

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini dilaksanakan pada tanggal 9 Juni 2016 dengan menggunakan 5 *noozle* sebagai hujan alternatif 1 sedangkan 3 *noozle* sebagai hujan alternatif 2. Pada pengujian ini, dilakukan sebanyak 3 kali pengujian pada tiap jumlah lubang inlet yang terpasang. Pada pengujian ini ada 3 macam variasi jumlah inlet, yang pertama pengujian dengan menggunakan 1 inlet, yang kedua menggunakan 2 inlet dan selanjutnya menggunakan 3 inlet pada alat *street inlet*.

A. Intensitas Hujan

Pengujian pada saat alternatif hujan 1 dan alternatif hujan 2, masing-masing dilakukan 3 kali pengujian. Pada interval waktu 3 menit dalam total waktu 30 menit untuk 1 tahapan pengujian.

1. Perhitungan Intensitas Hujan

Rumus yang digunakan untuk menghitung intensitas hujan sebagai berikut:

$$I = \frac{d}{t} \dots\dots\dots (5.1)$$

$$d = \frac{V}{A} \dots\dots\dots (5.2)$$

Dengan:

- I = Intensitas hujan (mm/menit)
- d = Tinggi Hujan (mm)
- t = Waktu (menit)
- V = Volume hujan dalam penampang (mm³)
- A = Luas penampang hujan (mm²)

Untuk menentukan volume hujan dalam suatu penampang menggunakan cara mencari massa air dalam penampang terlebih dahulu dengan rumus sebagai berikut:

$$M. \text{ Air} = M_t - M_c \dots\dots\dots (5.3)$$

Dengan:

M. Air = Massa Air (gr)

Mt = Massa Cawan+Berat Air (gr)

Mc = Massa Cawan (gr)

Rumus untuk menghitung volume hujan dalam penampang sebagai berikut:

$$V = M.\text{air} / \rho \quad \dots\dots\dots (5.4)$$

Dengan:

V = Volume hujan dalam penampang (mm³)

M. air = Massa air (gr)

ρ air bersih = 1000 kg/m³ = 0,001 gr/mm³

Rumus untuk menghitung tinggi hujan sebagai berikut:

$$d = V / A \quad \dots\dots\dots (5.5)$$

Dengan:

d = Tinggi hujan (mm)

V = Volume hujan dalam penampang (mm³)

A = Luas penampang (mm²)

$$A = 1/4.\pi.D^2 = 9386,53 \text{ mm}^2, \text{ dengan } D = 109,3 \text{ mm.}$$

Setelah tinggi hujan diketahui selanjutnya menghitung intensitas hujan dengan durasi hujan t = 3 menit. Untuk hasil selengkapnya bisa dilihat pada Lampiran 1.

2. Hasil Penelitian Intensitas Hujan

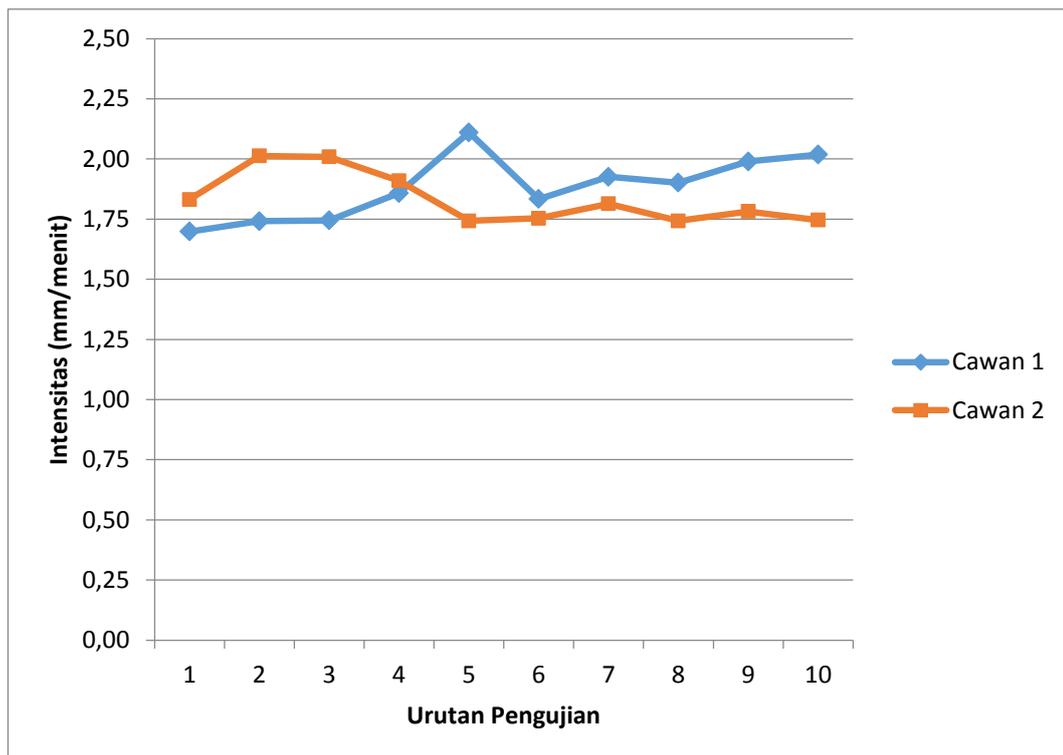
Penelitian intensitas hujan yang dilakukan di laboratorium telah mendapatkan hasil sebagai berikut :

- **Hujan Alternatif 1**

Hasil pengujian pertama intensitas hujan disajikan pada Tabel 5.1 dan digambarkan pada Gambar 5.1.

