

Jurnal Mekanika dan Sistem Termal (JMST)

Journal homepage: <http://e-journal.janabadra.ac.id/index.php/JMST>

Pengaruh Variasi Lubang terhadap Koefisien Debit pada Wadah Terbuka Berisi Oli

Lia Yunita

¹Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta,
Jl. Proklamasi No. 1 Babarsari Yogyakarta

*Corresponding author :
E-mail: ylia47@yahoo.com

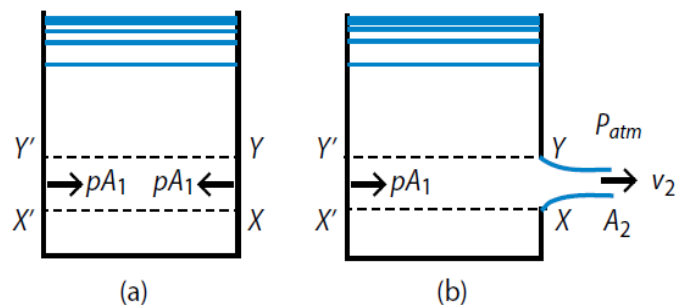
Abstract – This study aims to determine the effect of variation of the coefficient of discharge hole in an open container. The flow of fluid out of the hole has a cross-sectional area which is different from the actual cross-sectional area, the phenomenon is called venous kontrakta. Comparison of real debit and debit theoretically called the discharge coefficient (C_d). Experimental method used to determine the coefficient of discharge of oil flow in open containers using the software help logger pro 3.8.4. In this study, it was carried out various forms holes that of a circle and a triangular hole using an open container (jar) containing oil. The experimental results show that the circle-shaped hole has a coefficient of discharge is greater than the triangular hole.

Keywords – Debit Coefficient, Orifice, Open Container, Logger Pro 3.8.4.

1. Pendahuluan

Pengeringan carian melalui lubang bagian bawah wadah silinder telah banyak dilakukan penelitian sebelumnya. Percobaan Judd dan King (1906) mencatat laju aliran volumetrik dari aliran lubang tepi tajam versus fungsi kedalaman air. Perhatian tertuju pada koefisien debit (C_d). Mereka menggunakan *micrometer caliper* sistem untuk mengukur bentuk dari kecepatan aliran air dari lubang. Informasi yang didapatkan menunjukkan bahwa area aliran cairan lebih kecil dibanding area lubang keluarnya cairan (lihat gambar 1.b). Judd dan King meneliti perubahan koefisien debit versus kedalaman air, yang mana berhubungan dengan kecepatan keluarnya air. Percobaan Tuve and Sprengle (1933) meneliti fenomena vena kontrakta di lubang datar sebuah pipa dengan aliran fluida kental. Percobaan mereka tidak jauh berbeda dengan Judd dan King yang menunjukkan kecepatan keluarnya fluida dalam lubang berhubungan dengan bilangan Reynold 1-10000. Percobaan Judge dan King diulangi oleh Medugh dan Johnson (1940) mengukur koefisien debit untuk berbagai tinggi ujung fluida, percobaan koefisien debit

bergantung pada kecepatan fluida. Percobaan Libii (2003) memperagakan pengeringan fluida dari sebuah tangki silinder dengan pengukuran secara langsung.



Gambar 1. Ilustrasi Vena Kontrakta pada Wadah Terbuka

Percobaan Lee at al. (2012) meneliti sebuah tabung multiperforasi yang menunjukkan adanya beberapa lubang dengan berbagai variasi bentuk yaitu silinder dan persegi panjang. Hasilnya semakin meningkatnya rasio

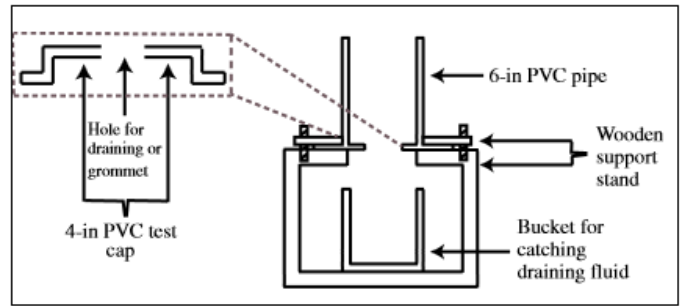
penyumbatan tabung multiperforasi, distribusi debit lebih seragam antara lubang. Sudut debit menjadi lebih tegak lurus ke arah longitudinal karena lebih dekat dengan akhir lubang. Semakin meningkatnya ketebalan tabung multiperforasi, distribusi debit lebih seragam antara lubang maka koefisien kontraksi meningkat.

