

PENENTUAN UKURAN DIAMETER *ORIFICE* PADA PIPA 8 INCH LAPANGAN PANAS BUMI XSA

**Elsabrina Prakasa Putri^{1*}, Henk Subekti¹, Bakhtiar Zaid Ariadji², Yusniar Uly
Andrianingtyas²**

¹Teknik Produksi Migas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu, Blora

²Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang, Bandung

*E-mail: elsabrina.prakasa@outlook.com

ABSTRAK

Pengukuran aliran uap sangat penting untuk manajemen pengembangan dan pemantauan *output* sumur. Pengukuran ini umumnya menggunakan *plate orifice* yang memanfaatkan perbedaan tekanan saat uap melewati *orifice*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan ukuran diameter *orifice* yang optimal pada pipa sumur *drysteam* berukuran 8 inch dan berdasarkan standar ISO-5167. Hasil penelitian menunjukkan bahwa diameter *orifice* yang sesuai adalah 5.9 inch dengan laju alir massa sebesar 43.32 ton/jam. Selanjutnya, nilai *pressure loss* yang terukur adalah 0.42 bar yang mana menunjukkan kehilangan tekanan yang signifikan. Data *tapping upstream* dan *downstream* juga diperoleh sehingga memberikan gambaran lengkap tentang perbedaan tekanan sebelum dan sesudah *orifice*. Keseluruhan hasil penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam memahami karakteristik aliran melalui *orifice* dan implikasinya terhadap desain sistem perpipaan.

Kata kunci: Panas Bumi, *Orifice Sizing*, *Orifice Plate*, ISO-5167

1. PENDAHULUAN

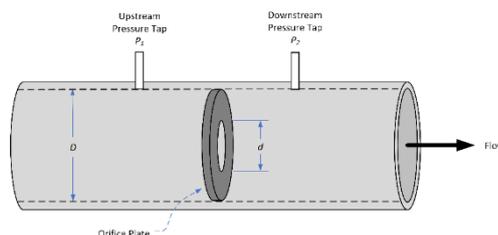
Dewasa ini, pemanfaatan fluida panas bumi sangat beraneka ragam, baik untuk pembangkit listrik maupun untuk keperluan non listrik lainnya. Penggunaan energi panas bumi juga sedang digalakkan karena termasuk dalam industri energi terbarukan dan digadang-gadang dapat mengurangi bahkan menggantikan energi fosil yang sudah digunakan lebih dulu. Penggunaan energi terbarukan ini juga banyak didukung karena memiliki dampak yang lebih sedikit untuk lingkungan dibandingkan dengan energi fosil.

Fluida panas bumi yang telah diproduksi ke permukaan bumi mengandung panas yang akan dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Hal ini dapat terjadi karena adanya suatu sistem konversi energi panas bumi (*geothermal power cycle*) yang dapat mengubah energi panas menjadi energi listrik. Sistem konversi ini terdapat pada Pembangkit Listrik Tenaga Panasbumi (PLTP).[1]

Dalam produksi fluida panas bumi diperlukan alat untuk mengukur dan memonitor laju alirnya. Salah satu alat yang umum digunakan adalah *orifice*. Alat ini dianggap lebih ekonomis dan mudah dalam proses instalasinya, sehingga sering digunakan dalam industri panas bumi. Prinsip kerja *orifice* didasarkan pada pemasangan pelat berlubang di dalam pipa yang menyebabkan perbedaan tekanan antara sisi hulu (*upstream*) dan hilir (*downstream*). Ilustrasi pemasangan *plate orifice* ini dan beberapa bagian penting dari alat tersebut dapat dilihat pada gambar 1.

Sebelumnya sudah ada beberapa jurnal yang meneliti tentang penentuan ukuran diameter *orifice* dan kehilangan tekanan (*pressure drop*) yang terjadi [3]. Telah ditentukan ukuran diameter *orifice* pada industri gas menggunakan standar ISO-5167 [4], juga ukuran diameter *orifice* pada fluida panas bumi dua fasa [5]. Penelitian ini membahas tentang penggunaan beberapa persamaan baru untuk menentukan diameter *orifice*. Telah dilakukan penelitian

kehilangan tekanan pada beberapa diameter *orifice* yang berbeda [6], juga kehilangan tekanan fluida setelah melewati *orifice* dua fasa [7].