Tabel 5.1. Hasil intensitas hujan alternatif 1 pada variasi 1 (1 inlet)

No	Intensitas Hujan (mm/menit)		Intensitas Hujan	Intensitas Hujan
	Cawan 1	Cawan 2	Rata-rata (mm/menit)	Rata-rata (mm/jam)
1	1,70	1,83	1,76	35,30
2	1,74	2,01	1,88	37,54
3	1,74	2,01	1,88	37,54
4	1,86	1,91	1,88	37,68
5	2,11	1,74	1,93	38,53
6	1,83	1,75	1,79	35,87
7	1,93	1,81	1,87	37,39
8	1,90	1,74	1,82	36,44
9	1,99	1,78	1,89	37,71
10	2,02	1,75	1,88	37,64
Rata-rata	1,88	1,83	1,86	37,16



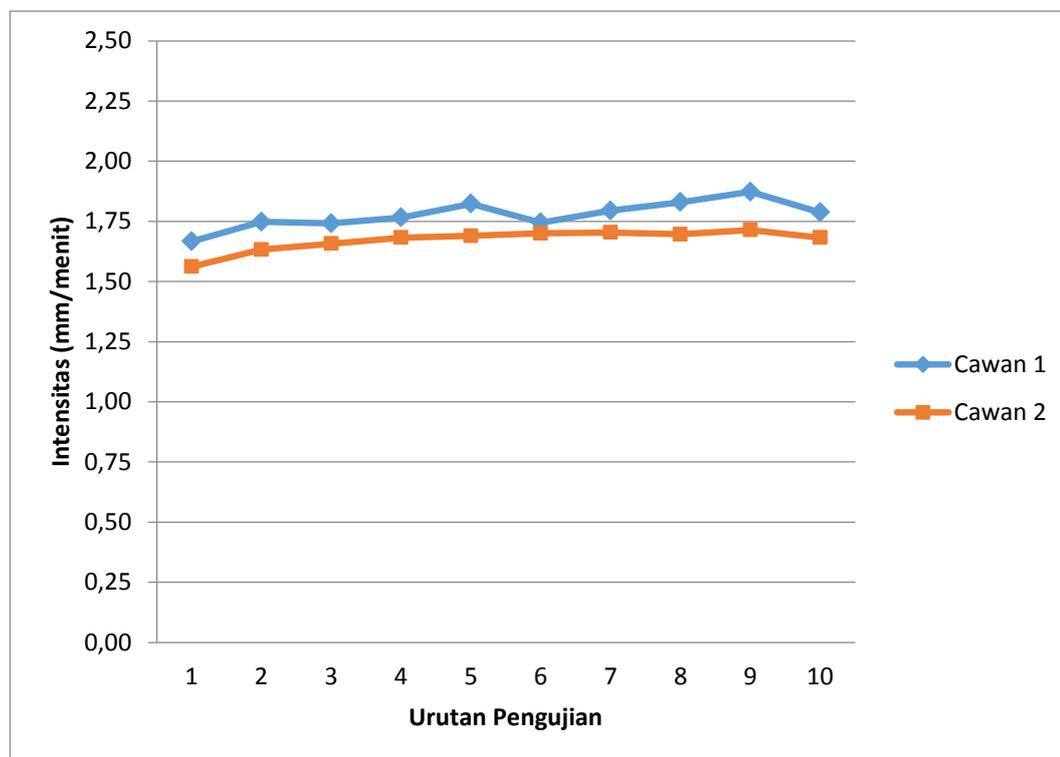
Gambar 5.1. Grafik intensitas hujan alternatif 1 pada variasi 1 (1 inlet)

- **Hujan Alternatif 2**

Hasil pengujian pertama intensitas hujan disajikan pada Tabel 5.2 dan digambarkan pada Gambar 5.2.

Tabel 5.2. Hasil intensitas hujan alternatif 2 pada variasi 1 (1 inlet)

No	Intensitas Hujan (mm/menit)		Intensitas Hujan	Intensitas Hujan
	Cawan 1	Cawan 2	Rata-rata (mm/menit)	Rata-rata (mm/jam)
1	1,67	1,56	1,61	32,28
2	1,75	1,63	1,69	33,81
3	1,74	1,66	1,70	33,98
4	1,77	1,68	1,72	34,48
5	1,82	1,69	1,76	35,12
6	1,74	1,70	1,72	34,45
7	1,79	1,70	1,75	34,98
8	1,83	1,70	1,76	35,26
9	1,87	1,71	1,79	35,87
10	1,79	1,68	1,73	34,70
Rata-rata	1,78	1,67	1,72	34,49



Gambar 5.2. Grafik intensitas hujan alternatif 2 pada variasi 1 (1 inlet)

Dari Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 hasil nilai intensitas hujan rata-rata untuk variasi 1 (1 inlet) pada hujan alternatif 1 yaitu 35,30 mm/jam, dan hujan alternatif 2 yaitu 32,28 mm/jam. Dari hasil tersebut intensitas hujan yang terjadi masuk kedalam kriteria hujan sangat lebat.

