



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI FAKTOR GESEK ANALISA TEGANGAN PADA
CABANG PIPA**

SKRIPSI

**FARID FERDIANSYAH
0606041996**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
DESEMBER 2008**



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI FAKTOR GESEK ANALISA TEGANGAN PADA
CABANG PIPA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**FARID FERDIANSYAH
0606041945**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
KEKHUSUSAN TEKNIK MESIN
DEPOK
DESEMBER 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Farid Ferdiansyah

NPM : 0606041996

Tanda Tangan :

Tanggal : 7 Desember 2008

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Farid Ferdiansyah

NPM : 0606041996

Program studi : Teknik Mesin

Judul skripsi : Studi Faktor Gesek Analisa Tegangan Pada
Cabang Pipa

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Yanuar, Msc., M.Eng (.....)

Penguji : Dr. Ir. Ahmad Indra Siswantara (.....)

Penguji : Dr. Ir. Budiarmo, M.Eng (.....)

Penguji : Dr. Ir. Warjito, M.Eng (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal :

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik.

Jurusan Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

(1) Dr. Ir. Yanuar, Msc., M.Eng , selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;

(3) orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan

(4) sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan

semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 7 Desember 2008

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Farid Ferdiansyah

NPM : 0606041996

Program Studi : Teknik Mesin

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

STUDI FAKTOR GESEK ANALISA TEGANGAN PADA CABANG PIPA

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 7 Desember 2008

Yang menyatakan

(Farid Ferdiansyah)

DAFTAR ISI

| | |
|---|----------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| KATA PENGANTAR..... | iv |
| LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH | v |
| ABSTRAK | vi |
| ABSTRACT | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL..... | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 2 |
| 1.5 Batasan Penelitian | 3 |
| 2. LANDASAN TEORI..... | 4 |
| 2.1 Tegangan Dalam Prinsipal Pada Pipa..... | 5 |
| 2.1.1. Tegangan longitudinal..... | 5 |
| 2.1.1.1. Akibat gaya dalam aksial | 5 |
| 2.1.1.2. Akibat tekanan pipa | 6 |
| 2.1.1.3. Akibat momen lendutan (<i>bending moment</i>)..... | 7 |
| 2.1.1.4. Tegangan Longitudinal keseluruhan..... | 7 |
| 2.1.2. Tegangan sirkumferensial..... | 8 |
| 2.1.3. Tegangan radial..... | 9 |
| 2.1.4. Tegangan geser..... | 9 |
| 2.1.4.1. Akibat gaya geser V | 9 |
| 2.1.4.2. Akibat momen puntir..... | 10 |
| 2.1.5. Torsi..... | 11 |
| 2.1.5.1. Momen kutub inersia..... | 11 |
| 2.1.5.2. Torsi tegangan geser..... | 12 |
| 2.1.5.3. Regangan geser..... | 12 |
| 2.1.5.4. Modulus elastisitas geser..... | 12 |
| 2.1.5.5. Sudut puntir..... | 13 |
| 2.1.6. Gaya Internal dan Momen Pada Pipa..... | 13 |
| 2.2. Rangkuman Formulasi Tegangan Pipa | 15 |
| 2.3. Kombinasi Tegangan Pada Pipa..... | 16 |
| 2.4. Teori Dasar Kegagalan..... | 17 |
| 2.4.1. Teori Kegagalan Von Misses..... | 17 |
| 2.4.2. Teori Kegagalan Tresca..... | 18 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4.3. Teori Kegagalan Rankine..... | 18 |
| 2.5. Kelelahan Metal (<i>Fatigue</i>) | 19 |
| 2.5.1. Fenomena <i>Fatigue</i> | 19 |
| 2.5.2. Faktor Reduksi Tegangan Berulang..... | 21 |
| 2.5.3. Efek Beban <i>Sustained</i> pada <i>Fatigue</i> | 22 |
| 2.5.4. <i>Stress Intesification Factor (SIF)</i> | 23 |
| 2.6. Konsep Metode Elemen Hingga | 26 |
| 2.6.1. Definisi Umum..... | 26 |
| 2.6.2. Elemen Truss..... | 27 |
| 2.6.3. Elemen <i>Beam</i> | 32 |
| 2.6.4. Elemen <i>Frame</i> | 33 |
| 2.7. Analisis Tegangan Pipa | 35 |
| 2.7.1. Beban <i>Sustain</i> | 37 |
| 2.7.2. Beban <i>Occasional</i> | 37 |
| 2.7.3. Beban Ekspansi..... | 37 |
| 2.7.4. Karakteristik Tegangan..... | 38 |
| 2.7.4.1. Karakteristik tegangan <i>sustain (Primary)</i> | 38 |
| 2.7.4.2. Karakteristik Tegangan Ekspansi (<i>Secondary</i>) | 39 |
| 3. METODE PENELITIAN | 40 |
| 3.1 Metode Penelitian..... | 40 |
| 3.2 Urutan Proses Analisis..... | 40 |
| 3.2.1. Pembuatan data awal..... | 40 |
| 3.2.2. Studi Literatur..... | 40 |
| 3.2.3. Metode Pengerjaan..... | 40 |
| 3.2.3.1. Pemodelan Sistem Perpipaan..... | 40 |
| 3.2.3.2. Mengecek Error Pada Pemodelan..... | 41 |
| 3.2.3.3. Analisis Besarnya Tegangan..... | 41 |
| 3.2.4. Pembahasan..... | 41 |
| 4. ANALISIS TEGANGAN PADA CABANG PIPA | 44 |
| 4.1. Persamaan Caesar II dan Autopipe..... | 45 |
| 4.2. Perbedaan Caesar II dan Autopipe..... | 49 |
| 4.2.1. Perbedaan <i>Sustain Stress</i> Segmen A | 52 |
| 4.2.2. Perbedaan <i>Expansion Strees</i> Segmen A | 53 |
| 4.2.3. Perbedaan <i>Sustain Stress</i> Segmen B..... | 54 |
| 4.2.4. Perbedaan <i>Expansion Strees</i> Segmen B..... | 55 |
| 4.3. Analisis Data Tegangan..... | 55 |
| 4.3.1. Analisis Data Tegangan <i>Sustain</i> dan <i>Expansion</i> | 56 |
| 4.3.2. Analisis Data <i>Friction Factor</i> Pipa..... | 57 |
| 4.3.2.1. Faktor Friksi <i>non Sliding (static)</i> | 57 |
| 4.3.2.2. Faktor Friksi <i>Sliding (dinamic)</i> | 58 |
| 4.3.3. Analisis <i>In-plane bending moment</i> , <i>Out-of-plane bending moment</i> , dan <i>Torsion Moment</i> | 59 |