Percobaan Rashid et al. (2012) mengenai efek nomor slot *inlet* (n) pada sudut semprot kerucut dan koefisien debit (C_d). Tekanan injeksi bervariasi di kisaran 2 sampai 8 bar dan air digunakan sebagai fluida kerja. Hasil percobaan menunjukkan bahwa semakin besar sudut semprot *cone* maka tekanan injeksi meningkat. Selain itu mengamati bahwa alat penyemprot dengan jumlah slot inlet paling banyak menghasilkan semprot terluas. Selain itu, ditemukan bahwa tekanan injeksi yang lebih tinggi dan jumlah yang lebih kecil slot *inlet* mengarah untuk menurunkan koefisien debit.

McLemore et al. (2013) meneliti mengenai koefisien debit (C_d) pada pipa bulat yang dilubangi tengahnya berbentuk lingkaran, dengan anak tangga berlubang dipasang sebagai outlet utama untuk stormwater penahanan atau endapan cekungan. Tes menunjukkan bahwa aliran lateral dari sisi melengkung riser ini menurun, vena contracta lebih dari apa yang biasanya terjadi selama arus melalui sebuah lubang biasa. Sebaliknya, tetapi pada tingkat lebih rendah, C_d meningkat akibat permukaan air mendekati bagian atas lubang tersebut.

Binilang (2014) meneliti aliran pada saluran kecil. Pengamatan/pengukuran dilakukan pada 3 (tiga) jenis ambang/pelimpah, yakni ambang dengan mercu lebar, ambang dengan mercu bulat dan ambang dengan mercu setengah lingkaran, masing-masing dengan 5 (lima) variasi debit aliran. Hasilnya bahwa hubungan antara parameter debit (Q) dengan kecepatan (V) adalah linier atau berbanding lurus.

Penelitian selanjutnya mengenai koefisien debit menggunakan bantuan detektor gerak (Hicks dan Slaton, 2015). Percobaan Hick dan Slaton dilakukan dengan menggunakan pipa PVC yang didudukkan di stand kayu tingkat yang memungkinkan air melewati ke dalam ember. Peralatan dirancang seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Dalam percobaan ini, gerakan jatuhnya air yang jatuh dicatat menggunakan gerak ultrasonik detector. Detektor gerak ditempatkan dalam penjepit tiga jari yang melekat pada cincin berdiri sekitar 40 cm di atas bagian atas pipa PVC. Percobaan dilakukan dalam wadah terbuka pada *orifice* berbentuk lingkaran dengan empat diameter yang berbeda dengan dua sisi yaitu sisi tajam (tidak ada *grommet*) dan ujung bulat (*grommet*).



Gambar 2. Skematik percobaan Ashley Hicks dan William Slaton.

Penelitian yang terbaru dilakukan oleh Peter dan Chinedu (2016) mengenai pengaruh kepadatan, penurunan tekanan, viskositas dan daerah *orifice* pada aliran fluida. Prinsip Bernoulli diterapkan dalam menggambarkan prinsip desain, analisis stabilitas dan pengembangan model matematika dari *flowmeter* berdasarkan tekanan dengan area konstan. Percobaan ini, menyimpulkan bahwa efektivitas pelat *orifice* tergantung pada kerapatan dan viskositas.