Gambar 1. Ilustrasi Orifice Plate [2]

Lapangan Panas Bumi XSA merupakan salah satu lapangan panas bumi tertua di Indonesia dan memiliki fasa fluida berupa uap kering (*drysteam*). Beberapa waktu yang lalu, lapangan ini memiliki sumur baru (sumur X) yang belum diproduksi karena belum memiliki fasilitas perpipaan yang digunakan untuk mengalirkan uap dari sumur menuju *main steamline*

Penelitian ini difokuskan pada penentuan ukuran *orifice* yang sesuai dan optimal untuk pipa sumur *drysteam* berukuran 8 inch. Penentuan ukuran ini sangat krusial karena dapat mempengaruhi produksi uap ketika sumur sudah siap beroperasi. Selain itu, ukuran yang tepat juga berfungsi sebagai alat pengaman untuk menjaga pipa dari potensi kenaikan tekanan yang berlebihan.

2. METODE

Pada penelitian ini, penentuan ukuran didasarkan dengan standard ISO-5167 yang memuat beberapa rumus dan syarat dalam penentuan ukuran diameter *orifice* yang sesuai. Pipa yang digunakan adalah NPS 8 SCH 40, dengan demikian diameter dalam pipa berdasarkan ASTM A312 adalah 202.72 mm atau 0.203 m [8-9]. Tabel 1 berikut ini merupakan data kondisi fluida pada sumur X:

Tabel 1. Kondisi Fluida

Parameter	Nilai	Satuan
Fluida	<i>Steam from well</i>	-
Laju Alir Massa	43.32	ton/hr
Temperatur	200°	C
Densitas Fluida	7.57	kg/m ³
Tekanan Operasi	14.95	bar
Perbedaan Tekanan	1	bar

Dari data tersebut dapat diolah menggunakan rumus yang ada pada standard ISO-5167, sebagai berikut:

$$q_m = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \epsilon \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta P \rho} \quad (1)$$

Penentuan rasio diameter antara diameter *orifice* dan diameter pipa. Rasio ini dapat diperoleh dari Pers. (1), yaitu sebagai berikut:

$$\frac{C \varepsilon \beta^2}{\sqrt{1-\beta^4}} = \frac{4 q_m}{\pi D^2 \sqrt{2\Delta P \rho}} \quad (2)$$

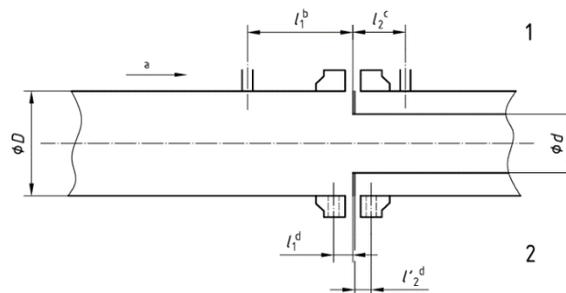
$$\frac{\beta^2}{\sqrt{1-\beta^4}} = \frac{4 q_m}{c \varepsilon \pi D^2 \sqrt{2\Delta P \rho}} \quad (3)$$

$$X = \frac{\beta^2}{\sqrt{1-\beta^4}} \quad (4)$$

$$A_2 = \frac{4 q_m}{\pi D^2 \sqrt{2\Delta P \rho}} \quad (5)$$

$$X_2 = \frac{A}{C \varepsilon} \quad (6)$$

$$\frac{\beta^2}{\sqrt{1-\beta^4}} = X_2 \quad (7)$$



Gambar 2. Ilustrasi *Spacing Tapping Orifice*

Setelah penentuan diameter akan ditentukan tentang *spacing tapping* yang digunakan untuk mengukur tekanan fluida di dalam pipa pada titik tertentu saat fluida mengalir melalui *orifice plate*. *Tapping* ini penting untuk menentukan perbedaan tekanan (ΔP) yang diperlukan untuk menghitung laju aliran fluida. Pada penelitian ini digunakan *tapping* dengan tipe D dan D/2, dapat dilihat di gambar 2 yaitu tentang ilustrasi penempatan *tapping* yang disimbolkan dengan l .

