

## Study Kasus *Acoustic Induced Vibration* (AIV) pada Sistem *Flare* di *Plan Migas*

Septyaningrum Dwi Putri<sup>1\*</sup>, Muhammad Anis Mustaghfirin<sup>2</sup>, Priyo Agus Setiawan<sup>3</sup>

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*3</sup>

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Email: [septyandwi69@gmail.com](mailto:septyandwi69@gmail.com)<sup>1\*</sup>; [mustaghfirin@gmail.com](mailto:mustaghfirin@gmail.com)<sup>2\*</sup>; [aguspriyo@gmail.com](mailto:aguspriyo@gmail.com)<sup>3\*</sup>

**Abstract** - *Flare* system serves to remove gas that can not be done further processing. Before disposal, the gas flow will pass PSV (Pressure Safety Valve) to prevent over pressure on the flare system. However this causes a high pressure drop, thus causing a large Sound Power Level. This phenomenon is called *Acoustic Induced Vibration* (AIV). The existence of AIV is what can cause fatigue failure on LT 01 and LT 02, which can disrupt the overall flare system. Analysing is starting by calculating Sound Power Level and Likelihood of Failure (LOF) to determine risk assessment on area of interest (LT 01 and LT 02). Then Finite Element Method (FEM) analysis on LT 01 and LT 02 to know the visualization of geometry structure. The results of this research it is known that the value of Sound Power Level LT 01 is 172.80 dB and the LT 02 is 172.42 dB, where the value exceeds the threshold of 155 dB. For the value of LOF LT 01 is 0.8 and LT 02 is 0.78. From the result of FEM analysis it is known that the geometry structure is experiencing stress and deformation in the connection area of LT 01 and LT 02.

**Keyword:** AIV, Finite Element Method, LOF, PSV, Sound Power Level.

### Nomenclature

$PWL_s$	Source Sound Power Level (dB)
$PWL_{discontinuity}$	Sound Power Level dari titik terdekat dengan source (dB)
$P_1$	Upstream pressure (bar a)
$P_2$	Downstream pressure (bar a)
$W$	mass flow rate (kg/s)
$T$	Upstream temperature (K)
$M_w$	Molecular weight (g/mol)
$L_{dis}$	Jarak source dengan discontinuity (m)
$D_{int}$	Inside Diameter of main line (mm)
$D_{ext}$	External Diameter of main line (mm)
$d_{ext}$	External Diameter of branch line (mm)
$N$	Number of cycles to failure
$FLM_1$	Fatigue Life Multiplier (berdasarkan nilai $D_{ext}/d_{ext}$ )
$FLM_2$	Fatigue Life Multiplier (berdasarkan ada tidaknya weldolet)
$L_f$	Fatigue Life
LOF	Likelihood of failure
LT	Lateral Tee 45°

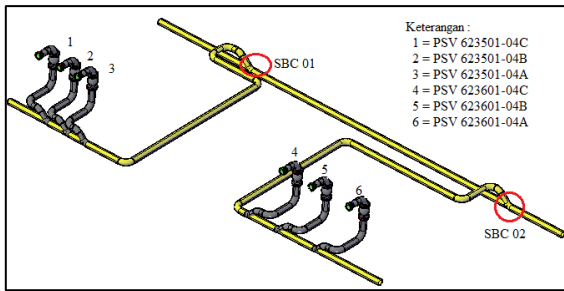
### 1. PENDAHULUAN

Di dalam sebuah *plan* migas terdiri dari

beberapa sistem, salah satunya yaitu *flare*, dimana memiliki fungsi sebagai penanda bahwa sebuah *plan* migas masih terus beroperasi. Selain itu *flare* memiliki fungsi yang penting yaitu sebagai sistem pembakaran gas buang yang sudah tidak dibutuhkan, yang selanjutnya akan dibuang ke udara. Oleh karena itu *flare* harus memiliki sistem perpipaan dan rangka yang kuat untuk menahan getaran yang timbul dari aliran gas buang. “Getaran yang terjadi dalam sistem *flare* disebabkan oleh *pressure drop* disekitar PRV(Pressure Relieving Valve) atau PSV(Pressure Safety Valve) yang menyebabkan Sound Power Level (PWL) yang besar. Fenomena ini disebut AIV (*Acoustic Induced Vibration*). AIV pertama kali dilaporkan oleh Carucci dan Mueller pada tahun 1980-an.”[1]

