

# **SKRIPSI**

## **ANALISIS DISTRIBUSI TEGANGAN DAN PERPINDAHAN ELEMEN PIPA PADA SISTEM PERPIPAAN DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM CAESAR II**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**MUHAMMAD ARDHIKA  
03051181520032**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2020**

# **SKRIPSI**

## **ANALISIS DISTRIBUSI TEGANGAN DAN PERPINDAHAN ELEMEN PIPA PADA SISTEM PERPIPAAN DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM CAESAR II**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH:  
MUHAMMAD ARDHIKA  
03051181520032**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2020**

# HALAMAN PENGESAHAN

## ANALISIS DISTRIBUSI TEGANGAN DAN PERPINDAHAN ELEMEN PIPA PADA SISTEM PERPIPAAN DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM CAESAR II

### SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

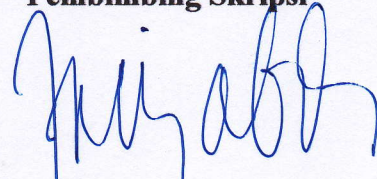
Oleh :

**MUHAMMAD ARDHIKA**

**03051181520032**

Indralaya, Juli 2020

Diperiksa dan disetujui oleh,  
Pembimbing Skripsi



**Ir. H. Zainal Abidin, M.T**

**NIP. 19580910 198602 1 001**

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Teknik Mesin**



**Irsyadi Yani S.T., M.Eng., Ph.D**

**NIP. 19711225 199702 1 001**



**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

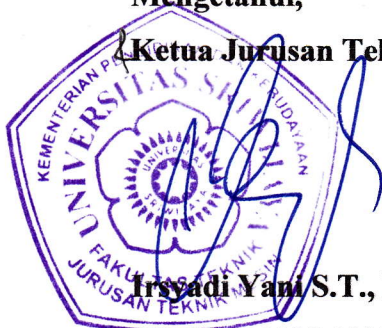
**Agenda No. :  
Diterima Tanggal :  
Paraf :**

---

**SKRIPSI**

**Nama : MUHAMMAD ARDHIKA  
NIM : 03051181520032  
Jurusan : TEKNIK MESIN  
Bidang Studi : KONSTRUKSI  
Judul Skripsi : ANALISIS DISTRIBUSI TEGANGAN DAN  
PERPINDAHAN ELEMEN PIPA PADA  
SISTEM PERPIPAAN DENGAN MENGGUNAKAN  
PROGRAM CAESAR II  
Dibuat Tanggal : 23 Maret 2019  
Selesai Tanggal : 23 Juni 2020**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin**



**Iryadi Yani S.T., M.Eng., Ph.D  
NIP.19711225 199702 1 001**

**Indralaya, Juli 2020  
Diperiksa dan disetujui oleh,  
Pembimbing Skripsi**

**Ir. H. Zainal Abidin, M.T  
NIP. 19580910 198602 1 001**

# HALAMAN PERSETUJUAN

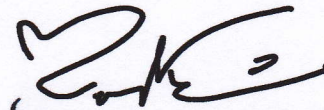
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Analisis Distribusi Tegangan dan Perpindahan Elemen Pipa pada Sistem Perpipaan dengan Menggunakan Program CAESAR II” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 23 Juni 2020.

Indralaya, 23 Juni 2020

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

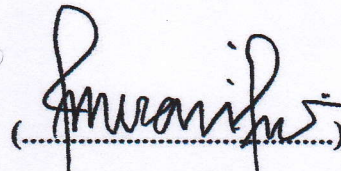
Ketua:

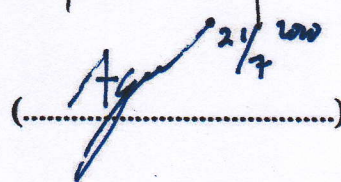
1. Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T  
NIP. 19590321 198703 1 001

  
(.....)

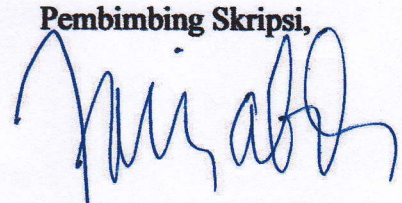
Anggota:

2. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D  
NIP. 19790927 200312 1 004
3. Agung Mataram, S.T., M.T., Ph.D  
NIP. 19790105 200312 1 002

  
(.....)

  
21/7  
(.....)

  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin  
  
Irsyad Yani, S.T., M.Eng., Ph.D  
NIP. 19711225 199702 1 001

Pembimbing Skripsi,  
  
Ir. H. Zainal Abidin, M.T  
NIP. 19580910 198602 1 001



# HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Ardhika

NIM : 03051181520032

Judul : Analisis Distribusi Tegangan dan Perpindahan Elemen Pipa pada Sistem Perpipaan dengan Menggunakan Program CAESAR II

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari universitas sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, Juli 2020



**Muhammad Ardhika**

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Ardhika

NIM : 03051181520032

Judul : Analisis Distribusi Tegangan dan Perpindahan Elemen Pipa pada Sistem Perpipaan dengan Menggunakan Program CAESAR II.

