

PENGARUH EROSI AKIBAT *SLUG PARTICLE* TERHADAP *LIFETIME* JALUR PIPA DISTRIBUSI GAS *HYDROCARBON* PADA GAS *METERING STATION*

Moch Rizky Nifa W.^{1*}, Emie Santoso², Nopem Ariwiyono³

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

Program Studi D-III Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{2,3}

E-mail: rizkynifa82@gmail.com^{1*}; emie.santoso@gmail.com^{2*}; nopem.ppps@gmail.com^{3*}

Abstract - The distribution of hydrocarbon gas to PT Panca Amara Utama from Central Plant storage tank that pass through PAU Metering Gas station located in Tomori Central were operated by PT Pratiwi Putri Sulung. The fluid that being distributed were in the form of raw materials for Ammonia production by PT Panca Amara Utama. Those are the fluid that high valued, and susceptible to contaminated with slug particle from hoarding in Central Processing Plant Job Pertamina-Medco E&P storage tank. The availability of slug particle load that carried away by fluid flows in pipelines to PAU Metering Gas Station inflicts unavoidable friction or even collision between slug particle and wall pipe surfaces. The 10" pipe usage in distribution channels also resulting degradation factors of wall thickness caused by erosion that getting bigger. Analysis method in this thesis were done by using manual calculation minimum wall thickness material based on ASME B31.8 and also calculate erosion rate, mass flows rate that lost per area unit each year in order to determine the lifetime of pipe material, elbows on its channels, and to visualization the particle track of erosion causes on each channels by using computational fluid dynamics method in ANSYS R18 software.

Keywords: Erosion rate, Lifetime, Minimum Wall Thickness, Slug particle.

Nomenclature

| | |
|------------------|---|
| \dot{E}_L | Erosion rate (m/s) |
| \dot{m}_p | Mass flow of sand (kg/s) |
| K | Material constant [(m/s) ⁻ⁿ] |
| U_p | Particle impact velocity (m/s) |
| $F(\alpha)$ | Function characterising ductility of the material (-) |
| ρ_t | Density of target material (kg/m ³) |
| \dot{E}_L | erosion rate (kg/m ² .s) |
| At | Area oxposed to erosion (m ²) |
| ρ_t | Density of target material (kg/m ³) |
| Cunit | Unit conversion factor (m/s~mm/year) |
| t | Ketebalan minimum pipa (mm) |
| P | Tekanan desain internal (bar) |
| D | Diameter luar pipa (mm) |
| S | Allowable stress value (Mpa) |
| S_y | Specified minimum yield stress (Mpa) |
| F | Design factor |
| E | Weld joint factor (E=1) |
| Tr | remant lifetime (years) |
| tm | thickness minimum (mm) |
| t _{acc} | thickness actual (mm) |

1. PENDAHULUAN

Erosi merupakan salah satu hal yang dapat menyebabkan kerusakan pada suatu sistem perpipaan. Terjadinya erosi diakibatkan adanya

kandungan unsur solit dalam fluida yang mengalir. 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.

Pada studi kasus ini terdapat pembangunan sistem perpipaan dan *Metering Regulating System* untuk mendistribusikan gas *hydrocarbon* untuk bahan baku pembuatan *ammonia*. Sistem perpipaan gas *metering station* untuk pendistribusian gas *hydrocarbon* masih terdapat kandungan *slug particle* dengan ukuran seragam, yang ikut terbawa fluida gas *hydrocarbon* dari tanki penampung di *Central Processing Plan* yang mengakibatkan gesekan hingga tumbukan antara *slug particle* dengan permukaan dinding bagian dalam pipa dan *elbow* tidak bisa dihindari. Penggunaan pipa dengan ukuran diameter 10" dapat mengakibatkan faktor terdegradasinya ketebalan dinding akibat erosi semakin besar, seiring dengan meningkatnya kecepatan fluida. Penelitian ini akan dilakukan perhitungan manual *minimum wall thickness* material A 106 grade B yang mengacu pada ASME B31.8 serta menghitung *erosion rate*, laju aliran masa hilang per satuan luas tiap tahun untuk menentukan *lifetime* dari material pipa dan *elbow* pada jalur tersebut, dan untuk visualisasi

lintasan partikel penyebab erosi pada tiap jalur menggunakan metode *computational fluid dynamics* dalam *software* ANSYS R18.

