

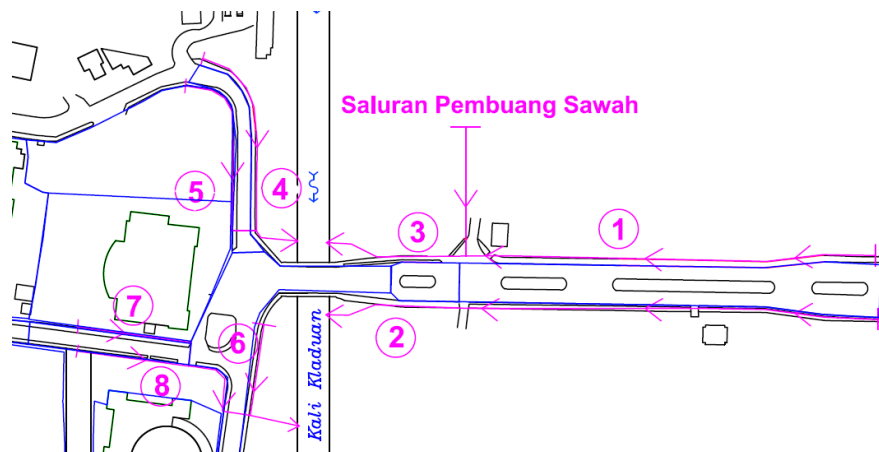
## BAB V DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Data

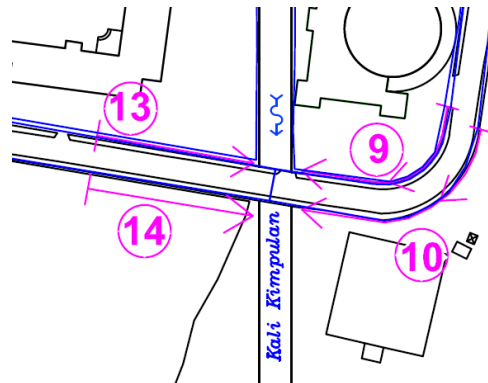
Penelitian ini menggunakan dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Terdapat beberapa data primer dan data sekunder yang harus diolah terlebih dahulu agar dapat menjadi masukan pada perhitungan selanjutnya. Data primer berupa pengukuran dimensi drainase eksisting dan pengukuran permeabilitas tanah di Kampus Terpadu UII. Data sekunder berupa data hujan selama 11 tahun di stasiun Kemptu, Angin-Angin, Bronggang, Prumpung, Plataran, dan Beran.

#### 5.1.1 Drainase Eksisting

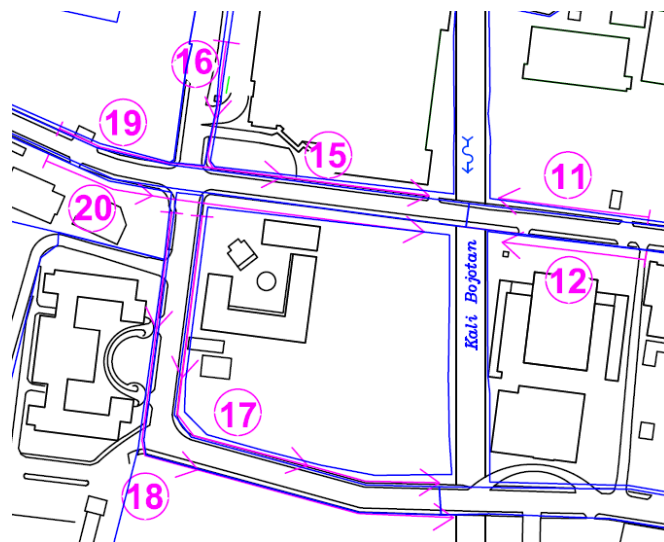
Untuk menentukan kapasitas suatu drainase dibutuhkan data berupa dimensi drainase yaitu lebar ( $b$ ), tinggi ( $h$ ), dan panjang ( $L$ ). Analisis kapasitas drainase dilakukan untuk mengetahui kondisi drainase dalam menampung debit kala ulang tertentu. Pola arah aliran drainase eksisting juga harus ditentukan untuk mengetahui inlet dari drainase tersebut. Dimensi lebar dan tinggi drainase didapatkan dengan melakukan survei lapangan sedangkan untuk dimensi panjang drainase didapatkan dengan pembacaan denah Kampus Terpadu UII. Berikut adalah pola arah aliran dan dimensi yang didapatkan dari survei lapangan.



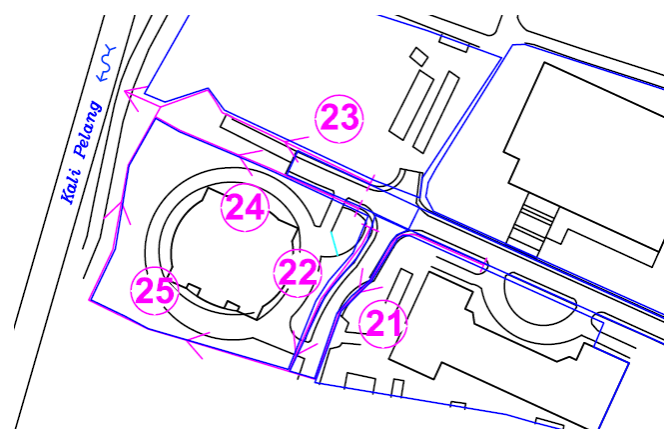
**Gambar 5.1 Arah dan Penomeran Saluran (a)**



**Gambar 5.2 Arah dan Penomeran Saluran (b)**

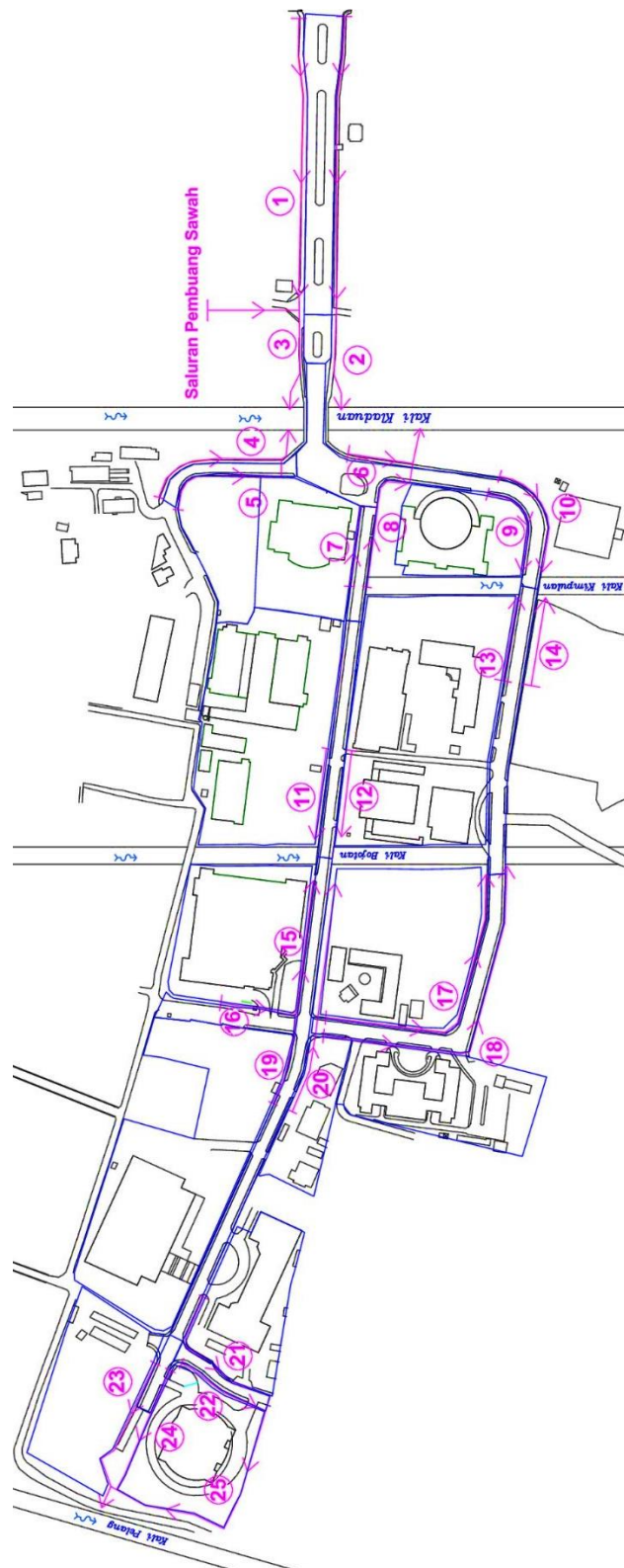


**Gambar 5.3 Arah dan Penomeran Saluran (c)**



**Gambar 5.4 Arah dan Penomeran Saluran (d)**

Denah penomoran arah saluran secara utuh dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 5.5 Arah dan Penomeran Saluran**

**Tabel 5.1 Dimensi Drainase Kampus Terpadu UII**

<b>Nomor Saluran</b>	<b>El. h<sub>1</sub> (m)</b>	<b>El. h<sub>2</sub> (m)</b>	<b>h<sub>1</sub> (m)</b>	<b>h<sub>2</sub> (m)</b>	<b>h<sub>rata-rata</sub> (m)</b>	<b>b (m)</b>	<b>L (m)</b>
1	337	332,616	0,7	0,7	0,700	0,6	212,465
3	332,616	332,504	0,9	1,6	1,250	0,95	71,445
2	336,5	332,504	0,7	0,7	0,700	0,6	283,910
4	333,834	332,648	0,7	0,7	0,700	0,6	102,586
5	333,683	332,648	0,7	0,7	0,700	0,6	90,227
6	333,5	331	0,7	0,7	0,700	0,6	46,972
7	333	331,503	0,7	0,75	0,725	0,6	83,219
8	332,5	331,67	0,85	1,95	1,400	0,6	57,461
9	331	326	0,7	0,7	0,700	0,6	82,463
10	330	326	0,7	0,7	0,700	0,6	97,081
13	330	328	0,7	0,7	0,700	0,65	184,999
14	330	328	0,65	0,65	0,650	0,55	182,943
11	333,5	333,509	0,55	0,8	0,675	0,6	154,940
12	333,5	333,509	0,55	0,8	0,675	0,6	177,453
15	335	334	0,9	1,45	1,175	0,7	94,245
16	336,5	334,761	0,65	0,6	0,625	0,5	86,838
19	336,43	334,761	0,65	0,6	0,625	0,5	261,358
17	334,07	329,555	1	0,9	0,950	0,6	213,699
18	334,07	329,555	1	0,9	0,950	0,6	248,673
20	336,363	334,904	0,45	0,7	0,575	0,6	293,327
21	336,602	334,313	0,8	0,8	0,800	0,6	69,947
22	335,095	334,246	0,6	0,55	0,575	0,5	69,947
25	334,242	329,712	0,6	1	0,800	0,6	191,471
23	336,432	335,68	0,8	1	0,900	0,6	93,936
24	336,432	335,68	0,6	1	0,800	0,6	93,936

dengan:

El. h<sub>1</sub> = Elevasi pada hulu saluran,

El. h<sub>2</sub> = Elevasi pada hilir saluran,

- $h_1$  = Kedalaman saluran bagian hulu,  
 $h_2$  = Kedalaman saluran bagian hilir,  
 $b$  = Lebar saluran, dan  
 $L$  = Panjang saluran.

Data pada Tabel 5.1 dianalisis untuk mengetahui kapasitas dari tiap saluran drainase. Nilai dari kapasitas drainase dapat dicari dengan menggunakan persamaan 3.19. Berikut adalah perhitungan kapasitas drainase pada saluran nomor 1.

$$\begin{aligned}
 \text{El. } h_1 &= 337 \text{ m} \\
 \text{El. } h_2 &= 332,616 \text{ m} \\
 h_1 &= 0,7 \text{ m} \\
 h_2 &= 0,7 \text{ m} \\
 h_{\text{rata-rata}} &= 0,7 \text{ m} \\
 b &= 0,6 \text{ m} \\
 L &= 212,465 \text{ m} \\
 \text{El. dasar drainase } h_1 &= \text{El. } h_1 - h_1 \\
 &= 337 - 0,7 \\
 &= 336,3 \text{ m} \\
 \text{El. dasar drainase } h_2 &= \text{El. } h_2 - h_2 \\
 &= 332,616 - 0,7 \\
 &= 331,916 \text{ m} \\
 \Delta h &= \text{El. dasar drainase } h_1 - \text{El. dasar drainase } h_2 \\
 &= 336,3 - 331,916 \\
 &= 4,384 \text{ m} \\
 S &= \frac{\Delta h}{L} \\
 &= \frac{4,384}{212,465} \\
 &= 0,0206 \\
 n &= 0,036 \text{ (dasar batu kali dengan sisi kasar pecahan,} \\
 &\quad \textit{Gravel bottom with side of dry rubble or riprap)} \\
 A &= h_{\text{rata-rata}} \cdot b
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,7 \cdot 0,6 \\
 &= 0,42 \text{ m}^2 \\
 P &= b + 2 \cdot h_{\text{rata-rata}} \\
 &= 0,6 + 2 \cdot 0,7 \\
 &= 2 \text{ m} \\
 R &= \frac{A}{P} \\
 &= \frac{0,42}{2} \\
 &= 0,21 \text{ m} \\
 V &= \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \\
 &= \frac{1}{0,036} \cdot 0,21^{2/3} \cdot 0,0206^{1/2} \\
 &= 1,4097 \text{ m/detik} \\
 Q &= A \cdot V \\
 &= 0,42 \cdot 1,4097 \\
 &= 0,5921 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan didapatkan kapasitas saluran drainase nomor 1 yaitu 0,5921 m<sup>3</sup>/detik. Pada saluran lain dengan perhitungan yang sama didapatkan hasil rekapitulasi hitungan yang ditampilkan pada tabel berikut:

**Tabel 5.2 Rekapitulasi Hitungan Kapasitas Drainase Eksisting**

No. Saluran	S	n	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	V (m/detik)	Q (m <sup>3</sup> /detik)
1	0,0206	0,036	0,42	2	0,2100	1,4097	0,5921
3	0,0114	0,036	1,1875	3,45	0,3442	1,4545	1,7272
2	0,0141	0,036	0,42	2	0,2100	1,1643	0,4890
4	0,0116	0,036	0,42	2	0,2100	1,0552	0,4432
5	0,0115	0,036	0,42	2	0,2100	1,0511	0,4415
6	0,0532	0,036	0,42	2	0,2100	2,2641	0,9509

**Lanjutan Tabel 5.2 Rekapitulasi Hitungan Kapasitas Drainase Eksisting**

<b>No.</b> <b>Saluran</b>	<b>S</b> -	<b>n</b> -	<b>A</b> (m <sup>2</sup> )	<b>P</b> (m)	<b>R</b> (m)	<b>V</b> (m/detik)	<b>Q</b> (m <sup>3</sup> /detik)
7	0,0186	0,036	0,435	2,05	0,2122	1,3474	0,5861
8	0,0336	0,036	0,84	3,4	0,2471	2,0044	1,6837
9	0,0606	0,036	0,42	2	0,2100	2,4166	1,0150
10	0,0412	0,036	0,42	2	0,2100	1,9921	0,8367
13	0,0108	0,036	0,455	2,05	0,2220	1,0588	0,4817
14	0,0109	0,036	0,3575	1,85	0,1932	0,9708	0,3471
11	0,0016	0,036	0,405	1,95	0,2077	0,3842	0,1556
12	0,0014	0,036	0,405	1,95	0,2077	0,3590	0,1454
15	0,0164	0,036	0,8225	3,05	0,2697	1,4869	1,2230
16	0,0195	0,036	0,3125	1,75	0,1786	1,2285	0,3839
19	0,0062	0,036	0,3125	1,75	0,1786	0,6933	0,2167
17	0,0207	0,036	0,57	2,5	0,2280	1,4901	0,8494
18	0,0178	0,036	0,57	2,5	0,2280	1,3814	0,7874
20	0,0058	0,036	0,345	1,75	0,1971	0,7182	0,2478
21	0,0327	0,036	0,48	2,2	0,2182	1,8212	0,8742
22	0,0114	0,036	0,2875	1,65	0,1742	0,9262	0,2663
23	0,0101	0,036	0,54	2,4	0,2250	1,0345	0,5586
24	0,0123	0,036	0,48	2,2	0,2182	1,1149	0,5351
25	0,0123	0,036	0,48	2,2	0,2182	1,1149	0,5351

### 5.1.2 Koefisien Permeabilitas Tanah

Nilai dari permeabilitas tanah dibutuhkan untuk merencanakan dimensi sumur resapan. Nilai dari permeabilitas tanah dicari dengan melakukan pengujian insitu dengan berpedoman pada SNI 03 – 3968 – 1995 tentang Metode Pengukuran Kelulusan Air pada Tanah Zone Tak Jenuh dengan Lubang Auger. Persiapan yang dilakukan sebelum melakukan pengujian permeabilitas tanah yaitu menyiapkan titik lokasi pengujian dan alat yang akan digunakan. Pengujian dilakukan pada 5 titik di dalam kawasan Kampus Terpadu UII. Koordinat dari titik-titik tersebut

ditentukan dengan menggunakan GPS. Berikut adalah koordinat dari kelima titik uji permeabilitas tanah.

**Tabel 5.3 Koordinat Lokasi Pengujian Permeabilitas**

No. Lokasi	X	Y	Keterangan Lokasi
1	435286	9150280	Timur Gedung FTSP UII
2	435351	9150029	Lapangan Sepak Bola
3	434870	9150344	Utara GOR UII
4	435276	9150155	Barat Gedung Rektorat
5	435635	9150219	Bolevard

Alat dan bahan yang dipakai pada pengujian ini adalah:

1. Stopwatch, alat tulis dan form  
Stopwatch digunakan untuk mengetahui waktu setiap penurunan air yang nantinya akan dicatat dalam form pengujian.
2. Air  
Lokasi sumber air dari titik uji permeabilitas harus dipertimbangkan dengan baik untuk mempermudah pelaksanaan pengujian.
3. Patok standar acuan pengukuran  
Digunakan untuk menentukan ketinggian acuan pengukuran. Alat dapat diatur ketinggiannya dengan memutar skrup yang ada di kanan kiri alat. Pada saat pengujian diusakan patok dalam keadaan lurus horizontal. Berikut adalah gambar alat yang digunakan sebagai patok.





**Gambar 5.6 Patok Standar Acuan Pengukuran**

4. Meteran

Digunakan untuk mengukur kedalaman dari acuan pengukuran, kedalaman lubang dari muka tanah, dan diameter lubang.

5. Auger

Digunakan untuk membuat lubang tanah yang akan dilakukan uji permeabilitas tanah. Auger diputar dengan menggunakan tangan hingga mencapai kedalaman rencana pengujian. Pada pengujian ini dilakukan pengeboran dengan kedalaman  $\pm 1$  meter.



**Gambar 5.7 Alat Auger**



**Gambar 5.8 Lubang Auger**

6. Pipa pralon

Digunakan untuk menahan tanah yang ada pada dinding lubang agar tidak runtuh. Pipa dimasukkan kedalam lubang hingga mencapai dasar lubang. Apabila masih terdapat sela antara pipa dan lubang maka sela tersebut diurug dengan menggunakan tanah. Tujuan dari pengurugan ini agar pipa tidak mudah bergerak. Berikut adalah gambar dari pipa pada lubang auger.



**Gambar 5.9 Pipa Pralon dalam Lubang Auger**

### 7. *Water level meter*

Digunakan untuk menentukan kedalaman air. Cara kerja alat ini yaitu bila sensor pada *water level meter* mengenai permukaan air maka akan berbunyi alarm. Secara praktik penerapan dari alat ini yaitu dengan menentukan waktu pembacaan penurunan air lalu ketika sudah mendekati waktu pembacaan alat dimasukkan ke dalam lubang dan dibaca penurunannya. Berikut adalah gambar dari alat *water level meter*.



**Gambar 5.10** Alat *Water Level Meter*

Setiap satu lokasi uji dilakukan 2 sampai 3 kali pengulangan. Hal ini bertujuan untuk memastikan agar tanah mendekati keadaan jenuh. Apabila tanah mulai dalam keadaan jenuh maka penurunan yang terjadi dalam selang waktu tertentu akan mendekati konstan. Pengujian dilakukan dengan menetapkan waktu penurunan misal tiap 1, 2, atau 3 menit. Berdasarkan langkah yang berpedoman pada SNI 03 – 3968 – 1995 maka didapatkan hasil berupa kedalaman dari acuan, waktu, dan penurunan sebagai berikut:

1. Pengujian permeabilitas lokasi 1 ulangan ke-1

Jari-jari lubang,  $r = 5 \text{ cm}$

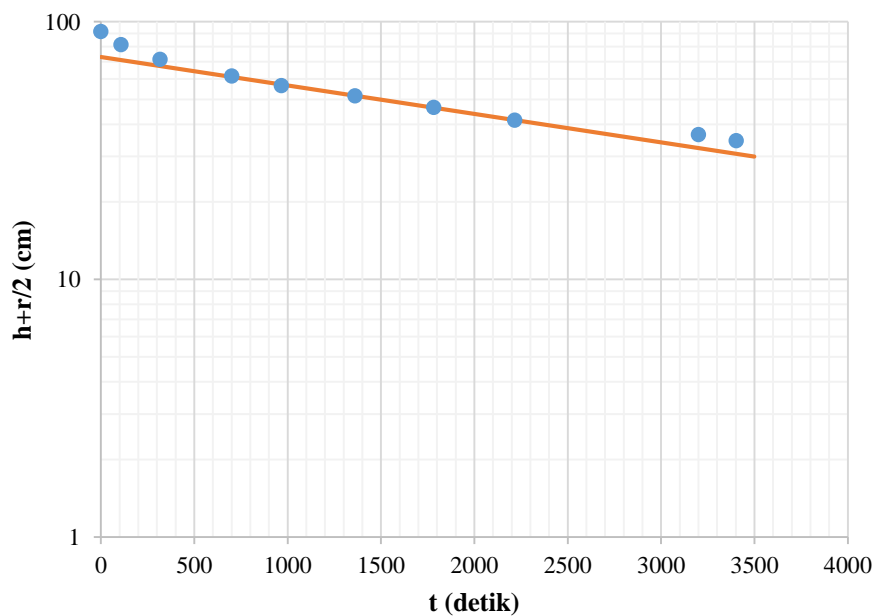
Kedalaman dari m.t,  $d = 89 \text{ cm}$

Kedalaman dari acuan,  $D = 119 \text{ cm}$

**Tabel 5. 4 Permeabilitas Lokasi 1 Ulangan ke-1**

<b>H (cm)</b>	<b>t (detik)</b>	<b>t (menit)</b>	<b>h = D - H (cm)</b>	<b>h+r/2 (cm)</b>
30	0	0	89	91,5
40	108	01'48"	79	81,5
50	317	05'17"	69	71,5
60	700	11'40"	59	61,5
65	966	16'06"	54	56,5
70	1361	22'41"	49	51,5
75	1783	29'43"	44	46,5
80	2216	36'56"	39	41,5
85	3201	53'21"	34	36,5
87	3403	56'43"	32	34,5

Nilai dari permeabilitas tanah dapat dicari dengan menggunakan grafik hubungan antara waktu (detik) sebagai sumbu X dalam skala normal dan  $h+r/2$  sebagai sumbu Y dalam skala logaritmik. Berikut adalah grafik yg didapatkan dari tabel di atas:

**Gambar 5.11 Grafik Uji Permeabilitas Lokasi 1 Ulangan ke-1**

Nilai permeabilitas dicari dengan menggunakan cara grafis. Nilai koefisien arah dari garis regresi antara  $\log\left(h(t_i)+\frac{r}{2}\right)$  dengan  $t_i$  atau disebut dengan  $a$  dicari dengan menggunakan cara grafis dengan persamaan 3.26. Nilai permeabilitas tanah atau  $K$  dicari dengan menggunakan persamaan 3.25.

$$h(t_m)+\frac{r}{2} = 73 \text{ cm}$$

$$h(t_n)+\frac{r}{2} = 30 \text{ cm}$$

$$t_m = 0 \text{ detik}$$

$$t_n = 3500 \text{ detik}$$

$$a = \frac{\log\left(h(t_m)+\frac{r}{2}\right) - \log\left(h(t_n)+\frac{r}{2}\right)}{t_n - t_m}$$

$$= \frac{\log(73) - \log(30)}{3500 - 0}$$

$$= 1,1034 \cdot 10^{-4}$$

$$K = 1,15 \cdot r \cdot a$$

$$= 1,15 \cdot 5 \cdot 1,1034 \cdot 10^{-4}$$

$$= 6,4344 \cdot 10^{-4} \text{ cm/detik}$$

$$= 6,4344 \cdot 10^{-6} \text{ m/detik}$$

Data dan grafik untuk pengujian lainnya dapat dilihat pada lampiran. Dengan menggunakan persamaan yang sama maka didapatkan hasil rekapitulasi perhitungan sebagai berikut:

**Tabel 5.5 Rekapitulasi Hitungan Permeabilitas Tanah**

No	Lokasi	Ulangan	a -	K (cm/det)	K (m/det)
1	Lokasi 1	1	$1,103 \cdot 10^{-4}$	$6,434 \cdot 10^{-4}$	$6,434 \cdot 10^{-6}$
2		2	$7,136 \cdot 10^{-4}$	$4,103 \cdot 10^{-4}$	$4,103 \cdot 10^{-6}$
3	Lokasi 2	1	$1,620 \cdot 10^{-4}$	$1,025 \cdot 10^{-2}$	$1,025 \cdot 10^{-4}$
4		2	$1,143 \cdot 10^{-3}$	$7,234 \cdot 10^{-3}$	$7,234 \cdot 10^{-5}$

**Lanjutan Tabel 5.5 Rekapitulasi Hitungan Permeabilitas Tanah**

No	Lokasi	Ulangan	a -	K (cm/det)	K (m/det)
5		3	$1,022 \cdot 10^{-3}$	$6,464 \cdot 10^{-3}$	$6,464 \cdot 10^{-5}$
6	Lokasi 3	1	$4,636 \cdot 10^{-4}$	$2,132 \cdot 10^{-3}$	$2,132 \cdot 10^{-5}$
7		2	$2,847 \cdot 10^{-4}$	$1,309 \cdot 10^{-3}$	$1,309 \cdot 10^{-5}$
8		3	$4,235 \cdot 10^{-4}$	$1,948 \cdot 10^{-3}$	$1,948 \cdot 10^{-5}$
9	Lokasi 4	1	$1,204 \cdot 10^{-3}$	$5,539 \cdot 10^{-3}$	$5,539 \cdot 10^{-5}$
10		2	$9,827 \cdot 10^{-4}$	$4,521 \cdot 10^{-3}$	$4,521 \cdot 10^{-5}$
11		3	$1,009 \cdot 10^{-3}$	$4,642 \cdot 10^{-3}$	$4,642 \cdot 10^{-5}$
12	Lokasi 5	1	$5,788 \cdot 10^{-4}$	$2,663 \cdot 10^{-3}$	$2,663 \cdot 10^{-5}$
13		2	$5,377 \cdot 10^{-4}$	$2,473 \cdot 10^{-3}$	$2,473 \cdot 10^{-5}$
14		3	$5,161 \cdot 10^{-4}$	$2,374 \cdot 10^{-3}$	$2,374 \cdot 10^{-5}$

### 5.1.3 Koordinat Stasiun Hujan

Analisis data sekunder berupa penyiapan data hujan rerata kawasan dengan menggunakan metode isohyet. Stasiun hujan yang digunakan dalam menentukan hujan rerata kawasan yaitu stasiun Kempud, Angin-Angin, Bronggang, Prumpung, Plataran, dan Beran. Data hujan harian dapat dilihat pada lampiran. Berikut adalah koordinat dari masing-masing stasiun:

**Tabel 5.6 Koordinat Stasiun Hujan**

No	Nama	X	Y
1	Angin-angin	430703	9151769
2	Beran	429608	9147606
3	Bronggang	439389	9151261
4	Kempud	434047	9155027
5	Plataran	440726	9147189
6	Prumpung	432987	9148060

#### 5.1.4 Pengujian Seri Data

Sebelum melakukan perhitungan hujan rerata kawasan perlu dilakukan pengujian seri data dengan metode kurva massa ganda. Nilai hujan harian pada stasiun Kemptu, Angin-Angin, Bronggang, Prumpung, Plataran, dan Beran dijumlahkan dan dibandingkan nilai kumulatif hujan tahunan stasiun yang diuji dengan kumulatif hujan tahunan stasiun hujan pembanding. Nilai dari stasiun hujan pembanding yaitu nilai rata-rata tahunan dari setiap stasiun yang akan diuji. Berikut adalah tabel nilai kumulatif tahunan stasiun hujan yang diuji dan kumulatif tahunan stasiun pembanding.

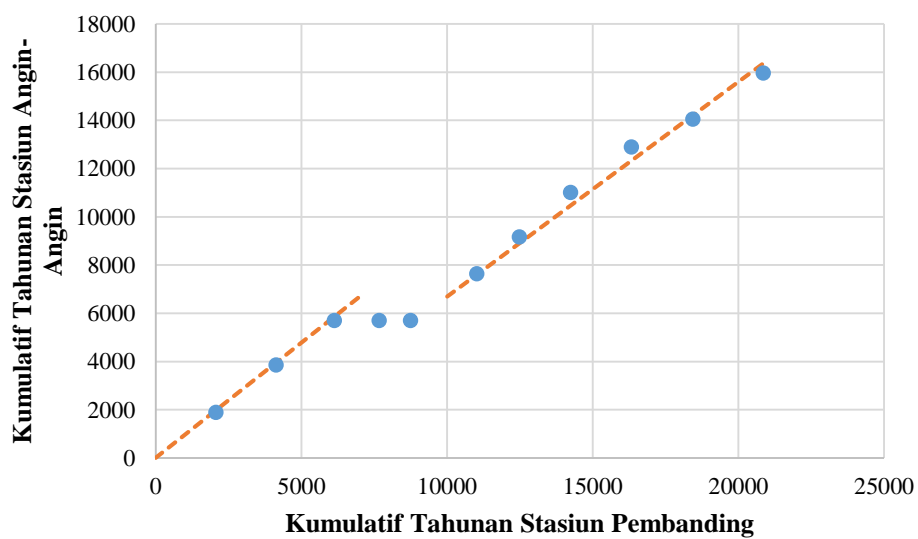
**Tabel 5.7 Nilai Penjumlahan Setiap Stasiun tiap Tahun**

Tahun	Angin-Angin	Beran	Bronggang	Kemptu	Plataran	Prumpung	Jumlah	Rata-rata
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
2005	1891	2295	2065	2484	1432	2210	12376	2063
2006	1970	2273	2272	2595	1336	1984	12430	2072
2007	1849	2838	2715	1098	929	2545	11973	1996
2008	0	2802	2538	2774	1135	0	9249	1541
2009	0	2259	2075	2146	0	0	6479	1080
2010	1935	2919	2995	3907	1407	467	13628	2271
2011	1533	2538	3098	335	0	1271	8774	1462
2012	1841	2974	2410	1567	77	1634	10503	1751
2013	1891	2643	2666	1841	640	2905	12586	2098
2014	1151	2692	2301	2783	2014	1671	12611	2102
2015	1917	2550	2257	3172	2176	2442	14514	2419

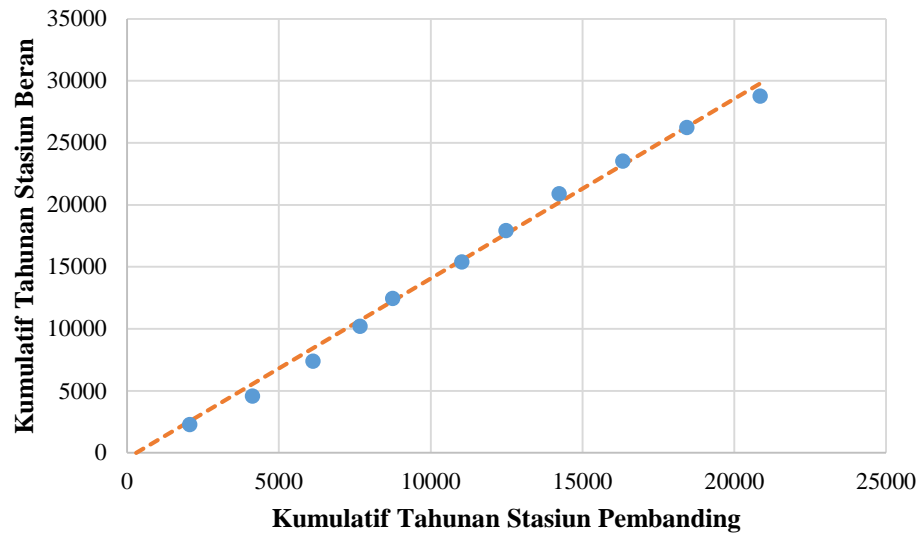
**Tabel 5.8 Kumulatif Tahunan Stasiun Hujan**

Tahun	Angin- Angin	Beran	Bronggang	Kemut	Plataran	Prumpung	Stasiun Pemanding
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
2005	1891	2295	2065	2484	1432	2210	2063
2006	3860	4567	4337	5079	2769	4194	4134
2007	5709	7405	7052	6177	3698	6739	6130
2008	5709	10207	9590	8951	4833	6739	7671
2009	5709	12466	11664	11097	4833	6739	8751
2010	7643	15385	14659	15004	6239	7205	11022
2011	9176	17922	17757	15339	6239	8476	12485
2012	11017	20896	20167	16906	6317	10110	14235
2013	12908	23539	22832	18747	6956	13015	16333
2014	14058	26231	25133	21530	8971	14685	18435
2015	15975	28781	27390	24702	11147	17127	20854

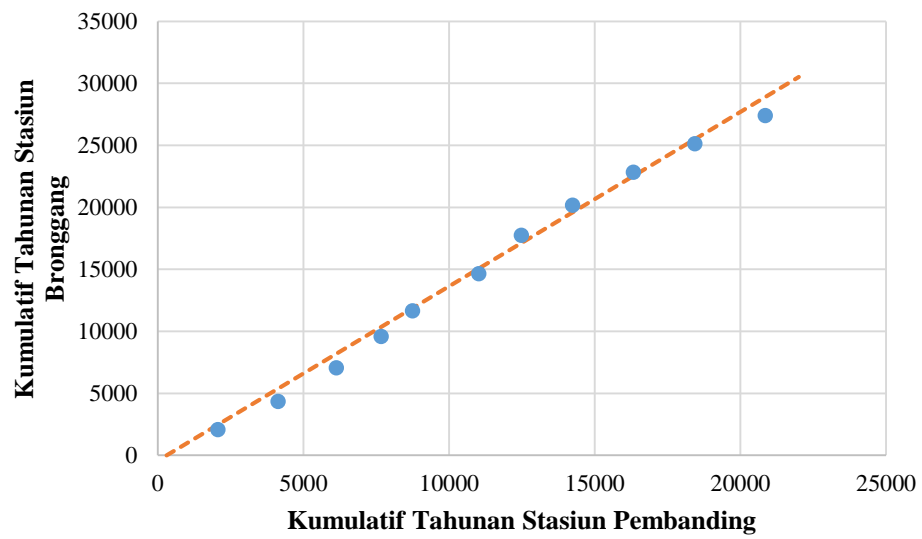
Berdasarkan Tabel 5.8 maka didapatkan kurva massa ganda sebagai berikut:

**Gambar 5.12 Kurva Massa Ganda Stasiun Angin-Angin**

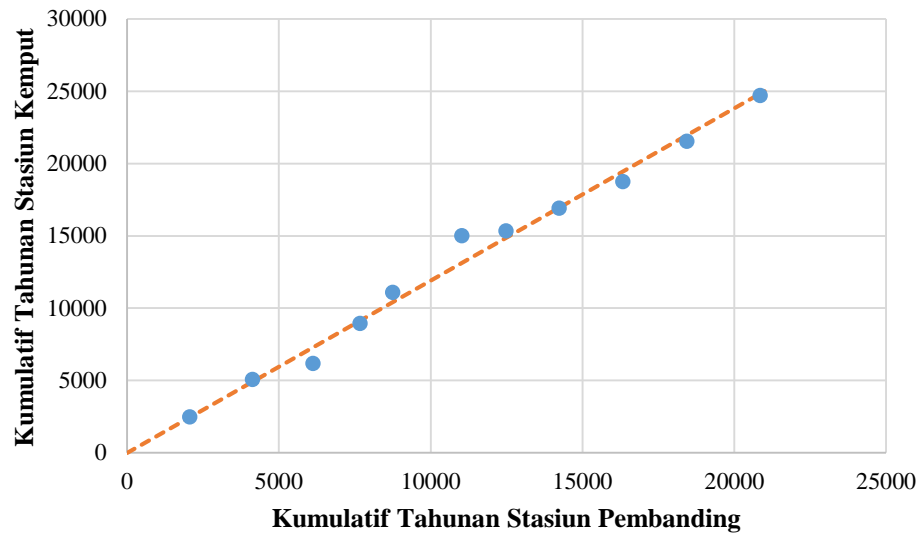




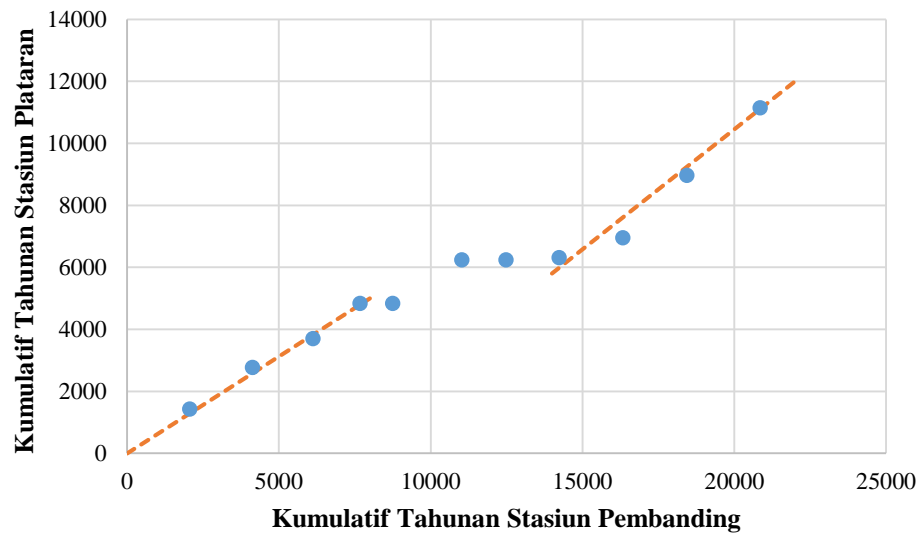
**Gambar 5.13 Kurva Massa Ganda Stasiun Beran**



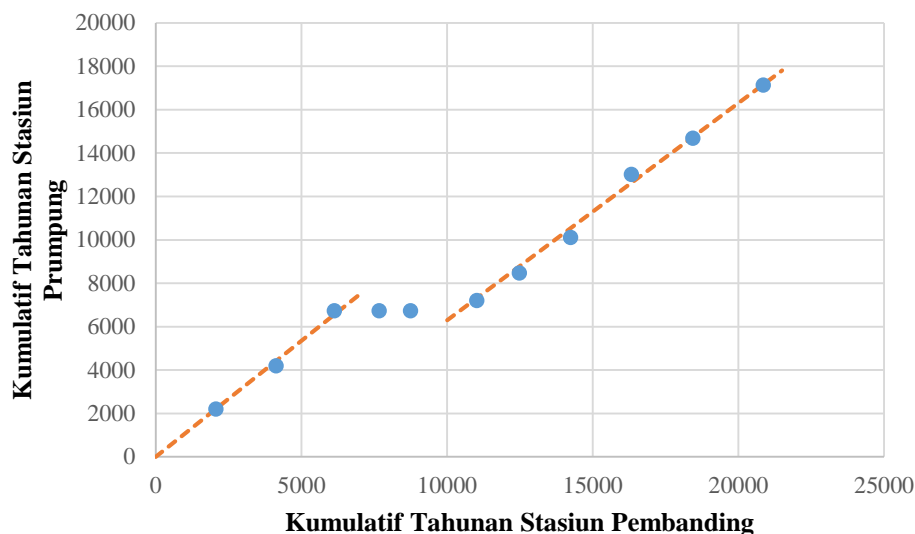
**Gambar 5.14 Kurva Massa Ganda Stasiun Bronggang**



**Gambar 5. 15 Kurva Massa Ganda Stasiun Kempud**



**Gambar 5. 16 Kurva Massa Ganda Stasiun Plataran**



**Gambar 5. 17 Kurva Massa Ganda Stasiun Prumpung**

Berdasarkan pengujian kurva massa ganda stasiun Beran, Bronggang, Kemptut dapat dikatakan konsisten karena kemiringan garis regresinya seragam. Namun, pada stasiun Angin-Angin, Plataran dan Prumpung data tidak konsisten karena terdapat data hujan tahunan yang kosong. Data hujan tahunan yang kosong pada Stasiun Angin-Angin yaitu tahun 2008 dan 2009, stasiun Plataran yaitu tahun 2009 dan 2011, sedangkan stasiun Prumpung yaitu tahun 2008 dan 2009. Untuk dapat melakukan analisis hujan rerata kawasan, data hujan harus terisi seluruhnya. Namun, pada penelitian ini tidak terdapat pengisian data. Hal tersebut dilakukan karena data yang hilang terjadi selama 1 atau 2 tahun penuh. Dengan demikian, akan cukup sulit apabila dilakukan pengisian data selama 2 tahun berurut-turut. Solusi yang dilakukan agar tetap dapat melakukan analisis hujan rerata kawasan yaitu pada tahun 2008, 2009, dan 2011 analisis hujan rerata kawasan hanya menggunakan stasiun Beran, Bronggang, dan Kemptut. Untuk selain tahun 2008, 2009, dan 2011 analisis hujan rerata kawasan menggunakan seluruh stasiun sebagai masukan data isohyet.

### 5.1.3 Analisis Hujan Kawasan Metode Isohyet

Berdasarkan langkah-langkah yang terdapat dalam landasan teori subbab Analisis Hujan Kawasan maka didapatkan tiga hujan terbesar setiap tahun selama 11 tahun. Berikut adalah komposisi stasiun hujan dan tinggi hujan tiap stasiun.

**Tabel 5.9 Komposisi Stasiun Hujan**

No	Tanggal	Angin-Angin	Beran	Bronggang	Kemput	Plataran	Prumpung	Jumlah
		Hujan dalam mm						
1	23 Februari 2005	145	62	162	161	112	29	671
2	17 Desember 2005	105	98	40,5	35	6	107	391,5
3	7 April 2005	36,5	30	66,3	39	42	69	282,8
4	10 April 2006	0	33	111	145	50,7	161	500,7
5	17 Desember 2006	105	98	0	0	0	101	304
6	2 Maret 2006	0	41	35	68	20	53	217
7	29 Oktober 2007	7	69	200,5	10	1,2	44	331,7
8	3 Februari 2007	20	73	101	24	18,5	30	266,5
9	17 April 2007	42	67	19	7	11	62	208
10	11 Maret 2008	-	40	31	188	-	-	259
11	4 Februari 2008	-	76	67	68	-	-	211
12	5 April 2008	-	45	25,5	93	-	-	163,5
13	20 November 2009	-	101	51	43	-	-	195
14	28 Januari 2009	-	37	65,5	83	-	-	185,5
15	20 April 2009	-	52	45	65	-	-	162
16	9 Maret 2010	71,2	54,5	72,4	102	0	0	300,1
17	6 Februari 2010	73,5	29,3	36,7	54	50,7	0	244,2
18	6 Desember 2010	53,6	115,3	39	3	0	1	211,9
19	18 Januari 2011	15,2	121	71,5	-	-	-	207,7
20	23 Maret 2011	4,3	35	148	-	-	-	187,3
21	3 Desember 2011	0,4	77	78	-	-	-	155,4
22	1 Januari 2012	38,9	220	10	4	0	90	362,9
23	22 November 2012	27,5	21	72	0	0	113	233,5

**Lanjutan Tabel 5.9 Komposisi Stasiun Hujan**

No	Tanggal	Angin-Angin	Beran	Bronggang	Kemput	Plataran	Prumpung	Jumlah
		Hujan dalam mm						
24	7 Desember 2012	12,1	45	45	60	0	52	214,1
25	20 Desember 2013	71	81	48	43,4	24	35	302,4
26	13 Januari 2013	6	94	24	27,3	0	85	236,3
27	20 April 2013	41,8	34	59,5	3,2	2,2	58	198,7
28	22 Februari 2014	6,9	121	94,5	90	67	0	379,4
29	30 November 2014	0	110	30	90	51	10	291
30	20 Desember 2014	46	35	25	150	18	15	289
31	8 Desember 2015	48	92	86,5	75	73	122	496,5
32	22 April 2015	27	61	99	35	86	98	406
33	14 Desember 2015	105	77	11,15	78	26	82	379,15

Nilai-nilai hujan pada Tabel 5.9 menjadi masukan perhitungan hujan rerata kawasan tahunan metode isohyet. Dengan langkah-langkah seperti yang dijelaskan pada landasan teori maka didapatkan 33 hujan rerata kawasan. Berikut ini adalah hasil dari analisis hujan rerata kawasan tahunan metode isohyet dengan menggunakan aplikasi ArcMap 10.3.

**Tabel 5.10 Hasil Analisis Hujan Rerata Kawasan Metode Isohyet**

No	Kode	Hujan Rerata (mm)	No	Kode	Hujan Rerata (mm)
1	2005_ALL_M1	99,74	18	2010_ALL_M3	26,22
2	2005_ALL_M2	74,41	19	2011_ABB_M1	62,29
3	2005_ALL_M3	53,79	20	2011_ABB_M2	74,89
4	2006_ALL_M1	104,93	21	2011_ABB_M3	50,95
5	2006_ALL_M2	59,25	22	2012_ALL_M1	58,91
6	2006_ALL_M3	39,82	23	2012_ALL_M2	59,06
7	2007_ALL_M1	62,21	24	2012_ALL_M3	40,59

**Lanjutan Tabel 5.10 Hasil Analisis Hujan Rerata Kawasan Metode Isohyet**

No	Kode	Hujan Rerata (mm)	No	Kode	Hujan Rerata (mm)
8	2007_ALL_M2	44,03	25	2013_ALL_M1	46,95
9	2007_ALL_M3	39,24	26	2013_ALL_M2	47,12
10	2008_BBK_M1	84,76	27	2013_ALL_M3	41,33
11	2008_BBK_M2	69,36	28	2014_ALL_M1	47,96
12	2008_BBK_M3	51,93	29	2014_ALL_M2	35,73
13	2009_BBK_M1	59,01	30	2014_ALL_M3	41,96
14	2009_BBK_M2	65,21	31	2015_ALL_M1	90,93
15	2009_BBK_M3	53,08	32	2015_ALL_M2	74,84
16	2010_ALL_M1	43,02	33	2015_ALL_M3	65,89
17	2010_ALL_M2	32,25			

dengan:

- Kode = Tahun\_stasiun dalam analisis\_urutan terbesar,  
 ALL = Angin-Angin, Beran, Bronggang, Kempud, Plataran, dan Prumpung,  
 BBK = Hanya stasiun Beran, Bronggang, dan Kempud,  
 ABB = Hanya stasiun Angin-angin, Beran, dan Bronggang,  
 M1 = Urutan terbesar ke-1 dalam tahun yang ditinjau,  
 M2 = Urutan terbesar ke-2 dalam tahun yang ditinjau, dan  
 M3 = Urutan terbesar ke-1 dalam tahun yang ditinjau.

## 5.2 Perencanaan Sumur Resapan

### 5.2.1 Analisis Frekuensi

Tujuan dari analisis frekuensi data hidrologi adalah mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Data yang dibutuhkan untuk analisis frekuensi adalah data hujan maksimum tahunan. Berdasarkan Tabel 5.10 didapatkan nilai hujan maksimum tiap tahun adalah sebagai berikut:

**Tabel 5.11 Data Hujan Tahunan Rerata Kawasan Maksimum**

No	Tahun	Hujan (mm)
1	2005	99,74
2	2006	104,93
3	2007	62,21
4	2008	84,76
5	2009	65,21
6	2010	43,02
7	2011	74,89
8	2012	59,06
9	2013	47,12
10	2014	47,96
11	2015	90,93

Untuk mendapatkan distribusi probabilitas maka diperlukan perhitungan statistik curah hujan maksimum sebagai berikut:

**Tabel 5.12 Perhitungan Statistik Curah Hujan**

Tahun	$X_i$	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$((X_i - \bar{X})^4$
2005	99,74	28,846	832,082	24.002,103	692.360,695
2006	104,93	34,036	1.158,430	39.428,018	1.341.961,099
2007	62,21	-8,682	75,375	-654,400	5.681,436
2008	84,76	13,864	192,220	2.664,994	36.948,351
2009	65,21	-5,687	32,344	-183,950	1.046,161
2010	43,02	-27,874	776,943	-21.656,294	603.641,173
2011	74,89	3,996	15,971	63,827	255,077
2012	59,06	-11,831	139,969	-1.655,944	19.591,191
2013	47,12	-23,773	565,148	-13.435,171	319.392,168
2014	47,96	-22,935	525,995	-12.063,478	276.670,838
2015	90,93	20,039	401,553	8.046,647	161.245,124
Jumlah	779,82	0,00	4.716,03	24.556,35	3.458.793,31

Selanjutnya dicari parameter statistik agar dapat menentukan distribusi probabilitas yang dipakai.

$$\begin{aligned}\bar{X} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \\ &= \frac{1}{11} \sum_{i=1}^{11} X_i \\ &= \frac{779,82}{11} \\ &= 70,89 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}s &= \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right]^{1/2} \\ &= \left[ \frac{1}{11-1} \sum_{i=1}^{11} (X_i - \bar{X})^2 \right]^{1/2} \\ &= \left[ \frac{1}{11-1} \cdot 4716,03 \right]^{1/2} \\ &= 21,716 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_v &= \frac{s}{\bar{X}} \\ &= \frac{21,716}{70,89} \\ &= 0,3063\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_s &= \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \\ &= \frac{11}{(11-1)(11-2)21,716^3} \sum_{i=1}^{11} (X_i - \bar{X})^3 \\ &= 0,2931\end{aligned}$$

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4$$



$$= \frac{11^2}{(11-1)(11-2)(11-3)21,716^4} \sum_{i=1}^{11} (X_i - \bar{X})^4$$

$$= 3,0856$$

Distribusi probabilitas yang dipakai harus memenuhi syarat parameter statistik suatu distribusi. Berikut adalah penentuan probabilitas:

**Tabel 5.13 Penentuan Distribusi Probabilitas**

Distribusi	Persyaratan	Nilai	Keterangan
Gumbel	$C_s = 1,14$	$0,2931 \neq 1,14$	Tidak
	$C_k = 5,4$	$3,0856 \neq 5,4$	Tidak
Normal	$C_s \approx 0$	$0,2931 \approx 0$	Memenuhi
	$C_k \approx 3$	$3,0856 \approx 3$	Memenuhi
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$	$0,2931 \neq$	Tidak Tidak
	$C_k = C_v^3 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2$	$0,9477$	
	$+ 3$	$3,0856 \neq$ $4,6385$	
Log Pearson III	Selain dari data nilai diatas		Memenuhi

Berdasarkan Tabel 5.13 terdapat dua jenis distribusi probabilitas yang memenuhi syarat yaitu distribusi probabilitas Normal dan distribusi probabilitas Log Pearson III. Untuk menentukan distribusi yang lebih tepat maka perlu dilakukan pengujian *Chi-Kuadrat* dan pengujian *Smirnov – Kolmogorov*. Langkah pertama yaitu mengurutkan data hujan dari besar ke kecil. Berikut adalah pengujian *Chi-Kuadrat* untuk distribusi probabilitas Normal dan distribusi probabilitas Log Pearson III.

**Tabel 5.14 Urutan Data Hujan dan Persen Probabilitasnya**

Rank (m)	Xi (mm)	P (Xm) %	T = 1/P
1	43,02	8,33	12,00
2	47,12	16,67	6,00
3	47,96	25,00	4,00
4	59,06	33,33	3,00
5	62,21	41,67	2,40
6	65,21	50,00	2,00
7	74,89	58,33	1,71
8	84,76	66,67	1,50
9	90,93	75,00	1,33
10	99,74	83,33	1,20
11	104,93	91,67	1,09

Berdasarkan persamaan 3.9 s/d 3.11 pada landasan teori maka didapatkan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 n &= 11 \text{ data} \\
 K &= 1 + 3,3 \log(n) \\
 &= 1 + 3,3 \log(11) \\
 &= 4,436 \text{ kelas} \\
 &= 5 \text{ kelas} \\
 \alpha &= 2 \\
 DK &= K - (\alpha + 1) \\
 &= 5 - (2 + 1) \\
 &= 2 \\
 \chi_{cr}^2 &= 3,219 \text{ (derajat kebebasan 0,2)}
 \end{aligned}$$

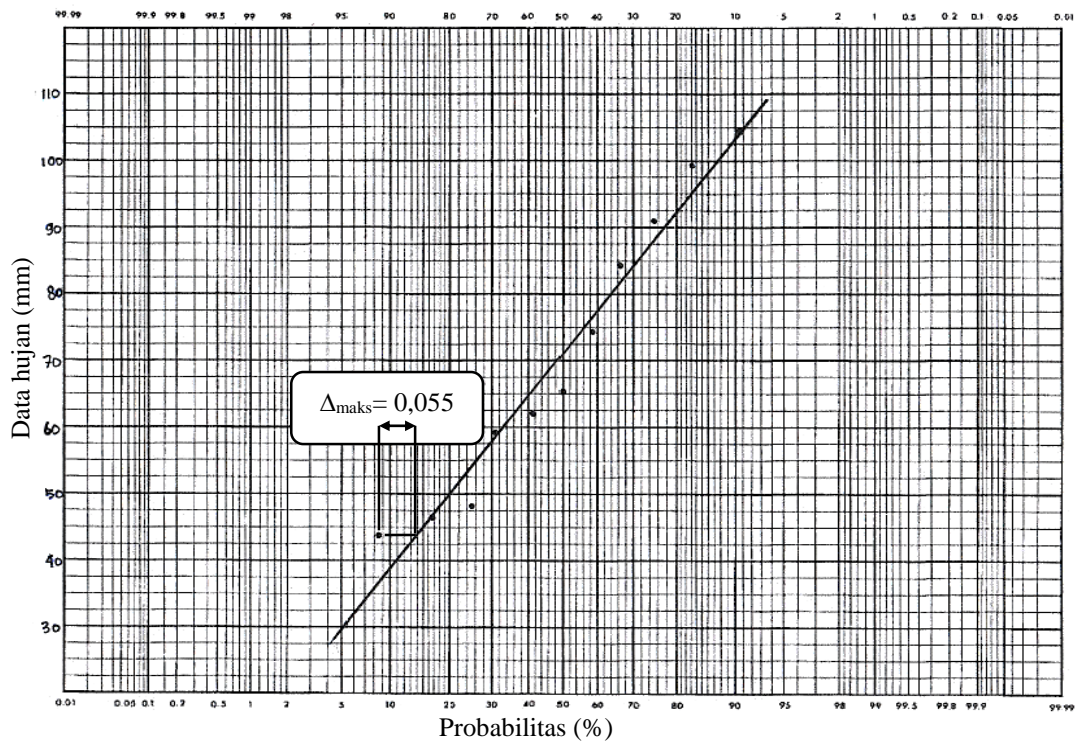
Jumlah kelas pada pengujian ini adalah 5 sehingga didapatkan interval antar kelas yaitu 0,2. Berdasarkan pengertian tersebut berikut adalah tabel pengujian *Chi-Kuadrat*.

Tabel 5.15 Pengujian *Chi-Kuadrat*

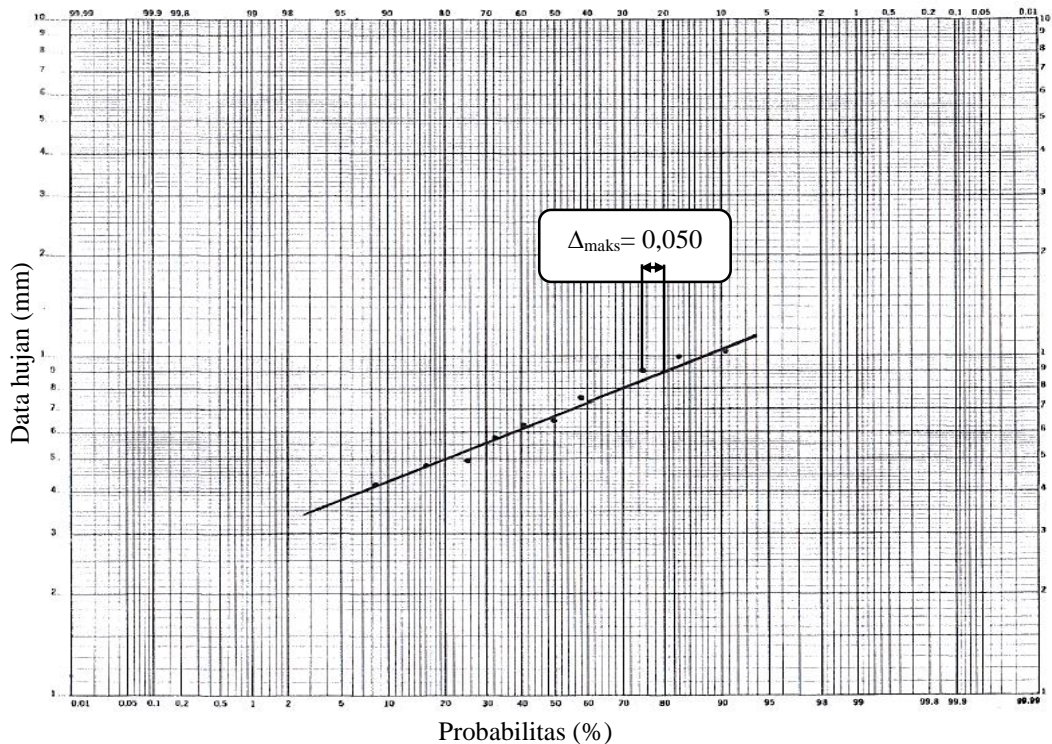
Kelas	Interval	Ef	Of	Of – Ef	(Of – Ef) <sup>2</sup> /2
1	0,00 < P ≤ 0,20	2	2	0	0
2	0,21 < P ≤ 0,40	2	2	0	0
3	0,41 < P ≤ 0,60	3	3	0	0
4	0,61 < P ≤ 0,80	2	2	0	0
5	0,81 < P ≤ 0,99	2	2	0	0
		11	11	$\chi^2$	0

DK = 2, Chi-Kritik 3,219

Nilai dari *Chi – Kuadrat* lebih kecil dari nilai *Chi – Kritik*, sehingga dapat disimpulkan bahwa sampel distribusi dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Selanjutnya adalah pengujian *Smirnov-Kolmogorov* dengan melakukan plotting gambar sebagai berikut.



Gambar 5. 18 Penggambaran Data pada Kertas Probabilitas Distribusi Normal



**Gambar 5. 19 Penggambaran Data pada Kertas Probabilitas Log Pearson III**

Dari gambar pada kertas probabilitas dicari jarak penyimpangan setiap titik data terhadap kurva teoritis. Jarak penyimpangan terbesar merupakan nilai dari  $\Delta_{maks}$ . Nilai  $\Delta_{maks}$  harus lebih kecil dari  $\Delta_{kritis}$ . Berdasarkan pada lampiran nilai  $\Delta_{kritis}$  uji *Smirnov-Kolmogorov* dengan nilai  $\alpha$  yaitu 0,01 dan terdapat 11 data maka didapatkan nilai  $\Delta_{kritis}$  yaitu 0,472. Dari gambar sebaran data pada kertas probabilitas diperoleh:

Distribusi normal :  $\Delta_{maks} = 0,055$

Distribusi Log Pearson III :  $\Delta_{maks} = 0,050$

Penyimpangan data pada distribusi Log Pearson III lebih kecil bila dibandingkan dengan distribusi normal. Dari pengujian seri data tersebut maka dapat disimpulkan bahwa data hujan rerata kawasan Kampus Terpadu UII mengikuti distribusi Log Pearson III. Selanjutnya mencari parameter statistik untuk distribusi Log Pearson III. Berikut adalah tabel perhitungan statistik untuk logaritmik.

**Tabel 5.16 Perhitungan Statistik Curah Hujan dengan Logaritmik**

Tahun	Xi	Yi=ln(Xi)	(Yi - $\bar{Y}$ )	(Yi - $\bar{Y}$ ) <sup>2</sup>	(Yi - $\bar{Y}$ ) <sup>3</sup>	(Yi - $\bar{Y}$ ) <sup>4</sup>
2005	99,74	4,603	0,385	0,148	0,057	0,02197
2006	104,93	4,653	0,436	0,190	0,083	0,03605
2007	62,21	4,131	-0,087	0,008	-0,001	0,00006
2008	84,76	4,440	0,222	0,049	0,011	0,00244
2009	65,21	4,178	-0,040	0,002	0,000	0,00000
2010	43,02	3,762	-0,456	0,208	-0,095	0,04320
2011	74,89	4,316	0,098	0,010	0,001	0,00009
2012	59,06	4,079	-0,139	0,019	-0,003	0,00037
2013	47,12	3,853	-0,365	0,133	-0,049	0,01772
2014	47,96	3,870	-0,347	0,121	-0,042	0,01454
2015	90,93	4,510	0,293	0,086	0,025	0,00733
Jumlah	779,82	46,393	0,000	0,973	-0,012	0,14377

Berdasarkan perhitungan sebelumnya maka didapatkan parameter statistik untuk hitungan logaritmik sebagai berikut:

$$\bar{Y} = 4,218 \text{ mm}$$

$$s = 0,3119 \text{ mm}$$

$$C_v = 0,0739$$

$$C_s = -0,05$$

$$C_k = 2,5532$$

Langkah selanjutnya adalah mencari hujan rencana pada kala ulang 2, 5, dan 10 tahun dengan menggunakan distribusi Log Pearson III. Untuk mencari hujan rencana menggunakan persamaan 3.3. Berikut adalah perhitungan hujan rencana untuk kala ulang 2, 5, dan 10 tahun.

$$\text{Kala ulang (T)} = 2 \text{ tahun}$$

$$C_s = -0,05$$

$$\ln \bar{X} = 4,22 \text{ mm (rata-rata hujan dalam logaritmik)}$$

$$\begin{aligned}
S_{\ln} &= 0,31 \text{ (standar deviasi dalam logaritmik)} \\
K_T &= K_2 \\
&= 0,007867 \text{ (Tabel nilai } K_T \text{ distribusi probabilitas Log} \\
&\quad \text{Pearson III)} \\
\ln X_2 &= \ln \bar{X} + K_2 \cdot S_{\ln} \\
&= 4,22 + 0,007867 \cdot 0,31 \\
&= 4,22 \text{ mm} \\
X_2 &= e^{4,22} \\
&= 68,0357 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Maka dari perhitungan didapatkan hujan kala ulang 2 tahun yaitu 68,0357 mm

$$\begin{aligned}
\text{Kala ulang (T)} &= 5 \text{ tahun} \\
C_s &= -0,05 \\
\ln \bar{X} &= 4,22 \text{ mm (rata-rata hujan dalam logaritmik)} \\
S_{\ln} &= 0,31 \text{ (standar deviasi dalam logaritmik)} \\
K_T &= K_5 \\
&= 0,843907 \text{ (Tabel nilai } K_T \text{ distribusi probabilitas Log} \\
&\quad \text{Pearson III)} \\
\ln X_5 &= \ln \bar{X} + K_5 \cdot S_{\ln} \\
&= 4,22 + 0,843907 \cdot 0,31 \\
&= 4,48 \text{ mm} \\
X_5 &= e^{4,48} \\
&= 88,2758 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Maka dari perhitungan didapatkan hujan kala ulang 5 tahun yaitu 88,2758 mm

$$\begin{aligned}
\text{Kala ulang (T)} &= 10 \text{ tahun} \\
C_s &= -0,05 \\
\ln \bar{X} &= 4,22 \text{ mm (rata-rata hujan dalam logaritmik)} \\
S_{\ln} &= 0,31 \text{ (standar deviasi dalam logaritmik)} \\
K_T &= K_{10}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,28167 \text{ (Tabel nilai KT distribusi probabilitas Log Pearson III)} \\
 \ln X_{10} &= \ln \bar{X} + K_{10} \cdot S \ln \\
 &= 4,22 + 1,28167 \cdot 0,31 \\
 &= 4,62 \text{ mm} \\
 X_5 &= e^{4,62} \\
 &= 101,0256 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dari perhitungan didapatkan hujan kala ulang 10 tahun yaitu 101,0256 mm

### 5.2.2 Analisis Intensitas Hujan

Nilai dari intensitas hujan dapat dicari dengan menggunakan persamaan 3.14. dengan asumsi nilai dari durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi. Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol). Waktu konsentrasi dapat dicari dengan menggunakan persamaan 3.15 atau 3.16. Perhitungan waktu konsentrasi pada penelitian ini dicari dengan menggunakan persamaan 3.15 dan 3.16. berikut adalah perhitungan waktu konsentrasi pada saluran nomor 1.

Penggunaan persamaan 3.15 untuk mencari waktu konsentrasi:

$$\begin{aligned}
 L_s &= 212,465 \text{ m} \\
 &= 0,212 \text{ km} \\
 S &= 0,0206 \\
 t_{c1} &= \left( \frac{0,87 \times L_s^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \\
 &= \left( \frac{0,87 \times 0,212^2}{1000 \times 0,0206} \right)^{0,385} \\
 &= 0,0897 \text{ jam} \\
 &= 5,380 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Penggunaan persamaan 3.16 untuk mencari waktu konsentrasi:

$$\begin{aligned}
 L &= 13,1699 \text{ m (didapatkan dari lebar jalan pada saluran nomor 1} \\
 &\quad \text{dibagi 2)} \\
 L_s &= 212,465 \text{ m} \\
 n &= 0,036 \\
 S &= 0,0206 \\
 V &= 1,4097 \text{ m/detik (Tabel 5.2)} \\
 t_o &= \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right) \\
 &= \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times 13,1699 \times \frac{0,036}{\sqrt{0,0206}} \right) \\
 &= 7,217 \text{ menit} \\
 t_d &= \frac{L_s}{60V} \\
 &= \frac{212,465}{60 \cdot 1,4097} \\
 &= 2,512 \text{ menit} \\
 t_{c2} &= t_o + t_d \\
 &= 7,217 + 2,512 \\
 &= 9,729 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Dari kedua waktu konsentrasi tersebut dipilih nilai waktu konsentrasi terbesar sehingga waktu konsentrasi pada saluran nomor 1 adalah 9,729 menit.

Pada setiap saluran mempunyai jenis permukaan lahan yang bermacam-macam. Nilai dari  $L_s$  atau panjang aliran di atas permukaan lahan diambil nilai terbesar diantara beberapa permukaan lahan yang membenani saluran tersebut. Nilai  $L_s$  didapatkan dari pembacaan denah kawasan Kampus Terpadu UII. Nilai dari koefisien manning, kemiringan saluran, dan kecepatan dapat dilihat pada Tabel 5.2. Berdasarkan perhitungan yang sama maka berikut adalah nilai waktu konsentrasi pada tiap saluran eksisting.



**Tabel 5.17 Rekapitulasi Perhitungan Nilai Waktu Konsentrasi**

<b>Nomor Saluran</b>	<b>L<sub>s</sub> (m)</b>	<b>L<sub>1</sub> (m)</b>	<b>L<sub>2</sub> (m)</b>	<b>t<sub>c1</sub> (menit)</b>	<b>t<sub>o</sub> (menit)</b>	<b>t<sub>a</sub> (menit)</b>	<b>t<sub>c2</sub> (menit)</b>
1	212,4654	-	13,170	5,380	7,217	2,512	9,729
3	71,4446	-	13,170	2,924	9,725	0,819	10,543
2	283,91	-	13,170	7,792	8,739	4,064	12,803
4	102,586	-	5,591	3,838	4,093	1,620	5,714
5	90,227	105,494	5,591	3,488	77,537	1,431	78,968
6	46,972	-	32,538	1,169	11,103	0,346	11,448
7	83,219	66,267	5,675	2,721	38,261	1,029	39,290
8	57,461	-	5,675	1,629	2,437	0,478	2,915
9	82,463	13,189	6,594	1,714	4,216	0,569	4,785
10	97,081	-	6,594	2,255	2,557	0,812	3,370
13	184,999	104,808	6,518	6,202	79,351	2,912	82,263
14	182,943	-	6,518	6,123	4,907	3,141	8,048
11	154,94	95,403	5,390	11,414	190,424	6,721	197,145
12	177,453	-	5,390	13,350	11,513	8,238	19,751
15	94,245	89,530	5,824	3,139	54,956	1,056	56,013
16	86,838	-	14,963	2,763	8,446	1,178	9,624
19	261,358	91,467	5,339	10,028	91,48 4	6,283	97,767
17	213,699	57,237	6,740	5,401	31,347	2,390	33,737
18	248,673	60,623	6,740	6,435	35,815	3,000	38,816
20	293,327	35,919	5,339	11,222	37,044	6,807	43,851
21	69,947	95,389	5,691	1,915	41,509	0,640	42,149
22	69,947	-	5,691	2,871	5,691	4,191	1,259
23	93,936	67,112	5,943	3,773	52,479	1,513	53,992
24	93,936	-	5,943	3,506	5,943	4,224	1,404
25	191,471	77,719	-	6,067	55,246	2,862	58,108

dengan:

L<sub>s</sub> = Panjang lintasan aliraman di dalam saluran/sungai (m),

L<sub>1</sub> = Panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan gedung dan bangunan (m),

$L_2$  = Panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan jalan/paving (m),

Setelah nilai dari waktu konsentrasi diketahui maka langkah selanjutnya adalah dicari intensitas hujan dengan persamaan *Mononobe* pada persamaan 3.14. Nilai dari curah hujan maksimum selama 24 jam  $R_{24}$  yaitu nilai hujan rencana kala ulang 2 tahun yaitu 68,0357 mm, 5 tahun yaitu 88,2758 mm, dan 10 tahun yaitu 101,0256 mm sehingga didapatkan tiga intensitas hujan kala ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun. Berikut adalah perhitungan intensitas hujan pada saluran nomor 1 dengan hujan kala ulang 2 tahun.

$$\begin{aligned} R_{24} &= 68,0357 \text{ mm} \\ t &= 9,729 \text{ menit} \\ &= 0,162 \text{ jam} \\ I &= \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3} \\ &= \frac{68,0357}{24} \left( \frac{24}{0,162} \right)^{2/3} \\ &= 79,320 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapat intensitas hujan di saluran nomor 1 yaitu 79,32 mm/jam.

Berdasarkan perhitungan yang sama maka didapatkan rekapitulasi perhitungan intensitas hujan sebagai berikut:

**Tabel 5.18 Rekapitulasi Hitungan Intensitas Hujan Kala Ulang 2 Tahun**

Nomor Saluran	$R_{24}$ (mm)	t		I (mm/jam)
		(menit)	(jam)	
1	68,0357	9,729	0,162	79,320
3	68,0357	10,543	0,176	75,182
2	68,0357	12,803	0,213	66,054
4	68,0357	5,714	0,095	113,107
5	68,0357	78,968	1,316	19,640
6	68,0357	11,448	0,191	71,166
7	68,0357	39,290	0,655	31,279
8	68,0357	2,915	0,049	177,139

**Lanjutan Tabel 5.18 Rekapitulasi Hitungan Intensitas Hujan  
Kala Ulang 2 Tahun**

Nomor Saluran	R <sub>24</sub> (mm)	t		I (mm/jam)
		(menit)	(jam)	
9	68,0357	4,785	0,080	127,306
10	68,0357	3,370	0,056	160,837
13	68,0357	82,263	1,371	19,112
14	68,0357	8,048	0,134	90,012
11	68,0357	197,145	3,286	10,672
12	68,0357	19,751	0,329	49,474
15	68,0357	56,013	0,934	24,693
16	68,0357	9,624	0,160	79,896
19	68,0357	97,767	1,629	17,034
17	68,0357	33,737	0,562	34,623
18	68,0357	38,816	0,647	31,533
20	68,0357	43,851	0,731	29,070
21	68,0357	42,149	0,702	29,847
22	68,0357	1,259	0,021	116,724
25	68,0357	58,108	0,968	24,096
23	68,0357	53,992	0,900	25,305
24	68,0357	1,404	0,023	114,245

**Tabel 5.19 Rekapitulasi Hitungan Intensitas Hujan Kala Ulang 5 Tahun**

Nomor Saluran	R <sub>24</sub> (mm)	t		I (mm/jam)
		(menit)	(jam)	
1	88,2758	9,729	0,162	102,915
3	88,2758	10,543	0,176	97,548
2	88,2758	12,803	0,213	85,704
4	88,2758	5,714	0,095	146,755
5	88,2758	78,968	1,316	25,482
6	88,2758	11,448	0,191	92,337
7	88,2758	39,290	0,655	40,584
8	88,2758	2,915	0,049	229,837

**Lanjutan Tabel 5.19 Rekapitulasi Hitungan Intensitas Hujan  
Kala Ulang 5 Tahun**

Nomor Saluran	R <sub>24</sub> (mm)	t		I (mm/jam)
		(menit)	(jam)	
9	88,2758	4,785	0,080	165,178
10	88,2758	3,370	0,056	208,685
13	88,2758	82,263	1,371	24,797
14	88,2758	8,048	0,134	116,790
11	88,2758	197,145	3,286	13,847
12	88,2758	19,751	0,329	64,193
15	88,2758	56,013	0,934	32,039
16	88,2758	9,624	0,160	103,665
19	88,2758	97,767	1,629	22,101
17	88,2758	33,737	0,562	44,923
18	88,2758	38,816	0,647	40,914
20	88,2758	43,851	0,731	37,718
21	88,2758	42,149	0,702	38,727
22	88,2758	1,259	0,021	151,449
25	88,2758	58,108	0,968	31,264
23	88,2758	53,992	0,900	32,834
24	88,2758	1,404	0,023	148,232

**Tabel 5.20 Rekapitulasi Hitungan Intensitas Hujan Kala Ulang 10 Tahun**

Nomor Saluran	R <sub>24</sub> (mm)	t		I (mm/jam)
		(menit)	(jam)	
1	101,0256	9,729	0,162	117,781
3	101,0256	10,543	0,176	111,637
2	101,0256	12,803	0,213	98,083
4	101,0256	5,714	0,095	167,951
5	101,0256	78,968	1,316	29,163
6	101,0256	11,448	0,191	105,673
7	101,0256	39,290	0,655	46,445
8	101,0256	2,915	0,049	263,032

**Lanjutan Tabel 5.20 Rekapitulasi Hitungan Intensitas Hujan  
Kala Ulang 10 Tahun**

Nomor Saluran	R <sub>24</sub> (mm)	t		I (mm/jam)
		(menit)	(jam)	
9	101,0256	4,785	0,080	189,035
10	101,0256	3,370	0,056	238,825
13	101,0256	82,263	1,371	28,379
14	101,0256	8,048	0,134	133,658
11	101,0256	197,145	3,286	15,847
12	101,0256	19,751	0,329	73,464
15	101,0256	56,013	0,934	36,667
16	101,0256	9,624	0,160	118,637
19	101,0256	97,767	1,629	25,293
17	101,0256	33,737	0,562	51,411
18	101,0256	38,816	0,647	46,823
20	101,0256	43,851	0,731	43,166
21	101,0256	42,149	0,702	44,320
22	101,0256	1,259	0,021	173,322
25	101,0256	58,108	0,968	35,780
23	101,0256	53,992	0,900	37,576
24	101,0256	1,404	0,023	169,641

Nilai dari intensitas hujan ini akan menjadi masukan dalam menentukan debit puncak metode rasional.

### 5.2.3 Debit Puncak dengan Metode Rasional

Penggunaan metode rasional untuk mencari debit puncak hanya terbatas pada DAS dengan luas lebih kecil dari 300 ha. Kawasan Kampus Terpadu UII sendiri hanya mempunyai luasan total kurang lebih 32,145 ha. Untuk mencari nilai debit puncak dengan metode rasional dibutuhkan data berupa koefisien aliran permukaan, intensitas hujan, dan luas DAS yang ditinjau. Nilai dari intensitas hujan didapatkan dari perhitungan intensitas hujan dengan kala ulang 2, 5, dan 10 tahun. Luas DAS yang membebani saluran didapatkan dari pembacaan pada denah

Kampus Terpadu UII. Nilai dari koefisien limpasan dapat dilihat pada Tabel 3.4. Kawasan Kampus Terpadu UII diasumsikan mempunyai tiga jenis permukaan yaitu atap, paving, dan halaman tanah berat dengan permukaan datar. Berikut adalah nilai dari luas DAS yang membebani saluran dan koefisiennya.

**Tabel 5.21 Luas Lahan dan Koefisien Limpasan**

Nomor Saluran	Kawasan Lahan Bangunan								Perkerasan	
	Atap		Paving		Halaman		Gabungan		Paving	
	A (ha)	C	A (ha)	C	A (ha)	C	A (ha)	C	A (ha)	C
1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,230	0,700
3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,034	0,700
2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,264	0,700
4	-	-	-	-	-	-	-	-	0,059	0,700
5	0,000	0,95	0,454	0,7	0,000	0,17	0,454	0,700	0,059	0,700
6	-	-	-	-	-	-	-	-	0,169	0,700
7	0,220	0,95	0,387	0,7	0,000	0,17	0,607	0,790	0,046	0,700
8	-	-	-	-	-	-	-	-	0,046	0,700
9	0,300	0,95	0,261	0,7	0,000	0,17	0,560	0,834	0,093	0,700
10	-	-	-	-	-	-	-	-	0,093	0,700
13	0,644	0,95	1,283	0,7	0,000	0,17	1,927	0,784	0,133	0,700
14	-	-	-	-	-	-	-	-	0,133	0,700
11	0,574	0,95	0,921	0,7	0,000	0,17	1,494	0,796	0,093	0,700
12	-	-	-	-	-	-	-	-	0,093	0,700
15	0,567	0,95	0,348	0,7	0,000	0,17	0,915	0,855	0,058	0,700
16	-	-	-	-	-	-	-	-	0,072	0,700
19	0,496	0,95	1,210	0,7	0,000	0,17	1,706	0,773	0,123	0,700
17	0,136	0,95	1,134	0,7	0,000	0,17	1,270	0,727	0,142	0,700
18	0,218	0,95	0,593	0,7	0,000	0,17	0,811	0,767	0,142	0,700
20	0,103	0,95	0,254	0,5	0,000	0,17	0,357	0,630	0,182	0,700
21	0,289	0,95	0,362	0,7	0,000	0,17	0,650	0,811	0,036	0,700
22	-	-	-	-	-	-	-	-	0,036	0,700
25	0,203	0,95	0,157	0,7	0,368	0,17	0,728	0,502	-	-
23	0,045	0,95	0,000	0,7	0,721	0,17	0,766	0,216	0,029	0,700
24	-	-	-	-	-	-	-	-	0,029	0,700

Pada Tabel 5.21 saluran nomer 1 dibebani oleh lahan perkerasan dengan luas 0,460 ha dan koefisien limpasan 0,700. Pada saluran nomer 5 dibebani oleh lahan bangunan dan perkerasan. Lahan bangunan yang membebani saluran nomer 5 terbagi menjadi atap, paving, dan halaman dengan luas lahan keseluruhan 0,454 ha dan koefisien lahan gabungan 0,7. Perkerasan yang membebani saluran nomor 5 mempunyai luas 0,230 ha dan koefisien limpasan 0,7.

Perencanaan debit puncak pada saluran yang dibebani oleh lahan bangunan dan perkerasan perlu dicari nilai koefisien limpasan gabungan. Luas yang dipakai pada analisis yaitu luas gabungan antara lahan bangunan dan perkerasan. Untuk menghitung debit puncak dengan Metode Rasional menggunakan persamaan *Mononobe* pada persamaan 3.19. Berikut adalah perhitungan debit puncak dengan Metode Rasional pada saluran nomor 1.

$$\begin{aligned}
 C &= 0,700 \\
 I &= 79,230 \text{ mm/jam (kala ulang 2 tahun)} \\
 A &= 0,230 \text{ ha} \\
 Q &= 0,002778 C.I.A \\
 &= 0,002778 \cdot 0,7 \cdot 79,230 \cdot 0,230 \\
 &= 0,0355 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka didapatkan rekapitulasi perhitungan pada Tabel 5.22, Tabel 5.23, dan Tabel 5.24 untuk kala ulang 2, 5, dan 10 tahun.

**Tabel 5. 22 Rekapitulasi Hitungan Debit Puncak Kala Ulang 2 Tahun**

Nomor Saluran	C	I	A	Q
	-	(mm/jam)	(ha)	(m <sup>3</sup> /detik)
1	0,700	79,320	0,230	0,0355
3	0,700	75,182	0,034	0,0050
2	0,700	66,054	0,264	0,0339
4	0,700	113,107	0,059	0,0129
5	0,700	19,640	0,513	0,0196
6	0,700	71,166	0,339	0,0469
7	0,784	31,279	0,654	0,0445
8	0,700	177,139	0,046	0,0160

**Lanjutan Tabel 5.22 Rekapitulasi Hitungan Debit Puncak  
Kala Ulang 2 Tahun**

<b>Nomor Saluran</b>	<b>C</b> -	<b>I</b> (mm/jam)	<b>A</b> (ha)	<b>Q</b> (m <sup>3</sup> /detik)
9	0,815	127,306	0,653	0,1882
10	0,700	160,837	0,093	0,0291
13	0,778	19,112	2,060	0,0851
14	0,700	90,012	0,133	0,0234
11	0,790	10,672	1,588	0,0372
12	0,700	49,474	0,093	0,0090
15	0,846	24,693	0,974	0,0565
16	0,700	79,896	0,143	0,0223
19	0,768	17,034	1,830	0,0665
17	0,724	34,623	1,412	0,0983
18	0,757	31,533	0,953	0,0632
20	0,653	29,070	0,539	0,0285
21	0,805	29,847	0,686	0,0458
22	0,700	116,724	0,036	0,0081
25	0,502	24,096	0,728	0,0245
23	0,234	25,305	0,796	0,0131
24	0,700	114,245	0,029	0,0065

**Tabel 5. 23 Rekapitulasi Hitungan Debit Puncak Kala Ulang 5 Tahun**

<b>Nomor Saluran</b>	<b>C</b> -	<b>I</b> (mm/jam)	<b>A</b> (ha)	<b>Q</b> (m <sup>3</sup> /detik)
1	0,700	102,915	0,230	0,0461
3	0,700	97,548	0,034	0,0065
2	0,700	85,704	0,264	0,0440
4	0,700	146,755	0,059	0,0167
5	0,700	25,482	0,513	0,0254
6	0,700	92,337	0,339	0,0609
7	0,784	40,584	0,654	0,0578
8	0,700	229,837	0,046	0,0208



**Lanjutan Tabel 5.23 Rekapitulasi Hitungan Debit Puncak  
Kala Ulang 5 Tahun**

<b>Nomor Saluran</b>	<b>C</b> -	<b>I</b> (mm/jam)	<b>A</b> (ha)	<b>Q</b> (m <sup>3</sup> /detik)
9	0,815	165,178	0,653	0,2442
10	0,700	208,685	0,093	0,0378
13	0,778	24,797	2,060	0,1105
14	0,700	116,790	0,133	0,0303
11	0,790	13,847	1,588	0,0483
12	0,700	64,193	0,093	0,0117
15	0,846	32,039	0,974	0,0733
16	0,700	103,665	0,143	0,0289
19	0,768	22,101	1,830	0,0862
17	0,724	44,923	1,412	0,1276
18	0,757	40,914	0,953	0,0820
20	0,653	37,718	0,539	0,0369
21	0,805	38,727	0,686	0,0594
22	0,700	151,449	0,036	0,0105
25	0,502	31,264	0,728	0,0317
23	0,234	32,834	0,796	0,0170
24	0,700	148,232	0,029	0,0085

**Tabel 5.24 Rekapitulasi Hitungan Debit Puncak Kala Ulang 10 Tahun**

<b>Nomor Saluran</b>	<b>C</b> -	<b>I</b> (mm/jam)	<b>A</b> (ha)	<b>Q</b> (m <sup>3</sup> /detik)
1	0,700	117,781	0,230	0,0527
3	0,700	111,637	0,034	0,0074
2	0,700	98,083	0,264	0,0504
4	0,700	167,951	0,059	0,0191
5	0,700	29,163	0,513	0,0291
6	0,700	105,673	0,339	0,0696
7	0,784	40,584	0,654	0,0661
8	0,700	46,445	0,046	0,0238

**Lanjutan Tabel 5.24 Rekapitulasi Hitungan Debit Puncak  
Kala Ulang 10 Tahun**

<b>Nomor Saluran</b>	<b>C</b> -	<b>I</b> (mm/jam)	<b>A</b> (ha)	<b>Q</b> (m <sup>3</sup> /detik)
9	0,815	263,032	0,653	0,2795
10	0,700	189,035	0,093	0,0433
13	0,778	28,379	2,060	0,1264
14	0,700	133,658	0,133	0,0347
11	0,790	238,825	1,588	0,0552
12	0,700	73,464	0,093	0,0133
15	0,846	36,667	0,974	0,0839
16	0,700	118,637	0,143	0,0331
19	0,768	25,293	1,830	0,0987
17	0,724	51,411	1,412	0,1460
18	0,757	46,823	0,953	0,0939
20	0,653	43,166	0,539	0,0423
21	0,805	44,320	0,686	0,0680
22	0,700	173,322	0,036	0,0120
25	0,502	35,780	0,728	0,0363
23	0,234	37,576	0,796	0,0194
24	0,700	169,641	0,029	0,0097

Hasil debit yang dihitung berupa sub debit pada tiap saluran drainase eksisting. Apabila terdapat percabangan saluran atau penyatuan saluran maka debit pada saluran yang terbebani akan bertambah. Seperti pada saluran 1 dan 3 yang diantara kedua saluran tersebut terdapat beban debit dari saluran pembuang sawah. Debit saluran pembuang membebani saluran drainase nomor 3.

Debit saluran pembuang dicari dengan menggunakan metode pelampungan. Dengan menentukan jarak tempuh pelampung dan dicari waktu tempuh pelampung pada jarak tersebut. Pengujian dilakukan pada saluran nomor 3. Panjang lintasan pelampung yaitu 12,92 m dan waktu tempuh dalam 9 kali percobaan berturut-turut yaitu 37,42; 37,24; 35,55; 32,77; 33,97; 28,12; 29,44 ; 31,33; dan 31,5 detik sehingga didapatkan rata-rata waktu pelampung melewati lintasan uji yaitu 33,038

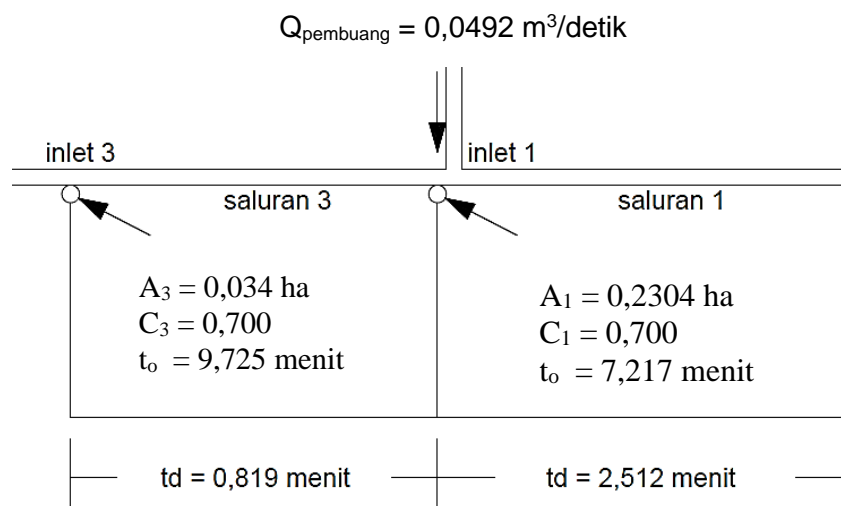
detik. Apabila panjang lintasan dibagi dengan waktu yang ditempuh pelampung maka akan didapatkan nilai dari kecepatan aliran.

$$\begin{aligned} V &= \frac{12,92}{33,038} \\ &= 0,391 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Lebar saluran nomor 3 yaitu 0,95 m. Tinggi air pada bagian hulu lintasan 0,145 m dan tinggi air pada bagian hulu lintasan yaitu 0,12 m sehingga didapatkan tinggi air rata-rata yaitu 0,1325 m. Luas penampang aliran yaitu dengan mengalikan lebar saluran dengan tinggi air rata-rata dan debit dapat dicari dengan luas penampang aliran dikalikan dengan kecepatan aliran.

$$\begin{aligned} A &= 0,95 \times 0,1325 \\ &= 0,126 \text{ m}^2 \\ Q &= A \times V \\ &= 0,126 \times 0,391 \\ &= 0,0492 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut maka didapatkan debit saluran pembuang yang membebani saluran nomor 3 sebesar 0,0492 m<sup>3</sup>/detik Berikut adalah sketsa dari saluran 1, 3, dan saluran pembuang.



**Gambar 5.20 Sketsa Letak Inlet Saluran 3**

Untuk mencari nilai debit puncak di inlet 1 pada kala ulang 2 tahun yaitu dengan menambahkan debit pada saluran 1 kala ulang 2 tahun dengan  $Q_{\text{pembuang}}$ .

Dengan asumsi waktu konsentrasi debit saluran 1 sama dengan waktu konsentrasi debit pembuang.

$$\begin{aligned} Q_{p1} &= Q_{\text{saluran 1}} + Q_{\text{pembuang}} \\ &= 0,0355 + 0,0492 \\ &= 0,0847 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Untuk mencari debit puncak yang mengalir saluran nomer 3 yaitu dengan menghitung ulang waktu konsentrasi. Hal ini dikarenakan sub area 1 dan 3 mempunyai waktu konsentrasi yang berbeda. Oleh karena itu, perlu dilakukan perhitungan ulang dengan menggunakan koefisien gabungan dan intensitas hujan berdasarkan waktu konsentrasi terpanjang.

$$\begin{aligned} R_{24} &= 68,0357 \text{ mm} \\ C_{1-3} &= 0,700 \\ t_c &= 7,217 + 2,512 + 0,819 \\ &= 10,548 \text{ menit} \\ t_c &= 9,725 + 0,819 \\ &= 10,544 \text{ menit} \end{aligned}$$

Maka digunakan  $t_c$  terbesar yaitu 10,548 menit

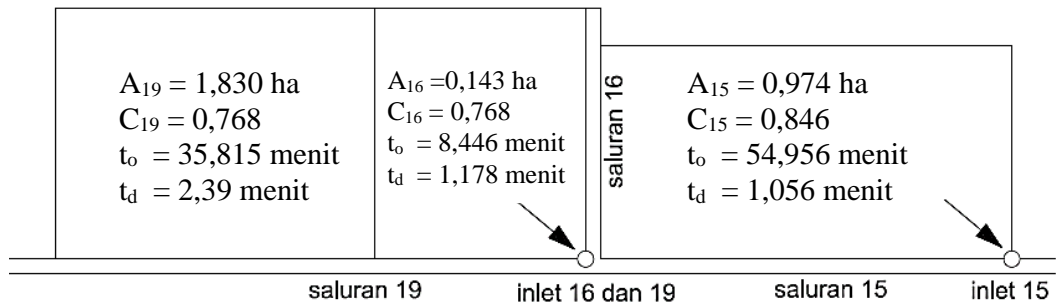
$$\begin{aligned} t_c &= 0,176 \text{ jam} \\ I &= \frac{R_{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3}}{24} \\ &= \frac{68,0357 \left(\frac{24}{0,176}\right)^{2/3}}{24} \\ &= 75,160 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= 0,034 + 0,230 \\ &= 0,264 \text{ ha} \end{aligned}$$

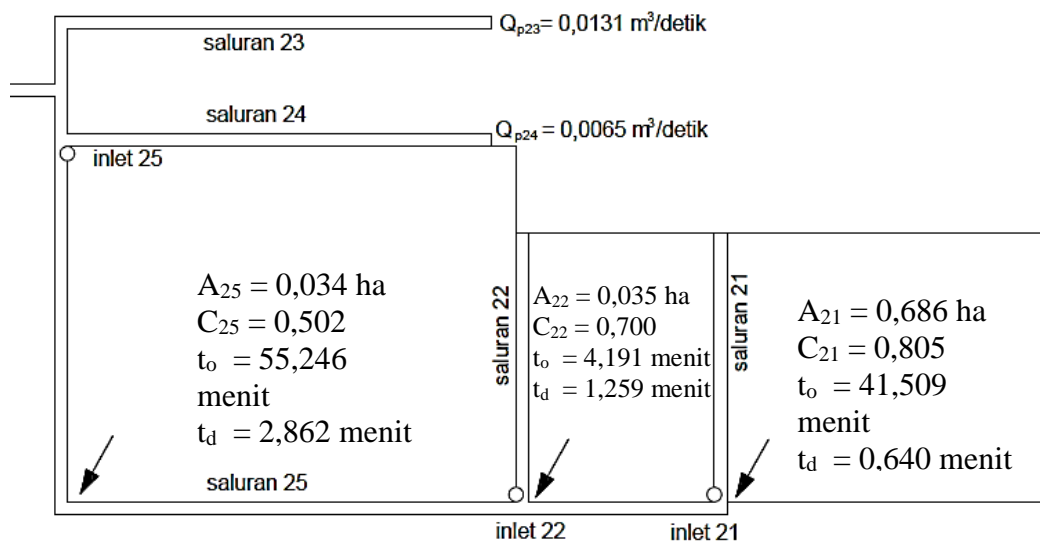
$$\begin{aligned} Q_{p3} &= 0,002778 \cdot C \cdot I \cdot A + Q_{\text{pembuang}} \\ &= 0,002778 \cdot 0,7 \cdot 75,160 \cdot 0,264 + 0,0492 \\ &= 0,0879 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Terdapat saluran lain yang mengalami penyatuan saluran sehingga waktu konsentrasi perlu dihitung ulang untuk menentukan debit yang mengalir pada saluran tersebut. Saluran yang mengalami penambahan debit adalah saluran 15 dan

saluran 25. Berikut adalah sketsa dari saluran yang menerima debit tambahan dari saluran lain.



**Gambar 5.21 Sketsa Inlet Saluran 15**



**Gambar 5.22 Sketsa Inlet Saluran 25**

Pada Gambar 5.19 debit puncak saluran 15 menerima tambahan debit dari saluran 16 dan 19. Akhir dari aliran drainase pada Gambar 5.20 terletak pada saluran 15. Pada Gambar 5.21 debit puncak saluran 25 menerima debit tambahan dari saluran 22 dan saluran 21. Besar debit buangan saluran drainase Gambar 5.21 merupakan penjumlahan dari debit puncak saluran 23, 24, dan 25. Sementara itu, Untuk saluran lain tidak menerima debit tambahan. Akan tetapi, terdapat penyatuan dua saluran dan tidak saling mempengaruhi debit pada saluran tersebut. Dengan

keterangan tersebut maka didapatkan debit terbuang dari drainase eksisting ke sungai adalah sebagai berikut:

**Tabel 5.25 Debit Terbuang Kala Ulang 2 Tahun**

<b>Nomor Saluran</b>	<b>Q<sub>saluran</sub> (m<sup>3</sup>/detik)</b>	<b>Q<sub>keluaran</sub> (m<sup>3</sup>/detik)</b>	<b>Keterangan penggabungan saluran</b>
1	0,0355		Saluran 1, 3, pembuang sawah Saluran 2 Saluran 4, 5 Saluran 6, 7, 8
3	0,0050	0,0879	
2	0,0339	0,0339	
4	0,0129	0,0325	
5	0,0196		
6	0,0469		
7	0,0445		
8	0,0160	0,1074	
9	0,1882	0,1882	Saluran 9
10	0,0291	0,0291	Saluran 10
13	0,0851	0,0851	Saluran 13
14	0,0234	0,0234	Saluran 14
11	0,0372	0,0372	Saluran 11
12	0,0090	0,0090	Saluran 12
15	0,0565	0,5443	Saluran 15, 16 ,19
16	0,0223		
19	0,0665		
17	0,0983	0,0983	Saluran 17
18	0,0632	0,0632	Saluran 18
20	0,0285	0,0285	Saluran 20
21	0,0458		Saluran 21, 22 ,23 ,24 ,25
22	0,0081		
25	0,0245		
23	0,0131	0,0827	
24	0,0065		

**Tabel 5.26 Debit Terbuang Kala Ulang 5 Tahun**

<b>Nomor Saluran</b>	<b>Q<sub>saluran</sub> (m<sup>3</sup>/detik)</b>	<b>Q<sub>keluaran</sub> (m<sup>3</sup>/detik)</b>	<b>Keterangan penggabungan saluran</b>
1	0,0461		
3	0,0065	0,0993	Saluran 1, 3, pembuang sawah
2	0,0440	0,0440	Saluran 2
4	0,0167	0,0421	Saluran 4, 5
5	0,0254		
6	0,0609		
7	0,0578		
8	0,0208	0,1394	Saluran 6, 7, 8
9	0,2442	0,2442	Saluran 9
10	0,0378	0,0378	Saluran 10
13	0,1105	0,1105	Saluran 13
14	0,0303	0,0303	Saluran 14
11	0,0483	0,0483	Saluran 11
12	0,0117	0,0117	Saluran 12
15	0,0733	0,7063	Saluran 15, 16 ,19
16	0,0289		
19	0,0862		
17	0,1276	0,1276	Saluran 17
18	0,0820	0,0820	Saluran 18
20	0,0369	0,0369	Saluran 20
21	0,0594		
22	0,0105		
25	0,0317		
23	0,0170	0,1073	Saluran 21, 22 ,23 ,24 ,25
24	0,0085		

**Tabel 5.27 Debit Terbuang Kala Ulang 10 Tahun**

<b>Nomor Saluran</b>	<b>Q<sub>saluran</sub> (m<sup>3</sup>/detik)</b>	<b>Q<sub>keluaran</sub> (m<sup>3</sup>/detik)</b>	<b>Keterangan penggabungan saluran</b>
1	0,0527		
3	0,0074	0,1066	Saluran 1, 3, pembuang sawah
2	0,0504	0,0504	Saluran 2
4	0,0191	0,0482	Saluran 4, 5
5	0,0291		
6	0,0696		
7	0,0661		
8	0,0238	0,1595	Saluran 6, 7, 8
9	0,2795	0,2795	Saluran 9
10	0,0433	0,0433	Saluran 10
13	0,1264	0,1264	Saluran 13
14	0,0347	0,0347	Saluran 14
11	0,0552	0,0552	Saluran 11
12	0,0133	0,0133	Saluran 12
15	0,0839	0,8083	Saluran 15, 16 ,19
16	0,0331		
19	0,0987		
17	0,1460	0,1460	Saluran 17
18	0,0939	0,0939	Saluran 18
20	0,0423	0,0423	Saluran 20
21	0,0680		
22	0,0120		
25	0,0363		
23	0,0194	0,1228	Saluran 21, 22 ,23 ,24 ,25
24	0,0097		



Berdasarkan hasil dari perhitungan debit pada tiap saluran maka dapat diketahui kinerja dari drainase eksisting. Berikut adalah kinerja dari drainase eksisting berdasarkan kala ulang 2, 5 dan 10 tahun.

**Tabel 5.28 Kinerja Kapasitas Drainase Eksisting**

Nomor Saluran	Kapasitas Drainase (m <sup>3</sup> /det)	Debit Kala Ulang					
		2 Tahun (m <sup>3</sup> /det)	Ket.	5 Tahun (m <sup>3</sup> /det)	Ket.	10 Tahun (m <sup>3</sup> /det)	Ket.
1	0,5921	0,0355	√	0,0461	√	0,0527	√
3	1,7272	0,0827	√	0,0492	√	0,0492	√
2	0,4890	0,0339	√	0,0440	√	0,0504	√
4	0,4432	0,0129	√	0,0167	√	0,0191	√
5	0,4415	0,0196	√	0,0254	√	0,0291	√
6	0,9509	0,0469	√	0,0609	√	0,0696	√
7	0,5861	0,0445	√	0,0578	√	0,0661	√
8	1,6837	0,0160	√	0,0208	√	0,0238	√
9	1,0150	0,1882	√	0,2442	√	0,2795	√
10	0,8367	0,0291	√	0,0378	√	0,0433	√
13	0,4817	0,0851	√	0,1105	√	0,1264	√
14	0,3471	0,0234	√	0,0303	√	0,0347	√
11	0,1556	0,0372	√	0,0483	√	0,0552	√
12	0,1454	0,0090	√	0,0117	√	0,0133	√
15	1,2230	0,1094	√	0,1419	√	0,1624	√
16	0,3839	0,0223	√	0,0289	√	0,0331	√
19	0,2167	0,0665	√	0,0862	√	0,0987	√
17	0,8494	0,0983	√	0,1276	√	0,1460	√
18	0,7874	0,0632	√	0,0820	√	0,0939	√
20	0,2478	0,0285	√	0,0369	√	0,0423	√
21	0,8742	0,0458	√	0,0594	√	0,0680	√
22	0,2663	0,0081	√	0,0105	√	0,0120	√
25	0,5351	0,0631	√	0,0819	√	0,0937	√
23	0,5586	0,0827	√	0,1073	√	0,1228	√
24	0,5351	0,0065	√	0,0085	√	0,0097	√

keterangan:

√ = kapasitas drainase eksisting dapat menampung debit kala ulang rencana.

#### 5.2.4 Perencanaan Sumur Resapan

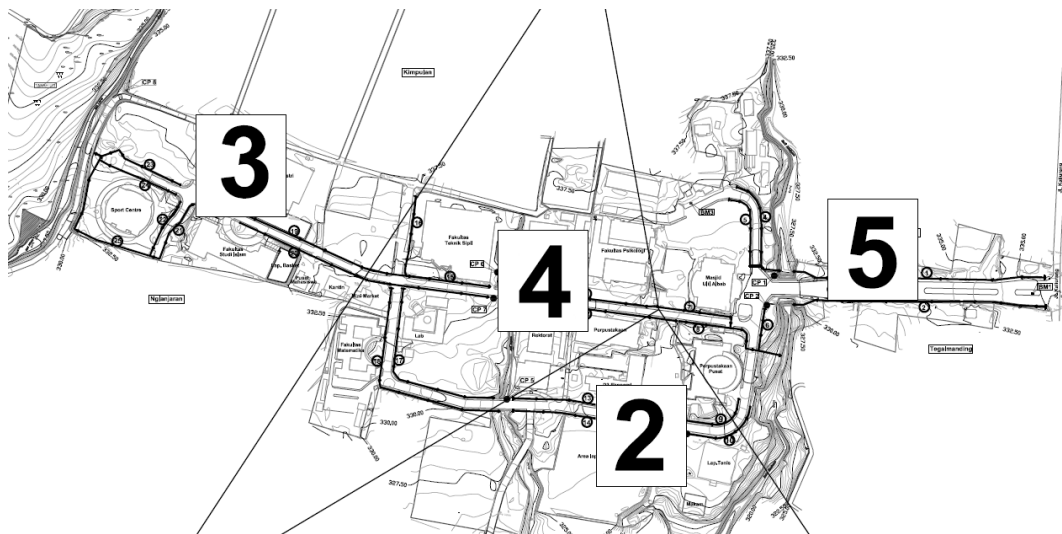
Sumur resapan direncanakan berdasarkan debit kala ulang 5 tahun dan dilakukan pengecekan kinerja sumur resapan pada kala ulang 2, 5, dan 10 tahun. Sumur resapan menggunakan tipe resapan terletak pada tanah seluruhnya porus dengan seluruh dinding kedap air dan dasar rata. Dimensi dalam perencanaan sumur resapan baik diameter maupun kedalaman sudah ditentukan terlebih dahulu sehingga komponen yang dicari yaitu jumlah dan jarak antar sumur resapan. Batasan dimensi yang dipakai untuk jari-jari yaitu 0,6; 0,8; dan 1 meter, sedangkan kedalaman yaitu 1,5; 2, dan 3 meter.

Perencanaan sumur resapan menggunakan sistem *trial*. Dimensi, jumlah, dan jarak antar sumur resapan ditentukan berdasarkan penelusuran debit aliran pada tiap drainase. Penelusuran debit drainase dimulai dari hulu saluran hingga titik keluaran debit saluran. Debit yang masuk pada bagian hulu merupakan debit saluran pada kala ulang 5 tahun. Aliran debit pada drainase akan terus berkurang bila melewati lubang pipa sumur resapan yang ada di samping drainase. Terdapat beberapa ketentuan dalam perencanaan sumur resapan, ketentuan tersebut adalah sebagai berikut.

1. Direncanakan debit yang teresap akibat adanya sumur drainase pada kala ulang 5 tahun tidak mencapai 100% dari debit awal saluran tersebut.
2. Direncanakan jarak antar sumur resapan minimal 30 meter.
3. Dicari komposisi dimensi, jumlah, dan jarak yang tepat agar debit aliran pada saluran dapat berkurang secara efektif.
4. Nilai yang dicari pada perencanaan sumur resapan ini adalah debit yang dapat diresap oleh sumur resapan.

Dalam merencanakan sumur resapan dibutuhkan nilai permeabilitas tanah. Nilai permeabilitas tanah pada tiap saluran berbeda-beda tergantung pada jaungkauan permeabilitas tanah pada tiap titik uji. Terdapat 5 titik uji permeabilitas tanah yang menyebar di kawasan Kampus Terpadu UII. Untuk dapat menentukan nilai permeabilitas tanah yang dipakai pada tiap saluran maka perlu adanya pembagian daerah jangkauan titik uji permeabilitas tanah. Berikut adalah skema daerah jangkauan dari masing-masing titik uji:

Hasil dari pengujian titik 1 tidak digunakan karena kondisi tanah pada titik tersebut merupakan daerah timbunan dari batuan dan sisa pecahan beton sehingga tidak dapat mewakili permeabilitas tanah asli di kawasan Kampus terpadu UII. Pembagian jangkauan pada tiap titik uji berdasarkan pada konsep poligon Thiessen sedemikian sehingga didapatkan pembagian cakupan seperti pada Gambar 5.23.



**Gambar 5.23 Skema Jangkauan Nilai Permeabilitas Tanah**

Nilai dari permeabilitas tanah dapat dilihat pada Tabel 5.5. Permeabilitas tanah yang dipakai yaitu nilai permeabilitas pada ulangan ke-3. Pemilihan ini dilakukan berdasarkan pada kondisi kejenuhan tanah uji. Semakin banyak air yang masuk pada saat pengujian maka kondisi tanah akan semakin jenuh. Kondisi ini diasumsikan dapat merepresentasikan kondisi tanah pada saat hujan. Berikut adalah pembagian nilai permeabilitas tanah (K) pada tiap saluran drainase eksisting:

**Tabel 5.29 Nilai Permeabilitas Tanah pada Drainase Eksisting**

Nomor Saluran	Lokasi Uji	Ulangan	K (m/detik)
1	Lokasi 5	Ulangan ke – 3	$2,374 \cdot 10^{-5}$
2	Lokasi 5	Ulangan ke – 3	$2,374 \cdot 10^{-5}$
3	Lokasi 5	Ulangan ke – 3	$2,374 \cdot 10^{-5}$
4	Lokasi 5	Ulangan ke – 3	$2,374 \cdot 10^{-5}$

**Lanjutan Tabel 5.29 Nilai Permeabilitas Tanah pada Drainase Eksisting**

<b>Nomor Saluran</b>	<b>Lokasi Uji</b>	<b>Ulangan</b>	<b>K (m/detik)</b>
5	Lokasi 5	Ulangan ke – 3	$2,374 \cdot 10^{-5}$
6	Lokasi 5	Ulangan ke – 3	$2,374 \cdot 10^{-5}$
7	Lokasi 5	Ulangan ke – 3	$2,374 \cdot 10^{-5}$
8	Lokasi 5	Ulangan ke – 3	$2,374 \cdot 10^{-5}$
9	Lokasi 2	Ulangan ke – 3	$6,463 \cdot 10^{-5}$
10	Lokasi 2	Ulangan ke – 3	$6,463 \cdot 10^{-5}$
13	Lokasi 2	Ulangan ke – 3	$6,463 \cdot 10^{-5}$
14	Lokasi 2	Ulangan ke – 3	$6,463 \cdot 10^{-5}$
11	Lokasi 4	Ulangan ke – 3	$4,643 \cdot 10^{-5}$
12	Lokasi 4	Ulangan ke – 3	$4,643 \cdot 10^{-5}$
15	Lokasi 4	Ulangan ke – 3	$4,643 \cdot 10^{-5}$
16	Lokasi 4	Ulangan ke – 3	$4,643 \cdot 10^{-5}$
19	Lokasi 3	Ulangan ke – 3	$1,948 \cdot 10^{-5}$
17	Lokasi 4	Ulangan ke – 3	$4,643 \cdot 10^{-5}$
18	Lokasi 4	Ulangan ke – 3	$4,643 \cdot 10^{-5}$
20	Lokasi 3	Ulangan ke – 3	$1,948 \cdot 10^{-5}$
21	Lokasi 3	Ulangan ke – 3	$1,948 \cdot 10^{-5}$
22	Lokasi 3	Ulangan ke – 3	$1,948 \cdot 10^{-5}$
25	Lokasi 3	Ulangan ke – 3	$1,948 \cdot 10^{-5}$
23	Lokasi 3	Ulangan ke – 3	$1,948 \cdot 10^{-5}$
24	Lokasi 3	Ulangan ke – 3	$1,948 \cdot 10^{-5}$

Data lain yang dibutuhkan untuk merencanakan sumur resapan adalah waktu pengaliran pada sumur resapan. Waktu pengaliran pada sumur resapan diasumsikan sama dengan waktu tempuh aliran pada saluran drainase. Untuk mencari waktu tempuh aliran yaitu dengan membagi jarak antar sumur resapan dengan kecepatan saluran. Direncanakan jarak antar sumur resapan pada satu saluran adalah sama. Jarak antara titik awal saluran sampai dengan sumur resapan pertama disesuaikan

dengan jarak antar sumur resapan pada saluran tersebut. Jarak antar sumur resapan yang dipakai dapat berbeda pada saluran lainnya. Apabila terdapat penyatuan saluran maka jarak yang dipakai dimulai dari inlet pada saluran gabungan. Dengan demikian, saluran sebelumnya hanya menambahkan debit limpasan yang sudah berkurang karena adanya sumur resapan.

Berikut ini adalah perhitungan perencanaan sumur resapan pada saluran 1.

Dicoba:

$$\text{Diameter} = 0,6 \text{ m}$$

$$R = 0,3 \text{ m}$$

$$H = 1,5 \text{ m}$$

$$L = 40 \text{ m}$$

Diketahui:

$$L_s = 212,4654 \text{ m}$$

$$Q \text{ saluran} = 0,0461 \text{ m}^3/\text{detik (Kala ulang 5 Tahun, Tabel 5.26)}$$

$$V = 1,4097 \text{ m/det (Tabel 5.2)}$$

$$K = 2,374 \cdot 10^{-5} \text{ m/det (Tabel 5.5)}$$

$$F = 5,5R$$

$$= 5,5 \cdot 0,3$$

$$= 1,65 \text{ m}$$

$$T = \frac{L}{V}$$

$$= \frac{40}{1,4097}$$

$$= 28,37 \text{ detik}$$

$$Q \text{ saluran} = 0,0461 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$H = \frac{Q}{FK} \left( 1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right)$$

$$Q = \frac{HFK}{\left( 1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right)}$$

$$= \frac{1,5 \cdot 1,65 \cdot 2,374 \cdot 10^{-5}}{\left(1 - e^{-\frac{1,65 \cdot 2,374 \cdot 10^{-5} \cdot 28,37}{\pi \cdot 0,3^2}}\right)}$$

$$= 0,0150 \text{ m}^3/\text{detik}$$

#### Sumur Resapan ke-1

$$Q \text{ masuk}_1 = Q \text{ saluran}$$

$$= 0,0461 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q \text{ resap}_1 = Q$$

$$= 0,0150 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q \text{ alir}_1 = Q \text{ masuk} - Q \text{ resap}$$

$$= 0,0461 - 0,0150$$

$$= 0,0311 \text{ m}^3/\text{detik}$$

#### Sumur Resapan ke-2

$$Q \text{ masuk}_2 = Q \text{ alir}_1$$

$$= 0,0311 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q \text{ resap}_2 = Q$$

$$= 0,0150 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q \text{ alir}_2 = Q \text{ masuk} - Q \text{ resap}$$

$$= 0,0311 - 0,0150$$

$$= 0,0161 \text{ m}^3/\text{detik}$$

#### Sumur Resapan ke-3

$$Q \text{ masuk}_3 = Q \text{ alir}_2$$

$$= 0,0161 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q \text{ resap}_3 = Q$$

$$= 0,0150 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q \text{ alir}_3 = Q \text{ masuk} - Q \text{ resap}$$

$$= 0,0161 - 0,0150$$

$$= 0,0011 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\% \text{ teresap} = \frac{Q \text{ resap}_1 + Q \text{ resap}_2 + Q \text{ resap}_3}{Q \text{ masuk}_1} \cdot 100\%$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,015 + 0,015 + 0,015}{0,0461} \cdot 100\% \\
 &= 97,51 \% < 100\% \text{ (memenuhi ketentuan)} \\
 \text{Q sisa} &= \text{Q alir}_3 \\
 &= 0,0011 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Jumlah, n} &= 3 \text{ sumur} \\
 \text{L toral} &= \text{Jumlah} \cdot \text{Jarak} \\
 &= 3 \cdot 40 \\
 &= 120 \text{ m} < L_s = 212,4654 \text{ m (panjang memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Jadi, pada saluran 1 dipakai tiga (3) sumur resapan dengan diameter 0,6 meter, kedalaman 1,5 meter, jarak antar sumur resapan 40 meter, persentase air yang teresap 97,51%, dan debit sisa aliran sebesar 0,0011 m<sup>3</sup>/detik. Berdasarkan perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa debit resap setiap sumur resapan pada satu saluran adalah sama. Hal ini dikarenakan sumur resapan menggunakan dimensi dan waktu pengaliran yang sama.

Terdapat beberapa saluran gabungan seperti saluran 3, saluran 15, dan saluran 25. Pada saluran 3 terdapat penambahan debit dari saluran 1 dan saluran pembuang. Debit masuk pada sumur resapan ke-1 merupakan penjumlahan antara debit saluran 3, debit alir saluran 1, dan debit saluran pembuang. Pada saluran 15 terdapat penambahan debit dari saluran 16 dan saluran 19. Debit masuk pada sumur resapan ke-1 merupakan penjumlahan antara debit saluran 15, debit sisa saluran 16, dan debit sisa saluran 19. Pada saluran 25 terdapat penambahan debit dari saluran 21 dan saluran 22. Debit masuk pada sumur resapan ke-1 merupakan penjumlahan antara debit saluran 25, debit sisa saluran 21, dan debit sisa saluran 22.

Berdasarkan ketentuan tersebut maka didapatkan hasil sumur resapan tiap saluran adalah sebagai berikut:

**Tabel 5. 30 Perhitungan Sumur Resapan dengan Kala Ulang 5 Tahun**

Nomor Saluran	Q saluran (m <sup>3</sup> /det)	Q tambah (m <sup>3</sup> /det)	Q masuk (m <sup>3</sup> /det)	n	L m	R m	H m	F m	T detik	Q (m <sup>3</sup> /det)	Q alir setelah sumur ke- (m <sup>3</sup> /det)					Teresap (%)	Q sisa (m <sup>3</sup> /det)
											1	2	3	4	5		
1	0,0461	0,0503	0,0461	3	40	0,3	1,5	1,65	28,37	0,0150	0,0311	0,0161	0,0011			97,51	0,0011
3	0,0065		0,0568	2	30	0,3	2	1,65	20,63	0,0275	0,0294	0,0019				96,61	0,0019
2	0,0440		0,0440	3	50	0,3	2	1,65	42,94	0,0132	0,0308	0,0176	0,0044			89,95	0,0044
4	0,0167		0,0167	1	40	0,3	2	1,65	37,91	0,0150	0,0018					89,48	0,0018
5	0,0254		0,0254	2	40	0,3	1,5	1,65	38,06	0,0112	0,0142	0,0031				87,95	0,0031
6	0,0609		0,0609	1	40	0,4	2	2,2	17,67	0,0570	0,0039					93,59	0,0039
7	0,0578		0,0578	2	40	0,4	1,5	2,2	29,69	0,0254	0,0323	0,0069				88,05	0,0069
8	0,0208		0,0208	1	50	0,3	1,5	1,65	24,94	0,0170	0,0037					81,96	0,0037
9	0,2442		0,2442	2	30	0,4	3	2,2	12,41	0,1217	0,1225	0,0009				99,65	0,0009
10	0,0378		0,0378	1	40	0,4	1,5	2,2	20,08	0,0377	0,0002					99,60	0,0002
13	0,1105		0,1105	4	40	0,4	2	2,2	37,78	0,0268	0,0837	0,0569	0,0302	0,0034		96,88	0,0034
14	0,0303		0,0303	3	60	0,3	2	1,65	61,81	0,0093	0,0211	0,0118	0,0025			91,62	0,0025
11	0,0483	0,0204	0,0483	3	40	0,4	3	2,2	104,11	0,0146	0,0336	0,0190	0,0044			90,98	0,0044
12	0,0117		0,0117	2	40	0,3	2	1,65	111,42	0,0052	0,0065	0,0014				88,38	0,0014
15	0,0733		0,0937	3	30	0,3	2	1,65	20,18	0,0281	0,0656	0,0375	0,0094			89,95	0,0094
16	0,0289		0,0289	1	50	0,4	2	2,2	40,70	0,0248	0,0041					85,79	0,0041
19	0,0862		0,0862	5	50	0,4	2	2,2	72,12	0,0140	0,0723	0,0583	0,0443	0,0303	0,0163	81,06	0,0163
17	0,1276		0,1276	5	40	0,3	2	1,65	26,84	0,0211	0,1064	0,0853	0,0641	0,0430	0,0218	82,87	0,0218



Lanjutan Tabel 5.30 Perhitungan Sumur Resapan dengan Kala Ulang 5 Tahun

Nomor Saluran	Q saluran m <sup>3</sup> /det	Q tambah m <sup>3</sup> /det	Q masuk m <sup>3</sup> /det	n	L m	R m	H m	F m	T detik	Q m <sup>3</sup> /det	Q alir setelah sumur ke- (m <sup>3</sup> /det)					Teresap (%)	Q <sub>sis</sub> m <sup>3</sup> /det
											1	2	3	4	5		
18	0,0820		0,0820	4	40	0,3	2	1,65	28,96	0,0196	0,0624	0,0428	0,0232	0,0036		95,63	0,0036
20	0,0369		0,0369	4	50	0,3	2	1,65	69,62	0,0082	0,0288	0,0206	0,0125	0,0043		88,35	0,0043
21	0,0594		0,0594	2	30	0,3	1,5	1,65	16,47	0,0258	0,0336	0,0079				86,75	0,0079
22	0,0105		0,0105	1	40	0,3	1,5	1,65	43,19	0,0098	0,0006					94,10	0,0006
25	0,0317	0,0085	0,0402	3	50	0,3	2	1,65	44,85	0,0126	0,0276	0,0150	0,0023			94,26	0,0023
23	0,0170		0,0170	1	40	0,3	2	1,65	38,67	0,0147	0,0023					86,44	0,0023
24	0,0085		0,0085	1	60	0,3	1,5	1,65	53,82	0,0079	0,0006					93,23	0,0006

dengan:

$Q_{\text{saluran}}$  = Debit pada tiap saluran drainase eksisting,

$Q_{\text{tambah}}$  = Debit tambahan dari saluran drainase sebelumnya atau saluran lain,

$Q_{\text{masuk}}$  = Debit yang masuk pada saluran drainase setelah penambahan dengan debit tambah,

L = Jarak antar sumur resapan,

R = Jari-jari sumur resapan,

H = Kedalaman dinding resap sumur,

Q = Debit yang dapat diresap oleh sumur, dan

$Q_{\text{sis}}$  = Debit yang terlimpas setelah pemasangan sumur resapan.

Berdasarkan Tabel 5.30 didapatkan dimensi rencana sumur resapan pada tiap drainase. Dari Hasil dimensi rencana dicari kinerja sumur resapan pada kala ulang 2, 5, dan 10 tahun. Berikut ada kinerja sumur resapan pada kala ulang tersebut.

**Tabel 5.31 Kinerja Sumur Resapan pada Kala Ulang 2 Tahun**

Nomor Saluran	$Q_{\text{masuk}}$ ( $\text{m}^3/\text{det}$ )	Jumlah sumur	D (m)	H (m)	L (m)	$Q_{\text{sisia}}$ ( $\text{m}^3/\text{det}$ )	Teresap (%)
1	0,0355	3	0,6	1,5	40	0,0000	100,00
3	0,0542	2	0,6	2	30	0,0000	100,00
2	0,0339	3	0,6	2	50	0,0000	100,00
4	0,0129	1	0,6	2	40	0,0000	100,00
5	0,0196	2	0,6	1,5	40	0,0000	100,00
6	0,0469	1	0,8	2	40	0,0000	100,00
7	0,0445	2	0,8	1,5	40	0,0000	100,00
8	0,0160	1	0,6	1,5	50	0,0000	100,00
9	0,1882	2	0,8	3	30	0,0000	100,00
10	0,0291	1	0,8	1,5	40	0,0000	100,00
13	0,0851	4	0,8	2	40	0,0000	100,00
14	0,0234	3	0,6	2	60	0,0000	100,00
11	0,0372	3	0,8	3	40	0,0000	100,00
12	0,0090	2	0,6	2	40	0,0000	100,00
15	0,0565	3	0,6	2	30	0,0000	100,00
16	0,0223	1	0,8	2	50	0,0000	100,00
19	0,0665	5	0,8	2	50	0,0000	100,00
17	0,0983	5	0,6	2	40	0,0000	100,00
18	0,0632	4	0,6	2	40	0,0000	100,00
20	0,0285	4	0,6	2	50	0,0000	100,00
21	0,0458	2	0,6	1,5	30	0,0000	100,00
22	0,0081	1	0,6	1,5	40	0,0000	100,00
25	0,0245	3	0,6	2	50	0,0000	100,00
23	0,0131	1	0,6	2	40	0,0000	100,00
24	0,0065	1	0,6	1,5	60	0,0000	100,00

**Tabel 5.32 Kinerja Sumur Resapan pada Kala Ulang 5 Tahun**

<b>Nomor Saluran</b>	<b>Q<sub>masuk</sub> (m<sup>3</sup>/det)</b>	<b>Jumlah sumur</b>	<b>D (m)</b>	<b>H (m)</b>	<b>L (m)</b>	<b>Q<sub>sis</sub> (m<sup>3</sup>/det)</b>	<b>Teresap (%)</b>
1	0,0461	3	0,6	1,5	40	0,0011	97,51
3	0,0568	2	0,6	2	30	0,0019	96,61
2	0,0440	3	0,6	2	50	0,0044	89,95
4	0,0167	1	0,6	2	40	0,0018	89,48
5	0,0254	2	0,6	1,5	40	0,0031	87,95
6	0,0609	1	0,8	2	40	0,0039	93,59
7	0,0578	2	0,8	1,5	40	0,0069	88,05
8	0,0208	1	0,6	1,5	50	0,0037	81,96
9	0,2442	2	0,8	3	30	0,0009	99,65
10	0,0378	1	0,8	1,5	40	0,0002	99,60
13	0,1105	4	0,8	2	40	0,0034	96,88
14	0,0303	3	0,6	2	60	0,0025	91,62
11	0,0483	3	0,8	3	40	0,0044	90,98
12	0,0117	2	0,6	2	40	0,0014	88,38
15	0,0937	3	0,6	2	30	0,0094	89,95
16	0,0289	1	0,8	2	50	0,0041	85,79
19	0,0862	5	0,8	2	50	0,0163	81,06
17	0,1276	5	0,6	2	40	0,0218	82,87
18	0,0820	4	0,6	2	40	0,0036	95,63
20	0,0369	4	0,6	2	50	0,0043	88,35
21	0,0594	2	0,6	1,5	30	0,0079	86,75
22	0,0105	1	0,6	1,5	40	0,0006	94,10
25	0,0402	3	0,6	2	50	0,0023	94,26
23	0,0170	1	0,6	2	40	0,0023	86,44
24	0,0085	1	0,6	1,5	60	0,0006	93,23

**Tabel 5.33 Kinerja Sumur Resapan pada Kala Ulang 10 Tahun**

<b>Nomor Saluran</b>	<b>Q<sub>masuk</sub> (m<sup>3</sup>/det)</b>	<b>Jumlah sumur</b>	<b>D (m)</b>	<b>H (m)</b>	<b>L (m)</b>	<b>Q<sub>sis</sub> (m<sup>3</sup>/det)</b>	<b>Teresap (%)</b>
1	0,0527	3	0,6	1,5	40	0,0078	85,20
3	0,0644	2	0,6	2	30	0,0095	85,23
2	0,0504	3	0,6	2	50	0,0108	78,60
4	0,0191	1	0,6	2	40	0,0042	78,19
5	0,0291	2	0,6	1,5	40	0,0067	76,85
6	0,0696	1	0,8	2	40	0,0127	81,78
7	0,0661	2	0,8	1,5	40	0,0152	76,94
8	0,0238	1	0,6	1,5	50	0,0067	71,62
9	0,2795	2	0,8	3	30	0,0361	87,07
10	0,0433	1	0,8	1,5	40	0,0056	87,03
13	0,1264	4	0,8	2	40	0,0194	84,66
14	0,0347	3	0,6	2	60	0,0069	80,05
11	0,0552	3	0,8	3	40	0,0113	79,49
12	0,0133	2	0,6	2	40	0,0030	77,23
15	0,1209	3	0,6	2	30	0,0366	69,71
16	0,0331	1	0,8	2	50	0,0083	74,96
19	0,0987	5	0,8	2	50	0,0288	70,83
17	0,1460	5	0,6	2	40	0,0403	72,42
18	0,0939	4	0,6	2	40	0,0154	83,56
20	0,0423	4	0,6	2	50	0,0096	77,20
21	0,0680	2	0,6	1,5	30	0,0165	75,80
22	0,0120	1	0,6	1,5	40	0,0021	82,22
25	0,0549	3	0,6	2	50	0,0170	69,06
23	0,0194	1	0,6	2	40	0,0047	75,53
24	0,0097	1	0,6	1,5	60	0,0018	81,46

### 5.3 Hasil

Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini berupa perbedaan debit yang terbuang sebelum dan sesudah adanya sumur resapan. pada Kali Kladuan, Kali Kimpulan, Kali Bojotan, dan Kali Pelang. Sungai tersebut masing-masing menampung beberapa titik kontrol dari Kampus Terpadu UII. Kampus Terpadu UII mempunyai 15 titik kontrol yang masing-masing mempunyai debit yang beragam. Berdasarkan perhitungan pada subbab sebelumnya didapatkan persentasi dari efektifitas ekodrainase tiap titik kontrol saluran. Nilai debit titik kontrol sebelum ekodrainase dapat dilihat pada Tabel 5.25, Tabel 5.26, dan Tabel 5.27 untuk kala ulang 2, 5, dan 10 tahun berurut-turut. Nilai dari debit titik kontrol setelah penerapan ekodrainase didapatkan dari debit sisa setelah adanya sumur resapan pada tiap saluran. Berikut adalah efektifitas ekodrainase pada titik kontrol kala ulang 2, 5, dan 10 tahun.

**Tabel 5.34 Efektifitas Ekodrainase pada Titik Kontrol Kala Ulang 2 Tahun**

Nomor saluran	Q <sub>kontrol</sub> (m <sup>3</sup> /detik)		Teresap (%)	Keterangan
	Sebelum	Setelah		
2	0,0339	0,0000	100,00	Kali Kladuan
3	0,0829	0,0000	100,00	
4	0,0325	0,0000	100,00	
8	0,1074	0,0000	100,00	
9	0,1882	0,0000	100,00	Kali Kimpulan
10	0,0291	0,0000	100,00	
13	0,0851	0,0000	100,00	
14	0,0234	0,0000	100,00	
11	0,0372	0,0000	100,00	Kali Bojotan
12	0,0090	0,0000	100,00	
15	0,1094	0,0000	100,00	
17	0,0983	0,0000	100,00	
18	0,0632	0,0000	100,00	
20	0,0285	0,0000	100,00	
23	0,0827	0,0000	100,00	Kali Pelang

**Tabel 5.35 Efektifitas Ekodrainase pada Titik Kontrol Kala Ulang 5 Tahun**

Nomor saluran	Q <sub>kontrol</sub> (m <sup>3</sup> /detik)		Teresap (%)	Keterangan
	Sebelum	Setelah		
2	0,0440	0,0044	89,95	Kali Kladuan
3	0,0993	0,0019	98,06	
4	0,0421	0,0018	95,83	
8	0,1394	0,0146	89,56	
9	0,2442	0,0009	99,65	Kali Kimpulan
10	0,0378	0,0002	99,60	
13	0,1105	0,0034	96,88	
14	0,0303	0,0025	91,62	
11	0,0483	0,0044	90,98	Kali Bojotan
12	0,0117	0,0014	88,38	
15	0,1419	0,0094	93,37	
17	0,1276	0,0218	82,87	
18	0,0820	0,0036	95,63	
20	0,0369	0,0043	88,35	
23	0,1073	0,0052	95,17	Kali Pelang

**Tabel 5.36 Efektifitas Ekodrainase pada Titik Kontrol Kala Ulang 10 Tahun**

Nomor saluran	Q <sub>kontrol</sub> (m <sup>3</sup> /detik)		Teresap (%)	Keterangan
	Sebelum	Setelah		
2	0,0504	0,0108	78,60	Kali Kladuan
3	0,1066	0,0095	91,07	
4	0,0482	0,0042	91,34	
8	0,1595	0,0347	78,26	
9	0,2795	0,0361	87,07	Kali Kimpulan
10	0,0433	0,0056	87,03	
13	0,1264	0,0194	84,66	
14	0,0347	0,0069	80,05	
11	0,0552	0,0113	79,49	Kali Bojotan
12	0,0133	0,0030	77,23	
15	0,1624	0,0366	77,45	

**Lanjutan Tabel 5.36 Efektifitas Ekodrainase pada Titik Kontrol  
Kala Ulang 10 Tahun**

Nomor saluran	Q <sub>kontrol</sub> (m <sup>3</sup> /detik)		Teresap (%)	Keterangan
	Sebelum	Sebelum		
17	0,1460	0,0403	72,42	Kali Bojotan
18	0,0939	0,0154	83,56	
20	0,0423	0,0096	77,20	
23	0,1228	0,0235	80,84	Kali Pelang

Berdasarkan pada Gambar 5.1, Gambar 5.2, Gambar 5.3, dan Gambar 5.4 didapatkan bahwa Kali Kladuan menerima beban debit dari titik kontrol nomor 1, 2, 3, dan 4. Kali kimpulan dari titik kontrol nomor 5, 6, 9, dan 10. Kali Bojotan dari titik kontrol nomor 7, 8, 11, 12, 13, dan 14. Kali Pelang dari titik kontrol nomor 15. Berdasarkan keterangan tersebut maka didapatkan hasil efektifitas dari ekodrainase dengan sumur resapan pada kala ulang rencana adalah sebagai berikut ini.

**Tabel 5.37 Efektifitas Ekodrainase pada Badan Sungai Kala Ulang 2 Tahun**

Sungai	Q <sub>keluaran</sub> sebelum sumur (m <sup>3</sup> /detik)	Q <sub>keluaran</sub> ekodrainase (m <sup>3</sup> /detik)	Efektifitas (%)
Kali Kladuan	0,2617	0,0000	100,00
Kali Kimpulan	0,3259	0,0000	100,00
Kali Bojotan	0,7805	0,0000	100,00
Kali Pelang	0,0827	0,0000	100,00
Rata-rata	0,3627	0,0000	100,00

**Tabel 5. 38 Efektifitas Ekodrainase pada Badan Sungai Kala Ulang 5 Tahun**

Sungai	Q <sub>keluaran</sub> sebelum sumur (m <sup>3</sup> /detik)	Q <sub>keluaran</sub> ekodrainase (m <sup>3</sup> /detik)	Efektifitas (%)
Kali Kladuan	0,3249	0,0227	93,03
Kali Kimpulan	0,4228	0,0070	98,35
Kali Bojotan	1,0127	0,0449	89,99
Kali Pelang	0,1073	0,0052	95,17
Rata-rata	0,4669	0,0199	95,53

**Tabel 5.39 Efektifitas Ekodrainase pada Badan Sungai  
Kala Ulang 10 Tahun**

<b>Sungai</b>	<b>Q<sub>keluaran</sub> sebelum sumur (m<sup>3</sup>/detik)</b>	<b>Q<sub>keluaran</sub> ekodrainase (m<sup>3</sup>/detik)</b>	<b>Efektifitas (%)</b>
Kali Kladuan	0,3648	0,0592	82,78
Kali Kimpulan	0,4839	0,0681	85,94
Kali Bojotan	1,1590	0,1163	77,33
Kali Pelang	0,1228	0,0235	80,84
Rata-rata	0,5253	0,0668	85,13

Efektifitas ekodrainase dengan sumur resapan di Kampus Terpadu UII didapatkan dari rata-rata efektifitas ekodrainase pada setiap badan sungai pada kala ulang rencana. Berdasarkan pengertian tersebut maka didapatkan efektifitas penerapan ekodrainase dengan sumur resapan di Kampus Terpadu UII pada kala ulang 2, 5, dan 10 tahun berturut-turut yaitu 100%; 95,53%; dan 85,13%.

#### **5.4 Pembahasan**

Hujan rerata kawasan yang dipakai dalam penelitian yaitu dengan metode isohyet. Metode ini dipilih karena mempertimbangkan perbedaan ketinggian hujan antar stasiun. Metode isohyet cocok digunakan pada kawasan dengan luas lebih tinggi dari 5.000 km<sup>2</sup> atau setara dengan 500.000 ha (Suripin, 2008), tetapi kawasan Kampus Terpadu UII yang diteliti hanya mempunyai luas 32,145 ha. Apabila pemilihan metode hanya berdasarkan pada luas daerah tinjauan maka hal ini sangat bertentangan dengan teori yang sudah ada. Namun, apabila metode yang dipakai yaitu metode Thiessen atau metode Aljabar maka nilai dari hujan rerata kawasan dapat dari tahun ke tahun akan sama berulang kali. Hal ini dikarenakan jarak antar stasiun hujan cukup jauh dan kawasan penelitian hanya merupakan bagian kecil dari luas antar stasiun hujan. Apabila menggunakan metode isohyet maka dapat diketahui perbedaan ketinggian air dengan lebih teliti. Semakin rapat garis kontur isohyet yang dibuat maka semakin bervariasi nilai dari hujan rerata kawasan. Nilai



hujan rerata kawasan yang didapat juga berbeda-beda dari tahun ke tahun. Walaupun perbedaan tersebut hanya beberapa milimeter saja.

Debit puncak rencana menggunakan metode Rasional karena metode ini adalah metode yang cocok untuk kawasan kecil dengan luas lebih kecil 300 ha. metode ini juga mudah digunakan karena hanya mempertimbangkan nilai koefisien limpasan lahan, intensitas hujan, dan luas daerah aliran. Dalam melakukan penelurusan debit pada drainase maka metode rasional merupakan metode yang lebih mudah penerapannya. Karena nilai dari waktu konsentrasi pada tiap saluran untuk mencari intensitas hujan dapat ditentukan dengan mudah, terlebih lagi apabila terdapat percabangan saluran drainase.

Perencanaan ekodrainase di Kampus Terpadu UII didasarkan pada konsep sunjoto tentang Mazab Pro-Air. Air yang terlimpas dari permukaan lahan diselesaikan dengan cara meresapkan air tersebut ke dalam tanah. Pemilihan letak sumur resapan yang berdampingan dengan drainase eksisting bertujuan agar air yang terlimpas dari permukaan dapat disimpan secara maksimal melalui debit yang mengalir pada drainase. Tujuan lain yaitu untuk mengatasi luapan berlebih pada drainase eksisting. Konsep letak sumur resapan sebenarnya terdapat dua tipe yaitu sumur resapan yang ada tepat di bawah drainase dan sumur resapan yang ada di samping drainase. Akan tetapi, pemilihan sumur resapan yang berdampingan dengan drainase akan memudahkan pekerjaan tanpa harus membongkar drainase eksisting.

Sumur resapan yang dipakai adalah tipe resapan pada tanah yang seluruhnya porus dengan seluruh dinding sumur kedap air dan dasar rata. Hasil dari diameter sumur rencana merupakan kombinasi dari 0,6; 0,8 dan 1 meter, sedangkan kedalaman merupakan kombinasi dari 1,5 dan 2 meter. Hasil dari kedalaman rencana bukan merupakan kedalaman asli pada saat pemasangan sumur resapan. Letak sumur resapan yang berdampingan dengan drainase eksisting mengakibatkan debit yang masuk dari drainase terletak pada bagian bawah saluran. Dengan demikian, kedalaman sumur rencana dihitung dari dasar saluran. Agar debit dari drainase dapat masuk ke sumur resapan maka perlu ditambahkan pipa penghubung antara drainase eksisting dengan sumur resapan. Letak dari sumur resapan kira-kira

1 meter dari drainase eksisting. Kedalaman dari sumur resapan yang akan dipasang harus ditambah dengan kedalaman drainase eksisting sehingga tiap sumur resapan mempunyai kedalaman yang berbeda-beda bila di hitung dari permukaan tanah.

Konstruksi dinding pada perencanaan sumur resapan dipakai buis beton. Pemilihan konstruksi ini dikarenakan sifat buis beton yang dianggap kedap air. Pada dasar sumur resapan menggunakan batu pasir yang dilapisi dengan ijuk dibagian atasnya. Batu dan pasir bersifat meloloskan air sedangkan penggunaan ijuk adalah sebagai filler atau penyaring air yang masuk ke dalam tanah. Ijuk juga dapat berfungsi sebagai peredam energi agar batu pasir pada dasar sumur tidak mudah tergerus akibat adanya aliran air secara vertikal.