

## ANALISIS PENYEBAB KEBOCORAN PIPA AKIBAT ALIRAN FLUIDA SLURRY PADA *FLOWLINE WATER INJECTION* DENGAN *LINE NUMBER WS-0007-B-3*” MENUJU KE SUMUR *WATER INJECTION LSE-019*

Chandraditya Iman Firmansyah\*, Priyo Agus Setiawan<sup>2</sup>, Sudiyono<sup>3</sup>

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

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

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

*Email: [chandradityaiman@student.ppns.ac.id](mailto:chandradityaiman@student.ppns.ac.id)<sup>1</sup>; [priyo.as@ppns.ac.id](mailto:priyo.as@ppns.ac.id)<sup>2</sup>; [sudiyono@ppns.ac.id](mailto:sudiyono@ppns.ac.id)<sup>3</sup>*

**Abstract** – *The process of exploring crude oil sourced from crude oil wells produces several crude oil and gas products. The product needs a processing process where the main goal of the processing process when viewed from an economic perspective is to get a product that has a high selling value and become a product that is needed by many people in the 20th century. This processing if viewed in terms of science & technology there is a process of separation between the crude oil content, crude gas, and some residual substances contained in the crude oil exploration product. The process of separating the crude oil content with water occurs in a tank, where the crude oil content is above the water content. The water content is then distributed to water storage tanks, then the water is distributed into water injection wells. In the process of distributing water to the water well injection that uses API 5L grade b standard pipe media has a leak caused by the flow of slurry fluid containing solids in the form of sand with a sand particle diameter of 143.2  $\mu\text{m}$  - 246.5  $\mu\text{m}$  and occurs at an operating pressure of 300 psi and an operating temperature of 50 ° C. Calculation of estimated estimates pipe life that has been done is 20 years according to the owner's request. The motion of the slurry fluid becomes a focus of discussion in this study with the intention of modeling the movement of the slurry fluid flow with tools in the form of ANSYS R19.2 Fluid software, obtained a Mass loss value of 3.29E-08 kg / m<sup>2</sup> • s at the mass flow rate of sand 1, 75412 kg / s. From manual calculation and analysis using ANSYS R19.2 Fluent Software, it can be seen that the greater the value of sand mass flow rate, the greater the value of Mass loss and the smaller the value of the Lifetime of a piping component.*

**Keywords :** *water injection, sumur water inection, Mass loss, ANSYS R19.2 Fluent*

### Nomenclature

$\alpha$	= Sudut tumbukan [°]	F( $\alpha$ )	= Function characterising ductility of material [-]
A	= Luasan penampang [m <sup>2</sup> ]	G	= Corrections function for particle diameter [-]
Ar	= Luasan rasio [m <sup>2</sup> ]	GF	= Geometry factor [-]
At	= Area exposed to particle impact [m <sup>2</sup> ]	K	= Material erosion constant [(m/s)-n]
$\beta$	= Density relation [-]	$\mu$	= Viskositas fluida [kg/m·s]
b	= Fungsi Reynolds [-]	$\dot{m}_p$	= Laju aliran massa partikel [kg/s]
c	= Fungsi Reynolds [-]	n	= Velocity exponent [-]
C1	= Model/geometry factor [-]	$\rho_m$	= Massa jenis cairan [kg/m <sup>3</sup> ]
C2	= Particle size correction factor [-]	$\rho_p$	= Massa jenis partikel [kg/m <sup>3</sup> ]
Cunit	= Unit conversion factor (m/s → mm/year) [-]	$\rho_t$	= Massa jenis material target [kg/m <sup>3</sup> ]
Di	= Diameter dalam pipa [m]	P	= Tekanan operasi [MPa]
Do	= Diameter luar [m]	Q	= Debit [m <sup>3</sup> /s]
dp	= Diameter partikel [m]	Re	= Reynolds number [-]
dp,c	= Critical particle diameter for the flow conditions considered [m]	R <sub>curvature</sub>	= Radius of curvature [°]
Él	= Laju erosi [mm/year]	S	= Applicable allowable stress value [MPa]
ÉmL	= Mass loss [kg/m <sup>2</sup> ·s]	Sy	= Specified minimum yield stress [MPa]
F	= Design factor [-]	T	= Temperatur operasi [°C]
E	= Weld join factor [E=1]		

- $t_{min}$  = Ketebalan minimum [mm]
- $T_r$  = Lifetime [mm/year]
- $U_p$  = Kecepatan partikel [m/s]
- $U$  = Kecepatan aliran fluida [m/s]
- $T_{act}$  = ketebalan aktual [mm]

