

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dalam Pengujian ini terdapat 2 tahapan pelaksanaan pengujian yaitu I dilaksanakan pada tanggal 20-21 Mei 2016 dengan menggunakan hujan 5 *nozzle* yang disebut dengan hujan 1. Pada pengujian ini, dilakukan sebanyak 3 kali pengujian pada tiap jumlah lubang inlet yang terpasang. Pengujian II dilaksanakan pada tanggal 9 Juni 2016 dengan menggunakan 3 *nozzle* yang disebut dengan hujan 2. Pada pengujian ini juga dilakukan sebanyak 3 kali pengujian pada tiap jumlah lubang inlet yang terpasang. Pada tiap pengujian ada 3 macam pengujian, yang pertama pengujian dengan menggunakan 1 inlet, yang kedua menggunakan 2 inlet dan selanjutnya menggunakan 3 inlet pada jalan tersebut.

A. Intensitas Hujan

Pengujian ini menggunakan 5 *nozzle* dan 3 *nozzle*, 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:

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

Dengan:

$M. \text{ Air}$ = Massa Air (gr)

M_t = Massa Cawan+Berat Air (gr)

M_c = 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 (mm^3)

$M. \text{ air}$ = Massa air (gr)

ρ air bersih = $1000 \text{ kg/m}^3 = 0,001 \text{ gr/mm}^3$

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 (mm^3)

A = Luas penampang (mm^2)

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

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 :

Tabel 5.1 Hasil Intensitas Hujan Yang Didapat Selama Pengujian

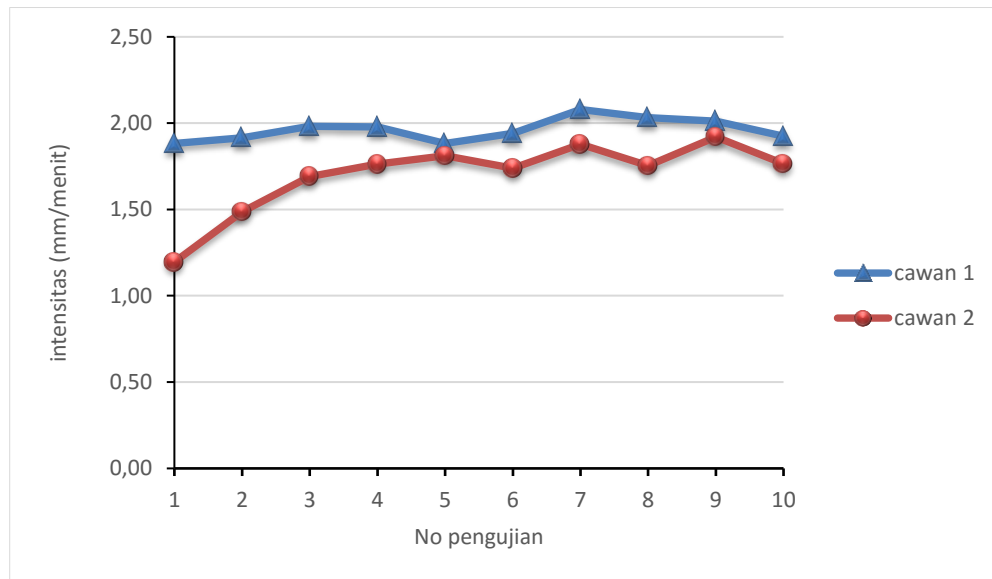
Intensitas hujan rata rata (mm/menit)						
waktu	Hujan 1			Hujan 2		
(menit ke-)	1 inlet	2 inlet	3 inlet	1 inlet	2 inlet	3 inlet
3	1,54	1,67	1,88	1,49	1,70	1,59
6	1,70	1,84	2,09	1,57	1,70	1,67
9	1,84	1,76	2,09	1,66	1,74	1,65
12	1,87	1,90	2,14	1,68	1,74	1,64
15	1,85	1,88	2,08	1,61	1,73	1,66
18	1,84	1,80	2,13	1,65	1,66	1,65
21	1,98	1,83	2,11	1,61	1,72	1,67
24	1,89	1,89	2,13	1,67	1,62	1,67
27	1,97	2,06	2,11	1,72	1,70	1,68
30	1,84	2,05	2,13	1,69	1,67	1,69
Rata"(mm/menit)	1,83	1,87	2,09	1,64	1,70	1,66
Rata"(mm/jam)	109,90	112,11	125,25	98,12	101,87	99,41

- **Hujan 1**

Hasil pengujian pertama intensitas hujan disajikan pada Tabel 5.2 dan digambarkan pada Gambar 5.1.

