

Sizing Orifice Plate 381-FE-357 Pada Crude Oil Shipping Pump di PT. SIPL

M. Rafy Karisma P.S¹, Tasya Galuh Sumarto², Asepta Surya Wardana*³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu Jawa Tengah, Indonesia 55312

Info Artikel

Histori Artikel:

Diterima berkas 25/10/2023

Direvisi 25/11/2023

Disetujui terbit 30/11/2023

Keyword:

Orifice Sizing

Beta Ratio

Flow Measurement

Differential Pressure

Bore Orifice

ABSTRAK

Dalam Industri produksi minyak dan gas, terdapat banyak faktor yang mendukung agar produksi dapat efisien, salah satunya adalah pengukuran variabel aliran (flow). Pengukuran aliran merupakan hal yang sangat penting dalam industri ini, karena menggunakan media dan diameter pipa yang beragam. Keanekaragaman diameter pipa ini dapat mempengaruhi pemilihan orifice plate yang digunakan. Oleh karena itu, penting untuk melakukan sizing orifice plate. Sizing orificeplate dilakukan berdasarkan pedoman dari ISO-5167. Hal ini berguna untuk memastikan bahwa diameter orifice yang digunakan sesuai dengan jenis aliran yang akan diukur. Setelah melakukan perhitungan manual dan membandingkannya dengan data sheet, didapatkan hasil sizing orifice plate dengan diameter sebesar 58,55208 mm dan beta ratio sebesar 0,5763. Selisih antara hasil perhitungan manual dengan data lapangan hanya sebesar 0,07112 mm untuk diameter orifice platedan 0,0033 untuk beta ratio. Selisih ini dianggap kecil dan orifice plate yang digunakan masih cocok dengan kondisi produksi saat ini.

ABSTRACT

In the oil and gas production industry, there are many factors that support efficient production, one of which is measuring flow variables. Flow measurement is very important in this industry, because it uses various media and pipe diameters. This diversity of pipe diameters can influence the selection of the orifice plate used. Therefore, it is important to size the orifice plate. Sizing the orifice plate is carried out based on ISO-5167 guidelines. This is useful for ensuring that the diameter of the orifice used is appropriate to the type of flow to be measured. After carrying out manual calculations and comparing them with the data sheet, the results obtained were sizing the orifice plate with a diameter of 58.55208 mm and a beta ratio of 0.5763. The difference between the results of manual calculations and field data is only 0.07112 mm for the orifice plate diameter and 0.0033 for the beta ratio. This difference is considered small and the orifice plate used is still suitable for current production conditions.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



*Penulis Korespondensi:

Alamat Email: aseptasw@esdm.go.id (Asepta Surya Wardana)

1. PENDAHULUAN

Pada industri *oil and gas* instrumentasi memiliki peran yang sangat penting dalam hal produksi di industri tersebut. Instrumentasi juga memiliki peran sebagai penunjang dari keakuratan pengukuran dan ketelitian pengukuran juga, karena banyak permasalahan yang terjadi pada industri *oil and gas* yang disebabkan oleh alat instrumentasi yang tidak dapat digunakan atau memiliki keakuratan pengukuran yang kurang baik[1].

Crude oil shipping pump pada PT. SIPL merupakan salah satu alat yang digunakan untuk mengirim *crude oil* yang terdapat di *crude oil storage tank* menuju ke *jetty loading arm package*. Pada *crude oil*

shipping pump terdapat *flow transmitter* dan *orifice plate* yang berfungsi untuk mengukur laju aliran yang lewat [2].

Untuk memastikan jika laju aliran yang diukur akurat, maka yang harus dilakukan adalah dengan cara *sizing* terhadap diameter *orifice plate* yang digunakan. Tujuan utama dari *sizing* adalah untuk memastikan atau memvalidasi ukuran diameter dari *orifice plate* yang digunakan udah sesuai dengan fluida yang akan diukur atau belum. *Sizing* pada *orifice plate* memiliki dua pedoman yaitu menggunakan AGA 3 atau menggunakan ISO-5167[3].

Seringnya dilakukan *sizing* pada *orifice plate* di *crude oil shipping pump* karena ada beberapa faktor, salah satunya yaitu karena *density* dari *crude oil* dapat mempengaruhi kebutuhan diameter orifice yang digunakan agar pengukuran yang dilakukan akan tetap akurat dan teliti [4]. Menurunnya produksi pada suatu industri juga merupakan salah satu faktor yang dapat dijadikan alasan untuk melakukan *sizing orifice plate*[5], karena jika produksi turun secara otomatis flow yang melaju juga akan berbeda atau lebih kecil dan dapat membuat pressure drop yang lumayan signifikan.