5. KESIMPULAN DAN SARAN 61
5.1. Kesimpulan..... 61
5.2. Saran..... 61

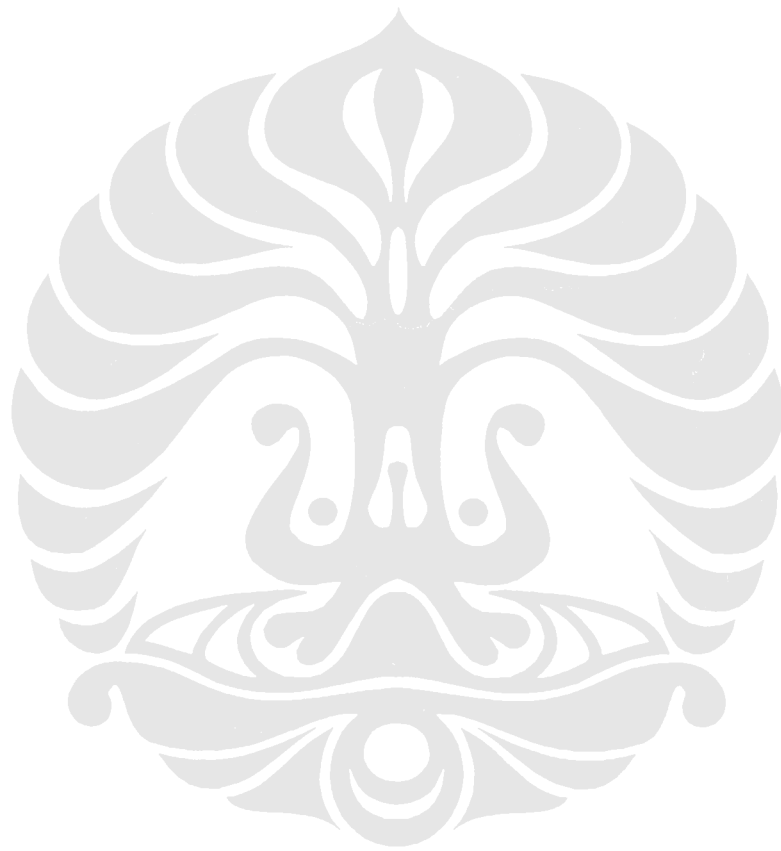
DAFTAR REFERENSI 62



DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------|---|----|
| Gambar 2.1. | Arah Tegangan Pipa | 5 |
| Gambar 2.2. | Arah Gaya Aksial Pipa | 6 |
| Gambar 2.3. | Arah Gaya Akibat Tekanan Pipa | 6 |
| Gambar 2.4. | Arah Akibat Momen Lendutan Pipa | 7 |
| Gambar 2.5. | Arah Tegangan Longitudinal Pipa | 8 |
| Gambar 2.6. | Arah Tegangan Sirkumferensial Pipa | 9 |
| Gambar 2.7. | Arah Tegangan Geser Pipa | 10 |
| Gambar 2.8. | Momen Puntir Pipa..... | 11 |
| Gambar 2.9. | Arah Momen Puntir Pipa..... | 11 |
| Gambar 2.10. | Distribusi Tegangan Geser..... | 12 |
| Gambar 2.11. | Regangan Geser | 12 |
| Gambar 2.12. | Sudut Puntir | 13 |
| Gambar 2.13. | Arah Gaya dan Momen yang Bekerja..... | 13 |
| Gambar 2.14. | Arah Kombinasi Tegangan pada Dinding Pipa | 16 |
| Gambar 2.15. | Lingkaran Mohr | 17 |
| Gambar 2.16. | Kurva Fatigue baja karbon dan baja alloy | 20 |
| Gambar 2.17. | Maksimum <i>Range</i> Dibatasi Dua Kali Tegangan Luluh..... | 21 |
| Gambar 2.18. | Grafik Faktor Reduksi dan Siklus Beban Periode 20 Tahun | 22 |
| Gambar 2.19. | Distribusi Tegangan Akibat Diskontinuitas Geometri | 24 |
| Gambar 2.20. | Grafik Parameter Geometri dari Dimensi Nominal dan Diskontinuitas | 24 |
| Gambar 2.21. | Arah Beban <i>In Plane</i> dan <i>Out Plane</i> | 25 |
| Gambar 2.22. | Proses diskritisasi elemen dengan metode elemen hingga..... | 26 |
| Gambar 2.23. | Pemodelan Elemen Truss | 28 |
| Gambar 2.24. | Hubungan Antara Koordinat Lokal dan Koordinat Global..... | 29 |
| Gambar 2.25. | Pemodelan Elemen Beam..... | 32 |
| Gambar 2.26. | Elemen Frame | 34 |
| Gambar 4.1. | Model Sistem Perpipaan | 44 |
| Gambar 4.2. | Input nodal Caesar II | 45 |
| Gambar 4.3. | Input nodal Autopipe | 45 |
