UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERANCANGAN DAN ANALISIS STATIS TEGANGAN SISTEM PERPIPAAN PADA SUCTION DAN DISCHARGE POMPA SENTRIFUGAL (Studi Kasus di PT REKAYASA INDUSTRI)
Imam Arifianto, Dr. Ir. Suhanan DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **ii**
HALAMAN PERNYATAAN ..... **iii**
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR ..... **iv**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **v**
INTISARI ..... **vi**
KATA PENGANTAR ..... **vii**
DAFTAR ISI ..... **ix**
DAFTAR GAMBAR ..... **xi**
DAFTAR TABEL ..... **xiv**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xvi**
DAFTAR NOTASI ..... **xviii**

BAB I PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Batasan Masalah 3
1.4. Tujuan Penulisan 4
1.5. Manfaat Penulisan 4
1.6. Metode Penulisan 4

BAB II DASAR TEORI
2.1. Sistem Perpipaan 7
2.1.1. Tinjauan Umum 7
2.1.2. Komponen Sistem Perpipaan 7
2.1.3. Material Pipa 10
2.1.4. Ketebalan Dinding Pipa 11
2.2. Teori Dasar Tegangan Pipa 13
2.2.1. Tegangan (*stress*) 13
2.2.2. Regangan (*strain*) 14
2.2.3. Hubungan tegangan regangan 14
2.2.4. Hukum Hooke 16
2.2.5. Perbandingan Poisson (*Poisson's ratio*) 16
2.2.6. Jenis Tegangan 17
2.2.6.1 Tegangan Longitudinal 17
2.2.6.2 Tegangan Tangen sial (*Hoop stress*) 19
2.2.6.3 Tegangan Radial 20
2.2.6.4 Tegangan Geser 21
2.2.6.5 Tegangan Torsi 21
2.2.7. Ekspansi termal 23
2.3 Kriteria Analisis Sistem Perpipaan 24
2.4 *Code* dan *Standart* 27
2.4.1. ASME/ANSI B31.3 27

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERANCANGAN DAN ANALISIS STATIS TEGANGAN SISTEM PERPIPAAN PADA SUCTION DAN DISCHARGE POMPA SENTRIFUGAL (Studi Kasus di PT REKAYASA INDUSTRI)
Imam Arifianto, Dr. Ir. Suhanan DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.4.1.1 Tegangan yang Diijinkan (*Allowable*) 27
2.4.1.2 Beban – beban pada Sistem Perpipaan..... 28
2.4.2. API 610 31
2.4.1.1 Gaya dan Momen yang diijinkan pada Pompa Sentrifugal . 31
2.4.3.Gaya dan Momen yang Diijinkan pada *Heat Exchanger*..... 32
2.5 Penyangga Pipa 33
2.4.2. Penyangga Pembebanan Statis..... 33
2.4.2. Penyangga Pembebanan Dinamis 34
2.6 Rating Flanges 36

BAB III DATA SISTEM PERPIPAAN
3.1. Data Sistem Perpipaan 37

BAB IV PERANCANGAN SISTEM PERPIPAAN
4.1. Perancangan Sistem Perpipaan..... 42
4.1.1. Pemilihan Material Pipa 43
4.1.2. Perhitungan Tebal Dinding Pipa 44
4.1.2.1. Nomor PerhitunganANP - 13 45
4.1.2.2. Nomor PerhitunganANP - 14 48
4.1.3. Pemilihan Sambungan Pipa (*Fitting*) 50
4.1.4. Pemilihan Komponen Perpipaan..... 51
4.1.4.1. Pemilihan Flange 51
4.1.4.2. Pemilihan Gasket 52
4.1.4.3. Pemilihan Katup (*Valve*) 53
4.1.4.4. Pemilihan Penyangga Pipa (*Support*) 55
4.1.4.5. *Pemilihan Expansion Joint*..... 55

BAB V PEMODELAN DAN ANALISIS STATIS SISTEM PERPIPAAN
5.1. Pemodelan Nomor Perhitungan ANP- 13 61
5.1.1. Analisis Tegangan Nomor PerhitunganANP-13 69
5.1.2. Analisis Gaya dan Momen Nomor PerhitunganANP - 13..... 72
5.1.3. Analisis Displacement Nomor PerhitunganANP - 13 82
5.2.Pemodelan Nomor PerhitunganANP - 14 86
5.2.1 Analisis Tegangan Nomor PerhitunganANP - 14 93
5.2.2. Analisis Gaya dan Momen Nomor PerhitunganANP - 14..... 93
5.2.3. Analisis Displacement Nomor Perhitungan ANP - 14 95

