

# Perancangan Sistem Monitoring Meter untuk Aplikasi Meter Orifice Menggunakan Perangkat Lunak *PI ProcessBook*

Amril<sup>1</sup>, Desty Anggita Tunggadewi<sup>1</sup>, Hari Hadi Santoso<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Progran Studi Teknik Fisika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional, Jl. Sawo  
Manila, Pejaten, Pasar Minggu, Jakarta Selatan – Jakarta 12520

<sup>2</sup>PUSLIT KIM LIPI Serpong

Korespondensi: harihadi66@yahoo.com

**ABSTRAK.** Telah dibuat sistem monitoring meter untuk aplikasi meter orifice dengan menggunakan perangkat lunak *Plant Information ProcessBook*. Meter orifice bekerja dengan mengukur beda tekanan antara tekanan tinggi dan tekanan rendah yang di akibatkan penyempitan aliran di *orifice plate* dan kemudian di konversi menjadi laju alir. Laju alir dan parameter proses ditampilkan di sistem monitoring meter dengan menggunakan perangkat lunak *Plant Information ProcessBook*. Performa meter orifice di ukur dengan menganalisa ketidakpastian sistem meter dan di kalibrasi dengan *druck pressure calibrator*.

**Kata kunci:** *Orifice meter, ProcessBook, Monitoring, Tekanan, Laju alir*

## PENDAHULUAN

Gas alam merupakan salah satu sumber energi yang tak tergantikan, dimana proses eksplorasi, pengolahan dan distribusi membutuhkan investasi yang sangat besar. Oleh karena itu setiap potensi kerugian harus diminimalisir guna menurunkan resiko atas kerugian yang mungkin ditanggung dan untuk meningkatkan kelayakan investasinya[1].

Dalam pengoperasian kilang perusahaan membutuhkan suatu metode pengendalian yang akurat dan sesuai dengan standar internasional. Pada saat transaksi jual beli (*custody transfer*) pengukuran hidrokarbon yang akurat sangat diperlukan. Hal ini untuk memastikan bahwa baik pihak produsen maupun konsumen tidak dirugikan akibat kurang akuratnya pengukuran kuantitas hidrokarbon.

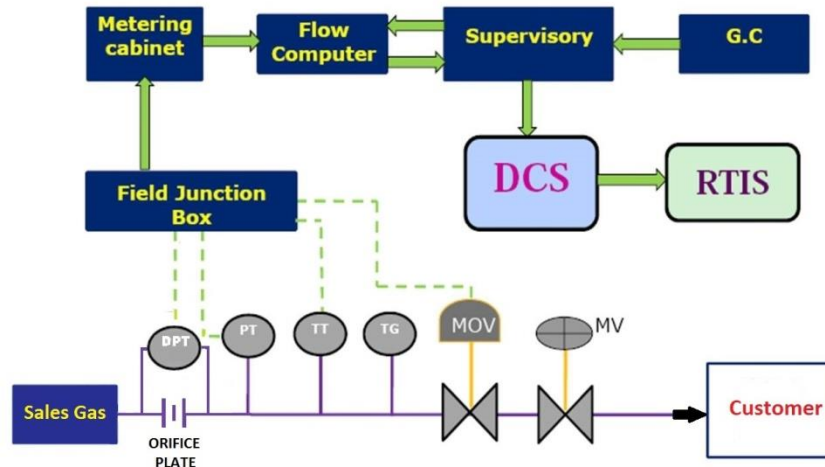
Dengan menggunakan sistem metering / pengukuran yang akurat dan berstandar internasional akan menekan kerugian perusahaan akibat kesalahan penyaluran pada saat transaksi, sehingga proses transaksi jual beli hidrokarbon merupakan titik kritis yang harus diberi perhatian lebih[2].

Untuk melakukan pengukuran, pengontrolan dan kalkulasi, sistem meter dilengkapi dengan perangkat pengukur aliran hidrokarbon (*flowmeter*) dan *flow computer* yang menghasilkan data operasi. Berbagai data operasi kemudian diolah menjadi informasi yang diperlukan.

