

Analisa Tegangan Pipa Pada Sistem Jacking Oil Pump di Proyek PLTU 2X1000 MW

Shinta Murti Kasmiarno^{1*}, Heroe Poernomo², Ekky Nur Budiyanto³

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri
Surabaya, Indonesia^{1*}

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri
Surabaya, Indonesia²

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri
Surabaya, Indonesia³

Email: shintamurti19@gmail.com^{1*}; heroep@poltera.ac.id^{2*}; ekky@ppns.ac.id^{3*};

Abstract - Lubricating Oil is a system that functions as a lubricant in the turbine system to prevent friction so as not to cause wear on the turbine. In this system there is a Jacking Oil Pump pipe which serves to lift the turbine shaft when the turbine will be rotated while providing lubrication to the turbine bearings. On the oil output line, a redesign of the support in the Jacking Oil Pump pipeline is carried out. The pipeline supplies oil to the discharge pipe from the main pipe (Drain Guard), which has a maximum pressure of 17.8 MPa with a temperature of 80°C. The piping system requires an allowable span calculation, and a sustained load using computer analysis. The analysis was carried out to maintain the piping system to operate safely in accordance with ASME B31.1 Standards. The stress analysis in this thesis focuses on 2 designs namely the existing design and re-design where the existing design has 5 support while the re-design has 3 support and both analyse sustained loads which include axial stress, bending tension and bending stress. To find out these calculations using CAESAR II software so that the voltage value can be determined based on ASME B31.1 The results obtained from this analysis compare the existing stress and re-design. in the existing design there is the highest sustained load that occurs at node 120 of 6443.8 lb / in², whereas in the re-design the highest sustained load stress occurs at node 80 of 15637.8 lb / in².

Keyword: Lubricating oil, Jacking Oil pump, Support, Discharge, Drain Guard.

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) mempunyai salah satu komponen penting yaitu turbin. Turbin merupakan suatu perangkat yang merubah energi uap yang bertemperatur tinggi dan tekanan tinggi menjadi energi mekanik (putaran). Ekspansi uap yang dihasilkan tergantung dari sudu-sudu (nozzle) pengarah dan sudu-sudu putar. Nozzle pengarah dan nozzle putar mempunyai fungsi sebagai pengatur distribusi tekanan dan kecepatan uap yang masuk ke turbin. Pembangkit listrik tenaga uap yang terletak di kota Batang, Jawa tengah mempunyai 2 unit pembangkit dengan kapasitas maksimum 2000 Mega Watt (MW). PLTU ini menggunakan turbo generator berbahan bakar batu bara untuk menghasilkan uap. Bahan bakar ini di datangkan dari Kalimantan menggunakan kapal tongkang. Pada sistem ini terdapat beberapa komponen utama dan penunjang di dalamnya, diantaranya yang utama yaitu rotary stationary blade atau moving blade dan

bearing. Sedangkan komponen penunjang yaitu oli yang memiliki fungsi sebagai pelapis pada turbin yang bergerak secara rotasi dan sebagai pengangkut partikel kotor yang timbul karena gesekan, mencegah korosi dan sebagai pendingin terhadap panas yang timbul akibat gesekan. Pada pipa penghubung antara main oil tank dengan turbin terdapat pipa keluaran (discharge) dari pipa utama (drain guard) menuju JOP (Jacking Oil Pump). Dimana pipa ini memiliki tekanan maksimal hingga 17,8 MPa dengan temperatur 80C. Pada line ini terdapat support yang berlebih maka dari itu diperlukan redesain untuk meminimalisir biaya untuk support dan maintenance. Perhitungan Analisa Tegangan pada sistem perpipaan ini juga dibantu dengan *software* komputer yaitu CAESAR II. Maka dari itu pengerjaan tugas akhir ini menitikberatkan pada perancangan *support* dan analisa tegangan pipa untuk memenuhi kriteria keamanan dari *critical line* yang dianalisa. Standar yang akan digunakan sebagai acuan dalam dalam perhitungan analisa tegangan adalah ASME B31.1.