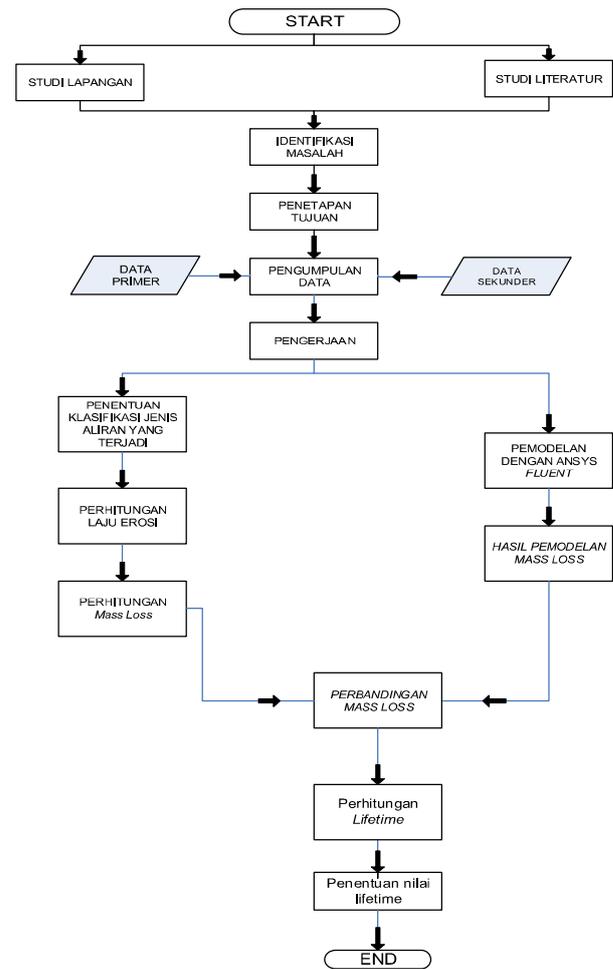
**1. PENDAHULUAN**

Pada pengolahan hasil pengeboran minyak dan gas bumi terdapat fasilitas proses separasi dan filterisasi minyak dan gas bumi dengan zat-zat lainnya yang tidak di butuhkan dalam proses selanjutnya. Terdapat kandungan pasir yang ada pada sumur minyak dan gas yang ada membuat proses ini sangat penting, agar pasir tidak masuk ke proses selanjutnya, sehingga dapat merusak komponen-komponen yang ada setelah proses separasi. Pada penelitian ini, akan membahas tentang permasalahan yang ada pada jalur pipa dengan ukuran 3” yang mendistribusikan fluida *water injection*, atau yang biasa disebut dengan *water injection branch line*. Pada jalur pipa tersebut terjadi fenomena erosi yang terjadi pada komponen-komponen perpipaan yang ada yaitu *straight pipe 3”*, *Ball Valve 3”*, *Elbow 3”*.Kandungan pasir yang terdapat pada aliran dalam sistem perpipaan tersebut menyebabkan erosi pada struktur komponen-komponen tersebut, terutama pada komponen *Elbow dan straight pipe*.Oleh karena itu dibutuhkan sebuah penelitian yang berguna untuk mengetahui laju erosi pada komponen sistem perpipaan tersebut, sehingga besaran nilai remaining lifetime dapat diketahui dengan menggunakan pembanding minimum wall thickness. Pada penelitian ini akan menggunakan acuan DNV (Det Norske Veritas) Recommended Practice 0501, dan juga pengolahan data menggunakan *Software ANSYS R19.2 Fluent* pada komponen-komponen yang di analisa.

**2. METODOLOGI**

**2.1 Metodologi Penelitian**

Alur pengerjaan penelitian ini ditunjukkan pada diagram alir berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

**2.2 Erosion Rate**

Perhitungan *Erosion rate* pada setiap komponen yang ada pada *Drain line gas production separator* menggunakan persamaan dari DNV RP-0501 *Managing sand production and erosion 2015*. Berikut merupakan persamaan *Erosion rate* untuk setiap komponen yang ada :

- **Erosion Rate pada Pipa Lurus dan Ball valve**

$$E_L = 2,5 \times 10^{-5} \times U^{2,6} \times \dot{m}_p \times D^{-2} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

- $E_L$  = Erosion rate (mm/year)
- $U$  = Kecepatan rata-rata fluida (m/s)
- $\dot{m}_p$  = laju massa partikel (kg/s)
- $D$  = Diameter pipa (m)

