

Analisa Tegangan dan Kelelahan Akibat Pengaruh Vortex Induced Vibration (VIV) Yang Terjadi Pada Lokasi Crossing 18” LP Production Pipeline PS3MP01 to PS3C

Daryansyah Rusydi¹, Muhammad Anis Mustaghfirin², Arie Indartono³

Program Studi D- Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesin Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1,2,3}

Email: dede.rusdi1997@gmail.com^{1*};

Abstract – An 18” pipeline is designed to cross 3 other pipeline which has 20” diameter for its highest. This crossing method is using Concrete Matress that has 1350 mm height from seabed. The Free-Span condition is occured due to crossing condition. At this behavior, pipe will affected by Vortex Induced Vibration that caused by current velocity. This free-span also need a fatigue analysis during the operation to maintain the operation condition. The equivalent stress analysis for static condition is conducted by ASME B31.8, and for allowable span analysis is conducted by the DNV-RP-F105. For the fatigue calculation analysis will be conducted as DNV-RP-C203 while simulation method is conducted by ANSYS Fluent that transfered into ANSYS Static Structural for the pressure load. The result occur to this analysis is that the allowable dynamic free span is 16,45. For the In-Line motion criteria is not comply and need to be assessed for fatigue life. The fatigue life result for the analysis is 27 years with damage ratio 0,7401.

Keyword: Stress Analysis, Concrete Matress, Fatigue Analysis

Nomenclature

Nomenclature

Lst	panjang span pipa
Wt	Berat total pipa
Leff	panjang span pipa efektif
β	Stiffness parameter
CSF	Concrete Stiffness Factor
E	Young’s modulus

1. PENDAHULUAN

Pipeline digunakan sebagai transportasi untuk pengangkut hasil produksi dari suatu platform ke platform lainnya. Dalam operasionalnya, kegiatan penggelaran pipa sangat penting untuk diperhatikan. Adanya keberagaman panjang dan jenis utilitas pipa yang berbeda – beda hal tersebut menyebabkan adanya permasalahan dalam rute pipa bawah laut yang akan dikonstruksi akan bertemu dengan rute pipa lainnya. Kondisi ini dinamakan dengan crossing dimana kondisi tersebut dapat menimbulkan resiko kegagalan yang cukup besar. Oleh karena itu, dalam kasus terjadinya subsea pipeline perlu adanya analisis tegangan dan nilai lelah yang pada pipa tersebut. Pada proyek pembangunan pipa proposed export pipeline pada PT. X dengan diameter 18” terdapat crossing pada pipa dengan diameter 20” dan berdekatan secara vertikal.

Untuk dampak dari segi dinamis, free span yang terjadakan mengalami vibrasi akibat gaya hidrodinamika yang bekerja pada daerah tersebut. Fenomen vibrasi ini dinamakan VIV yang terjadi akibat terbentuknya vortex.

2. METODOLOGI .

2.1 Prosedur Penelitian

Penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini secara umum adalah untuk mengetahui equivalent stress, panjang allowable span statik, panjang allowable span dinamis, serta umur lelah pipa yang diakibatkan oleh VIV. Dari perhitungan tersebut kemudian akan dimasukkan ke dalam analisa software berupa ANSYS fluent untuk pemodelan arus dan ANSYS static structural analisa stress.

2.2 Formula Matematika

Perhitungan manual dilakukan untuk mencari equivalent stress, maksimum allowable span pipa. untuk kalkulasi manual dilakukan dengan rumus sebagai berikut

$$Lst = \sqrt{\frac{2 \times Cx \times x \times e}{Wt \times D}} \quad (1)$$

$$Wt = \sqrt{W^2_{sub} + (Fd + Fi)^2} \quad (2)$$

$$\sigma_E = \sqrt{\sigma_h^2 + \sigma_L^2 - (\sigma_h - \sigma_L) + 3\tau} \quad (3)$$

Panjang dinamis free spa

$$\frac{L_{eff}}{L} = \begin{cases} \frac{4,73}{-0,066\beta + 1,02\beta + 0,63} & \text{untuk } \beta > 2,7 \\ \frac{4,73}{0,036\beta^2 + 0,61\beta + 1} & \text{untuk } \beta < 2,7 \end{cases} \quad (4)$$

$$\beta = \log_{10} \left(\frac{K \times L^4}{(1+CSF) \times EI} \right) \quad (5)$$

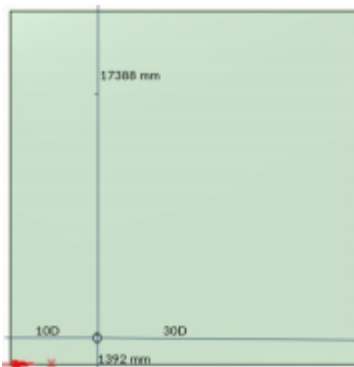
Dan analisa fatigue menggunakan

$$D_{fat} = \sum \frac{n_i}{N_i} \quad (6)$$

2.3 Pemodelan software

1. Geometri

Model free span pipa digambar menggunakan ukuran geometri sebagai berikut.

