

**BAB IV**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Hasil Data Pengukuran**

◆ **Diameter Pipa 1"**

Tabel 4.1 Hasil pengukuran rugi-rugi aliran di dalam pipa 1" dan Fitting pipa pvc.

Debit Q		H (m)						
		Pipa	Ball Valve	Tee	Elbow	Venturi	V- Weir	R-Weir
Lpm	m <sup>3</sup> /s							
30,4	0,000506	0,003	0,005	0,007	0,007	0,030	0,036	0,016
28,7	0,000478	0,003	0,005	0,006	0,005	0,025	0,033	0,015
23,2	0,000386	0,002	0,004	0,005	0,003	0,018	0,030	0,014
22,5	0,000375	0,002	0,003	0,004	0,003	0,015	0,026	0,013
21,9	0,000365	0,002	0,002	0,003	0,002	0,010	0,022	0,012

Keterangan :

Pipa 1" Din = 0,0254 m

Pipa ¾" Din = 0,0191 m

Pipa ½" Din = 0,0127 m

◆ **Diameter Pipa ¾ “**

Tabel 4.2 Hasil pengukuran rugi-rugi aliran di dalam pipa ¾ “ dan Fitting pipa pvc

Debit Q		H (m)						
Lpm	$m^3/s$	Pipa	Gate Valve	Tee	Reduser	Venturi	V- weir	R-Weir
29,4	0,000490	0,011	0,037	0,014	0,005	0,028	0,034	0,015
26,1	0,000435	0,009	0,030	0,008	0,005	0,025	0,031	0,014
23,9	0,000398	0,008	0,021	0,008	0,004	0,018	0,028	0,013
21,7	0,000361	0,007	0,020	0,007	0,003	0,015	0,024	0,012
19,6	0,000326	0,006	0,011	0,005	0,003	0,010	0,020	0,011

◆ **Diameter Pipa ½ “**

Tabel 4.3 Hasil pengukuran rugi-rugi aliran di dalam pipa ½ “ dan Fitting pipa pvc

Debit Q		H (m)						
Lpm	$m^3/s$	Pipa	Gate Valve	Elbow	Reduser	Venturi	V- Weir	R-Weir
26,9	0,0004483	0,057	0,067	0,042	0,005	0,026	0,032	0,014
22,2	0,0003700	0,041	0,050	0,031	0,005	0,024	0,030	0,013
18,8	0,0003133	0,031	0,038	0,023	0,004	0,021	0,026	0,012
17,9	0,0002983	0,029	0,036	0,022	0,003	0,016	0,022	0,011
14,5	0,0002416	0,020	0,022	0,017	0,003	0,010	0,018	0,010

#### 4.2 Hasil Pengukuran Debit Aliran Melalui Venturi.

Pada pengukuran laju aliran fluida pembukaan *Check valve* dan *By pass* ditutup sehingga didapatkan data sebagai berikut:

Menurut persamaan (2.9)

$$Q = C_V A_2 \sqrt{\frac{2gR'(S_0/S_1-1)}{1-(D_2/D_1)^4}}$$

Di mana:

$Q$  = Debit fluida  $m^3$

$D_2$  = Diameter hilir venturi m

$C_v$  = Koefisien venturi

$D_1$  = Diameter hulu venturi m

$A_2$  = Luas penampang  $m^2$

$R'$  = tinggi manometer m

$S_0/S_1$  = Gravitasi jenis

$g$  = Gravitasi ( $m/s^2$ )

Tabel 4.4 Hasil koefisien Venturi melalui pipa PVC 1".

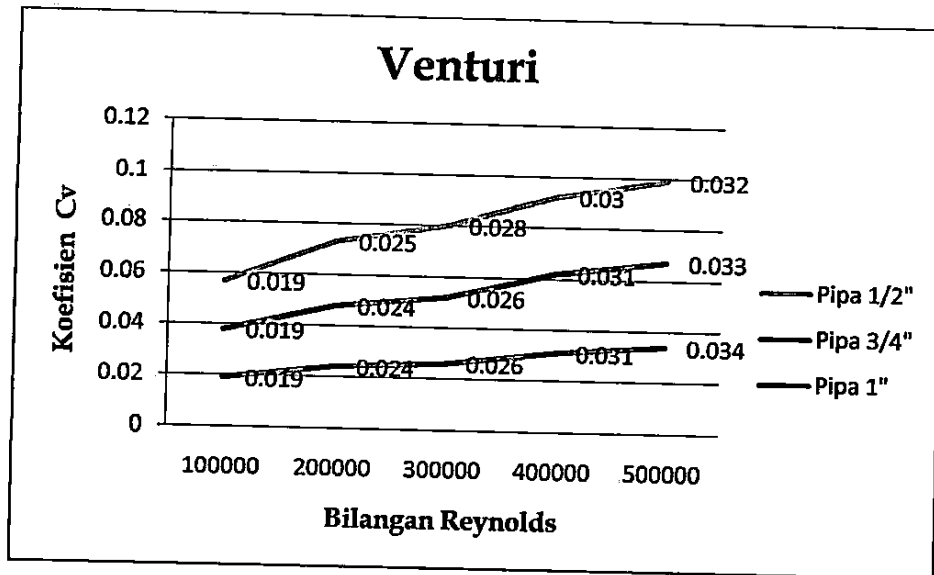
Debit Q		Luas $A_2$ ( $m^2$ )	H (m)	$V_{2t}$ (m/s)	Re	Cv Uji	Cv Referensi
Lpm	$m^3/s$						
30,4	0,000506	0,000506	0,030	1,000	58,786.38	0,331	0,98
28,7	0,000478	0,000506	0,025	0,944	55,498.98	0,350	
23,2	0,000386	0,000506	0,018	0,763	44,863.29	0,334	
22,5	0,000375	0,000506	0,015	0,740	43,509.65	0,355	
21,9	0,000365	0,000506	0,010	0,720	42,349.39	0,423	