BAB VI PENUTUP
6.2. Kesimpulan..... 100
6.3. Saran 100

DAFTAR PUSTAKA 101

LAMPIRAN 103

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERANCANGAN DAN ANALISIS STATIS TEGANGAN SISTEM PERPIPAAN PADA SUCTION DAN DISCHARGE POMPA SENTRIFUGAL (Studi Kasus di PT REKAYASA INDUSTRI)
Imam Arifianto, Dr. Ir. Suhanan DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 *flow chart* analisis bagian 1 5
Gambar 1.2 *flow chart* analisis bagian 2 6
Gambar 2.1 Regangan Pada Batang 14
Gambar 2.2 Diagram tegangan-regangan pada baja liat 15
Gambar 2.3 Diagram tegangan-regangan pada baja getas 15
Gambar 2.4 Metode offset untuk menentukan titik luluh bahan 15
Gambar 2.5 Perbandingan Possion pada batang 17
Gambar 2.6 Tegangan Aksial 18
Gambar 2.7 Tegangan Tekuk 18
Gambar 2.8 Tegangan Longitudinal Pressure 19
Gambar 2.9 Tegangan Tangensial 20
Gambar 2.10 Tegangan Radial 20
Gambar 2.11 Tegangan Geser 21
Gambar 2.12 Tegangan Torsi 23
Gambar 2.13 Kriteria *Critical Line* untuk pipa terhubung *Static Equipment* 25
Gambar 2.14 Kriteria *Critical Line* untuk pipa terhubung *Rotating Equipment*. 26
Gambar 2.15 Momen pada belokan 30
Gambar 2.16 Momen pada percabangan 30
Gambar 2.17 Komponen gaya pada nozzle *Heat Exchanger* 32
Gambar 2.18 *Rigid Support* 35
Gambar 2.19 Penyangga dinamis 35
Gambar 2.20 *Restraint – Guides* 35
Gambar 2.21 *Restraint – Anchors* 36
Gambar 2.22 Grafik temperatur dengan tekanan kerja yang diijinkan untuk ASME B16.5 flange dan fitting untuk material grup 1.1 36
Gambar 3.1 Gambar *Piping & Instrument Diagram* 1 39
Gambar 3.2 Gambar *Piping & Instrument Diagram* 2 40
Gambar 4.1 Elbow 90^o 51
Gambar 4.2 Elbow 45^o 51

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERANCANGAN DAN ANALISIS STATIS TEGANGAN SISTEM PERPIPAAN PADA SUCTION DAN DISCHARGE POMPA SENTRIFUGAL (Studi Kasus di PT REKAYASA INDUSTRI)
Imam Arifianto, Dr. Ir. Suhanan DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4.3 *Tee Reducing* 51
Gambar 4.4 *Concentric reducer* 51
Gambar 4.5 *Eccentric reducer*..... 51
Gambar 4.6 *Weldneck flange*..... 52
Gambar 4.7 *Butterfly valve*..... 54
Gambar 4.8 *Check valve* 54
Gambar 4.9 *Expansion Joint with Fixed Flanges*..... 56
Gambar 5.1 Gambar input data awal *line* 1000-WR1-88969..... 63
Gambar 5.2 Gambar input data awal *line* 600-WS1-87955, 600-WS1-87957, 600-WS1-87959, 600-WS-87968..... 64
Gambar 5.3 Gambar input data awal *line* 700-WR1- 88202, 700-WR1-88203, 700-WR1-88204 65
Gambar 5.4 Gambar isometris ANP-13..... 66
Gambar 5.5 Gambar isometris ANP-13 tampak atas..... 67
Gambar 5.6 Gambar isometris ANP-13 dengan nomor *node* 68
Gambar 5.7 Gambar komponen gaya dan momen pada nozzle *Plate Heat Exchanger* 74
Gambar 5.8 Gambar isometris ANP – 13 setelah dimodifikasi 76
Gambar 5.9 Gambar isometris ANP – 13 tampak atas setelah dimodifikasi 77
Gambar 5.10 Gambar Komponen Gaya dan Momen pada Nozzle Pompa 81
Gambar 5.11 *Displacement* pada kondisi pembebanan *Operating 1* 84
Gambar 5.12 *Displacement* pada kondisi pembebanan *Operating 2* 84
Gambar 5.13 *Displacement* pada kondisi pembebanan *Operating 3* 85
Gambar 5.14 *Displacement* pada kondisi pembebanan *Operating 4* 86
Gambar 5.15 *Displacement* pada kondisi pembebanan *Sustain*..... 87

