

## ANALISIS KOEFISIEN DEBIT MODEL ALAT UKUR CELAH SEGIEMPAT DI LABORATORIUM HIDROLIKA TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS IBN KHALDUN BOGOR

Bagus Ginanjar, Feril Hariati

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Ibn Khaldun Bogor  
Jl.K.H. Sholeh Iskandar Km.2 Bogor  
bagus.ginanjar@gmail.com

### ABSTRAK

#### ANALISIS KOEFISIEN DEBIT MODEL ALAT UKUR CELAH SEGIEMPAT DI LABORATORIUM HIDROLIKA TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS IBN KHALDUN BOGOR.

Rumusan hidrolika sebagian besar merupakan rumusan empiris yang diperoleh dari hasil serangkaian pengujian di laboratorium. Untuk menambah wawasan pengetahuan mahasiswa terhadap ilmu hidrolika, laboratorium merancang bangun model saluran terbuka yang dilengkapi oleh alat ukur, salah satunya adalah alat ukur celah segiempat. Dengan persamaan Kindsvater-Carter, diperoleh nilai  $C_d$  0.9729 Berdasarkan nilai penyimpangan baku hasil percobaan dengan dua metode pengukuran, nilai koefisien  $C_d$  yang digunakan adalah nilai hasil metode volumetrik.

**Kata kunci:** celah ukur segiempat, debit, koefisien debit ( $C_d$ )

### 1. PENDAHULUAN

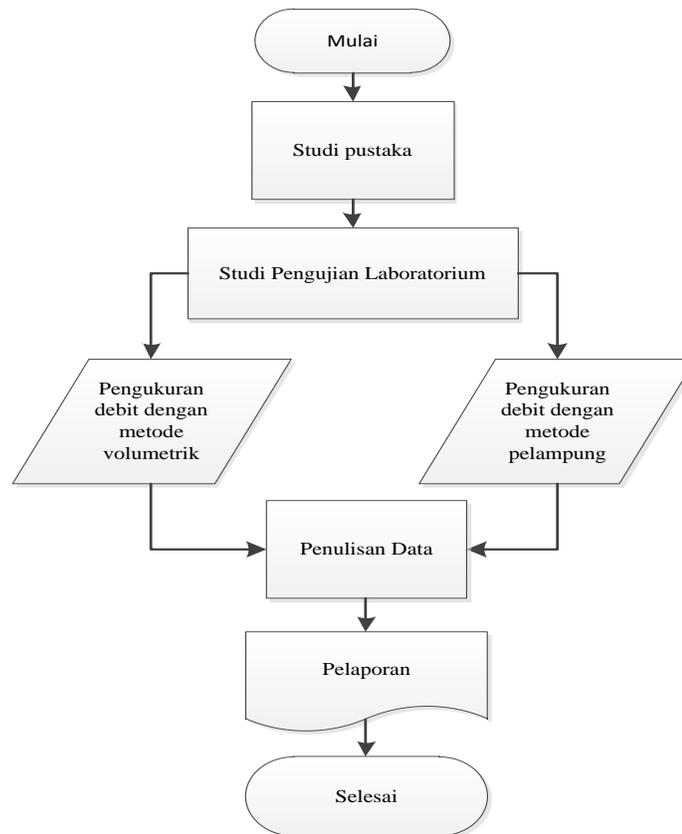
Ilmu hidrolika merupakan bagian dari ilmu hidromekanika yang berhubungan dengan gerak air khususnya dalam saluran terbuka. Persamaan-persamaan dasar dan fenomena aliran yang pada prinsipnya merupakan fungsi dari tempat ( $x,y,z$ ) dan waktu ( $t$ ) merupakan hasil dari serangkaian pengujian di laboratorium, salah satunya dengan menggunakan *flume*, yaitu model saluran terbuka yang dialiri dengan debit tertentu. Sebelum menggunakan *flume*, perlu dilakukan serangkaian kalibrasi alat pengukur debit, seperti halnya alat pengukur debit celah segiempat. Celah segiempat merupakan suatu rintangan yang dapat menyebabkan air tergenang dibelakangnya, sehingga air mengalir melalui atasnya atau melalui celah segiempat. Dengan mengukur ketinggian permukaan air celah segiempat maka dapat ditentukan besarnya laju aliran. Untuk menghitung debit saluran air dapat digunakan beberapa jenis hambatan, sedangkan aplikasi di lapangan celah segiempat banyak

digunakan pada bendung saluran irigasi, yang fungsinya untuk menentukan debit dari air yang mengalir pada saluran tersebut

