

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Hidrologi

Sungai Kalidami memiliki cakupan wilayah DAS yang cukup luas, sehingga diperlukan setidaknya 3 stasiun curah hujan untuk dapat menghitung curah hujan yang mempengaruhi wilayah DAS Kalidami. Terdapat 3 stasiun hujan di dalam DAS Kalidami, yaitu: stasiun hujan Keputih, stasiun hujan Gubeng, dan stasiun hujan Wonokromo. Di dalam perhitungan curah hujan yang terjadi, tidak seluruh wilayah di dalam stasiun hujan dipergunakan, hanya wilayah yang terdapat di dalam DAS Kalidami dan mempengaruhi debit yang terjadi.

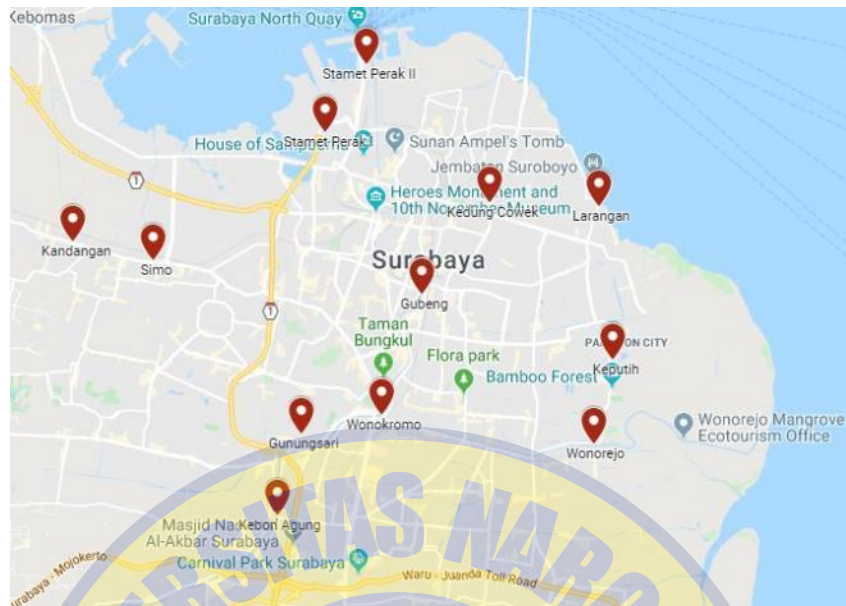
4.1.1 Curah Hujan Rerata Daerah

Telah disebutkan bahwa terdapat 3 stasiun hujan yang digunakan dalam menghitung curah hujan yang mempengaruhi debit Kalidami. Juga disebutkan bahwa tidak semua wilayah dalam stasiun hujan dipergunakan yang diperinci sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Luas daerah

No.	Stasiun Hujan	Luas Pengaruh (km ²)	Koefisien Thiessen (W)
1	Keputih	5,658	0,107
2	Gubeng	4,418	0,391
3	Wonokromo	1,209	0,501
Total		11,285	

Sumber: (Sari, Lasminto dan Margini, 2017)



Gambar 4. 1 Lokasi stasiun hujan di Kota Surabaya

Sumber: BMKG

Data curah hujan yang dipergunakan dimulai dari tahun 2009 hingga tahun 2018. Wilayah dalam data curah hujan di atas adalah 3 wilayah stasiun hujan dengan rentang waktu 10 tahun. Berikut adalah data curah hujan maksimum di 3 wilayah stasiun hujan:

Tabel 4. 2 Data curah hujan maksimum

Tahun	Keputih	Gubeng	Wonokromo
2009	120	86	104
2010	90	106	110
2011	72	81	98
2012	85	70	106
2013	80	99	87
2014	134	109	83
2015	84	61	63
2016	164	98	108
2017	124	116	114
2018	49	65	73

Sumber: BMKG

Dari data curah hujan maksimum di atas, maka dapat dihitung curah hujan rerata daerahnya. Rumus yang dipergunakan adalah metode perhitungan rata-rata aljabar/aritmatik, serta metode perhitungan polygon Thiessen, sedangkan metode Isohyet tidak dipergunakan karena stasiun hujan terdekat yang dipergunakan hanya terdapat 3 stasiun hujan, sedangkan metode Isohyet membutuhkan minimal 4 stasiun hujan. Berikut adalah perhitungan curah hujan rerata daerah:

