

# **SKRIPSI**

**ANALISIS TEGANGAN PIPA, DEFLEKSI, DAN PENGECEKAN  
KEBOCORAN *FLANGE* MENGGUNAKAN CAESAR II 2013 PADA  
JALUR PIPA TN-S177RC TUNU *PHASE* 11A  
PT. TOTAL E&P INDONESIA**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar  
Sarjana Teknik



**Disusun oleh :**

**INTAN WIJAYA**

**20140130204**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2018**



**LEMBAR PENGESAHAN  
SKRIPSI**

**Analisis Tegangan Pipa, Defleksi, Dan Pengecekan Kebocoran Flange  
Menggunakan CAESAR II 2013 Pada Jalur Pipa TN-S177RC Tunu  
Phase 11A PT. TOTAL E&P Indonesia**

***Pipe Stress Analysis, Deflection, And Flange Leakage Check Using CAESAR II  
2013 At TN-S177RC Tunu Phase 11A PT. TOTAL E&P Indonesia***

Dipersiapkan dan disusun oleh :

INTAN WIJAYA  
20140130204

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal, 24 Agustus 2018

**Dosen Pembimbing I**

Tito Hadji Agung Santoso, S.T.,M.T.  
NIK. 19720222200310123054

**Dosen Pembimbing II**

Muhammad Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng.  
NIP. 197905232005011001

**Penguji**

Muhammad Nadjib, S.T., M.Eng.  
NIK. 19660616199702123033

**Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana**

Tanggal, 05 September 2018

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin FT UMY**



Berli Paripurna Kamuel, S.T., M.Eng.sc, Ph.D.  
NIK. 19740302200104123049

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi berjudul "**Analisis Tegangan Pipa, Defleksi, dan Pengecekan Kebocoran Flange Menggunakan CAESAR II 2013 Pada Jalur Pipa TN-S177RC TUNU PHASE 11A PT. TOTAL E&P Indonesia**" ini adalah karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Penguruan Tinggi dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 05 September 2018



**Intan Wijaya**

## UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis dengan penuh kesadaran menyadari dalam proses penyusunan tidak luput dari bantuan banyak pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis sampaikan terimakasih kepada:

1. Allah SWT. Syukur alhamdulillah atas segala kemudahan yang telah diberikan.
2. Rasulullah SAW. Terimakasih atas petunjuk dan keteladanan yang telah Engkau berikan.
3. Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D., selaku ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Bapak Tito Hadji Agung S., S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pertama Tugas Akhir atas pengarahan, motivasi, dan bimbingannya selama proses penyusunan Tugas Akhir.
5. Bapak Muh. Budi Nur Rahman, S.T., M.eng. selaku dosen pembimbing kedua yang telah banyak membimbing dan membantu selama proses penyusunan Tugas Akhir.
6. Seluruh Dosen pengajar dan staff di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Terimakasih atas semua ilmu pengetahuan yang telah diberikan kepada penulis.
7. Kedua orang tua tercinta, Ayah dan Ibu tersayang yang tiada hentinya mencurahkan kasih sayang dan perhatiannya serta doa yang selalu dipanjatkan kepada penulis.
8. Mutiara Wijaya, adik tercinta yang selalu memberi bantuan, semangat, keyakinan, dan motivasi selama penulis menyusun Tugas Akhir
9. Teman-teman mahasiswa Teknik Mesin yang telah membantu dan memberikan dorongan sehingga laporan ini dapat terselesaikan.
10. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung saya dalam bentuk apapun yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur tugas akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Ayah, ibu dan adik tercinta. Terima kasih atas semua doa, kasih sayang, support baik berupa semangat ataupun financial yang telah diberikan.
2. Himpunan Mahasiswa Mesin UMY periode 2015/2016 dan 2016/2017. Terimakasih telah menjadi tempat untuk mengekspresikan diri, tempat untuk berkembang, tempat untuk mendapatkan teman, tempat untuk membuat kenangan, terimakasih telah membuat pojok G6 lebih indah.
3. Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik UMY periode 2015/2016. Terimakasih telah memberikan kesempatan untuk mengembangkan softskill dalam berorganisasi
4. Teman-teman E14. Terimakasih, karena kalian kehidupan perkuliahan saya banyak ceritanya.
5. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2014 dan semua angkatan yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, saya ucapkan terimakasih atas bantuan dan dukungannya selama ini.
6. Barisan Para Mantan (M. Taufiq Akbar, Eko Saryanto, Apryanto, Ade Sanjaya dan Mas Rully H). Terima kasih teruntuk teman seperjuangan, teman organisasi, dan teman panitia atas janji manisnya yang jarang ditepati, dan atas semangat untuk tetap berjuang bersama-sama meski dengan judul yang berbeda.
7. GG (Bunga Absana, Cindy Panigoro, Audia Kharisma, Donna Adelia, Nurul Kurnia, Niken Dewi). Terimakasih atas celotehan yang membuat semangat, atas usaha untuk membuat tertawa.
8. Elsa Rahma Dewi & Dila Dirgayana Terimakasih selalu menghibur dengan kegaringan, selalu menjadi pendengar yang baik.
9. Nugei Mulyati, Hanifa Munadian, dkk. Teman perempuan sejurusan, terimakasih untuk semangat, motivasi, wifi, makanan, dan kosan.
10. Support system lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Terimakasih atas bantuan, support, dan motivasi yang telah diberikan.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh*