Tabel 5.2 Hasil Intensitas Hujan Dengan Hujan 1

waktu	No	intensitas	intensitas	Rata" Intensitas
(menit)	Pengujian	cawan 1	cawan 2	(mm/menit)
3	1	1,88	1,20	1,54
6	2	1,92	1,49	1,70
9	3	1,98	1,69	1,84
12	4	1,98	1,76	1,87
15	5	1,88	1,81	1,85
18	6	1,94	1,74	1,84
21	7	2,08	1,88	1,98
24	8	2,03	1,75	1,89
27	9	2,01	1,92	1,97
30	10	1,92	1,76	1,84
	Rata Rata	1,96	1,70	1,83



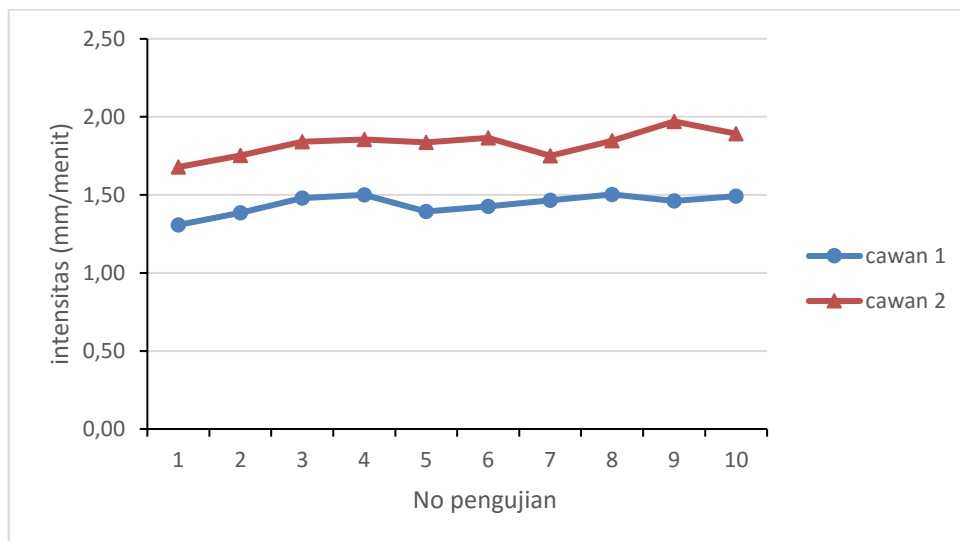
Gambar 5.1 Grafik intensitas hujan dengan hujan 1

- **Hujan 2**

Hasil pengujian pertama intensitas hujan disajikan pada Tabel 5.3 dan digambarkan pada Gambar 5.2.

Tabel 5.3 Hasil Intensitas Hujan Dengan Hujan 2

waktu (menit)	No Pengujian	intensitas cawan 1	intensitas cawan 2	Rata" Intensitas (mm/menit)
3	1	1,31	1,68	1,49
6	2	1,39	1,75	1,57
9	3	1,48	1,84	1,66
12	4	1,50	1,86	1,68
15	5	1,39	1,84	1,61
18	6	1,43	1,87	1,65
21	7	1,46	1,75	1,61
24	8	1,50	1,85	1,67
27	9	1,46	1,97	1,72
30	10	1,49	1,89	1,69
	Rata Rata	1,44	1,83	1,64