## LANDASAN TEORI

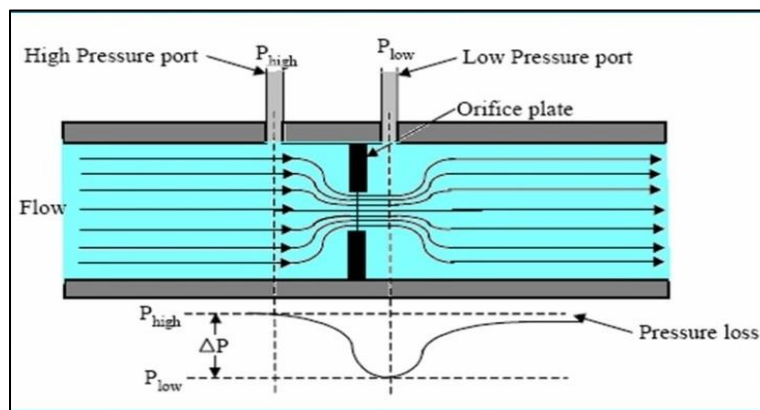
Dalam dunia migas penentuan jenis alat ukur yang digunakan menjadi hal yang sangat penting. Karena alat ukur tersebut digunakan sebagai peralatan untuk memonitor, mengendalikan parameter proses dan jual beli. Ada beberapa jenis meter yang banyak digunakan oleh industri minyak dan gas bumi di antaranya meter orifice. Jenis meter ini banyak digunakan dalam proses produksi atau *noncustody* maupun jual beli atau *custody* [3].

Meter orifice terdiri dari dua komponen utama yaitu *primary element* dan *secondary element*. Dimana *primary element* terdiri dari *orifice flanges* dan *meter tube*. *Secondary element* terdiri dari *differential pressure transmitter* (DP), *pressure transmitter* (PT), dan *temperature transmitter* (TT) [4]. Pada gambar 1 adalah sistem pengukuran aliran fluida yang digunakan pada penelitian ini yang terdiri dari elemen-elemen yang menjadi parameter fisis pada penelitian ini.



GAMBAR 1. Sistem pengukuran laju alir gas.

*Orifice flanges* adalah satu set peralatan yang diletakkan di suatu pipa untuk menghambat aliran fluida dan menimbulkan *pressure drop*. Pengukuran laju alir (*flow rate*) didapat dari perbedaan tekanan karena adanya *pressure drop* tersebut. Metode pengukuran ini disebut *inferential flow rate meter* dimana meter orifice tidak langsung mengukur jumlah fluida. Namun mengukur parameter – parameter yang ada, kemudian dikonversi menjadi laju alir fluida. Dengan mengikuti konstruksi mekanis yang standar, tidak diperlukan kalibrasi kembali. Sebuah orifice plate yang terpasang di line, seperti yang ditunjukkan Gambar 2 dibawah ini. Area jet yang mengecil sesaat fluida melalui lubang orifice (*orifice bore*) disebut “*vena contracta*” [5].



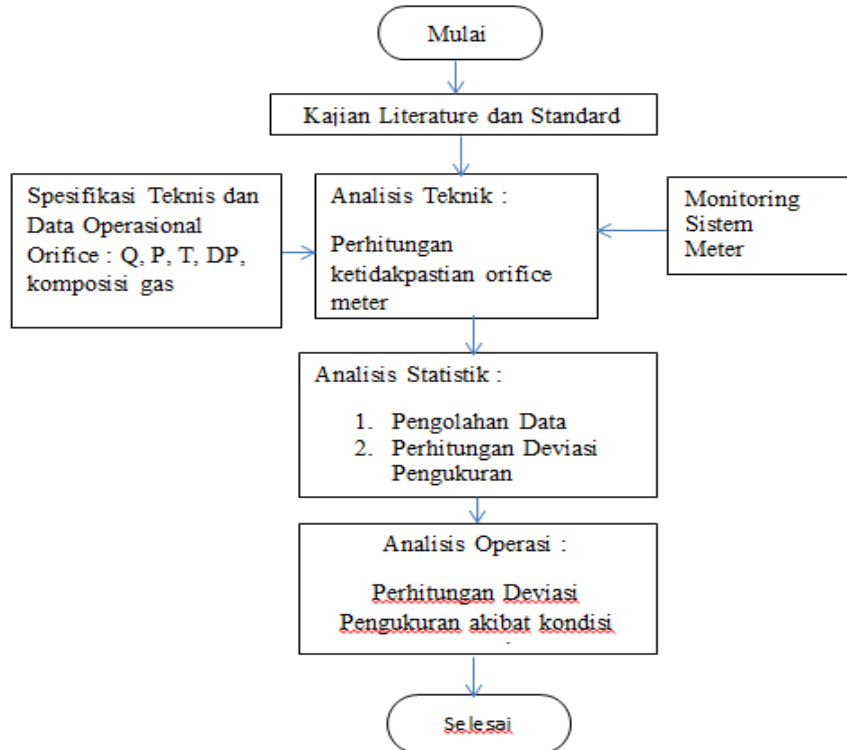
GAMBAR 2. Profil aliran dan vena contracta pada meter orifice.