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi sebagai salah satu syarat meraih gelar Sarjana Strata S-1 pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan judul **“ANALISA TEGANGAN, DEFLEKSI, DAN PEMERIKSAAN KEBOCORAN FLANGE MENGGUNAKAN CAESAR II 2013 PADA JALUR PIPA TN-S177RC TUNU PHASE 11A PT. TOTAL E&P INDONESIA”**. Analisa tegangan pipa dilakukan untuk memastikan bahwa sistem perpipaan tidak memiliki nilai tegangan, defleksi yang melebihi batas ijin yang sudah ditentukan, juga memeriksa kebocoran *flange* yang terjadi. Sistem perpipaan yang memiliki nilai melebihi batas ijin akan mengalami kegagalan. Kegagalan tersebut dapat disebabkan oleh diameter pipa yang besar, tekanan yang besar, dan temperatur yang tinggi.

Analisis ini dilakukan untuk mencegah terjadinya kegagalan yang dapat terjadi pada pipa, yang bisa berdampak pada pekerja juga lingkungan disekitarnya. Analisis ini menggunakan bantuan perangkat lunak CAESAR II versi 2013.

Kekurangan atau ketidaksempurnaan tentu masih ada, namun bukan sesuatu yang disengaja, hal tersebut semata-mata karena kekhilafan dan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan Skripsi ini.

Akhir kata semoga laporan Skripsi ini bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

*Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh.*

Yogyakarta, 05 September 2018  
Penulis,

## DAFTAR ISI

|                                  |      |
|----------------------------------|------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....       | i    |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....  | ii   |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....  | iii  |
| <b>UCAPAN TERIMAKASIH</b> .....  | iv   |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> ..... | v    |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....      | vi   |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....          | vii  |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....       | x    |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....        | xii  |
| <b>DAFTAR NOTASI</b> .....       | xiii |
| <b>INTISARI</b> .....            | xv   |
| <b>ABSTRACT</b> .....            | xvi  |

### **BAB I PENDAHULUAN**

|                              |   |
|------------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang .....     | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah .....    | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah .....    | 2 |
| 1.4 Tujuan Penelitian .....  | 2 |
| 1.5 Manfaat Penelitian ..... | 3 |
| 1.6 Metode Penelitian .....  | 3 |

### **BAB II DASAR TEORI**

|   |    |
|---|----|
| 2.1 Analisis Tegangan Pipa.....                     | 4  |
| 2.1.1 Teori Tegangan – Regangan pada Pipa .....     | 4  |
| 2.1.2 Teori Dasar Tegangan Pipa .....               | 9  |
| 2.1.3 Tegangan pada Pipa .....                      | 10 |
| 2.1.4 Kode Standar Desain Pipa.....                 | 14 |
| 2.1.5 Analisis Tegangan Pipa Tahap Perancangan..... | 15 |
| 2.1.6 Persamaan Tegangan pada Sistem Perpipaan..... | 17 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 2.1.7  | Stress Intensification Factor (SIF)                     | 20 |
| 2.1.8  | Defleksi  | 20 |
| 2.1.9  | Defleksi pada Sistem Perpipaan                          | 21 |
| 2.1.10 | Tegangan dan Defleksi Karena Beban Bobot Mati Persamaan | 22 |
| 2.1.11 | Analisis Kebocoran <i>Flange</i>                        | 25 |
| 2.2    | Sistem Perpipaan  | 28 |
| 2.2.1  | Pipa  | 28 |
| 2.2.2  | <i>Fitting</i>  | 34 |
| 2.2.3  | <i>Washer</i>   | 41 |
| 2.2.4  | Gasket  | 41 |
| 2.2.5  | Katup   | 41 |
| 2.2.6  | <i>Support</i>  | 46 |