2. METODOLOGI

Penelitian ini diawali dengan memodelkan daerah potensial yang terjadi erosi pada line number 10-HG-5009-6A dapat dibuktikan dengan pemodelan *particle trajectory* menggunakan *software* ANSYS R18 dan dari hasil pemodelan tersebut akan memvisualkan *particle* yang masih terkandung di dalam fluida akan menumbuk dinding bagian dalam pipa dan *elbow*.

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan Erosion Rate digunakan untuk mengetahui laju erosi yang terjadi dibagian dalam pipa dan *elbow*, dengan persamaan sebagai berikut [3] :

$$\dot{E}L = \frac{\dot{m}_p \cdot K U_p^n F \alpha}{\rho t \cdot A_t} \quad (1)$$

Kemudian dilakukan perhitungan luas area *elbow* yang terdampak erosi digunakan untuk menentukan luas area dinding bagian dalam yang terdampak erosi, dengan persamaan sebagai berikut [3]:

$$A_t = \frac{\pi \cdot ID^2}{4 \cdot \sin(\alpha)} \quad (2)$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan laju aliran masa hilang per satuan luas digunakan untuk menentukan besar masa yang hilang dari dinding bagian dalam per satuan luas mengacu pada persamaan sebagai berikut [4] :

$$E_L \left(\frac{kg}{m^2 \cdot s} \right) = \frac{E_L \left(\frac{mm}{year} \right) \cdot \rho t \left(\frac{kg}{m^3} \right)}{1000 \left(\frac{mm}{m} \right) \cdot 3600 \left(\frac{s}{hr} \right) \cdot 24 \left(\frac{hr}{day} \right) \cdot 365 \left(\frac{day}{year} \right)} \quad (3)$$

Kemudian dilakukan perhitungan *minimal wall thickness* digunakan untuk menentukan ketebalan minimum komponen perpipaan berdasar tekanan fluida yang mengalir dan nilai *allowable stress* yang dimiliki setiap material komponen perpipaan, dengan persamaan sebagai berikut [2] :

$$T_m = \frac{P D}{2 E F T S_y} \quad (4)$$

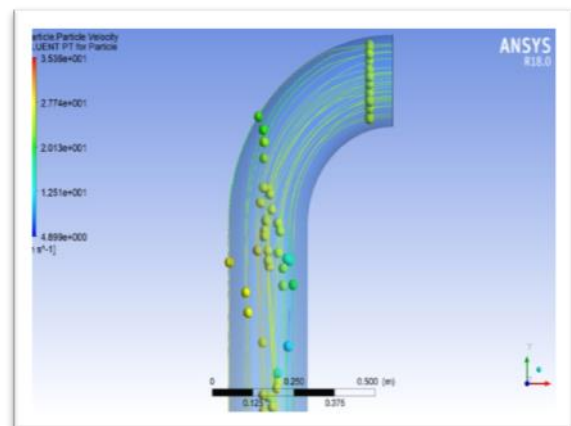
Kemudian dilakukan perhitungan *lifetime* digunakan untuk menentukan ketahanan komponen perpipaan terhadap pengikisan dinding bagian dalam komponen perpipaan atau *erosion rate*, dengan persamaan sebagai berikut [1]:

$$Tr = (t_{acc} - t_m) / E_L \quad (5)$$

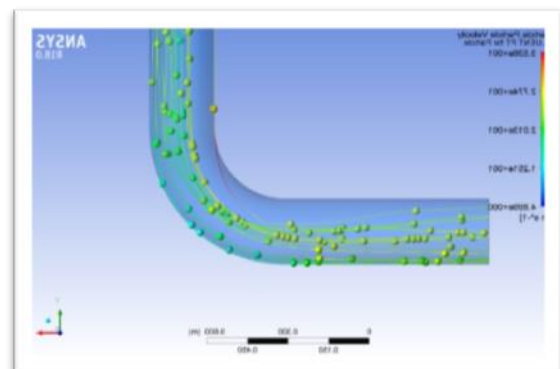
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Daerah Potensial Terjadi Erosi

