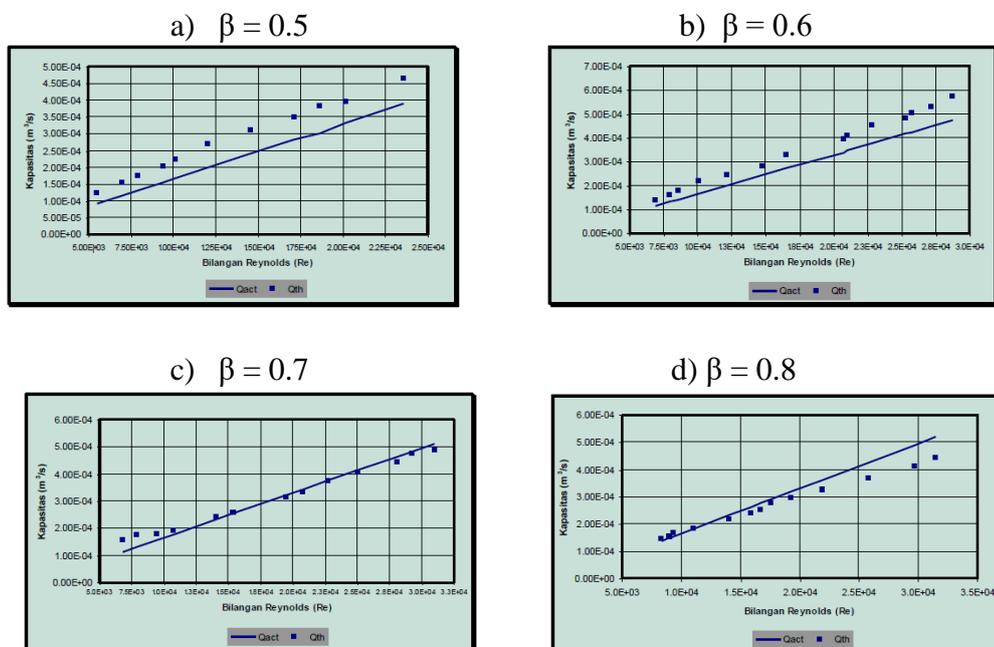


BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Ghurri dkk (2013) melakukan pengujian *nozzle flow meter* menggunakan *nozzle* sederhana yang bentuknya serupa dengan *orifice plate* yang dibalik, dengan rasio $\beta = d/D = 0.5, 0.6, 0.7,$ dan 0.8 pada *range* kapasitas aliran dengan bilangan Reynolds antara 5000 s/d 31000. Pengujian dilakukan dengan cara mengalirkan air melintasi *nozzle*. Kapasitas aliran teoritis dihitung menggunakan persamaan Kontinuitas dan Bernoulli yang dimodifikasi dengan mengukur beda tekanan antara hulu dan hilir *nozzle*, sedangkan kapasitas aliran aktual menggunakan *V-notch weir* dan *sight glass*. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Ghurri dkk (2013) didapatkan nilai perbandingan kapasitas aktual (Q_{act}) dan kapasitas (Q_{th}) pada setiap rasio $\beta = d/D = 0.5, 0.6, 0.7,$ dan 0.8 .

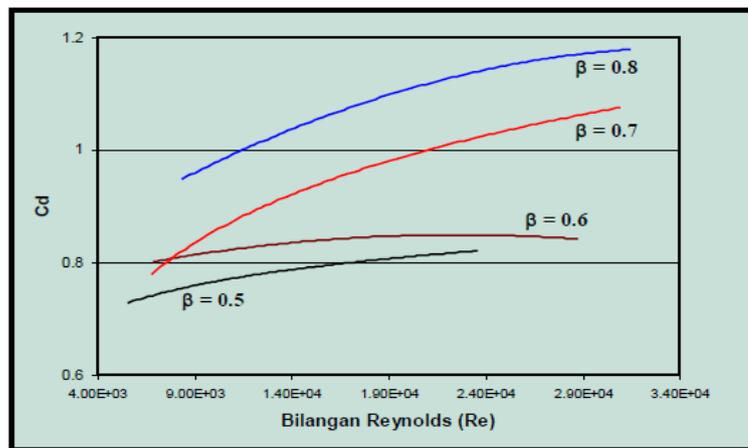


Gambar 2.1 Grafik Re terhadap Q_{act} vs Q_{th} (Ghurri, 2013)

Grafik Re terhadap Q_{act} vs Q_{th} *Nozzle Flow Meter* yang ditunjukkan pada gambar 2.1 menunjukkan bahwa $\beta = 0.5$ terjadi perubahan secara gradual dimana nilai Q_{th} yang dihitung menggunakan rumus (2.1) berdasarkan pengukuran beda tekanan antara hulu dan hilir *nozzle* memiliki nilai lebih besar daripada kapasitas aktual yang terukur, kemudian secara perlahan menjadi lebih kecil daripada Q_{act} yang terukur pada $\beta = 0.8$. Hal ini disebabkan pada rumus (2.1) persamaan Bernoulli:

$$Q_{th} = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^4}} \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \dots\dots\dots(2.1)$$