### **BAB III PERANGKAT LUNAK CAESAR II VERSI 2013**

|       |                                   |    |
|-------|-----------------------------------|----|
| 3.1   | Pendahuluan                       | 50 |
| 3.2   | Kemampuan CAESAR II               | 51 |
| 3.2.1 | Sistem Pemodelan                  | 51 |
| 3.2.2 | Analisis Statis                   | 52 |
| 3.2.3 | Analisis Dinamis                  | 53 |
| 3.2.4 | <i>Output</i>                     | 53 |
| 3.2.5 | <i>Standard dan Code Analysis</i> | 54 |
| 3.3   | Menu Utama pada CAESAR II         | 54 |
| 3.3.1 | <i>New File</i>                   | 54 |
| 3.3.2 | <i>Make Unit Files</i>            | 55 |
| 3.3.3 | <i>Piping Input</i>               | 56 |
| 3.4   | Aplikasi Khusus                   | 57 |
| 3.4.1 | <i>Bend</i>                       | 57 |
| 3.4.2 | <i>Valve dan Flange</i>           | 59 |
| 3.4.3 | <i>Reducer</i>                    | 59 |
| 3.4.4 | <i>SIF atau Tee</i>               | 60 |
| 3.4.5 | <i>Restraint</i>                  | 60 |



|  |    |
|--|----|
| 3.5 <i>Static Analysis</i> .....           | 61 |
| 3.5.1 <i>Static dan Dynamic Load</i> ..... | 61 |
| 3.5.2 <i>Load Case</i> .....               | 62 |
| 3.5.3 <i>Error Checking</i> .....          | 63 |
| 3.5.4 <i>Static Output Processor</i> ..... | 63 |
| 3.5.5 <i>Static Output Reports</i> .....   | 64 |

## **BAB V METODOLOGI**

|  |    |
|--|----|
| 4.1 Diagram Alir Pemodelan Analisa Tegangan dan Defleksi ..... | 65 |
| 4.2 Diagram Alir Pemeriksaan Kebocoran <i>Flange</i> .....     | 66 |
| 4.3 Penggunaan <i>Software</i> dan Alat Bantu .....            | 67 |
| 4.4 <i>Standard</i> dan <i>Code</i> yang Digunakan.....        | 67 |
| 4.5 Data Pemodelan.....  | 67 |

## **BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN**

|   |    |
|---|----|
| 5.1 Persiapan Pemodelan.....                      | 72 |
| 5.1.1 Data Proses .....                           | 73 |
| 5.1.2 Pengaturan Unit Satuan pada CAESAR II ..... | 73 |
| 5.1.3 Penomeran pada Gambar .....                 | 75 |
| 5.1.4 Nomor Pemodelan (nodal) .....               | 76 |
| 5.1.5 Penambahan Data .....                       | 78 |
| 5.2 Analisa Tegangan Pipa.....                    | 80 |
| 5.2.1 Analisa Tegangan Sebelum Modifikasi.....    | 80 |
| 5.2.2 Analisa Tegangan Setelah Modifikasi .....   | 83 |
| 5.3 Analisa Kebocoran <i>Flange</i> .....         | 87 |

## **BAB VII PENUTUP**

|                      |    |
|----------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan ..... | 92 |
| 5.2 Saran .....      | 92 |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> ..... | 93 |
|-----------------------------|----|

|                       |    |
|-----------------------|----|
| <b>LAMPIRAN</b> ..... | 94 |
|-----------------------|----|

