



TUGAS AKHIR

ANALISIS TEGANGAN SISTEM PIPA MUATAN KAPAL TANKER PADA KONDISI BEBAN OPERASIONAL UNTUK MENGHINDARI KEGEGALAN STRUKTUR STUDI KASUS TANKER 6500 DWT

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Terapan

Disusun Oleh:

Dimas Saputra
NIM 40040422650045

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONSTRUKSI PERKAPALAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
2026**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Dimas Saputra
NIM : 40040422650045
Fakultas : Sekolah Vokasi
Program Studi : Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan
Judul Penelitian : Analisis Tegangan Sistem Pipa Muatan Kapal Tanker pada Kondisi Beban Operasional Untuk Menghindari Kegagalan Struktur Studi Kasus Tanker 6500 Dwt

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari diri saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya, ditulis oleh orang lain, atau diajukan untuk gelar ataupun ijazah pada Universitas Diponegoro atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Diponegoro.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Semarang, 25 Juni 2026
Pembuat Pernyataan

Dimas Saputra
NIM 40040422650045

HALAMAN PENGESAHAN SIDANG TUGAS AKHIR

HALAMAN PENGESAHAN SIDANG TUGAS AKHIR

ANALISIS TEGANGAN SISTEM PIPA MUATAN KAPAL TANKER PADA KONDISI BEBAN OPERASIONAL UNTUK MENGHINDARI KEGAGALAN STRUKTUR STUDI KASUS TANKER 6500 DWT

Oleh:

Dimas Saputra
40040422650045

Diajukan pada
Sidang Tugas Akhir
Tanggal 25 Juni 2026

Dinyatakan Lulus/Tidak Lulus

Sajana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan

Prof. Dr. Eng. Hartono Yudo, S.T., M.T.

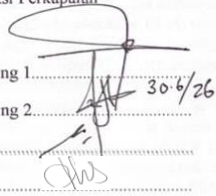
Dr. Zulfaidah Ariany, S.T., M.T.

Dr. Mohd Ridwan, S.T., M.T.

Muhammad Sawal Baital, S.T., M.T.

Pembimbing 1.....
Pembimbing 2.....
Penguji 1.....
Penguji 2.....

30/6/26



Mengetahui,

Ketua Program Studi

Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan

Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro

Dr. Mohd Ridwan, S.T., M.T.

NIP. 197008271999031002

ANALISIS TEGANGAN SISTEM PIPA MUATAN KAPAL TANKER PADA KONDISI BEBAN OPERASIONAL UNTUK MENGHINDARI KEGAGALAN STRUKTUR STUDI KASUS TANKER 6500 DWT

Nama Mahasiswa : Dimas Saputra
NIM : 40040422650045
Nama Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Eng. Hartono Yudo, S.T., M.T.
: Dr. Zulfaidah Ariany, S.T., M.T.

ABSTRAK

Sistem pipa muatan (*cargo oil piping system*) pada kapal tanker berfungsi menyalurkan muatan cair selama proses bongkar muat dan menerima kombinasi beban berupa berat sendiri pipa, berat fluida, tekanan internal, serta ekspansi termal yang dapat menimbulkan tegangan dan deformasi struktur. Penurunan ketebalan dinding pipa berpotensi menurunkan integritas sistem perpipaan sehingga diperlukan analisis tegangan sesuai standar ASME B31.3. Penelitian ini bertujuan menganalisis kondisi tegangan sistem pipa muatan kapal tanker 6.500 DWT pada kondisi beban operasional, mengevaluasi pengaruh penurunan ketebalan dinding pipa terhadap respons struktur, serta menentukan ketebalan minimum yang masih memenuhi persyaratan ASME B31.3.

Penelitian dilakukan menggunakan metode simulasi numerik dengan perangkat lunak CAESAR II berdasarkan standar ASME B31.3. Model sistem perpipaan dibangun menggunakan material ASTM A106 Grade B, tekanan desain 4.500 kPa, dan temperatur desain 60 °C. Analisis dilakukan pada kondisi *baseline* dengan ketebalan 8,18 mm serta variasi ketebalan 7,18 mm, 6,18 mm, 5,18 mm, 4,18 mm, 3,53 mm sebagai t_{design} , dan 3,18 mm. Parameter yang dievaluasi meliputi Code Stress, Stress Ratio, displacement, reaksi *support*, *anchor load*, dan code compliance.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi *baseline* menghasilkan Code Stress Sustained sebesar 61.769,4 kPa dengan Stress Ratio sebesar 44,8%. Pada ketebalan minimum desain 3,53 mm, Code Stress Sustained meningkat menjadi 121.449,9 kPa dengan Stress Ratio sebesar 88,1%, sedangkan pada ketebalan 3,18 mm meningkat menjadi 131.866,1 kPa dengan Stress Ratio sebesar 95,6% dan masih memenuhi persyaratan ASME B31.3. Penurunan ketebalan dinding pipa terbukti meningkatkan Code Stress Sustained, Stress Ratio, dan displacement, sedangkan Code Stress Expansion relatif tidak mengalami perubahan yang signifikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa t_{design} hasil perhitungan ASME B31.3 perlu divalidasi melalui analisis fleksibilitas menggunakan CAESAR II untuk memperoleh evaluasi integritas sistem perpipaan yang lebih komprehensif.