Salah satu variabel penting dalam alat ukur celah segiempat adalah nilai  $C_d$  atau koefisien debit, suatu nilai tanpa satuan yang besarnya berkisar antara 0.6 sampai 0.88. Serangkaian pengamatan di laboratorium dilakukan untuk memperoleh nilai koefisien debit pada model alat ukur celah segiempat, agar dapat digunakan sebagai alat ukur debit pada *flume tank* yang telah dibuat, dan untuk selanjutnya dapat digunakan untuk pelaksanaan praktikum hidrolika. tulisan ini membahas metode untuk memperoleh nilai koefisien debit dan nilai koefisien debit dari model alat ukur celah segi empat yang ada di Laboratorium Hidrolika Teknik Sipil Uika Bogor.

### 2. METODOLOGI

Agar penelitian dapat mencapai tujuan, maka disusun langkah kerja untuk mendapatkan nilai koefisien debit pada alat ukur celah segiempat gambar 1



Gambar 1 Alur kerja pelaksanaan pengukuran untuk memperoleh nilai Cd

### 3. TINJAUAN TEORITIS

Besar aliran air dalam saluran dinyatakan dalam unit volume per satuan waktu, misalkan meter kubik perdetik ( $m^3/dtk$ ), liter permenit ( $l/mnt$ ), dan lainnya, dan lebih dikenal dengan istilah debit. Secara sederhana volume air dalam saluran terbuka dapat dihitung dengan cara menghitung kecepatan rata-rata air yang melewati suatu luasan penampang, yang dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$Q = V \cdot A \quad (1)$$

dengan Q adalah debit, volume air yang melewati saluran per satuan detik ( $m^3/dtk$ ), V adalah kecepatan aliran air ( $m/dtk$ ), A adalah luas penampang saluran ( $m^2$ ).

Pengukuran debit di laboratorium tergantung beberapa faktor seperti kondisi muka air, dan ketelitian pembacaan tinggi muka air. Oleh karena itu, untuk mendapatkan nilai koefisien debit untuk alat ukur celah segiempat diperlukan pengukuran air dengan cara pelampung dan volumetrik.



Gambar 2 *Flume tank* di Laboratorium Hidrolika Teknik Sipil

### 3.1 Menghitung Debit Dengan Metode Volumetrik

Pengukuran debit dengan metode volumetrik dilakukan dengan cara mengukur waktu yang diperlukan untuk mengisi suatu wadah yang sudah diketahui volumenya. Bila volume wadah tersebut kita sebut sebagai  $v$ , dengan demikian

$$Q = v/t$$

dengan  $Q$  adalah debit ( $m^3/dtk$ ),  $v$  adalah volume air dalam tabung ukur ( $m^3$ ), dan  $t$  = waktu yang diperlukan untuk mengisi penuh tabung ukur (detik).

$$Q = V \cdot A \text{ dimana} \tag{3}$$

$$V = s / t \text{ dan} \tag{4}$$

$$A = h \cdot l \tag{5}$$

Dengan  $Q$  adalah debit ( $m^3/dtk$ ),  $V$  adalah kecepatan pelampung ( $m/detik$ ), dan  $A$  adalah luas penampang basah ( $m^2$ ).

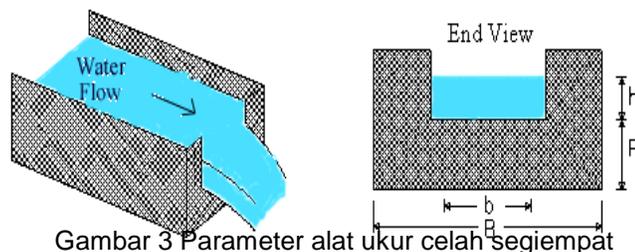
### 3.3 Alat Ukur Celah Segiempat

Cara lain untuk mengukur debit adalah menggunakan alat ukur, salah satunya adalah alat ukur celah segiempat. Alat ini umumnya digunakan pada sistem

### 3.2 Menghitung Debit Dengan Metode Pelampung

Pengujian dengan metode pelampung adalah cara untuk mengetahui debit dengan menghitung waktu dan jarak tempuh yang dibutuhkan oleh pelampung yang diletakkan dalam aliran air pada *flume*. Data yang diperoleh adalah waktu tempuh  $t$  (detik), jarak tempuh  $s$  (m). Selain data tersebut, diperlukan data luas penampang basah  $A$  ( $m^2$ ), dengan tinggi muka air  $h$  (m) dan lebar saluran  $l$  (m). Data tersebut kemudian dapat diolah sesuai dengan rumus-rumus yang ada.

