

**ANALISIS TEGANGAN PADA SISTEM PEMIPAAN *HEATING MEDIUM*
CIRCULATING PUMP MENUJU *HOT OILED FIRED HEATER*
MENGUNAKAN PERHITUNGAN NUMERIK**



UNIVERSITAS
MERCU BUANA
HANDIKA RISANG HARIAWAN
NIM : 41318120071

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2020**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**ANALISIS TEGANGAN PADA SISTEM PEMIPAAN *HEATING MEDIUM*
CIRCULATING PUMP MENUJU *HOT OILED FIRED HEATER*
MENGUNAKAN PERHITUNGAN NUMERIK**



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun Oleh :

Nama : Handika Risang Hariawan
NIM : 41318120071
Program Studi : Teknik Mesin

**DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
JANUARI 2021**

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS TEGANGAN PADA SISTEM PEMIPAAN HEATING MEDIUM
CIRCULATING PUMP MENUJU HOT OILED FIRED HEATER
MENGUNAKAN PERHITUNGAN NUMERIK**



Disusun Oleh :

Nama : Handika Risang Hariawan

NIM : 41318120071

Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing

Pada tanggal : 2021

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Ir. Yuriadi Kesuma, M. Sc.
NIP. 192670082



Koordinator Tugas Akhir

Alief Avicenna Luthfie, S. T., M. Eng
NIP. 216910097

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Handika Risang Hariawan
NIM : 41318120071
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : Analisis tegangan pada sistem pemipaan *Heating Medium Circulating Pump* menuju *Hot Oiled Fired Heater* menggunakan Perhitungan Numerik

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya saya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

UNIVERSITAS Jakarta, 23 Januari 2021
MERCU BUANA



Handika Risang Hariawan

PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan puji syukur atas rahmat, hidayah dan petunjuk yang Allah SWT berikan kepada penulis sehingga penulisan ini dapat dilaksanakan dengan lancar. Penulis mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang telah memberikan bantuan ilmu serta pengalamannya sehingga dapat tertuang pada penulisan ini. Adapun ucapan terima kasih ini saya haturkan kepada:

1. Allah SWT, atas rahmat, dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat diberikan kelancaran, kemudahan dan keyakinan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua saya bapak Marjono dan Ibu Sudarti, yang senantiasa memberikan kasih sayang, perjuangan, dukungan motivasi dan doa.
3. Bapak Dr. Nanang Ruhyat, ST. MT selaku ketua program studi teknik mesin.
4. Pembimbing tugas akhir saya bapak Ir. Yuriadi Kusuma M.Sc yang telah membantu dan memberi masukan tugas akhir kepada penulis.
5. Teman-teman satu angkatan yang telah berbagi waktunya mencari ilmu bersama, menghadirkan bahagia dan dukungan dalam masa kuliah selama program Sarjana Strata Satu (S1).
6. Seluruh rekan-rekan yang tidak bisa disebutkan satu persatu

Disamping itu penulis menyampaikan permohonan maaf atas segala kekurangan yang mungkin terjadi dalam penyusunan laporan ini, semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi seluruh pihak yang membaca.

Jakarta, Januari 2021

Handika Risang Hariawan

ABSTRAK

Penelitian ini membahas mengenai analisis tegangan yang muncul akibat beban yang diterima oleh pipa pada sistem pemipaan *Heating Medium Circulating Pump* menuju *Hot Oiled Fired Heater*. Proses tersebut dilakukan untuk memanaskan oli. Dalam pengoperasiannya, sistem ini menggunakan material pipa CS A 106 B dengan fluida oli bermassa jenis 972 kg/m^3 . Pada sistem pemipaan ini didesain dengan tekanan sebesar $8,98 \text{ kg/cm}^2$ dan temperatur sebesar $232,22 \text{ }^\circ\text{C}$. Oleh karena itu menimbulkan beban-beban yang mengakibatkan terjadinya tegangan. Pembahasan ini akan dijelaskan secara sistematis berdasarkan perhitungan manual menggunakan *simple beam formula* merujuk pada hukum *hooke* yang kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan *software* CAESAR II sebagai tinjauan empiris. Hasil perbandingan divalidasi dengan standar tegangan yang diijinkan (*allowable stress*) berdasarkan *American Society of Mechanical Engineer (ASME)* kode B31.3 untuk *Process Piping*. Didapatkan hasil perhitungan manual tegangan Longitudinal sebesar $= 58819,7091 \text{ kN/m}^2$, tegangan Tangensial sebesar $10958,1181 \text{ kN/m}^2$, dan tegangan pada pembebanan *Sustain Load* sebesar $42284,20684 \text{ kN/m}^2$. Hasil tersebut tidak melebihi *allowable stress* berdasarkan *ASME Code B31.3* yang bernilai 134106.0 kN/m^2 . Sehingga sistem pemipaan tersebut bisa dikatakan aman untuk dioperasikan.