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, Juli 2020



**Muhammad Ardhika**

# KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah Subhanahu wata'ala, karena dengan rahmat dan karunia-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan Penelitian dan Tugas Akhir (Skripsi) ini dengan baik. Skripsi ini berjudul “Analisis Distribusi Tegangan dan Perpindahan Elemen Pipa pada Sistem Perpipaan dengan Menggunakan Program CAESAR II”.

Tugas Akhir (Skripsi) ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam penyusunan skripsi ini tentunya penulis tidak berkerja sendirian, akan tetapi mendapat bantuan serta dukungan dari orang-orang secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini dengan setulus hati penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak terkait, antara lain:

1. Bapak Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Amir Arifin S.T., M.Eng. Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Ir. H. Zainal Abidin, M.T. selaku dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan wawasan, ilmu pengetahuan, dan juga dorongannya di dalam membimbing, mengarahkan, dan banyak membantu penulis hingga terselesaikannya skripsi ini.
4. Ibu Ellyanie, S.T, M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan motivasi, wawasan dan ilmu pengetahuan serta memberikan arahan semasa perkuliahan.
5. Kedua Orang Tua Saya yang selalu memberikan dukungan baik dalam hal moral dan juga materi serta yang selalu memberikan semangat dan do'a yang tulus dari awal hingga selesainya perkuliahan.
6. Seluruh Dosen Pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya yang telah memberikan wawasan dan ilmu pengetahuannya kepada penulis selama proses perkuliahan sehingga penulis mendapatkan ilmu yang bermanfaat.



7. Para Karyawan dan Staff Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya, yang telah banyak membantu dalam hal administrasi dan keperluan-keperluan lainnya.
8. Teman-teman seperjuangan angkatan 2015 baik yang telah lulus maupun yang sedang menggarap skripsi yang telah banyak membantu saya di dalam perkuliahan dan penyelesaian skripsi ini.
9. Kakak dan adik tingkat Teknik Mesin, terutama Diyan 2017 yang telah mengingatkan dan membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Semua pihak yang turut mengambil peran dalam membantu penelitian dan penyusunan Karya Ilmiah Tugas Akhir (Skripsi) hingga selesai.
11. Teman seperjuangan satu pembimbing, Rizky yang selalu menemani bimbingan dan membantu dalam proses pembuatan hingga terselesainya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir (Skripsi) ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar penelitian ini menjadi lebih baik. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi dalam dunia pendidikan dan industri.

Indralaya, Juli 2020

Penulis

# RINGKASAN

## ANALISIS DISTRIBUSI TEGANGAN DAN PERPINDAHAN ELEMEN PIPA PADA SISTEM PERPIPAAN DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM CAESAR II

Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi, 23 Juni 2020

Muhammad Ardhika;

Dibimbing oleh Ir. H. Zainal Abidin, M.T.

*Distribution Analysis of Stress and Displacement of Pipe's Element at Piping System using CAESAR II Software.*

XXIX + 67 halaman, 3 tabel, 50 gambar, 10 lampiran

### Ringkasan

Di dalam sebuah industri diperlukan suatu sarana untuk mengalirkan fluida dari satu tempat ke tempat lainnya. Dalam hal ini, sarana yang digunakan adalah pipa. Gabungan-gabungan pipa yang memiliki panjang total relatif pendek dan digunakan untuk mengalirkan fluida dari suatu peralatan ke peralatan lainnya yang beroperasi pada suatu *plant* disebut sistem perpipaan. Perancangan sistem perpipaan yang baik dan aman sangat disarankan untuk menjamin kelancaran dari proses dan menjamin umur penggunaan dari sistem perpipaan yang sesuai dengan siklus perancangan. Parameter aman yang dimaksud adalah ketika pipa mampu menahan pembebanan statik (*static load*), yaitu pembebanan yang disebabkan oleh berat yang terdapat pada pipa dan tekanan internal yang disebabkan oleh fluida yang mengalir di dalamnya, dan juga karena pembebanan yang disebabkan oleh pengaruh temperatur. Namun pada kenyataannya, seringkali ditemukan berbagai kegagalan yang terjadi pada sistem, baik pada saat instalasi maupun pada saat sistem itu beroperasi. Sebagai contoh, pada sistem perpipaan yang biasanya menggunakan pipa dengan ukuran diameter yang besar dan suhu yang tinggi, sering kali mengalami suatu permasalahan seperti tegangan dan defleksi yang berlebihan pada titik-titik tertentu di sepanjang jalur pipa. Oleh karenanya, untuk menghindari hal ini, perlu dilakukan suatu analisis. Pada zaman dahulu, tepatnya sebelum revolusi sebuah industri, seorang *engineer* menganalisis suatu permasalahan yang ia temukan dengan melakukan perhitungan secara manual dengan mengumpulkan data-data yang ia dapat dari lapangan, kemudian menghitungnya satu persatu sampai mencapai hasil yang mendekati faktor