Orifice didefinisikan sebagai bukaan pada dinding atau dasar tangki dimana zat cair mengalir melaluinya. *Orifice* tersebut bisa dijadikan alat untuk mengukur debit. Vena kontrakta didefinisikan pancaran fluida melewati lubang yang mengalami kontraksi (penguncupan aliran). Kontraksi maksimum terjadi pada penampang sedikit di hilir lubang. Pada aliran zat cair melalui lubang terjadi kehilangan tenaga sehingga beberapa parameter aliran akan lebih kecil dibanding pada aliran zat cair ideal. Berkurangnya parameter aliran tersebut dapat ditunjukkan oleh beberapa koefisien, yaitu koefisien kontraksi, koefisien kecepatan dan koefisien debit. Koefisien kontraksi (C_c) didefinisikan sebagai perbandingan antara luas penampang aliran pada vena kontrakta (A_c) dan luas lubang (A) yang sama dengan tampang aliran zat cair ideal.

Koefisien kontraksi tergantung pada tinggi energi, bentuk dan ukuran lubang. Koefisien kecepatan (C_v) adalah perbandingan antara kecepatan nyata aliran pada vena kontrakta (V_c) dan kecepatan teoritis (V). Nilai koefisien kecepatan tergantung pada bentuk dari sisi lubang (lubang tajam atau dibulatkan) dan tinggi energi. Koefisien debit (C_d) didefinisikan sebagai perbandingan antara debit nyata dan debit teoritis. Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah oli.

Melalui hasil penelitian tentang fenomena aliran, pada wadah terbuka maka menjadi suatu langkah awal untuk mengembangkan secara lebih lanjut terhadap ilmu teknik misalnya industri-industri yang menggunakan pipa-pipa dalam proses produksi-nya merupakan langkah aktual bagi upaya perencanaan, dimana parameter-parameter yang digunakan dalam penelitian tersebut dapat diterapkan dalam perencanaan di lapangan. Hal ini tentu membutuhkan upaya yang detail dan ditunjang dengan peralatan yang cukup.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa eksperimental, yang meliputi pengamatan/pengukuran aliran pada wadah terbuka. Eksperimen ini, pada dasarnya menggunakan Prinsip Persamaan Kontinuitas dan Bernoulli. Dari gambar 3, dapat didefinisikan sebagai diameter wadah terbuka dianggap sebagai D_1 dan mempunyai area A_1 dan lubang *orifice* kita sebut sebagai D_2 yang mempunyai area A_2 . Fluida (air) yang ada dalam wadah terbuka mempunyai ketinggian h . Fluida yang keluar melalui lubang bawah mempunyai kecepatan V_2 . Dan penurunan fluida (air) yang ada dalam wadah terbuka mempunyai kecepatan V_1 . Maka persamaan kontinuitas-nya adalah

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 \dots\dots\dots(1)$$

Dan persamaan Bernoulli-nya

$$\frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho gh = \frac{1}{2} \rho V_2^2 \dots\dots\dots(2)$$

Debit dinyatakan sebagai densitas fluida ρ dikalikan dengan kecepatan fluida V , dan luas penampang dalam vena kontrakta A . Catatan yang penting disini adalah membandingkan antara luas penampang eksperimen $A_{2\text{exp}}$ dengan luas penampang nyata pada lubang *orifice* A_2 . Maka, kita selesaikan koefisien debit dengan persamaan

$$Cd = \frac{A_{2\text{exp}} V_{2\text{exp}}}{A_2 V_2} \dots\dots\dots(3)$$

Densitas kita keluarkan. Maka manipulasi rumus Bernoulli dan rumus kontinuitas, kita peroleh koefisien debit

$$Cd = \frac{A_{2\text{exp}}}{A_2} \sqrt{\frac{1 - A_2^2 / A_1^2}{1 - A_{2\text{exp}}^2 / A_1^2}} \dots\dots\dots(4)$$

Koefisien debit juga dapat dicari dengan persamaan (4). Kita dapat menggunakan persamaan (4), apabila nilai kecepatan eksperimen dan luas penampang eksperimen diketahui. Pada eksperimen ini, penentuan koefisien debit dilakukan dengan menggunakan dua persamaan diatas yaitu persamaan (3) dan persamaan (4)