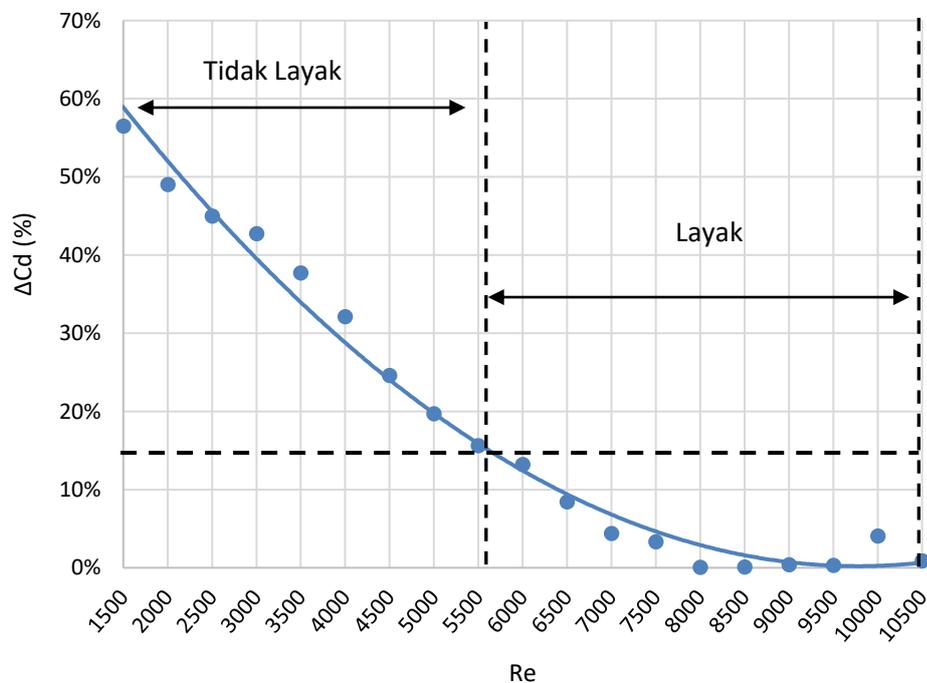
Tidak bisa mengakomodasi fenomena aliran melintasi *vena contracta* pada β yang berbeda-beda, karena kondisi aliran memang tidak ideal lagi dan perubahan hasil pengukuran ini tidak terjadi secara drastis. Berdasarkan Q_{act} dan Q_{th} kemudian diplotkan nilai *coefficient of discharge (Cd) nozzle flow meter*.



Gambar 2.2 Grafik Re terhadap Cd (Ghurri, 2013)

Pada gambar 2.2 dapat dilihat bahwa perubahan nilai Cd berbanding lurus dengan kenaikan bilangan Reynolds pada semua rasio β yang diuji. Tampak bahwa Cd semakin meningkat dengan meningkatnya bilangan Reynolds.

Pratama (2017) pernah melakukan pengujian tentang alat ukur debit aliran *orifice meter* dengan rasio beta 0,4 dan variasi debit 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5, 8, 8.5, 9, 9.5, 10, 10.5, 11 LPM menggunakan pipa PVC merk Wavin berdiameter ½ inch dan ¾ inch. *Orifice* yang digunakan berbahan akrilik dengan tebal 3 mm. Pada penelitiannya ini yang diteliti adalah nilai beda tekanan pada sebelum dan sesudah melewati *orifice plate*. Hasilnya mendapatkan grafik perbandingan antara nilai penyimpangan koefisien *discharge* terhadap *Re* dapat dilihat pada gambar 2.3

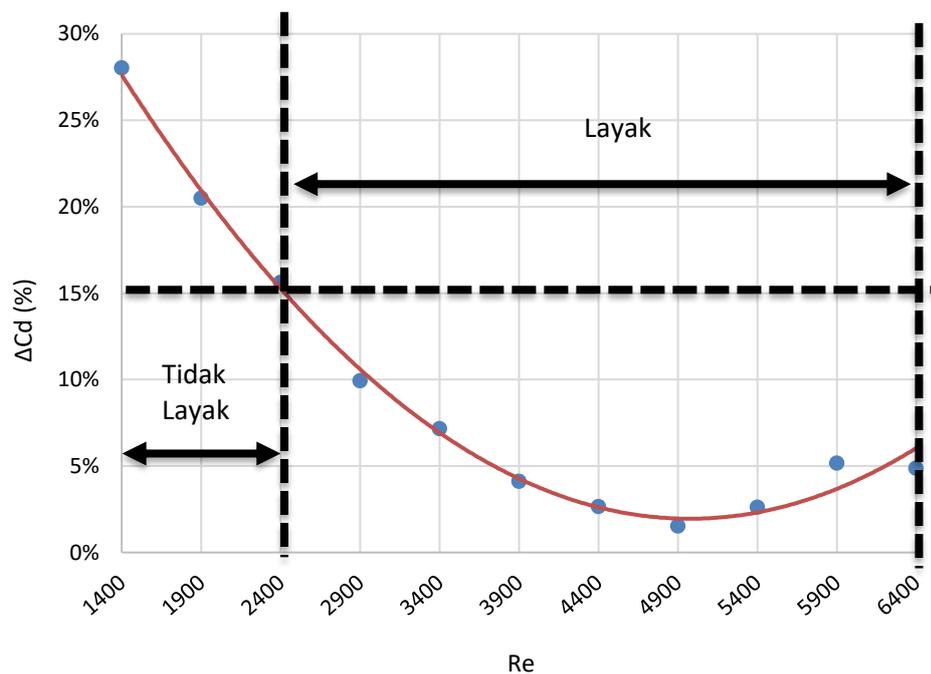


Gambar 2.3 Perbandingan nilai ΔC_d terhadap *Re* (Pratama, 2017)

Pada gambar di atas bahwa nilai ΔC_d yang didapat kurang dari 60% pada angka Reynolds 1500. Secara perlahan nilai ΔC_d mengalami penurunan hingga pada angka Reynolds 8000 yang hampir mendekati nilai 0 merupakan nilai terendah ΔC_d .

Pada penelitian yang sama juga dilakukan oleh Kurniawan (2017) dengan debit aliran 11 LPM menggunakan pipa PVC ½ inch dan ¾ inch. Plat