keamanan dalam tahap perancangan. Seiring dengan berkembangnya zaman dan maju nya teknologi, dari tahun ke tahun, para *engineer* mencoba untuk membuat suatu aplikasi, guna untuk membantu dan mempermudah proses perhitungan dengan tujuan untuk mendapatkan hasil analisis yang diinginkan. Salah satunya adalah dengan menggunakan *software* CAESAR II. *Software* CAESAR II merupakan suatu program berbasis komputer, yang mampu mengakomodasi perhitungan *Stress Analysis*. Analisis ini diawali dengan memasukkan data-data awal pada *piping input menu* CAESAR II. Data-data yang dimaksud berupa spesifikasi data pipa dan spesifikasi data fluida beserta spesifikasi insulasi yang digunakan. Kemudian dilanjutkan dengan proses penentuan jarak antar *node* sekaligus dengan pemasukan dimensi pipa. Setelah seluruh proses pemasukan data selesai dilakukan, proses selanjutnya adalah pengecekan kesalahan (*error checking*). *Error checking* berfungsi untuk mengecek ada atau tidak adanya kesalahan pada proses pemasukan data, seperti data kosong ataupun data yang terlewatkan. Pada bagian ini, akan ditampilkan juga hasil output pemasukan data awal yang berupa *center of gravity report*. Kemudian, apabila hasil *output* pemasukan data awal sudah didapatkan, proses selanjutnya adalah penentuan, penempatan, dan pemasangan *support* (tumpuan) di sepanjang jalur perpipaan. Pada proses ini, penempatan dan pemasangan *support* tidak boleh dilakukan secara sembarangan. Karena hal ini akan mempengaruhi hasil tegangan dan perpindahan yang akan didapatkan. Apabila telah selesai dilakukan pemasangan *support*, maka proses selanjutnya adalah menjalankan *stress analysis*. Tegangan (*Stress*) dianalisis dalam keadaan statik yang berdasarkan pada tiga jenis pembebanan, yaitu: Pembebanan *Sustain*, Pembebanan *Operation*, dan Pembebanan *Expansion*. Hasil dari ketiga jenis pembebanan ini dapat langsung dilihat dengan melakukan simulasi *3D Plot* pada setiap kasus pembebanan. Hasil tegangan yang berlebihan akan langsung ditunjukkan dengan perwarnaan kalimat berwarna merah pada jenis pembebanannya, sedangkan untuk tegangan yang aman akan ditunjukkan dengan perwarnaan kalimat berwarna hitam pada jenis pembebanannya. Dari analisis yang telah dilakukan, sistem perpipaan *line* PG-1002-24”D6-H115 dapat dikatakan aman dan telah sesuai dengan standar *process piping design*, ASME B31.3. Karena berdasarkan dari ketiga jenis pembebanan yang telah dilakukan, nilai tegangan yang diperoleh dimasing-masing pembebanannya tidak melebihi kekuatan luluh material. Berdasarkan pembebanan *sustain*, tegangan kode maksimum sebesar 94312,6 kPa pada node 140. Berdasarkan pembebanan pada saat sistem beroperasi, tegangan operasi maksimum sebesar 166660,6 kPa pada node 110. Dan berdasarkan pembebanan ekspansi, tegangan kode maksimum sebesar 158872,9 kPa pada node 110.

**Kata Kunci :** *Sistem Perpipaan, Tegangan, Perpindahan, Sustain, Operation, Expansion, CAESAR II*



# SUMMARY

DISTRIBUTION ANALYSIS OF STRESS AND DISPLACEMENT OF PIPE'S ELEMENT AT PIPING SYSTEM USING CAESAR II SOFTWARE.

Scientific papers in the form of a thesis, 23 June 2020

Muhammad Ardhika;

Supervised by Ir. H. Zainal Abidin, M.T.

*Analisis Distribusi Tegangan, dan Perpindahan Elemen Pipa pada Sistem Perpipaan dengan Menggunakan Program CAESAR II.*

XXIX + 67 pages, 3 tables, 50 figures, 10 attachment.

