

Analisa Laju Erosi Terhadap *Lifetime Elbow* Di Jalur Pipa Outlet Separator Perusahaan Gas Bumi

Liana Risma Wahyuni^{1*}, Emie Santoso², Ekky Nur Budiyanto³

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

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia²

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia³

Email: liantarisma31@student.ppns.ac.id^{1*}; emie.santoso@ppns.ac.id^{2*}; ekky@ppns.ac.id^{3*};

Abstract – This can cause friction to collision between the slug particle with the inner wall of the pipe with other components such as elbows, so that it can cause erosion of the pipe system. one of the effects of erosion is the erosion of the inner walls of pipes and their components which in this case is more dominant due to the erosion phenomenon compared to the corrosion phenomenon. The analysis method in this final project is done by manually calculating the minimum wall thickness of material that refers to ASME B31.3 and calculating the erosion rate, the rate of loss of mass per unit area each year to determine the lifetime of the pipe material, elbows in the path, and for visualization of the path of particles causing erosion in each path using the computational fluid dynamics method in ANSYS R19.2 Fluent software. The results of these calculations will be used as material for analysis to determine the feasibility of each component to continue operating in accordance with the design lifetime. The results of the erosion rate in the elbow is 2.7346 mm per year. Where the magnitude of the erosion rate affects the lifetime 1.6 years for elbows

Keywords: Erosion Rate, Lifetime, Minimum Wall Thickness, Slug Particle.

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] |
| \dot{E}_l | = Laju erosi [mm/year] |
| \dot{E}_mL | = 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] |

| | |
|------------------------|--|
| \dot{m}_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

Sistem pemisahan pada unit separator mempunyai pipa outlet yang terhubung dari separator menuju ke compressor, dalam pendistribusian fluida *pressure gauge* yang terdapat pada inlet dan outlet separator mengalami perbedaan tekanan yang cukup besar

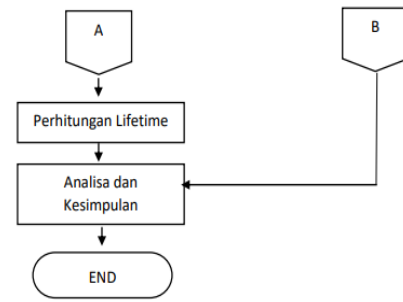
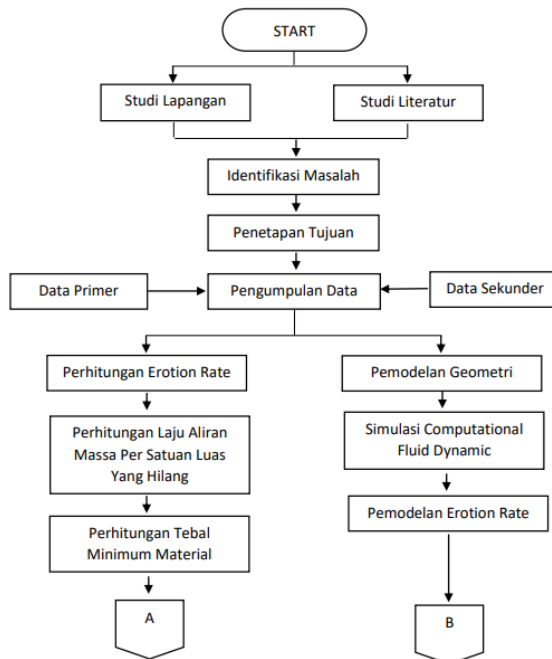
oleh karena itu Departemen Produksi meminta kepada Departemen Maintenance turun tangan untuk melakukan cleaning separator, ketika dilakukan pembukaan di outlet separator terdapat *slug particle*/particle kotoran yang ikut terbawa aliran fluida di jalur perpipaan. Hal ini dapat menyebabkan gesekan hingga tumbukan antara *slug particle* dengan dinding bagian dalam pipa dengan komponen lain seperti elbow, Sehingga dapat menyebabkan erosi terhadap sistem perpipaanya. salah satu dampak dari erosi yakni pengikisan dinding bagian dalam pipa dan komponennya dimana dalam kasus ini lebih dominan disebabkan oleh fenomena erosi dibandingkan dengan fenomena korosi.

Metode analisa pada penelitian ini dilakukan dengan perhitungan manual *minimum wall thickness* material yang mengacu pada ASME B31.3 serta menghitung *erosion rate*, laju aliran masa yang hilang per satuan luas tiap tahun untuk menentukan *lifetime* dari material pipa, *elbow* pada jalur tersebut menggunakan metode *computational fluid dynamics* dalam software ANSYS R19.2 Fluent.