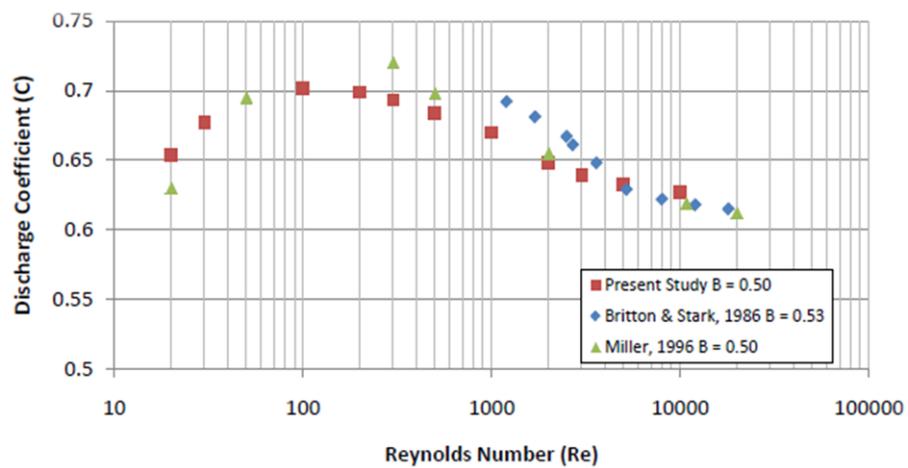
orifice yang berbahan akrilik dengan tebal 3 mm. Metode penelitian ini menggunakan persamaan Bernoulli dan Kontinuitas yang sudah dimodifikasi untuk menghitung debit teoritis pada aliran. Hasil yang didapat berupa grafik hubungan antara nilai penyimpangan koefisien *discharge* dan angka Reynolds yang ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Perbandingan nilai ΔC_d terhadap Re (Kurniawan, 2017)

Pada grafik di atas menunjukkan bahwa nilai ΔC_d tertinggi sebesar 27% dibilangan Reynolds 1400 dan nilai ΔC_d terendah sebesar 2% pada bilangan Reynolds 4900.

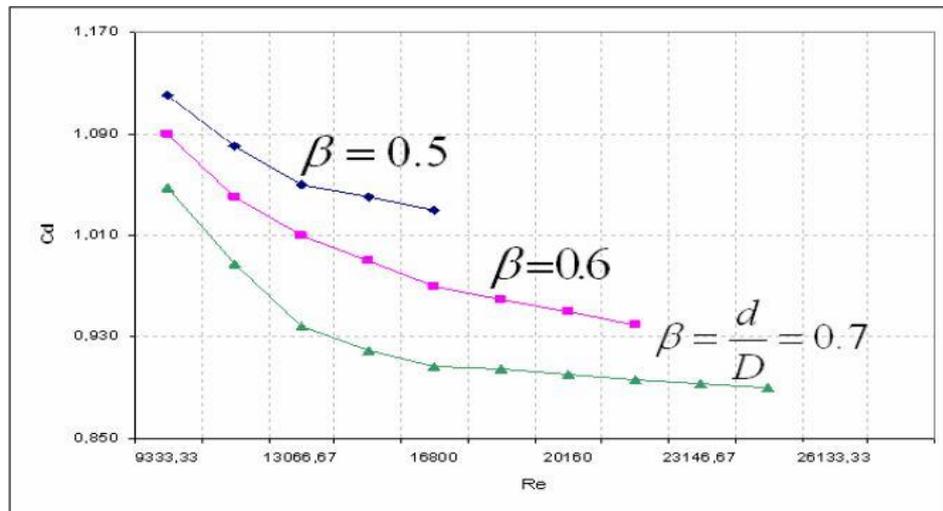
Penelitian mengenai performa koefisien *discharge* venturi meter, plat orifis, *V-cone*, dan *wedge flow meter* pada nilai angka Reynolds kecil diteliti oleh Hollingshead dkk (2011). Variasi rasio beta yang digunakan adalah 0.5, 0.6, 0.65, dan 0.7 dengan diameter inlet *orifice* berkisar 15,4 – 20,3 cm. Pada gambar 2.5 menunjukkan bahwa perbandingan antara koefisien *discharge* terhadap angka Reynolds.



Gambar 2.5 Perbandingan Nilai Cd terhadap Re (Hollingshead dkk, 2011)

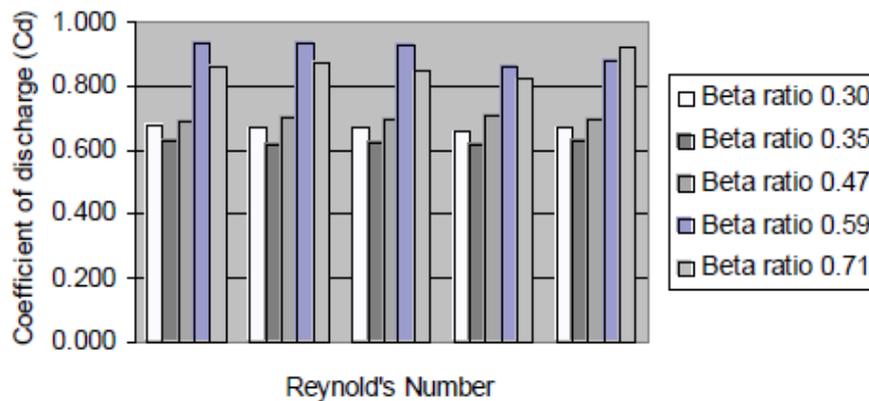
Dapat dilihat pada gambar di atas menunjukkan bahwa angka Reynolds antara 1000 – 10000 hasil nilai Cdnya hampir mendekati satu sama lain diantara 2 peneliti lainnya. Hollingshead menyimpulkan bahwa jika *orifice plate meter* diuji pada angka Reynolds terlalu besar maka koefisien *discharge* yang dihasilkan tidak konstan.

Septiadi (2008) melakukan pengujian *orifice flow meter* dengan tebal plat 20 mm serta variasi rasio beta 0,5; 0,6; dan 0,7. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai koefisien curah dari ketiga variasi rasio beta mengalami berbanding terbalik dengan nilai angka Reynolds. Nilai *coefficient of discharge* tertinggi terjadi pada rasio beta 0,5 dengan kisaran nilai 1,01 sampai 1,17, diikuti dengan rasio beta 0,6 dengan kisaran nilai *coefficient of discharge* 0,93 sampai 1,09, kemudian 0,7 memiliki nilai *coefficient of discharge* 0,85 sampai kurang dari 1,09 yang disajikan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Hasil Pengujian *Orifice Flow Meter* (Septiadi, 2008)