## Summary

In an industry we need a means to flow fluid from one place to another. In this case, the facilities used are pipes. Pipe joints which have a relatively short total length and are used to flow fluid from one piece of equipment to another that operate on a plant are called piping systems. A good and safe piping system design is highly recommended to ensure the smooth running of the process and to ensure the useful life of the piping system in accordance with the design cycle. The safe parameter can be intended when the pipe is able static load, i.e. a load caused by the weight contained in the pipe and internal pressure caused by the fluid flowing in it, and also due to loading caused by the influence of temperature. But in fact, often found various failures that occur in the system, both during installation and when the system is operating. For example, in piping systems which usually use pipes with large diameters and high temperatures, they often experience problems such as excessive stresses and deflections at certain points along the pipeline. Therefore, to avoid this, an analysis is needed. In the past, precisely before the revolution of an industry, an engineer analyzed a problem that he found by doing calculations manually by collecting data that he got from the field, then counting them one by one until reaching results that approached the safety factor in the design stage. Along with the development of the age and advancement of technology, from year to year, the engineers try to make an application, in order to help and simplify the calculation process with the aim of getting the desired analysis results. One way is to use CAESAR II software. CAESAR II Software is a computer-based program, which is able to accommodate the calculation of Stress Analysis. This analysis begins by entering

the initial data in the CAESAR II input piping menu. The data referred to are in the form of pipe data specifications and fluid data specifications along with the insulation specifications used. Then proceed with the process of determining the distance between nodes at once by entering the dimensions of the pipe. After the entire data entry process is complete, the next process is error checking. Error checking functions to check the presence or absence of errors in the data entry process, such as empty data or data that is missed. In this section, we also display the results of the initial data entry output in the form of a center of gravity report. Then, if the results of the initial data entry output have been obtained, the next process is the determination, placement, and installation of support (footing) along the pipeline. In this process, placement and installation of support should not be done haphazardly. Because this will affect the results of the stress and displacement that will be obtained. When the installation of support has been completed, the next process is to run a stress analysis. Stress is analyzed in a static state based on three types of loading, namely: Imposition of Sustain, Operation Imposition, and Expansion Imposition. The results of these three types of loading can be directly seen by doing a 3D plot simulation in each loading case. The results of excessive stress will be immediately indicated by the coloring of red sentences in the type of loading, while for safe stresses will be indicated by the coloring of black sentences in the type of loading. From the analysis conducted, the piping system line PG-1002-24 "D6-H115 can be said to be safe and in accordance with the standard process piping design, ASME B31.3. Because based on the three types of loading that have been done, the stress value obtained in each loading does not exceed the yield strength of the material. Based on sustained loading, the maximum code stress is 94312.6 kPa at node 140. Based on the loading when the system is operating, the maximum operating stress is 166660.6 kPa at node 110. And based on expansion loading, the maximum code stress at 158872.9 kPa at node 110.

**Keywords :** *Piping System, Stress, Displacement, Sustain, Operation, Expansion, CAESAR II*

# DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b> .....	xix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xxiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xxvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxix
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Metode Penelitian.....	5
1.6.1 Literatur .....	5
1.6.2 Studi Lapangan.....	5
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pengertian Pipa.....	7
2.1.1 Jenis-Jenis Pipa.....	7
2.2 Kode Standar Desain Pipa.....	8
2.3 Komponen-Komponen pada Sistem Perpipaan.....	10
2.3.1 Valve.....	10
2.3.2 Fitting .....	11
2.3.3 Nozzle.....	12
2.3.4 Support .....	12
2.4 Teori Dasar Tegangan-Regangan Pipa.....	13
2.4.1 Tegangan-Tegangan pada Pipa.....	16
2.4.2 Kombinasi Tegangan pada Dinding Pipa.....	23
2.5 Persamaan Tegangan Berdasarkan Kode ASME/ANSI B31.3 ...	24



2.5.1	Berdasarkan Pembebanan Sustain .....	25
2.5.2	Berdasarkan Pembebanan Ekspansi.....	25
2.5.3	Berdasarkan Pembebanan Oksasional (Occasional Load).....	27
2.6	Pengenalan Software CAESAR II .....	27

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Pendahuluan.....	29
3.2	Studi Kasus .....	29
3.2.1	Gambar Isometrik Pipa .....	29
3.2.2	Spesifikasi Pipa.....	31
3.3	Diagram Alir Penelitian .....	34
3.4	Tahapan Proses Analisis .....	35
3.4.1	Studi Literatur .....	35
3.4.2	Pembuatan Data Awal.....	35
3.4.3	Tahapan Pengerjaan .....	35
3.4.3.1	Perancangan Sistem Perpipaan .....	36
3.4.3.2	Pengecekan Error pada Pemodelan.....	36
3.4.3.3	Pemodelan Tumpuan .....	36
3.4.3.4	Analisis Tegangan Pipa.....	37
3.4.4	Proses Pengerjaan .....	37
3.5	Waktu dan Tempat Penelitian.....	39