Dari Gambar 5.1 dan 5.2 dapat dilihat bahwa intensitas pada cawan 1 lebih dominan dibandingkan dengan intensitas pada cawan 2. Hal ini disebabkan banyak faktor antara lain perilaku *nozzle*, tekanan mesin pompa air, dan debit air yang keluar dari tandon. Semakin banyak jumlah *nozzel* yang di gunakan nilai intensitasnya juga bertambah besar besar (nilai intensitas 5 *nozzle* > 3 *nozzle*). Untuk tabel hasil pengujian selengkapnya dapat di lihat pada lampiran 5.

B. Debit Limpasan

Pada pengujian ini dilakukan pengujian sebanyak 3 kali untuk hujan alternatif 1 dan hujan alternatif 2. Pada pengujian pertama telah dipasang lubang inlet dengan jumlah 1 lubang, kemudian setelah itu dipasang 2 lubang, dan selanjutnya dipasang dengan menggunakan 3 lubang. Dimana pada masing – masing pengujian tersebut dihitung dalam interval waktu 3 menit selama kurun waktu 30 menit. Rumus yang digunakan untuk menghitung debit limpasan sebagai berikut:

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots (5.6)$$

Dengan:

Q = Debit Limpasan (liter/menit)

V = Volume Limpasan (liter)

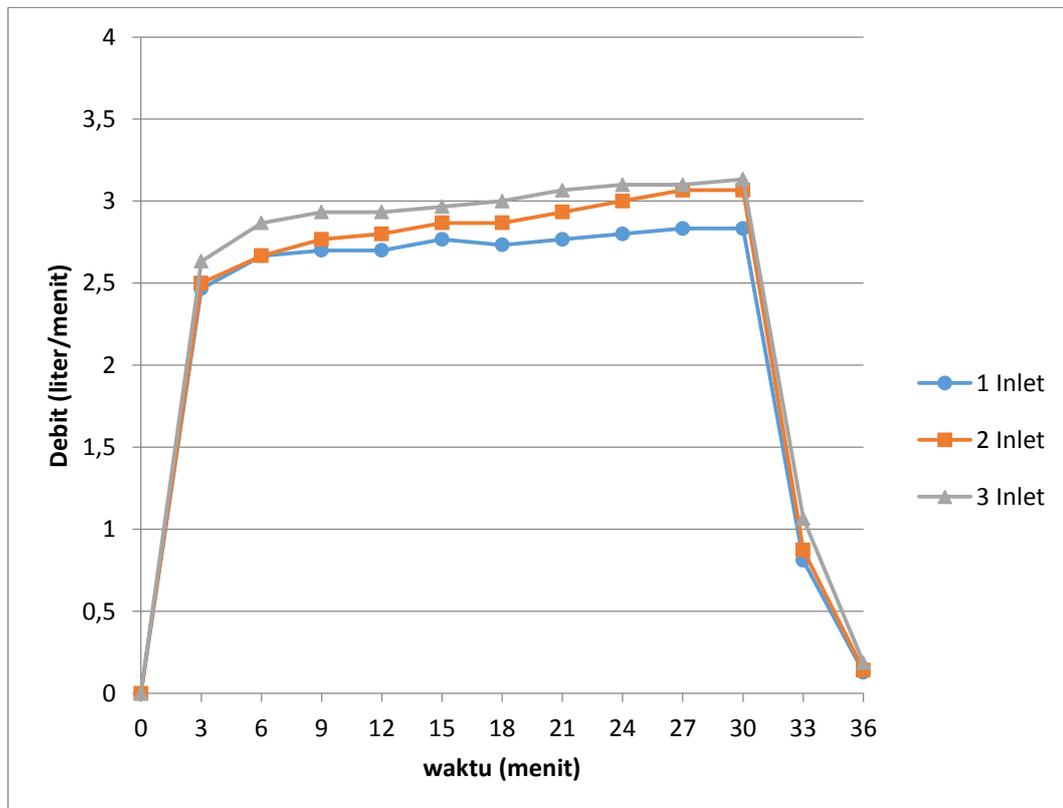
t = Waktu (menit)

Hasil hubungan antara waktu dengan debit limpasan pada 1 lubang inlet, 2 lubang inlet dan 3 lubang inlet dengan bentuk persegi panjang adalah sebagai berikut:

- **Hujan Alternatif 1**

Tabel 5.3. Hasil analisis nilai debit limpasan pada hujan alternatif 1

Waktu (menit)	Debit Limpasan (liter/menit)		
	1 Inlet	2 Inlet	3 Inlet
0	0	0	0
3	2,47	2,50	2,63
6	2,67	2,67	2,87
9	2,70	2,77	2,93
12	2,70	2,80	2,93
15	2,77	2,87	2,97
18	2,73	2,87	3,00
21	2,77	2,93	3,07
24	2,80	3,00	3,10
27	2,83	3,07	3,10
30	2,83	3,07	3,13
33	0,81	0,87	1,07
36	0,13	0,14	0,19

