

ANALISIS ISOLASI DAN DESAIN MODIFIKASI PADA EXPANSION JOINT LOW PRESSURE BLEED VALVE

Kamilia Fitria Maharani¹; Dewin Purnama; Arifia Ekayuliana

Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta,

Jalan Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425

¹kamiliafitriamaharani@gmail.com

Abstrak

Kompresor merupakan peralatan yang berfungsi untuk menaikkan tekanan dan temperatur udara sebelum masuk ruang bakar. Kompresor terdiri dari beberapa tingkat dan di setiap tingkat tekanan udara ditingkatkan. Turbin gas yang digunakan di PLTGU Priok Blok 3 adalah turbin gas mitsubishi tipe M701F. Pada tipe ini, kompresor terdiri dari 17 tingkat yang dilengkapi dengan 3 katup berdarah untuk mencegah lonjakan selama akselerasi dan deselerasi. Surging merupakan sebuah fenomena yang terjadi dalam kompresor (khususnya kompresor aksial) ketika aliran udara yang mengalir masuk ke kompresor, aliran udara akan turun drastis dan tidak dapat dipertahankan lagi karena peningkatan tekanan keluaran kompresor melebihi kemampuan tekanan pada kompresor, sehingga akan terjadi aliran balik pada kompresor. Masalah yang terjadi pada PLTGU Priok Blok 3 adalah expansion joint LP bleed valve GT 3.2 mengalami pecah. Kerusakan tersebut menyebabkan peningkatan temperatur pada bangunan turbin gas-sistem bahan bakar gas hingga melebihi standar temperatur yang diizinkan yaitu 80 °C yang dalam jangka panjang berpotensi merusak peralatan instrumentasi dan kontrol yang terpasang pada bangunan turbin gas-sistem bahan bakar gas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ketahanan pipa modifikasi expansion joint LP bleed valve GT 3.2 dalam menerima temperatur dan tekanan maksimal yang melalui jalur LP bleed line. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah perhitungan tegangan pipa dan ekspansi termal yang terjadi pada pipa modifikasi expansion joint. Desain modifikasi expansion joint LP bleed valve GT 3.2 juga dibuat dalam bentuk simulasi dengan menggunakan metode Computational Fluid Dynamics (CFD) dengan software ANSYS 16. Berdasarkan perhitungan terbukti bahwa modifikasi expansion joint LP bleed valve tersebut sudah cukup fleksibel untuk menyerap ekspansi akibat perubahan temperatur yang terjadi. Simulasi CFD menunjukkan bahwa pada modifikasi expansion joint LP bleed valve cukup baik dalam mengalirkan LP bleed air, namun adanya celah kecil yang terbuka menyebabkan adanya aliran balik menuju keluar pipa. Aliran balik tersebut memiliki karakteristik yaitu jumlahnya sangat kecil, berkecepatan rendah dan bertekanan 1 bar.

Kata Kunci: expansion joint, LP bleed air, LP bleed valve, modifikasi, pipa

Abstract

The compressor is a device that served to increase the pressure and temperature of the air before entering the combustion chamber. The compressor consisted of several stages and at each level the air pressure is increased. Gas turbine that used in PLTGU Priok Block 3 is gas turbine mitsubishi type M701F. In this type, the compressor consisted of 17 stages that equipped with 3 bleed valve to prevent surging during acceleration and deceleration. Surging is a phenomenon that occurs in the compressor (especially the axial compressor) when the flow of air flowing into the compressor, the air flow will drop dramatically and can not be maintained again because of increased pressure discharge compressor exceeds the pressure on the compressor, so there will be backflow) on the compressor. The problem that occurred in PLTGU Priok Block 3 is expansion joint LP bleed valve GT 3.2 has broken. The damage caused an increase in temperature in the fuel gas system-gas turbine building to exceed the allowable temperature standard of 80 °C which in the long term potentially damages the instrumentation and control equipment installed in the fuel gas system-gas turbine building. This study aimed to analyze the resistance of modified expansion joint LP bleed valve GT 3.2 in receiving the maximum temperature and pressure through the LP bleed line. The method used in this study is the calculation of pipe tension and thermal expansion that occur in the modified expansion joint pipe. The design of modified expansion joint LP bleed valve GT 3.2 is also made in the form of simulation using Computational Fluid Dynamics (CFD) method with ANSYS 16 software. Based on the calculations proved that the modification of expansion joint LP bleed valve is flexible enough to absorb the expansion due to temperature changes. The CFD simulation showed that modified expansion joint LP bleed valve is good enough to drain the LP bleed air, but the small open gap caused the backflow to the outlet. The backflow had characteristics that are very small, low speed and 1 bar pressure.