Gambar 5.16 Gambar input data awal *line* 1000-WS1-88215..... 88
Gambar 5.17 Gambar input data awal *line* 600-WS1- 88205, 600-WS1-88206, 600-WS1-88207..... 89
Gambar 5.18 Gambar isometris ANP- 014..... 90
Gambar 5.19 Gambar isometris ANP – 014 tampak atas 91

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN DAN ANALISIS STATIS TEGANGAN SISTEM PERPIPAAN PADA SUCTION DAN DISCHARGE POMPA SENTRIFUGAL (Studi Kasus di PT REKAYASA INDUSTRI)
Imam Arifianto, Dr. Ir. Suhanan DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 5.20 Gambar isometris ANP- 14 dengan nomor *node* 92
Gambar 5.21 *Displacement* pada kondisi pembebanan *Operating 1* 97
Gambar 5.22 *Displacement* pada kondisi pembebanan *Operating 2* 97
Gambar 5.23 *Displacement* pada kondisi pembebanan *Operating 3* 98
Gambar 5.24 *Displacement* pada kondisi pembebanan *Operating 4* 98
Gambar 5.24 *Displacement* pada kondisi pembebanan *Sustain* 99

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERANCANGAN DAN ANALISIS STATIS TEGANGAN SISTEM PERPIPAAN PADA SUCTION DAN DISCHARGE POMPA SENTRIFUGAL (Studi Kasus di PT REKAYASA INDUSTRI)
Imam Arifianto, Dr. Ir. Suhanan DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 *Pipe Size Designators* NPS and DN 8
Tabel 2.2 Nilai koefisien Y 12
Tabel 2.3 Nilai faktor pengurang tegangan (*f*) 28
Tabel 2.4 Tabel beban yang diijinkan pada nozzle pompa sentrifugal 31
Tabel 2.5 Jarak penyangga pipa 34
Tabel 3.1 Tabel nomor jalur pipa 37
Tabel 4.1 Tabel spesifikasi pipa yang umum digunakan 44
Tabel 4.2 Diameter Pipa yang digunakan pada ANP - 013 45
Tabel 4.3 Diameter Pipa yang digunakan pada ANP – 014 48
Tabel 4.4 Tabel data *expansion joint with fixed flanges (1)* 56
Tabel 4.5 Tabel data *expansion joint with fixed flanges (2)* 57
Tabel 4.5 Tabel Rekapitulasi Material Pipa dan Komponennya pada Saluran inlet (*suction*) 58
Tabel 4.5 Tabel Rekapitulasi Material Pipa dan Komponennya pada Saluran outlet (*discharge*) 59
Tabel 5.1 Data pipa pada ANP – 13 62
Tabel 5.2 Tabel Hasil Analisis Tegangan Maksimum Nomor Perhitungan ANP-13 72
Tabel 5.3 Gaya dan Momen yang terjadi pada nozzle Heat Exchanger nomor perhitungan ANP-013 73
Tabel 5.4 Tabel Hasil Analisis Tegangan Maksimum Nomor Perhitungan ANP-13 setelah dimodifikasi 78
Tabel 5.5 Gaya dan Momen yang terjadi pada nozzle *Plate Heat Exchanger* nomor perhitungan ANP-13 setelah dimodifikasi 79
Tabel 5.6 Gaya dan Momen yang terjadi pada nozzle *Pompa sentrifugal 88P001ABC* nomor perhitungan ANP-13 setetlah dimodifikasi 80
Tabel 5.7 Tabel Hasil Analisis *Displacement* Nomor Perhitungan ANP – 13. 83
Tabel 5.8 Data Pipa ANP - 14 87