Gambar 5.2 Grafik intensitas hujan dengan hujan 2

Hasil nilai intensitas hujan dari simulator hujan pada semua nomor pengujian, mendapatkan hasil rata-rata yaitu hujan 1 pada pengujian 1 = 109,90 mm/jam, pengujian 2 = 112,11 mm/jam, dan pengujian 3 = 125,25 mm/jam, dan hujan 2 pada pengujian 1 = 98,12 mm/jam, pengujian 2 = 101,87 mm/jam dan pengujian 3 = 99,41 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 yang terjadi pada hujan 1 intensitas cawan 1 lebih dominan dibandingkan dengan intensitas pada cawan 2 sedangkan pada hujan 2 intensitas cawan 2 lebih dominan dibandingkan dengan intensitas pada cawan 1. Hal ini disebabkan banyak faktor antara lain perilaku *nozzle*, tekanan mesin pompa air, dan debit air yang keluar dari tandon. Namun secara keseluruhan bisa diamati pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 bahwa jumlah *nozzel* berpengaruh terhadap jumlah intensitas hujan yang terjadi. Semakin banyak jumlah *nozzel* yang di gunakan nilai intensitasnya juga bertambah besar (nilai intensitas hujan 1 > hujan 2). Untuk tabel hasil pengujian selengkapnya dapat di lihat pada lampiran 5.

B. Debit Limpasan

Pada pengujian ini dilakukan pengujian sebanyak 3 kali untuk 5 *nozzle* yang disebut hujan 1 dan 3 *nozzle* yang di sebut hujan 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)

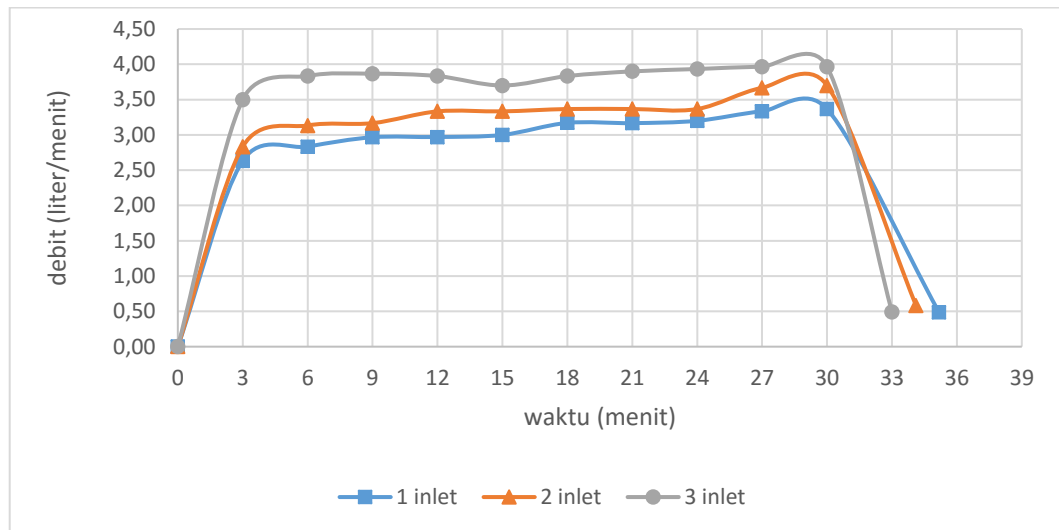
t = Waktu (menit)

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 1**

Tabel 5.4 Hasil Analisis Nilai Debit Limpasan Hujan 1

Debit limpasan					
Waktu (menit)	Inlet 1 (liter/menit)	Waktu (menit)	Inlet 2 (liter/menit)	Waktu (menit)	Inlet 3 (liter/menit)
0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	2,63	3	2,83	3	3,50
6	2,83	6	3,13	6	3,83
9	2,97	9	3,17	9	3,87
12	2,97	12	3,33	12	3,83
15	3,00	15	3,33	15	3,70
18	3,17	18	3,37	18	3,83
21	3,17	21	3,37	21	3,90
24	3,20	24	3,37	24	3,93
27	3,33	27	3,67	27	3,97
30	3,37	30	3,70	30	3,97
35,17	0,49	34,11	0,58	33	0,49

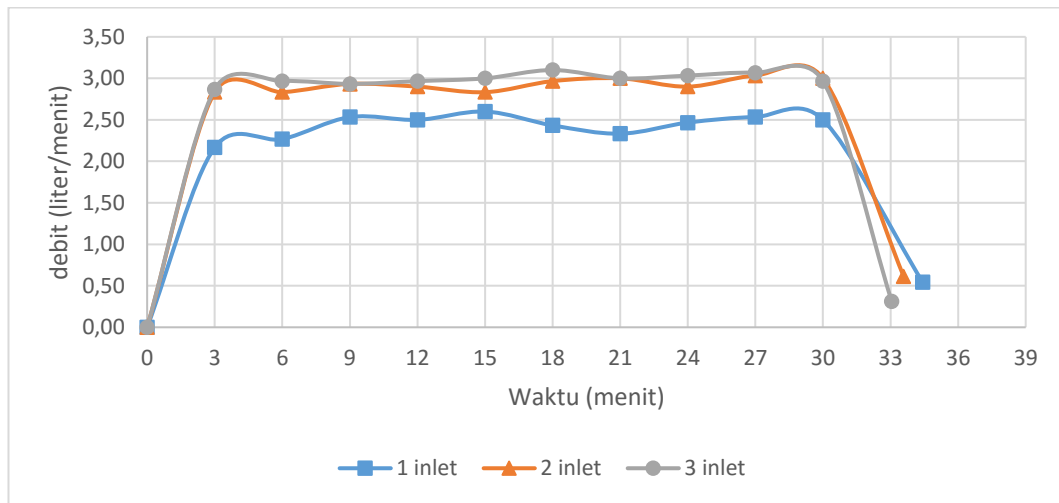


Gambar 5.3 Grafik debit limpasan pada hujan 1

- **Hujan 2**

Tabel 5.5 Hasil Analisis Nilai Debit Limpasan Hujan 2

Debit limpasan					
Waktu (menit)	Inlet 1 (liter/menit)	Waktu (menit)	Inlet 2 (liter/menit)	Waktu (menit)	Inlet 3 (liter/menit)
0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	2,17	3	2,83	3	2,87
6	2,27	6	2,83	6	2,97
9	2,53	9	2,93	9	2,93
12	2,50	12	2,90	12	2,97
15	2,60	15	2,83	15	3,00
18	2,43	18	2,97	18	3,10
21	2,33	21	3,00	21	3,00
24	2,47	24	2,90	24	3,03
27	2,53	27	3,03	27	3,07
30	2,50	30	3,00	30	2,97
34,43	0,54	33,58	0,61	33,05	0,31



Gambar 5.4 Grafik debit limpasan pada hujan 2

Pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 menunjukkan bahwa debit limpasan pada 3 lubang inlet lebih besar dari debit limpasan 2 lubang inlet dan 1 lubang inlet. Dari data yang di dapat 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 perhitungan debit limpasan pada setiap pengujian selengkapnya dapat di lihat pada lampiran 2.

C. Volume Genangan

Pada pengujian ini dilakukan pengujian sebanyak 3 kali untuk tiap masing-masing kondisi hujan. 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 luas genangan sebagai berikut:

$$L\Delta = 0,5 \cdot h \cdot l \dots \dots \dots (5.7)$$

Dengan:

$L\Delta$ = Luas genangan

H = Tinggi genanga

l = lebar genangan

Rumus untuk menghitung volume genangan:

$$\text{Volume Genangan} = L \Delta \times \text{Lebar Jalan} \dots \dots \dots (5.8)$$

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

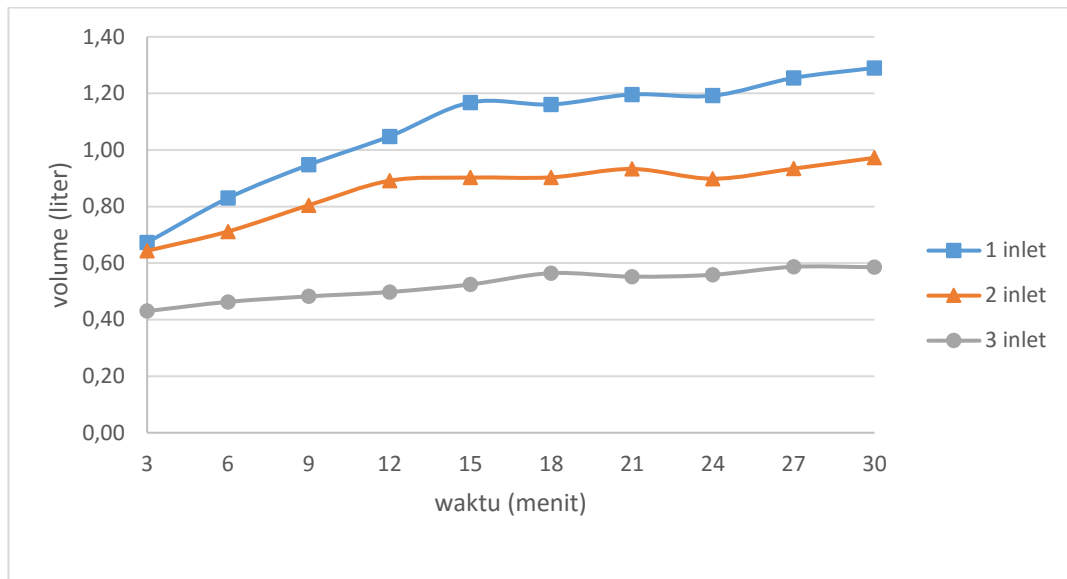
Tabel 5.6 Perhitungan Volume Genangan 1 Lubang Inlet Hujan 1

Waktu (menit)	No Inlet	Genangan		L (mm)	A. Genangan (mm ²)	V. Genangan (mm ³)	J.A.Genangan (mm ²)	J.V.Genangan	
		h (mm)	l (mm)					(mm ³)	(liter)
3	1	8	111	666,666667	444,00	296000,00	1009,00	672666,67	0,67
	2	5	100	666,666667	250,00	166666,67			
	3	6	105	666,666667	315,00	210000,00			
6	1	9	120	666,666667	540,00	360000,00	1244,50	829666,67	0,83
	2	6	103	666,666667	309,00	206000,00			
	3	7	113	666,666667	395,50	263666,67			
9	1	10	118	666,666667	590,00	393333,33	1421,10	947400,00	0,95
	2	7,2	101	666,666667	363,60	242400,00			
	3	8,5	110	666,666667	467,50	311666,67			
12	1	11	119	666,666667	654,50	436333,33	1572,00	1048000,00	1,05
	2	8	100	666,666667	400,00	266666,67			
	3	9	115	666,666667	517,50	345000,00			
15	1	11	125	666,666667	687,50	458333,33	1752,00	1168000,00	1,17
	2	8,9	110	666,666667	489,50	326333,33			
	3	10	115	666,666667	575,00	383333,33			
18	1	10,8	126	666,666667	680,40	453600,00	1741,40	1160933,33	1,16
	2	9	108	666,666667	486,00	324000,00			
	3	10	115	666,666667	575,00	383333,33			
21	1	11	125	666,666667	687,50	458333,33	1794,50	1196333,33	1,20
	2	9	110	666,666667	495,00	330000,00			
	3	10,2	120	666,666667	612,00	408000,00			
24	1	11,2	130	666,666667	728,00	485333,33	1788,00	1192000,00	1,19
	2	8	115	666,666667	460,00	306666,67			
	3	10	120	666,666667	600,00	400000,00			
27	1	11	132	666,666667	726,00	484000,00	1882,00	1254666,67	1,25
	2	9,5	116	666,666667	551,00	367333,33			
	3	10	121	666,666667	605,00	403333,33			
30	1	11	128	666,666667	704,00	469333,33	1935,25	1290166,67	1,29
	2	10	120	666,666667	600,00	400000,00			
	3	10,1	125	666,666667	631,25	420833,33			

- Hujan 1

Tabel 5.7 Hasil Perhitungan Volume Genangan Hujan 1

Waktu (menit)	volume genangan (liter)		
	1 inlet	2 inlet	3 inlet
3	0,67	0,64	0,43
6	0,83	0,71	0,46
9	0,95	0,80	0,48
12	1,05	0,89	0,50
15	1,17	0,90	0,52
18	1,16	0,90	0,56
21	1,20	0,93	0,55
24	1,19	0,90	0,56
27	1,25	0,93	0,59
30	1,29	0,97	0,59

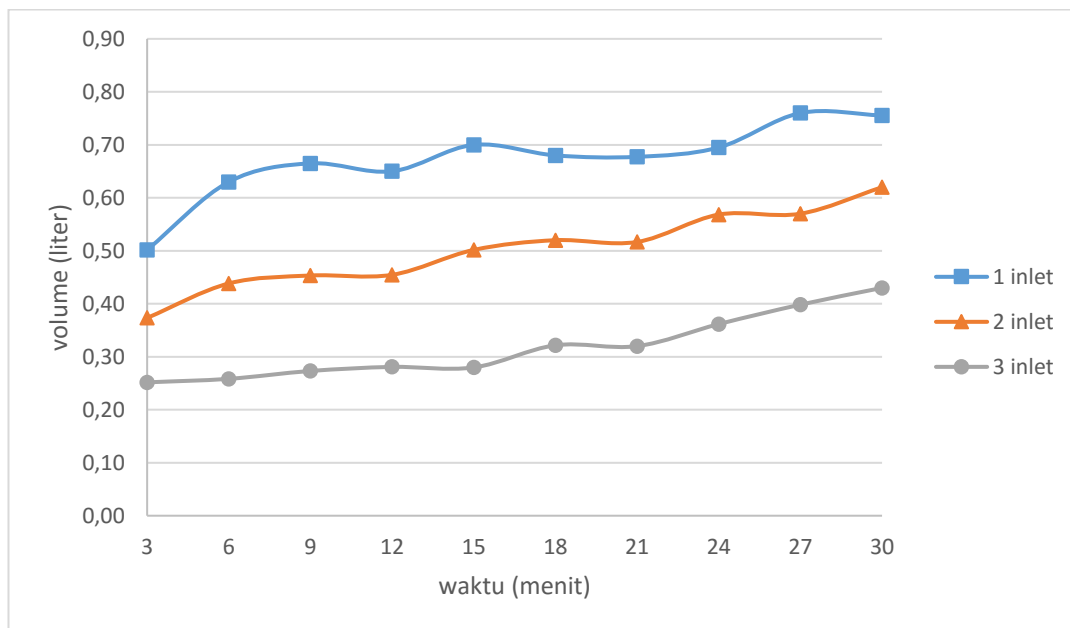


Gambar 5.5 Grafik volume genangan pada hujan 1

- **Hujan 2**

Tabel 5.8 Perhitungan Volume Genangan Dengan Hujan 2

Waktu (menit)	volume genangan (liter)		
	1 inlet	2 inlet	3 inlet
3	0,50	0,37	0,25
6	0,63	0,44	0,26
9	0,67	0,45	0,27
12	0,65	0,45	0,28
15	0,70	0,50	0,28
18	0,68	0,52	0,32
21	0,68	0,52	0,32
24	0,70	0,57	0,36
27	0,76	0,57	0,40
30	0,76	0,62	0,43



Gambar 5.6 Grafik volume genangan pada hujan 2

Pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 menunjukkan bahwa pengujian hujan 1 terlihat volume genangan tertinggi terjadi pada jumlah lubang 1 inlet pada menit ke-30 yaitu 1,29 liter, dan pada hujan 2 terlihat volume genangan tertinggi juga terjadi pada jumlah lubang 1 inlet pada menit ke-30 dan ke-27 yaitu 0,76 liter. Dan dapat diamati bahwa grafik volume genangan pada hujan 1 dan hujan 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 perhitungan volume genangan pada setiap pengujian selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 3.

Dari data pengujian hubungan volume genangan dan debit limpasan pada jumlah inlet 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 dengan hujan 1 dan hujan 2 sebagai berikut:

- **Hujan 1**

Tabel 5.9 Hubungan Volume Genangan Dan Debit Limpasan Hujan 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)	(liter/menit)	(liter)	(liter/menit)	(liter)	(liter/menit)
0	0	0	0	0	0	0
1	0,67	2,63	0,64	2,83	0,43	3,50
2	0,83	2,83	0,71	3,13	0,46	3,83
3	0,95	2,97	0,80	3,17	0,48	3,87
4	1,05	2,97	0,89	3,33	0,50	3,83
5	1,17	3,00	0,90	3,33	0,52	3,70
6	1,16	3,17	0,90	3,37	0,56	3,83
7	1,20	3,17	0,93	3,37	0,55	3,90
8	1,19	3,20	0,90	3,37	0,56	3,93
9	1,25	3,33	0,93	3,67	0,59	3,97
10	1,29	3,37	0,97	3,70	0,59	3,97

- **Hujan 2**

Tabel 5.10 Hubungan Volume Genangan Dan Debit Limpasan Hujan 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)	(liter/menit)	(liter)	(liter/menit)	(liter)	(liter/menit)
0	0	0	0	0	0	0
1	0,50	2,17	0,37	2,83	0,25	2,87
2	0,63	2,27	0,44	2,83	0,26	2,97
3	0,67	2,53	0,45	2,93	0,27	2,93
4	0,65	2,50	0,45	2,90	0,28	2,97
5	0,70	2,60	0,50	2,83	0,28	3,00
6	0,68	2,43	0,52	2,97	0,32	3,10
7	0,68	2,33	0,52	3,00	0,32	3,00
8	0,70	2,47	0,57	2,90	0,36	3,03
9	0,76	2,53	0,57	3,03	0,40	3,07
10	0,76	2,50	0,62	3,00	0,43	2,97

Dari Tabel 5.9 dan Gambar 5.10 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.

D. Koefisien Limpasan

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

$$Q = 0,278.C.I.A \dots\dots\dots(5.9)$$

Dengan:

Q : Debit puncak

I : Intensitas hujan

A :Luas daerah tangkapan

C :Koefisien aliran

Pada pengujian ini kita menganalisis koefisien limpasan berikut contoh perhitungannya:

$$Q = C.I.A$$

$$Q = 2,63 \text{ liter/menit} = 2,63 \text{ dm}^3/\text{menit} = 2630000 \text{ mm}^3/\text{menit}$$

$$A = \text{Luas penampang alat uji} = 2000 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} = 2000000 \text{ mm}^2$$

$$I = \text{Intensitas hujan} = 1,54 \text{ mm/menit}$$

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

$$= 2,63/(1,54*2) = 0,86$$

Tabel 5.11 Perhitungan Koefisien Limpasan 1 Lubang Inlet Hujan 1

Waktu (menit)	Debit Limpasan (liter/menit)	Intensitas rata" (mm/menit)	C
0	0,00	0	0,00
3	2,63	1,54	0,86
6	2,83	1,70	0,83
9	2,97	1,84	0,81
12	2,97	1,87	0,79
15	3,00	1,85	0,81
18	3,17	1,84	0,86
21	3,17	1,98	0,80
24	3,20	1,89	0,85
27	3,33	1,97	0,85
30	3,37	1,84	0,91
35,17	0,49		
		rata-rata	0,84

- **Hujan 1**

Tabel 5.12 Koefisien Limpasan Hujan 1

waktu (menit)	Koefisien Limpasan		
	1 inlet	2 inlet	3 inlet
0	0,00	0,00	0,00
3	0,86	0,85	0,93
6	0,83	0,85	0,92
9	0,81	0,90	0,92
12	0,79	0,88	0,90
15	0,81	0,88	0,89
18	0,86	0,93	0,90
21	0,80	0,92	0,92
24	0,85	0,89	0,92
27	0,85	0,89	0,94
30	0,91	0,90	0,93
rata-rata	0,84	0,89	0,92

- **Hujan 2**

Tabel 5.13 Koefisien Limpasan Hujan 2

waktu (menit)	Koefisien Limpasan		
	1 inlet	2 inlet	3 inlet
0	0,00	0,00	0,00
3	0,73	0,84	0,90
6	0,72	0,84	0,89
9	0,76	0,84	0,89
12	0,74	0,83	0,91
15	0,81	0,82	0,91
18	0,74	0,89	0,94
21	0,73	0,87	0,90
24	0,74	0,89	0,91
27	0,74	0,89	0,91
30	0,74	0,90	0,88
rata-rata	0,74	0,86	0,90

Pada Tabel 5.11 dan 5.12. dapat kita ketahuai bahwa nilai koefisien limpasan rata rata yang di hasilkan dari pengujian hujan 1 adalah 1 inlet = 0,84, 2 inlet = 0,89, dan 3 inlet = 0,92 dan hujan 2 adalah 1 lubang inlet = 0,74, 2 lubang inlet = 0,86 dan 3 inlet = 0,90.

Dari data di atas menunjukkan bahwa nilai koefisien limpasan sesuai dengan ketentuan yang ada pada tabel koefisien pengaliran. Untuk tabel hasil pengujian selengkapnya dapat di lihat pada lampiran 4.