Dari hasil pemodelan *computational fluid dynamics* dengan metode *discrete phase model one-way coupling* yang sudah divalidasi menggunakan metode *grid independency* akan digunakan untuk menentukan daerah yang potensial terjadi erosi yang disebabkan tumbukan partikel yang terbawa aliran pada dinding komponen pipa. Daerah potensial terjadi Erosi pada *line number* 10-HG-5009-6A terjadi di *elbow* karena adanya *elbow* membuat meningkatnya kecepatan aliran sebab perubahan arah secara tiba-tiba. Kecepatan adalah salah satu faktor utama dalam terjadinya Erosi pada pipa, jadi di pipa ukuran 10” ini memiliki potensi Erosi yang besar sebab kecepatan alirannya yang tergolong tinggi yaitu 23.539 m/s dan hal ini dibuktikan dimodelkannya lintasan partikel yang mengalir pada *line number* 10-HG-5009-6A untuk mengetahui proses tumbukan yang terjadi antara *slug particle* yang terkandung didalam fluida terhadap dinding bagian dalam *elbow* yang ditunjukkan pada Gambar 1. Dan 2.



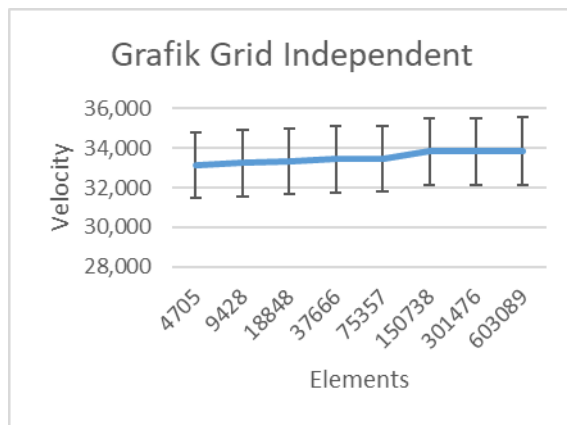
Gambar 1. Particle Trajectory



Gambar 2. Particle Trajectory

3.2 Grid Independency

Dari hasil pemodelan *computational fluid dynamics* dengan metode *discrete phase model one-way coupling* didapat profil kecepatan yang akan digunakan untuk memvalidasi hasil dengan menggunakan titik koordinat untuk mendapatkan profil kecepatan dari setiap *meshing*. Setelah perbaikan *meshing* dan perubahan nilai profil kecepatan tidak melebihi 10% dan mendekati 0% dapat dianggap sudah mencapai kondisi *grid independency*. Didapatkan hubungan profil kecepatan dengan *n-elements* yang dihasilkan dari perbaikan suatu *meshing* pada setiap line. Grid Independen dilakukan agar mengetahui variasi *meshing* yang tepat untuk digunakan pemodelan terhadap line yang akan dianalisa di *Ansys R18*, grid independen terpenuhi ketika nilai *yplus* antara 5 hingga 30 seperti gambar berikut [5] :



Gambar 3. Grafik Grid Independent

3.3 Hasil Perhitungan Erosion Rate

Dari perhitungan *erosion rate* menggunakan persamaan 1, didapatkan nilai *erosion rate* di setiap komponen perpipaan yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Erosion Rate

| Equipment | Erosion Rate | Satuan |
|-----------|--------------|----------|
| Pipa 10" | 0.6414 | mm/ year |
| Elbow 10" | 1.9612 | mm/ year |

3.4 Luas area permukaan dinding dalam elbow yang terdampak akibat erosi

Perhitungan luas area permukaan dinding dalam elbow yang terdampak erosi menggunakan persamaan 2, didapatkan nilai luas area permukaan dinding dalam elbow yang terdampak erosi yang terdampak erosi di setiap komponen perpipaan yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Area Elbow yang terdampak Erosi

| Equipment | Luas area terdampak erosi | Satuan |
|-----------|---------------------------|----------------|
| Elbow 10" | 0.61 | m ² |