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN DAN ANALISIS STATIS TEGANGAN SISTEM PERPIPAAN PADA SUCTION DAN DISCHARGE POMPA SENTRIFUGAL (Studi Kasus di PT REKAYASA INDUSTRI)
Imam Arifianto, Dr. Ir. Suhanan DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 5.9 Tabel Hasil Analisis Tegangan Maksimum Nomor Perhitungan ANP-14 93
Tabel 5.10 Gaya dan Momen yang terjadi pada nozzle outlet pompa nomor perhitungan ANP-14 94
Tabel 5.11 Tabel Hasil Analisis *Displacement* Nomor Perhitungan ANP – 14. 96

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERANCANGAN DAN ANALISIS STATIS TEGANGAN SISTEM PERPIPAAN PADA SUCTION DAN DISCHARGE POMPA SENTRIFUGAL (Studi Kasus di PT REKAYASA INDUSTRI)
Imam Arifianto, Dr. Ir. Suhanan DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Prosedur Analisis Tegangan Pipa pada Proyek Orica 103
Lampiran 2 *Critical Line List for Orica Project* 114
Lampiran 3 Gambar Isometrik ANP- 13 118
Lampiran 4 Gambar Isometrik ANP- 14 126
Lampiran 5 Spesifikasi *Plate Heat Exchanger* 87E001A-D 130
Lampiran 6 Spesifikasi Pompa Sentrifugal 88P001ABC 132
Lampiran 7 Tabel A-1 Appendix A Code ASME B31.3 – 2004 134
Lampiran 8 Tabel Ketebalan Dinding (*Schedule*) Pipa 136
Lampiran 9 Tabel Ukuran Sambungan Pipa Jenis Elbow 138
Lampiran 10 Tabel Ukuran Sambungan Pipa *Jenis Reducing Tee* 139
Lampiran 11 Tabel Ukuran Sambungan Pipa Jenis *Reducer* 141
Lampiran 12 Tabel 1A *Material Spesification* ASME B16.5-2003 143
Lampiran 13 *Rating* Tekanan-Temperatur Material Kelompok 1.1 ASME 16.5. 144
Lampiran 14 *Rating* Tekanan-Temperatur Material Kelompok 1.1 ASME 16.47a 145
Lampiran 15 Kombinasi Material Pipa dengan Material Komponennya 146
Lampiran 16 Pemilihan Material Gasket berdasarkan Fluida dan Temperatur. 147
Lampiran 17 Tabel Ukuran *Flat Ring* Gasket untuk ASME B16.47a. 148
Lampiran 18 Tabel Ukuran *Flat Ring* Gasket untuk ASME B16.5. 149
Lampiran 19 Elemen – elemen pada ANP- 13 150
Lampiran 20 Analisis Tegangan ANP - 13 160
Lampiran 21 Analisis Gaya dan Momen ANP- 13 167
Lampiran 22 Analisis *Displacement* ANP – 13 180
Lampiran 23 Elemen – elemen pada ANP- 14 195
Lampiran 24 Analisis Tegangan ANP - 14 201
Lampiran 25 Analisis Gaya dan Momen ANP- 14 208
Lampiran 26 Analisis *Displacement* ANP – 14 219

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN DAN ANALISIS STATIS TEGANGAN SISTEM PERPIPAAN PADA SUCTION DAN DISCHARGE POMPA SENTRIFUGAL (Studi Kasus di PT REKAYASA INDUSTRI)
Imam Arifianto, Dr. Ir. Suhanan DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Lampiran 27 Gambar isometrik ANP - 13 Hasil Analisis.....229
Lampiran 28 Gambar isometrik ANP - 14 Hasil Analisis.....237

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERANCANGAN DAN ANALISIS STATIS TEGANGAN SISTEM PERPIPAAN PADA SUCTION DAN DISCHARGE POMPA SENTRIFUGAL (Studi Kasus di PT REKAYASA INDUSTRI)
Imam Arifianto, Dr. Ir. Suhanan DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR NOTASI