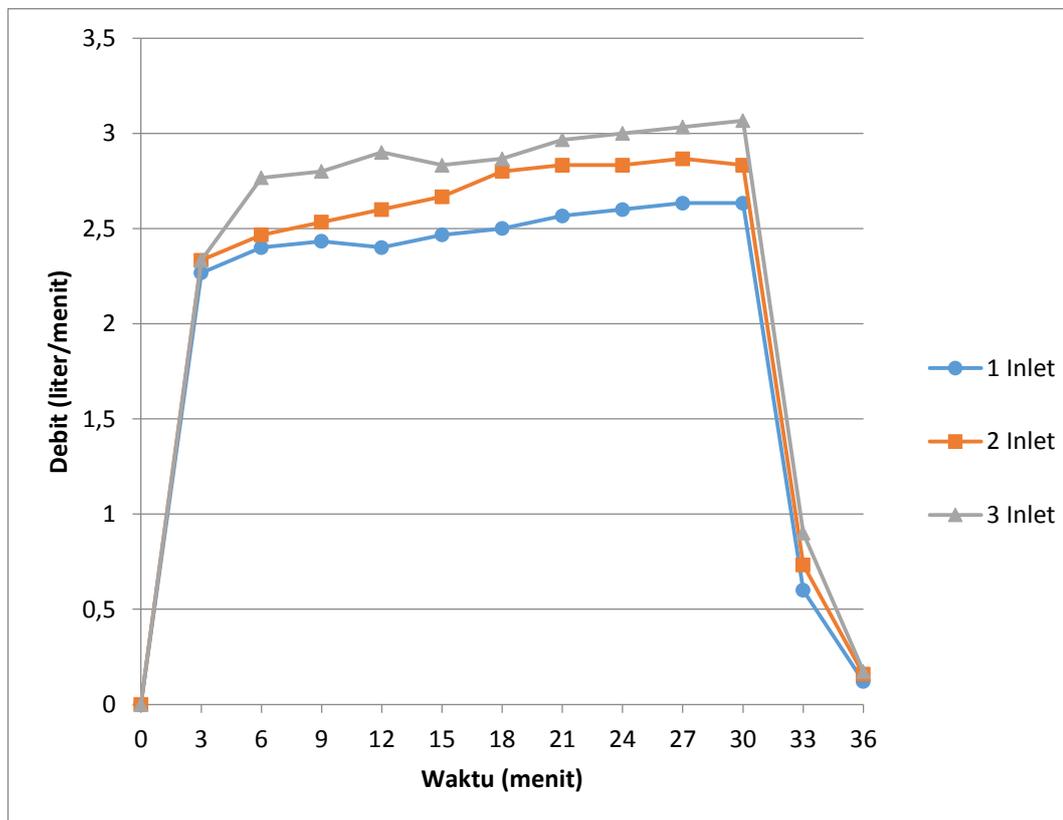


Gambar 5.3. Grafik debit limpasan pada hujan alternatif 1

- **Hujan Alternatif 2**

Tabel 5.4. Hasil analisis nilai debit limpasan pada hujan alternatif 2

Waktu (menit)	Debit Limpasan (liter/menit)		
	1 Inlet	2 Inlet	3 Inlet
0	0	0	0
3	2,27	2,33	2,33
6	2,40	2,47	2,77
9	2,43	2,53	2,80
12	2,40	2,60	2,90
15	2,47	2,67	2,83
18	2,50	2,80	2,87
21	2,57	2,83	2,97
24	2,60	2,83	3,00
27	2,63	2,87	3,03
30	2,63	2,83	3,07
33	0,60	0,73	0,90
36	0,12	0,16	0,17



Gambar 5.4. Grafik debit limpasan pada hujan alternatif 2

Dari data Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 mendapatkan hasil debit tertinggi pada saat hujan alternatif 1 yaitu 3,13 liter/menit dan saat hujan alternatif 2 yaitu 3,07 liter/menit. Pada saat pengujian terlihat dari grafik hidrograf laju debit limpasan tidak konstan, hal ini di sebabkan volume hujan yang di aliri dari *nozzel* pada alat simulator hujan saat pengujian sering berubah – ubah dan mengakibatkan hujan tidak merata . Untuk tabel hasil debit limpasan pada setiap pengujian selengkapnya dapat di lihat pada lampiran 2.