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| <b>Gambar 2.1</b> Kurva Tegangan Regangan. ....                        | 5  |
| <b>Gambar 2.2</b> Gaya Tarik .....                                     | 6  |
| <b>Gambar 2.3</b> Momen Lentur.....                                    | 7  |
| <b>Gambar 2.4</b> Gaya Geser Tunggal .....                             | 8  |
| <b>Gambar 2.5</b> Batang Silindris dengan Beban Puntiran .....         | 8  |
| <b>Gambar 2.6</b> Prinsip Arah Tegangan pada Pipa .....                | 9  |
| <b>Gambar 2.7</b> Tegangan Longitudinal Akibat Tekanan Dalam Pipa..... | 11 |
| <b>Gambar 2.8</b> Tegangan Hoop .....                                  | 12 |
| <b>Gambar 2.9</b> Hubungan Antara Beberapa Disiplin Ilmu .....         | 15 |
| <b>Gambar 2.10</b> Indikasi Jalur Pipa Kritis .....                    | 16 |
| <b>Gambar 2.11</b> Prinsip Arah Tegangan pada Pipa.....                | 20 |
| <b>Gambar 2.12</b> Pipe Span .....                                     | 21 |
| <b>Gambar 2.13</b> Tumpuan Sederhana .....                             | 23 |
| <b>Gambar 2.14</b> Tumpuan Jepit .....                                 | 23 |
| <b>Gambar 2.15</b> Jenis – jenis <i>elbow</i> .....                    | 36 |
| <b>Gambar 2.16</b> <i>Reducer Conentric</i> .....                      | 37 |
| <b>Gambar 2.17</b> <i>Reducer Eccentric</i> .....                      | 37 |
| <b>Gambar 2.18</b> <i>Straight tee</i> .....                           | 37 |
| <b>Gambar 2.19</b> <i>Reducing Tee</i> .....                           | 37 |
| <b>Gambar 2.20</b> <i>Flange jenis WN (Welding Neck)</i> .....         | 38 |
| <b>Gambar 2.21</b> <i>Flange jenis SO (Slip-On)</i> .....              | 38 |
| <b>Gambar 2.22</b> <i>Flange Lap Joint</i> .....                       | 39 |
| <b>Gambar 2.23</b> <i>Expander Flange</i> .....                        | 39 |
| <b>Gambar 2.24</b> <i>Ball Valve</i> .....                             | 42 |
| <b>Gambar 2.25</b> <i>Gate Valve.</i> ....                             | 43 |
| <b>Gambar 2.26</b> <i>Globe Valve</i> .....                            | 43 |
| <b>Gambar 2.27</b> <i>Check Valve</i> .....                            | 44 |
| <b>Gambar 2.28</b> <i>Ball Float Valve &amp; Blow Off Valve</i> .....  | 44 |
| <b>Gambar 2.29</b> <i>Relief Valve</i> .....                           | 45 |
| <b>Gambar 2.30</b> Penyangga Kaki Bebek.....                           | 47 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Gambar 2.31</b> Penyangga Siku-Siku .....                             | 48 |
| <b>Gambar 2.32</b> Penyangga Pembaring Pipa .....                        | 48 |
| <b>Gambar 2.33</b> Penyangga Gantung .....                               | 49 |
| <b>Gambar 2.34</b> Jenis Penyangga .....                                 | 49 |
| <b>Gambar 3.1</b> <i>New File</i> .....                                  | 54 |
| <b>Gambar 3.2</b> <i>New Job Name Specification</i> .....                | 55 |
| <b>Gambar 3.3</b> <i>Units Maintenance</i> .....                         | 55 |
| <b>Gambar 3.4</b> <i>Units File Review</i> .....                         | 56 |
| <b>Gambar 3.5</b> <i>Piping Input</i> .....                              | 56 |
| <b>Gambar 3.6</b> <i>Spreadsheet</i> .....                               | 57 |