2. METODA

Berikut ini merupakan diagram alir dari *sizing orifice plate* pada *crude oil shipping pump*:



Gambar 1 Diagram Alir Sizing Orifice Plate

A. Data Sizing Orifice Plate

Pada sebuah industri jika akan melakukan *sizing orifice* plate dibutuhkannya data data untuk melakukan perhitungan seperti diameter dalam pipa yang merukan sebuah ukuran dari dalam pipa yang akan diukur, ada juga diameter *orifice* plate yaitu sebuah ukuran dua kali dari rata rata dari plat pada orifice, maksimum flowrate adalah sebuah volume cairan yang bergerak ditahap maksimal, maksimum Δp adalah maksimumnya dari perbedaan tekanan, density aliran merupakan ukuran berapa padat dari suatu aliran yang akan diukur, dan viskositas aliran yang merupakan besaran dari kental tidaknya suatu aliran yang akan diukur.

Tabel 1 Data yang diperlukan

No.	Data yang diperlukan	Besaran Nilai
1.	Diameter dalam pipa	4 inch
2.	Diameter <i>orifice</i> plate	2,307 inch
3.	Maksimum Flowrate	43,75 Am ³ /h
4.	Maksimum Δp	100 inH ₂ O
5.	Density aliran	788 kg/m ³
6.	Viskositas aliran	1,95 Cp

B. Sizing Orifice Plate ISO 5167

Pada umumnya *sizing orifice* plate memiliki dua pedoman terhadap perhitungannya, adanya perbedaan pedoman juga mengakibatkan perbedaan langkah untuk perhitungannya. Dua pedoman tersebut adalah menggunakan AGA 3 dan ISO 5167. Pada perhitungan kali ini menggunakan ISO 5167 sebagai pedoman perhitungannya dan ada beberapa data yang diperlukan sebagai berikut :

- a. *Sizing Meter*
- b. *Reynold Number*
- c. *Beta Ratio 0*
- d. *Koefisien Discharge*
- e. *Faktor Absolute*
- f. *Beta Ratio*
- g. *Diameter Orifice Plate*

Pada tahapan awal untuk melakukan *sizing orifice* plate dengan cara mencari *sizingmeter*. *Sizing meter* merupakan suatu validasi awal dari langkah perhitungan *sizing*[6]. Jika sesuai dengan ISO 5167 memiliki rumus, sebagai berikut:[7]

$$S_m = \frac{qm}{\frac{\pi}{4}\sqrt{2D^2}\sqrt{\Delta p}\rho} \quad (1)$$

Setelah didapatnya nilai *sizing meter*, selanjutnya adalah menentukan nilai *Reynolds number*. *Reynolds number* adalah sebuah langkah yang memiliki tujuan untuk mengetahui aliran yang akan diukur dan agar dapat mengetahui faktor K2. Untuk menghitung nilai *Reynolds number*, digunakan rumus seperti berikut: [8]

$$Re_D = \frac{v_1 D}{\nu} = \frac{4Qm}{\pi \mu D} \quad (2)$$

Nilai K2 ditentukan berdasarkan jumlah *Reynold Number* dari fluida yang akandilakukan pengukuran. Ketentuan tersebut dapat dijelaskan seperti berikut : [9]

- Ketika $Re_D < 200000$ maka nilai K2 adalah 0,06
- Ketika $Re_D > 200000$ maka nilai K2 adalah 0,00

Setelah diketahui *reynold number* dan nilai K_2 maka selanjutnya yang harus dilakukan adalah mencari *beta ratio* semu, dengan rumus sebagai berikut : [10]

$$\beta_0 = [1 + (\frac{0,6}{S_m} + K_2)^2]^{-0,25} \quad (3)$$

Pada saat setelah mendapatkan nilai β_0 , mencari nilai dari koefisien *discharge* (C). Koefisien *discharge* merupakan nilai perbandingan antara luasan efektif yang merupakan bidang normal tegak lurus aliran dengan luasan lubang itu sendiri dan menggunakan rumus seperti dibawah ini : [11]

$$C = C_\infty + \frac{91,71\beta^{2,5}}{ReD^{0,75}} \quad (4)$$

C_∞ mempunyai ketentuan yang disesuaikan dengan diameter dalam pipa yangketentuannya seperti berikut:[12]

- Jika $D < 58,5$ mm, maka $C_\infty = 0,5959 + 0,312\beta^{2,1} - 0,184\beta^8 + (0,039 \frac{\beta^4}{(1-\beta^4)}) - 0,856 \frac{\beta^3}{D}$ (5)

- Jika $D \geq 58,5$ mm, maka $C_\infty = 0,5959 + 0,312\beta^{2,1} - 0,184\beta^8 + (\frac{2,286}{D} 0,039 \frac{\beta^4}{(1-\beta^4)}) - 0,856 \frac{\beta^3}{D}$ (6)