Tabel 4.5 Hasil koefisien Venturi melalui pipa PVC  $\frac{3}{4}$  ”.

Debit Q		Luas A <sub>2</sub> (m <sup>2</sup> )	H (m)	V <sub>2t</sub> (m/s)	Re	Cv Uji	Cv Referensi
Lpm	m <sup>3</sup> /s						
29,4	0,000490	0,000286	0,030	1,711	133,706.19	0,555	0,98
26,1	0,000435	0,000286	0,025	1,518	118,698.35	0,522	
23,9	0,000398	0,000286	0,018	1,390	108,693.12	0,564	
21,7	0,000361	0,000286	0,015	1,262	98,687.90	0,561	
19,6	0,000326	0,000286	0,010	1,140	89,137.46	0,621	

Tabel 4.6 Hasil koefisien Venturi melalui pipa PVC  $\frac{1}{2}$  ”.

Debit Q		Luas A <sub>2</sub> (m <sup>2</sup> )	H (m)	V <sub>2t</sub> (m/s)	Re	Cv Uji	Cv Referensi
Lpm	m <sup>3</sup> /s						
26,9	0,000448	0,000126	0,030	3,540	416,145.69	1.077	0,98
22,2	0,000370	0,000126	0,025	2,922	343,436.22	0.925	
18,8	0,000313	0,000126	0,018	2,474	290,837.88	0.837	
17,9	0,000298	0,000126	0,015	2,356	276,914.79	0.915	
14,5	0,000241	0,000126	0,010	1,908	224,316.45	0.936	



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Re dengan Koefisien Venturi Cv pipa pvc

#### Analisis

Dari gambar grafik di atas dapat disimpulkan bahwa semakin besar diameter pipa maka semakin kecil koefisien venturi dan juga semakin besar bilangan Reynolds maka semakin kecil koefisien venturi.

### 4.3 Hasil Perhitungan Rugi-rugi Aliran Di dalam Pipa PVC 1" (*Major Losses*)

Dari hasil pengukuran didapatkan data sebagai berikut:

$$D = 0,0254 \text{ m} \quad L = 1,1 \text{ m} \quad A = 0,000506 \text{ m}^2$$

$$Q = 30,4 \text{ Lpm} \quad f = 0,0184 \text{ m} \quad H = 0,003 \text{ m}$$

Berdasarkan persamaan  $hl = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$   $hl = \frac{\Delta P}{\gamma_{air}} = \frac{\gamma_{hg}}{\gamma_{air}} \cdot H$

$f = \frac{\gamma_{raksa}}{\gamma_{air}} H \frac{D}{L} \cdot \frac{2g}{v^2}$  maka didapatkan nilai faktor gesekan untuk masing-masing

diameter pipa sebagai berikut:

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan rugi-rugi aliran Pipa PVC 1".

Debit Q		Kecepatan V (m/s)	Re	f Uji	f Moody	Δf (%)
Lpm	m <sup>3</sup> /s					
30,4	0,000506	1,000	58,786.38	0,0184	0,0198	-105,76
28,7	0,000478	0,944	55,498.98	0,0207	0,0205	0,96
23,2	0,000386	0,763	44,863.29	0,0211	0,0212	-0,47
22,5	0,000375	0,740	43,509.65	0,0224	0,0214	4,46
21,9	0,000365	0,720	42,349.39	0,0237	0,0216	8,86

Tabel 4.8 Hasil perhitungan rugi-rugi aliran Pipa PVC ¾ ”.