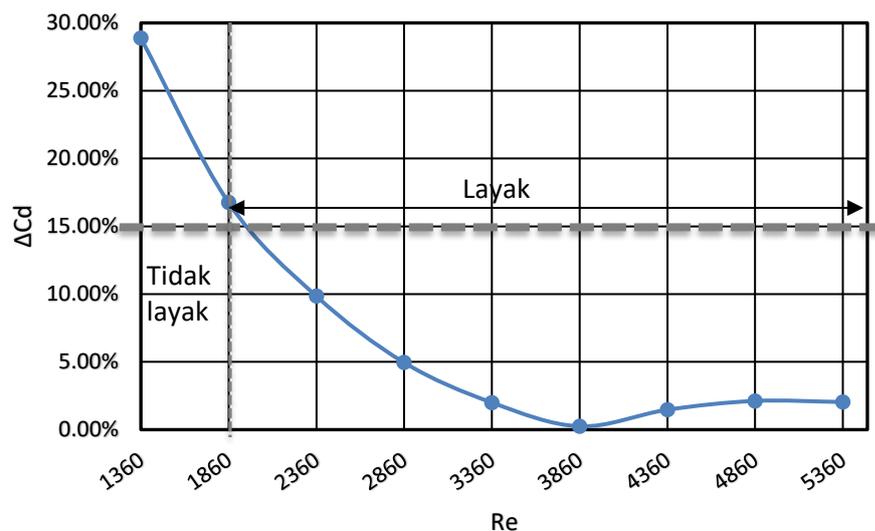
Rahman dkk (2009) melakukan penelitian mengenai efek rasio beta dan angka Reynolds terhadap *coefficient of discharge* pada *orifice plate meter*. Plat *orifice* yang digunakan sebanyak 5 buah berbahan besi cor dengan tebal plat 6 mm dan variasi rasio beta 0,30; 0,35; 0,47; 0,59; dan 0,71. Metode pengukuran beda tekanan menggunakan alat ukur manometer U, sisi *upstream* dipasang pada jarak 10 cm dari *orifice* dan sisi *downstream* dipasang pada jarak 8 cm dari *orifice*. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara angka Reynolds dan *coefficient of discharge* yang ditunjukkan pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Hubungan antara angka Reynolds dan Cd (Rahman dkk, 2009)

Berdasarkan gambar 2.7 dapat dilihat bahwa plat *orifice* dengan rasio beta 0,3; 0,35; dan 0,47 memiliki nilai *coefficient of discharge* berkisar antara 0,6 dan 0,8, sedangkan untuk plat *orifice* dengan rasio beta 0,59 dan 0,71 memiliki nilai *coefficient of discharge* berkisar antara 0,8 dan 1. Angka ini konstan baik pada angka Reynolds rendah maupun tinggi.

Rosadi (2017) melakukan pengujian *orifice* sebagai alat ukur laju aliran fluida pada pipa PVC ukuran ½ inch dan ¾ inch dengan rasio beta 0,19. Variasi debit aliran fluida pada 1 hingga 8 LPM yang pencatatannya dilakukan pada setiap kenaikan 0,5 LPM. Hasil pengujian yang dilakukan akan menampilkan grafik hubungan antara angka Reynolds dan delta *coefficient of discharge* (ΔC_d) yang dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Hubungan antara Re terhadap ΔC_d (Rosadi, 2017)

Pada gambar 2.8, grafik hasil pengujian menunjukkan menunjukkan nilai penyimpangan *coefficient of discharge* tertinggi terjadi pada angka Reynolds 1360, sedangkan nilai penyimpangan terendah terjadi pada angka Reynolds 3860 dan dengan asumsi batas 15%, pengujian pada plat *orifice* dengan rasio beta 0,19 layak untuk digunakan untuk pipa PVC dengan rentang angka Reynolds ≥ 1900 .

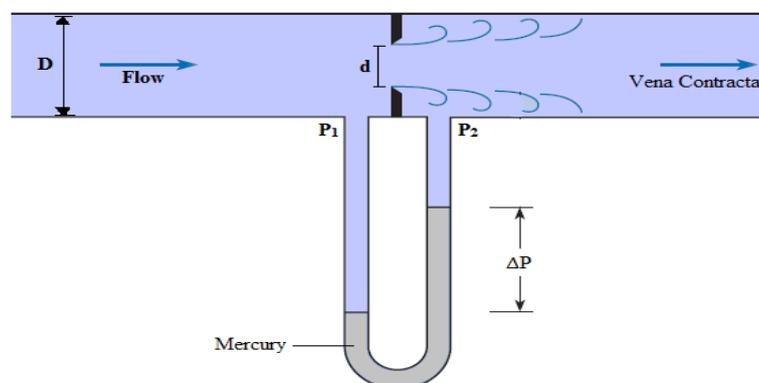
Dari uraian di atas, penulis akan melakukan penelitian pengukuran debit aliran fluida menggunakan *orifice plate meter* dengan rasio beta 0,4 pada pipa PVC berdiameter $\frac{1}{2}$ dan 1 inch mengukur nilai beda tekanan menggunakan alat ukur tekanan manometer U yang praktis dan murah. Hasil penelitian akan membuktikan hipotesis bahwa dengan rasio beta 0,4 maka dapat digunakan untuk memprediksi debit aliran fluida pada ukuran diameter pipa yang berbeda.

2.2 Flow Meter Berbasis Perbedaan Tekanan

2.2.1 Orifice Plate Meter

Orifice plate meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur debit aliran fluida di dalam saluran tertutup (pipa) berdasarkan prinsip beda tekanan. Alat ini memiliki ketebalan yang tipis berkisaran 1 - 10 mm dengan gagang yang diapit oleh flens pipa. *Orifice* termasuk alat ukur debit aliran dengan metode rintangan aliran (*Obstruction Device*). Kelebihan alat ini memiliki bentuk geometri yang sederhana, biaya rendah, dan mudah dipasang atau diganti namun kekurangannya memiliki *energy losses* yang cukup besar (Pratama, 2017).

2.2.2 Penerapan Persamaan Bernoulli Pada *Orifice Plate Meter*



Gambar 2.9 Skema *Orifice Plate Meter* (Crowe dan Elger, 2009)

Menentukan debit aliran dapat dilakukan dengan menerapkan persamaan Bernoulli dan persamaan Kontinuitas (Al-Shemmeri, 2012).