Ketika aliran fluida mendekati orifice, tekanan fluida naik sedikit dan kemudian turun mendadak ketika melewati lubang di plate orifice. Tekanan ini terus turun sampai *vena contracta* tercapai, lalu perlahan naik kembali sampai mendekati 5 sampai 8 diameter, tekanan tertinggi dicapai namun masih lebih rendah dari tekanan sebelum fluida masuk ke *orifice*. Penurunan tekanan ketika fluida melewati orifice sebagai akibat dari kenaikan kecepatan fluida sesudah melalui lubang *orifice plate*. Setelah kecepatan turun, tekanan cenderung naik kembali menuju tekanan semula. Semua rugi tekanan (*pressure loss*) tidak dapat kembali karena adanya rugi - rugi friksi dan turbulensi di pipa. Tekanan jatuh di orifice akan naik sejalan dengan kenaikan laju aliran fluida. Bila tidak ada aliran, maka tidak ada beda tekanan. Beda tekanan proportional dengan kwadrat kecepatan, dengan demikian, bila semua faktor tetap, maka beda tekanan proportional sesuai dengan kwadrat laju aliran [6]. Flow PI System (RTIS) adalah perangkat lunak berbasis Client-Server untuk mengotomatisasi pengumpulan, penyimpanan dan penyajian informasi kilang. Digunakan untuk

memonitoring dan menganalisis kilang. PI Server adalah dasar dari sistem ini. Karena berfungsi sebagai server data untuk aplikasi client berbasis Microsoft Windows. Personil kilang menggunakan berbagai aplikasi *client* ke PI Server untuk melihat data kilang yang disimpan di Arsip PI atau dari sistem penyimpanan data eksternal. Arsip subsistem diinstal sebagai bagian dari PI Server [7].

### METODOLOGI PENELITIAN

Secara umum, penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan. Alur penelitian ditunjukkan pada bagan seperti gambar 3 dibawah ini:



GAMBAR 3. Diagram alir prosedur kerja penelitian.

Orifice meter terdiri dari orifice plate, *pressure transmitter*, *flow transmitter* (DPT) dan *temperature transmitter*. Orifice meter ini harus di inpeksi atau di validasi setiap periode waktu tertentu. Prosedur validasi untuk *transmitter* adalah isolasi *valve instrument piping*; isolasi *manifold inlet valve*; lepaskan plug; buka vent valve; hubungkan *druck tester* yang telah di sertifikasi ke *vent valve*; set *pressure* yang di inginkan di *druck tester*; dan catat hasil yang di dapat *flow computer* pada 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari *span range*.

Monitoring sistem meter di buat di sistem PI dengan bahasa VBA untuk memudahkan mengontrol seluruh sistem meter di RasGas. Salah satu fitur monitoring ini adalah otomatis menghasilkan dan menyimpan laporan lokasi yang ditentukan. Sumber ketidakpastian pada pengukuran menggunakan meter orifice terdiri dari tiga sumber utama, yaitu: keakurasian *secondary device* seperti temperatur *transmitter* (TT), *pressure transmitter* (PT), *differensial pressure transmitter* (DPT); keakurasian dari pengukuran geometrik dari *primary device* seperti diameter dalam tube (D) dan diameter bore orifice (d); dan keakurasian dari persamaan laju alir tersebut [8]. Analisis operasi adalah kalkulasi untuk mendapatkan perhitungan persen deviasi pengukuran antara terkoreksi atau tak terkoreksi.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Sesuai dengan prasyarat diterimanya suatu *transmitter* sebagai alat ukur adalah kesalahan dari *transmitter* maksimum +/- 0,25 % dari skala penuh. Dari hasil validasi di atas diperoleh bahwa seluruh transmitter telah memenuhi persyaratan. Data pengujian yang diperoleh dan diolah dalam penelitian ini adalah seperti pada tabel 1 dan 2 adalah sebagai berikut:

TABEL 1. Data input perhitungan

Input Name	Value	Input Name	Value
Orifice temperature coefficient	0.0000167 /°C	Pressure	70 bar g
Orifice bore calibration temperature	19.79 °C	Differential Pressure	250 mbar a
Orifice bore	279.801 mm	Viscosity	0.12786999 cP
Temperature coefficient for pipe	0.0000112 /°C	Downstream temperature	48 °C
Pipe bore calibration temperature	37 °C	Isentropic exponent	1.29999995 Decimal
Pipe diameter	467.04000854 mm	Calorific value	51.709009 MJ/kg
Upstream gas density	48.375309 kg/m³	Normal density	0.748765 kg/Nm³
Start time :	21/01/2015 10:04:44	End time :	21/01/2015 11:06:47

