LONG	66 403 18 403
	GRTPl+U1{1}	1	3	0	18	0 REnv	LONG	66 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
A20 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	66 323
	GRTPl{1}	6	15	0	18	0 RFun	LONG	66 403 18 403
	GRTPl+U1{1}	5	13	0	18	0 REnv	LONG	66 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
+1 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	66 323
	GRTPl{1}	21	55	0	18	0 RFun	LONG	66 403 18 403
	GRTPl+U1{1}	20	45	0	18	0 REnv	LONG	66 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
A21 N- REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	66 323
	GRTPl{1}	77	202	0	18	0 RFun	LONG	66 403 18 403
	GRTPl+U1{1}	75	165	0	18	0 REnv	LONG	66 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
A21 N+ REST	SIFI= 2.39 SIFO= 1.99 Max P{1}						HOOP	66 323
	GRTPl{1}	202	77	0	18	0 RFun		66 403

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 41

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

Point name	Load combination	ASME B31.8 (2016) CODE COMPLIANCE (Moments in N.m )		(Stress in N/mm2 )			Code Stress	Code Allow.
		In-Pl. Moment	Out-Pl. Moment	Shear Stress	Axial Stress	Bending Stress		
							LONG	18 403
	GRTPI+U1{1}	166	75	0	18	0	REnv LONG	66 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
A21 F- REST	SIFI= 2.39 Max P{1}						HOOP	66 323
	GRTPI{1}	205	78	0	18	0	RFun LONG	66 403 18 403
	GRTPI+U1{1}	169	80	0	18	0	REnv LONG	66 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
A21 F+ REST	SIFI= 1.00 Max P{1}						HOOP	66 323
	GRTPI{1}	77	205	0	18	0	RFun LONG	66 403 18 403
	GRTPI+U1{1}	79	170	0	18	0	REnv LONG	66 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
+1 - REST	SIFI= 1.00 Max P{1}						HOOP	66 323
	GRTPI{1}	21	55	0	18	0	RFun LONG	66 403 18 403
	GRTPI+U1{1}	21	45	0	18	0	REnv LONG	66 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
+1 + REST	SIFI= 1.00 Max P{1}						HOOP	66 323
	GRTPI{1}	21	55	0	18	0	RFun LONG	66 403 18 403
	GRTPI+U1{1}	21	45	0	18	0	REnv LONG	66 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 42

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

Point name	Load combination	ASME B31.8 (2016) CODE COMPLIANCE (Moments in N.m )		(Stress in N/mm2 )			Code Stress	Code Allow.
		In-Pl. Moment	Out-Pl. Moment	Shear Stress	Axial Stress	Bending Stress Type		
A30 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	66 323
	GRTP1{1}	6	15	0	18	0 RFun LONG		66 403 18 403
	GRTP1+U1{1}	6	12	0	18	0 REnv LONG		66 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
+1 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	65 323
	GRTP1{1}	1	4	0	18	0 RFun LONG		65 403 18 403
	GRTP1+U1{1}	2	3	0	18	0 REnv LONG		65 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
A23 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	65 323
	GRTP1{1}	0	1	0	18	0 RFun LONG		65 403 18 403
	GRTP1+U1{1}	0	1	0	18	0 REnv LONG		65 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
+1 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	65 323
	GRTP1{1}	0	0	0	18	0 RFun LONG		65 403 18 403
	GRTP1+U1{1}	0	0	0	18	0 REnv LONG		65 448 18 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0 403
A24 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	65 323
	GRTP1{1}	0	0	0	18	0 RFun LONG		65 403 18 403
	GRTP1+U1{1}	0	0	0	18	0 REnv		65 448

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 43

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

Point name	Load combination	ASME B31.8 (2016) CODE COMPLIANCE (Moments in N.m )			(Stress in N/mm2 )			Code Stress	Code Allow.
		In-Pl. Moment	Out-Pl. Moment	Shear Stress	Axial Stress	Bending Stress	Type		
							LONG	18	403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
+1 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	65	323
	GRTPl{1}	1	0	0	18	0	RFun LONG	65 18	403 403
	GRTPl+U1{1}	1	0	0	18	0	REnv LONG	65 18	448 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
A25 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	65	323
	GRTPl{1}	2	0	0	18	0	RFun LONG	65 18	403 403
	GRTPl+U1{1}	2	0	0	18	0	REnv LONG	65 18	448 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
+1 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	65	323
	GRTPl{1}	5	0	0	18	0	RFun LONG	65 18	403 403
	GRTPl+U1{1}	5	0	0	18	0	REnv LONG	65 18	448 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
A26 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	65	323
	GRTPl{1}	13	0	0	18	0	RFun LONG	65 18	403 403
	GRTPl+U1{1}	13	0	0	18	0	REnv LONG	65 18	448 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
+1 REST	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00 Max P{1}						HOOP	64	323
	GRTPl{1}	30	0	0	18	0	RFun	64	403

Permodelan 8 januari 2020  
 01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
 07:39 AM  
 11.01.00.17 RESULT PAGE 44