Kata Kunci: kapal tanker 6.500 DWT, sistem pipa muatan, analisis tegangan pipa, CAESAR II, ASME B31.3, ketebalan dinding pipa, *stress ratio*, *code compliance*.

**STRESS ANALYSIS OF A TANKER'S LOAD PIPING SYSTEM UNDER
OPERATIONAL LOAD CONDITIONS TO PREVENT STRUCTURAL FAILURE
CASE STUDY OF A 6,500 DWT TANKER**

Nama Mahasiswa : Dimas Saputra
NIM : 40040422650045
Nama Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Eng. Hartono Yudo, S.T., M.T.
: Dr. Zulfaidah Ariany, S.T., M.T.

ABSTRACT

The cargo oil piping system on a tanker plays a vital role in transferring liquid cargo during loading and unloading operations. During operation, the piping system is subjected to combined loading conditions, including pipe self-weight, fluid weight, internal pressure, and thermal expansion, which may induce stresses and structural deformation. A reduction in pipe wall thickness can decrease the structural integrity of the piping system; therefore, stress analysis is required to evaluate its safety in accordance with the ASME B31.3 standard. This study aims to analyze the stress condition of the cargo piping system of a 6,500 DWT tanker under operational loading, evaluate the effect of wall thickness reduction on the structural response, and determine the minimum pipe wall thickness that still satisfies the requirements of ASME B31.3.

The study was conducted using numerical simulation with CAESAR II based on the ASME B31.3 Process Piping standard. The piping model was developed from the cargo oil piping system drawing of a 6,500 DWT tanker using ASTM A106 Grade B pipe material, a design pressure of 4,500 kPa, and a design temperature of 60 °C. The analysis was performed for the baseline wall thickness of 8.18 mm and subsequently for thickness variations of 7.18 mm, 6.18 mm, 5.18 mm, 4.18 mm, 3.53 mm as the calculated design thickness (t_{design}), and 3.18 mm. The evaluated parameters included Code Stress, Stress Ratio, displacement, support reactions, anchor loads, and code compliance.

The results indicate that the baseline condition produced a Sustained Code Stress of 61,769.4 kPa with a Stress Ratio of 44.8%. At the design thickness of 3.53 mm, the Sustained Code Stress increased to 121,449.9 kPa with a Stress Ratio of 88.1% while still complying with ASME B31.3. At a wall thickness of 3.18 mm, the piping system also remained compliant with the code, producing a Sustained Code Stress of 131,866.1 kPa and a Stress Ratio of 95.6%, although with a significantly reduced safety margin. The study demonstrates that wall thickness reduction increases Sustained Code Stress, Stress Ratio, and displacement, whereas Expansion Code Stress remains relatively unchanged. These findings indicate that the theoretical design thickness calculated according to ASME B31.3 should be verified through piping flexibility analysis using CAESAR II to provide a more comprehensive assessment of piping system integrity under actual operating conditions.

Keywords: 6,500 DWT tanker, cargo oil piping system, pipe stress analysis, CAESAR II, ASME B31.3, pipe wall thickness, stress ratio, code compliance.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, nikmat, serta karunia-Nya yang tiada henti diberikan kepada penulis sehingga Tugas Akhir yang berjudul **“Analisis Tegangan Sistem Pipa Muatan Kapal Tanker pada Kondisi Beban Operasional untuk Menghindari Kegagalan Struktur Studi Kasus Tanker 6500 DWT”** dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, serta untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T.).

Penelitian ini dilaksanakan untuk menganalisis respons tegangan sistem pipa muatan kapal tanker terhadap kondisi beban operasional menggunakan perangkat lunak CAESAR II berdasarkan standar ASME B31.3. Melalui penelitian ini diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai pengaruh penurunan ketebalan pipa terhadap integritas sistem perpipaan, sehingga dapat menjadi salah satu referensi dalam evaluasi keamanan dan keandalan sistem pipa muatan kapal tanker.

