

TUGAS AKHIR

**ANALISIS TEGANGAN PIPA PADA JALUR PIPA *SUCTION* DAN
DISCHARGE DARI *RECYCLE GAS COMPRESSOR* CD-C0201 A/B
KETIKA *RUNNING 2 COMPRESSOR UNIT CATALYTIC DEWAXING* DI
PT. PATRA SK DUMAI – RIAU**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat
Strata-1 Pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



Disusun Oleh :

AMMARU BISANDYALOKA

20180130145

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

2022

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya,

Nama : Ammaru Bisandyaloka

Nomor Mahasiswa : 20180130145

Saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa tugas akhir yang telah saya susun adalah hasil karya saya sendiri dan tidak terdapat karya tulis ilmiah yang telah diajukan sebelumnya untuk memperoleh gelar sarjana di Perguruan Tinggi dan sepanjang penelitian saya juga tidak terdapat karya yang sudah ditulis maupun yang dipublikasikan oleh orang lain, kecuali pada penulisan telah disebutkan sumbernya dalam naskah dan daftar Pustaka.

Yogyakarta, 25 Januari 2022




Ammaru Bisandyaloka

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul **“ANALISIS TEGANGAN PIPA PADA JALUR PIPA SUCTION DAN DISCHARGE DARI RECYCLE GAS COMPRESSOR CD-C0201 A/B KETIKA RUNNING 2 COMPRESSOR UNIT CATALYTIC DEWAXING DI PT. PATRA SK DUMAI – RIAU”** tidak lupa shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umatnya dari zaman kegelapan menuju terang benderang penuh dengan nilai-nilai ke islaman.

Penulis sangat bersyukur karena dapat menyelesaikan skripsi sebagai syarat untuk menyelesaikan jenjang studi Strata-1 pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Oleh karenanya, dengan penuh rasa hormat penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dengan sabar dalam proses penyusunan skripsi ini.

Penyusunan tugas akhir telah dilakukan dengan sebaik-baiknya, namun penulis sangat menyadari bahwa masih banyak sekali kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan skripsi ini. Dengan adanya saran dan kritik yang membangun dari semua pihak semoga dapat menjadi masukan yang sangat berguna bagi penyusunan lain di masa depan.

Yogyakarta, 25 Januari 2022

Penulis



Amharu Bisandyaloka

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR | ii |
| LEMBAR PERNYATAAN | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR LAMPIRAN | xi |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN | xiii |
| INTISARI | xv |
| ABSTRACT | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI | 5 |
| 2.1 Tinjauan Pustaka | 5 |
| 2.2 Landasan Teori | 6 |
| 2.2.1 Analisis Tegangan Pipa | 6 |
| 2.2.2 Teori Tegangan – Regangan pada Pipa | 6 |
| 2.2.3 Teori Dasar Tegangan Pipa | 11 |
| 2.2.4 Tegangan pada Pipa | 12 |
| 2.2.5 Kode Standar Desain Pipa | 16 |
| 2.2.6 Analisa Tegangan Pipa Tahap Perancangan | 17 |
| 2.2.7 Persamaan Tegangan pada Sitem Perpipaan | 17 |
| 2.2.8 <i>Stress Intensification Faktor (SIF)</i> | 20 |
| 2.2.9 Defleksi | 20 |

| | | |
|----------------|---|-----------|
| 2.2.10 | Defleksi pada Sistem Perpipaan..... | 21 |
| 2.2.11 | Analisa Kebocoran <i>Flange</i> | 23 |
| 2.2.12 | Pipa..... | 25 |
| 2.2.13 | <i>Fitting</i> | 29 |
| 2.2.14 | <i>Gasket</i> | 34 |
| 2.2.15 | <i>Valve</i> | 35 |
| 2.2.16 | <i>Pipe Support</i> | 35 |
| BAB III | PERANGKAT LUNAK CAESAR II VERSI 2013 RI..... | 36 |
| 3.1 | Pendahuluan..... | 36 |
| 3.2 | Kemampuan Caesar II 2013 RI..... | 37 |
| 3.2.1 | Sistem Pemodelan..... | 37 |
| 3.2.2 | Analisis Statis..... | 37 |
| 3.2.3 | Analisis Dinamis..... | 38 |
| 3.2.4 | <i>Output</i> | 39 |
| 3.2.5 | <i>Standard dan Code Analysis</i> | 39 |
| 3.3 | Menu Utama Pada Caesar II 2013 RI..... | 40 |
| 3.3.1 | <i>New file</i> | 40 |
| 3.3.2 | <i>Make Unit File</i> | 40 |
| 3.3.3 | <i>Configuration Editor</i> | 41 |
| 3.3.4 | <i>Piping Input</i> | 42 |
| 3.4 | Aplikasi Khusus..... | 43 |
| 3.4.1 | <i>Bend</i> | 43 |
| 3.4.2 | <i>Valve dan Flange</i> | 44 |
| 3.4.3 | <i>Reducer</i> | 45 |
| 3.4.4 | <i>SIF atau Tee</i> | 45 |
| 3.4.5 | <i>Restraint</i> | 46 |
| 3.5 | <i>Static Analysis</i> | 47 |
| 3.5.1 | <i>Static dan Dinamic Load</i> | 47 |
| 3.5.2 | <i>Load Case</i> | 47 |
| 3.5.3 | <i>Error Checking</i> | 48 |
| 3.5.4 | <i>Static output processor</i> | 49 |