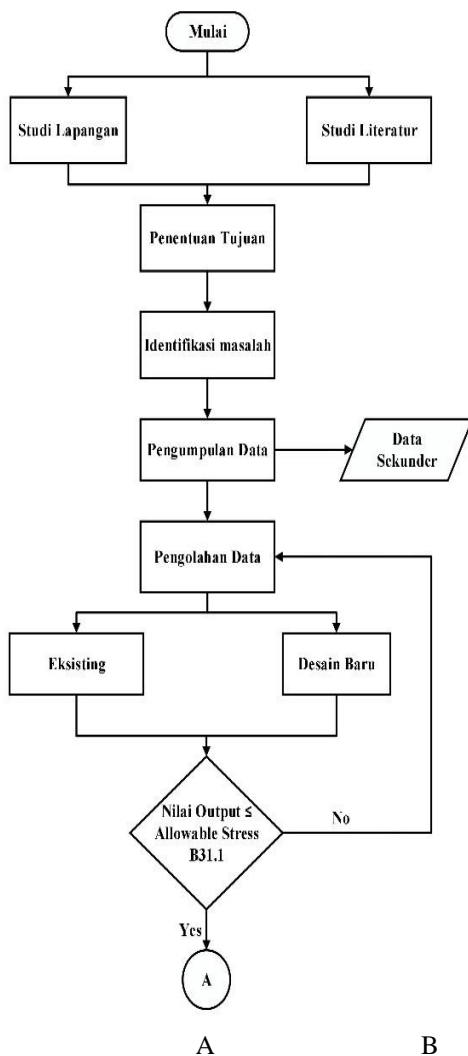
2. METODOLOGI.

2.1 Panjang Artikel

Proses pengerjaan Tugas Akhir dimulai dengan mengidentifikasi topik dan merumuskan masalah dari topik yang dipilih, dilanjutkan dengan penentuan dari pembuatan Tugas Akhir. Pengumpulan referensi dan data yang dikaji dalam proses pembuatan Tugas Akhir didapatkan dari data perusahaan dan studi literatur.

Setelah mendapatkan data untuk Pengerjaan Tugas Akhir dilanjutkan dengan pengolahan data dengan tahapan berikut:

- 1) Perhitungan Nilai tegangan kondisi eksisting dan desain baru
- 2) Analisa tegangan akibat beban sustain menggunakan CAESAR II
- 3) Analisa perbandingan desain eksisting dengan desain baru



Gambar 1a. Diagram alir penelitian



Gambar 2b. Diagram alir penelitian

2.2 Formula Matematika

2.2.1 Allowable Span

$$L = \frac{\sqrt{0.4ZSh}}{w} \quad \text{Limitation of stress} \quad (1)$$

$$L = \frac{\sqrt{\Delta EI}}{13.5 w} \quad \text{Limitation of deflection} \quad (2)$$

Keterangan:

L = allowable pipe span (in)

Z = section modulus (in³)

Sh = allowable tensile stress pada temperatur tinggi (lb/in²)

W = berat total pipa (lb/in)

E = Modulus Elastisitas (lb/in²)

2.2.2 Jumlah Pipe Support

$$\text{Jumlah support} = \frac{\text{Panjang pipa}}{\text{Maximum allowable span}}$$

2.2.3 Sustained Load

Sustained load adalah beban akibat berat pipa, berat fluida, tekanan dalam pipa, tekanan luar, pengaruh angin dan gempa serta beban dari salju yang menimpa pipa. Sustained load merupakan tegangan primer yang menyebabkan kegagalan katastrofis. Tegangan Longitudinal merupakan jumlah dari Tegangan Aksial (Axial stress), Tegangan Tekuk (Bending stress) dan Tegangan Tekanan (Pressure Stress). Mengenai ketiga tegangan ini dapat diuraikan berikut ini.

$$\sigma_{ax} = \frac{P_x A_i}{A_m} \quad (4)$$

$$\sigma_b = \frac{MC}{I} \quad (5)$$

$$\sigma_{lp} = \frac{P A_i}{A_m} = \frac{P d_i^2}{d_o^2 - d_i^2} = \frac{P d_i^2}{4 t d_m} = \frac{P d_o}{4 t} \quad (6)$$

Keterangan :

P = Gaya tekan *internal* (lb/in²)

I = Momen *inersia* penampang (in⁴)

M = Momen *bending* (in-lb)

C = Jarak dari *netral axis* (in)

A_i = Luas permukaan dalam pipa (in²)

A_m = Luas rata-rata permukaan pipa (in²)

t = Tebal pipa (in)

2.3 Kode dan Standart Perpipaan

Kegiatan perancangan untuk memperoleh perilaku sistem pipa ini dikenal sebagai analisis tegangan pipa atau dahulu disebut juga analisis fleksibilitas (Raswari, 2007). Kode dan standart perpipaan adalah satu set persyaratan minimum yang harus digunakan pada setiap sistem perpipaan yang dibangun agar aman. Standart mencantumkan spesifikasi material yang diizinkan, rancang fabrikasi yang diterima, serta persyaratan dan prosedur inspeksi (Dahlan, 2016).