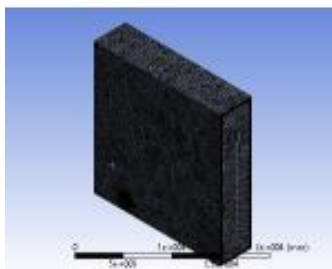


Gambar 1. Ukuran geometri

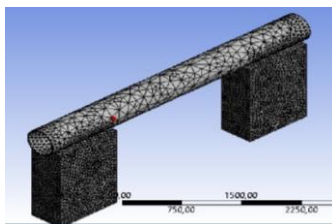
Dengan kedalaman aktual serta ketinggian span aktual. lebar domain yang digunakan sebesar 10D.

2. Meshing

Sebelum dilakukan eksperimen, meshing digunakan untuk memecah gambar menjadi ukuran kecil sehingga dapat memperoleh ukuran yang tepat agar output menjadi relatif stabil



Gambar 2. hasil mesh pada domain



gambar 3. mesh pada pipa dengan support 1350 mm

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil analisa perhitungan manual

Perhitungan manual yang dilakukan untuk analisa tegangan ekivalen dan free span statis adalah berdasarkan standar ASME B31.8 Gas Transmission and Distribution Piping System.

Tabel 1 hasil perhitungan equivalent stress

Parameter	Nilai	Satuan
Internal pressure	50708,09628	Mpa
Hoop Stress	25,35404814	Mpa
Tegangan Poisson	7,606214442	Mpa
Tegangan Ekspansi Termal	0,0001755	Mpa
Tegangan Longitudinal	7,606038942	Mpa
Tegangan Ekivalen	26,47035295	Mpa

Tabel 2 hasil perhitungan allowable span statis

Parameter perhitungan	Nilai	Satuan
Tegangan ekivalen	26,47035295	N/m ²
Momen Inertia	0,001037218	m ⁴
Gaya Drag	116,785305	N/m
Gaya Inertia	557,8029765	N/m
Berat Pipa Yang terendam	2658,202728	N/m
Berat pipa terdistribusi	2742,46442	N/m
Panjang Allowable Span	15,2498388	M

Sedangkan nilai allowable free span dinamis didapatkan berdasarkan perhitungan sesuai dengan standard yang diberikan oleh DNV-OS-F105 terkait tentang Free-Spanning

Tabel 3 hasil perhitungan allowable span dinamis in-line motion

In-line calculation	Satuan	Simbol	Nilai
Dynamic soil stiffness	N/m ²	KL	13109663,62
Relative soil stiffness parameter		βL	9,399136305
Effective span length	m	L _{eff,IL}	16,45524703

Tabel 4. Hasil perhitungan allowable span dinamis crossflow motion

Cross-flow calculation	Satuan	Simbol	Nilai
Dynamical soil stiffness	N/m ²	K _v	15207209,79
Relative soil stiffness parameter		β _v	9,463594294
Effective span		L _{eff,cf}	16,50981967

Tabel 5 hasil analisa perhitungan nilai lelah

Parameter	Satuan	Simbol	Nilai
Frekuensi dari Vortex Shedding	Hz	F _v	0,97857407
Reduced Velocity		VR	1,58697622
Faktor Koreksi Untuk Current Flow Ratio		Ψ _{α,IL}	1
unit stress amplitudo	N/m ²	A,IL	2994863661
Stress range	N/m ²	S,IL	592983005
Damage ratio		D	0,00740118

Texposure 20 tahun	second	Texp	6,31E+07
Tlife	second	Tlife	8,52E+09
		Tahun	27

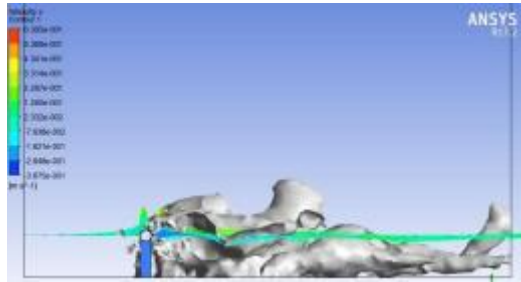
$$= \frac{\text{Hasil software} - \text{hasil perhitungan}}{\text{hasil software}} \times 100\%$$

$$= \frac{31,45 - 26,4}{31,45} \times 100\%$$

$$= 16,05\%$$

3.2 Hasil simulasi pemodelan ANSYS Fluent
 Simulasi menggunakan fluent CFD digunakan untuk mengetahui pemodelan aliran dengan input arus sesuai perhitungan manual.