Persamaan kontinuitas untuk penampang 1 (pipa) dan 2 (*orifice*) dapat dilihat pada persamaan (2.2).

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

$$\rho_{air1}A_1v_1 = \rho_{air2}A_2v_2 \dots\dots\dots(2.2)$$

Mengasumsikan profil kecepatan aliran seragam dari sisi hulu ke hilir, maka persamaan kontinuitas berlaku sebagai berikut:

$$Q = A_1.v_1 = A_2.v_2$$

$$v_1 = \frac{A_2}{A_1}v_2 \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\rho_{air,1} = \rho_{air,2} = \rho \dots\dots\dots(2.4)$$

Asumsi *steady-state*, fluida tak mampat (densitas fluida konstan), aliran fluida mengalir secara horizontal (tidak ada perubahan elevasi), dan tanpa gesekan. Maka persamaan Bernoulli menjadi persamaan (2.5) dan (2.6).

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

$$p_1 - p_2 = \frac{\rho}{2}(v_2^2 - v_1^2) \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.3) ke persamaan (2.6), maka menjadi persamaan baru yaitu persamaan (2.7), persamaan (2.8) dan (2.9).

$$p_1 - p_2 = \frac{\rho}{2}\left(v_2^2 - \left(\frac{A_2}{A_1}v_2\right)^2\right) \dots\dots\dots(2.7)$$

Bisa dilihat bahwa persamaan (2.7) akan menghasilkan debit aliran yang ideal menjadi persamaan (2.8) dan (2.9)

$$Q_{ideal} = A_2 \sqrt{\frac{2(\Delta p)}{\rho \left(1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2\right)}} \dots\dots\dots(2.8)$$

atau

$$Q_{ideal} = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho \left(1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right)}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Hubungan antara debit aliran air ideal dan aktual dapat ditulis seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.10).

$$Q_{aktual} = C_d Q_{ideal} \dots\dots\dots(2.10)$$

Q_{aktual} didapatkan dengan mensubstitusikan persamaan (2.9) ke persamaan (2.10). Persamaan dapat dilihat pada persamaan (2.11).

$$Q_{aktual} = C_d \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho \left(1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right)}} \dots\dots\dots(2.11)$$

atau dengan mensubstitusikan $\beta = \frac{d}{D}$ ke persamaan (2.11) maka akan mendapat persamaan baru pada persamaan (2.12).

$$Q_{aktual} = C_d \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho(1 - \beta^4)}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Untuk menghitung beda tekanan pada sisi hulu dan hilir dapat menggunakan manometer U dan hasil dari pembacaan alat ukur manometer dikonversi satuannya menjadi Pa dari cm.

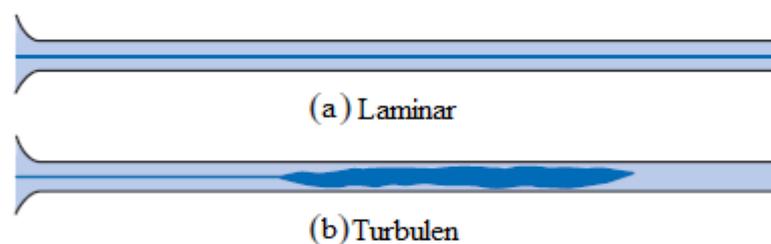
2.3 Regim Aliran (*Flow Regime*)

Regim aliran adalah sebuah profil gradien kecepatan aliran yang mengalir di dalam pipa tanpa adanya gerakan fluida yang langsung bersinggungan dengan dinding pipa dan kecepatan aliran akan menjauhi dinding pipa. Apabila kecepatan aliran yang mengalir di dalam pipa itu rendah maka aliran tersebut dinamakan aliran laminar. Sedangkan kecepatan aliran yang mengalir di dalam pipa itu tinggi dan membentuk seperti pusaran air maka disebut aliran turbulen. (Al-Shemmeri, 2012).

Untuk mengetahui jenis aliran pada fluida yaitu aliran laminar atau turbulen maka yang harus dicari adalah bilangan Reynoldnya dengan persamaan (2.13)

$$R_e = \frac{\rho v D}{\mu} \dots\dots\dots(2.13)$$

Persamaan di atas dapat dilihat bahwa massa jenis, kecepatan fluida, diameter dalam pipa, dan viskositas sangat mempengaruhi angka Reynolds. Semakin besar nya viskositas atau kekentalan fluida maka semakin kecil lah angka Reynolds yang didapat dan ini sangat berhubungan untuk menentukan jenis aliran pada fluida.



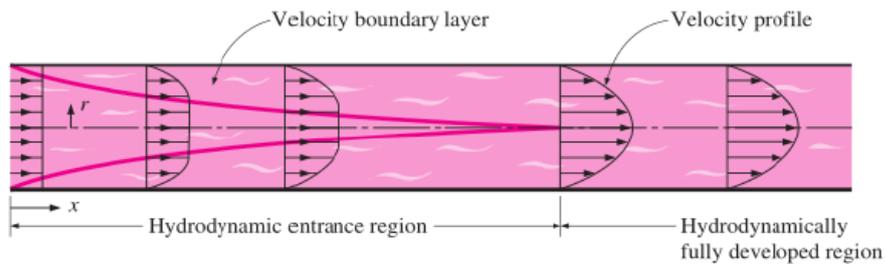
Gambar 2.10 Profil Jenis Aliran Pada Fluida (Crowe dan Elger, 2009)

- a. Jika angka Reynolds didapat sebesar < 2100 maka aliran itu adalah aliran laminar.
- b. Jika angka Reynolds didapat sebesar $2100 > Re < 4000$ maka aliran itu adalah aliran transisi.

- c. Jika angka Reynolds didapat sebesar > 4000 maka aliran itu adalah aliran turbulen.

2.4 Aliran Berkembang Penuh (Fully Developed Flow)

Aliran berkembang penuh adalah aliran internal yang sudah tidak ada variasi kecepatannya. Jadi profil kecepatan tetap, tidak berubah karena adanya perubahan jarak dari titik awal ke titik akhir maka kecepatan akan bernilai tetap walaupun mengalami gesekan pada dinding pipa secara aktual. Untuk aliran yang belum berkembang penuh atau aliran masukan akan memiliki variasi kecepatan. (Cengel, 2002).