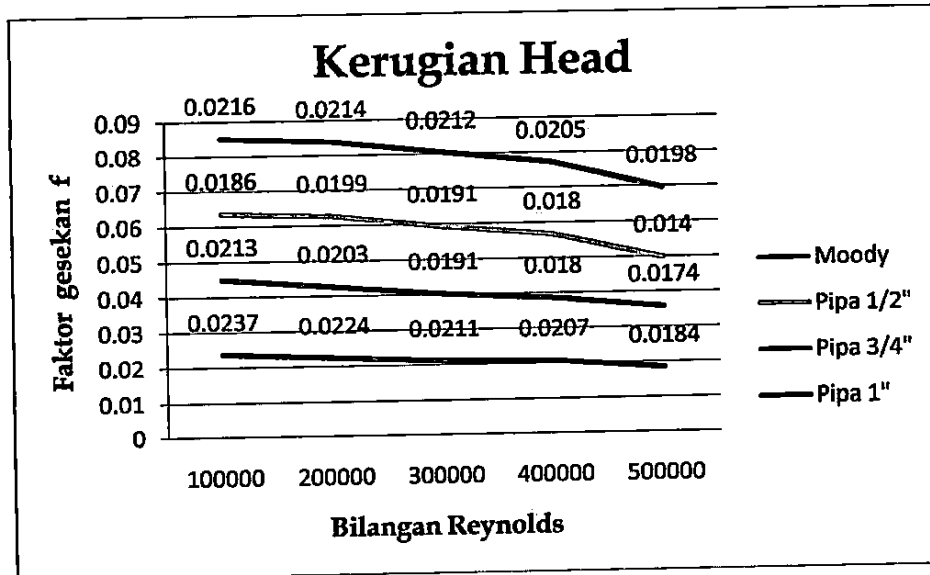
Debit Q		Kecepatan V (m/s)	Re	f Uji	f <i>Moody</i>	$\Delta f$ (%)
Lpm	m <sup>3</sup> /s					
29,4	0,000490	1,711	133,706.19	0,0174	0,0143	17,81
26,1	0,000435	1,518	118,698.35	0,0180	0,0154	14,44
23,9	0,000398	1,390	108,693.12	0,0191	0,0166	13,08
21,7	0,000361	1,262	98,687.90	0,0203	0,0178	12,3
19,6	0,000326	1,140	89,137.46	0,0213	0,0183	14,08

Tabel 4.9 Hasil perhitungan rugi-rugi aliran Pipa PVC ½ ”

Debit Q		Kecepatan V (m/s)	Re	f Uji	f <i>Moody</i>	$\Delta f$ (%)
Lpm	m <sup>3</sup> /s					
26,9	0,000448	3,540	416,145.69	0,0140	0,0132	5,71
22,2	0,000370	2,922	343,436.22	0,0180	0,0138	23,33
18,8	0,000313	2,474	290,837.88	0,0191	0,0143	25,13
17,9	0,000298	2,356	276,914.79	0,0199	0,0146	26,63
14,5	0,000241	1,908	224,316.45	0,0186	0,0152	1,82

Keterangan:

$$\Delta f (\%) = \left( \frac{f_{uji} - f_{moody}}{f_{uji}} \right) \times 100 \%$$



Gambar 4.2 Grafik hubungan Re dengan faktor gesekan f pipa pvc

### Analisis

1. Dari gambar grafik 4.2 dinyatakan, besar kecilnya bilangan Reynolds akan mempengaruhi nilai faktor gesekan di dalam pipa pvc.
2. Terlihat bahwa hasil pengujian faktor gesek pada pipa 1/2", 3/4", 1" kurang mendekati dengan nilai faktor gesekan dari diagram *moody*. Hal ini disebabkan kurang sempurnanya alat uji rugi-rugi aliran dan juga proses pengambilan data.
3. Semakin besar diameter pipa maka semakin kecil nilai faktor gesek pipa.



#### 4.4 Perhitungan Koefisien Kerugian Fitting (*Minor Losses*)

Dari tabel 4.1 didapatkan data sebagai berikut:

$$D = 0,0254 \text{ m} \quad A = 0,000506 \text{ m}^2 \quad Q = 30,4 \text{ Lpm} \quad H = 0,005 \text{ m}$$

$$\text{Maka berdasarkan persamaan } hl = K \frac{v^2}{2g} \quad hl = \frac{\Delta P}{\gamma_{air}} = \frac{\gamma_{hg} H}{\gamma_{air}}$$

$$K = \frac{\gamma_{hg} H}{\gamma_{air}} \frac{2g}{v^2} \text{ diperoleh hasil sebagai berikut:}$$

Tabel 4.10 Hasil perhitungan rugi-rugi aliran melalui *Ball valve* 1 “.