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 Elbow yang ada pada *Outlet 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 Elbow

$$\dot{E}_L = \frac{\dot{m}_p \cdot K \cdot F(\alpha) \cdot \sin(\alpha) \cdot U_p^n}{\rho_t \cdot A_t} \cdot G \cdot C1 \cdot C_{unit} \cdot GF \dots (1)$$

Keterangan :

- \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*

2.3 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 :

$$\dot{E}_{mL} = \frac{\dot{E}_L \cdot \rho_t}{1000 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

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

2.4 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 :

$$t = \frac{P \cdot D}{2(SEW + P \cdot Y)} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

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

2.5 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 :

$$T_r = \frac{t_{act} - t_m}{\dot{E}_L} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

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

2.6 Analisa Menggunakan ANSYS R19.2 Fluent

Analisa erosi pada *Outlet Separator* dengan ANSYS R19.2 *Fluent*, menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic*). Dimana pada metode tersebut dimasukkan parameter laju aliran massa pasir, diameter partikel pasir, dan parameter lainnya. Sehingga dapat diketahui nilai *Erosion Rate* pada objek tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perhitungan Erosion Rate

Berikut merupakan hasil *Erosion rate* Elbow 16”

| DATA FLUIDA | Besaran | Satuan |
|-------------------|-----------------|----------|
| Material Fluida | Gas Hydrocarbon | |
| Debit | | m3/jam |
| | 1.090 | m3/detik |
| Kecepatan | 27,353900 | m/s |
| Mass Flow | 882.355 | kg/s |
| Density | 809.5 | kg/m3 |
| μm | 0.000013 | kg/m.s |
| ρp | 2300 | kg/m3 |
| ṁp | 0,91029 | kg/s |
| K | 2.00E-09 | |
| Particle Diameter | 6.00E-06 | M |

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

$$= 2,734668719 \text{ mm/year}$$

Setelah melewati beberapa tahap perhitungan didapatkan laju erosi pada *elbow* yaitu sebesar 2,734668719 (mm/tahun).

3.2 Hasil Perhitungan MassLoss

$$\begin{aligned} E_L \left(\frac{kg}{m^2 \cdot s} \right) &= \frac{EL \left(\frac{mm}{year} \right) \cdot \rho_t \left(\frac{kg}{m^3} \right)}{1000 \left(\frac{mm}{m} \right) \cdot 3600 \left(\frac{s}{hr} \right) \cdot 24 \left(\frac{hr}{day} \right) \cdot 365 \left(\frac{day}{year} \right)} \\ &= \frac{2,734668 \left(\frac{mm}{year} \right) \cdot 7800 \left(\frac{kg}{m^3} \right)}{1000 \left(\frac{mm}{m} \right) \cdot 3600 \left(\frac{s}{hr} \right) \cdot 24 \left(\frac{hr}{day} \right) \cdot 365 \left(\frac{day}{year} \right)} \\ &= 6,8 \cdot E-09 \text{ kg}/(m^2) \cdot s \end{aligned}$$

Jadi terjadi pengurangan material Elbow sebesar 6,8.E-09 kg setiap detiknya per 1 m² pada luasan dinding dalam pipa.

| | | | | |
|------|------------|---------|--------|----|
| Tacc | 0,526 | in | 13,35 | mm |
| Tm | 0,354 | in | 8,9916 | mm |
| EL | 2,74637871 | mm/year | | |

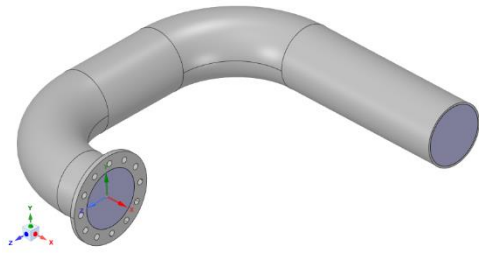
3.3 Hasil Perhitungan LifeTime

$$\begin{aligned} T_r &= (t_{acc} - t_m) / \dot{E}_L \\ &= (13,35 - 8,9916) / 2,74637871 \\ &= 1,6 \text{ years} \end{aligned}$$

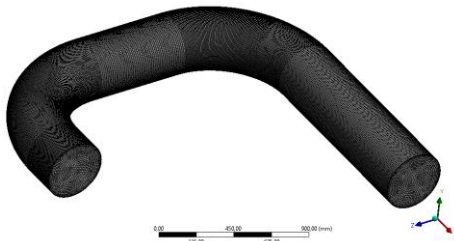
Dari Hasil diatas dapat diketahui bahwa hasil dari perhitugn nilai life time adalah 1,6 year.