| <b>Gambar 3.7</b> <i>Elbow</i> .....                                     | 58 |
| <b>Gambar 3.8</b> <i>Bend</i> .....                                      | 58 |
| <b>Gambar 3.9</b> <i>Valve dan Flange</i> .....                          | 59 |
| <b>Gambar 3.10</b> <i>Reducer</i> .....                                  | 59 |
| <b>Gambar 3.11</b> <i>SIF atau Tee</i> .....                             | 60 |
| <b>Gambar 3.12</b> <i>Restraint</i> .....                                | 61 |
| <b>Gambar 3.13</b> <i>Load Case</i> .....                                | 62 |
| <b>Gambar 3.14</b> <i>Error Checking</i> .....                           | 63 |
| <b>Gambar 3.15</b> <i>Static Output Processor</i> .....                  | 64 |
| <b>Gambar 3.16</b> <i>Static Output Reports</i> .....                    | 64 |
| <b>Gambar 4.1</b> Diagram Alir Tegangan dan Defleksi .....               | 65 |
| <b>Gambar 4.2</b> Diagram Alir Pemeriksaan Kebocoran <i>Flange</i> ..... | 66 |
| <b>Gambar 4.3</b> Gambar Isometri .....                                  | 68 |
| <b>Gambar 4.4</b> Gambar Isometri .....                                  | 69 |
| <b>Gambar 5.1</b> Nomer pemodelan .....                                  | 74 |
| <b>Gambar 5.2</b> Nomer pemodelan .....                                  | 75 |
| <b>Gambar 5.3</b> Translasi Yang Terjadi Pada Suatu Benda .....          | 78 |
| <b>Gambar 5.4</b> Rotasi Yang Terjadi Pada Suatu Benda .....             | 79 |
| <b>Gambar 5.5</b> Visualisasi Pemodelan Desain .....                     | 80 |
| <b>Gambar 5.5</b> Modifikasi Pemodelan .....                             | 83 |
| <b>Gambar 5.6</b> <i>Limit Stop/Stopper</i> .....                        | 84 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabel 2.1</b> Siklus Termal Pipa .....   | 19 |
| <b>Tabel 2.2</b> Defleksi Ijin .....  | 22 |
| <b>Tabel 2.3</b> Koefisien <i>Beta</i> Pada <i>Static Loads</i> .....                   | 26 |
| <b>Tabel 2.4</b> Koefisien <i>beta</i> pada <i>static loads and dinamic loads</i> ..... | 27 |
| <b>Tabel 2.5</b> Material Perpipaan dan Aplikasinya .....                               | 30 |
| <b>Tabel 2.6</b> Material Perpipaan yang Umum Digunakan .....                           | 31 |
| <b>Tabel 2.7</b> <i>Table</i> Pipa .....  | 33 |
| <b>Tabel 2.8</b> Hubungan sambungan <i>Socket Welded dan Threaded.</i> .....            | 35 |
| <b>Tabel 2.9</b> Material Specification .....   | 40 |
| <b>Tabel 2.10</b> Rating .....  | 41 |
| <b>Tabel 2.11</b> Material Specification .....  | 46 |
| <b>Tabel 2.12</b> Rating .....  | 46 |
| <b>Tabel 5.1</b> Data-data Sistem Perpipaan.....  | 72 |
| <b>Tabel 5.2</b> Unit Satuan.....   | 73 |
| <b>Tabel 5.3</b> Nomer pemodelan .....  | 76 |
| <b>Tabel 5.4</b> <i>Stress Summary</i> Sebelum Modifikasi.....                          | 81 |
| <b>Tabel 5.5</b> Defleksi Maksimum Sebelum Modifikasi .....                             | 82 |
| <b>Tabel 5.6</b> <i>Stress Summary</i> Setelah Modifikasi .....                         | 85 |
| <b>Tabel 5.7</b> Defleksi Maksimum Setelah Modifikasi .....                             | 86 |
| <b>Tabel 5.8</b> Data Pengecekan Kebocoran <i>Flange</i> .....                          | 88 |