C. Volume Genangan

Pada pengujian pertama telah dipasang *street inlet* dengan jumlah 1 lubang, kemudian setelah itu dipasang 2 lubang, dan selanjutnya dipasang dengan menggunakan 3 lubang. Dimana pada masing – masing pengujian tersebut dihitung dalam waktu 3 menit dalam kurun waktu 30 menit. Rumus yang digunakan untuk menghitung volume genangan sebagai berikut:

$$\text{Volume Genangan} = \text{Luas Genangan} \times \text{Lebar Jalan} \dots\dots\dots (5.7)$$

Setelah mendapatkan hasil tinggi dan lebar genangan dari hasil pengukuran, rumus yang digunakan untuk mengukur luas genangan sebagai berikut:

$$\text{Luas Genangan} = \frac{1}{2} \times a \times t \dots\dots\dots 5.8)$$

Dengan:

a = lebar genangan (mm)

t = tinggi genangan (mm)

Dari hasil penelitian didapat volume genangan pada hujan alternatif 1 dan hujan alternatif 2 sebagai berikut:

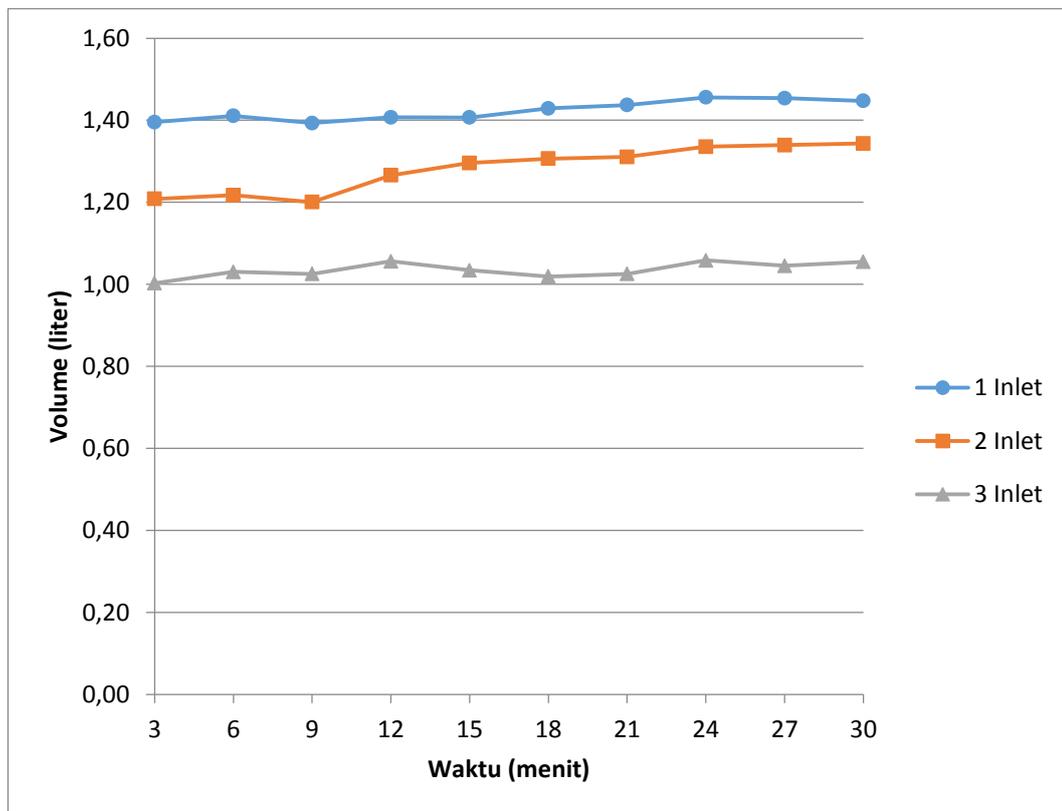
Tabel 5.5. Rincian volume genangan 1 lubang inlet untuk hujan alternatif 1

Waktu (menit)	No Inlet	Genangan		Lebar Jalan (mm)	Luas Genangan (mm ²)	Volume Genangan (mm ³)	Total Luas Genangan (mm ²)	Total Volume Genangan	
		h (mm)	l (mm)					(mm ³)	(liter)
3	1	10	177	666,67	885,00	590000,00	2093,00	1395333,33	1,40
	2	8	155	666,67	620,00	413333,33			
	3	7	168	666,67	588,00	392000,00			
6	1	9	170	666,67	765,00	510000,00	2116,10	1410733,33	1,41
	2	8,9	158	666,67	703,10	468733,33			
	3	8	162	666,67	648,00	432000,00			
9	1	9	172	666,67	774,00	516000,00	2090,00	1393333,33	1,39
	2	8	164	666,67	656,00	437333,33			
	3	8	165	666,67	660,00	440000,00			
12	1	10	173	666,67	865,00	576666,67	2111,00	1407333,33	1,41
	2	8	168	666,67	672,00	448000,00			
	3	7	164	666,67	574,00	382666,67			
15	1	10	174	666,67	870,00	580000,00	2110,00	1406666,67	1,41
	2	7	168	666,67	588,00	392000,00			
	3	8	163	666,67	652,00	434666,67			
18	1	8,5	172	666,67	731,00	487333,33	2143,50	1429000,00	1,43
	2	9	169	666,67	760,50	507000,00			
	3	8	163	666,67	652,00	434666,67			
21	1	8	170	666,67	680,00	453333,33	2156,00	1437333,33	1,44
	2	9	165	666,67	742,50	495000,00			
	3	9	163	666,67	733,50	489000,00			
24	1	10	172	666,67	860,00	573333,33	2184,00	1456000,00	1,46
	2	8	168	666,67	672,00	448000,00			
	3	8	163	666,67	652,00	434666,67			
27	1	8,5	168	666,67	714,00	476000,00	2181,00	1454000,00	1,45
	2	10	163	666,67	815,00	543333,33			
	3	8	163	666,67	652,00	434666,67			
30	1	9	169	666,67	760,50	507000,00	2171,00	1447333,33	1,45
	2	10	168	666,67	840,00	560000,00			
	3	7	163	666,67	570,50	380333,33			