Kata kunci: *Piping*, program CAESAR II, *Pipe Support*, *ASME Code B31.3*, Perhitungan Tegangan, *Stress Analysis*.

ABSTRACT

This research discusses the stress analysis that occurs due to the load received by the pipe in the Heating Medium Circulating Pump piping system to the Hot Oiled Fired Heater. This process is carried out to heat the oil. In operation, this system uses pipe material CS A 106 B with a density oil fluid of 972 kg / m^3 . The piping system is designed with a pressure of 8.98 kg / cm^2 and a temperature of $232.22 \text{ }^\circ\text{C}$. Therefore, it causes loads that result in stress. This discussion will be described systematically based on manual calculations using the simple beam formula referring to the hooke law which is then compared with the calculation results using CAESAR II software as an empirical review. The comparison results are validated with the allowable stress standard based on the American Society of Mechanical Engineers (ASME) code B31.3 for Process Piping. The result of manual calculation of Longitudinal stress is $= 58819,7091 \text{ kN / m}^2$ Tangential stress is $10958,1181 \text{ kN / m}^2$, and stress on Sustain Load is $42284.20684 \text{ kN / m}^2$. This result does not exceed the allowable stress based on ASME Code B31.3 which is worth $134106.0 \text{ kN / m}^2$. So that the piping system can be said to be safe to operate.

Keyword: Piping, CAESAR II Software, Pipe Support, ASME Code B31.3, Stress Calculation, Stress Analysis.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

LAPORAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
PENGHARGAAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1. 1. LATAR BELAKANG	1
1. 2. RUMUSAN MASALAH	2
1. 3. TUJUAN PENELITIAN	3
1. 4. BATASAN MASALAH	3
1. 5. SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II	6
LANDASAN TEORI	6
2. 1. STUDI LITERATUR	6
2. 2. ANALISIS TEGANGAN PIPA	8
2.2.1. Hukum <i>Hooke</i>	8
2.2.2. Tegangan Tangensial (<i>Hoop Stress</i>)	10
2.2.3. Tegangan Longitudinal	11
2.2.4. Tegangan Radial	14
2.2.5. <i>Shear Force</i> Diagram dan <i>Bending Moment</i> Diagram (SFD dan BMD)	15
2.2.6. Pembebanan Sistem Pemipaan	20
2. 3. <i>PIPE STRESS</i> BERDASARKAN ASME B31.3	23
2.3.1. Perhitungan Tebal Dinding	25
2.3.2. <i>Thermal Expansion Load</i> (Beban Ekspansi)	26
2.3.3. <i>Safety Factor</i>	29

2. 4. CAESAR II	30
BAB III	31
METODOLOGI PENELITIAN	31
3. 1. DIAGRAM ALIR <i>STRESS ANALYSIS</i>	31
3. 2. DATA SISTEM PEMIPAAN	32
3. 3. PENGOLAHAN DATA	32
3. 3. 1. Perhitungan Tegangan dan Beban menggunakan <i>Software CAESAR II</i>	32
3. 3. 2. <i>Check Error</i>	33
3. 3. 3. Analisis Tegangan Sistem Pemipaan	33
3. 3. 4. Analisis sesuai Batasan ASME B31.3	34
3. 3. 5. Analisis Beban <i>Nozzle</i>	34
3. 3. 6. Penentuan Jarak Support (<i>Pipe Span</i>)	34
BAB IV	36
PEMBAHASAN	36
4. 1. SPESIFIKASI	36
4. 1. 1. Data Material Pipa	36
4. 1. 2. Data Komponen Pipa	37
4. 1. 3. Jarak Maksimum Penyangga Pipa	38
4. 1. 4. <i>Isometric</i> Pipa	39
4. 2. PERHITUNGAN TEBAL MINIMUM PIPA	41
4. 3. PERHITUNGAN BERAT TOTAL PIPA	42
4. 4. PERHITUNGAN MODULUS PIPA	43
4. 5. PERHITUNGAN TEGANGAN PIPA AKIBAT BEBAN TETAP (<i>SUSTAIN</i>) DENGAN PERHITUNGAN MANUAL	43
4. 4. 1. Menghitung Nilai Tegangan Longitudinal Pipa	43
4. 4. 2. Menghitung Tegangan Tangensial (<i>Hoop Stress</i>)	66
4. 4. 3. Menghitung Tegangan Radial Pipa	66
4. 4. 4. Menghitung Tegangan karena Beban Tetap / <i>Sustain Load</i> (Sl)	67
4. 6. MENGHITUNG BEBAN OKASIONAL (<i>OCCASIONAL LOAD</i>)	68
4. 7. MENGHITUNG <i>THERMAL EXPANSION LOAD</i>	69
4. 6. 1. Defleksi Pipa (<i>Displacement</i>)	69
4. 6. 2. Momen pada Pipa	70
4. 6. 3. Nilai <i>Thermal Load</i>	71