Gambar 2.11 Skema Aliran Berkembang Penuh (Cengel, 2002)

Persamaan aliran berkembang penuh pada aliran laminar dapat dilihat pada persamaan (2.14) dan (2.15).

$$l_l = 0,06 \frac{\rho v d}{\mu} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$l_l = 0,06 R_e \dots\dots\dots(2.15)$$

Persamaan aliran berkembang penuh pada aliran turbulen dapat dilihat pada persamaan (2.16) dan (2.17).

$$l_l = 4,4 \left(\frac{\rho v d}{\mu} \right)^{\frac{1}{6}} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$l_l = 4,4 R_e^{\frac{1}{6}} \dots\dots\dots(2.17)$$

2.5 Rugi Aliran (*Head Losses*)

Sistem perpipaan memiliki yang namanya rugi aliran. Rugi aliran adalah berkurangnya massa, volume dan kecepatan fluida yang mengalir di pipa lurus, *fitting*, dan katup. Terbagi menjadi 2 rugi aliran.

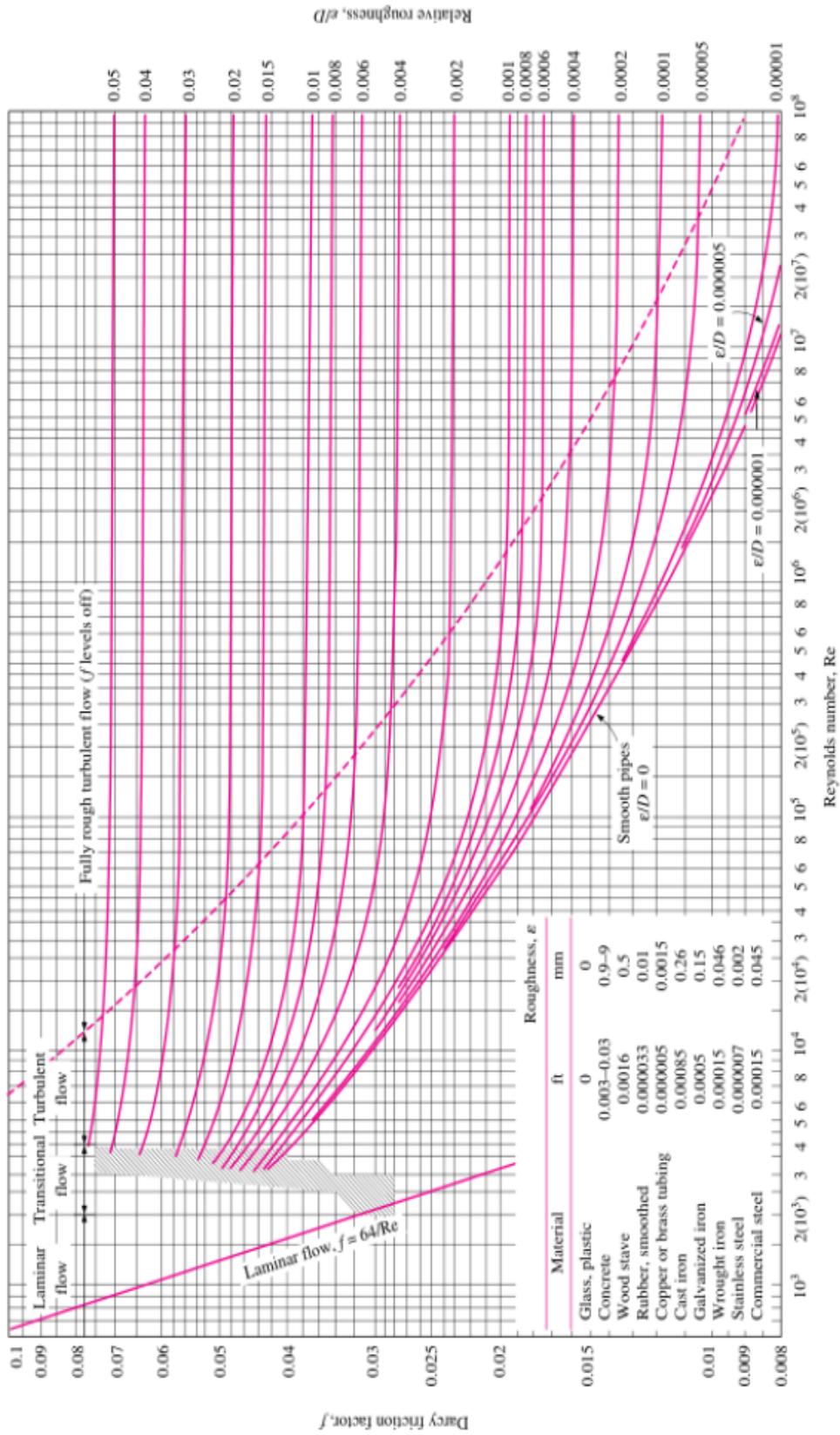
a. *Mayor Losses*

Mayor Losses adalah rugi aliran yang terjadi pada pipa panjang dan lurus karena gesekan fluida dengan dinding pipa. Kekasaran pada pipa sangat pengaruh terhadap besar kecilnya gesekan yang terjadi.

Persamaan *major losses* dapat dihitung dengan persamaan Darcy-Weisbach yang berlaku pada aliran pipa tunak, tak mampu mampat, dan berkembang penuh. Persamaan ini dapat digunakan pada pipa horizontal ataupun kemiringan tertentu. Persamaan Darcy-Weisbach dapat dilihat pada persamaan (2.18).

$$h_{L,mayor} = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.18)$$

Nilai *f* dapat diketahui melalui diagram Moody dan tabel koefisien kekasaran pada pipa.