TABEL 2. Data output perhitungan

Totals	Calculated	Actual	Error %
Massa (tonne)	230.6065	230.562	0.0193
Volume normal (kNm3)	307.9825	307.923	0.0193
Energy (GJ)	11924.4343	11922.1	0.0196

Ketidakpastian dari hasil perhitungan laju alir terhadap laju alir yang sebenarnya. ketidakpastian ini disebabkan oleh representasi kondisi aktual dalam persamaan alir massa; ketaktentuan sifat fisik aktual dari fluida yang diukur; dan keakuratan dalam pengukuran parameter instalasi yang penting (seperti diameter orifice dan beta rasio)

Dalam perhitungan ini akan dibagi menjadi dua jenis ketidakpastian yaitu ketidakpastian yang hanya mengakomodir keakuratan dari transmitter atau ketidakpastian tipe 1 dan yang kedua adalah ketidakpastian secara keseluruhan dimana mengakomodir keakuratan *transmitter*, konstruksi mekanis dari meter orifice, dan keakuratan dari persamaan laju alir. Ketidakpastian meter orifice disebabkan oleh tiga faktor yaitu keakuratan *transmitter*, *roundness* pada diameter orifice, dan keakuratan laju alir yang digunakan.

- Perhitungan ketidakpastian instrumentasi (pada *transmitter*).

a. *Pressure transmitter*

$$\frac{\sigma X}{X} = \frac{FS \times \% Error}{DP} \tag{1}$$

$$= \frac{80 \times 0,0978}{70} = 0,1118$$

$$S = 0,5$$

$$I_1 = \left( S \times \frac{\sigma X}{X} \right)^2 \tag{2}$$

$$= (0,5 \times 0,1118)^2 = 0,0031$$

b. *Temperature transmitter*

$$\begin{aligned} \frac{\sigma X}{X} &= \frac{FS \times \% \text{ Error}}{DP} \\ &= \frac{100 \times 0,0263}{48} = 0,0548 \end{aligned}$$

$$S = 0,5$$

$$\begin{aligned} I_2 &= \left( S \times \frac{\sigma X}{X} \right)^2 \\ &= (0,5 \times 0,0548)^2 = 0,0007 \end{aligned}$$

c. *DP transmitter*

$$\begin{aligned} \frac{\sigma X}{X} &= \frac{FS \times \% \text{ Error}}{DP} \\ &= \frac{800 \times 0,0505}{250} = 0,1616 \end{aligned}$$

$$S = 0,5$$

$$\begin{aligned} I_3 &= \left( S \times \frac{\sigma X}{X} \right)^2 \\ &= (0,5 \times 0,1616)^2 = 0,0065 \end{aligned}$$

– Perhitungan ketidakpastian mekanik

Data Masukan :

$$D_m = 467,04 \text{ mm}$$

$$d_m = 279,801 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,599$$

$$RoD = 0,25\% D_m \text{ (AGA3 No.2, 2003)}$$

$$= 0,25\% \times 467,04 \text{ mm}$$

$$= 1,1676 \text{ mm}$$

$$Rod = 0,0005 D_m \text{ (AGA3 No.2, 2003)}$$

$$= 0,0005 \times 279,801 \text{ mm} = 0,1399 \text{ mm}$$

Dimana RoD adalah *roundness* dari diameter dalam pipa yang diambil dari AGA 3 No.2 hal 12, dan Rod adalah *roundness* dari diameter orifice yang diambil dari AGA 3 No.2 hal 7.

a. Diameter pipa

$$\begin{aligned} I_4 &= \left( SD \times \frac{\sigma D}{D} \right)^2 \\ SD &= \frac{-2\beta^4}{(1-\beta^4)} = \frac{-0,2575}{0,8713} = -0,2955 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\sigma D}{D} &= \frac{RoD}{D_m} \times 100\% \\ &= \frac{1,1676}{467,04} \times 100\% = 0,25\% \end{aligned} \tag{3}$$

$$I_4 = \left( SD \times \frac{\sigma D}{D} \right)^2 = (-0,2955 \times 0,25\%)^2 = 0,0000005$$

b. Diameter bore

$$I_5 = \left( Sd \times \frac{\sigma d}{d} \right)^2$$

$$Sd = \frac{2}{(1-\beta^4)} = \frac{2}{0,8713} = 2,2954$$

$$\frac{\sigma d}{d} = \frac{Rod}{dm} \times 100\%$$

$$= \frac{0,1399}{279,801} \times 100\% = 0,05\%$$

$$I_5 = \left( Sd \times \frac{\sigma d}{d} \right)^2 = (2,2954 \times 0,05\%)^2 = 0,0000013$$