Penelitian pada *paper* ini berfokus pada terjadinya *Acoustic Induced Vibration* (AIV) yang terjadi ketika gas hidrokarbon (*sour gas*) dibuang keluar dari HP Production A dan B melewati PSV 623501-04A/B/C dan PSV 623601-04A/B/C yang berdampak pada LT 01 dan LT 02 pada *line* 26-ZZ-612-8102-A10J. Visualisasi dari sistem dapat dilihat pada Gambar 1. Getaran yang terjadi ditakutkan akan menyebabkan masalah lebih luas pada sistem *flare*. Oleh karena itu, *paper* ini bertujuan untuk mengetahui cara mitigasi *Acoustic Induced Vibration* (AIV) yang terjadi. Dimana kriteria mitigasi yang dilakukan sesuai dengan standar *Energy Institute* (EI). Dimulai

dengan perhitungan manual *Sound Power Level*, kemudian perhitungan nilai LOF Skor.



Selanjutnya dilakukan analisa *Finite Element Method* (FEM) dengan *software* pada *area of interest* yaitu LT 01 dan LT 02.

Gambar 1 Sistem Line 26-ZZ-612-8102-A10J

## 2. METODOLOGI.

Penelitian dilakukan dengan perhitungan manual nilai *Sound Power Level*. Nilai yang didapat nantinya akan digunakan untuk perhitungan nilai LOF [4]. Selanjutnya dari nilai LOF yang didapat, akan dilakukan penilaian kriteria. Kriteria inilah yang menentukan mitigasi yang diambil. Semua perhitungan manual berdasarkan standar *Energy Institutes* (EI). Perhitungan dimulai dengan perhitungan nilai *Sound Power Level*, dengan persamaan sebagai berikut [3] :

$$PWL_s = 10 \log \left[ \left( \frac{P_1 - P_2}{P_1} \right)^{3.6} W^2 \left( \frac{T}{M_w} \right)^{1.2} \right] + 126,1 \quad (1)$$

Setelah diketahui nilai *Sound Power Level* pada *source* (sumber), kemudian dilakukan perhitungan nilai *discontinuity* pada *area of interest* sebagai berikut :

$$PWL_{\text{discontinuity}} = PWL_s - 60 \frac{L_{\text{dis}}}{D_{\text{int}}} \quad (2)$$

Jika terdapat lebih dari satu *source* (sumber), maka dihitung nilai *discontinuity total* seluruh *source* sesuai dengan persamaan berikut :

$$PWL_{\text{discontinuity total}} = 10 \log_{10} \left[ 10^{\frac{PWL1(\text{discontinuity})}{10}} + 10^{\frac{PWL2(\text{discontinuity})}{10}} + \dots + 10^{\frac{PWLn(\text{discontinuity})}{10}} \right] \quad (3)$$

Kemudian dilakukan perhitungan nilai N, dengan persamaan sebagai berikut :

$$a = 3,28 \cdot 10^{-7} \left( \frac{D_{\text{ext}}}{T} \right)^3 - 8,503 \cdot 10^{-5} \left( \frac{D_{\text{ext}}}{T} \right)^2 + 7,063 \cdot 10^{-3} \left( \frac{D_{\text{ext}}}{T} \right)^2 + 0,816 \quad (4)$$

$$s = 91,9 - \frac{D_{\text{ext}}}{T} \quad (5)$$

$$B = a(PWL - 0,112762(s) - 0,001812(s)^2 + 4,307277 \cdot 10^{-5}(s)^3) \quad (6)$$

$$\log_{10} N = 470712,5155 - \frac{63075,1242(\log_{10} B) + \frac{183685,4368}{\sqrt{B}} - \frac{575094,3273}{B^{0.1}}}{B^{0.1}} \quad (7)$$