| Gambar 4.4. | Input dimensi pipa Caesar II | 45 |
| Gambar 4.5. | Input dimensi pipa Autopipe | 46 |
| Gambar 4.6. | Input panjang pipa Caesar II | 46 |
| Gambar 4.7. | Input panjang pipa Autopipe | 46 |
| Gambar 4.8. | Input material pipa Caesar II | 47 |
| Gambar 4.9. | Input material pipa Autopipe..... | 47 |
| Gambar 4.10. | Input kode standar pipa Caesar II | 47 |
| Gambar 4.11. | Input kode standar pipa Autopipe | 48 |
| Gambar 4.12. | Input pressure & temperatur pipa Caesar II | 48 |
| Gambar 4.13. | Input pressure & temperatur pipa Autopipe | 48 |
| Gambar 4.14. | Grafik <i>Sustain Stress</i> dan <i>Expansion Stress</i> Segmen A..... | 50 |
| Gambar 4.15. | Grafik <i>Sustain Stress</i> dan <i>Expansion Stress</i> Segmen B..... | 51 |
| Gambar 4.16. | <i>Sustain Stress</i> Segmen A | 52 |
| Gambar 4.17. | <i>Expansion Stress</i> Segmen A | 53 |
| Gambar 4.18. | <i>Sustain Stress</i> Segmen B | 54 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.19. <i>Expansion Strees</i> Segmen B | 55 |
| Gambar 4.20. <i>Friction Factor</i> pada pipa dan support | 57 |
| Gambar 4.21. <i>Static dan dinamic friction</i> | 58 |
| Gambar 4.22. M_i , M_o , dan M_t pada cabang | 59 |
| Gambar 4.23. M_i , M_o , dan M_t pada belokan | 60 |



DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1. Nilai Faktor Reduksi ASME B31.3 | 17 |
| Tabel 4.1. <i>Sustain Strees</i> Segmen A | 52 |
| Tabel 4.2. <i>Expansion Strees</i> Segmen A | 53 |
| Tabel 4.3. <i>Sustain Strees</i> Segmen B | 54 |
| Tabel 4.4. <i>Expansion Strees</i> Segmen B | 55 |
| Tabel 4.5. Koefisien Gesek Material | 58 |



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Output Hasil Analisis Caesar II
- Lampiran 2 . Output Hasil Analisis Autopipe
- Lampiran 3. Data Pipa
- Lampiran 4 . Momen Inersia
- Lampiran 5. Beban pada Nodal
- Lampiran 6. Strees Intensification Factors

