

Analisis *Orifice plate* Multilubang Menggunakan Ansys pada Pipa *Natural Gas*

Firhad Jami' Al Izz^{1*}, Ekky Nur Budiyanto², Heroe Purnomo³

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*2}

Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: firhadizzi@student.ppns.ac.id; ekky@ppns.ac.id; poernomo_heroe@ppns.ac.id

Abstract -. One of the main components used to provide accurate information about the quantity of gas used or flowed in a gas distribution system is the orifice plate, with the fluid flowing in the form of natural gas and sand grains with same hole cross-sectional area of orifice holes. Abrasive particles that are carried by the gas flow and also the shear stress that occurs between the moving fluid and the pipe wall cause the phenomenon of erosion of the pipe wall after passing through the orifice plate. Therefore, to continue previous research, this study will focus on optimizing the use of variations in the addition of orifice plate holes with the same hole cross-sectional area. The amount of erosion rate that occurs in each variation of 1, 2, and 3 holes refers to the DNV standard of 0.179; 0.171, and 0.157 with each variation increasing the lifetime of the pipe by 23.32; 24.40; and 26.56, respectively can meet the company standard of 20 years.

Keywords: Orifice plate, Natural gas, Erosion Rate, Lifetime

Nomenclature

\dot{E}_L	Laju Erosi (mm/year)
V	Kecepatan Fluida (m/s)
\dot{m}_p	Laju Massa Partikel (kg/s)
D	Diameter (m)
\dot{E}_L	Erosion Rate (mm/year)
ρ_t	Density of Target Material (kg/m ³)
Cunit	Unit Conversion Factor (m/s~mm/year)
T_r	Sisa umur (years)
T_{acc}	Ketebalan aktual (inch)
T_m	Ketebalan minimum (inch)

1. PENDAHULUAN

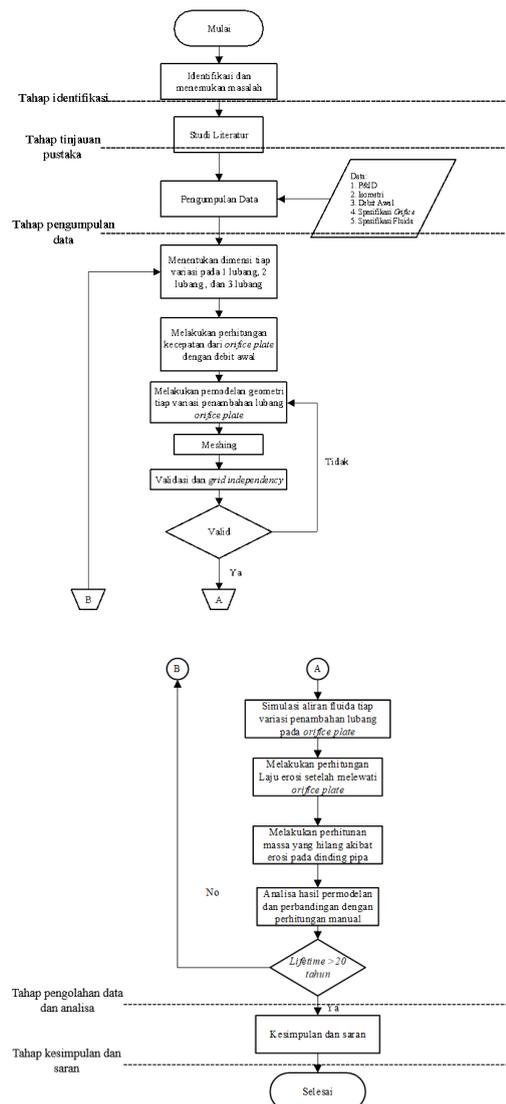
Turbulensi aliran yang terjadi setelah melewati *orifice plate* membawa partikel abrasive juga tegangan geser yang terjadi antara fluida yang bergerak terhadap dinding pipa menyebabkan terjadinya fenomena erosi pada dinding pipa setelah melewati *orifice plate*. Pada service line natural gas sebelum menuju gas metering berdasarkan penelitian sebelumnya didapatkan laju erosi pada pipa sebesar 0.133 mm/year dan massa persatuan luas yang hilang akibat erosi sebesar 3.491×10^{-9} kg setiap detiknya per m^2 pada luasan dinding dalam pipa (Satrio,2020). Erosi ini mempengaruhi integritas pipa dan berpotensi menyebabkan kerusakan pada dinding pipa jika dibiarkan terus menerus sehingga dapat mengakibatkan kebocoran dan kerugian finansial.