Keywords: expansion joint, LP bleed air, LP bleed valve, modification, pipe

1. PENDAHULUAN

Turbin gas adalah sebuah mesin pembakaran dalam yang dapat mengubah energi kalor dari bahan bakar gas menjadi energi gerak dengan memanfaatkan ekspansi dari hasil pembakaran gas untuk menekan sudu-sudu turbin agar dapat berputar dan memutar generator untuk menghasilkan listrik. Turbin gas terdiri dari tiga komponen utama, yaitu *compressor*, *combuster* dan *turbine*.

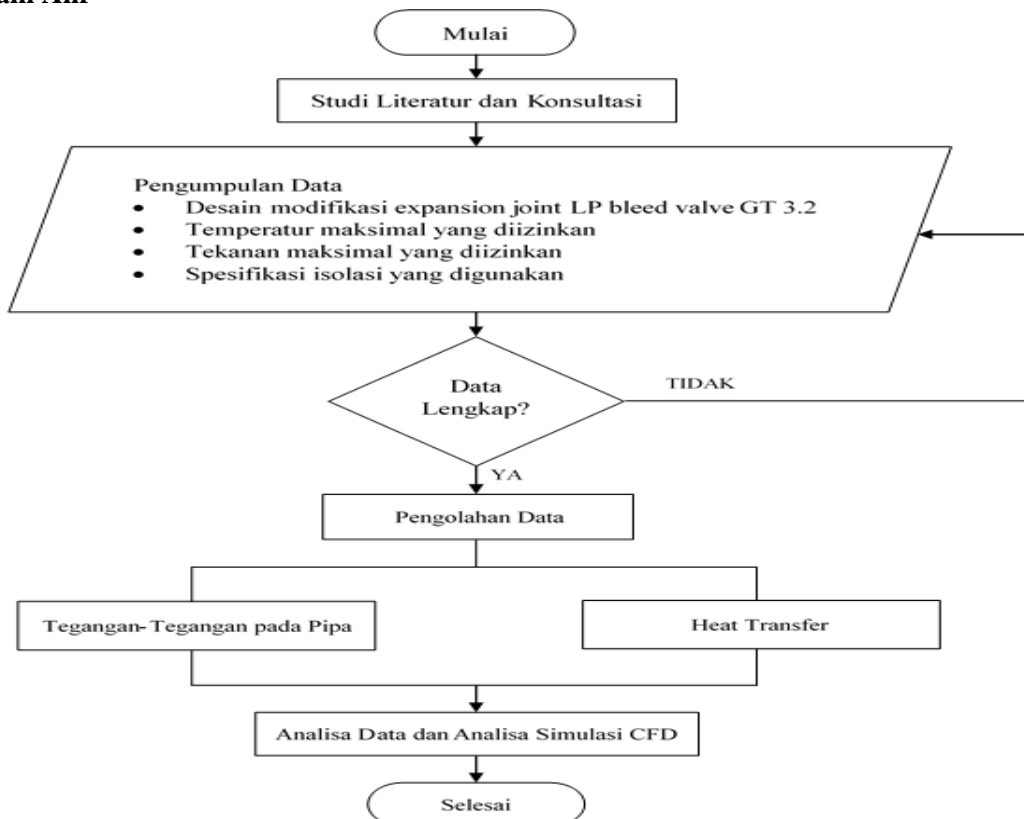
Compressor merupakan peralatan yang berfungsi untuk menaikkan tekanan dan temperatur udara sebelum masuk *combuster* [1]. *Compressor* terdiri dari beberapa *stage*, pada tiap *stage* udara ditingkatkan tekanannya. PLTGU Priok Blok 3 menggunakan turbin *manufacture Mitsubishi Hitachi Power System (Mitsubishi Heavy Industries Ltd) type M701F*. Pada *type* ini *compressor* terdiri dari 17 *stage* yang dilengkapi dengan 3 *bleed valve* untuk mencegah terjadinya *surging* saat akselerasi dan deselerasi. Udara bertekanan dilepaskan dari *stage* 6 (*LP*), 11 (*MP*), dan 14 (*HP*). *MP* dan *LP bleed valve* terbuka saat *start up* dan *coast down*. Sedangkan *HP bleed valve* dibuka hanya saat *coast down*, namun pada saat normal operasi semua *bleed valve* ditutup.