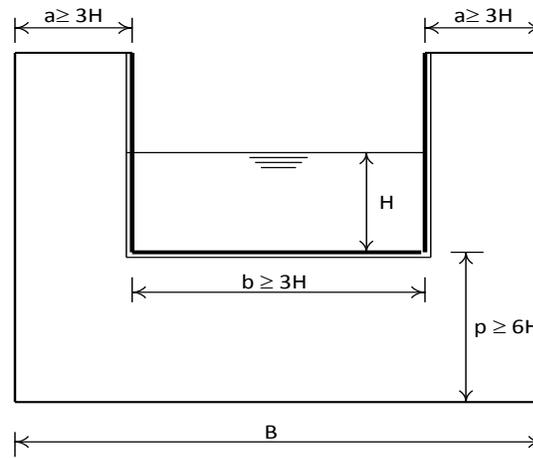
jaringan irigasi teknis, untuk mengukur debit aliran yang masuk ke dalam satu saluran. Prinsip kerja alat ukur celah segiempat adalah dengan cara merintang aliran yang berada di belakangnya sehingga air menjadi tergenang dan mengalir melalui celah dengan ketinggian tertentu gambar 3.



Gambar 3 Parameter alat ukur celah segiempat

Dengan mengukur ketinggian muka air di atasnya, maka debit aliran dapat diketahui. USBR (*United States Bureau Of*

*Reclamation*) 1997 menetapkan standar bentuk alat ukur celah segiempat gambar 4



Gambar 4 Batasan dimensi alat ukur celah segiempat

USBR (1997) mengeluarkan rumusan untuk alat ukur celah segiempat setelah melakukan lebih dari sepuluh tahun penelitian dengan berbagai kondisi lebar celah mulai dari ukuran 1 ft hingga 10 ft. Oleh karena itu, untuk alat ukur celah segiempat yang lebar celahnya di luar hasil penelitian USBR dapat disebut sebagai alat ukur non standard dan rumusan yang dihasilkan tidak dapat digunakan.

Persamaan Kindsvater-Carter (Kindsvater dan Carter, 1959) merupakan persamaan yang lebih kompleks

$$Q = C_d \frac{2}{3} \sqrt{2g} (b + K_b) (h + K_h)^{3/2} \quad (4)$$

Dengan  $Q$  = debit ( $m^3/dtk$ ),  $C_d$  = koefisien debit,  $g$  = percepatan gravitasi ( $m/dtk^2$ ),  $b$  = lebar celah (m),  $h$  = tinggi muka air di atas ambang (head) (m),  $K_b$  dan  $K_h$  adalah nilai yang berhubungan dengan viskositas dan tegangan permukaan. Jumlah dari  $b+K_b$  disebut lebar efektif dan jumlah dari  $h+K_h$  disebut head efektif. Nilai untuk  $g = 9.81 m/dtk^2$  dan  $K_h = 0.001 m$ . Nilai koefisien  $C_d$  merupakan fungsi rasio dari  $b/B$  dan  $H/p$ .

ISO (1980) menyiapkan grafik  $C_d$  vs  $H/p$  untuk nilai  $b/B = 0, 0.2, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9$  dan  $1.0$ . Untuk menghitung