Disaat koefisien *discharge* telah ditentukan, kemudian nilai yang dicari adalah F_a atau *factor absolute* dengan cara menggunakan rumus yang tertera sebagai berikut: [13]

$$F_a = 1 + \frac{2}{(1-\beta^4)} (\alpha_{plate} - \alpha_{pipe})(T - 20^\circ C) \quad (7)$$

Ketika nilai koefisien discharge sudah di temukan , faktor absolute, dan sizing meter. Maka langkah selanjutnya yang dilakukan adalah mencari nilai beta ratio yang sesungguhnya (β). Beta ratio adalah suatu perbandingan luas penampang lubang plat dengan luas penampang pipa dan perhitungannya menggunakan rumus yang tertera sebagai berikut: [14]

$$\beta = [1 + (\frac{C \times Y \times F_a}{S_m})^2]^{-0,25} \quad (8)$$

Beta ratio sesungguhnya telah ditemukan, kemudian yang dicari adalah nilai daridiameter *orifice* menggunakan rumus seperti berikut: [15]

$$d = \beta \times D \quad (9)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Sizing Orifice Plate

Pada perhitungan *sizing orifice* plate diawali dengan mencari parameter yang pertama yaitu *sizing* meter, dengan rumus seperti dibawah ini :

$$S_m = \frac{\pi q_m}{4 \sqrt{2} D^2 \sqrt{\Delta p \cdot \rho}} \quad (10)$$

$$S_m = \frac{10,086}{3,14 \sqrt{2} \cdot (0,1016)^2 \sqrt{24884 \cdot 788}}$$

$$S_m = 0,1987$$

Nilai *sizing* meter yang telah ditemukan yaitu sebesar 0,1987 dan langkah selanjutnya setelah mendapatkan nilai *sizing meter*, kemudian mencari nilai *reynold number*. Ketika sudah mendapatkan nilai *reynold number*, secara otomatis dapat menentukan nilai faktor K_2 dengan rumus seperti dibawah ini:

$$R_{eD} = \frac{4q_m}{\pi \cdot \mu \cdot D} \quad (11)$$

$$R_{eD} = \frac{4 \cdot 10,086}{3,14 \cdot 0,00195 \cdot 0,1016}$$

$$R_{eD} = 64851,643$$

Nilai *reynold number* yang ditemukan sebesar 64851,643 dan dilanjutkan dengan mencari parameter selanjutnya yaitu *beta ratio* 0, dengan rumus seperti dibawah ini :

$$\beta_0 = [1 + (\frac{0,6}{S_m} + K_2)^2]^{-0,25} \quad (12)$$

$$\beta_0 = [1 + (\frac{0,6}{0,1987} + 0,06)^2]^{-0,25}$$

$$\beta_0 = 0,55573$$

Setelah mendapatkan nilai dari *beta ratio* 0, parameter selanjutnya yang harus dicari adalah C atau *Koefisien Discharge*.

$$C = C_{\infty} + \frac{91,71 \beta^{2,5}}{ReD^{0,75}} \quad (13)$$

Sebelum mencari nilai *koefisien discharge*, yang ditentukan terlebih dahulu adalah C_{∞} .

$$C_{\infty} = 0,5959 + 0,312\beta^{2,1} - 0,184\beta^8 + \left(\frac{2,286}{D} 0,039 \frac{\beta^4}{(1-\beta^4)}\right) - 0,856 \frac{\beta^3}{D} \quad (14)$$

$$C_{\infty} = 0,5959 + 0,312 (0,55573)^{2,1} - 0,184 (0,55573)^8 + \left(\frac{2,286}{101,6} \cdot 0,039 \cdot \frac{(0,55573)^4}{(1 - 0,55573^4)}\right) - 0,856 \frac{(0,55573)^3}{101,6}$$

$$C_{\infty} = 0,68373$$

Setelah mendapatkan nilai C_{∞} , maka selanjutnya mencari nilai C.

$$C = 0,68373 + \frac{91,71 (0,55573)^{2,5}}{(64851,643)^{0,75}} \quad (15)$$

$$C = 0,68892$$

Setelah mendapatkan nilai koefisien discharge dengan cara mencari nilai C_{∞} terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan mencari parameter selanjutnya yaitu *Faktor Absolute*.