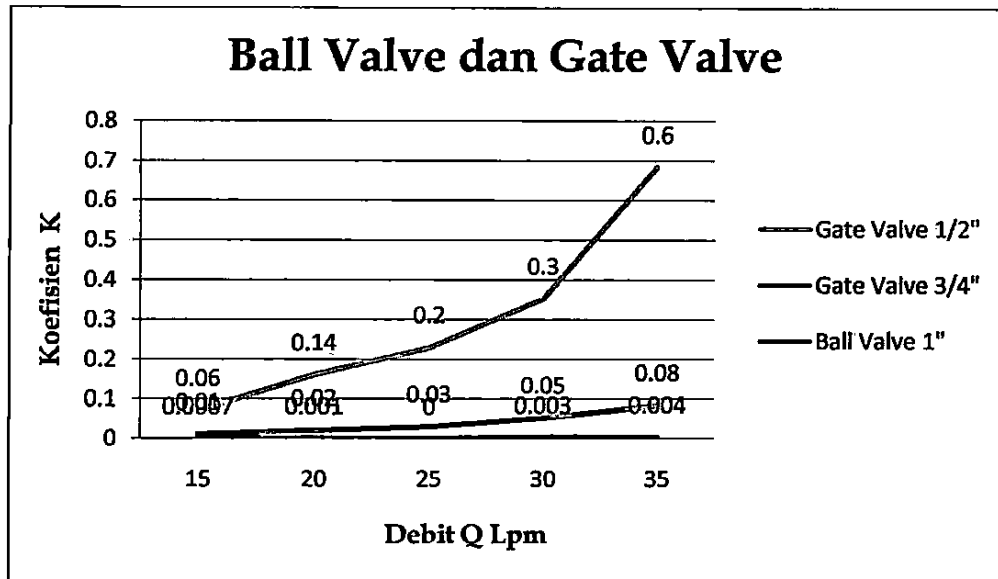
Debit Q		Luas A m <sup>2</sup>	Diameter D (m)	Kecepatan V (m/s)	K Uji	K Referensi
Lpm	m <sup>3</sup> /s					
30,4	0,000506	0,000506	0,0254	1,000	0,004	10,0
28,7	0,000478	0,000506	0,0254	0,944	0,003	
23,2	0,000386	0,000506	0,0254	0,763	0,002	
22,5	0,000375	0,000506	0,0254	0,740	0,001	
21,9	0,000365	0,000506	0,0254	0,720	0,0007	

Tabel 4.11 Hasil perhitungan rugi-rugi aliran melalui *Gate valve* ¾ “.

Debit Q		Luas A m <sup>2</sup>	Diameter D (m)	Kecepatan V (m/s)	K Uji	K Referensi
Lpm	m <sup>3</sup> /s					
29,4	0,000490	0,000286	0,0191	1,711	0,08	0,19
26,2	0,000436	0,000286	0,0191	1,518	0,05	
23,9	0,000398	0,000286	0,0191	1,390	0,03	
21,7	0,000361	0,000286	0,0191	1,262	0,02	
19,6	0,000326	0,000286	0,0191	1,140	0,01	

Tabel 4.12 Hasil perhitungan rugi-rugi aliran melalui *Gate valve* ½ “

Debit Q		Luas A m <sup>2</sup>	Diameter D (m)	Kecepatan V (m/s)	K Uji	K Referensi
Lpm	m <sup>3</sup> /s					
26,9	0,000448	0,000126	0,0127	3,540	0,6	0,19
22,2	0,000370	0,000126	0,0127	2,922	0,3	
18,8	0,000313	0,000126	0,0127	2,474	0,2	
17,9	0,000298	0,000126	0,0127	2,356	0,14	
14,5	0,000241	0,000126	0,0127	1,908	0,06	



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Q dengan Koefisien Tahanan K Ball valve dan Gate valve