| | | |
|---------------|---|----|
| 3.5.5 | <i>Static Output Report</i> | 50 |
| BAB IV | METODOLOGI | 51 |
| 4.1 | Diagram Alir Pemodelan Tegangan dan Defleksi..... | 51 |
| 4.2 | Diagram Alir Pemeriksaan Kebocoran pada <i>Flange</i> | 52 |
| 4.3 | Penggunaan <i>Software</i> dan Alat Bantu Lainnya..... | 53 |
| 4.4 | <i>Standard</i> dan <i>Code</i> yang Digunakan..... | 53 |
| 4.5 | Data Pemodelan..... | 53 |
| BAB V | HASIL DAN PEMBAHASAN | 59 |
| 5.1 | Persiapan Pemodelan..... | 59 |
| 5.1.1 | Data Proses | 59 |
| 5.1.2 | Pengaturan Unit Satuan pada Caesar II 2013..... | 60 |
| 5.1.3 | Penomoran pada Gambar Isometri | 60 |
| 5.1.4 | Nomor Pemodelan..... | 60 |
| 5.2 | Analisis Tegangan Pipa..... | 72 |
| 5.2.1 | Analisis Sebelum Modifikasi | 72 |
| 5.2.2 | Analisis Tegangan Sesudah Modifikasi | 75 |
| 5.3 | Analisa Kebocoran <i>Flange</i> | 81 |
| BAB VI | PENUTUP | 92 |
| 6.1 | Kesimpulan..... | 92 |
| 6.2 | Saran..... | 92 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 93 |
| | LAMPIRAN | 95 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Kurva Tegangan-Regangan..... | 7 |
| Gambar 2.2 Gaya Tarik..... | 9 |
| Gambar 2.3 Momen Lentur..... | 9 |
| Gambar 2.4 Pembebanan yang Mengakibatkan Gaya Geser | 10 |
| Gambar 2.5 Batang Silindris dengan Beban Puntiran..... | 11 |
| Gambar 2.6 Prinsip Arah Tegangan pada Pipa | 12 |
| Gambar 2.7 Tegangan Longitudinal Dalam Pipa..... | 13 |
| Gambar 2.8 Arah Tegangan hoop | 15 |
| Gambar 2.9 Hubungan Antara Beberapa Disiplin Ilmu..... | 17 |
| Gambar 2.10 Prinsip Arah Tegangan pada Pipa | 20 |
| Gambar 2.11 <i>Pipe Span</i> | 21 |
| Gambar 2.12 Jenis –jenis <i>Elbow</i> | 30 |
| Gambar 2.13 <i>Concentric</i> dan <i>Eccentric Reducer</i> | 30 |
| Gambar 2.14 <i>Straight Tees</i> dan <i>Reducing Tees</i> | 31 |
| Gambar 2.15 <i>Slip On Flange</i> | 31 |
| Gambar 2. 16 <i>Welding Neck Flange</i> | 32 |
| Gambar 2.17 <i>Oriface Flange</i> | 32 |
| Gambar 2.18 <i>Lapped Flange</i> | 32 |
| Gambar 2.19 <i>Gasket</i> | 34 |
| Gambar 2.20 Macam-macam <i>valve</i> | 35 |
| Gambar 3.1 <i>Software Caesar II 2013 RI</i> | 36 |
| Gambar 3. 2 <i>New File</i> | 40 |
| Gambar 3.3 <i>New Job Specification</i> | 40 |
| Gambar 3.4 <i>Unit Maintenance</i> | 41 |
| Gambar 3.5 <i>Unit File Review</i> | 41 |
| Gambar 3.6 <i>Configuration Editor</i> | 42 |
| Gambar 3.7 <i>Piping Input</i> | 42 |
| Gambar 3.8 <i>Spreadsheet</i> | 43 |
| Gambar 3.9 <i>Elbow</i> | 43 |