3.5 Hasil Perhitungan Laju Aliran Masa Hilang Per Satuan Luas

Dari hasil perhitungan *erosion rate* akan digunakan untuk menentukan laju aliran masa hilang per satuan luas menggunakan persamaan 3, didapatkan nilai laju aliran masa hilang per satuan luas di setiap komponen perpipaan yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Laju Aliran Masa Hilang Per Satuan Luas

| Equipment | Laju aliran masa per satuan luas | Satuan |
|-----------|----------------------------------|------------------------|
| Pipa 10" | 1.59E-07 | kg/(m) ² .s |
| Elbow 10" | 4.850E-07 | kg/(m) ² .s |

3.6 Hasil Minimall Wall Thickness

Dari perhitungan *minimall wall thickness* menggunakan persamaan 4, didapatkan nilai *minimall wall thickness* setiap komponen perpipaan yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Minimall Wall Thickness

| Equipment | Minimum wall thickness | Satuan |
|-----------|------------------------|--------|
| Pipa 10" | 6.045 | Mm |
| Elbow 10" | 6.045 | Mm |

3.7 Hasil Lifetime

Dari hasil perhitungan *erosion rate* dan *minimall wall thickness* yang sudah didapat akan digunakan untuk menentukan *lifetime* komponen perpipaan menggunakan persamaan 5, didapatkan nilai *lifetime* setiap komponen perpipaan yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Lifetime

| Equipment | Lifetime | Satuan |
|-----------|----------|--------|
| Pipa 10" | 14.1 | years |
| Elbow 10" | 4.6 | years |

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan dan analisa data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan yakni Daerah Potensial yang terjadi Erosi pada jalur Distribusi Gas Hydrocarbon PAU gas metering menuju PT Panca Amara Utama adalah di elbow, seperti pada gambar 1 merupakan hasil pemodelan dari *line number* 10-HG-5009-6A. Dari hasil

perhitungan laju erosi mengacu pada DNV RP 0501-2015, dapat diambil kesimpulan bahwa material dengan ukuran 10” akan mengalami pengurangan ketebalan akibat erosi. Pada pipa ukuran 10” akan mengalami erosi sebesar 0,6414 mm per tahunnya, dan untuk elbow ukuran 10” akan mengalami erosi sebesar 1.9612 mm per tahunnya. Kemudian dari hasil perhitungan luas area permukaan dinding dalam *elbow* yang terdampak akibat erosi berdasarkan DNV RP 0501-2015, luas area permukaan dinding dalam *elbow* yang terdampak akibat erosi sebesar 0,061 m². Selanjutnya berdasarkan hasil perhitungan laju erosi akan didapat laju aliran masa yang hilang per satuan luas pada pipa ukuran 10” akan didapati laju aliran masa yang hilang per satuan luasnya sebesar 1.59.E-07 kg/m².s, dan untuk elbow ukuran 10” akan didapati laju aliran masa yang hilang per satuan luasnya sebesar 4.85.E-07 kg/m².s. Dari hasil perhitungan *lifetime* mengacu pada API 570, dapat diambil kesimpulan bahwa material dengan ukuran 10” akan memiliki *lifetime* singkat akibat erosi. Pada pipa ukuran 10” akan memiliki *lifetime* sebesar 14 tahun, dan untuk elbow ukuran 10” akan memiliki *lifetime* sebesar 4.6 tahun.

Computational Fluid Dynamics for Indoor Environment Applications. Colorado. University of Colorado.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada PT. Pratiwi Putri Sulung yang telah berkenan memberikan

kesempatan bagi penulis untuk melakukan riset di area On The Job Training yang dilakukan penulis. Serta kepada Ibu Emie dan Bapak Nopem sebagai pembimbing bagi penulis dalam melakukan riset ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] API 570. (2000). *Piping Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems*. Washington DC: American Petroleum Institute
- [2] ASME B31.8. (2016). *Gas Transmission and Distribution Piping System*. U.S.A: The American Society of Mechanical Engineering.
- [3] DNV-GL. 2015. *DNV-GL RP-O501, Recommended Practice Erosive Wear in Piping Systems*. Amoco Norway Oil Company. Norway.
- [4] Eissa Mohyaldin, Mysara. 2013. *Evaluation of Different Modelling Methods Used for Erosion Prediction*. Shanghai Section. NACE Internasional Conference.
- [5] Wang, Haidong. 2011. *Analyzing Grid Independency and Numerical Viscosity of*