- **Hujan Alternatif 1**

Tabel 5.6. Hasil volume genangan pada hujan alternatif 1

Waktu (menit)	Volume Genangan (liter)		
	1 Inlet	2 Inlet	3 Inlet
3	1,40	1,21	1,00
6	1,41	1,22	1,03
9	1,39	1,20	1,03
12	1,41	1,27	1,06
15	1,41	1,30	1,03
18	1,43	1,31	1,02
21	1,44	1,31	1,03
24	1,46	1,34	1,06
27	1,45	1,34	1,05
30	1,45	1,34	1,06

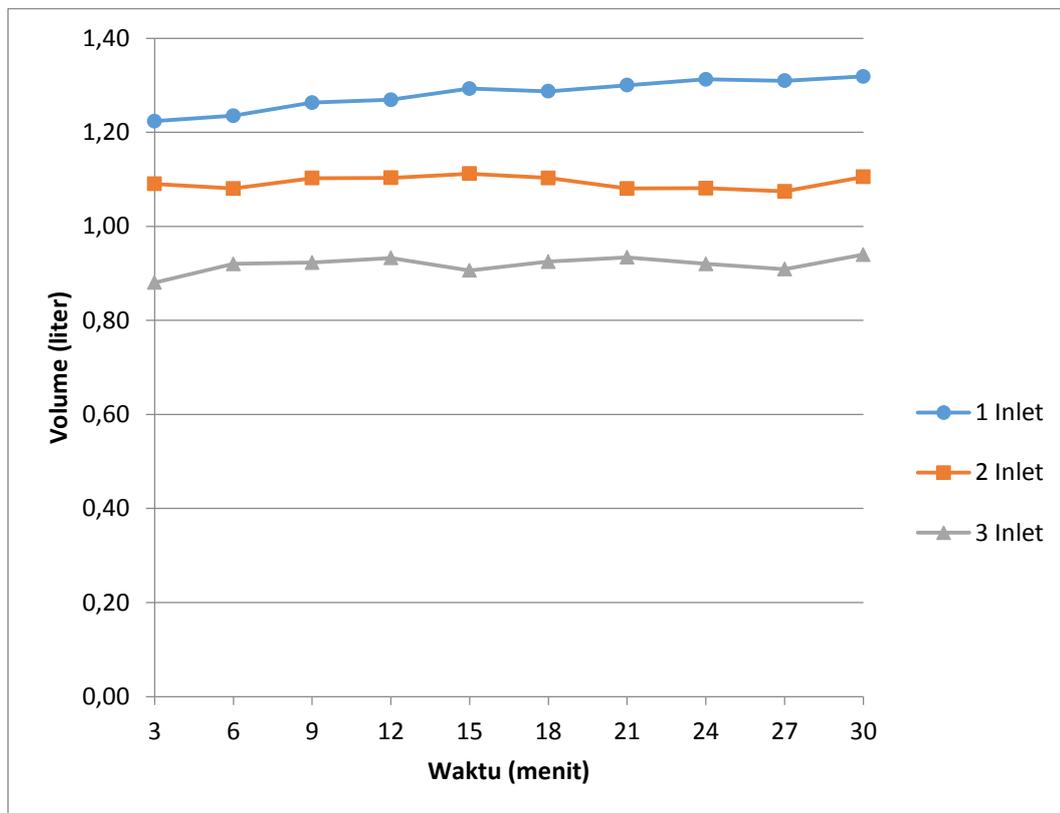


Gambar 5.5. Grafik volume genangan pada hujan alternatif 1

- **Hujan Alternatif 2**

Tabel 5.7. Hasil volume genangan pada hujan alternatif 2

Waktu (menit)	Volume Genangan (liter)		
	1 Inlet	2 Inlet	3 Inlet
3	1,22	1,09	0,88
6	1,24	1,08	0,92
9	1,26	1,10	0,92
12	1,27	1,10	0,93
15	1,29	1,11	0,91
18	1,29	1,10	0,92
21	1,30	1,08	0,93
24	1,31	1,08	0,92
27	1,31	1,07	0,91
30	1,32	1,11	0,94



Gambar 5.6. Grafik volume genangan pada hujan alternatif 2

Pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 menunjukkan bahwa volume genangan tertinggi pada hujan yang dihasilkan dari alat simulator hujan terjadi pada jumlah 1 lubang inlet. Untuk hujan alternatif 1 pada menit ke 24 yaitu 1,46 liter dan untuk hujan alternatif 2 pada menit ke 30 yaitu 1,32 liter. Dapat diamati bahwa grafik volume genangan pada kondisi hujan alternatif 1 dan hujan alternatif 2 yang dihasilkan dari alat simulator hujan dengan 1 lubang inlet, 2 lubang inlet, 3 lubang inlet menunjukkan perbedaan. Dimana volume genangan dengan jumlah lubang 1 lubang inlet > 2 lubang inlet > 3 lubang inlet. Untuk tabel hasil volume genangan pada setiap pengujian selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 3.

