

ANALISA PENGARUH EROSI AKIBAT PASIR TERHADAP LIFETIME JALUR PIPA DRAIN LINE GAS PRODUCTION SEPARATOR PADA FASILITAS PENGOLAHAN GAS BUMI

Muhammad Luqman Harish^{1*}, Priyo Agus Setiawan², Ni'matut Tamimah³

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,
Surabaya, Indonesia^{1*23}

Email: luqman.harish@student.ppns.ac.id^{1*}

Abstract – Drain line pipe in gas production separator system, has an erosion effect that causing damage on some piping components (3"x2" blinded tee, 3"x2" concentric reducer, 2" elbow, 2" pipe and 3" pipe). The damage was affected on 2" ball valve and causing a passing effect through the system. The erosion was caused by the sand content that flow through the pipe with various amount of the mass rate. To identify the erosion that caused by the sand content, the methods that used was manual calculation using DNV-RP 0501 and software analysis using ANSYS R19.2 Fluent. From the calculation shows that the most damaged component was 2" elbow with the value of the lifetime was 7,73 years at the sand mass rate conditions 0,789 kg/s. From the analysis using ANSYS R19.2 Fluent, The Highest mass loss value was 1,32E-07 kg/m²·s, occurred in closed main line ball valve and opened bypass ball valve condition with 0,789 kg/s sand mass rate. From the manual calculation and software analysis, known that higher sand mass that flow through the piping component causing higher material mass loss and lower lifetime of piping component. The solution that given was installing sandtrap near the gas well to decrease amount of sand mass rate that flow through the gas production piping system.

Keywords : Erosion, Lifetime, Piping component, ANSYS R19.2 Fluent, Mass loss.

Nomenclature

α	= Sudut tumbukan [°]
A	= Luasan penampang [m ²]
Ar	= Luasan rasio [m ²]
At	= Area exposed to particle impact [m ²]
β	= Density relation [-]
b	= Fungsi Reynolds [-]
c	= Fungsi Reynolds [-]
C1	= Model/geometry factor [-]
C2	= Particle size correction factor [-]
Cunit	= Unit conversion factor (m/s → mm/year) [-]
Di	= Diameter dalam pipa [m]
Do	= Diameter luar [m]
dp	= Diameter partikel [m]
dp,c	= Critical particle diameter for the flow conditions considered [m]
Èl	= Laju erosi [mm/year]
ÈmL	= Mass loss [kg/m ² ·s]
F	= Design factor [-]
E	= Weld join factor [E=1]
F(α)	= Function characterising ductility of material [-]
G	= Corrections function for particle diameter [-]
GF	= Geometry factor [-]
K	= Material erosion constant [(m/s)-n]
μ	= Viskositas fluida [kg/m·s]
m \dot{p}	= Laju aliran massa partikel [kg/s]
n	= Velocity exponent [-]

ρ_m	= Massa jenis cairan [kg/m ³]
ρ_p	= Massa jenis partikel [kg/m ³]
ρ_t	= Massa jenis material target [kg/m ³]
P	= Tekanan operasi [MPa]
Q	= Debit [m ³ /s]
Re	= Reynolds number [-]
R _{curvature}	= Radius of curvature [°]
S	= Applicable allowable stress value [MPa]
Sy	= Specified minimum yield stress [MPa]
T	= Temperatur operasi [°C]
T _{act}	= ketebalan aktual [mm]
t _{min}	= Ketebalan minimum [mm]
Tr	= Lifetime [mm/year]
Up	= Kecepatan partikel [m/s]
U	= Kecepatan aliran fluida [m/s]