Tabel 4. 3 Curah hujan rerata daerah

Tahun	Keputih	Gubeng	Wonokromo	Aritmatika	Thiessen
2009	120	86	104	103,33	104,98
2010	90	106	110	102,00	98,41
2011	72	81	98	83,67	78,31
2012	85	70	106	87,00	81,38
2013	80	99	87	88,67	88,19
2014	134	109	83	108,67	118,75
2015	84	61	63	69,33	72,75
2016	164	98	108	123,33	132,16
2017	124	116	114	118,00	119,80
2018	49	65	73	62,33	57,83
				$\Sigma = 946,33$	$\Sigma = 952,55$
				$\bar{X} = 94,63$	$\bar{X} = 95,25$

Sumber: Hasil analisis

Dari hasil tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai terbesar adalah perhitungan dengan menggunakan metode Polygon Thiessen, sehingga nilai curah hujan rerata daerah yang dipergunakan adalah nilai dari hasil perhitungan metode Polygon Thiessen.

4.1.2 Curah Hujan Rancangan

Untuk menghitung curah hujan rancangan, digunakan tiga metode sebagai pembandingan antara metode satu dengan yang lain. Nilai yang dipergunakan nantinya adalah nilai yang tertinggi. Sebelum menguraikan perhitungan setiap

metode untuk mencari curah hujan rancangan, terlebih dahulu dihitung parameter statistik yang terdiri dari koefisien kemiringan (*skewness*) atau C_s , dan koefisien kepuncakan (*kurtosis*) atau C_k . Karena terdapat metode Log Pearson, maka uji parameter statistik yang digunakan untuk metode log Pearson nantinya akan sedikit berbeda dengan uji parameter statistik yang digunakan oleh metode normal serta metode Gumbel, sehingga uji parameter statistik untuk metode Log Pearson akan diberikan terpisah. Berikut hasil perhitungan untuk C_s dan C_k untuk metode Normal dan metode Gumbel:

Tabel 4. 4 Uji parameter statistik metode Normal dan metode Gumbel

No.	Tahun	X_i	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
1	2009	104,98	9,72	94,49	918,56	8929,14
2	2010	98,41	3,15	9,93	31,30	98,63
3	2011	78,31	-16,95	287,18	-4866,75	82474,38
4	2012	81,38	-13,88	192,60	-2672,88	37094,22
5	2013	88,19	-7,07	49,93	-352,85	2493,39
6	2014	118,75	23,50	552,05	12970,93	304762,61
7	2015	72,75	-22,51	506,62	-11403,07	256662,42
8	2016	132,16	36,91	1362,26	50279,40	1855753,00
9	2017	119,80	24,54	602,33	14782,63	362801,29
10	2018	57,83	-37,42	1400,27	-52398,39	1960757,81
		$\Sigma = 952,55$		$\Sigma = 5057,67$	$\Sigma = 7288,88$	$\Sigma = 4871826,91$
		$\bar{X} = 95,255$				

Sumber: Hasil analisis

Dengan menggunakan rumus 2-17 untuk C_s dan rumus 2-18 untuk C_k , maka dapat ditentukan C_s dan C_k dari tabel uji parameter statistik di atas. Sebelum menentukan C_s dan C_k , terlebih dahulu harus menghitung standar deviasi atau nilai S dengan menggunakan rumus 2-20. Setelah standar deviasi ditentukan sehingga bisa didapatkan nilai C_s dan C_k sebagai berikut:

$$S_x = \sqrt{\frac{5057,67}{(10-1)}} = 23,71$$

$$C_s = \frac{10 \times 7288,88}{(10-1)(10-2) 23,71^3} = 0,076$$

$$C_k = \frac{10^2 \times 4871726,91}{(10-1)(10-2)(10-3) 23,71^4} = 3,06$$

Nilai koefisien kemencengan dan nilai koefisien kepuncakan untuk metode Normal dan metode Gumbel sudah diketahui, kemudian akan dihitung nilai koefisien kemencengan dan koefisien kepuncakan untuk distribusi log Pearson. Terlebih dahulu akan dihitung uji parameter statistik untuk metode Log Pearson. Berikut adalah hasil perhitungan uji parameter statistik untuk metode Log Pearson:

Tabel 4. 5 Uji parameter statistik metode Log Pearson

No.	Tahun	Xi poly	log Xi	(Xi - $\bar{X}$)	(Xi - $\bar{X}$) ²	(Xi - $\bar{X}$) ³	(Xi - $\bar{X}$) ⁴
1	2009	104,98	2,02	0,055	0,00301	0,0001653	0,0000091
2	2010	98,41	1,99	0,027	0,00072	0,0000193	0,0000005
3	2011	78,31	1,89	-0,072	0,00524	-0,0003794	0,0000275
4	2012	81,38	1,91	-0,056	0,00310	-0,0001728	0,0000096
5	2013	88,19	1,95	-0,021	0,00043	-0,0000090	0,0000002
6	2014	118,75	2,07	0,108	0,01176	0,0012749	0,0001382
7	2015	72,75	1,86	-0,104	0,01090	-0,0011376	0,0001188
8	2016	132,16	2,12	0,155	0,02400	0,0037174	0,0005759
9	2017	119,80	2,08	0,112	0,01260	0,0014141	0,0001587
10	2018	57,83	1,76	-0,204	0,04162	-0,0084916	0,0017324
			$\Sigma = 19,66$		$\Sigma = 0,1134$	$\Sigma = -0,0036$	$\Sigma = 0,0028$
			$\bar{X} = 1,966$				

Sumber: Hasil analisis

Dengan cara yang sama dengan metode Normal dan metode Gumbel, dapat dihitung koefisien kemencengan dan koefisien kepuncakan Dengan menggunakan

rumus 2-17 untuk C_s dan rumus 2-18 untuk C_k . Namun rumus standar deviasi yang dipergunakan adalah rumus standar deviasi untuk metode Log Pearson, yaitu rumus standar deviasi yang terdapat pada rumus 2-25. Sehingga akan menghasilkan nilai-nilai seperti berikut:

$$S_x = \sqrt{\frac{0,1134}{(10 - 1)}} = 0,1122$$

$$C_s = \frac{10 \times (-0,0036)}{(10 - 1)(10 - 2) 0,1122^3} = -0,3535$$

$$C_k = \frac{10^2 \times 0,0028}{(10 - 1)(10 - 2)(10 - 3) 0,1122^4} = 3,4641$$

Nilai-nilai koefisien kemencengan serta koefisien kepuncakan masing-masing metode telah diketahui, sehingga dapat dilihat jenis distribusi mana yang memenuhi persyaratan, serta dapat ditentukan jenis distribusi yang akan dipergunakan nantinya. Berikut adalah hasil koefisien kemencengan dan koefisien kepuncakan dari metode Normal, metode Gumbel, dan metode Log Pearson, serta persyaratan yang dibutuhkan:

Tabel 4. 6 Persyaratan distribusi

No.	Jenis	Syarat	Perhitungan	Hasil
1	Gumbel	cs = 1,139	cs = 0,076	Tidak memenuhi persyaratan
		ck < 5,402	ck = 3,061	Memenuhi persyaratan
2	Normal	cs = 0	cs = 0,076	Tidak memenuhi persyaratan
		ck = 3	ck = 3,061	Memenuhi persyaratan
3	Log pearson III	cs = bebas	cs = -0,354	Memenuhi persyaratan
		ck = bebas	ck = 3,464	Memenuhi persyaratan

Sumber: Hasil analisis

Satu-satunya metode yang memenuhi semua persyaratan adalah metode Log Pearson, namun untuk metode Normal dan metode Gumbel akan tetap

dipergunakan sebagai kontrol terhadap perhitungan metode Log Pearson agar memperkecil kesalahan perhitungan dari metode Log Pearson.