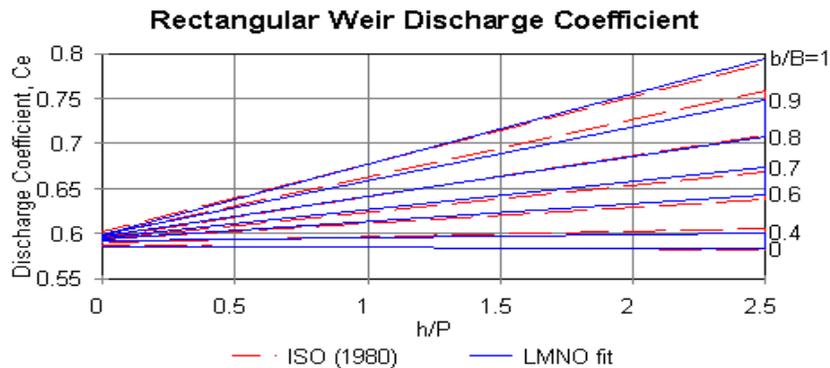
dibandingkan dengan persamaan standar USBR. Meskipun demikian, dalam manuskripnya, USBR (1997) menyatakan bahwa persamaan Kindsvater-Carter lebih akurat dalam menghitung semua bentuk model alat ukur segiempat. Selain itu, metode Kindsvater-Carter juga direkomendasikan oleh ISO (1980) dan ASTM (1993) untuk menghitung semua bentuk alat ukur segiempat.

### 3.4 Persamaan Kindsvater-Carter

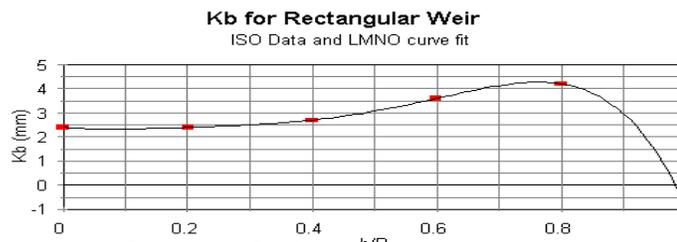
Persamaan Kindsvater-Carter untuk alat ukur segiempat adalah (ISO, 1980)

nilai  $b/B$  yang lain, LMNO Engineering menyiapkan persamaan untuk menghitung seluruh nilai  $b/B$ , dan bila diplotkan ke grafik yang dibuat oleh ISO sangat sesuai gambar 5.

Selain itu ISO (1980) juga mengeluarkan nilai  $K_b$  untuk  $b/B = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, \text{ dan } 1.0$ , dan oleh LMNO Engineering digunakan untuk menyesuaikan persamaan dalam mencari nilai  $b$  (gambar 6).



Gambar 5 Grafik untuk mencari nilai  $C_e$  yang dikeluarkan USBR



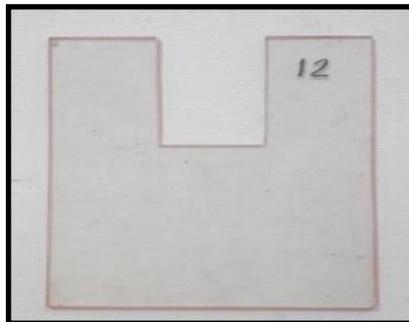
Gambar 6 Grafik untuk mencari nilai  $K_b$

**3**

**.5 Model alat ukur celah segiempat di Laboratorium Teknik Sipil**

Model celah segitiga di Laboratorium Teknik Sipil memiliki dimensi  $B = 0.18$  m,

$b = 0.06$  m, dan  $p = 0.06$  m;  $0.08$  m;  $0.10$  m;  $0.12$  m. Tinggi celah dibuat sedemikian rupa agar dapat mengakomodasi nilai  $H$  sampai  $0.2$  m.



Gambar 7 Model alat ukur celah segiempat di Laboratorium Teknik Sipil

**4. HASIL DAN BAHASAN**

Hal yang pertama dilakukan adalah mengukur debit dengan metode volumetrik dan metode pelampung. Aliran air yang dialirkan sesuai dengan kapasitas pompa. Debit yang dihasilkan dengan

metode pelampung disajikan pada tabel 1, dan untuk metoda volumetrik pada tabel.2 merupakan hasil dari pengamatan debit dengan cara volumetrik dari dua puluh kali pengujian.