$$F_a = 1 + \frac{2}{(1-\beta^4)} (\alpha \text{ plate } \beta^4 - \alpha \text{ pipe}) (T - 20^{\circ}\text{C}) \quad (16)$$

$$F_a = 1 + \frac{2}{(1 - 0,55573^4)} (8,9 \times 10^{-6} - (0,55573^4) 10,8 \times 10^{-6}) (120 - 20)$$

$$F_a = 1,001739$$

Setelah beberapa parameter sudah ditemukan nilainya seperti *Koefisien Discharge*, *Sizing Meter*, *Faktor Absolute*. Parameter yang dicari selanjutnya yaitu *Beta Ratio*.

$$\beta = \left[1 + \left(\frac{C \times Y \times F_a}{s_m}\right)^2\right]^{-0,25} \quad (17)$$

$$\beta = \left[1 + \left(\frac{0,68892 \times 1 \times 1,001739}{0,1987}\right)^2\right]^{-0,25}$$

$$\beta = 0,5763$$

Setelah *Beta Ratio* sesungguhnya nilainya ditemukan, parameter terakhir yang dicari adalah *Diameter Orifice Plate*.

$$d = \beta \times D \quad (18)$$

$$d = 0,5763 \times 101,6$$

$$d = 58,55208 \text{ mm}$$

b. Perbandingan Data Lapangan Dengan Data Perhitungan

Tabel 2. Perbandingan Data Lapangan dan Data Perhitungan

Parameter	Data Lapangan	Data Perhitungan	Selisih
Diameter Orifice Plate	58,6232 mm	58,55208 mm	0,07112 mm
Beta Ratio	0,573	0,5763	0,0033

Perbandingan dari data yang ada dilapangan dan data perhitungan dijelaskan dengan tabel diatas. Pada parameter yang pertama yaitu diameter *orifice plate* pada dilapangan yang sebesar 58,6232 mm sedangkan pada data perhitungan sebesar 58,55208 mm dan selisih antara data lapangan dan data perhitungan hanya sebesar 0,07112mm. Pada parameter kedua yaitu *beta ratio* yang teradapat pada data lapangan sebesar 0,573 sedangkan data perhitungan sebesar 0,5763 dan selisih antar dua data tersebut sebesar 0,0033. Dapat disimpulkan jika selisih dari dua parameter tersebut yang didapatkan dari dua data yang berbeda memiliki nilai yang kecil atau masih masuk dalam toleransi.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil adalah *Sizing Orifice Plate* yang telah dilakukan mendapatkan hasil diameter *orifice plate* yang telah dilakukan perhitungan secara manual sebesar 58,55208 mm dan selisih dengan data dilapangan sebesar 0,07112 mm. Sedangkan perbandingan data dilapangan dan perhitungan manual mendapatkan hasil pada *beta ratio* memiliki data dilapangan sebesar 0,573 sedangkan hasil perhitungan

manual sebesar 0,5763. Selisih *beta ratio* sebesar 0,0033. Sehingga diameter *orifice plate* dan *beta ratio* yang digunakan masih cocok dengan proses atau fluida yang sedang diukur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. L. Siegel, "Design and operation of a high-temperature tungsten-mesh gas heater," 1967, [Online]. Available: <http://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=19680000666>.
- [2] K. Energi *et al.*, "SIZING ORIFICE PLATE DIFFERENTIAL PRESSURE UNTUK PENGUKURAN CONDENSATE PADA PROSES PEMURNIAN CO₂ DI PT PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG."
- [3] P. Studi and B. Minat, "Perhitungan Deviasi Pengukuran Meter Gas Orifice 138-Fe-102 Di Pt Pgn Sipl Gresik."
- [4] ISO, "ISO 5167 : 2 : 2003 Measurement of Fluid Flow by means of pressure differential devices inserted in full Part 2 : Orifice Plates," 61010-1 © Iec2001, vol. 2003, p. 13, 2003.
- [5] P. R. Prima, "Verifikasi Sizing Orifice Plate Differential Pressure Untuk Pengukuran Steam Flow Di Pt Madubaru Yogyakarta," vol. 2, no. November, pp. 1332–1339, 2022.
- [6] B. A. B. Ii, "BAB II LANDASAN TEORI II.1. Tinjauan Pustaka," pp. 7–32, 1996.
- [7] V. A. P. Flow *et al.*, "Instrumentasi dan Pengukuran Flow."
- [8] I. PRIYADI, F. HADI, R. FAURINA, and I. AGUSTIAN, "Ventilator Non-Invasive berbasis Kontrol Volume dengan Orifice Plate Flow Meter," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 10, no. 2, p. 259, 2022, doi: 10.26760/elkomika.v10i2.259.
- [9] P. Size and H. Diameter, "ORIFICE PLATE & FLANGE."
- [10] Simon Learman, "Restriction Orifice Plate (Liquid) Sizing Calculator," 2009, [Online]. Available: <https://www.blackmonkengineering.com/pages/liquid-rop-sizing.html>.