A	=	Luas
Ai	=	Luas permukaan dalam pipa
Am	=	Luas rata-rata permukaan pipa
c	=	Jumlah dari toleransi mekanis
D	=	Diameter pipa
D_C	=	Diameter (inci) dari bukaan lingkaran sama dengan jumlah luasan pada bukaan inlet, extraction, dan exhaust
d_o	=	Diameter luar pipa
d_i	=	Diameter dalam pipa
E_c	=	*Basic quality factor*
E_q	=	*Quality factor*
E_j	=	*Joint quality factor*
E_s	=	*Structural grade quality factor*
EXP	=	Kondisi expansi
f	=	Faktor pengurangan stress
F	=	Gaya tegak lurus terhadap potongan
Fxc	=	Gaya pada sumbu x program Caesar II
Fyc	=	Gaya pada sumbu y program Caesar II
Fzc	=	Gaya pada sumbu z program Caesar II
F_{ax}	=	Gaya aksial
F_R	=	Gaya radial
F_L	=	Gaya longitudinal
Fxp	=	Gaya pada sumbu x pompa
Fyp	=	Gaya pada sumbu y pompa
Fzp	=	Gaya pada sumbu z pompa
G	=	Modulus geser
HYD	=	Kondisi pembebanan hidrotes (tes dengan air)
HP	=	Tekanan hidrostatis

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERANCANGAN DAN ANALISIS STATIS TEGANGAN SISTEM PERPIPAAN PADA SUCTION DAN DISCHARGE POMPA SENTRIFUGAL (Studi Kasus di PT REKAYASA INDUSTRI)
Imam Arifianto, Dr. Ir. Suhanan DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

i_i	=	*In-plane stress intensification factor*
i_o	=	*Out-of-plane stress intensification factor*
J	=	Momen inersia polar
L	=	Panjang
M	=	Momen
M_C	=	Momen circumferential
M_i	=	*In-plane bending moment,* in-lb
M_L	=	Momen longitudinal
M_o	=	*Out-of-plane bending moment*, in-lb
M_T	=	Momen torsional
Mxp	=	Momen pada sumbu x pompa
Myp	=	Momen pada sumbu y pompa
Mzp	=	Momen pada sumbu z pompa
Mxc	=	Momen pada sumbu x program Caesar II
Myc	=	Momen pada sumbu y program Caesar II
Mzc	=	Momen pada sumbu z program Caesar II
OCC	=	Kondisi seismik / gempa
OPE	=	Kondisi operasi
P	=	Tekanan pada pipa
Q	=	Faktor bentuk (*form factor)*
r_i	=	Jari-jari dalam
r_o	=	Jari-jari luar
S	=	Tegangan yang diijinkan
S_a	=	*Allowable stress* untuk ekspansi termal
S_b	=	Resultan tegangan akibat beban lentur
S_c	=	Tegangan pada pipa dalam keadaan dingin
S_h	=	Tegangan pada pipa dalam keadaan suhu tertentu
S_l	=	Stress sustain yang terhitung
S_L	=	Tegangan tekan longitudinal

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERANCANGAN DAN ANALISIS STATIS TEGANGAN SISTEM PERPIPAAN PADA SUCTION DAN DISCHARGE POMPA SENTRIFUGAL (Studi Kasus di PT REKAYASA INDUSTRI)
Imam Arifianto, Dr. Ir. Suhanan DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

S_h	=	*Hoop stress* yang diakibatkan oleh tekanan fluida
S_t	=	Tegangan puntir
SUS	=	Kondisi sustain
T	=	Temperatur pipa
T_1	=	Temperatur sekitar
T_2	=	Temperatur maksimal atau minimum
t	=	Tebal pipa
t_m	=	Ketebalan minimum yang diperlukan
U1	=	Beban seismik arah aksial x
U2	=	Beban seismik arah aksial z
U3	=	Beban seismik arah lateral y
V	=	gaya sejajar terhadap potongan
W	=	Berat per-satuan panjang
Ww	=	Berat pipa berisi air
Y	=	Koefisien Tabel 304.1.1 ASME B31.3
Z	=	Modulus pipa
α	=	Koefisien ekspansi thermal
Ø	=	Pergeseran sudut (radian)
Δ	=	Ekspansi thermal yang dihasilkan
σ	=	Tegangan
σ_L	=	Tegangan longitudinal
σ_r	=	Tegangan radial
σ_{ax}	=	Tegangan aksial
σ_b	=	Tegangan tekuk
σ_{LP}	=	Tegangan longitudinal tekan