Tabel 1 Data Hasil Uji Debit Metode volumetrik, pelampung dan Nilai Cd

No.	VOLUMETRIK			PELAMPUNG					H (m)	b+Kb (m)	h+kh (m)	Cd Vol	Cd Pel
	Vv	tv	Qv	Sv	tp	Pp	hp	Qp					
	(m3)	(detik)	(m3/dtk)	(m)	(detik)	(m)	(m)	(m3/dtk)					
	a	b	c = a / b	d	e	f	g	h = (d/e).(e.f)					
<b>1</b>	<b>0,004</b>	<b>2,75</b>	<b>0,00145</b>	<b>2</b>	<b>15,75</b>	<b>0,18</b>	<b>0,06</b>	<b>0,00137</b>	<b>0,049</b>	<b>0,0625</b>	<b>0,05</b>	<b>0,997</b>	<b>0,940</b>
2	0,004	2,89	0,00138	2	16,29	0,18	0,06	0,00133	0,049	0,0625	0,05	0,949	0,909
<b>3</b>	<b>0,004</b>	<b>2,83</b>	<b>0,00141</b>	<b>2</b>	<b>15,43</b>	<b>0,18</b>	<b>0,06</b>	<b>0,00140</b>	<b>0,049</b>	<b>0,0625</b>	<b>0,05</b>	<b>0,969</b>	<b>0,959</b>
4	0,004	2,77	0,00144	2	15,70	0,18	0,06	0,00138	0,049	0,0625	0,05	0,990	0,943
<b>5</b>	<b>0,004</b>	<b>2,80</b>	<b>0,00143</b>	<b>2</b>	<b>16,11</b>	<b>0,18</b>	<b>0,06</b>	<b>0,00134</b>	<b>0,049</b>	<b>0,0625</b>	<b>0,05</b>	<b>0,979</b>	<b>0,919</b>
6	0,004	2,90	0,00138	2	15,73	0,18	0,06	0,00137	0,049	0,0625	0,05	0,945	0,941
<b>7</b>	<b>0,004</b>	<b>2,85</b>	<b>0,00140</b>	<b>2</b>	<b>16,00</b>	<b>0,18</b>	<b>0,06</b>	<b>0,00135</b>	<b>0,049</b>	<b>0,0625</b>	<b>0,05</b>	<b>0,962</b>	<b>0,925</b>
8	0,004	2,75	0,00145	2	15,44	0,18	0,06	0,00140	0,049	0,0625	0,05	0,997	0,959
<b>9</b>	<b>0,004</b>	<b>2,73</b>	<b>0,00147</b>	<b>2</b>	<b>15,79</b>	<b>0,18</b>	<b>0,06</b>	<b>0,00137</b>	<b>0,049</b>	<b>0,0625</b>	<b>0,05</b>	<b>1,004</b>	<b>0,938</b>
10	0,004	2,78	0,00144	2	15,72	0,18	0,06	0,00137	0,049	0,0625	0,05	0,986	0,942
<b>11</b>	<b>0,004</b>	<b>2,86</b>	<b>0,00140</b>	<b>2</b>	<b>16,20</b>	<b>0,18</b>	<b>0,06</b>	<b>0,00133</b>	<b>0,049</b>	<b>0,0625</b>	<b>0,05</b>	<b>0,959</b>	<b>0,914</b>
12	0,004	2,84	0,00141	2	15,55	0,18	0,06	0,00139	0,049	0,0625	0,05	0,965	0,952
<b>13</b>	<b>0,004</b>	<b>2,87</b>	<b>0,00139</b>	<b>2</b>	<b>15,98</b>	<b>0,18</b>	<b>0,06</b>	<b>0,00135</b>	<b>0,049</b>	<b>0,0625</b>	<b>0,05</b>	<b>0,955</b>	<b>0,926</b>
14	0,004	2,81	0,00142	2	15,87	0,18	0,06	0,00136	0,049	0,0625	0,05	0,976	0,933
<b>15</b>	<b>0,004</b>	<b>2,84</b>	<b>0,00141</b>	<b>2</b>	<b>15,89</b>	<b>0,18</b>	<b>0,06</b>	<b>0,00136</b>	<b>0,049</b>	<b>0,0625</b>	<b>0,05</b>	<b>0,965</b>	<b>0,932</b>
16	0,004	2,84	0,00141	2	16,24	0,18	0,06	0,00133	0,049	0,0625	0,05	0,965	0,912
<b>17</b>	<b>0,004</b>	<b>2,87</b>	<b>0,00139</b>	<b>2</b>	<b>16,24</b>	<b>0,18</b>	<b>0,06</b>	<b>0,00133</b>	<b>0,049</b>	<b>0,0625</b>	<b>0,05</b>	<b>0,955</b>	<b>0,912</b>
18	0,004	2,87	0,00139	2	15,66	0,18	0,06	0,00138	0,049	0,0625	0,05	0,955	0,945
<b>19</b>	<b>0,004</b>	<b>2,84</b>	<b>0,00141</b>	<b>2</b>	<b>15,67</b>	<b>0,18</b>	<b>0,06</b>	<b>0,00138</b>	<b>0,049</b>	<b>0,0625</b>	<b>0,05</b>	<b>0,965</b>	<b>0,945</b>
20	0,004	2,78	0,00144	2	15,87	0,18	0,06	0,00136	0,049	0,0625	0,05	0,986	0,933
Rata-rata			0,0014					0,00136				0,971	0,934
Standar Deviasi			2,51E-05					2,24E-05				0,017	0,0154