Pada saat ini ada beberapa buah kode standart dari komite B31 ini yang sering di pakai sebagai acuan di Indonesia sesuai kebutuhan bidang industri, yaitu:

- ASME/ANSI B31.1 untuk sistem perpipaan di industry pembangkit listrik;
- ASME/ANSI B31.3 untuk sistem perpipaan di industry proses dan petrokimia;
- ASME/ANSI B31.4 untuk pipa transport minyak dan zat cair lainnya;
- ASME/ANSI B31.5 untuk sistem perpipaan pendingin;
- ASME/ANSI B31.8 untuk pipa transport gas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Jarak Antar Penyangga (Support)

Dengan mengasumsikan sebagai *simply supported beam* maka persamaan yang digunakan berdasarkan batasan tegangan atau batasan defleksi. Dalam pengerjaan ini digunakan persamaan (1) dan (2)

- Berat Pipa= $\frac{1}{4} \pi \rho (d_o^2 - d_i^2) \times \text{density pipa} \times 12 = \frac{1}{4} \pi \rho (1.9^2 - 1.5^2) \times 0.2826 \times 12 = 3.627$ lb/ft
- Berat Fluida= $\frac{1}{4} \pi \rho (d_i^2 \times 12) \times \text{density fluida} = \frac{1}{4} \pi \rho (1.5^2 \times 12) \times 0.0408 = 0.865$ lb/ft
- Berat Total= Berat Pipa + Berat Fluida= 3.627 + 0.865 = 4.492 lb/ft

Based on limitation of stress

$$= \sqrt{\frac{0.4 \times Z \times S_h}{W}}$$

$$= \sqrt{\frac{0.4 \times 0.421 \times 10800}{4.487}}$$

$$= 20.121 \text{ ft}$$

$$= 6.132 \text{ m}$$

Based on limitation of

$$= \sqrt[4]{\frac{\Delta EI}{13.5 W}}$$

allowable deflection

$$= \sqrt[4]{\frac{0.625 \times 29170000 \times 0.0325}{13.5 \times 4.487}}$$

$$= 9.942 \text{ ft} = 3.03 \text{ m}$$

Dari perhitungan dapat dipilih hasil terkecil antara 6.132 m dan 3.03 m, Jadi jarak span yang diijinkan maksimal 3.03 m.

3.2 Perhitungan Jumlah Support

$$\text{Jumlah support} = \frac{\text{Panjang pipa}}{\text{Maximum allowable span}}$$

$$= \frac{406.062}{119.291}$$

$$= 3.4 = 3 \text{ support}$$

3.2 Beban sustain (Sustained Load)

Nilai tegangan sustain pada sistem perpipaan dapat dihitung dengan menggunakan rumus (4), (5), (6). Dan hasil perhitungan tertera pada tabel 1 untuk desain eksisting dan Tabel 2 untuk re-desain dan Gambar 1 untuk grafik perbandingan anatara desain eksisting dan re-desain

Tabel 1 Perhitungan beban sustain desain eksisting

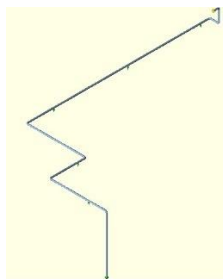
Tegangan bending (lb/in ²)	Tegangan axial (lb/in ²)	Tegangan Torsi (lb/in ²)	Total Nilai Tegangan (lb/in ²)
476	4271.1	261.2	5008.3
667.7	4271.1	261.2	5200
1023.8	4271.1	261.2	5556.1
343.3	4271.1	261.2	4875.6
787.7	4271.1	261.2	5320
575.1	4271.1	55.1	4901.3
2172.7	4271.1	0	6443.8

Tabel 1 Perhitungan beban sustain re- desain

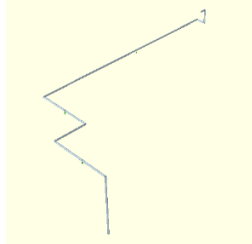
Tegangan bending (lb/in ²)	Tegangan axial (lb/in ²)	Tegangan Torsi (lb/in ²)	Total Nilai Tegangan (lb/in ²)
10587.5	4281.6	149.3	15018.4
8925	4276	2440.3	15641.3
6038.7	4261.1	3658	13957.8
8698.2	4261.7	3658.6	16618.5
7392.3	4263.7	3658.6	15314.6
12247.8	4281.8	114	16643.6
7167.1	4283.3	3387.8	14838.2