1. PENDAHULUAN

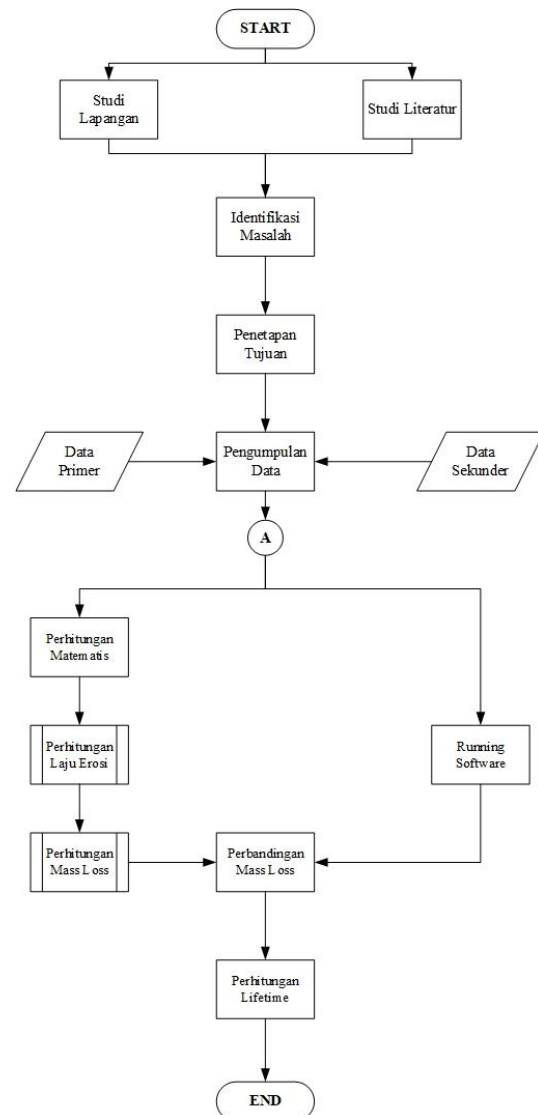
Pada pengolahan gas bumi suatu Perusahaan gas bumi yang tergabung pada K3S (Kontraktor Kontrak Kerjasama) SKK Migas Indonesia, terdapat fasilitas proses separasi gas bumi dengan zat-zat lainnya yang tidak di butuhkan dalam proses selanjutnya. Adanya kandungan pasir yang terdapat pada sumur gas yang ada 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 terhubung dengan *Gas production separator*, atau yang biasa disebut dengan *Drain line*. Pada jalur pipa tersebut terjadi fenomena erosi yang terjadi pada komponen-komponen perpipaan yang ada yaitu *Blinded tee 3”x2”*, *Reducer 3”x2”*, *Elbow 2”*, dan *Ball valve 2”*. Kandungan pasir yang terdapat pada aliran dalam sistem perpipaan tersebut menyebabkan erosi pada struktur komponen-komponen tersebut, terutama pada komponen *Ball valve*. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu penelitian yang berguna untuk mengetahui laju erosi (*Erosion rate*) pada komponen-komponen tersebut, sehingga *Lifetime* dari komponen-komponen tersebut dapat di ketahui dengan menggunakan pembandingan *Minimum wall thickness*. Pada penelitian ini akan menggunakan acuan dari 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**

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

Dimana :

- \dot{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**

$$\dot{E}_L = \frac{\dot{m}_p \cdot K \cdot F(\alpha) \cdot \sin(\alpha) \cdot U_p^n}{\rho_f \cdot A_t} \cdot G \cdot C_1 \cdot C_{unit} \cdot GF \dots (2)$$

Dimana :

- \dot{E}_L = Erosion Rate (mm/year)
- \dot{m}_p = Laju massa partikel (kg/s)
- K = Konstanta material [(m/s)ⁿ]
- $F(\alpha)$ = *Function characterising ductility of the material*
- α = Sudut tumbukan (°)
- U_p = Kecepatan rata-rata tumbukan partikel (m/s)
- ρ_t = Massa jenis material target (kg/m³)
- A_t = Luasan yang terkena erosi (m²)
- G = *Particle size correction*
- $C1$ = *Model geometry factor*
- C_{unit} = Unit konversi faktor
- GF = *Geometry correction factor*

• **Erosion Rate pada Reducer**

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

Dimana :

- \dot{E}_L = Erosion Rate (mm/year)
- \dot{m}_p = Laju massa partikel (kg/s)
- K = Konstanta material [(m/s)ⁿ]
- $F(\alpha)$ = *Function Characterising Ductility of The Material*
- α = Sudut tumbukan (°)
- U_p = Kecepatan rata-rata tumbukan partikel (m/s)
- ρ_t = Massa jenis material target (kg/m³)
- A_t = Luasan yang terkena erosi (m²)
- G = *Particle Size Correction*
- C_2 = *Particle Size Correction Factor*
- C_{unit} = Unit konversi faktor