Setelah divalidasi, maka pengujian berikutnya adalah mengukur debit dengan menggabungkan metode pelampung, metode volumetrik dan pembacaan muka air di atas ambang alat ukur celah segiempat.

Diketahui :

$$b/B = 0.06/0.18 = 0.333$$

dari grafik pada gambar 6. diperoleh nilai  $K_b = 2.5 \text{ mm} = 0.25 \text{ cm} = 0.0025 \text{ m}$   
 $b+K_b = 0.6 + 0.0025 = 0.0625 \text{ m}$

Hasil perhitungan  $C_d$  keseluruhan tersaji pada tabel 3. Dari data  $C_d$  keseluruhan tersebut diketahui bahwa nilai  $C_d$  nilai tersebut tidak masuk dalam kisaran nilai standar USBR yaitu antara 0.66 sampai 0.8.

Tabel 2 Data  $C_d$  keseluruhan

No.	Sekat	Hilir	volumetrik				pelampung			
			Q		Cd		Q		Cd	
			Rata-rata	Standar Deviasi	rata-rata	standar deviasi	Rata-rata	Standar Deviasi	rata-rata	standar deviasi
1	6	1	0,0014	2,51E-05	0,971	0,017	0,0014	2,24E-05	0,934	0,015
		2	0,0014	2,68E-05	0,963	0,018	0,0016	6,64E-05	1,070	0,046
2	8	1	0,0014	1,41E-05	0,959	0,010	0,0014	5,01E-05	0,937	0,034
		2	0,0014	2,68E-05	0,942	0,018	0,002	8,36E-05	1,108	0,057
3	10	1	0,0014	2,44E-05	0,960	0,017	0,001	1,56E-05	0,988	0,011
		2	0,0014	2,6E-05	0,945	0,018	0,002	8,36E-05	1,108	0,057
4	12	1	0,0014	2,12E-05	0,959	0,015	0,001	4,52E-05	1,017	0,031
		2	0,0014	2,58E-05	0,955	0,018	0,002	8,59E-05	1,097	0,059
rata-rata			0,0014	2,38E-05	0,9566	0,0163	0,0015	5,66E-05	1,0324	0,0388

## 5. SIMPULAN

Alat ukur celah segiempat ini hanya dapat untuk mengukur aliran dengan kisaran debit dari  $0.00130387 \text{ m}^3/\text{detik}$  sampai  $0.00172 \text{ m}^3/\text{detik}$ , karena tinggi muka air di atas ambang sama, yaitu 4,9 cm. Nilai koefisien debit ( $C_d$ ) yang dihasilkan berkisar antara 0.893 sampai 1.181 dan memiliki persamaan hubungan linier antara debit dengan koefisien debit

$$y = 685,3x + 4E-14$$

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Anggrahini. 1997. *Hidrolikas Saluran Terbuka*. Citra Media. Surabaya
- Chow, V.T. 1992. *Hidrolika Saluran Terbuka* (edisi ketiga). Diterjemahkan oleh E.V. Nensi Rosalina. Erlangga. Jakarta
- Haryadi. 2010. *Studi Perbandingan Nilai Koefisien Debit Antara Transformasi Log Dan Tabel Power Pada Celah Segiempat*. Universitas Ibn Khaldun Bogor. Bogor
- Gilles, Ronald V. 2005. *Mekanika Fluida dan Hidrolika*. Jakarta. Erlangga
- Krist, Thomas.1991. *Hidraulika Ringkas dan Jelas*. Jakarta. Erlangga.
- Triadmodjo, B. 2003. *Hidraulika II*. Beta offset. Yogyakarta.