Gambar 2.12 Diagram Moody (Cengel, 2002)

Tabel 2.1 Koefisien kekasaran pada pipa (Cengel, 2002)

No	Material	Angka Kekerasan (ϵ)	
		(ft)	(mm)
1	Copper, Brass	$1 \times 10^{-4} - 3 \times 10^{-3}$	$3,05 \times 10^{-2} - 0,9$
2	Wrought iron, Steel	$1,5 \times 10^{-4} - 8 \times 10^{-3}$	$4,6 \times 10^{-2} - 2,4$
3	Asphalt-lined cast iron	$4 \times 10^{-4} - 7 \times 10^{-3}$	0,1 - 2,1
4	Galvanized iron	$3,3 \times 10^{-4} - 1,5 \times 10^{-2}$	0,102 - 4,6
5	Cast iron	$8 \times 10^{-4} - 1,8 \times 10^{-2}$	0,2 - 5,5
6	Concrete	$10^{-3} - 10^{-2}$	0,3 - 3,0
7	Uncoated cast iron	$7,4 \times 10^{-4}$	0,226
8	Coated cast iron	$3,3 \times 10^{-4}$	0,102
9	Coated spun iron	$1,8 \times 10^{-4}$	$5,6 \times 10^{-2}$
10	Cement	$1,3 \times 10^{-3} - 4 \times 10^{-3}$	0,4 - 1,25
11	Wrought iron	$1,7 \times 10^{-4}$	5×10^{-2}
12	Uncoated steel	$9,2 \times 10^{-5}$	$2,8 \times 10^{-2}$
13	Coated steel	$1,8 \times 10^{-4}$	$5,5 \cdot 10^{-2}$
14	Wood stave	$6 \times 10^{-4} - 3 \times 10^{-3}$	0,2 - 0,9
15	PVC	5×10^{-6}	$1,5 \times 10^{-3}$

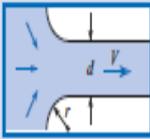
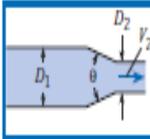
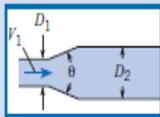
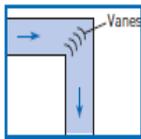
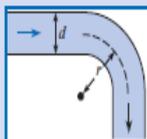
b. *Minor Losses*

Minor losses adalah rugi aliran yang terjadi pada belokan pipa, adanya katup, dan sambungan pipa. *Minor losses* dapat dihitung dengan persamaan (2.19).

$$h_{L,minor} = K_L \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.19)$$

Nilai K_L dapat diketahui melalui tabel koefisien kerugian pada komponen pipa.

Tabel 2.2 Koefisien kerugian pada komponen pipa (Crowe, 2009)

Description	Sketch	Additional Data	K	Source
Pipe entrance $h_L = K_e V^2/2g$		r/d 0.0 0.1 >0.2	K_e 0.50 0.12 0.03	(10) [†]
Contraction $h_L = K_C V_2^2/2g$		D_2/D_1 0.00 0.20 0.40 0.60 0.80 0.90	K_C $\theta = 60^\circ$ 0.08 0.08 0.07 0.06 0.06 0.06 $\theta = 180^\circ$ 0.50 0.49 0.42 0.27 0.20 0.10	(10)
(Continued)				
Description	Sketch	Additional Data	K	Source
Expansion $h_L = K_E V_1^2/2g$		D_1/D_2 0.00 0.20 0.40 0.60 0.80	K_E $\theta = 20^\circ$ 0.30 0.25 0.15 0.10 $\theta = 180^\circ$ 1.00 0.87 0.70 0.41 0.15	(9)
90° miter bend		Without vanes	$K_b = 1.1$	(15)
		With vanes	$K_b = 0.2$	(15)
90° smooth bend		r/d 1 2 4 6 8 10	$K_b = 0.35$ 0.19 0.16 0.21 0.28 0.32	(16) and (9)
Threaded pipe fittings	Globe valve—wide open		$K_v = 10.0$	(15)
	Angle valve—wide open		$K_v = 5.0$	
	Gate valve—wide open		$K_v = 0.2$	
	Gate valve—half open		$K_v = 5.6$	
	Return bend		$K_b = 2.2$	
	Tee			
	Straight-through flow		$K_t = 0.4$	
	Side-outlet flow		$K_t = 1.8$	
	90° elbow		$K_b = 0.9$	
	45° elbow		$K_b = 0.4$	

2.6 Discharge Coefficient

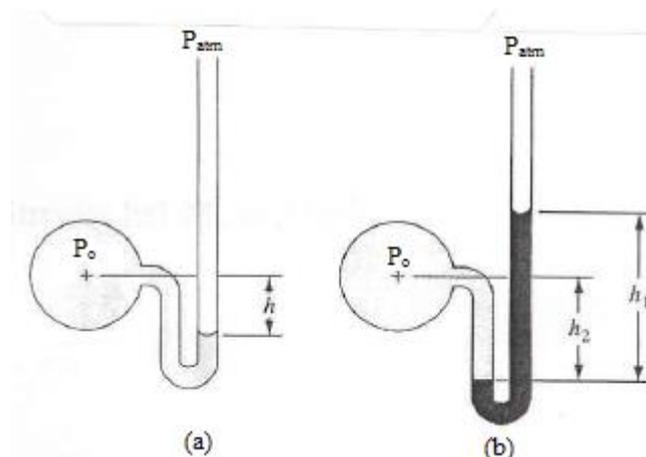
Menurut (Septiadi, 2008) “Untuk mengetahui keakuratan alat ukur aliran berbasis tekanan adalah dengan perbandingan antara debit aktual terhadap debit teoritisnya. Rasio perbandingan antara debit aktual terhadap debit teoritis disebut *coefficient of discharge*.” Gesekan fluida akibat kekasaran bagian dalam pipa serta komponen pipa seperti *elbow*, *Tee*, dan katup sangat mempengaruhi besar kecilnya nilai *coefficient of discharge*-nya. Persamaan *coefficient of discharge* dapat dilihat pada persamaan (2.20).

$$C_d = \frac{Q_{\text{aktual}}}{Q_{\text{ideal}}} \dots\dots\dots(2.20)$$

2.7 Pengukuran Beda Tekanan

2.7.1 Manometer Tabung U

Manometer tipe ini hanya dapat mengukur tekanan di atas tekanan atmosfer lokal dan tidak dapat mengukur tekanan negatif. (Sudarja, 2016).