4.1.2.1 Metode Gumbel

Curah hujan rerata yang dipergunakan untuk metode Gumbel adalah metode polygon Thiessen yang kemudian dapat ditentukan standar deviasi serta nilai Y_n , S_n , dan Y_t . Berikut hasil perhitungan curah hujan rerata daerah untuk metode Gumbel:

Tabel 4. 7 Curah hujan rerata daerah metode Gumbel

Thiessen	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$
104,9754	9,72081	94,49414706
98,406	3,15141	9,931384988
78,3081	-16,94649	287,1835233
81,3766	-13,87799	192,5986064
88,1882	-7,06639	49,93386763
118,7504	23,49581	552,0530876
72,7464	-22,50819	506,6186171
132,1634	36,90881	1362,260256
119,797	24,54241	602,3298886
57,8344	-37,42019	1400,27062
$\Sigma = 952,55$		$\Sigma = 5057,673998$
$\bar{X} = 95,25$		

Sumber: Hasil analisis

Setelah nilai dari $\Sigma (X_i - \bar{X})^2$ didapat, dapat ditentukan dengan mudah nilai standar deviasi (S_x) dengan rumus 2-20.

$$S_x = \sqrt{\frac{5057,67}{(10 - 1)}} = 23,71$$

Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai Y_n , S_n , dan Y_t yang didapatkan dari tabel 2.5, tabel 2.6, dan tabel 2.7. Setelah ditentukan nilai Y_n , S_n , dan Y_t , kemudian dapat dihitung nilai k sesuai dengan rumus 2-21. Semua variabel telah

didapatkan sehingga dapat dilakukan perhitungan curah hujan rancangan (X_t) metode Gumbel sesuai dengan rumus 2-19. Berikut adalah hasil yang didapat:

Tabel 4. 8 Nilai Y_n , S_n , dan Y_t

Untuk data 10 tahun	
Y_n (tabel)	0,4952
S_n (tabel)	0,9496

Sumber: (PERMEN PU NO 12 /PRT/M/2014, 2014: 55)

Periode ulang	Y_t
2	0,3668
5	1,5004
10	2,251

Sumber: (PERMEN PU NO 12 /PRT/M/2014, 2014: 55)

Dengan menentukan waktu periode ulang yaitu selama 2, 5, dan 10 tahun, maka dapat dihitung nilai k sebagai berikut:

$$k_2 = \frac{0,3668 - 0,4952}{0,9496} = -0,1352$$

$$k_5 = \frac{1,5004 - 0,4952}{0,9496} = 1,0586$$

$$k_{10} = \frac{2,251 - 0,4952}{0,9496} = 1,8491$$

Kemudian dapat diketahui hasil dari nilai curah hujan rancangan metode Gumbel, yaitu sebagai berikut:

$$X_{t2} = 95,25 + 23,71 \times -0,1352 = 92,05 \text{ mm/24jam}$$

$$X_{t5} = 95,25 + 23,71 \times 1,06 = 120,35 \text{ mm/24jam}$$

$$X_{t10} = 95,25 + 23,71 \times 1,85 = 139,09 \text{ mm/24jam}$$

4.1.2.2 Metode Normal

Dikarenakan di dalam metode Normal tidak terdapat perhitungan logaritma di dalamnya, maka curah hujan rerata yang dipergunakan dalam metode normal adalah sama dengan curah hujan rancangan yang dipergunakan dalam metode Gumbel yaitu curah hujan rerata dengan metode Polygon Thiessen.

Tabel 4. 9 Curah hujan rerata daerah metode Normal

Thiessen	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$
104,9754	9,72081	94,49414706
98,406	3,15141	9,931384988
78,3081	-16,94649	287,1835233
81,3766	-13,87799	192,5986064
88,1882	-7,06639	49,93386763
118,7504	23,49581	552,0530876
72,7464	-22,50819	506,6186171
132,1634	36,90881	1362,260256
119,797	24,54241	602,3298886
57,8344	-37,42019	1400,27062
$\Sigma = 952,55$		$\Sigma = 5057,673998$
$\bar{X} = 95,25$		

Sumber: Hasil analisis

Dikarenakan metode curah hujan rerata yang dipergunakan sama dengan metode Gumbel, maka dapat disimpulkan bahwa nilai standar deviasi dari metode normal adalah sama, yaitu seperti berikut:

$$S_x = \sqrt{\frac{5057,67}{(10 - 1)}} = 23,71$$

Dari nilai standar deviasi tersebut di atas dapat ditentukan nilai k dari tabel 2.8 atau dapat disebut juga tabel reduksi Gauss.