Setelah nilai N diketahui, maka dikalikan dengan nilai FLM sebagai berikut :

Jika nilai  $D_{\text{ext}}/d_{\text{ext}} < 10$ , maka,

$$FLM_1 = 0,07 + 0,91 (D_{\text{ext}}/d_{\text{ext}}) + 1,32 (D_{\text{ext}}/d_{\text{ext}}) 0,48 (D_{\text{ext}}/d_{\text{ext}})^{1,5} + 0,065 (D_{\text{ext}}/d_{\text{ext}})^2 \quad (8)$$

$$N = N * FLM_1 \quad (9)$$

Jika terdapat koneksi *weldolet* atau *weldolet fitting*, maka nilai N hasil persamaan (9) dikalikan dengan  $FLM_2$  sesuai dengan persamaan berikut :

$$FLM_2 = 0,29 + 0,09 \tanh[(PWL - 172)/2,9] \quad (10)$$

$$N = N * FLM_2 \quad (11)$$

Setelah perhitungan nilai N, maka dilanjutkan perhitungan nilai LOF skor, sesuai dengan persamaan berikut ini:

$$L_f = -0,1303 \ln(N) + 3,1 \quad (12)$$

Jika nilai  $L_f \geq 0,5$ , maka nilai LOF =  $L_f$   
 Jika nilai  $L_f \leq 0,5$ , maka nilai LOF = 0,29

Selanjutnya dilakukan analisa *Finite Element Method* (FEM) dengan *software*. Analisa diawali dengan proses *pre-processing*, lalu proses *analysis*, dan yang terakhir proses *post-processing*. Pada *pre-processing* dilakukan pendefinisian geometri dan *set up* data pemodelan. Pemodelan diawali dengan membuat bentuk geometri adalah *lateral tee 45°*, dengan diameter 26" (ID=634,6 mm, OD=660,4 mm), dengan material API 5L Grade B. Kemudian simulasi dengan LES (*Dynamic Smagorinsky model*), *Inflow velocity* adalah 197,2 m/s dan *zero-pressure outflow*. Selanjutnya dilakukan *Modal analysis*, dengan informasi data pipa dan aliran didapat dari dengan *engineering data set* yaitu: *Young's Modulus* 200 GPa, *Poisson's ratio* 0,3, *Density of the lateral tee 45°* adalah 7850 kg/m<sup>3</sup> dan *damping rasio* sebesar 5%. Pada proses

analysis, software akan melakukan proses iterasi sesuai dengan *set up* data yang telah di-input. Dimana dilakukan analisa 5000 iterasi, dengan *time step size* adalah  $1e-4$  s [5]. Setelah itu pada *post-processing* dilakukan pendefinisian hasil dari analisis berupa *contour* dari *stress* dan *deformation* yang terjadi.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari perhitungan nilai *discontinuity total* yang telah dilakukan berdasarkan persamaan 1 hingga persamaan 3, maka didapatkan nilai *discontinuitas total* pada LT 01 yang ditunjukkan dalam Tabel 1 dan untuk LT 02 ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1: Nilai *Discontinuity Total* pada LT 01

No.	Source	PWL <sub>discontinuity total</sub> (dB)	PWL ≥ 155 dB
1	PSV-623501-04A		
2	PSV-623501-04B	172,80	YES
3	PSV-623501-04C		

Tabel 2: Nilai *Discontinuity Total* pada LT 02

No.	Source	PWL <sub>discontinuity total</sub> (dB)	PWL ≥ 155 dB
1	PSV-623601-04A		
2	PSV-623601-04B	172,42	YES
3	PSV-623601-04C		

Dari Tabel 1 dan Tabel 2 diketahui bahwa nilai *discontinuitas total* yang terjadi pada LT 1 dan LT 2 melebihi standar 155 dB (Institute, 2008).