Oleh karena itu, penelitian ini akan fokus pada analisis penggunaan *orifice plate* sebagai alat pengukur aliran gas alam dengan tujuan untuk memahami dampaknya terhadap efisiensi operasional dan keamanan sistem distribusi gas. Dengan mengeksplorasi metode mitigasi erosi dan optimalisasi variasi penambahan lubang *orifice plate* dengan luas penampang lubang yang sama.

2. METODOLOGI .

2.1 Diagram Penelitian

Diagram alir dibuat sebagai metode dan tahapan dalam menjawab permasalahan masalah dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.2 Orifice plate

Orifice plate (Sebuah plat lubang) adalah pelat tipis dengan lubang di tengah. Hal ini biasanya ditempatkan dalam pipa aliran fluida di mana ketika cairan mencapai pelat *orifice*, dengan lubang di tengah, cairan dipaksa untuk berkumpul untuk pergi melalui lubang kecil, titik konvergensi maksimum sebenarnya terjadi tak lama hilir *orifice* fisik, pada titik kava disebut *contracta*. Seperti tidak demikian, kecepatan dan perubahan tekanan. Di luar *contracta* vena, cairan mengembang dan kecepatan dan tekanan perubahan sekali lagi. Dengan mengukur perbedaan tekanan fluida antara bagian pipa normal dan di *vena contracta*, tingkat aliran volumetrik dan massa dapat diperoleh dari persamaan Bernoulli.

2.3 Erosi

Erosi merupakan kerusakan pada permukaan logam yang disebabkan aliran fluida yang merusak permukaan metal dan lapisan

pelindung. Erosi terbentuk ketika logam bergesekan dengan fluida dan terkikis akibat gerak relatif antara muatan dan permukaan logam. Penyebab utama Erosi ini di akibatkan oleh efek-efek mekanik seperti pengausan, abrasi dan gesekan. Logam-logam lunak sangat mudah terkena korosi jenis ini, misalnya, tembaga, kuningan, aluminium murni dan timbal. Pada Stainless steel, paduan nikel dan titanium biasanya lebih tahan akan korosi, karena material tersebut cenderung ulet dan tahan lama (Satriawan, L. and Haryono, 2016).

Ada beberapa faktor yang memengaruhi laju erosi, diantaranya bentuk partikel pasir, kekerasan partikel pasir, kecepatan fluida, viskositas fluida, dan massa jenis fluida yang mengalir dalam pipa. Pada hal ini, pola aliran yang berubah disebabkan perubahan kecepatan secara mendadak dan menciptakan aliran turbulen, Partikel *abrasive* yang ikut terbawa aliran serta tegangan geser yang terjadi antara fluida yang bergerak terhadap dinding pipa.

2.4 Laju Erosi

Pada suatu sistem perpipaan terdapat parameter seperti temperature yang tinggi, tekanan fluida, kandungan dari fluida, laju aliran fluida dan terdapat gelembung pada fluida maka sangat rentan terjadinya erosi pada jalur pipa. Dalam sistem perpipaan dngan kondisi seperti ini maka akan sangat membutuhkan perhitungan laju erosi, dengan melakuak perhitungan laju erosi maka akan memudahkan untuk mengetahui ketahanan material dalam menahan erosi. Perhitungan *erosion rate* ini dilakukan dengan mengacu pada rumus dari DNV RP O501-Rev4.2-2007 sebagai berikut untuk menghitung laju erosi pada pipa :

$$\dot{E}_L = 2,5(5 \cdot 10^{-5}) \cdot (V^{2.6}) \cdot \dot{m}_p \cdot D^{-2}$$

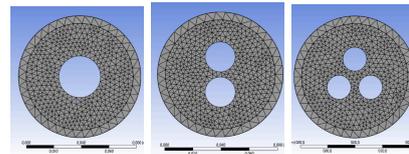
2.5 Lifetime Pipa

Untuk menghitung lifetime yang dipengaruhi oleh korosi/erosi dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan dari API 570 sebagai berikut:

$$T_r = \frac{T_{acc} - T_m}{\dot{E}_L}$$

2.6 CFD

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah suatu metode numerik yang digunakan untuk menganalisis aliran fluida dan transfer panas dalam suatu domain tertentu. CFD memanfaatkan prinsip dasar persamaan konservasi massa, momentum, dan energi untuk mensimulasikan perilaku aliran fluida. Analisis CFD (Computational Fluid Dynamics) untuk laju erosi dalam pipa melibatkan beberapa tahapan yang kompleks.