| | |
|---|----|
| Gambar 3.10 <i>Bend</i> | 44 |
| Gambar 3.11 <i>Valve</i> dan <i>Flange</i> | 44 |
| Gambar 3.12 <i>Reducer</i> | 45 |
| Gambar 3.13 <i>SIF</i> atau <i>Tee</i> | 45 |
| Gambar 3.14 <i>Restraints</i> | 46 |
| Gambar 3.15 <i>Load Case</i> | 48 |
| Gambar 3.16 <i>Error Checking</i> | 49 |
| Gambar 3.17 <i>Static Output Processor</i> | 49 |
| Gambar 3.18 <i>Static Output Report</i> | 50 |
| Gambar 4.1 Diagram Alir Pemodelan Tegangan dan Defleksi..... | 51 |
| Gambar 4.2 Diagram Alir Pemeriksaan Kebocoran <i>Flange</i> | 52 |
| Gambar 4.3 Gambar PID <i>Compressor A</i> | 54 |
| Gambar 4.4 Gambar PID <i>Compressor B</i> | 55 |
| Gambar 5.1 Visualisasi Pemodelan Desain | 72 |
| Gambar 5.2 Sebelum Penambahan <i>Support HD-G</i> | 76 |
| Gambar 5.3 Sesudah Penambahan <i>Support HD-G</i> | 76 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Siklus Termal pada Pipa | 19 |
| Tabel 2.2 Defleksi Ijin..... | 22 |
| Tabel 2.3 Koefisien Beta pada <i>Static Loads</i> | 24 |
| Tabel 2.4 Koefisien Beta pada <i>Static Loads and Dinamic Loads</i> | 24 |
| Tabel 2.5 Contoh Beberapa Spesifikasi Material Pipa dan Pengaplikasiannya..... | 26 |
| Tabel 2.6 Table Pipa | 28 |
| Tabel 2.7 Hubungan sambungan <i>Socket-Welding</i> dan <i>Threaded</i> | 30 |
| Tabel 2.8 Material Specification | 33 |
| Tabel 2.9 <i>Rating</i> | 34 |
| Tabel 5.1 Data Sistem Perpipaan | 59 |
| Tabel 5.2 Unit Satuan..... | 60 |
| Tabel 5.3 Tabel Penomoran | 61 |
| Tabel 5.4 <i>Analisis High Stresses Summary</i> | 73 |
| Tabel 5.5 Defleksi Maksimum Sebelum Modifikasi | 74 |
| Tabel 5.6 <i>Stress Summary</i> Sesudah Modifikasi | 79 |
| Tabel 5.7 Defleksi Maksimum Sesudah Modifikasi | 80 |
| Tabel 5.8 Data Pengecekan <i>Flange</i> | 82 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--------------------------------------|-----|
| Lampiran 1 Gambar Isometri 1 | 95 |
| Lampiran 2 Gambar Isometri 2 | 96 |
| Lampiran 3 Gambar Isometri 3 | 97 |
| Lampiran 4 Gambar Isometri 4 | 98 |
| Lampiran 5 Gambar Isometri 5 | 99 |
| Lampiran 6 Gambar Isometri 6 | 100 |
| Lampiran 7 Gambar Isometri 7 | 101 |
| Lampiran 8 Gambar Isometri 8 | 102 |
| Lampiran 9 Gambar Isometri 9 | 103 |
| Lampiran 10 Gambar Isometri 10 | 104 |
| Lampiran 11 Gambar Isometri 11 | 105 |
| Lampiran 12 Gambar Isometri 12 | 106 |
| Lampiran 13 Gambar Isometri 13 | 107 |
| Lampiran 14 Gambar Isometri 14 | 108 |
| Lampiran 15 Gambar Isometri 15 | 109 |
| Lampiran 16 Gambar Isometri 16 | 110 |
| Lampiran 17 Gambar Isometri 17 | 111 |
| Lampiran 18 Gambar Isometri 18 | 112 |
| Lampiran 19 Gambar Isometri 19 | 113 |
| Lampiran 20 Gambar Isometri 20 | 114 |
| Lampiran 21 Gambar Isometri 21 | 115 |
| Lampiran 22 Gambar Isometri 22 | 116 |
| Lampiran 23 Gambar Isometri 23 | 117 |
| Lampiran 24 Gambar Isometri 24 | 118 |
| Lampiran 25 Gambar Isometri 25 | 119 |
| Lampiran 26 Gambar Isometri 26 | 120 |
| Lampiran 27 Gambar Isometri 27 | 121 |
| Lampiran 28 Gambar Isometri 28 | 122 |
| Lampiran 29 Gambar Isometri 29 | 123 |