• **Erosion Rate pada Blinded tee**

$$\dot{E}_L = \frac{\dot{m}_p \cdot K \cdot U_p^n}{\rho_t \cdot A_t} \cdot G \cdot C1 \cdot C_{unit} \cdot GF \cdot \dot{m}_p \dots\dots(4)$$

Dimana :

- \dot{E}_L = *Erosion Rate* (mm/year)
- \dot{m}_p = Laju aliran massa partikel (kg/s)
- K = Konstanta material [(m/s)ⁿ]
- U_p = Kecepatan rata-rata tumbukan partikel (m/s)
- ρ_t = Massa jenis material target (kg/m³)
- A_t = Luasan yang terkena erosi (m²)
- G = *Particle size correction*
- $C1$ = *Model geometry factor*
- C_{unit} = Unit konversi faktor
- GF = *Geometry correction factor*

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 :

$$t = \frac{P \cdot D}{20 \cdot S \cdot (F \cdot E \cdot S_y)} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

- t = Ketebalan minimum pipa (mm)
- P = Tekanan desain internal (bar)
- D = Diameter luar pipa (mm)
- S = *Applicable Allowable Stress Value* (MPa)
- S_y = *Specified Minimum Yield Stress* (MPa)
- F = *Design Factor*
- E = *Weld Join Factor* (E=1)

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 :

$$T_r = \frac{t_{act} - t_m}{\dot{E}_L} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

- T_r = Remant Lifetime (year)
- t_{act} = *Thickness* Aktual (mm)
- t_m = *Thickness* minimum (mm)
- \dot{E}_L = *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 :

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

Dimana :

- \dot{E}_{mL} = Massa hilang per-satuan waktu (kg/m²·s)
- \dot{E}_L = Laju erosi (mm/year)
- P_t = Massa jenis material target (kg/m³)

2.6 Analisa Menggunakan ANSYS R19.2 Fluent

Analisa erosi pada *Drain line gas production separator* dengan ANSYS R19.2 *Fluent*, menggunakan metode *Discrete phase models* (DPM). Dimana pada metode tersebut dimasukkan parameter laju aliran massa pasir, diameter partikel pasir, dan parameter lainnya. Sehingga dapat diketahui nilai *Mass loss* pada objek tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perhitungan Erosion Rate

Berikut merupakan hasil *Erosion rate* tiap komponen menggunakan persamaan 1, 2, 3, dan 4 dengan tiga variasi laju aliran massa pasir yang ada :

1. Nilai *Erosion rate* pada pipa 2"

Tabel 1. Nilai *Erosion rate* pada pipa 2" dan Ball valve 2"

Variasi Laju Aliran Massa Pasir (kg/s)	Laju Erosi (mm/year)
0,224	0,021172084
0,597	0,056458891
0,789	0,074606392

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

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

Variasi Laju Aliran Massa Pasir (kg/s)	Laju Erosi (mm/year)
0,224	0,02135671
0,597	0,056951228
0,789	0,075256979

3. Nilai *Erosion rate* pada pipa 3"

Tabel 3. Nilai *Erosion rate* pada pipa 3"

Variasi Laju Aliran Massa Pasir (kg/s)	Laju Erosi (mm/year)
0,224	0,002711172
0,597	0,007229791
0,789	0,009553652

4. Nilai *Erosion rate* pada Elbow 2"

Tabel 4. Nilai *Erosion rate* pada Elbow 2"

Variasi Laju Aliran Massa Pasir (kg/s)	Laju Erosi (mm/year)
0,224	0,119757409
0,597	0,319353091
0,789	0,422002299

5. Nilai *Erosion rate* pada Blinded tee 3"x2"

Tabel 5. Nilai *Erosion rate* pada Blinded tee 3"x2"

Variasi Laju Aliran Massa Pasir (kg/s)	Laju Erosi (mm/year)
0,224	0,019265464
0,597	0,136998853
0,789	0,239223762