Gambar 2. Permodelan Meshing 3 Variasi lubang dengan luas permukaan lubang yang sama

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pehitungan Laju Erosi

Perhitungan laju erosi pada pipa digunakan untuk mengetahui ketahanannya terhadap erosi. Terjadinya erosi sendiri disebabkan oleh banyak faktor antara lain, faktor kecepatan aliran, faktor adanya padatan pada aliran, dan faktor ketahanan material itu sendiri. Perhitungan untuk menentukan nilai erosi pada pipa menggunakan rumus persamaan yang mengacu pada rumus DNV RP O501.dengan data yang diinputkan pada Tabel 1 dan Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 1. Data Input Geometri Pipa

Data pipa	Nilai	Satuan
Panjang Pipa	1550	mm
OD	88,90	mm
ID	77,49	mm
Wall Thickness	0.00549	mm
Material Density	7800	Kg/m
Tebal Orifice	3,175	mm

Tabel 2. Data Input Fluida

Data Fluida	Nilai	Satuan
Gas		
Debit	0.0889	m ³ /s
Kecepatan	20,302	m/s
Mass Flow Particle	0,00051	m

$$\dot{E}_L = 2,5(5 \cdot 10^{-5}) \cdot (20,302^{2.6}) \cdot 0,0005102944 \cdot 0,0;$$

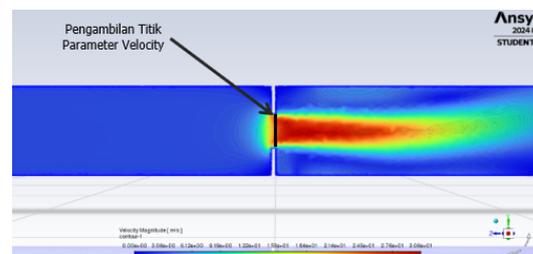
$$\dot{E}_L = 0,172 \text{ mm/year}$$

3.2 Permodelan Simulasi

Pada tahap ini dilakukan pemodelan bentuk pipa tiap masing-masing variasi lubang orifice. Permodelan dilakukan dengan menggunakan Ansys Design Modeler yang mengacu pada data dan hasil perhitungan nilai *development zone* .Untuk aliran turbulen dalam panjang pipa yang digunakan yaitu 10 kali diameter.Permodelan tiap variasi ditunjukkan pada Gambar 2.

3.3 Grid Independency

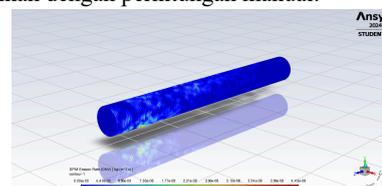
Pada tahap *grid independency* yang akan melakukan perbaikan kerapatan mesh sebanyak 7 kali percobaan pada kondisi pipa eksisting. Perbaikan kerapatan mesh dari setiap percobaan dilakukan peningkatan jumlah *Element mesh* 2 kali dari sebelumnya dengan bentuk mesh tetrahedral. Sampai mendapatkan hasil yang tidak terpengaruh dari perbaikan mesh dimana perubahannya mendekati 0% atau masih dalam batas toleransi dimana perubahannya kurang dari 5% telah dianggap mencapai *grid independency* dengan nilai maksimal sebesar 2,5% menggunakan perhitungan RMSE Penentuan titik sampel velocity dilakukan pada kecepatan rata-rata sepanjang titik pada *orifice plate* eksisting seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



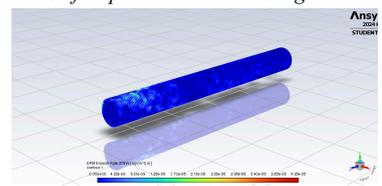
Gambar 3.. Grafik Kontur Kecepatan untuk grid independency

3.4 Permodelan Laju Erosi

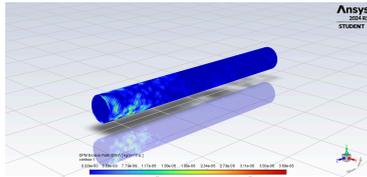
Pada hasil analisa Fluent, didapatkan nilai mass loss dari objek penelitian. Hasil tersebut akan divalidasi dengan perhitungan manual:



Gambar 4. DPM Erosion Rate pada dinding pipa Setelah orifice pada Variasi 1 Lubang

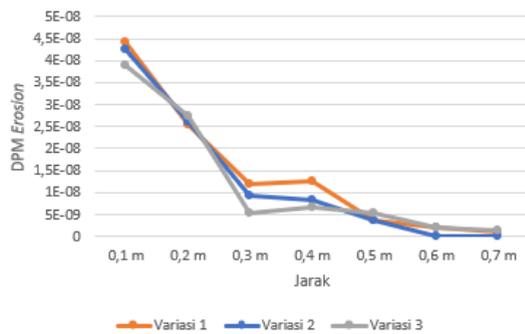


Gambar 5. DPM Erosion Rate pada dinding pipa Setelah orifice pada Variasi 2 Lubang



Gambar 6. DPM Erosion Rate pada dinding pipa Setelah orifice pada Variasi 3 Lubang