**Erosion Rate pada Elbow**

$$\dot{E}_L = \frac{\dot{m}_p \cdot K \cdot F(\alpha) \cdot \sin(\alpha) \cdot U_p^n}{\rho_t \cdot A_t} \cdot G \cdot C1 \cdot C_{unit} \cdot GF \dots (2)$$

Dimana :

- $E_L$  = Erosion Rate (mm/year)
- $\dot{m}_p$  = Laju massa partikel (kg/s)
- $K$  = Konstanta material [(m/s)<sup>n</sup>]
- $F(\alpha)$  = Function characterising ductility of the material
- $\alpha$  = Sudut tumbukan (°)
- $U_p$  = Kecepatan rata-rata tumbukan partikel (m/s)
- $\rho_t$  = Massa jenis material target (kg/m<sup>3</sup>)
- $A_t$  = Luasan yang terkena erosi (m<sup>2</sup>)
- $G$  = Particle size correction
- $C1$  = Model geometry factor
- $C_{unit}$  = Unit konversi faktor
- $GF$  = Geometry correction factor

**Erosion Rate pada Reducer**

$$\dot{E}_L = \frac{\dot{m}_p \cdot K \cdot F(\alpha) \cdot \sin(\alpha) \cdot U_p^n}{\rho_t \cdot A_t} \cdot G \cdot C_2 \cdot C_{unit} \dots (3)$$

Dimana :

- $E_L$  = Erosion Rate (mm/year)
- $\dot{m}_p$  = Laju massa partikel (kg/s)
- $K$  = Konstanta material [(m/s)<sup>n</sup>]
- $F(\alpha)$  = Function Characterising Ductility of The Material
- $\alpha$  = Sudut tumbukan (°)
- $U_p$  = Kecepatan rata-rata tumbukan partikel (m/s)
- $\rho_t$  = Massa jenis material target (kg/m<sup>3</sup>)
- $A_t$  = Luasan yang terkena erosi (m<sup>2</sup>)
- $G$  = Particle Size Correction
- $C_2$  = Particle Size Correction Factor
- $C_{unit}$  = Unit konversi faktor

**Erosion Rate pada Straight Pipe**

$$\dot{E}_L = 2,5 \times 10^{-5} \times U^{2,6} \times \dot{m}_p \times D^{-2} \dots (4)$$

Dimana :

- $E_L$  = Erosion Rate (mm/year)
- $\dot{m}_p$  = Laju aliran massa partikel (kg/s)
- $U_p$  = Kecepatan rata-rata tumbukan partikel (m/s)
- $ID$  = Diameter dalam pipa (m)

**2.3 Minimum Wall Thickness**

Untuk perhitungan nilai Minimum wall thickness, menggunakan persamaan dari ASME B31.3 *Process piping* 2016. Hasil dari persamaan ini akan digunakan dalam perhitungan *Lifetime* setiap komponen. Berikut merupakan persamaan Minimum wall thickness :

$$t = \frac{P \cdot D}{2S} \dots (5)$$

Dimana :

- $t$  = Ketebalan minimum pipa (mm)
- $P$  = Tekanan desain internal (bar)
- $D$  = Diameter luar pipa (mm)
- $S$  = Applicable Allowable Stress Value

**2.4 Perhitungan Lifetime**

Nilai dari hasil perhitungan Minimum wall thickness tersebut, akan digunakan dalam

perhitungan *Lifetime* komponen perpipaan menurut API 570. Persamaan untuk *Lifetime* kompone perpipaan adalah sebagai berikut :

$$Tr = \frac{T_{act} - T_{rm}}{E_L} \dots (6)$$

Dimana :

- $T_r$  = Remant Lifetime (year)
- $t_{act}$  = Thickness Aktual (mm)
- $t_m$  = Thickness minimum (mm)
- = Erosion Rate (mm/year)

**2.5 Perhitungan Massa Hilang per-Satuan Waktu**

Untuk membandingkan hasil perhitungan manual dan hasil Running dari Software ANSYS R19.2 Fluent, maka digunakan konversi Erosion rate menjadi Mass loss. Berikut merupakan persamaan konversi dari DNV RP-0501 *Managing sand production and erosion* 2015 :

$$] \dot{E}_{mL} = \frac{\dot{E}_L \cdot \rho_t}{1000 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365} \dots (7)$$

Dimana :

- $E_{mL}$  = Massa hilang per-satuan waktu (kg/m<sup>2</sup>·s)
- $E_L$  = Laju erosi (mm/year)
- $Pt$  = Massa jenis material target (kg/m<sup>3</sup>)

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Hasil Perhitungan Erosion Rate**

Berikut merupakan hasil *Erosion rate* tiap komponen menggunakan persamaan 1, 2, 3, dan 3 dengan tiga variasi laju aliran massa pasir yang ada :