Gambar 2.13 U-Tube Manometer (Sudarja, 2016)

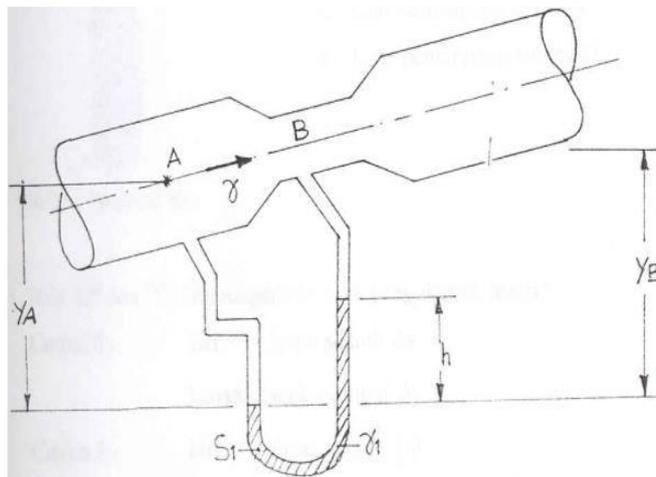
Pada gambar 2.13b terlihat bahwa manometer U diisi air raksa untuk mengukur tekanan relatif terhadap tekanan atmosfer atau

perbedaan tekanan pada dua titik. Persamaan dapat dilihat pada persamaan (2.21) dan (2.22).

$$p_o + h_2\rho_2g = p_{atm} + h_1\rho_1g \dots\dots\dots(2.21)$$

$$p_o - p_{atm} = g(h_1\rho_1 - h_2\rho_2) \dots\dots\dots(2.22)$$

2.7.2 Manometer Diferensial



Gambar 2.14 Manometer Diferensial (Sudarja, 2016)

Manometer diferensial ini digunakan hanya untuk mengetahui perbedaan tekanan antara titik A dan B. Persamaan dapat dilihat pada persamaan (2.23).

$$p_A + \gamma Y_A - h\gamma_1 - \gamma(Y_B - h) = p_B$$

$$p_A - p_B = h(\gamma_1 - \gamma) + \gamma(Y_B - Y_A)$$

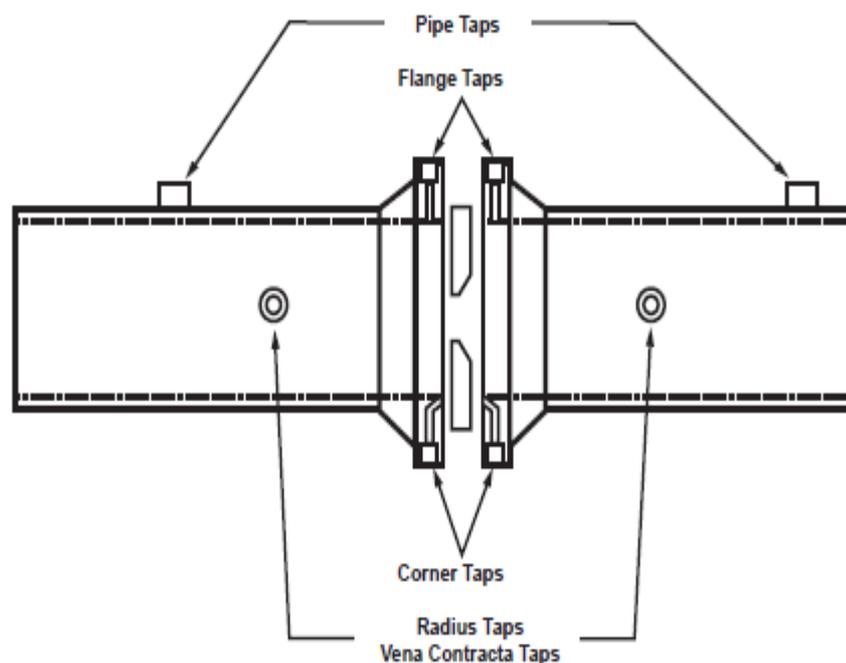
$$\frac{p_A - p_B}{\gamma} = h \left(\frac{\gamma_1}{\gamma} - 1 \right) + Y_B - Y_A \dots\dots\dots(2.23)$$

Dengan mengetahui bahwa $\frac{\gamma_1}{\gamma} = \frac{S_1}{S}$ yang akan disubstitusikan ke persamaan (2.23) maka menjadi persamaan baru yang dapat dilihat pada persamaan (2.24).

$$\frac{p_A - p_B}{\gamma} = h \left(\frac{S_1}{S} - 1 \right) + Y_B - Y_A \dots\dots\dots(2.24)$$

2.8 Jenis *Pressure Taps* pada *Orifice*

Menurut (Emerson, 2017) *Pressure taps* (lubang tekanan) pada *orifice plate meter* dikelompokkan berdasarkan lokasinya. Berikut ini adalah jenis-jenis *pressure taps*.



Gambar 2.15 Jenis *Pressure Taps Orifice Plate* (White, 2017)

1. *Corner Taps*

Jenis lubang tekanan ini terletak pada sisi hulu dan hilir *flange orifice plate*. *Corner taps* ini paling banyak digunakan di Eropa. Lubang tekanan ini juga dapat meningkatkan pengukuran debit aliran rendah.

2. *Flange Taps*

Flange taps terletak di sisi hulu orifis berjarak 25 mm / 1 inch dan 25,4 mm / 1 inch dari sisi hilir orifis dengan toleransi 0,4 – 0,8 mm. *Flange taps* paling banyak digunakan di AS.

3. *Pipe Taps*

Tap ini terletak pada 2,5D sisi hulu dan 8D sisi hilir pada plat orifis.

4. *Radius Taps*

Lubang tekanan ini terletak pada 1D diameter pipa pada sisi hulu dan $\frac{1}{2}D$ pada sisi hilir. *Tap* jenis ini memiliki tingkat keakuratan cukup tinggi karena terletak pada *vena contracta*.