Penyusunan Tugas Akhir ini tentunya tidak terlepas dari bantuan, dukungan, arahan, bimbingan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, atas segala rahmat, kesehatan, kemudahan, dan kekuatan yang diberikan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan seluruh rangkaian penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Irma Pratiwi, selaku mama tercinta yang selalu menjadi alasan terbesar bagi penulis untuk terus berjuang dan menyelesaikan pendidikan hingga jenjang ini. Terima kasih atas segala kasih sayang, pengorbanan, dukungan moral maupun material, nasihat, perhatian, kesabaran, serta doa yang tidak pernah putus kepada penulis. Segala pencapaian yang diraih penulis hingga saat ini tidak terlepas dari perjuangan dan ketulusan beliau yang selalu memberikan semangat dalam setiap langkah kehidupan penulis.
3. Bapak Dr. Mohd. Ridwan, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan sekaligus dosen wali yang telah memberikan arahan, motivasi, dukungan, serta bimbingan kepada penulis selama menjalani masa perkuliahan.
4. Bapak Prof. Dr. Eng. Hartono Yudo, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pertama dan Ibu Dr. Zulfaidah Ariany, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, arahan, masukan, serta motivasi kepada penulis selama proses penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Tim Penguji, yaitu Bapak Dr. Mohd. Ridwan, S.T., M.T. dan Bapak Muhammad Sawal Baital, S.T., M.T. yang telah memberikan kritik, saran, serta masukan yang sangat bermanfaat dalam penyempurnaan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Dosen dan Tenaga Kependidikan Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan, Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro, yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, wawasan, serta pelayanan akademik yang sangat berharga selama masa studi penulis.
7. Teman-teman Angkatan 2022 “NASA” Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan, yang telah menjadi rekan belajar, berdiskusi, bertukar pengalaman, dan saling mendukung selama masa perkuliahan hingga penyelesaian Tugas Akhir ini.
8. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan, dukungan, doa, dan kontribusi baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki berbagai keterbatasan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan dan pengembangan penelitian di masa mendatang.

Akhir kata, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya pada bidang teknologi rekayasa konstruksi perkapalan dan analisis sistem perpipaan. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi mahasiswa, akademisi, maupun praktisi dalam melakukan evaluasi integritas sistem perpipaan menggunakan perangkat lunak CAESAR II berdasarkan standar ASME B31.3.

Semarang, 24 Juni 2026

Dimas Saputra

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PENGESAHAN SIDANG TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
DAFTAR ISTILAH	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.5.1 Manfaat Secara Teoritis	4
1.5.2 Manfaat Secara Praktis	4
1.6 Batasan Masalah	4
1.7 Luaran Penelitian	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Sistem Pipa Muatan Kapal Tanker	7
2.2 Teori Pipe <i>Stress analysis</i>	8
2.2.1 Tegangan aksial (<i>axial stress</i>)	8
2.2.2 Tegangan Lentur (Bending Stress)	8
2.2.3 Tegangan geser (Shear Stress)	9
2.2.4 Tegangan Maksimum dan Evaluasi Tegangan	9
2.3 Jenis Pipe Support dan Fungsinya	10
2.4 Peran Pipe Support sebagai Boundary Con dition pada Analisis Tegangan Pipa	11
2.5 Tegangan Maksimum dan Tegangan Izin	12

2.6 Standar ASME B31.3 dalam Analisis Tegangan Pipa	13
2.7 Penelitian Terdahulu.....	13
2.8 kerangka Pemikiran.....	15
2.9 Hipotesis.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Flow Chart.....	17
3.2 Jenis Penelitian.....	18
3.3 Sumber Data Penelitian.....	18
3.3.1 Data Primer.....	18
3.3.2 Data Sekunder	19
3.4 Objek dan Ruang Lingkup Penelitian.....	19
3.5 Model Sistem Pipa	20
3.6 Variabel Penelitian.....	21
3.6.1 Variabel Bebas	21
3.6.2 Variabel Terikat.....	21
3.6.3 Variabel Kontrol	21
3.7 Metode Analisis dan Perangkat Lunak	22
3.7.1 Perhitungan Ketebalan Minimum Desain (t_{design}).....	23
3.7.2 Validasi Model Simulasi.....	25
3.8 Tahapan Penelitian	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Gambaran Umum Sistem Perpipaan Muatan	29
4.2 Analisis Kondisi Baseline.....	30
4.2.1 Analisis Displacement pada Kondisi Baseline.....	31
4.2.2 Analisis Sustained Stress pada Kondisi Baseline.....	32
4.2.3 Analisis Expansion Stress pada Kondisi Baseline	34
4.2.4 Analisis Reaksi Pipe Support dan Anchor pada Kondisi Baseline.....	36
4.2.5 Evaluasi Code Compliance pada Kondisi Baseline	38
4.3 Pengaruh Variasi Ketebalan Pipa terhadap Respons Mekanik Sistem Perpipaan.....	39
4.3.1 Pengaruh Variasi Ketebalan terhadap Displacement	39
4.3.2 Pengaruh Variasi Ketebalan terhadap Sustained Stress	41
4.3.3 Pengaruh Variasi Ketebalan terhadap Expansion Stress	45