Dari gambar diatas merupakan hasil permodelan dari dari pipa dengan masing masing variasi lubang menggunakan software ANSYS Fluent R1 2024, terdapat beberapa gradiasi warna yang menandakan letak terjadinya pengikisan oleh partikel pasir pada dinding pipa setekah melewati *orifice plate*. Dari Gambar 6 running variasi tiap variasi lubang dimana distribusi erosi pada *downstream* setelah melwati *orifice* mendapatkan hasil pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Distribusi DPM erosion pada *downstream* sepanjang dinding pipa setelah *orifice plate*

Tabel 3. Nilai *DPM Erosion* dan *lifetime* pipa

No	Variasi Jumlah Lubang	Velocity (m/s)	DPM Erosion (kg/m ² .s)	Lifetime Ansys (years)	Lifetime Manual (years)
1.	1 Lubang	29,6	4,43 x10 ⁻⁸	23,32	24,26
2.	2 Lubang	29,2	4,25 x10 ⁻⁸	24,40	
3.	3 Lubang	29,2	3,89 x10 ⁻⁸	26,56	

4. KESIMPULAN

- Pada penelitian membuktikan bahwa nilai kecepatan pada tiap variasi cenderung sama dan tidak terjadi perubahan yang signifikan, menandakan bahwa variasi penambahan lubang tidak mempengaruhi perubahan spesifikasi awal dari *orifice plate*
- Besarnya laju erosi yang terjadi pada masing-masing variasi 1, 2, dan 3 lubang mengacu pada standart DNV yaitu sebesar 0,179; 0,171, dan 0,157. Tiap variasi lubang menurunkan nilai laju erosi yang terjadi pada dinding pipa setelah melewati *orifice plate* menurun.
- Dari hasil running variasi 1, 2, dan 3 lubang *orifice* memiliki nilai lifetime masing masing sebesar 23,32 tahun ; 24,40 tahun ; dan 26,56 tahun. Sehingga dapat

disimpulkan bahwa pada tiap variasi penambahan lubang pada *orifice plate* mendapatkan nilai lifetime yang lebih lama, sehingga dapat memenuhi standart perusahaan yaitu sebesar 20 tahun.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

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

- Bapak Rachmad Tri Soelistijono, S.T., M.T. sebagai Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Bapak Dr. Priyo Agus Setiawan, S.T., M.T. sebagai Ketua Jurusan Teknk Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Bapak Ekky Nur Budiyanto, S.ST., M.T. sebagai Koordinator Program Studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Ibu Ika Erawati, S.S, M.TEFL., sebagai Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Perpipaan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Bapak Ekky Nur Budiyanto S.ST., M.T., selaku dosen pembimbing 1. Beliau yang selalu memberikan solusi dari setiap permasalahan yang dihadapi penulis dalam penelitian ini.
- Bapak Heroe Poernomo, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing 2. Beliau yang selalu memberikan solusi dari setiap permasalahan yang dihadapi penulis dalam penelitian ini.

7. PUSTAKA

- Abd, H. M., Alomar, O. R., & Mohamed, I. A. (2019). Effects of varying *orifice* diameter and Reynolds number on discharge coefficient and wall pressure. *Flow Measurement and Instrumentation*, 65, 219-226
- Abdulla, A. (2011) ‘Estimating Erosion in Oil and Gas Pipe Line Due to Sand Presence’, p. 106.
- Azmi, Miftah Alif (2018). Pengaruh Diameter *Orifice* Terhadap Laju Erosi pada Sistem Gas Metering PT.TIP.
- Ghurri, Ainul. (2014). Dasar-Dasar Mekanika Fluida. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Udaya.
- Liu, H. (2005). Pipeline Engineering. Washington D.C: Lewis Publishers.
- Abdulla, A. (2011) ‘Estimating Erosion in Oil and Gas Pipe Line Due to Sand Presence’, p. 106.
- Ghurri, Ainul. (2014). Dasar-Dasar Mekanika Fluida. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Udaya.
- Mysara Eissa Mohyaldin, d. (n.d.). Evaluation of Different Modelling Methods Used for Erosion Prediction. NACE

- Internasional Conference. Shanghai
Section: NACE Internasional Conference
9. Munson, Bruce Roy, 1940-. (2013). Fundamentals of fluid mechanics. Hoboken, NJ :John Wiley & Sons, Inc.
 10. Shakouchi, T. (2012). Effect of Pressure Fluctuationon Flow Accelerated Corrosion in theDownstream of *Orifice* Nozzle. Journal of Fluid Science and Technolog
 11. Waluyo, Joko & Sugiyanto. (2013). Uji Eksperimental *Orifice* Multi Lubang Pada Saluran Berdiameter 50 mm. Jurnal Teknologi. Yogyakarta.