Permasalahan pada PLTGU Priok Blok 3 adalah terjadinya pecah pada *expansion joint LP bleed valve*. Ketika terjadi pecah pada *expansion joint LP bleed valve* maka udara panas bertemperatur dan bertekanan tinggi keluar ke *fuel gas system-gas turbine building*. Kerusakan tersebut menyebabkan peningkatan temperatur pada *fuel gas system-gas turbine building* hingga melebihi standar temperatur yang diizinkan yaitu 80 °C yang dalam jangka panjang berpotensi merusak peralatan instrumentasi dan kontrol yang terpasang pada *fuel gas system-gas turbine building*. Dalam rangka mendukung penggantian *expansion joint LP bleed valve* yang mengalami kerusakan agar proses *start-stop* turbin gas dapat kembali berjalan lancar dan menjaga peralatan instrumen kontrol dari kerusakan akibat temperatur ruang *GT* yang tinggi maka dilakukan modifikasi *expansion joint LP bleed valve*.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ketahanan dari desain modifikasi *expansion joint LP bleed valve GT 3.2* dalam menerima temperatur dan tekanan maksimal yang melalui jalur *LP bleed line*.

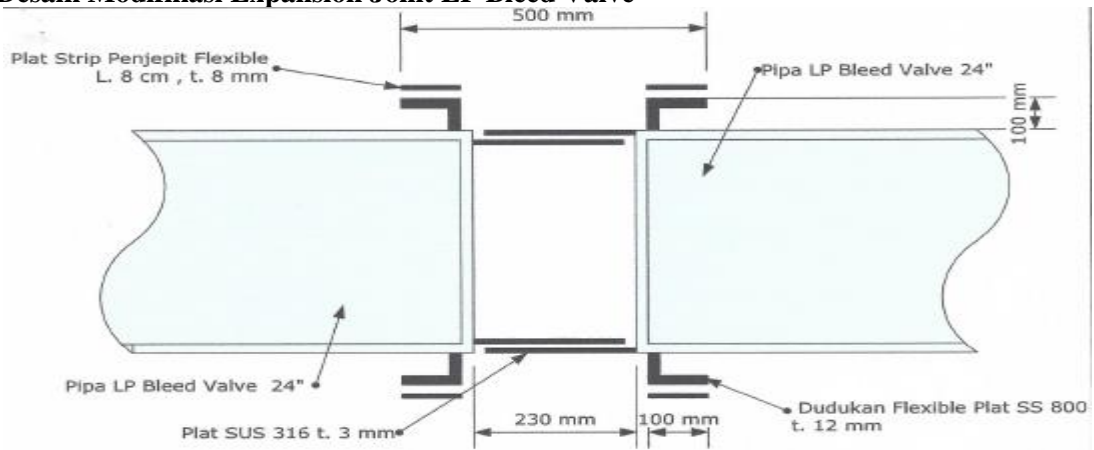
2. METODE PENELITIAN

2.1. Diagram Alir



Gambar.1 Diagram Alir Penelitian

2.2. Desain Modifikasi Expansion Joint LP Bleed Valve



Gambar. 2 Modifikasi Expansion Joint LP Bleed Valve

2.3. Pengolahan Data

2.3.1. Tegangan Pipa [2]

2.3.1.1. Tegangan Longitudinal Pipa

a) Tegangan Aksial

$$F_{ax} = P \cdot A \quad [2.1]$$

$$A_m = \frac{\pi}{4} (d_0^2 - d_1^2) \quad [2.2]$$

$$\sigma_a = \frac{F_{ax}}{A_m} \quad [2.3]$$

Dimana:

P = Tekanan fluida dalam pipa [N/m^2]

F_{ax} = Gaya aksial [N]

A = Luas diameter dalam pipa [m^2]

A_m = Luas permukaan pipa [m^2]

d_0 = Diameter luar pipa [m]

d_1 = Diameter dalam pipa [m]

b) Tegangan Akibat Tekanan Dalam Pipa (*Internal Pressure*)

$$\sigma_{ip} = \frac{P \cdot d_0}{4t} \quad [2.4]$$

Dimana:

t = Ketebalan dinding pipa [m]

2.3.1.2. Tegangan Sirkumferensial (*Hoop Stress*)

$$\sigma_H = \frac{P d_0}{2t} \quad [2.5]$$

2.3.2. Ekspansi Termal

2.3.2.1. Ekspansi Linier (Panjang)

$$\Delta L = L_o \cdot \alpha_T \cdot \Delta T \quad [2.6]$$

Dimana:

ΔL = Pemuaiian panjang [m]

L_o = Panjang mula-mula [m]

α_T = Koefisien ekspansi termal

ΔT = Perbedaan temperatur (*akhir* – *awal*) [$^{\circ}C$]

2.3.2.2. Ekspansi Radial (Volume)

$$\Delta V = V_o \cdot \gamma \cdot \Delta T \quad [2.7]$$

Dimana:

ΔV = Pemuaiian volume [m^3]

V_o = Volume mula-mula [m^3]

γ_T = Koefisien ekspansi termal ($\gamma = 3 \cdot \alpha_T$)

ΔT = Perbedaan temperatur (*akhir* – *awal*) [$^{\circ}C$]

2.4. Simulasi *Computational Fluid Dynamics*

Simulasi ini dimaksudkan untuk meyakinkan apakah desain modifikasi *expansion joint LP bleed valve GT 3.2* dapat diterapkan untuk pengganti *expansion joint* yang telah mengalami kerusakan. Desain modifikasi *expansion joint* ini perlu dikaji lebih lanjut untuk mengetahui seberapa baik kinerja dari desain modifikasi tersebut dalam mengalirkan udara *LP bleed air*. Analisa aliran udara yang melewati desain modifikasi *expansion joint* ini dilakukan dengan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)* dengan *Software ANSYS 16*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Analisa Perhitungan Manual

Tegangan Aksial

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_1^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,54172 \text{ m})^2 = 0,23048 \text{ m}^2$$

$$F_{ax} = P \cdot A = 390 \frac{kN}{m^2} \times 0,23048 \text{ m} = 89,8872 \text{ kN}$$

$$A_m = \frac{\pi}{4} (d_0^2 - d_1^2) = \frac{\pi}{4} ((0,54772 \text{ m})^2 - (0,54172 \text{ m})^2) = 0,005134 \text{ m}^2$$

$$\sigma_a = \frac{F_{ax}}{A_m} = \frac{89,8872 \text{ kN}}{0,005134 \text{ m}^2} = 17508,21971 \frac{kN}{m^2}$$

Tegangan Akibat Tekanan Dalam Pipa

$$\sigma_{ip} = \frac{P \cdot d_o}{4t} = \frac{390 \text{ kN} \times 0,54772 \text{ m}}{4 \times 0,003 \text{ m}} = 17800,9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Tegangan Sirkumferensial (Hoop Stress)

$$\sigma_H = \frac{P d_o}{2t} = \frac{390 \text{ kN} \times 0,54772 \text{ m}}{2 \times 0,003 \text{ m}} = 35601,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Ekspansi Termal Aksial (Panjang)

$$\Delta L = L_o \cdot \alpha_T \cdot \Delta T = 0,0022746 \text{ m} \times (17,5 \cdot 10^{-6}) \text{ m} \times 215 \text{ }^\circ\text{C} = 8,558 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