### **BAB 4 PEMBAHASAN**

4.1	Perancangan Sistem Perpipaan dengan Menggunakan Program CAESAR II.....	41
4.1.1	Pengaturan Standar Satuan Unit pada CAESAR II .....	42
4.1.2	Pembuatan File baru di CAESAR II.....	43
4.1.3	Penginputan Data ke dalam CAESAR II.....	44
4.1.3.1	Penginputan Nomor Node.....	45
4.1.3.2	Penginputan Ukuran Panjang Pipa.....	46
4.1.3.3	Penginputan Dimensi Pipa.....	46
4.1.3.4	Penginputan data-data tambahan .....	49
4.1.3.5	Pembuatan Komponen Fitting .....	50

4.1.3.6	Pembuatan Elbow .....	50
4.1.3.7	Pembuatan Reducer dan Flange .....	51
4.1.3.8	Pembuatan Support (Tumpuan Pipa).....	52
4.1.3.9	Pembuatan Valve (Katup) .....	52
4.2	Analisis Tegangan pada Sistem Perpipaan.....	54
4.2.1	Analisis Berdasarkan Pembebanan Sustain.....	55
4.2.1.1	Hasil Analisis Berdasarkan Pembebanan Sustain .....	55
4.2.2	Analisis Berdasarkan Pembebanan pada saat Sistem Beroperasi.....	57
4.2.2.1	Hasil Analisis Berdasarkan Pembebanan pada saat Sistem Beroperasi.....	57
4.2.3	Analisis Berdasarkan Pembebanan Ekspansi .....	59
4.2.3.1	Hasil Analisis Berdasarkan Pembebanan Ekspansi.....	59
4.3	Analisis Perpindahan pada Sistem Perpipaan.....	61
4.3.1	Analisis Perpindahan akibat Pembebanan Sustain .....	61
4.3.2	Analisis Perpindahan akibat Pembebanan pada saat sistem Beroperasi.....	62
4.3.3	Analisis Perpindahan akibat Pembebanan Ekspansi .....	63
 <b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran .....	67
<b>DAFTAR RUJUKAN</b> .....		i
<b>LAMPIRAN</b> .....		i

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pipa .....	7
Gambar 2.2	Valve.....	11
Gambar 2.3	Macam-macam Fitting: (A) Elbow, (B) Tee dan (C) Reducer pada Sistem Perpipaan .....	11
Gambar 2.4	Flange .....	12
Gambar 2.5	Nozzle.....	12
Gambar 2.6	Support pada Sistem Perpipaan .....	13
Gambar 2.7	Arah Tegangan pada Pipa.....	14
Gambar 2.8	Kurva Diagram Tegangan-Regangan .....	15
Gambar 2.9	Tegangan Longitudinal Akibat Gaya Aksial Pipa.....	17
Gambar 2.10	Tegangan Longitudinal Akibat Tekanan Internal pada Pipa.....	18
Gambar 2.11	Tegangan Longitudinal Akibat Momen Lengkung pada Pipa ....	19
Gambar 2.12	Keseluruhan Tegangan Longitudinal pada Pipa.....	19
Gambar 2.13	Tegangan Hoop pada Bagian Dalam Potongan Pipa.....	21
Gambar 2.14	Tegangan Geser Akibat Gaya Geser pada Pipa.....	22
Gambar 2.15	Tegangan Geser Akibat Momen Puntir yang terjadi pada Pipa ..	23
Gambar 2.16	Mohr Circle .....	24
Gambar 2.17	Tampilan Menu Utama CAESAR II .....	28
Gambar 3.1	Isometrik Pipa.....	30
Gambar 3.2	Spesifikasi Material Pipa.....	32
Gambar 3.3	Diagram Alir Penelitian.....	34
Gambar 3.4	Diagram Alir Simulasi.....	38
Gambar 4.1	Isometrik Sistem Perpipaan .....	42
Gambar 4.2	Kotak Dialog Lembar Kerja Baru pada CAESAR II .....	43
Gambar 4.3	Standar Satuan Unit dalam CAESAR II.....	44
Gambar 4.4	Tampilan Pemasukan Data ke dalam CAESAR II.....	45
Gambar 4.5	Pengeditan Nomor Nodal Pipa .....	45