### Analisis

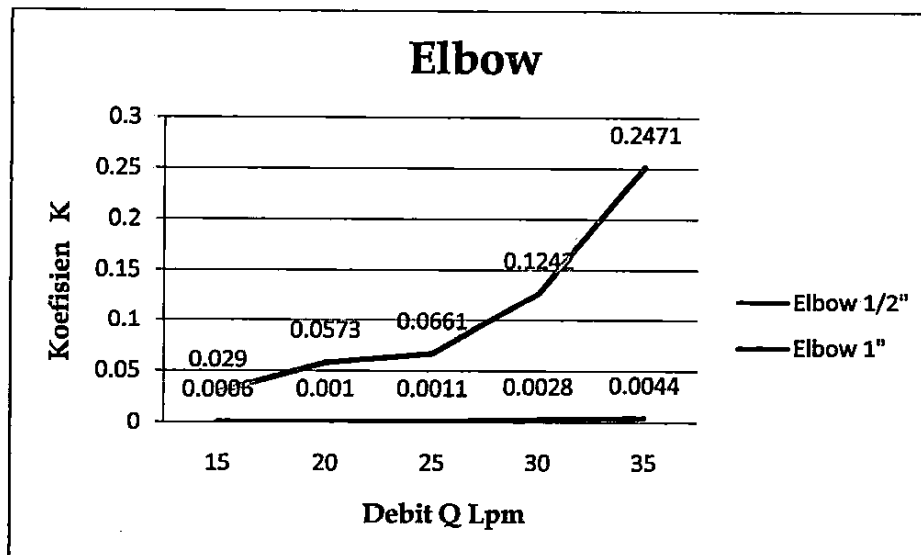
1. Dari gambar grafik di atas didapatkan kesimpulan bahwa besar-kecilnya nilai koefisien tahanan K pada ball valve dan gate valve tergantung pada besar-kecilnya debit dan bentuk valve.
2. Untuk hasil pengujian gate valve  $\frac{1}{2}$  " dan  $\frac{3}{4}$ ". Jadi hasil ini sudah sesuai dengan teori, nilai K untuk gate valve  $\frac{1}{2}$  " jadi lebih besar dibandingkan untuk nilai K gate valve  $\frac{3}{4}$  ", akan tetapi jauh dari standar referensi, kemungkinan ini salah dalam pengambilan data.

Tabel 4.13 Hasil perhitungan rugi-rugi aliran melalui *Elbow 1"*.

DebitQ		Luas A (m <sup>2</sup> )	Diameter D (m)	Kecepatan V (m/s)	K Uji	K Referensi
Lpm	m <sup>3</sup> /s					
30,4	0,000506	0,000506	0,0254	1,000	0,0044	0,9
28,7	0,000478	0,000506	0,0254	0,944	0,0028	
23,2	0,000386	0,000506	0,0254	0,763	0,0011	
22,5	0,000375	0,000506	0,0254	0,740	0,001	
21,9	0,000365	0,000506	0,0254	0,720	0,0006	

Tabel 4.14 Hasil perhitungan rugi-rugi aliran melalui *Elbow ½"*

Debit Q		Luas A (m <sup>2</sup> )	Diameter D (m)	Kecepatan V (m/s)	K Uji	K Referensi
Lpm	m <sup>3</sup> /s					
26,9	0,000448	0,000126	0,0127	3,540	0,2471	0,9
22,2	0,000370	0,000126	0,0127	2,922	0,1242	
18,8	0,000313	0,000126	0,0127	2,474	0,0661	
17,9	0,000298	0,000126	0,0127	2,356	0,0573	
14,5	0,000241	0,000126	0,0127	1,908	0,029	



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Q dengan Koefisien Tahanan K *Elbow*

#### Analisis

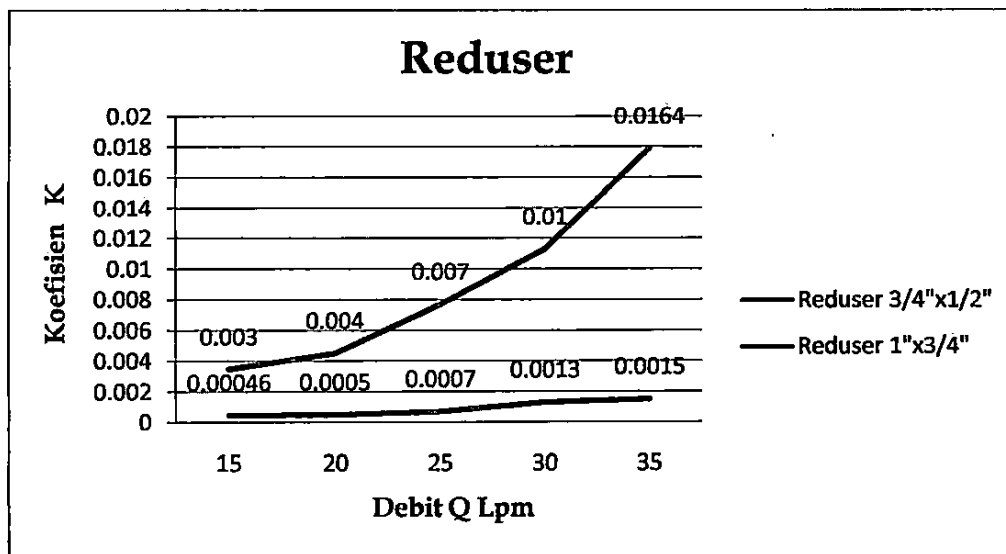
1. Jika debit alirannya kecil maka koefisiennya juga ikut kecil.
2. Untuk nilai K elbow ½" lebih besar dibandingkan nilai K untuk ukuran elbow 1". hal ini sudah sesuai dengan teori. kemungkinan ada kesalahan pengambilan data. Hal ini dapat dipertimbangkan dengan menggunakan alat ukur debit aliran yang presisi seperti: rotameter.