3.3 Hasil Software Ansys

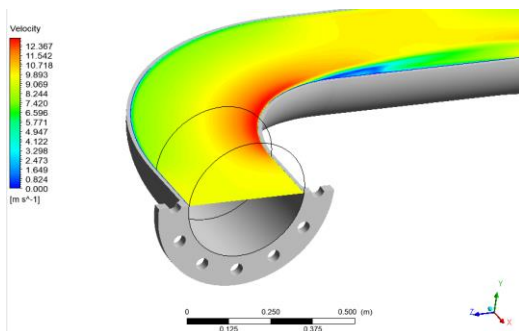
Dalam simulasi permodelan erosi pada pipa ini, geometri yang dibuat adalah fluida (negative) dari sistem tersebut, karena untuk menghitung fenomena erosi dari suatu pipa dibutuhkan data tegangan geser yang dibutuhkan oleh aliran. Berikut adalah ilustrasi model yang digunakan dalam simulasi ini:



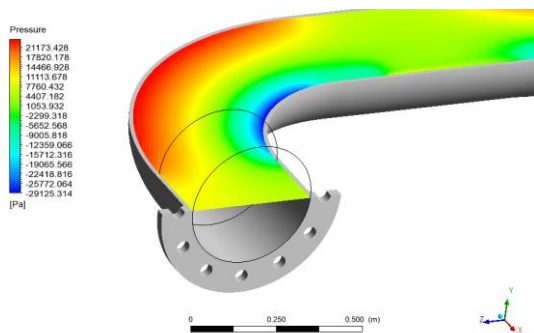
Gambar 2. Model Geometry



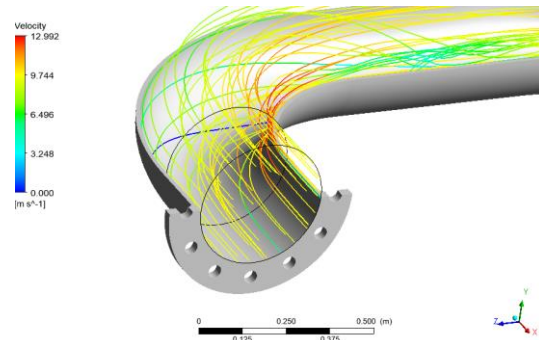
Gambar 3. Meshing



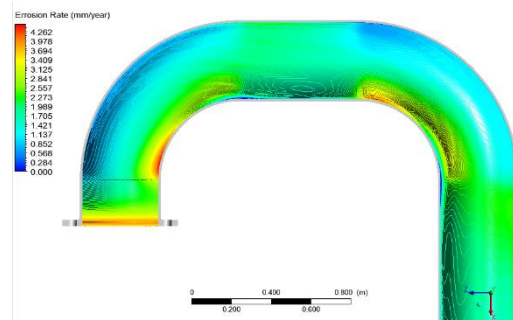
Gambar 4. Plot Kecepatan dalam pipa



Gambar 5. Plot Tekanan dalam pipa



Gambar 6. Tracking Aliran



Gambar 7. Erosion Rate yang terjadi di Elbow

Dari Hasil Software diketahui erotion rate terbesar terjadi di Elbow dengan maksimum mencapai erotion sebesar 4mm/years.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil Penelitian adalah sebagai berikut :

1. Komponen Elbow mengalami Penipisan dinding bagian dalam akibat erosi dengan nilai laju erosi sebesar 2,773 mm/year dengan aju aliran massa pasir sebesar 0,9109 kg/s.
2. Pada *Running* menggunakan *Software ANSYS R19.2 Fluent*,didapat kondisi pahawa erotion rate di elbow beragam tetapi yang paling tinggi terletak ditekukan bagian dalam yaitu sebesar 4 mm/year
4. Elbow yang memiliki *Lifetime* sebesar 1,6 Tahun, pada laju aliran massa pasir 0,9109 kg/s.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdulla, A. (2011). *Estimating Erosion in Oil and Gas Pipe Line Due to Sand Presence*. Sweden: Blekinge Institute of Technology.
- [2] ANSYS Inc. (2013). *ANSYS Fluent User's Guide*. Canomburgs: ANSYS Inc.
- [3] API 570. (2000). *Piping Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems*. Washington DC: American Petroleum Institute.
- [4] API RP 14E. (2000). *Recommended Practice for Design and Installation of Offshore Production Platform Piping Systems*. Washington DC: American Petroleum Institute.

- [5] ASME B31.8. (2016). *Gas Transmission and Distribution Piping System*. U.S.A: The American Society of Mechanical Engineering.
- [6] DNVGL-RP-0501. (2015). *Managing Sand Production and Erosion*. DNV-GL.
- [7] Furqan, M. (2012). *Macam – Macam Bentuk Korosi*. Padang: Universitas Sumatera Utara.
- [8] Liu, H. (2003). *Pipeline Engineering*. Washington D.C: Lewis Publishers.
- [9] Mysara Eissa Mohyaldin, d. (n.d.). Evaluation of Different Modelling Methods Used for Erosion Prediction. *NACE Internasional Conference*. Shanghai Section: NACE Internasional Conference.
- [10] Prof. Dr. Haruo Tahara, a. I. (2000). *Pompa Dan Kompresor Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [11] Ridwan, N. (2000). *Mekanika Fluida Dasar*. Jakarta: Gunadarma.
- [12] Wang, H. (2011). *Analyzing Grid Independency and Numerical Viscosity of Computational Fluid Dynamics for Indoor Environment Applications*. Colorado: University of Colorado.