| | |
|---|-----|
| Lampiran 30 Gambar Isometri 30 | 124 |
| Lampiran 31 Gambar Isometri 31 | 125 |
| Lampiran 32 Gambar Isometri 32 | 126 |
| Lampiran 33 Gambar Isometri 33 | 127 |
| Lampiran 34 Gambar Isometri 34 | 128 |
| Lampiran 35 Gambar Isometri 35 | 129 |
| Lampiran 36 Gambar Isometri 36 | 130 |
| Lampiran 37 Gambar Isometri 37 | 131 |
| Lampiran 38 Gambar Isometri 38 | 132 |
| Lampiran 39 Gambar Isometri 39 | 133 |
| Lampiran 40 Gambar Isometri 40 | 134 |
| Lampiran 41 Gambar Isometri 41 | 135 |
| Lampiran 42 Gambar Isometri 42 | 136 |
| Lampiran 43 Gambar Isometri 43 | 137 |
| Lampiran 44 Gambar Isometri 44 | 138 |
| Lampiran 45 Data Fluida Operasi | 139 |
| Lampiran 46 Spesifikasi Material Pipa | 140 |

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

| | |
|---------------|---|
| σ | : Tegangan (N/m ²) |
| F | : Gaya (N) |
| A | : Luas penampang (m ²) |
| ε | : Regangan |
| ΔL | : Perubahan panjang batang (m) |
| L_1 | : Akhir panjang batang (m) |
| L | : Panjang batang awal (m) |
| E | : Modulus elastisitas (N/m ²) |
| σ_t | : Tegangan tarik (N/m ²) |
| σ_L | : Tegangan lentur (N/m ²) |
| M | : Momen Lentur (N.m) |
| I_{zz} | : Momen inersia penampang (m ⁴) |
| Y | : Jarak bidang netral ke permukaan terluar (m) |
| τ | : Tegangan geser (N/m ²) |
| τ_p | : Tegangan puntir (N/m ²) |
| I_p | : Momen inersia silinder pejal berongga (m ⁴) |
| P | : Tekanan internal (Mpa) |
| d_i | : Diameter dalam pipa (mm) |
| d | : Diameter (mm) |
| d_o | : Diameter luar (mm) |
| t | : Tebal dinding pipa (mm) |
| σ_H | : Tegangan <i>Hoop</i> (N/mm ²) |
| r_o | : Jari-jari diameter luar (mm) |
| r_i | : Jari-jari diameter dalam (mm) |
| r | : Jarak jari-jari ke titik tertentu (mm) |
| τ_T | : Tegangan torsional (N/mm ²) |
| T | : Torsi (N.mm) |
| c | : Jarak dari sumbu netral ke permukaan terluar (mm) |
| J | : Momen torsional (N.mm) |

| | |
|------------|---|
| Z | : Modulus penampang pipa (mm^3) |
| M_y, M_z | : Momen lentur pada penampang pipa (N.mm) |
| Z | : Modulus permukaan pipa (mm^3) |
| A_m | : Luas penampang pipa (mm^2) |
| i_i | : <i>In-plane</i> SIF |
| i_o | : <i>Out-plane</i> SIF |
| M_i | : Momen lendutan <i>in-plane</i> karena <i>sustained load</i> (N.m) |
| M_o | : Momen lendutan <i>out-plane</i> karena <i>sustained load</i> (N.m) |
| D_o | : Diameter luar pipa (mm) |
| S_h | : Tegangan dasar yang diizinkan oleh material menurut Appendix A dari ASME/ANSI B31.3 |
| S_E | : <i>Displacement stress range</i> (kPa) |
| S_A | : <i>Allowable stress</i> (kPa) |
| S_b | : <i>Resultan bending stress</i> (kPa) |
| S_t | : <i>Torsional stress</i> (kPa) |
| S_L | : Tegangan longitudinal akibat beban <i>sustained</i> |
| P_{ASME} | : Tekanan kerja pada temperatur desain (bar) |
| P_{eq} | : Tekanan <i>equivalen</i> (bar) |
| β | : Koefisien beta pada <i>static loads</i> dan <i>dynamic loads</i> |
| MF | : Resultan momen puntir pada kondisi desain (DaN.m) |
| FA | : Gaya aksial pada kondisi desain (DaN) |
| G | : Diameter Gasket efektif (mm) |