1. Nilai *Erosion rate* pada *straight pipe 3"*

Tabel 1. Nilai *Erosion rate* pada *straight pipe 3"*

Variasi Laju Aliran Massa Pasir (kg/s)	Laju Erosi (mm/year)
<b>0,175</b>	0,075045554
<b>0,691</b>	0,044135348
<b>0,069</b>	0,004408548

2. Nilai *Erosion rate* pada *Ball valve 3"*

Tabel 2. Nilai *Erosion rate* pada *Ball valve 3"*

Variasi Laju Aliran Massa Pasir (kg/s)	Laju Erosi (mm/year)
<b>0,175</b>	0,02613077
<b>0,691</b>	0,015367874
<b>0,069</b>	0,001535051

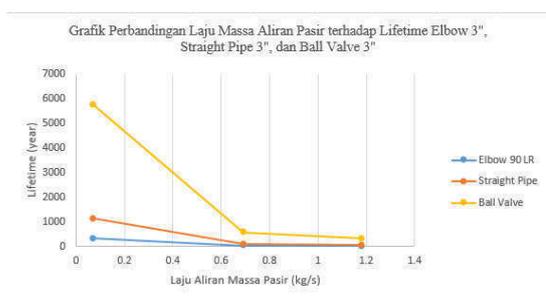
3. Nilai *Erosion rate* pada *Elbow 3"*

Tabel 4. Nilai *Erosion rate* pada *Elbow 3"*

Variasi Laju Aliran Massa Pasir (kg/s)	Laju Erosi (mm/year)
<b>0,175</b>	0,255676469
<b>0,691</b>	0,150366933
<b>0,069</b>	0,015019703

3.2 Hasil Perhitungan *Lifetime*

Dari hasil perhitungan *Erosion rate* yang digunakan pada perhitungan 6, dihasilkan grafik perbandingan antara laju aliran massa pasir dengan *Lifetime* setiap komponen yang ada. Berikut merupakan grafik perbandingan antara laju aliran massa pasir dengan *Lifetime* setiap komponen :



Gambar 2. Lifetime Straight Pipe 3", Ball valve 3", dan Elbow 3"

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil perhitungan manual dan adalah sebagai berikut :

1. Komponen yang mengalami laju erosi terbesar adalah *Elbow 3"*, dengan nilai laju erosi sebesar 0,256 mm/year dengan variasi laju aliran massa pasir sebesar 0,175 kg/s.
2. Komponen yang memiliki *Lifetime* paling rendah adalah *Elbow 3"*, dengan nilai 19,400 Tahun, pada laju aliran massa pasir 0,175 kg/s. Sedangkan komponen yang memiliki *Lifetime* paling tinggi adalah *ball valve 3"*, dengan nilai 5778,471 Tahun, pada laju aliran massa pasir 0,069 kg/s.
3. Dari hasil perhitungan manual dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai laju aliran massa pasir

yang melalui jalur pipa Drain line gas production separator, maka semakin rendah nilai *Lifetime* dari komponen-komponen yang ada pada jalur pipa tersebut.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Abdulla, A. (2011) 'Estimating Erosion in Oil and Gas Pipe Line Due to Sand Presence', p. 106
- [2]. American Petroleum Institute (2010) 'API 570, Piping Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems'
- [3]. DNV GL. (2015). *Managing sand production and erosion*
- [4]. ASME (2016) 'ASME B31.4 Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries.
- [5]. Lomax, H. Et al. ( 2002 ) 'Fundamentals of Computational Fluids Dynamics', Applied Mechanic's Reviews, 55( 4 ), p. B61. doi: 10.1115/1.183340.
- [6]. Harish, L ( 2019 ). ANALISA PENGARUH EROSI AKIBAT PASIR TERHADAP LIFETIME JALUR PIPA DRAIN LINE GAS PRODUCTION SEPARATOR PADA FASILITAS PENGOLAHAN GAS BUMI.
- [7]. Satriawan, M. A. R., L., P. P. S. and Haryono, E. (2016) 'Analisa Pengaruh Erosi Terhadap Kelayakan Jalur Pipa Dari Inlet Separator Menuju Slug Catcher di PGN SAKA', Proceedings Conference on Piping Engineering And Its Application
- [8]. Pao, W. (2016) 'Numerical Analysis of Sand Particles Erosion in Pipeline', (September). doi: 10.13140/RG.2.2.27142.16968
- [9]. Kang, R. and Liu, H. (2019) 'Author's Accepted Manuscript in elbows for annular flow', Wear. Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.wear.2019.01.059