4.3.4 Pengaruh Variasi Ketebalan terhadap Reaksi Pipe Support dan Anchor	47
4.3.5 Pengaruh Variasi Ketebalan terhadap Code Compliance	50
4.4 Evaluasi Ketebalan Minimum Sistem Perpipaan	53
4.4.1 Evaluasi Ketebalan Minimum Berdasarkan Analisis CAESAR II	53
4.4.2 Evaluasi Ketebalan Desain (t_{design}) Berdasarkan Perhitungan ASME B31.3 dan Analisis CAESAR II.....	55
4.4.3 Implikasi Hasil Penelitian terhadap Integritas Sistem Perpipaan Muatan Kapal Tanker.....	57
4.5 Sintesis Hasil Penelitian	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian 1	17
Gambar 4. 1 Model Sistem Perpipaan Muatan Kapal Tanker pada CAESAR II	30
Gambar 4. 2 Kontur Displacement Sistem Perpipaan pada Kondisi Baseline	31
Gambar 4. 3 Distribusi Sustained Stress pada Kondisi Baseline	33
Gambar 4. 4 Distribusi Expansion Stress pada Kondisi Baseline	35
Gambar 4. 5 Distribusi Pipe Support Reaction pada Kondisi Baseline.....	37
Gambar 4. 6 Grafik Hubungan Ketebalan Pipa terhadap Displacement Maksimum	40
Gambar 4. 7 Grafik Hubungan Ketebalan Pipa terhadap Code Stress dan Stress Ratio	43
Gambar 4. 8 Distribusi Sustained Stress pada Kondisi Baseline (8,18 mm) dan Ketebalan 3,18 mm	44
Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Ketebalan terhadap Expansion Stress dan Expansion Stress Ratio	46
Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Ketebalan terhadap Reaksi Vertikal Pipe Support	48
Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Ketebalan terhadap Gaya Anchor	49
Gambar 4. 12 Grafik Hubungan Ketebalan Pipa terhadap Stress Ratio dan Margin Keamanan ..	51
Gambar 4. 13 Hasil Code Compliance Evaluation pada Ketebalan 3,18 mm	51
Gambar 4. 14 Grafik Hubungan Ketebalan terhadap Margin Keamanan	54
Gambar 4. 15 Hasil Code Compliance Evaluation pada Ketebalan t_{design} (3,53 mm)	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Data Umum Kapal Tanker.....	8
Tabel 2. 2 Parameter Teknis Pipa sebagai Input Pipe Stress analysis.....	10
Tabel 3. 1 Parameter Pemodelan Sistem Pipa Muatan	20
Tabel 3. 2 Variasi Ketebalan Pipa yang Dianalisis	21
Tabel 3. 3 Parameter Perhitungan Ketebalan Minimum Desain	24
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Displacement Maksimum Kondisi Baseline.....	31
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Hasil Sustained Stress Kondisi Baseline	32
Tabel 4. 3 Komponen Tegangan Kondisi Baseline.....	34
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Expansion Stress Kondisi Baseline	35
Tabel 4. 5 Rekapitulasi Reaksi Pipe Support dan Anchor Kondisi Baseline	36
Tabel 4. 6 Evaluasi Code Compliance Kondisi Baseline	38
Tabel 4. 7 Rekapitulasi Displacement Maksimum Seluruh Variasi Ketebalan.....	40
Tabel 4. 8 Rekapitulasi Hasil Sustained Stress Seluruh Variasi Ketebalan	42
Tabel 4. 9 Rekapitulasi Expansion Stress Seluruh Variasi Ketebalan	45
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Reaksi Vertikal Pipe Support Seluruh Variasi Ketebalan.....	47
Tabel 4. 11 Rekapitulasi Gaya Anchor Seluruh Variasi Ketebalan.....	48
Tabel 4. 12 Rekapitulasi Code Compliance Seluruh Variasi Ketebalan	50
Tabel 4. 13 Evaluasi Ketebalan Minimum Berdasarkan Hasil Analisis CAESAR II.....	53
Tabel 4. 14 Evaluasi Ketebalan Desain (t_{design}) Berdasarkan Hasil Perhitungan dan Simulasi	55
Tabel 4. 15 Perbandingan Ketebalan t_{design} dengan Variasi Ketebalan Terkecil	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Teknis Sistem Perpipaan.....	65
Lampiran 2 Perhitungan t_{design}	66
Lampiran 3 Artikel Ilmiah.....	67
Lampiran 4 Load Case CAESAR II.....	68
Lampiran 5 Hasil Simulasi Baseline.....	69
Lampiran 6 Rekapitulasi variasi Ketebalan.....	73
Lampiran 7 Contour Plot Stress dan Displacement Baseline.....	74
Lampiran 8 Contour Plot Stress dan Displacement Ketebalan Kritis.....	77
Lampiran 9 Prototype Sistem Perpipaan.....	80
Lampiran 10 Modul Pembelajaran CAESAR II.....	83
Lampiran 11 Artikel Ilmiah.....	85