Gambar 4.6	Penginputan Ukuran Panjang Pipa.....	46
Gambar 4.7	Spesifikasi Data Pipa : (A) Pipa 24” dan (B) Pipa 20” .....	47
Gambar 4.8	Informasi Mengenai Pipa 24” Sch-40.....	47
Gambar 4.9	Informasi Mengenai Pipa 20” Sch-30.....	48
Gambar 4.10	Penginputan Spesifikasi Data Pipa, Fluida dan Insulasi .....	49
Gambar 4.11	Pemodelan dan Penginputan Data Elbow .....	51
Gambar 4.12	Pemodelan dan Penginputan Data Reducer .....	51
Gambar 4.13	Pemodelan dan Penginputan Data Flange.....	51
Gambar 4.14	Pemodelan dan Penginputan Data Support.....	52
Gambar 4.15	Tampilan Valve and Flange Database pada CAESAR II .....	53
Gambar 4.16	Pemodelan Sistem Perpipaan PG-1002-24”-D6-H115 .....	53
Gambar 4.17	Hasil Pengecekan Kesalahan (Error Checking) pada pemodelan .....	54
Gambar 4.18	Value (Tingkatan Warna) Tegangan akibat Pembebanan Sustain.....	56
Gambar 4.19	Grafik Hasil Analisis Tegangan Berdasarkan Pembebanan Sustain.....	56
Gambar 4.20	Value (Tingkatan Warna) Tegangan akibat Pembebanan Operation.....	58
Gambar 4.21	Grafik Hasil Analisis Tegangan Berdasarkan Pembebanan pada saat Sistem Beroperasi.....	58
Gambar 4.22	Value (Tingkatan Warna) Tegangan akibat Pembebanan Ekspansi .....	60
Gambar 4.23	Grafik Hasil Analisis Tegangan akibat Pembebanan Ekspansi ..	60
Gambar 4.24	Perpindahan yang terjadi akibat Pembebanan Sustain.....	61
Gambar 4.25	Grafik Hasil Analisis Perpindahan akibat Pembebanan Sustain.....	61
Gambar 4.26	Perpindahan yang terjadi akibat Pembebanan Operation .....	62
Gambar 4.27	Grafik Hasil Analisis Perpindahan akibat Pembebanan Operation.....	62

Gambar 4.28	Perpindahan yang terjadi akibat Pembebanan Ekspansi .....	63
Gambar 4.29	Grafik Hasil Analisis Perpindahan akibat Pembebanan Ekspansi.....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Toleransi Tegangan .....	26
Tabel 3.1	Spesifikasi Data Pipa beserta Data Fluida.....	33
Tabel 3.2	Daftar Kegiatan Selama Proses Pelaksanaan Penelitian .....	39

# DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Spesifikasi Material Pipa beserta Spesifikasi Fluida .....	i
Lampiran 2.	Pengelompokan Pipa Berdasarkan Spesifikasi Material ASME B31.3 .....	ii
Lampiran 3.1.	Tabel Basic Allowable Stresses in Tension for Metal, Ebook ASME B31.3 - 2018 .....	iii
Lampiran 3.2.	Tabel Basic Quality Factor for Longitudinal Weld Joint in Pipe, $E_j$ .....	iv
Lampiran 4.	Isometrik Sistem Perpipaan.....	v
Lampiran 5.	Pemodelan Sistem Perpipaan .....	vi
Lampiran 6.	Pembagian Mesh pada Pemodelan Sistem Perpipaan.....	viii
Lampiran 7.	Pemodelan Sistem Perpipaan yang disertai dengan Node .....	x
Lampiran 8.	Tabel Dimensi untuk setiap Jarak per-Node .....	xi
Lampiran 9.1.	Hasil Analisis Tegangan Berdasarkan Pembebanan Sustain.....	xiii
Lampiran 9.2.	Hasil Analisis Tegangan Berdasarkan Pembebanan Operation.....	xix
Lampiran 9.3.	Hasil Analisis Tegangan Berdasarkan Pembebanan Ekspansi .....	xxv
Lampiran 10.1.	Tabel Hasil Analisis Perpindahan akibat Pembebanan Sustain.....	xxxix
Lampiran 10.2.	Tabel Hasil Analisis Perpindahan akibat Pembebanan Operation.....	xxxiii
Lampiran 10.3.	Tabel Hasil Analisis Perpindahan akibat Pembebanan Ekspansi .....	xxxv

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam dunia pengindustrian, terutama di suatu pabrik dibutuhkan sebuah sarana untuk mengalirkan fluida bertekanan (gas ataupun cairan) dari suatu tempat ke tempat lainnya. Sarana yang dimaksudkan adalah pipa. Gabungan-gabungan pipa dengan panjang total yang relatif pendek dan yang bergerak pada suatu wilayah disebut sistem perpipaan. Sistem perpipaan umumnya dilengkapi dengan berbagai macam komponen, seperti: *valve*, *fitting* (misalnya: *elbow*, percabangan/*tee*, *reducer*, dan *flange*), *nozzle*, *support*, *insulation* dan lain-lain (Hamidi, 2016).