$$k_2 = 0$$

$$k_5 = 0,84$$

$$k_{10} = 1,28$$

Dengan diketahuinya nilai k, kemudian dicari nilai dari curah hujan rancangan dengan metode normal, sebagai berikut:

$$X_{t2} = 95,25 + 23,71 \times 0 = 95,25 \text{ mm/24jam}$$

$$X_{t5} = 95,25 + 23,71 \times 0,84 = 115,17 \text{ mm/24jam}$$

$$X_{t10} = 95,25 + 23,71 \times 1,28 = 125,61 \text{ mm/24jam}$$

4.1.2.3 Metode Log Pearson III

Seperti telah dijelaskan di atas, curah hujan rerata yang dipergunakan metode Polygon Thiessen namun dengan menggunakan logaritma sebagai dasar perhitungannya. Sehingga menghasilkan tabel perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4. 10 Curah hujan rerata daerah metode Log Pearson III

No.	Tahun	Xi poly	log Xi	(Xi - $\bar{X}$)	(Xi - $\bar{X}$) ²	(Xi - $\bar{X}$) ³
1	2009	104,98	2,02	0,055	0,00301	0,0001653
2	2010	98,41	1,99	0,027	0,00072	0,0000193
3	2011	78,31	1,89	-0,072	0,00524	-0,0003794
4	2012	81,38	1,91	-0,056	0,00310	-0,0001728
5	2013	88,19	1,95	-0,021	0,00043	-0,0000090
6	2014	118,75	2,07	0,108	0,01176	0,0012749
7	2015	72,75	1,86	-0,104	0,01090	-0,0011376
8	2016	132,16	2,12	0,155	0,02400	0,0037174
9	2017	119,80	2,08	0,112	0,01260	0,0014141
10	2018	57,83	1,76	-0,204	0,04162	-0,0084916
			$\Sigma = 19,66$		$\Sigma = 0,1134$	$\Sigma = -0,0036$
			$\bar{X} = 1,966$			

Sumber: Hasil analisis

Rumus standar deviasi yang digunakan sedikit berbeda dengan standar deviasi yang dipergunakan pada metode Gumbel. Dengan dasar standar deviasi yang telah diketahui, kemudian dihitung nilai koefisien kemiringannya. Jadi hasil yang didapat seperti berikut:

$$S_x = \sqrt{\frac{0,1134}{(10-1)}} = 0,1122$$

$$C_s = \frac{10 \times (-0,0036)}{(10-1)(10-2) 0,1122^3} = -0,3535$$

Telah ditentukan bahwa waktu periode ulang yang dipergunakan adalah 2, 5, dan 10 tahun, sehingga dapat ditentukan nilai dari Kt. Dikarenakan nilai dari Cs yang tidak bulat, maka dilakukan perhitungan interpolasi masing-masing tahunnya, hasilnya seperti berikut:

Tabel 4. 11 Hasil interpolasi nilai Kt

Periode ulang	Kt
2	0,06
5	0,85
10	1,24

Sumber: Hasil analisis

Hasil interpolasi tersebut di atas dipergunakan dalam perhitungan nilai curah hujan, namun nilai yang dihasilkan nantinya masih dalam bentuk logaritma sehingga nilainya perlu dikonversikan ke dalam bilangan biasa dengan rumus antilog. Sehingga didapatkan hasilnya sebagai berikut:

$$\log X_{T2} = 1,97 + 0,1122 \times 0,059 = 1,97$$

$$X_{T2} = 10^{1,97} = 93,92 \text{ mm/24jam}$$

$$\log X_{T5} = 1,97 + 0,1122 \times 0,85 = 2,06$$

$$X_{T5} = 10^{2,06} = 115,36 \text{ mm/24jam}$$

$$\log X_{T10} = 1,97 + 0,1122 \times 1,24 = 2,1051$$

$$X_{T10} = 10^{2,1051} = 127,38 \text{ mm/24jam}$$

Masing-masing nilai curah hujan rancangan dari tiga metode di atas telah diketahui, sehingga dapat diperbandingkan satu dengan yang lain seperti dalam tabel berikut:

Tabel 4. 12 Rekapitulasi curah hujan rancangan

No.	Metode	Curah hujan rancangan (mm/24jam)		
		2	5	10
1	Gumbel	92,05	120,35	139,09
2	Normal	95,25	115,17	125,60
3	Log Pearson III	93,92	115,36	127,38

Sumber: Hasil analisis

Metode Gumbel menghasilkan nilai terbesar dibandingkan dengan kedua metode lainnya sehingga jika menggunakan metode Gumbel sebagai nilai dasar curah hujan rancangan yang akan dipakai nantinya akan sangat lebih baik, namun nilai tersebut tidak dapat dipergunakan karena mengacu pada syarat pemilihan jenis distribusi di atas maka satu-satunya metode yang dapat digunakan adalah metode Log Pearson III. Maka dapat disimpulkan bahwa nilai curah hujan rancangan yang dipergunakan secara berturut-turut adalah 93,92 mm/24 jam, 115,36 mm/24jam, dan 127,38 mm/24jam.