DAFTAR ISTILAH

Pipe Stress analysis: Metode analisis teknik yang digunakan untuk mengevaluasi tegangan dan deformasi pada sistem pipa akibat kombinasi beban mekanis dan termal untuk memastikan sistem pipa berada dalam kondisi aman selama operasi.

Cargo Piping System (Sistem Pipa Muatan): Sistem perpipaan pada kapal tanker yang berfungsi untuk menyalurkan muatan cair dari tangki muatan menuju pompa muatan dan fasilitas penerima selama proses bongkar muat.

Operational Load (Beban Operasional): Kombinasi beban yang bekerja pada sistem pipa selama kondisi operasi normal, meliputi berat sendiri pipa, berat fluida muatan, tekanan internal, dan pengaruh temperatur operasi.

Stress (Tegangan): Gaya internal per satuan luas yang timbul pada material pipa akibat pembebanan eksternal dan dinyatakan dalam satuan megapascal (MPa).

Bending Stress (Tegangan Lentur): Tegangan yang terjadi pada pipa akibat momen lentur, terutama pada segmen pipa dengan bentang panjang di antara dua penopang.

Maximum Stress (Tegangan Maksimum): Nilai tegangan tertinggi yang dihasilkan dari kombinasi berbagai jenis tegangan dan digunakan sebagai parameter utama dalam evaluasi keselamatan sistem pipa.

Allowable stress (Tegangan Izin): Batas maksimum tegangan yang diperbolehkan oleh standar desain untuk menjamin keselamatan dan keandalan struktur pipa.

Pipe Support: Elemen struktural yang berfungsi menopang pipa dan mengendalikan pergerakan pipa selama kondisi operasi agar tidak terjadi deformasi atau kegagalan struktur.

Pipe Support Spacing (Jarak Pipe Support): Jarak antar penopang pipa yang memengaruhi panjang bentang bebas pipa, momen lentur, dan besarnya tegangan yang terjadi pada sistem pipa.

Rest Support: Jenis pipe support yang berfungsi menopang pipa terhadap beban vertikal tanpa membatasi pergerakan aksial pipa secara signifikan.

Guide Support: Jenis pipe support yang membatasi pergerakan lateral pipa namun tetap mengizinkan pergerakan aksial akibat ekspansi termal.

Stopper Support: Jenis pipe support yang membatasi pergerakan pipa secara aksial dan lateral pada arah tertentu untuk menjaga stabilitas sistem pipa.

Boundary Condition (Kondisi Batas): Pembatasan pergerakan pipa yang ditentukan oleh jenis dan lokasi pipe support dan sangat memengaruhi distribusi tegangan pada sistem pipa.

Thermal Expansion (Ekspansi Termal): Perubahan panjang pipa akibat kenaikan temperatur operasi yang dapat menimbulkan tambahan tegangan pada sistem pipa.

CAESAR II: Perangkat lunak analisis teknik yang digunakan untuk melakukan pipe *stress analysis* pada sistem pipa sesuai dengan standar desain internasional.

ASME B31.3: Standar internasional yang digunakan sebagai acuan dalam perancangan dan evaluasi sistem perpipaan proses, termasuk penentuan batas tegangan izin.