Tabel 4.15 Hasil perhitungan rugi-rugi aliran melalui Reduser  $1 \times \frac{3}{4}$ ".

Debit Q		Luas A (m <sup>2</sup> )	Diameter (D) m	Kecepatan V(m/s)		K Uji	K Referensi
Lpm	m <sup>3</sup> /s			$\frac{3}{4}$ "	1"		
30,4	0,000506	0,000506	0,0254	1,711	1,000	0,0015	1,2
28,7	0,000478	0,000506	0,0254	1,518	0,944	0,0013	
23,2	0,000386	0,000506	0,054	1,390	0,763	0,0007	
22,5	0,000375	0,000506	0,0254	1,262	0,740	0,0005	
21,9	0,000365	0,000506	0,0254	1,140	0,720	0,00046	

Tabel 4.16 Hasil perhitungan rugi-rugi aliran melalui Reduser  $\frac{3}{4}$ "x1/2".

Debit Q		Luas A (m <sup>2</sup> )	Diameter D (m)	Kecepatan V(m/s)		K Uji	K Referensi
Lpm	m <sup>3</sup> /s			$\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{4}$ "		
29,4	0,000490	0,000286	0,0191	3,540	1,711	0,0165	1,2
26,2	0,000436	0,000286	0,0191	2,922	1,518	0,0101	
23,9	0,000398	0,000286	0,0191	2,474	1,390	0,0072	
21,7	0,000361	0,000286	0,0191	2,356	1,262	0,0050	
19,6	0,000326	0,000286	0,0191	1,908	1,140	0,0033	



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Q dengan Koefisien Tahanan K *Reduser*

### Analisis

Jadi nilai K untuk *Reduser* 1\"x3/4\" sudah sesuai dengan teori lebih kecil dibandingkan nilai K untuk *Reduser* 3/4\" x 1/2\".

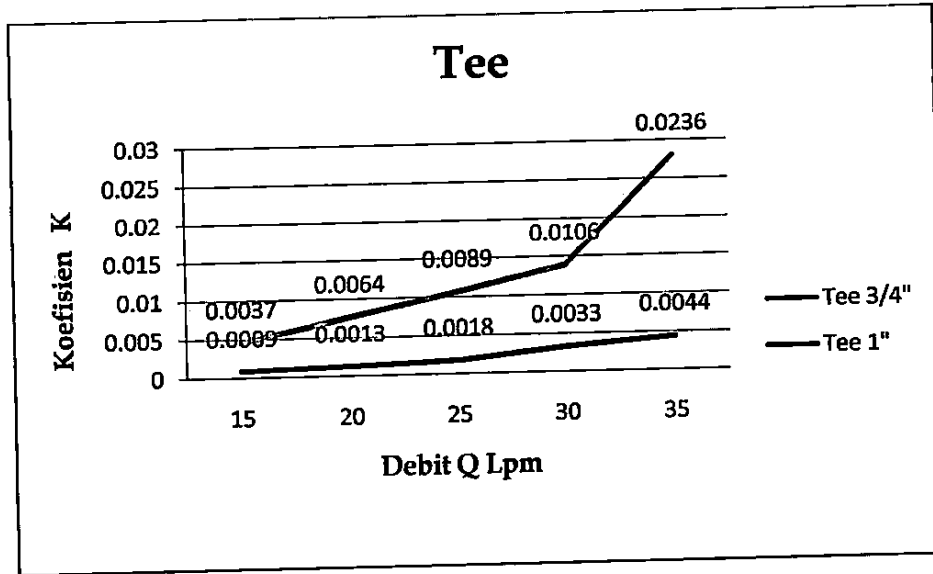
Tabel 4.17 Hasil perhitungan rugi-rugi aliran melalui Tee 1"

Debit Q		Luas A (m <sup>2</sup> )	Diameter D (m)	Kecepatan V (m/s)	K Uji	K Referensi
Lpm	m <sup>3</sup> /s					
30,4	0,000506	0,000506	0,0254	1,000	0,0044	1,8
28,7	0,000478	0,000506	0,0254	0,944	0,0033	
23,2	0,000386	0,000506	0,0254	0,763	0,0018	
22,5	0,000375	0,000506	0,0254	0,740	0,0013	
21,9	0,000365	0,000506	0,0254	0,720	0,0009	

Tabel 4.18 Hasil perhitungan rugi-rugi aliran melalui Tee ¾"

Debit Q		Luas A (m <sup>2</sup> )	Diameter D (m)	Kecepatan V (m/s)	K Uji	K Referensi
Lpm	m <sup>3</sup> /s					
29,4	0,000490	0,000286	0,0191	1,711	0,0236	1,8
26,2	0,000436	0,000286	0,0191	1,518	0,0106	
23,9	0,000398	0,000286	0,0191	1,390	0,0089	
21,7	0,000361	0,000286	0,0191	1,262	0,0064	
19,6	0,000326	0,000286	0,0191	1,140	0,0037	





Gambar 4.6. Grafik Hubungan Q dengan Koefisien Tahanan K Tee

### Analisis

Untuk nilai K untuk tee 1" lebih kecil dibandingkan nilai K untuk tee 3/4" hal ini sudah sesuai dengan teori.