Dari hasil perhitungan *PWL discontinuity total*, maka dilakukan perhitungan nilai LOF dengan persamaan 4 hingga persamaan 12, dimana hasilnya ditunjukkan pada Tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3: Nilai LOF pada LT 01 dan LT 02

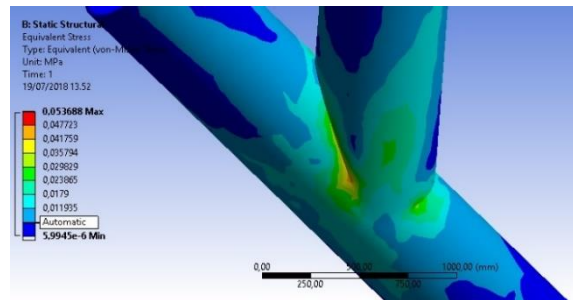
No.	Discontinuity	N	Lf	LOF
1	LT 01	45200062,68	0,8	0,8
2	LT 02	51980330,57	0,785	0,785

Setelah dilakukan perhitungan nilai LOF maka dilakukan penilaian terhadap LOF skor. Nilai LOF hasil perhitungan masuk dalam kriteria 2, yaitu  $1.0 > LOF \geq 0,5$  (Institute, 2008). Adapun *risk assesment* yang diambil untuk mencegah AIV pada LT 01 dan LT 02 yaitu :

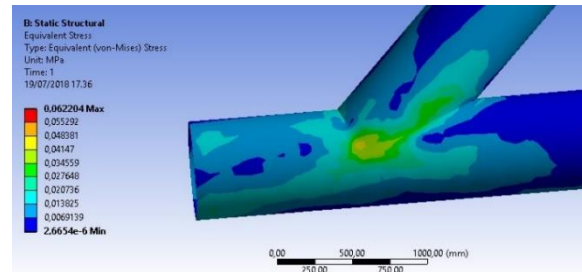
1. Dilakukan *redesign, resupported*, atau analisis secara detail terhadap LT, serta dilakukan monitoring terhadap vibrasi yang terjadi.
2. *Visual survey* dibutuhkan untuk mengetahui konstruksi yang buruk dan/atau bentuk geometri atau support dari *main line* dan/atau pada potensi sumber getaran yang lain. Selanjutnya dilakukan analisa dengan *Finite Element Method* (FEM) dengan *software* pada LT 01 dan LT 02, adapun hasil analisa menunjukkan

area *stress* dan *deformasi* yang terjadi pada LT 01 dan LT 02. Untuk *stress* pada LT 01 ditunjukkan pada Gambar 1 dan untuk *stress* pada LT 02 ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar 2. *Strees* pada LT 01



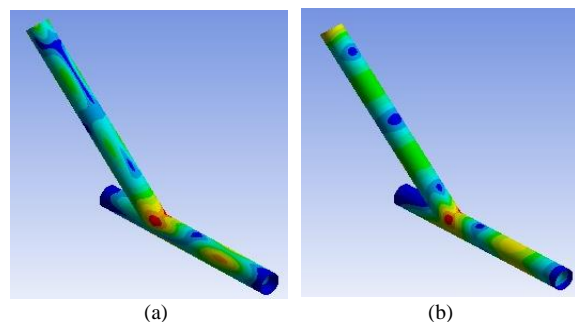
Pada Gambar 2 ditunjukkan pada *stress* terjadi pada area sambungan LT 01. Dengan nilai *stress* yang terjadi sebesar 0,054 MPa atau 7,832 Psi.