Tabel. 1 Ekspansi Termal Aksial Pada Beberapa Perbedaan Temperatur

T_t [°C]	T_o [°C]	ΔT [°C]	ΔL [m]
245	30	215	$8,558 \cdot 10^{-4}$
245	40	205	$8,160 \cdot 10^{-4}$
245	50	195	$7,762 \cdot 10^{-4}$
245	60	185	$7,364 \cdot 10^{-4}$

Ekspansi Termal Radial (Volume)

$$\Delta V = V_o \cdot \gamma \cdot \Delta T = 0,0011613 \text{ m} \times (3 \times (17,5 \cdot 10^{-6})) \text{ m} \times 215 \text{ }^\circ\text{C} = 1,3108 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Tabel. 2 Ekspansi Termal Radial Pada Beberapa Perbedaan Temperatur

T_t [°C]	T_o [°C]	ΔT [°C]	ΔV [m ³]
245	30	215	$8,558 \cdot 10^{-4}$
245	40	205	$8,160 \cdot 10^{-4}$
245	50	195	$7,762 \cdot 10^{-4}$
245	60	185	$7,364 \cdot 10^{-4}$

Fleksibilitas Pipa

$$\frac{d_o \cdot \Delta L}{(L - U)^2} \leq 208,3$$

$$\frac{0,54772 \text{ m} \times (8,558 \cdot 10^{-4}) \text{ m}}{((227,46 \cdot 10^{-3} \text{ m} - 0,23 \text{ m})^2)} \leq 208,3$$

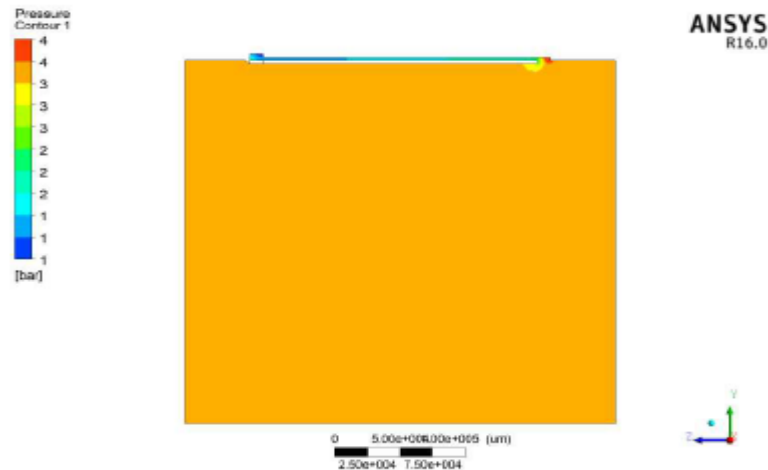
$$72,6547 \leq 208,3$$

Tabel. 3 Fleksibilitas Pipa Pada Beberapa Ekspansi Termal Aksial

ΔL [m]	Fleksibilitas Pipa
$8,558 \cdot 10^{-4}$	72,6547
$8,160 \cdot 10^{-4}$	69,2758
$7,762 \cdot 10^{-4}$	65,8969
$7,364 \cdot 10^{-4}$	62,5180