4. 6. 4. Nilai <i>Thermal Expansion Load</i>	72
4. 8. LANGKAH – LANGKAH SIMULASI DENGAN CAESAR II	72
4. 8. 1. Memasukan Data	73
4. 8. 2. <i>Running Model</i>	76
4. 9. HASIL ANALISIS MENGGUNAKAN CAESAR II	78
4. 9. 1. Hasil Analisis data pada kondisi Statis per <i>Node</i>	78
4. 9. 2. Hasil Analisis data <i>Dynamic Load</i> per <i>node</i>	84
4. 10. HASIL PERBANDINGAN PERHITUNGAN MANUAL DAN MENGGUNAKAN CAESAR	86
4. 9. 3. <i>Node</i> 1110 – 1120	86
4. 9. 4. <i>Node</i> 1120 – 1130	87
4. 9. 5. <i>Node</i> 1150	88
4. 9. 6. <i>Node</i> 1170 - 1180	89
4. 9. 7. <i>Node</i> 1180 - 1190	90
BAB V	92
PENUTUP	92
5. 1. SIMPULAN	92
5. 2. SARAN	93
DAFTAR PUSTAKA	94
LAMPIRAN A	96
LAMPIRAN B	97
LAMPIRAN C	98
LAMPIRAN C	99
LAMPIRAN D	100
LAMPIRAN E	101
LAMPIRAN F	102
LAMPIRAN G	103
LAMPIRAN H	104
LAMPIRAN I	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik Bentuk Regangan	9
Gambar 2. 2 Ilustrasi Tegangan Tangensial	11
Gambar 2. 3 Ilustrasi Gaya Aksial	12
Gambar 2. 4 Ilustrasi Tegangan Tekuk	13
Gambar 2. 5 Ilustrasi Tegangan Longitudinal Tekan	13
Gambar 2. 6 Ilustrasi Tegangan Radial	14
Gambar 2. 7 Ilustrasi Tegangan geser pada penampang pipa	15
Gambar 2. 8 Ilustrasi Irisan pada pipa statis tertentu	16
Gambar 2. 9 Tumpuan sederhana dengan beban merata	17
Gambar 2. 10 Tumpuan sederhana dengan penumpu pada titik tengah	17
Gambar 2. 11 Tumpuan sederhana dengan penumpu tidak di titik tengah	17
Gambar 2. 12 Tumpuan model <i>cantilever</i> dengan beban merata	18
Gambar 2. 13 Tumpuan <i>cantilever</i> dengan beban menumpu di titik lain	18
Gambar 2. 14 Ilustrasi Pergeseran sudut akibat gaya torsi	19
Gambar 2. 15 Ilustrasi Tegangan torsi maksimum saat $r = c$	20
Gambar 2. 16 Grafik <i>Critical line</i> kriteria untuk <i>Static equipment</i>	24
Gambar 2. 17 Grafik <i>Critical line</i> kriteria untuk <i>rotating equipment</i>	24
Gambar 2. 18 Ilustrasi Gaya aksial yang diakibatkan temperatur	29
Gambar 3. 1 Diagram Alir Analisis Tegangan Sistem Pemipaan	31
Gambar 4. 1 Dimensi Pipa berdasarkan pipe data- <i>Pro Version 8.1</i>	37
Gambar 4. 2 Dimensi <i>Elbow</i> berdasarkan pipe data- <i>Pro Version 8.1</i>	37
Gambar 4. 3 Dimensi <i>Flange Gate Valve</i> berdasarkan pipe data- <i>Pro Version 8.1</i>	37
Gambar 4. 4 Dimensi <i>Flange Check Valve</i> berdasarkan pipe data- <i>Pro V 8.1</i>	38
Gambar 4. 5 Dimensi <i>Reducing Tee</i> berdasarkan pipe data- <i>Pro Version 8.1</i>	38
Gambar 4. 6 Dimensi <i>Weldneck Flange</i> berdasarkan pipe data- <i>Pro Version 8.1</i>	38
Gambar 4. 7 Jarak Maksimum <i>Pipe Span 13600mm</i> berdasarkan pipe data- <i>Pro Version 8.1</i>	39
Gambar 4. 8 Isometrik sistem pemipaan bagian 1	39
Gambar 4. 9 Isometrik sistem pemipaan bagian 2	40
Gambar 4. 10 Isometrik sistem pemipaan bagian 3	40
Gambar 4. 11 FBD <i>Node 1110 – 1120</i>	44