Gambar 3. *Strees* pada LT 02

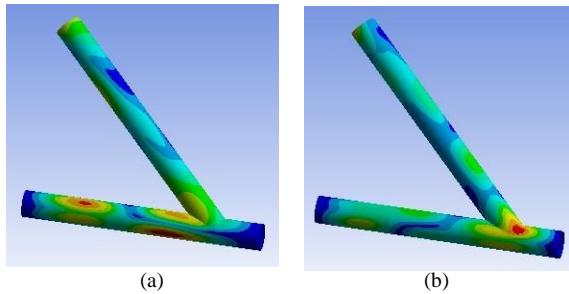
Pada Gambar 3 ditunjukkan pada *stress* terjadi pada area sambungan LT 02. Dengan nilai *stress* yang terjadi sebesar 0,062 MPa atau 8,992 Psi.

Sedangkan pada Gambar 2 menunjukkan hasil *deformasi* yang terjadi pada LT 01, serta Gambar 3 menunjukkan *deformasi* yang terjadi pada LT 02.



Gambar 4. (a) *Mode 17*  $f = 163,68$  Hz (b) *Mode 25*  $f = 246$  Hz

Dari Gambar 4 ditunjukkan pada LT 01 nilai *deformasi* terbesar pada frekuensi 163,68 Hz yaitu 1,4 mm dan pada frekuensi 246 Hz nilai *deformasi* terbesar adalah 1,43 mm.



Gambar 5. (a) Mode 17  $f = 174,15$  Hz (b) Mode 25  $f = 248$  Hz

Dari Gambar 5 ditunjukkan pada LT 02 nilai deformasi terbesar pada frekuensi 174,15 Hz adalah 1,46 mm dan pada frekuensi 248 Hz nilai deformasi terbesar adalah 1,8 mm.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa nilai *discontinuity total* yang terjadi pada LT 01 dan LT 02 melebihi standard *Energy Institute* (EI). Sedangkan untuk nilai LOF sendiri masuk kategori 1, sehingga perlu dilakukan analisa lebih lanjut. Oleh karena itu dilakukan analisa dengan *Finite Element Method* (FEM). Dari hasil analisa dengan FEM diketahui bahwa terjadi stress dan deformasi pada area sambungan LT 01 dan LT 02.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam pengerjaan penelitian ini. Adapun pihak yang dimaksud adalah :

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan materi, motivasi, kasih sayang, dan doa.
2. Bapak Muhammad Anis Mustaghfirin, selaku dosen pembimbing I yang memberi arahan dan bimbingan.
3. Bapak Priyo Agus Setiawan, selaku dosen pembimbing II yang memberi arahan dan bimbingan.
4. Pembimbing OJT yang telah memberi arahan dan bimbingan.
5. Senior Teknik Perpipaan yang telah memberikan dukungan dan berbagi pengalaman.
6. Teman-teman seperjuangan Teknik Perpipaan 2014 yang telah memberikan semangat, motivasi, dan kebersamaan.

#### 6. PUSTAKA

- [1] Bruce, R. D., Bommer, A. S. & LePage, T. E., 2013. *Solving Acoustic-Induced Vibration Problem in the Design Stage*. Texas, CSTI Acoustic, pp. 8-11.

- [2] Cengel, Y. A. & Cimbala, J. M., 2006. *Fluid Mechanics : Fundamentals and Applications*. 1st ed. New York: McGraw-Hill Companies, Inc..
- [3] Institute, E., 2008. *Guidelines for The avoidance of Vibration Induced Fatigue Failure in Process Pipework*. London: Energy Institute.
- [4] Kedar, B. B. & Gulave, J. S., 2017. Acoustically Induced Vibration (AIV) & Flow Induced Vibration (FIV) Analysis for the High Pressure Reducing Systems using Energy Institute Guidelines. *Journal for Research*, Volume 02, pp. 10-13.
- [5] Mori, M., Masumoto, T. & Ishihara, K., 2017. Study on acoustic, vibration, and flow induced noise characteristics of T-shaped pipe with a cross-section. *Elsevier*, pp. 137-147.