## DAFTAR NOTASI SINGKATAN

|               |  |            |   |
|---------------|--|------------|---|
| $\sigma$      | = Tegangan                                 | $d_o$      | = Diameter luar                                       |
| A             | = Luas permukaan                           | $S_R$      | = Tegangan radial                                     |
| $\varepsilon$ | = Regangan                                 | R          | = Rata-rata dari jari-jari                            |
| $\Delta L$    | = Perubahan panjang batang                 | $\sigma_H$ | = Tegangan Hoop                                       |
| $L_1$         | = Akhir panjang batang                     | P          | = Tekanan internal                                    |
| L             | = Panjang batang awal                      | $r_i$      | = Jari-jari dalam pipa                                |
| E             | = Modulus Elastisitas                      | $r_o$      | = Jari-jari luar pipa                                 |
| $\sigma_t$    | = Tegangan tarik                           | r          | = Jarak jari-jari ke titik tertentu                   |
| $\sigma_L$    | = Tegangan lentur                          | $\tau_T$   | = Tegangan torsional                                  |
| M             | = Momen Lentur                             | T          | = Torsi   |
| $I_{zz}$      | = Momen inersia penampang                  | c          | = Jarak dari sumbu netral ke permukaan terluar        |
| Y             | = Jarak bidang netral ke permukaan terluar | J          | = Momen inersia polar pada pipa                       |
| $\tau$        | = Tegangan geser                           | Mt         | = Momen torsional                                     |
| A             | = Luas penampang                           | Z          | = Modulus penampang pipa                              |
| $\tau_p$      | = Tegangan puntir                          | $S_b$      | = Tegangan longitudinal akibat momen lentur           |
| r             | = Jarak serat dari sumbu netral            | $M_y, M_z$ | = Momen lentur pada penampang pipa                    |
| $I_p$         | = Momen inersia polar                      | $S_L$      | = Tegangan longitudinal akibat beban <i>sustained</i> |
| $\sigma_L$    | = Tegangan longitudinal                    | $A_m$      | = Luas penampang pipa                                 |
| F             | = Gaya                                     | $i_i$      | = In-plane SIF  |
| $A_m$         | = Luas penampang pipa                      | $i_o$      | = Out-plane SIF                                       |
| $\sigma_L$    | = Tegangan longitudinal                    | $M_i$      | = Momen lendutan in-plane karena sustained load       |
| P             | = Tekanan internal                         | $M_o$      | = Momen lendutan out-plane karena sustained load      |
| $d_i$         | = Diameter dalam pipa                      |            |   |
| $d_m$         | = Diameter rata - rata                     |            |   |
| $d_o$         | = Diameter luar                            |            |   |
| t             | = Tebal dinding pipa                       |            |   |
| $\sigma_L$    | = Tegangan longitudinal                    |            |   |
| P             | = Tekanan internal                         |            |   |

|           |  |            |   |
|-----------|--|------------|---|
| $S_h$     | =Tegangan dasar yang diizinkan oleh material menurut Appendix A dari ASME / ANSI B31.3                         | $P_{ASME}$ | =Tekanan kerja pada temperatur desain   |
| $S_E$     | = Displacement stress range  | $P$        | = Tekanan operasi   |
| $S_b$     | = Resultan bending stress  | $P_{eq}$   | = Tekanan equivalen   |
| $M_T$     | = Momen puntir karena beban ekspansi   | $\beta$    | = Koefisien <i>beta</i> pada <i>static loads</i> dan <i>dynamic loads</i>         |
| $S_t$     | = Torsional stress (kPa)   | $P_{eq}$   | = Tekanan equivalen   |
| $S_c$     | = Tegangan dasar yang diizinkan oleh material menurut Appendix A dari ASME / ANSI B31.3 pada temperatur rendah | MF         | =Resultan momen puntir pada kondisi desain  |
| $S_h$     | = Stress yang diizinkan untuk bahan pipa saat beroperasi   | FA         | =Gaya aksial pada kondisi desain  |
| f         | =Faktor reduksi dengan mempertimbangkan kelelahan material (beban dinamis yang berulang)                       | G          | =Diameter gasket efektif  |
| Z         | = <i>Section</i> modulus pipa  | Sa         | =Tegangan izin material <i>basic allowable stress</i> (lbf/in <sup>2</sup> , psi) |
| $M_{max}$ | = Momen lentur maksimum  | A          | = <i>Allowance</i> (untuk <i>corrosion allowance</i> , A=1/8")                    |
| W         | = Beban berat pipa, fluida, dll dalam satuan berat   |            |   |
| L         | = Panjang batang ( <i>pipe span</i> )  |            |   |
| S         | = Tegangan yang terjadi dikarenakan momen lentur   |            |   |
| $y_{Max}$ | =Defleksi maksimum arah sumbu y (vertikal)   |            |   |
| I         | = Momen inersia penampang pipa   |            |   |