Penelitian ini dilakukan dengan mempersiapkan toples yang dibuat lubang berbentuk lingkaran dan segitiga dengan diameter/sisi 2 cm, 1,5 cm, 1 cm dan 0,5 cm. Proses perekaman video dimulai dengan membuka penyumbat lubang dalam toples kemudian mencatat waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan oli dalam toples. Mengulangi perekaman video untuk diameter/sisi yang berbeda

Untuk menentukan koefisien debit nyata dengan melakukan eksperimen melalui aliran oli yang keluar dari lubang *orifice* tajam berbentuk lingkaran dan segitiga. kemudian merekamnya dan mengambil gambar dari video tersebut setiap dua detik. Gambar eksperimen ditrack menggunakan perangkat lunak *logger pro 3.8.4*. Untuk memperoleh hasil koefisien debit nyata, pembuatan *track* dilakukan pada luas penampang aliran fluida bawah lubang keluar. Dari proses *tracking* melalui perangkat lunak *logger pro 3.8.4* akan diperoleh luas penampang eksperimen $A_{\text{eksperimen}}$. Untuk mencari kecepatan fluida, dengan melakukan *tracking* pada penurunan ketinggian fluida yang akan didapatkan nilai h kemudian dari yang dapat dicari nilai kecepatannya. Eksperimen dilakukan dengan membuat variasi diameter lubang berbentuk lingkaran dan segitiga. Hasil dari *tracking* tersebut, dibuat plot grafik waktu (s) versus Cd . Untuk menentukan kurva hubungan antara waktu (s) dengan Cd .



Gambar 3. Foto eksperimen.

3. Hasil dan Pembahasan

Telah dilakukan pengamatan dengan mengambil sampel sebanyak 8 kali. Pencatatan waktu dan posisi aliran yang keluar dilakukan setiap 2 sekon dengan diameter

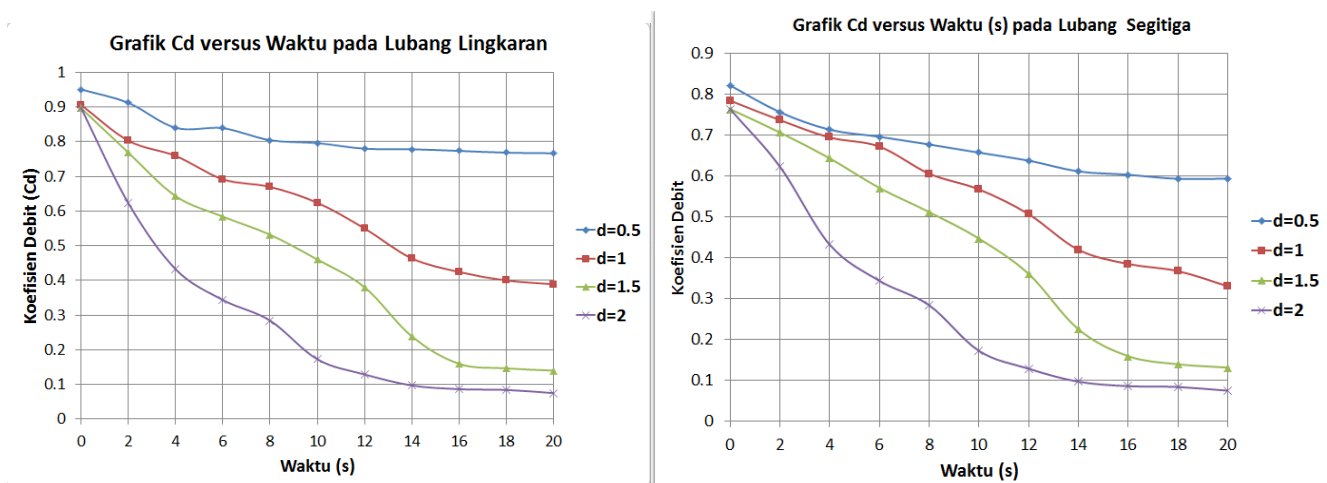
lubang lingkaran dan segitiga dengan diameter/sisi sebesar 0,5 cm, 1 cm, 1,5 cm dan 2 cm. Selama eksperimen berlangsung, penulis melakukan perhitungan dengan membuat tabel analisa seperti terlihat Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Analisa Koefisien Debit pada Lubang Berbentuk Lingkaran