– Perhitungan ketidakpastian persamaan laju alir

Data masukan :

$$\beta = 0,599$$

$$Re = 2.868.579$$

$$DP = 250 \text{ mbar}$$

$$P = 70 \text{ barg}$$

a. Densitas standar

$$I_6 = \left( S\rho b \times \frac{\sigma\rho b}{\rho b} \right)^2 = (0,5 \times 0,01)^2 = 0,000025$$

b. Koefisien discharge

$$I_7 = \left( SCD \times \frac{\sigma CD}{CD} \right)^2 = (1 \times 0,452)^2 = 0,2043$$

c. Densitas mengalir

$$I_8 = \left( S\rho f \times \frac{\sigma\rho f}{\rho f} \right)^2 = (0,5 \times 0,01)^2 = 0,000025$$

d. Faktor ekspansi

$$I_9 = \left( SY \times \frac{\sigma Y}{Y} \right)^2 = (1 \times 0,018)^2 = 0,000324$$

Jadi total ketidakpastian meter orifice, adalah sebagai berikut :

$$\frac{\sigma X}{X} = (I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8 + I_9)^{0.5} \tag{4}$$

$$\begin{aligned} \frac{\sigma X}{X} &= (0,0031 + 0,0007 + 0,0065 + 0,0000005 + 0,0000013 + 0,000025 \\ &\quad + 0,2043 + 0,000025 + 0,000324)^{0.5} \end{aligned}$$

$$\frac{\sigma_X}{\bar{X}} = 0,46365$$

Pada analisis operasi akan dilakukan analisis dampak kondisi operasi terhadap keakurasian dari meter orifice. Analisis kondisi operasi berfokus pada pengaruh adanya embun pada fluida yang mengalir pada meter orifice terhadap keakurasian dari meter tersebut. Analisis dilakukan pada data operasi periode setelah recalibrasi, hal ini dikarenakan data periode setelah kalibrasi lebih mendekati data sebenarnya. Persamaan yang digunakan adalah persamaan Murdock dan Chisholm, untuk menentukan berapa besar deviasi pengukuran yang terjadi akibat adanya embun, dan untuk menentukan keberadaan embun dan sifat fluida diperoleh menggunakan perangkat lunak proses pemodelan.

### KESIMPULAN

Dari hasil analisis ketidakpastian pengukuran meter gas menggunakan meter orifice di metering skid 178-Y010, Ras Gas diperoleh kesimpulan bahwa ketidakpastian meter orifice dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu keakurasian *transmitter*, *roundness*, diameter orifice *fittings*, dan keakurasian persamaan laju alir yang digunakan. Untuk periode sebelum recalibrasi ketidakpastian sangat dipengaruhi oleh keakurasian *transmitter*. Untuk periode setelah recalibrasi faktor penyumbang ketidakpastian terbesar adalah keakurasian dari persamaan laju alir yang digunakan. Faktor penyebab deviasi pengukuran meter orifice adalah keakurasian dari *transmitter* dan keakurasian persamaan laju alir yang digunakan. Keakurasian dari *transmitter* dipengaruhi oleh kondisi operasi yang ada, dimana keberadaan embun pada pengoperasian meter orifice menjadikan penurunan keakurasian dari *transmitter*.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Nishi, Y. Eguchi, T. Nishihara, T. Kanai and M. Kondo, *American Nuclear Society*, 2799, 2012.
- [2] Sze-Foo Chien, J.L.G. Schrodt, *et al*, *Society of Petroleum Engineers*, 1995.
- [3] T. B. Morrow, J. T. Park and R. J. McKee, *Flow Measurement and Instrumentation* **2**, 1991, pp. 14-20.
- [4] Tianyi Zhao, Jili Zhang and Liangdong Ma, *Journal of Mechanical Science and Technology* **25**, 2237 (2011).
- [5] Gerald L. Morrison, Dwayne Terracina, Carl Brewer and K. R. Hall, *Flow Measurement and Instrument* **12**, 2001, pp. 175-180.
- [6] R. I. Ganiev, N. A. Nikolaev, V. A. Fafurin, A. N. Sabirzyanov and V. B. Yavkin, *Russian Aeronautics (Iz VUZ)* **51**, 377-381 (2009).
- [7] Stephanie Marshall, Amy Feng, Paul Hagadone and Daniel LaForest, *Fundamental PI Instruction Manual Using PI to Track and Trend Data*, 24 February 2015
- [8] André Giovannini and Yves Gagnon, *Journal of Thermal Science* **4**, 1995, pp. 221-228.