Dalam dunia pengindustrian, terdapat beberapa istilah dalam sistem perpipaan seperti perpipaan (*piping*) dan jalur perpipaan (*pipeline*). Di antara kedua istilah ini, terdapat perbedaan yang dapat dilihat langsung dari aspek fungsional, letak dan panjang total pipa keseluruhan yang terdapat pada sistem perpipaan. *Piping* merupakan sistem perpipaan yang berfungsi dan hanya berada di suatu pabrik, yang mana digunakan sebagai fasilitas untuk mengalirkan fluida bertekanan (gas ataupun cairan) dari suatu komponen ke komponen lainnya dengan melalui beberapa proses. Sedangkan *pipeline* merupakan sistem perpipaan yang berfungsi untuk memungkinkan fluida mengalir dari suatu pabrik ke pabrik lainnya, yang biasanya mengalir melalui banyak wilayah. Pada pengoperasiannya, *pipeline* akan melalui jarak dan medan yang sangat beraneka-ragam, baik jalur darat maupun melalui jalur perairan (Erinofiardi, 2014).

Desain sistem perpipaan yang baik dan aman sangat disarankan untuk memastikan kelancaran dari proses dan memastikan bahwa masa kerja sistem perpipaan memenuhi siklus *design*. Parameter yang dimaksud adalah ketika pipa dapat mengatasi pembebanan statik (*static load*), yaitu pembebanan yang



disebabkan oleh berat yang terdapat pada pipa dan tekanan internal yang disebabkan oleh fluida yang mengalir di dalamnya, dan juga karena pembebanan yang disebabkan oleh pengaruh temperatur. Namun pada kenyataannya, seringkali ditemukan berbagai macam kegagalan pada sistem selama proses pemasangan ataupun pada saat sistem itu beroperasi (Pridyatama dan Kurniawan, 2014).

Sistem perpipaan harus mempunyai kemampuan di dalam menerima dan menahan beban kerja yang diberikan tanpa mengakibatkan suatu kegagalan, kemampuan ini sering dinamakan fleksibilitas sistem perpipaan. Kegagalan dalam sistem perpipaan dapat mengganggu operasi yang sedang berlangsung. Oleh karenanya, diperlukan suatu bentuk analisis, dengan tujuan untuk menjamin keamanan di dalam sistem terutama pada saat pembebanan. Pada dasarnya, fleksibilitas yang dimiliki oleh sistem perpipaan harus dinyatakan cukup, hal ini ditujukan agar ketika terjadi perubahan pada temperatur maupun perpindahan yang disebabkan oleh hasil persambungan ataupun dari penempatan tumpuan pada sistem perpipaan tidak mengakibatkan kegagalan pada sistem perpipaan, seperti kebocoran pada sambungan, hingga terjadinya *over stress* (Manurung dan Syam, 2013).

Oleh karena pentingnya suatu analisis pada sistem perpipaan dalam kelangsungan industri, maka dalam proses perancangan sistem perpipaan terdapat hal-hal yang perlu diperhatikan dengan berbagai pertimbangan yang mengacu pada standarisasi berdasarkan standar ASME B31.3 mengenai *Process Piping*.

Di dalam melakukan perancangan sistem perpipaan, faktor-faktor yang mempengaruhi sistem perpipaan juga harus dipertimbangkan, termasuk:

1. Kemampuan pipa di dalam menahan tekanan internal fluida.
2. Kemampuan untuk mengatasi beban termal.
3. Kemampuan untuk mengatasi gesekan yang disebabkan oleh aliran fluida.
4. Kemampuan untuk mengatasi momen yang disebabkan oleh gaya gravitasi pipa (pembebanan statik).

Atas dasar tersebut, penulis memutuskan akan melakukan penelitian yang berjudul **“ANALISIS DISTRIBUSI TEGANGAN DAN PERPINDAHAN ELEMEN PIPA PADA SISTEM PERPIPAAN DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM CAESAR II”**.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dalam penelitian ini, penulis mempelajari beberapa masalah, yang meliputi:

1. Bagaimanakah pemodelan sistem perpipaan pada line PG-1002-24”-D6-H115 dengan menggunakan program CAESAR II?
2. Berapa besar nilai tegangan yang disebabkan oleh pembebanan sustain, pembebanan ekspansi dan pembebanan occasional yang dialami pada sistem perpipaan terhadap allowable stress pada ASME B31.3? Apakah beban yang terjadi masih berada dalam batas yang diizinkan?
3. Dimanakah letak/posisi tegangan maksimum yang dialami oleh sistem perpipaan?