#### 4.5 Hasil Pengukuran Koefisien Debit Aliran Melalui *V-notch Weir*.

Dari hasil pengukuran didapatkan data sebagai berikut:

$$Q = 30.4 \text{ Lpm} \qquad H = 0.034 \text{ m}$$

Berdasarkan persamaan 2.16  $Q = 1.38 H^{2.5}$  maka, dari data tabel 4.1 didapatkan nilai koefisien *V-notch weir* dari masing-masing diameter pipa adalah sebagai berikut:

Tabel 4.19 Hasil koefisien bendungan *V-notch weir* melalui pipa PVC 1”.

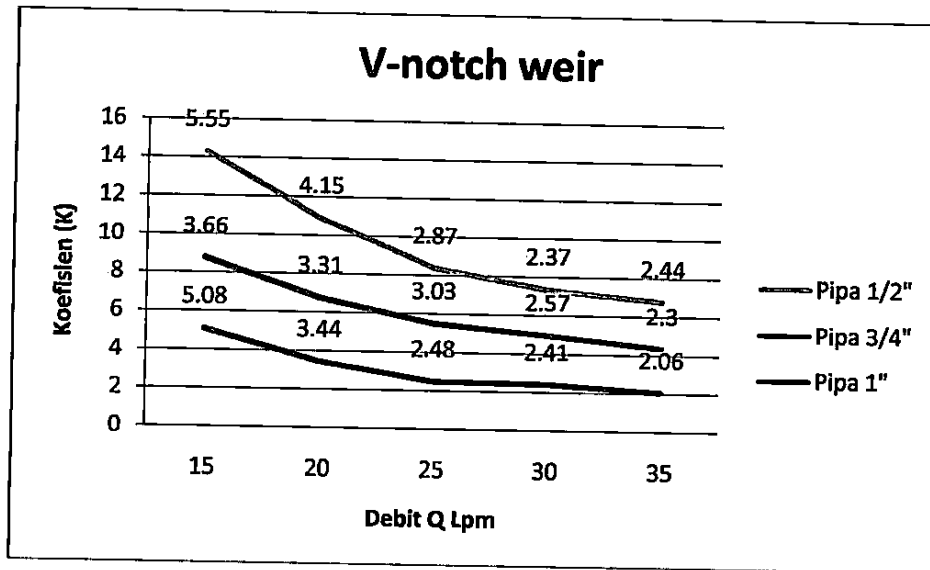
Debit Q		H (m)	H <sup>2.5</sup>	C Uji	C Referensi
Lpm	m <sup>3</sup> /s				
30,4	0,000506	0,036	0,000245	2,06	1,38
28,7	0,000478	0,033	0,000197	2,42	
23,2	0,000386	0,030	0,000155	2,48	
22,5	0,000375	0,026	0,000109	3,44	
21,9	0,000365	0,022	0,0000717	5,08	

Tabel 4.20 Hasil koefisien *V-notch weir* melalui pipa PVC ¾ ”.

Debit Q		H (m)	H <sup>2.5</sup>	C Uji	C Referensi
Lpm	m <sup>3</sup> /s				
29,4	0,000448	0,032	0,000183	2,30	1,38
26,1	0,000370	0,030	0,000155	2,57	
23,9	0,000313	0,026	0,000109	3,04	
21,7	0,000298	0,022	0,0000717	3,31	
19,6	0,000241	0,018	0,0000434	3,66	

Tabel 4.21 Hasil koefisien *V-notch weir* melalui pipa PVC ½ ”.

Debit Q		H (m)	H <sup>2.5</sup>	C Uji	C Referensi
Lpm	m <sup>3</sup> /s				
26,9	0,000490	0,034	0,000213	2,44	1,38
22,2	0,000435	0,031	0,000169	2,37	
18,8	0,000398	0,028	0,000131	2,87	
17,9	0,000361	0,026	0,000109	4,15	
14,5	0,000326	0,024	0,0000892	5,55	



Gambar4.7 Grafik Hubungan Q dan Koefisien C *V-notch weir*

### Analisis

1. Jika debit besar maka seharusnya nilai C kecil hasil ini sudah sesuai dengan teori.
2. Ada variasi nilai C jika air dialirkan pada pipa yang diameternya berbeda (1", 3/4", 1/2"). Hal ini disebabkan bahwa untuk debit yang sama kecepatan aliran pada pipa diameter lebih kecil akan lebih besar, dari pada kecepatan aliran pada pipa diameter besar. Sehingga debit air kembali ke bak penampung dan akan menimbulkan gelombang yang mempunyai nilai H yang akhirnya menjadi nilai C.