Waktu (s)	d=0.5	d=1	d=1.5	d=2
0	0.951107	0.90653	0.897125	0.897125084
2	0.912336	0.803209	0.768906	0.623164247
4	0.840351	0.759327	0.643443	0.43250382
6	0.839191	0.692014	0.584231	0.343804713
8	0.804679	0.669668	0.531914	0.284087533
10	0.796211	0.624188	0.460387	0.17251485
12	0.780102	0.549942	0.380549	0.128867722
14	0.77844	0.463512	0.238523	0.097063589
16	0.773764	0.424503	0.159484	0.086232678
18	0.768678	0.399824	0.146449	0.084115931
20	0.766953	0.388965	0.139783	0.075098075

Tabel 2. Hasil Analisa Koefisien Debit pada Lubang Berbentuk Segitiga

Waktu (s)	d=0.5	d=1	d=1.5	d=2
0	0.82145	0.784377	0.763743	0.763743
2	0.756168	0.736734	0.706465	0.623164
4	0.713323	0.694312	0.643443	0.432504
6	0.695918	0.672012	0.570898	0.343805
8	0.677164	0.605788	0.511915	0.284088
10	0.657117	0.567288	0.447055	0.172515
12	0.637663	0.506693	0.360553	0.128868
14	0.611266	0.419523	0.225194	0.097064
16	0.603141	0.384972	0.159484	0.086233
18	0.593156	0.367462	0.139784	0.084116
20	0.593585	0.330534	0.131582	0.075098



Gambar 3. Grafik Koefisien Debit versus Waktu (detik) pada Lubang Berbentuk Lingkaran dan Segitiga.

Dari tabel tersebut dapat dibuat grafik Cd versus waktu (sekon) dengan variasi bentuk lubang yaitu lubang lingkaran dan segitiga dengan berbagai variasi diameter /sisi yang terlihat pada Gambar 3.

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa sisi lubang berbentuk segitiga mempunyai penguncupan aliran fluida lebih besar didapatkan pada lubang berbentuk lingkaran, dikarenakan faktor tekanan fluida pada wadah. Semakin besar tekanan pada wadah, maka penguncupan aliran fluida semakin kecil, hal ini dipengaruhi oleh luas penampang pada aliran dibawah lubang mempunyai luasan yang hampir sama dengan luas penampang sebenarnya. Dari grafik, juga dapat dilihat koefisien debit semakin menurun seiring lamanya waktu mengalir, karena luas penampang eksperimen semakin menguncup yang dipengaruhi oleh tekanan.

Volume yang tertampung dari hasil percobaan dipengaruhi oleh tekanan atmosfer dan luas bidang tekanan atmosfer itu sendiri. Semakin besar tekanan atmosfer yang menekan maka semakin banyak jumlah volume oli yang tertampung. Dan bila tekanan atmosfer kecil dan volume yang tertampung juga kecil. Koefisien debit dari hasil percobaan diketahui bahwa semakin besar suatu debit yang diperoleh maka koefisien debitnya akan semakin besar dan bila debit yang diperoleh kecil maka koefisien debitnya akan kecil pula. Hal ini dipengaruhi oleh volume yang tertampung dan waktu selama fluida oli yang keluar. Semakin besar volume yang tertampung maka koefisien debitnya akan semakin besar dan bila volume yang tertampung sedikit maka koefisien debitnya semakin kecil. Dan bila luas lubang semakin besar maka koefisien debit akan semakin kecil, bila luas lubang semakin kecil maka koefisien debit akan semakin besar. Serta kecepatan zat alir juga ikut mempengaruhi dimana semakin cepat kecepatan zat alir maka semakin kecil koefisien debit dan bila kecepatan zat alir lambat maka koefisien debit akan besar.