6. Nilai *Erosion rate* pada Reducer 3"x2"

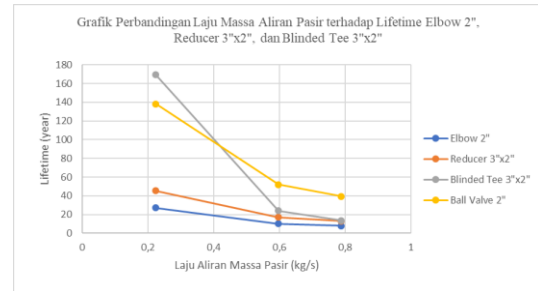
Tabel 6. Nilai *Erosion rate* pada Reducer 3"x2"

Variasi Laju Aliran Massa Pasir (kg/s)	Laju Erosi (mm/year)
0,224	0,065197021
0,597	0,173858723
0,789	0,229741884

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 Elbow 2'', Reducer 3"x2'', Ball valve 2" dan Blinded tee 3"x2"



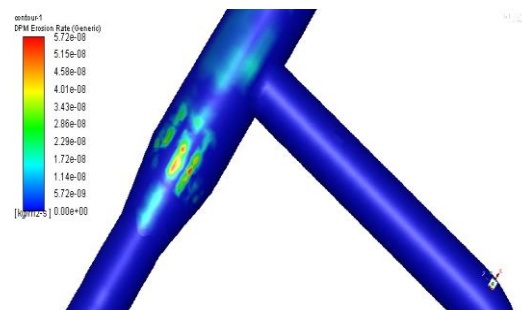
Gambar 3. Lifetime Pipa 2'', Ball valve 2'', dan Pipa 3"

3.3 Hasil Running menggunakan ANSYS R19.2 Fluent

Pada Running menggunakan ANSYS R19.2 Fluent, menggunakan dua kondisi model geometri. Kondisi 1 merupakan keadaan *Main line ball valve* terbuka dan *Bypass ball valve* tertutup, sedangkan untuk Kondisi 2 merupakan keadaan *Main line ball valve* tertutup dan *Bypass ball valve* terbuka. Berikut merupakan hasil dari Running menggunakan ANSYS R19.2 Fluent :

1. Hasil *Mass loss* terbesar pada Kondisi 1

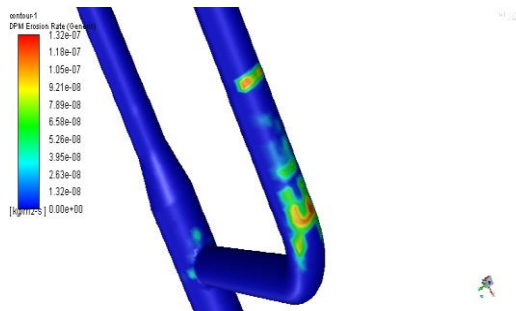
Pada hasil ini, laju aliran massa pasir yang mengalir sebesar 0,789 kg/s. Sehingga di dapatkan nilai *Mass loss* terbesar pada kondisi ini sebesar 5,72E-08 kg/m².s.



Gambar 4. Mass loss Terbesar pada Kondisi 1

2. Hasil *Mass loss* terbesar pada kondisi 2

Pada hasil ini, laju aliran massa pasir yang mengalir sebesar 0,789 kg/s. Sehingga di dapatkan nilai *Mass loss* terbesar pada kondisi ini sebesar 1,32E-07 kg/m².s.



Gambar 5. Mass loss Terbesar pada Kondisi 2

3.4 Pembahasan

Dari hasil perhitungan manual dan Running menggunakan ANSYS R19.2 *Fluent*, didapatkan hasil perbandingan nilai *Mass loss*. Untuk perhitungan manual, nilai *Mass loss* yang digunakan adalah *Reducer 3”x2”* untuk Kondisi 1, sedangkan untu Kondisi 2 menggunakan nilai *Mass loss* dari *Elbow 2”*. Hal ini dikarenakan kedua komponen tersebut merupakan komponen yang memiliki nilai *Mass loss* terbesar untuk setiap variasi aliran massa pasir.