Gambar 4. 12 Perhitungan SFD dan BMD <i>Node</i> 1110 - 1120	46
Gambar 4. 13 FBD <i>Node</i> 1110 – 1120	49
Gambar 4. 14 Perhitungan SFD dan BMD <i>Node</i> 1110 - 1120	50
Gambar 4. 15 FBD <i>Node</i> 1150	53
Gambar 4. 16 Perhitungan SFD dan BMD <i>Node</i> 1150	54
Gambar 4. 17 FBD <i>Node</i> 1170 - 1180	57
Gambar 4. 18 Perhitungan SFD dan BMD <i>Node</i> 1170 - 1180	59
Gambar 4. 19 FBD <i>Node</i> 1180 - 1190	62
Gambar 4. 20 Perhitungan SFD dan BMD <i>Node</i> 1180 - 1190	63
Gambar 4. 21 Tampilan awal membuat <i>file</i> baru pada CAESAR II 2018	73
Gambar 4. 22 <i>Piping input</i> pada CAESAR II 2018	73
Gambar 4. 23 <i>Properties</i> pipa	74
Gambar 4. 24 Pemodelan pada pipa lurus	74
Gambar 4. 25 Pemodelan belokan pipa (<i>Bend</i>)	75
Gambar 4. 26 Pemodelan <i>Anchor</i>	75
Gambar 4. 27 Pemodelan <i>Valve</i> dan <i>Flange</i>	75
Gambar 4. 28 Pemodelan percabangan dan <i>reducer</i> pipa	76
Gambar 4. 29 Pemodelan tumpuan (<i>support</i>) dan guide	76
Gambar 4. 30 <i>Error</i> dan <i>Warning</i> pada pengecekan bila terjadi kesalahan	77
Gambar 4. 31 Contoh tampilan <i>output</i> penentuan beban untuk <i>running system</i>	77
Gambar 4. 32 Data hasil running Caesar II 2018	78
Gambar 4. 33 Ilustrasi analisis tegangan pada beban <i>sustain</i> (<i>Sustain Load</i>)	80
Gambar 4. 34 Ilustrasi analisis tegangan pada beban ekspansi <i>thermal</i> (<i>Thermal Expansion</i>)	82
Gambar 4. 35 Ilustrasi analisis tegangan pada beban Okasional (<i>Occasional Load</i>)	84
Gambar 4. 36 Ilustrasi analisis tegangan pada beban dinamis (<i>Dynamic Load</i>)	86
Gambar 4. 37 Grafik Perbandingan Perhitungan manual dan <i>Software</i> pada <i>Node</i> 1110 - 1120	87
Gambar 4. 38 Grafik Perbandingan Perhitungan manual dan <i>Software</i> pada <i>Node</i> 1120 – 1130	88
Gambar 4. 39 Grafik Perbandingan Perhitungan manual dan <i>Software</i> pada <i>Node</i> 1150	89

Gambar 4. 40 Grafik Perbandingan Perhitungan manual dan <i>Software</i> pada <i>Node</i> 1170 – 1180	90
Gambar 4. 41 Grafik Perbandingan Perhitungan manual dan <i>Software</i> pada <i>Node</i> Node 1180 – 1190	91



DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data Spesifikasi Material Pipa dan Fluida	36
Tabel 4. 2 Hasil Analisis CAESAR II pada Pembebanan Sustain	78
Tabel 4. 3 Hasil Analisis CAESAR II pada Pembebanan Ekspansi <i>Thermal</i>	80
Tabel 4. 4 Hasil Analisis CAESAR II pada Pembebanan <i>Occasional</i>	82
Tabel 4. 5 Hasil Analisis CAESAR II pada <i>Dynamic Load</i>	84
Tabel 4. 6 Perbandingan Perhitungan Analisis Pipa	86
Tabel 4. 7 Perbandingan Perhitungan Analisis Pipa	87
Tabel 4. 8 Perbandingan Perhitungan Analisis Pipa	88
Tabel 4. 9 Perbandingan Perhitungan Analisis Pipa	89
Tabel 4. 10 Perbandingan Perhitungan Analisis Pipa	90