4.1.3 Uji Kesesuaian Distribusi

Sesuai kesimpulan di atas bahwa data curah hujan rancangan yang akan dipergunakan adalah metode Log Pearson III. Kemudian data di atas akan diuji dengan dua macam uji kesesuaian distribusi.

4.1.3.1 Uji Smirnov-Kolmogorov

Nilai x yang digunakan adalah nilai dari $\text{Log } x$.

$$X = 1,97$$

$$S = 0,11$$

Hasil perhitungannya akan menjadi seperti berikut:

Tabel 4. 13 Hasil uji Smirnov-Kolmogorov

x	m	$px=m/(n+1)$	$p(x<)$	f(t)	$P'(x)$	$P'(x<)$	D
2,1211112	1	0,091	0,909090909	1,38	0,91620	0,08380	-0,00711
2,0784459	2	0,182	0,818181818	1	0,84130	0,15870	-0,02312
2,0746351	3	0,273	0,727272727	0,97	0,83400	0,16600	-0,10673
2,0210875	4	0,364	0,636363636	0,49	0,68790	0,31210	-0,05154
1,9930216	5	0,455	0,545454545	0,24	0,59480	0,40520	-0,04935
1,9454105	6	0,545	0,454545455	-0,19	0,4247	0,5753	0,029845
1,9104995	7	0,636	0,363636364	-0,5	0,30850	0,69150	0,05514
1,8938067	8	0,727	0,272727273	-0,64	0,26110	0,73890	0,01163
1,8618115	9	0,818	0,181818182	-0,93	0,17620	0,82380	0,00562
1,7621862	10	0,909	0,090909091	-1,82	0,03440	0,96560	0,05651
						Dmax =	0,056509

Sumber: Hasil analisis

Dari data di atas dapat diketahui nilai n adalah 10 dan dengan derajat kepercayaan 0,05 maka dapat dilihat dalam tabel Smirnov-Kolmogorov sehingga didapat nilai dari D0 adalah 0,41. Nilai Dmax dan D0 yang sudah diketahui hasilnya kemudian akan diperbandingkan dengan syarat Dmax kurang dari D0.

$$D_{max} < D_0$$

$$0,056509 < 0,41$$

Karena Dmax kurang dari D0 sehingga data yang dipergunakan memenuhi persyaratan.

4.1.3.2 Uji Chi Square (Uji Chi Kuadrat)

Terlebih dahulu harus mengurutkan data yang ada dengan urutan dari data kecil ke data yang lebih besar.

Tabel 4. 14 Pengurutan data Polygon

No.	X Log Polygon	Data Berurutan
1	2,021087538	1,762186234
2	1,993021579	1,861811506
3	1,893806687	1,893806687
4	1,910499541	1,910499541
5	1,945410478	1,945410478
6	2,074635081	1,993021579
7	1,861811506	2,021087538
8	2,121111203	2,074635081
9	2,078445942	2,078445942
10	1,762186234	2,121111203

Sumber: Hasil analisis

Data yang ada telah diurutkan sehingga dapat dengan mudah dilihat mana data terkecil, yaitu 1,762186234 serta data terbesar, yaitu 2,121111203. Kemudian mencari nilai G dengan rumus sebagai berikut:

$$G = 1 + 1,33 \ln 10 = 4,0624$$

$$G = 5$$

Mencari besaran jarak antar data pengamatan.

$$\Delta X = \frac{132,1634 - 57,8344}{5 - 1}$$

$$\Delta X = 18,5823$$

Mencari nilai X awal serta banyaknya kelas.