D. Hubungan Volume Genangan dan Debit Limpasan Pada Jumlah Inlet

Dari data pengujian yang didapat bisa diamati bahwa jumlah lubang inlet mempengaruhi jumlah debit limpasan dan volume genangan. Dari hasil penelitian

didapat hubungan antara volume genangan terhadap debit untuk setiap lubang inlet pada hujan alternatif 1 dan hujan alternatif 2 sebagai berikut:

- **Hujan Alternatif 1**

Tabel 5.8. Hubungan volume genangan dan debit limpasan pada hujan alternatif 1

No	1 Lubang Inlet		2 Lubang Inlet		3 Lubang Inlet	
	Vol.Genangan	Q. Limpasan	Vol.Genangan	Q. Limpasan	Vol.Genangan	Q. Limpasan
Pengujian	(liter)	(ltr/mnt)	(liter)	(ltr/mnt)	(liter)	(ltr/mnt)
1	1,40	2,47	1,21	2,50	1,00	2,63
2	1,41	2,67	1,22	2,67	1,03	2,87
3	1,39	2,70	1,20	2,77	1,03	2,93
4	1,41	2,70	1,27	2,80	1,06	2,93
5	1,41	2,77	1,30	2,87	1,03	2,97
6	1,43	2,73	1,31	2,87	1,02	3,00
7	1,44	2,77	1,31	2,93	1,03	3,07
8	1,46	2,80	1,34	3,00	1,06	3,10
9	1,45	2,83	1,34	3,07	1,05	3,10
10	1,45	2,83	1,34	3,07	1,06	3,13

- **Hujan Alternatif 2**

Tabel 5.9. Hubungan volume genangan dan debit limpasan pada hujan alternatif 2

No	1 Lubang Inlet		2 Lubang Inlet		3 Lubang Inlet	
	Vol.Genangan	Q. Limpasan	Vol.Genangan	Q. Limpasan	Vol.Genangan	Q. Limpasan
Pengujian	(liter)	(ltr/mnt)	(liter)	(ltr/mnt)	(liter)	(ltr/mnt)
1	1,22	2,27	1,09	2,33	0,88	2,33
2	1,24	2,40	1,08	2,47	0,92	2,77
3	1,26	2,43	1,10	2,53	0,92	2,80
4	1,27	2,40	1,10	2,60	0,93	2,90
5	1,29	2,47	1,11	2,67	0,91	2,83
6	1,29	2,50	1,10	2,80	0,92	2,87
7	1,30	2,57	1,08	2,83	0,93	2,97
8	1,31	2,60	1,08	2,83	0,92	3,00
9	1,31	2,63	1,07	2,87	0,91	3,03
10	1,32	2,63	1,11	2,83	0,94	3,07

Dari Tabel 5.8 dan Gambar 5.9 dapat kita ketahui bahwa semakin banyak jumlah lubang inlet yang di pasang maka debit limpasan semakin banyak, peristiwa tersebut sangat berbanding terbalik apabila kita hubungkan dengan volume genangan dengan kata lain semakin banyak jumlah inlet yang di pasang justru akan mengurangi volume genangan. Dikarenakan semakin banyak jumlah inlet yang di pasang maka akan mempermudah air untuk masuk ke lubang inlet.

E. Koefisien Limpasan

Dalam menentukan nilai koefisien limpasan dapat di hitung menggunakan metode rasional didasarkan pada persamaan sebagai berikut:

$$Q = 0,278.C.I.A \dots\dots\dots(5.8)$$

Dengan:

Q : Debit puncak (liter/menit)

I : Intensitas hujan (mm/menit)

A :Luas daerah tangkapan (mm)

$$A = 2 \text{ m}^2 = 2.10^6 \text{ mm}^2$$

C :Koefisien aliran

Pada pengujian variasi pertama (1 inlet), variasi kedua (2 inlet) dan variasi ketiga (3inlet) dengan hujan alternatif 1 dan hujan alternatif 2 didapatkan hasil koefisien aliran sebagai berikut:

- **Hujan Alternatif 1**

Contoh perhitungan koefisien limpasan dengan metode rasional yaitu:

$$Q = C.I.A$$

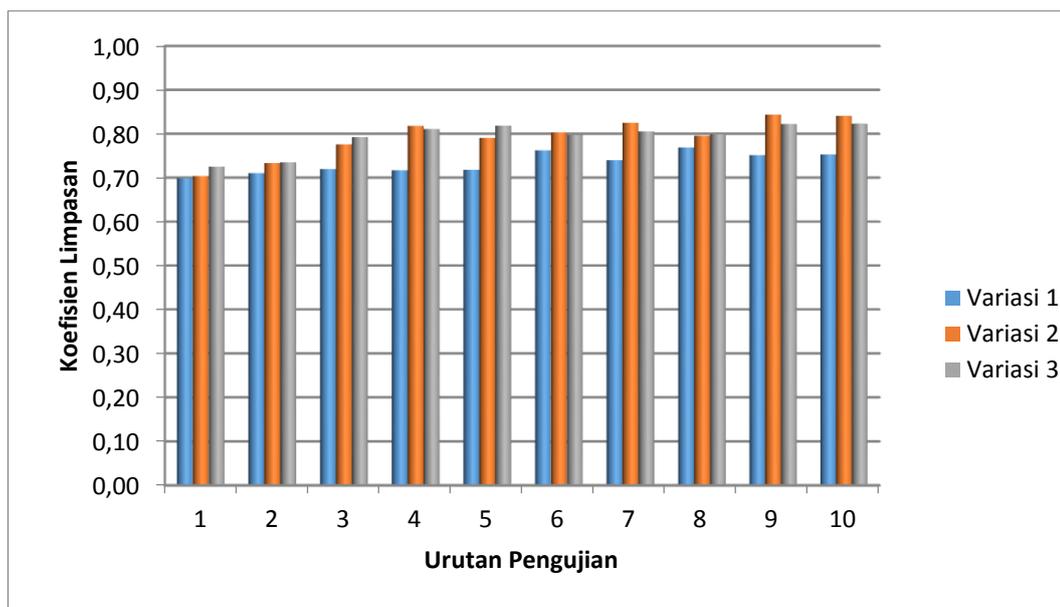
$$C = Q/(I.A)$$

$$= 2,47.10^6/(1,76 \times 2.10^6)$$

$$= 0,70$$

Tabel 5.10. Hasil koefisien limpasan pada hujan alternatif 1

No Pengujian	Koefisien Limpasan		
	Variasi pertama	Variasi kedua	Variasi ketiga
1	0,70	0,70	0,72
2	0,71	0,73	0,74
3	0,72	0,78	0,79
4	0,72	0,82	0,81
5	0,72	0,79	0,82
6	0,76	0,80	0,80
7	0,74	0,83	0,81
8	0,77	0,80	0,80
9	0,75	0,84	0,82
10	0,75	0,84	0,82
Rata-rata	0,73	0,79	0,79

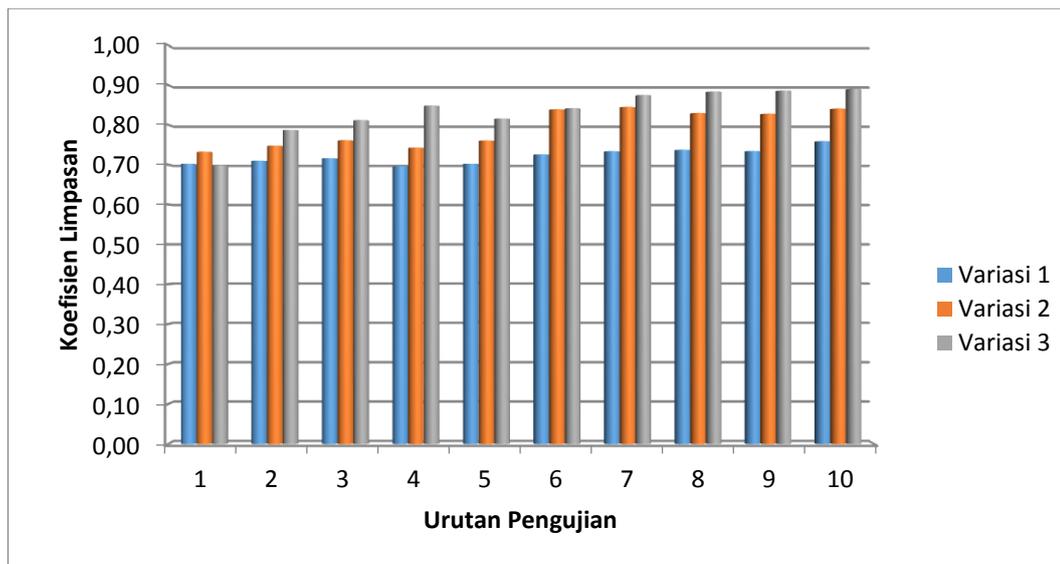


Gambar 5.7. Grafik koefisien limpasan pada hujan alternatif 1

- **Hujan Alternatif 2**

Tabel 5.11. Hasil koefisien limpasan pada hujan alternatif 2

No Pengujian	Koefisien Limpasan		
	Variasi pertama	Variasi kedua	Variasi ketiga
1	0,70	0,73	0,70
2	0,71	0,75	0,79
3	0,72	0,76	0,81
4	0,70	0,74	0,85
5	0,70	0,76	0,82
6	0,73	0,84	0,84
7	0,73	0,84	0,87
8	0,74	0,83	0,88
9	0,73	0,83	0,89
10	0,76	0,84	0,89
Rata-rata	0,72	0,79	0,83



Gambar 5.8. Grafik koefisien limpasan pada hujan alternatif 2

Pada Tabel 5.10 dan 5.11 dapat kita ketahui bahwa koefisien limpasan rata rata yang di hasilkan dari pengujian hujan alternatif 1 dengan variasi pertama yaitu 0,73 , variasi kedua 0,79 dan ketiga 0,79. Untuk pengujian hujan alternatif 2 variasi pertama yaitu 0,72, variasi kedua 0,79 dan variasi ketiga 0,83. Hasil koefisien ini menunjukkan bahwa nilai koefisien limpasan sesuai dengan ketentuan yang ada pada tabel koefisien pengaliran.