Gambar 6. Perbandingan Nilai *Mass loss* pada Kondisi 1 dengan Perhitungan Manual



Gambar 7. Perbandingan Nilai *Mass loss* pada Kondisi 2 dengan Perhitungan Manual.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil perhitungan manual dan *Running* menggunakan *Software* ANSYS R19.2 *Fluent* adalah sebagai berikut :

1. Komponen yang mengalami laju erosi terbesar adalah *Elbow 2”*, dengan nilai laju erosi sebesar 0,422 mm/year dengan variasi laju aliran massa pasir sebesar 0,789 kg/s.
2. Pada *Running* menggunakan *Software* ANSYS R19.2 *Fluent*, dengan kondisi *Main*

line ball valve terbuka dan *Bypass ball valve* tertutup, didapatkan nilai *Mass loss* sebesar 5,72E-08 kg/m².s, dengan variasi laju aliran massa pasir sebesar 0,789 kg/s. Sedangkan pada perhitungan manual, pada kondisi ini komponen yang memiliki nilai *Mass loss* terbesar adalah *Reducer 3”x2”* dengan nilai 5,70E-08 kg/m².s.

3. Pada *Running* menggunakan *Software* ANSYS R19 *Fluent*, dengan kondisi *Main line ball valve* tertutup dan *Bypass ball valve* terbuka, didapatkan nilai *Mass loss* sebesar 1,32E-07 kg/m².s, dengan variasi laju aliran massa pasir sebesar 0,789 kg/s. Sedangkan pada perhitungan manual, pada kondisi ini komponen yang memiliki nilai *Mass loss* terbesar adalah *Elbow 2”* dengan nilai 1,048E-07 kg/m².s.
4. Komponen yang memiliki *Lifetime* paling rendah adalah *Elbow 2”*, dengan nilai 7,727 Tahun, pada laju aliran massa pasir 0,789 kg/s. Sedangkan komponen yang memiliki *Lifetime* paling tinggi adalah pipa lurus 3”, dengan nilai 1671,947 Tahun, pada laju aliran massa pasir 0,224 kg/s.
5. Dari hasil perhitungan manual dan *Running* menggunakan *Software* ANSYS R19 *Fluent*, 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’, Edition, T(November 2009). doi: 10.1109/TSMCC.2011.2109710.
- [3].ASME (2014) ‘ASME B31.3 Process Piping’, Chemical Engineer, 76(8), pp. 95–108.
- [4].DNV GL. (2015). *Managing sand production and erosion*.
- [5].Furqan, M. (2012) ‘Corrosion Engineering: Macam-macam Bentuk Korosi’, -.
- [6].Lomax, H. et al. (2002) ‘Fundamentals of Computational Fluid Dynamics’, Applied Mechanics Reviews, 55(4), p. B61. doi: 10.1115/1.1483340.
- [7]. Mills, D., & Mason, J. S. (1977). Particle size effects in bend erosion. *Wear*, 44(2), 311–328. [https://doi.org/10.1016/0043-1648\(77\)90147-8](https://doi.org/10.1016/0043-1648(77)90147-8)
- [8]. Pratama, Y. (2017). *ANALISA PENGARUH EROSI TERHADAP LIFETIME JALUR PIPA AVTUR TERMINAL ISG TANJUNG*

PERAK – DPPU.

- [9].Ridwan. (2014). Aliran Fluida. *Aliran Fluida*, (2), 5. <https://doi.org/10.1088/1674-1137/41/7/076001>
- [10].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.
- [11].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.
- [12].Limited, N. E. L. (2003) ‘Erosion in elbows in hydrocarbon production systems : Review document Prepared by TÜV NEL Limited for the Erosion in elbows in hydrocarbon production systems : Review document’.
- [13].Pao, W. (2016) ‘Numerical Analysis of Sand Particles Erosion in Pipeline’, (September). doi: 10.13140/RG.2.2.27142.16968.
- [14].Pouraria, H., Seo, J. K. and Paik, J. K. (2014) ‘NUMERICAL STUDY OF EROSION IN CRITICAL COMPONENTS OF SUBSEA PIPELINE: TEES VS BENDS’, pp. 1–24.