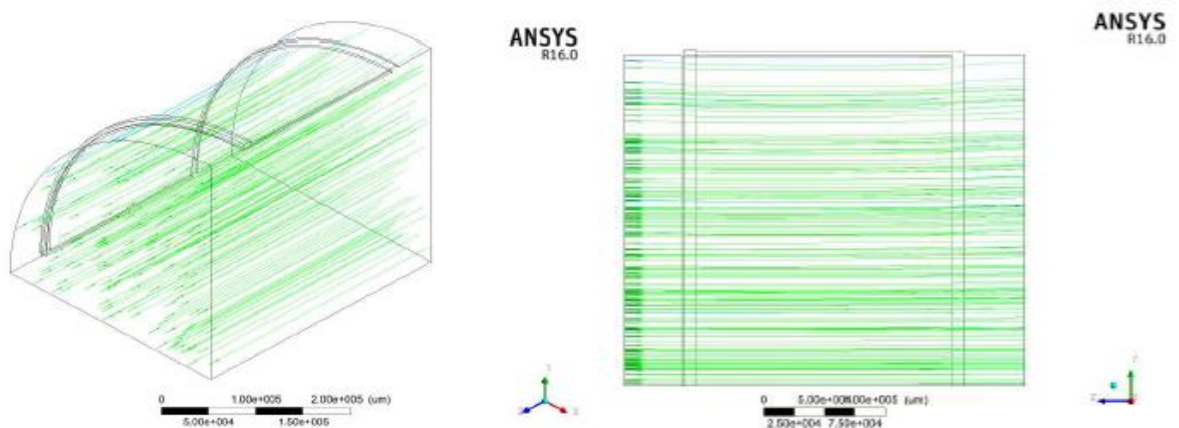
Dari hasil perhitungan, dapat dikatakan modifikasi *expansion joint LP bleed valve* tersebut sudah cukup fleksibel untuk menyerap ekspansi akibat perubahan temperatur yang terjadi.

3.2. Hasil Analisa Distribusi Tekanan Dengan *Pressure Contour* Menggunakan Software ANSYS



Dari hasil simulasi, dibuat visualisasi kontur tekanan untuk melihat tekanan udara yang mengalir melewati *expansion joint*. Dari hasil visualisasi di atas dapat kita lihat bahwa tekanan di dalam pipa *expansion joint* berkontur warna *orange* yang berarti tekanan di dalam berkisar pada tekanan 3.9 bar, sedangkan pada celah antara selongsong pipa modifikasi ke arah udara luar berwarna kuning menuju biru dimana warna tersebut menunjukkan tekanan yang mengecil dari 3.5 bar sampai 1 bar. Tekanan rendah ini diakibatkan adanya celah kecil ke arah luar pipa.

3.3. Hasil Analisa Garis Aliran Dengan *Flow Simulation* Menggunakan Software ANSYS



Gambar diatas adalah hasil visualisasi yang menunjukkan *streamline* atau garis aliran di dalam pipa *expansion joint*. Dari hasil visualisasi tersebut menunjukkan modifikasi *expansion joint* cukup baik dalam mengalirkan *LP Bleed Air*. Namun karena adanya celah kecil yang terbuka dapat mengakibatkan adanya aliran balik menuju keluar pipa. Hal ini ditunjukkan dengan garis aliran pada gambar kedua bagian atas pipa di dekat selongsong pipa terdapat garis yang berputar balik menuju celah. Garis aliran yang memasuki celah tersebut berwarna biru yang menunjukkan bahwa ada aliran yang keluar namun jumlahnya sangat kecil dan berkecepatan rendah. Untuk menanggulangi adanya udara bertemperatur tinggi yang keluar dari jalur perpipaan maka perlu ditambahkan penutup pada celah tersebut.

4. KESIMPULAN

1. Modifikasi *expansion joint LP bleed valve* tersebut sudah cukup fleksibel untuk menyerap ekspansi akibat perubahan temperatur yang terjadi.
2. Modifikasi *expansion joint* cukup baik dalam mengalirkan *LP Bleed Air*. Namun karena adanya celah kecil yang terbuka dapat mengakibatkan adanya aliran balik menuju keluar pipa yang jumlahnya sangat kecil dan berkecepatan rendah.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] PLN Corporate University. Pengoperasian PLTGU Edisi I. Jakarta: PT PLN. 2013.
- [2] Maulana, Arif. Perhitungan Tegangan Pipa Dari Discharge Kompresor Menuju Air Cooler Menggunakan Software CAESAR II 5.10 Pada Proyek Gas Lift Compressor Station. JTM, Vol. 05, No. 2. Juni 2016.