BENTLEY  
 AutoPIPE Advanced

Point name	Load combination	ASME B31.8 (2016) CODE COMPLIANCE (Moments in N.m )			(Stress in N/mm2 )			Code Stress	Code Allow.
		In-Pl. Moment	Out-Pl. Moment	Shear Stress	Axial Stress	Bending Stress	Type		
							LONG	18	403
	GRTP1+U1{1}	30	0	0	18	0	REnv LONG	64 18	448 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403
A27	SIFI= 1.00 SIFO= 1.00								
REST	Max P{1}						HOOP	64	323
	GRTP1{1}	40	0	0	18	0	RFun LONG	64 18	403 403
	GRTP1+U1{1}	40	0	0	18	0	REnv LONG	64 18	448 403
	REST: Amb to T1{1}						RDIS	0	403

\*\*\* Segment A end \*\*\*

-----  
-----  
Permodelan 8 januari 2020  
01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
07:39 AM  
11.01.00.17 RESULT PAGE 45  
-----

BENTLEY  
AutoPIPE Advanced

-----  
-----  
Mode Freq. Period Gravity(G) Displacement(mm ) Velocity(mm/s )  
Acceleration(mm/s2 )  
Number (Hertz) (Sec) X Y Z X Y Z X Y Z X  
Y Z  
-----  
-----

\*\*\* Segment A begin \*\*\*

\*\*\* Segment A end \*\*\*

-----  
Permodelan 8 januari 2020  
01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
07:39 AM  
11.01.00.17 RESULT PAGE 46  
-----

BENTLEY  
AutoPIPE Advanced

-----  
R E S U L T   S U M M A R Y  
-----

Maximum displacements (mm)  
-----

Maximum X :	1725.780	Point : A02 N	Load Comb.: Thermal 1{1}
Maximum Y :	-116.947	Point : A01	Load Comb.: GRTP1{1}
Maximum Z :	-884.034	Point : A02 N	Load Comb.: GRTP1{1}
Max. total:	1939.641	Point : A02 N	Load Comb.: Thermal 1{1}

Maximum rotations (deg)  
-----

Maximum X :	0.908	Point : A02 F	Load Comb.: Thermal 1{1}
Maximum Y :	-102.703	Point : A02 F	Load Comb.: Thermal 1{1}
Maximum Z :	0.268	Point : A02 N	Load Comb.: Thermal 1{1}
Max. total:	102.704	Point : A02 F	Load Comb.: Thermal 1{1}

Maximum pipe forces (N )  
-----

Maximum X :	.1018E+10	Point : A01	Load Comb.: GRTP1{1}
Maximum Y :	4479523	Point : A01	Load Comb.: GRTP1{1}
Maximum Z :	-.255E+09	Point : A01	Load Comb.: GRTP1{1}
Max. total:	.1049E+10	Point : A01	Load Comb.: GRTP1{1}

Maximum pipe moments (N.m )  
-----

Maximum X :	-7971	Point : A02 N	Load Comb.: Thermal 1{1}
Maximum Y :	-1784988	Point : A02 F	Load Comb.: Thermal 1{1}
Maximum Z :	-4357	Point : A02 N	Load Comb.: Thermal 1{1}
Max. total:	1785004	Point : A02 F	Load Comb.: Thermal 1{1}



-----  
Permodelan 8 januari 2020  
01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
07:39 AM  
11.01.00.17 RESULT PAGE 47  
-----

BENTLEY  
AutoPIPE Advanced

-----  
R E S U L T     S U M M A R Y  
-----

Maximum hoop stress

Point : A01  
Stress N/mm2 : 69  
Allowable N/mm2 : 323  
Ratio : 0.21  
Load combination : Max P{1}

Maximum restrained expansion stress

Point : A00  
Stress N/mm2 : 44933  
Allowable N/mm2 : 403  
Ratio : 111.4  
Load combination : REST: Amb to T1{1}

Maximum Longitudinal stress

Point : A01  
Stress N/mm2 : 45046  
Allowable N/mm2 : 403  
Ratio : 111.7  
Load combination : GRTP1{1}

Maximum Combined stress

Point : A01  
Stress N/mm2 : 45115  
Allowable N/mm2 : 403  
Ratio : 111.9  
Load combination : GRTP1{1}

-----  
Permodelan 8 januari 2020  
01/16/2020 TUGAS AKHIR 04311510000145  
07:39 AM  
11.01.00.17 RESULT PAGE 48  
-----

BENTLEY  
AutoPIPE Advanced

-----  
R E S U L T     S U M M A R Y  
-----

Maximum hoop stress ratio

Point : A01  
Stress N/mm2 : 69  
Allowable N/mm2 : 323  
Ratio : 0.21  
Load combination : Max P{1}

Maximum restrained expansion stress ratio

Point : A00  
Stress N/mm2 : 44933  
Allowable N/mm2 : 403  
Ratio : 111.4  
Load combination : REST: Amb to T1{1}

Maximum Longitudinal stress ratio

Point : A01  
Stress N/mm2 : 45046  
Allowable N/mm2 : 403  
Ratio : 111.7  
Load combination : GRTP1{1}

Maximum Combined stress ratio

Point : A01  
Stress N/mm2 : 45115  
Allowable N/mm2 : 403  
Ratio : 111.9  
Load combination : GRTP1{1}

\* \* \* The system does not satisfy ASME B31.8 (2016) code requirements \* \* \*  
\* \* \* for the selected options \* \* \*