#### 4.6 Hasil Pengukuran Koefisien Debit Aliran Melalui *Rectangular Weir*.

Berdasarkan persamaan 2.17 maka dari data tabel 4.1 didapatkan harga koefisien *Rectangular weir* dari masing-masing diameter pipa adalah sebagai berikut:

$$Q = C \cdot L \cdot H^{3/2} \quad L = 0.21 \text{ m} \quad H = 0.016 \text{ m}$$

Tabel 4.22 Hasil koefisien *Rectangular weir* melalui pipa PVC 1”.

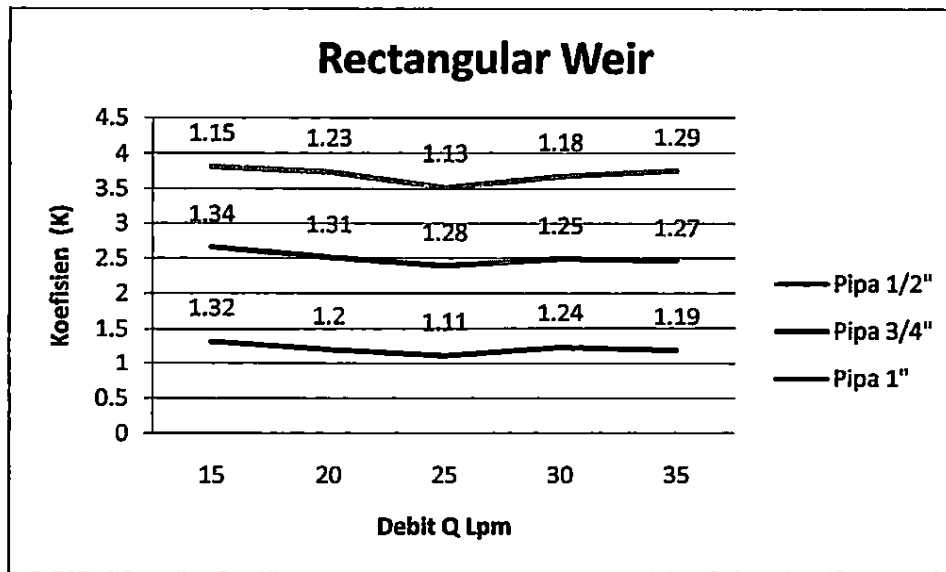
Debit Q		L (m)	H (m)	L.H <sup>3/2</sup>	C Uji	C Referensi
Lpm	m <sup>3</sup> /s					
30,4	0,000506	0,21	0,016	0,000425	1,19	1,84
28,7	0,000478	0,21	0,015	0,000385	1,24	
23,2	0,000386	0,21	0,014	0,000347	1,11	
22,5	0,000375	0,21	0,013	0,000311	1,20	
21,9	0,000365	0,21	0,012	0,000276	1,32	

Tabel 4.23 Hasil koefisien *Rectangular weir* melalui pipa PVC  $\frac{3}{4}$  ” .

Debit Q		L (m)	H (m)	L.H <sup>3/2</sup>	C Uji	C Referensi
Lpm	m <sup>3</sup> /s					
29,4	0,000490	0,21	0,015	0,000385	1,27	1,84
26,1	0,000435	0,21	0,014	0,000347	1,25	
23,9	0,000398	0,21	0,013	0,000311	1,28	
21,7	0,000361	0,21	0,012	0,000276	1,31	
19,6	0,000326	0,21	0,011	0,000242	1,34	

Tabel 4.24 Hasil koefisien *Rectangular weir* melalui pipa PVC  $\frac{1}{2}$  ” .

Debit Q		L (m)	H (m)	L.H <sup>3/2</sup>	C Uji	C Referensi
Lpm	m <sup>3</sup> /s					
26,9	0,000448	0,21	0,014	0,000347	1,29	1,84
22,2	0,000370	0,21	0,013	0,000311	1,18	
18,8	0,000313	0,21	0,012	0,000276	1,13	
17,9	0,000298	0,21	0,011	0,000242	1,23	
14,5	0,000241	0,21	0,010	0,000210	1,15	



Gambar 4.8 Grafik hubungan Q dengan Koefisien C *Rectangular Weir*

### Analisis

Nilai C untuk *Rectangular weir* cenderung konstan untuk berbagai debit aliran.