## **1.3 Batasan Masalah**

Karena banyaknya permasalahan yang ditemukan, penulis memberikan batasan-batasan masalah di dalam pemodelan sistem perpipaan berupa:

1. Pipa yang digunakan sesuai dengan standar ASME B31.3.
2. Semua lasan sesuai dengan kode ASME B31.3 dan tegangan sisa pengelasan diabaikan.
3. Tidak memperhitungkan pengaruh dari luar seperti gempa dan beban angin.
4. Tidak memperhitungkan masalah penurunan tekanan.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian:

1. Menentukan tingkat tegangan dan perpindahan elemen pipa pada sistem perpipaan melalui pemodelan dengan menggunakan program CAESAR II.
2. Menganalisis nilai tegangan dalam sistem perpipaan dengan berdasarkan standarisasi ASME/ANSI B31.3 yang disebabkan oleh pembebanan sustain, ekspansi thermal dan pembebanan occasional.
3. Agar dapat memprediksi dan mengetahui daerah-daerah kritis yang mengalami tegangan yang berlebihan pada sistem perpipaan.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian:

1. Dengan menggunakan program CAESAR II, dapat mempermudah proses perhitungan di dalam mendapatkan nilai tegangan yang muncul dalam sistem perpipaan, daripada dengan perhitungan yang dilakukan secara manual, yang pada kenyataannya cukup terbilang sulit.
2. Hasil analisis tegangan dapat digunakan untuk membantu di dalam mengontrol area utama pada sistem perpipaan, sehingga dapat dijadikan acuan dan membantu operator di dalam melakukan proses *maintenance* di lapangan.

## **1.6 Metode Penelitian**

Metode yang digunakan di dalam proses pembuatan skripsi (tugas akhir) ini, antara lain bersumber dari literatur dan studi lapangan.

### **1.6.1 Literatur**

Meneliti dan melakukan pengambilan data dari berbagai dokumen, seperti: referensi, jurnal maupun melalui artikel.

### **1.6.2 Studi Lapangan**

Merupakan suatu metode yang dilakukan dengan tujuan memperoleh data di lapangan, yang mana dilakukan dan diambil langsung di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.

# DAFTAR RUJUKAN

- Agustinus, Donny. 2009. *Pengantar Piping Stress Analysis dengan CAESAR II*. Jakarta: Entry Augisino Publisher.
- ASME B31.3. 2002. *Process Piping*. New York: The American Society Mechanical Engineering.
- Bakhtiar, Muhammad, Hartono Yudo, dan Berlian Arswendo A. 2017. “Analisa Tegangan Sistem Perpipaan Filling Shed pada Terminal LPG Opsico-Pertamina Semarang Berdasarkan Jarak Support Akibat Beban Lingkungan dengan Metode Elemen Hingga”. Semarang: Jurnal Teknik Perkapalan Vol. 5 No. 1 ISSN: 2338-0322.
- COADE Engineering Software. 2000. CAESAR II Application Guide
- COADE Engineering Software. 2000. CAESAR II User Guide
- COADE Engineering Software. 2000. CAESAR II Technical Reference Manual.
- Ellenberger, J. Phillip. 2005. *Piping System & Pipelines : ASME Code Simplified*. U.S.A: McGraw-Hill.
- Erinofiardi. 2014. ”Desain Tegangan pada Jalur Pemipaan Gas dengan Pendekatan Perangkat Lunak”. Bengkulu: Jurnal Teknosia Vol. 1, No. 14 ISSN: 1978-8819.
- Grinnell. 1981. *Piping Design and Engineering, Sixth Edition*. U.S.A: Grinnell Industrial Piping, Inc.
- Hamidi, Muhammad. 2017. Analisis Tegangan, Regangan, dan Perpindahan Konstruksi Sistem Pipa dengan Menggunakan Program CAESAR II versi 7.00 [skripsi]. Indralaya (ID): Universitas Sriwijaya.
- Manurung, P. dan Syam. 2013. “Analisa Tegangan Pipa pada Sistem Perpipaan Heavy Fuel Oil dari Tank Unit 1 dan Unit 2 Menuju Heat Exchanger di PLTU Belawan”. Medan: Jurnal e-Dinamis, Vol.5, No.1: hal 37-46
- Nayyar, Mohinder L. 1992. *Piping Handbook Sixth Edition*. U.S.A: McGraw-Hill Companies, Inc.

- Nayyar, Mohinder L. 2000. *Piping Handbook Seventh Edition*. U.S.A: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Parisher, Roy. A dan Robert A. Rhea. 2002. *Pipe Drafting and Design, Second Edition*. U.S.A: Gulf Professional Publishing.
- Pridyatama, Parada Anugerah dan Budi Agung Kurniawan. 2014. "Analisa Rancangan Pipe Support pada Sistem Perpipaan High Pressure Vent Berdasarkan Stress Analysis dengan Pendekatan Caesar II". Surabaya: Jurnal Teknik Pomits. Vol. 3, No. 2. ISSN: 2337-3539.
- Smith, Paul R, and Laan, Thomas J. Van. 1987. *Piping and Pipe Support System*. U.S.A: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Smith, Peter. 2005. *Piping Material Selection and Applications*. Amsterdam: Elsevier Publisher.