Debit oli akan dipengaruhi oleh tekanan oli yang tertampung, dimana bila volume oli yang tertampung semakin besar maka debit yang akan diperoleh semakin besar pula, dan bila volume yang tertampung sedikit maka debit akan kecil pula. Faktor lain yang mempengaruhi adalah lamanya waktu yang diberikan dimana bila waktu yang diberikan semakin lama maka debit akan kecil dan bila waktu yang diberikan semakin cepat maka debit akan semakin besar. Selain itu, debit akan dipengaruhi oleh kecepatan aliran oli, dimana bila kecepatan oli semakin besar maka debit akan semakin besar pula, dan bila kecepatan oli kecil maka akan kecil pula debit. Serta debit akan dipengaruhi oleh luas penampang dari tempat aliran itu keluar. Bila luas penampang keluarnya zat oli tersebut makin besar maka debit semakin besar, dan begitu pula sebaliknya.

4. Kesimpulan

Eksperimen aliran oli pada lubang berbentuk lingkaran dan segitiga terjadi kehilangan tenaga sehingga

beberapa parameter aliran akan lebih kecil dibanding pada aliran zat cair deal. Berkurangnya parameter aliran tersebut dapat ditunjukkan oleh koefisien debit. Hasil eksperimen aliran oli pada variasi bentuk lubang didapatkan lubang berbentuk lingkaran mempunyai koefisien debit lebih besar dibandingkan lubang berbentuk segitiga. Semakin besar diameter maka semakin kecil koefisien debitnya. Penentuan koefisien debit berguna untuk mengukur aliran fluida yang mengalir melalui lubang, kemudian sering diaplikasikan dalam industri-industri yang menggunakan pipa-pipa dalam proses produksi-nya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Moh. Toifur, Msi. yang telah membantu pelaksanaan eksperimen ini.

Daftar Pustaka

- Binilang, A. (2014) *Kajian Pengaruh Hubungan Antar Parameter Hidrolis Terhadap Sifat Aliran Melewati Pelimpah Bulat Dan Setengah Lingkaran Pada Saluran Terbuka*, Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol.4 No.1, Maret 2014 (55-61).
- Djuhana, (2012) *Metode Pengukuran Aliran*, Jakarta: Salemba Teknik.
- Hicks, A., Slaton, W. (2014) *Determining the Coefficient of Discharge for a Draining Container*, The Physics Teacher Vol. 52.
- Judd, H., King, R.S. (1906) *Some Experiments on The Frictionless Orifice*, Eng. News. 56 (13), 326-331.
- Lee et al. (2012) *A study on the exit flow characteristics determined by the orifice configuration of multi-perforated tubes*, Journal of Mechanical Science and Technology. September 2012, Volume 26, Issue 9, pp 2751-2758.
- Libii, J.N. (2003) *Mechanics Of The Slow Draining of a Large Tank Under Gravity*, Am. J. Phys, 71,1204-1207.
- McLemore et al. (2013) *Discharge Coefficients for Orifices Cut into Round Pipes*, Journal of Irrigation and Drainage Engineering Volume 139 Issue 11.
- Medaugh, F. W., Johnson, G. D. (1940) *Investigation of The Discharge and Coefficients of Small Circular Orifices*, Civil Eng. 10 (7), 422-424.
- Muhfari (2014) *Aliran Pada Sistem Tertutup*. <http://www.muhfari.wordpress.com>. Diakses tanggal 25 April 2014.
- Rashid et al. (2012) *Effect of Inlet Slot Number on the Spray Cone Angle and Discharge Coefficient of Swirl Atomizer* Procedia Engineering Volume 41, 2012, Pages 1781-1786 International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors 2012 (IRIS 2012).
- Tuve, G.L., Sprenkle, R.E. (1933) *Orifice Discharge Coefficients for Viscous Liquids*, Instruments 6, 201-206.
- Ukpaka Chukwuemeka Peter, Ukpaka Chinedu (2016) *Model Prediction For Constant Area, Variable Pressure Drop In Orifice Plate Characteristics In Flow System*, International Scientific Organization Chemistry International, April 2016.
- Widyasari Helleya, Moh. Toifur (2012) *Penentuan Permeabilitas Relatif Minuman Isotonik dengan menggunakan Logger Pro 3.8.3*, Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng & DIY, Purworejo 14 April 2012.