3.4 Pemodelan Software Caesar

Pemodelan software Cesar pada sistem perpipaan dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 2 Pemodelan CAESAR desain eksisting



Gambar 3 Pemodelan CAESAR re-desain

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan antara lain sebagai berikut :

1. Dari perhitungan didapatkan hasil batas maksimal span yang diperbolehkan dipilih dari hasil terkecil antara 6.132 m dan 3.03 m, Jadi jarak span yang diijinkan maksimal 3.03 m. Sedangkan jarak terpanjang pada sistem perpipaan adalah 2.9 m. Sehingga jarak span pada sistem perpipaan masih aman tidak melebihi batasan maksimal span. Dan jumlah *support* yang digunakan sejumlah 3 *support*.
2. Pada desain eksisting terdapat 5 buah *support* yang mana beban sustain tertinggi sebesar 6443.8 lb/in²

yang mana masih di bawah allowable stress. Sedangkan *allowable stress* untuk *sustained load* sebesar 17100 lb/in². Sehingga beban masih dibawah allowable stress yang diijinkan.

3. Pada re-desain terdapat 3 buah *support* yang mana beban sustain tertinggi sebesar 16643.6 lb/in² yang mana masih di bawah allowable stress. Sedangkan *allowable stress* untuk *sustained load* sebesar 17100 lb/in². Sehingga beban masih dibawah allowable stress yang diijinkan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan lancar dan tepat waktu.
2. Kedua orang tua (Bapak Kasmiarno dan Ibu Wiyati) yang telah memberikan begitu banyak nasehat hidup, kasih sayang, doa, dukungan moril serta materil, dan segalanya bagi penulis.
3. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc, M.RINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Bapak Heroe Poernomo, selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
5. Bapak Ekky Nur Budiyanto, selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir. Seluruh staf pengajar Program Studi Teknik Perpipaan yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama masa perkuliahan.
6. Semua teman-teman *piping engineering* 2016, yang telah memberikan bantuan berupa semangat, keceriaan, dan ilmu selama penulisan tugas akhir.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASME B31.1 Code For Power Piping B.(2018).Powe piping. American Society of Mechanical Engineers. New York
- [2] Chamsudi, Achmad. (2005). Piping Stress Analysis. Badan Tenaga Nuklir Nasional PUSPITEK, Serpong.
- [3] Husen, Nur Cholis, Akbar Nur Setiadi., 2018. Analisa Tegangan Pipa Pada Sistem Instalasi Perpipaan Geothermal di Proyek X. Jakarta: Bina Teknika.
- [4] Guyen, M R, Heroe Poernomo, dan Pekik Mahardhika (2018). Analisa Tegangan New Critical Line Pipe dari Discharge Compressor Scrubber Train menuju Tie In Point Existing MP Gas Scrubber Pipe pada sistem CO2 Removal Di Fasilitas Produksi Cilamaya Utara . In: PPNS (Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya), 2nd Conference On Piping Engineering and Its

Application (CPEAA) 2018. Surabaya, Indonesia 23 September 2018. Indonesia: Surabaya.

- [5] Farhani. Habibah, Heroe Poernomo dan Pekik Mahardhika (2019). Desain Penambah Jalur Perpipaan Tie-in Point Akibat Penambahan Deliquidizer. In: PPNS (Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya), 3rd Conference On Piping Engineering and Its Application (CPEAA) 2019. Surabaya, Indonesia 23 September 2019. Indonesia: Surabaya.
- [6] Kannappan, Sam. (1986). Introduction to Pipe Stress Analysis. John Wiley & Sons, Inc., U.S.A.
- [7] Jamaludin, Achmad, Jurnal 2016, Analisis Tegangan Sistem perpipaan pada sisi Tekan Pompa P-003E Menggunakan CAESAR II dan Perhitungan Manual.
- [8] Nayyar, M.L. (2000). PIPING HANDBOOK. U.S.A; Mc Graw Hill Inc.
- [9] TIJARA PRATAMA. (2004). ANALISA DASAR PELATIHAN TEGANGAN PIPA. Jakarta : TIJARA PRATAMA Inc.

(HAMALAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)