Sedangkan panjang allowable span untuk hitungan software adalah sebesar 16,62 m dan perhitungan manual sebesar 15,24 m



Gambar 4. Hasil simulasi ANSYS Fluent

$$= \frac{\text{Hasil software} - \text{hasil perhitungan}}{\text{hasil software}} \times 100\%$$

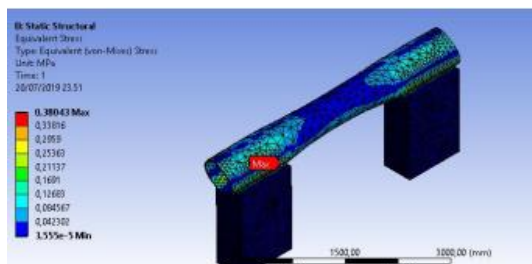
$$= \frac{16,62 - 15,24}{16,62} \times 100\%$$

$$= 8,30\%$$

Dari hasil input arus diatas, kemudian pembebanan arus dipindahkan ke dalam ANSYS static structural menggunakan perintah *Import Load* dimana beban stress equivalent maksimal akibat arus laut adalah sebesar 0,38 Mpa

4. KESIMPULAN

- Berdasarkan hasil analisa tegangan, didapatkan nilai
 - Hoop stress sebesar 25,35 Mpa
 - Longitudinal stress sebesar 7,61 Mpa
 - Combined stress sebesar 26,47 Mpa
 Dengan tegangan ijin (allowable stress) pada ASME B31.8 2014 adalah 72% SMYS untuk hoop stress, 80% SMYS untuk Longitudinal stress, dan 90% SMYS untuk combined stress. Sedangkan nilai SMYS dari material API 5L adalah sebesar 415 MPa. Dari tegangan ijin tersebut didapatkan nilai
 - Tegangan ijin Hoop Stress sebesar 298,8 Mpa
 - Tegangan ijin Longitudinal Stress sebesar 332 Mpa
 - Tegangan ijin Combined Stress sebesar 373,5 MPa

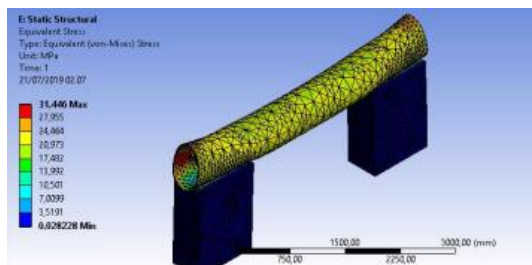


Gambar 5. Hasil pemodelan static structural

- Berdasarkan hasil analisa statik free-span dan dinamik free-span didapatkan hasil sebagai berikut
 - Jarak span statik sebesar, L = 15,24 m
 - Jarak span dinamis untuk arah aliran in-line, Leff = 16,45
 - Jarak span dinamis untuk arah aliran cross-flow, Leff = 16,51

Untuk kebutuhan rinci perbandingan perhitungan manual dan perhitungan yang dilakukan oleh komputer. Maka pemodelan ANSYS structural dengan pemberian beban tekanan statis sebesar 50708 Mpa, adalah sebagai berikut

- Berdasarkan hasil analisa kelelahan untuk free-span di dapatkan nilai kelelahan (Tlife) selama 27,01 tahun dengan damage ratio sebesar 0,0074.



Gambar 6. Hasil pemodelan ANSYS static structural beban statis.

Dari gambar tersebut didapatkan nilai equivalent stress sebesar 31,446 MPa sedangkan untuk perhitungan manual adalah sebesar 26,4 MPa. Pada kasus ini didapatkan perbedaan dengan perhitungan sebagai berikut

5. PUSTAKA

[1] Hall, U. (1999). Motions, Forces And Mode Transitions in Vortex-Induced Vibrations At Low, 813-851. ASME JOURNAL

[2] Khabibi, M. K., Rizal, M. C., & Budiyanto, E. N. (n.d.). Analisa Tegangan Pada Desain Instalasi Pipeline Bawah Laut Terhadap Potensi Terjadinya Buckling Pada Metode S-Lay.

POLITEKNIK
PERKAPALAN NEGERI
SURABAYA

- [3] Koushan, K. (2009). Vortex induced vibrations of fr span pipelines, 217.
- [4] Larsen, C. M., & Passano, E. (2016). OM AE2004-51 404, 1-9
- [5] Mousselli, 1981. (n.d.) Offshore Pipeline Design, Analysus,.
- [6] Mork, K., Nielsen, F. G., Fylrileiv, I,m & Soreide, T. (2016). OMAE2003-37124, 1-7
- [7] Pambudi, B. N., Santoso, M., & Hariyono, E. (n.d.). Analisa tegangan pada tie0in spool 6 inch pada sistem offshore pipeline saat kondisi hydrotest dan operasi, 111-114. POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
- [8] Ramadhan, I., Mustaghfirin, M. A., & Budiyanto E. N. (n.d.) Distribusi stress akibat Vortex Induced Vibration (VIV) di helical strike *Freespanning Offshore Pipeline* pada berbagai sudut kemiringan. POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA