

PENGARUH DIAMETER ORIFICE TERHADAP LAJU EROSI PADA GAS METHERING SYSTEM PT. TIP

Miftah Alif Azmi^{1*}, Projek Priyonggo², Emie Santoso³

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

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

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

Email: alifazmi.ma@gmail.com^{1*}; projek_me@yahoo.com²; emie.santoso@gmail.com³

Abstract - Gas metering system used in gas distribution from pipeline PT TIP to PT PJB UP Gersik as fuel of power plant. Gas metering system using 12" pipe with orifice diameter 8.000 inch; 6,000 inch; 4,000inch. The gas that flows is a mixed gas. Gas metering system aims to measure the amount of gas that has been in flow to determine the quantity to be paid by the customer. This is done by using the inner diameter of the orifice to determine the magnitude of the flow rate that arises after passing the orifice. This speed value will determine the value of Re from a flow. In the selection of orifice that can be used on gas metering system which is designed with a minimum lifetime of 15 years, the diameter that can be used in the gas metering system is orifice with 8 inch diameter, while for orifice with diameter 6 inch and 4 inch can be used as backup when there is maintenance / replacement of the gas metering system with an 8-inch orifice diameter or when the gas distribution decreases.

Keyword: Gas metering system, Orifice, Erosion, Pipe walls Thining, Orifice Flow Calculation, Life time

1. PENDAHULUAN

Gas metering system merupakan suatu sistem yang sering digunakan pada proses penyaluran gas. Gas metering system yang digunakan pada distribusi gas dari pipeline PT TIP menuju PT PJB UP Gersik sebagai bahan bakar PLTU. Pendistribusian ini dilakukan dengan cara mengalirkan gas melalui pipa 16" sepanjang 20 Km namun pada gas metering system menggunakan pipa 12" dengan diameter orifice 8,000 inch; 6,000 inch; 4,000 inch. Gas yang dialirkan merupakan gas campuran dengan komposisi Metana, Etana, Propana, I-Butane, N-Butana, I-Pentana, N-pentana, nitrogen Co2 dan C6+. Gas metering system bertujuan untuk mengukur jumlah gas yang telah di alirkan untuk menentukan kuantitas yang akan dibayar oleh customer. Kesalahan pengukuran yang terjadi akan mengakibatkan kerugian pada salah satu pihak. Pada penggunaan Gas metering system ini perlu dilakukan pemilihan orifice yang tepat agar jumlah gas yang telah dialirkan dapat diukur secara tepat.

Orifice sendiri berkerja dengan cara aliran gas alam yang melewati pipa kemudian melewati straightening vanes, yang fungsinya adalah agar putaran dari aliran gas tersebut lebih beraturan yang kemudian aliran gas tersebut membentur orifice sehingga terjadi perbedaan. Dari

perbedaan inilah kita dapat menentukan jumlah gas yang dialirkan pada system. Dalam penggunaan orifice ini akan menimbulkan erosi akibat adanya fluktuasi dari kecepatan dimana aliran tersebut berubah kecepatan secara mendadak sehingga menimbulkan aliran turbulent. Aliran ini akan menyebabkan erosi pada pipa setelah orifice apabila memiliki nilai Re antara $1.0 \times 10^4 < Re < 6.5 \times 10^4$ [4] (berdasarkan jurnal *Effects of Pressure Fluctuation on Flow Accelerated Corrosion in the Downstream of Orifice Nozzle*).

Erosi ini terjadi akibat adanya perubahan kecepatan sehingga jika dibiarkan akan berpotensi untuk menimbulkan kebocoran pada gas metering system, sehingga Gas metering system harus di shutdown untuk mengganti pipa yang bocor dan mengakibatkan kerugian yang besar bagi pihak owner gas jika hal itu berulang pada selang waktu yang singkat. Berbagai cara dilakukan untuk mengatasi laju erosi dan meningkatkan lifetime dari gas metering system yang terjadi, antara lain dengan cara mengatur aliran turbulen agar memiliki nilai frictionless yang kecil atau memiliki nilai Re yang mendekati 6.5×10^4 . Untuk mendapatkan aliran turbulen tersebut digunakan variasi diameter dalam orifice agar didapatkan aliran yang

memiliki laju erosi yang rendah namun dapat di deteksi oleh *orifice*.

Jurnal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari diameter dalam *orifice* terhadap laju erosi pada *gas metering system*. Penelitian ini dilakukan menggunakan variasi diameter dalam *orifice* untuk menentukan besar kecepatan aliran yang timbul setelah melewati *orifice*. Nilai kecepatan ini akan menentukan besar nilai *Re* dari suatu aliran, sehingga dapat diketahui seberapa besar laju erosi pada aliran tersebut. Dari penelitian ini diharapkan kita dapat menentukan diameter *orifice* yang memiliki laju erosi paling kecil, sehingga *gas metering system* akan memiliki *lifetime* yang cukup lama.

2. METODOLOGI .

2.1 Prosedur Penelitian

Dalam melakukan analisa laju erosi pada perubahan diameter *orifice* diperlukan komputer yang terinstal *software* ANSYS, nantinya *software* ini digunakan untuk pemodelan aliran fluida setelah melewati *orifice* pada *gas metering system*. Sehingga dapat dibuktikan adanya perubahan aliran setelah melewati *orifice* dari aliran laminar menjadi aliran turbulenta yang dapat menimbulkan kemungkinan adanya erosi pada *gas metering system*.

2.2 RUMUSAN MASALAH

Desain *gas metering system* adalah suatu sistem yang sering digunakan pada proses penyaluran gas. *Gas metering system* yang digunakan pada distribusi gas dari pipeline PT TIP menuju PT PJB UP Gersik sebagai bahan bakar PLTU. Pendistribusian ini dilakukan dengan cara mengalirkan gas melalui pipa 16" sepanjang 20 Km namun pada *gas metering system* menggunakan pipa 12" dengan diameter *orifice* 8,000 inch; 6,000 inch; 4,000 inch. Gas yang dialirkan merupakan gas campuran dengan komposisi Metana, Etana, Propana, I-Butane, N-Butana, I-Pentana, N-pentana, nitrogen Co2 dan C6+. *Gas metering system* bertujuan untuk mengukur jumlah gas yang telah di alirkan untuk menentukan kuantitas yang akan dibayar oleh customer. Kesalahan pengukuran yang terjadi akan mengakibatkan kerugian pada salah satu pihak. Analisa yang dilakukan meliputi analisa perubahan kecepatan, analisa mass flow rate, analisa laju erosi dan analisa *lifetime*. Serta dilakukan analisa *reynold numbe* dari fluida untuk membuktikan bahwa aliran tersebut turbulenta. Modal analisis merupakan analisa untuk menentukan *life time* dari sistem. Menemukan nilai laju erosi pada sistem perpipaan merupakan hal penting untuk menentukan *life time* dari sistem tersebut.

2.3 TINJAUAN PUSTAKA

a) Perhitungan Kecepatan Fluida

Persamaan (1) memperlihatkan perhitungan kecepatan fluida yang mengalir didalam pipa. Jadi jika air mengalir dalam suatu luasan penampang yang berbeda dengan debit yang sama maka air akan lebih cepat mengalir pada daerah dengan luas penampang terkecil menggunakan persamaan berikut.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (1)$$

Dimana *V* adalah kecepatan fluida (inch/s), *Q* adalah debit dari fluida yang mengalir (inch³/s), *A* adalah luas penampang dalam pipa (inch²). Tujuan dari perhitungan ini untuk melihat perubahan kecepatan dari masing-masing diameter yang digunakan. Dalam perhitungan ini diameter yang digunakan diameter utama pipa 12inch, diameter *orifice* 8 inch, 6 inch, dan 4 inch.

b) Pembuktian Bilangan Reynold

Persamaan (2) memperlihatkan perhitungan untuk membuktikan bahwa bilangan reynold diatas 4000 (Sularso, 2000) yang dapat menyebabkan aliran menjadi turbulenta pada pipa menggunakan persamaan berikut.

$$R_e = \frac{\rho v d}{\mu} \quad (2)$$

Dimana *R_e* adalah bilangan reynold, *ρ* adalah *density* fluida (lbs/in³), *v* adalah kecepatan fluida (inch/s), *d* adalah diameter dalam pipa (inch), *μ* adalah viskositas dinamik dari fluida (lbs/in-s). tujuan dari perhitungan ini untuk membuktikan bahwa dari perubahan kecepatan dari masing-masing diameter *orifice* dapat terjadi perubahan jenis aliran dari laminar menjadi turbulenta yang dapat menyebabkan terjadinya erosi [4].

c) Perhitungan Mass Flow Rate

Persamaan (3) memperlihatkan perhitungan mass flow rate dari masing-masing diameter *orifice*. Perhitungan dapat dilakukan menggunakan persamaan berikut.

$$\dot{m} = Q \rho \quad (3)$$

Dimana *m* adalah mass flow rate dari fluida (lbs/in), *ρ* adalah densitas dari fluida (lbs/in³), *Q* adalah debit fluida yang mengalir (inch³/s). Tujuan perhitungan ini adalah untuk menentukan seberapa besar laju erosi yang terjadi dari perubahan diameter *orifice* [3].

d) Perhitungan Laju Erosi

Persamaan (4) memperlihatkan perhitungan laju erosi dari masing-masing diameter *orifice*. Perhitungan dapat dilakukan berdasarkan DNV RP O501-2015.

$$\dot{E}_L = 2.5 \times 10^{-5} \times v^{2.6} \times \dot{m} \times D^{-2} \quad (4)$$

Dimana \dot{E}_L adalah laju erosi yang terjadi akibat adanya perubahan diameter *orifice* (inch/year), v adalah kecepatan fluida (inch/s), \dot{m} adalah *mass flow rate* dari fluida (lbs/s), D adalah diameter dalam pipa (inch). Tujuan dari perhitungan ini untuk mengetahui besar laju erosi yang diakibatkan adanya perubahan diameter *orifice*.

e) Thickness Minimum

Persamaan (5) memperlihatkan perhitungan *thickness* minimum dari pipa dengan diameter 12 inch. Perhitungan dapat dilakukan menggunakan berdasarkan ASME B31.1.

$$T_m = \frac{P D}{2 (SE + PY)} \quad (5)$$

Dimana T_m adalah *minimum required thickness* (inch), P adalah tekanan kerja dari sistem (psig), D adalah diameter luar pipa (inch), S adalah *stress value of material* A106 Gr. B berdasarkan table A-1 pada ASME B31.3, E adalah *quality factor* berdasarkan table A-1A atau A-1B pada ASME B31.3, Y adalah *coefisien y* berdasarkan temperature kerja pada table 304.1.1 ASME B31.3. tujuan dari perhitungan ini untuk mengetahui minimal ketebalan pada pipa 12 inch [1].

f) Life Time

Persamaan (6) memperlihatkan perhitungan *lifetime* dari masing-masing laju erosi yang disebabkan adanya perbedaan diameter *orifice*. Perhitungan dapat dilakukan menggunakan berdasarkan API 574.

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

Dimana T_r adalah *lifetime* (year), T_{acc} adalah ketebalan actual dari pipa berdasarkan table nominal pipe size pada API 574 (inch), T_m adalah *thickness minimum* (inch), \dot{E}_L adalah laju erosi yang terjadi akibat adanya perubahan diameter *orifice* (inch/year). Tujuan dari perhitungan ini yaitu untuk mengetahui *lifetime* dari masing-masing diameter *orifice* apakah sesuai dengan desain yang ditentukan atau tidak [2].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a) Perubahan Kecepatan Pada Masing-Masing Diameter Orifice

Hasil perhitungan perubahan kecepatan setelah melewati *orifice* dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan (1). Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Perubahan kecepatan

No	Diameter Orifice (in)	Perubahan Kecepatan	
		Q (in ³ /s)	V (in/s)
1	8	2588.889	56.695
2	6	2588.889	99.318
3	4	2588.889	225.182

b) Pembuktian Reynold Number

Pembuktian ini bertujuan untuk memastikan bahwa aliran akan menjadi *turbulent* (>4000) setelah melewati *orifice*. Untuk membuktikan hal tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2). Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Nilai Reynold Number

No	Diameter Orifice (in)	Reynold Number (>4000)
1	8	4128.631
2	6	5929.290
3	4	9866.924

c) Perhitungan Mass Flow Rate

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar *mass flow rate* setelah melalui *orifice*. Untuk membuktikan hal tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3). Hasil perhitungan tertera pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Mass Flow Rate

No	Diameter Orifice (in)	Mass Flow Rate (lb/s)
1	8	2.412
2	6	2.617
3	4	2.893

d) Perhitungan Erosion Rate

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar *erosion rate* yang terjadi akibat adanya perubahan aliran dari masing-masing diameter *orifice*. Untuk menghitung hal tersebut dapat dilakukan menggunakan perhitungan pada persamaan (4). Hasil perhitungan tertera pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Eroton Rate*

No	Diameter Orifice (in)	Eroton Rate (in/year)
1	8	0.0153
2	6	0.0714
3	4	0.6633

e) Perhitungan Thickness Minimum

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar *thickness* minimum untuk pipa dengan diameter 12 inch dengan schedule 40. Perhitungan berdasarkan ASME B31.3 untuk menentukan ketebalan minimum. Pada *gas methering system* yang menggunakan pipa 12 inch dengan tekanan kerja sebesar 578 psig berdasarkan perhitungan pada persamaan (5) memiliki *thickness* minimum 0.172 in.

f) Perhitungan Life time

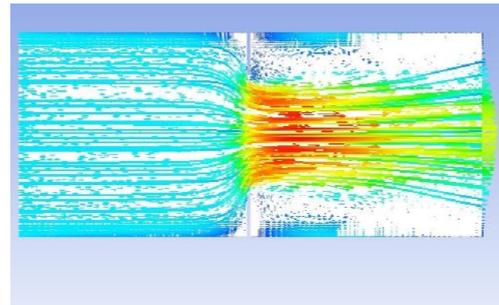
Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama daya tahan *gas methering system* terhadap laju erosi yang terjadi akibat adanya perubahan aliran dari aliran laminar menjadi aliran turbulen. Perubahan aliran ini terjadi akibat adanya perubahan diameter pada system dari diameter pipa 12 inch berubah sesuai dengan diameter orifice yang digunakan. Untuk membuktikan hal tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6). Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Eroton Rate*

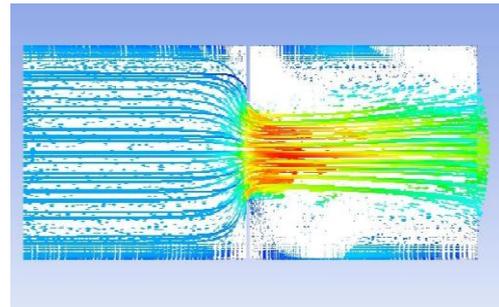
No	Diameter Orifice (in)	Life Time (year)
1	8	17.145
2	6	3.508
3	4	0.353

g) Pemodelan Aliran Menggunakan software Ansys

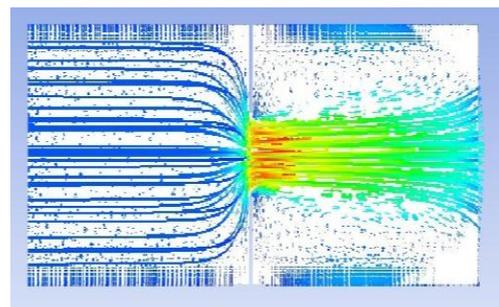
Dari hasil pemodelan *computational fluid dynamics* pada software ansys dengan sudah divalidasi dengan metode iterasi hingga *converged* akan digunakan untuk menentukan daerah yang potensial terjadi erosi yang disebabkan adanya perubahan aliran laminar menjadi turbulen pada dinding pipa, didapatkan lintasan partikel setelah melewati *orifice* pada *gas methering system* yang ditunjukkan pada Gambar 1, Gambar 2 Dan Gambar 3.



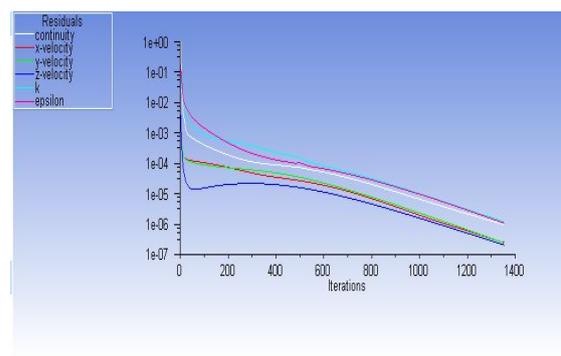
Gambar 1. Fluent Modeling Gas Methering system orifice 8 inch



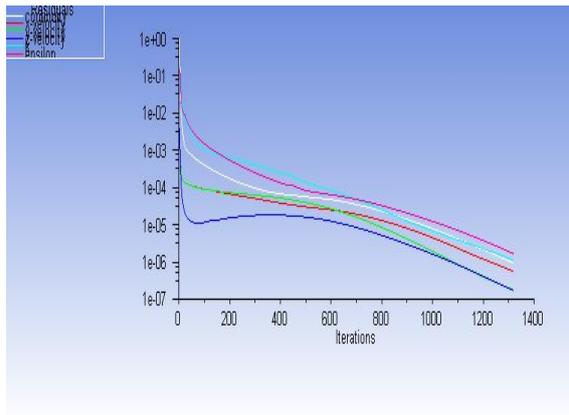
Gambar 2. Fluent Modeling Gas Methering system orifice 6 inch



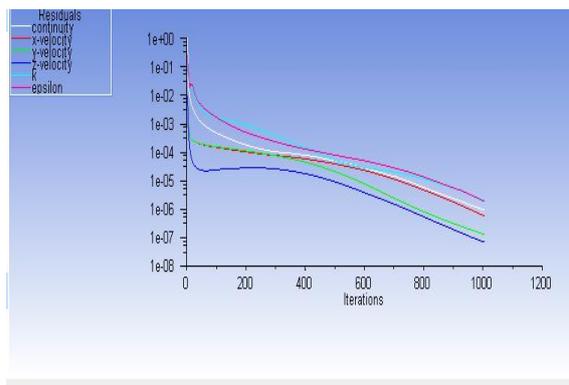
Gambar 3. Fluent Modeling Gas Methering system orifice 4 inch



Gambar 4. Iterasi converged orifice 8 inch



Gambar 5. Iterasi converged orifice 6 inch



Gambar 6. Iterasi converged orifice 4 inch

4. KESIMPULAN

Dalam pemilihan diameter orifice yang dapat digunakan pada *gas methering system* yang di desain dengan *lifetime* minimum 15 tahun, maka diameter yang dapat digunakan dalam *gas methering system* yaitu *orifice* dengan diameter 8 inch, sedangkan untuk *orifice* dengan diameter 6 inch dan 4 inch dapat digunakan sebagai cadangan ketika terjadi perawatan/penggantian pada *gas methering system* dengan diameter *orifice* 8 inch atau ketika distribusi gas menurun.

5. PUSTAKA

- [1] API 570. (2000). Piping Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems. American Petroleum Institute: Washington DC
- [2] ASME (2014). ASME B31.3-2014 (Revision of ASME B31.3-2012). Process Piping, ASME Code for Pressure Piping, B31. The American Society of Mechanical Engineering: U.S.A.
- [3] Sularso., (2000). *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: PT Pradnya Pratama.
- [4] Shakouchi, T. (2012). Effect of Pressure Fluctuation on Flow Accelerated Corrosion in the Downstream of Orifice Nozzle. *Journal of Fluid Science and Technology*.

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)