Terakhir, dapat diketahui *pressure loss* yang merujuk pada penurunan tekanan yang terjadi ketika fluida mengalir melalui *orifice plate*. Penurunan tekanan ini disebabkan oleh adanya gangguan aliran yang ditimbulkan oleh *orifice*, yang menyebabkan turbulensi dan kehilangan energi. [1] Penentuan *pressure loss* dapat menggunakan rumus berikut:

$$\frac{\Delta \bar{\omega}}{\Delta P} = 1 - \beta^{1,9} \quad (8)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penentuan Ukuran Diameter

Pada penentuan ukuran diameter *orifice* yang tepat dapat menggunakan iterasi dari Pers. (1). Berdasarkan skema iterasi tersebut dapat ditetapkan bahwa nilai $C = 0.525$ dan $\varepsilon = 0.85$ serta diketahui bahwa laju alir massa sebesar 43.32 ton/hr atau sama dengan 12.03 kg/s, sehingga didapatkan nilai X:

$$A_2 = \frac{4 (12.03)}{(3.14) (0.203)^2 \sqrt{2(100000)(7.57)}} \\ = 0,302$$

$$X_2 = \frac{A}{C \varepsilon} \\ X_2 = \frac{(0,302)}{(0,525) (0,85)} \\ = 0,68$$

Hasil dari iterasi tersebut harus divalidasi menggunakan syarat dan sudah memenuhi:

$$\left| \frac{A_2 - X_2 C \varepsilon}{A_2} \right| < 1.10^{-1} \\ \left| \frac{0,302 - (0,68)(0,525)(0,85)}{0,302} \right| = 0,004 < 1.10^{-1}$$

Hasil tersebut sudah memenuhi syarat, dengan demikian dapat ditentukan rasio antara diameter pipa dan diameter *orifice* (β), yaitu sebagai berikut:

$$\frac{\beta^2}{\sqrt{1-\beta^4}} = 0,68 \text{ maka diperoleh } \beta = 0,75$$

Setelah didapatkan nilai rasio β , dapat ditentukan diameter *orifice* yang sesuai dengan kondisi pipa dan fluida. Didapatkan nilai diameter *orifice* sebagai berikut:

$$d = \beta \cdot D \\ = (0,75) \cdot (0,203) \\ = 0,15 \text{ m} = 5,9 \text{ in}$$

Dengan hasil tersebut dapat diketahui bahwa untuk pipa 8 inch di sumur X, diameter *orifice* yang sesuai berukuran 5.9 inch.

B. Penentuan *Pressure Loss*

Pada penentuan ukuran diameter *orifice* yang tepat dapat menggunakan Pers. (8) akan didapat nilai berikut:

$$\Delta \bar{\omega} = \Delta P (1 - \beta^{1,9}) \\ = (10000) (1 - 0,75^{1,9}) \\ = 42108.3 \text{ Pa} = 0,42 \text{ bar}$$

Pressure loss ini disebabkan oleh hambatan yang disebabkan oleh gangguan dari *orifice* pada aliran uap. Dengan rasio antara diameter pipa dengan diameter *orifice*, dapat diketahui penurunan tekanan yang mungkin terjadi adalah sebesar 0.42 bar.

C. Penentuan *Tapping*

Untuk *pressure tapping* tipe D dan D/2, berdasarkan ISO 5167-2, *spacing* untuk *upstream pressure tapping* (l_1) adalah di antara 0.9D ~ 1.1D. Adapun *spacing* untuk *downstream pressure tapping* (l_2) untuk $\beta > 0.6$ adalah di antara 0.49D dan 0.51D. [2]

$$0,9(7,99) \sim 1,1(7,99) = 7,2 \sim 8,79 \text{ in}$$

$$0,49(7,99) \sim 0,51(7,99) = 3,92 \sim 4,1 \text{ in}$$

Tapping yang didapatkan ini, digunakan sebagai pedoman untuk menentukan *tapping* yang sesuai dengan ukuran diameter pipa dan *orifice*. Dari hasil tersebut dapat diartikan bahwa, l_1 berada diantara 7.2 hingga 8.79 inch dan untuk l_2 berada diantara 3.92 hingga 4.1 inch.

4. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, pengukuran diameter *orifice* yang dilakukan menghasilkan diameter sebesar 5.9 inch. Hasil ini menunjukkan bahwa *orifice* yang digunakan mampu mengatur aliran dengan baik pada kondisi yang telah ditentukan. Nilai *pressure loss* yang dihitung sebesar 0.42 bar menunjukkan adanya kehilangan tekanan yang signifikan, yang perlu diperhatikan dalam aplikasi praktis untuk memastikan efisiensi sistem.

Selain itu, pengukuran *tapping upstream* yang berkisar antara 7.2 hingga 8.79 inch dan *tapping downstream* antara 3.92 hingga 4.1 inch memberikan gambaran yang jelas tentang perbedaan tekanan yang terjadi sebelum dan sesudah *orifice*. Data ini penting untuk analisis lebih lanjut mengenai performa sistem aliran dan untuk perancangan *orifice* yang lebih optimal di masa depan. Pemilihan ukuran *orifice* yang tepat berperan krusial dalam meningkatkan kinerja sistem dan mengurangi risiko yang mungkin timbul akibat tekanan berlebih.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. M. Saptadji, "Teknik Panas Bumi," pp. 1–306, 2001.
- [2] 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, 2003.
- [3] P. R. Prima and A. Sahrin, "Verifikasi Sizing Orifice Plate Differential Pressure Untuk Pengukuran Steam Flow," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Energi dan Miner.*, vol. 2, no. 1, pp. 1332–1339, 2022, doi: 10.53026/sntem.v2i1.758.
- [4] A. Paturahman and C. N. Hamdani, "Analisa Sizing Orifice Meter Dan Metering Flowrate Pada Project Jumperline SKG-X ISO 5167 & AGA 3," *INHARDWARE J. Instrum. Hardw.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–6, 2023, [Online]. Available: <https://akamigas.esdm.go.id/jurnal/index.php/jih>
- [5] M. H. Mubarak, S. J. Zarrouk, J. E. Cater, and J. E. Cater, "the Geothermal Two-Phase Orifice Plate," *39th New Zeal. Geotherm. Work.*, no. November, 2017, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/321069478>
- [6] A. Cioncolini, F. Scenini, and J. Duff, "Micro-orifice single-phase liquid flow: Pressure drop measurements and prediction," *Exp. Therm. Fluid Sci.*, 2015, doi: 10.1016/j.expthermflusci.2015.03.005.
- [7] M. H. Mubarak, S. J. Zarrouk, and J. E. Cater, "Numerical and analytical modeling of pressure drop through a geothermal two-phase orifice plate," in *Proceedings of the 40th New Zealand Geothermal Workshop*, 2018.
- [8] ASTM International, "Astm a 312/a 312M- 21, Standard Specification for Seamless , Welded , and Heavily Cold Worked Austenitic Stainless Steel Pipes," *Standards*, 2021.
- [9] A. P. Institute, "API 5L Specification for line pipe," *Api Spec 5L*, vol. Forty Four, pp. 1–40, 2007.
- [10] En Bs 24006 (Iso 4006:1991), "Measurement of fluid flow in closed conduits — Vocabulary and symbols," *Bs En*, 1993.

Daftar Simbol

q_m	=	Laju aliran fluida, kg/s
C	=	Koefisien discharge
β	=	Rasio diameter orifice/diameter pipa – d/D
ϵ	=	Faktor ekspansibilitas
d	=	Diameter orifice, in

ΔP = Differential pressure
 ρ = Densitas fluida
 $\Delta \bar{\omega}$ = Pressure drop, bar