$$X_{awal} = 57,8344 - \left(\frac{1}{2} \times 18,5823\right)$$

$$X_{awal} = 48,5433$$

$$k = 1 + (3,322 \times \log 10)$$

$$k = 4,322$$

$$k = 5$$

Kemudian data akan disusun seperti berikut:

Tabel 4. 15 Hasil uji Chi Kuadrat

Indeks	Interval			Ei	Oi	(Oi-Ei) ²	X ² /Ei
1	1,717320613	-	1,807051855	2	1	1	0,5
2	1,807051855	-	1,896783097	2	2	0	0
3	1,896783097	-	1,98651434	2	2	0	0
4	1,98651434	-	2,076245582	2	3	1	0,5
5	2,076245582	-	2,165976824	2	2	0	0
			Jumlah =	10	10	2	1

Sumber: Hasil analisis

Dengan derajat kebebasannya sebagai berikut:

$$Dk = 5 - 2 - 1$$

$$Dk = 2$$

Dari derajat kebebasan di atas, kemudian dicari nilai dari X_{h^2cr} dari tabel dengan derajat kepercayaan sebesar 0,05 maka di dapat nilai dari X_{h^2cr} adalah 5,99148. Kemudian nilai tersebut diperbandingkan dengan nilai X^2/Ei dari tabel di atas, maka hasilnya adalah X^2/Ei lebih kecil dari X_{h^2cr} ($1 < 5,99148$) sehingga data yang ada dapat dipergunakan karena memenuhi persyaratan.

Agar dapat dilihat dengan mudah, maka hasil dua uji kesesuaian distribusi di atas dapat dilihat pada tabel di bawah:

Tabel 4. 16 Rekapitulasi uji kesesuaian distribusi

Persamaan distribusi	Uji kecocokan							
	Uji Chi Kuadrat				Uji Smirnov-Kolmogorov			
	X ²	Nilai	Xh ²	Evaluasi	Dmax	Nilai	D0	Evaluasi
Log Pearson III	1	<	5,99148	Diterima	0,056509091	<	0,41	Diterima

Sumber: Hasil analisis

Dapat disimpulkan bahwa metode Log Pearson III dapat digunakan sebagai perhitungan curah hujan rancangan.

4.2 Analisis Limpasan Permukaan

Nilai koefisien limpasan di Kota Surabaya sangat sulit didapat nilai pastinya, sehingga nilai koefisien limpasan dapat dibagi dalam tiga kategori umumnya, yaitu pemukiman, komersial, dan fasilitas umum. Berikut adalah nilai koefisien limpasan berdasar peta tata guna lahan yang dimiliki oleh Pemerintah Kota Surabaya:

Tabel 4. 17 Nilai koefisien limpasan

Tata guna lahan	Luas lahan (km ²)	C	
Pemukiman	7,11	0,35	2,4883425
Komersial	2,708	0,6	1,62504
Fasilitas umum	1,467	0,8	1,17364
$\Sigma = 11,29$		C = 5,2870225	

Sumber: Hasil analisis

Sehingga koefisien rata-rata dapat diketahui sebagai berikut:

$$C_{rata-rata} = \frac{5,2870}{11,29}$$

$$C_{rata-rata} = 0,4685$$

4.2.1 Metode Rasional

Persamaan rasional dapat dilihat pada rumus 2-36 dengan berdasar pada SNI 2415 tahun 2016, persamaan rumusnya adalah sebagai berikut:

$$Q_p = 0,00278 C.I.A$$

Di mana detail rumusan untuk mencari intensitas curah hujan adalah sebagai berikut:

$$W = 72 \left(\frac{0,012}{4,27} \right)^{0,6} = 2,12$$

$$t = \frac{4,27}{2,12} = 2,01$$

$$I_2 = \left[\frac{93,92}{24} \right] \left[\frac{24}{2,01} \right]^{\frac{2}{3}} = 20,42$$

$$I_5 = \left[\frac{115,4}{24} \right] \left[\frac{24}{2,01} \right]^{\frac{2}{3}} = 25,09$$

$$I_{10} = \left[\frac{127,4}{24} \right] \left[\frac{24}{2,01} \right]^{\frac{2}{3}} = 27,7$$

Luas DAS telah diketahui di atas sebesar 11,285 km² serta jarak dari ujung daerah hulu hingga daerah yang ditinjau adalah sepanjang 4,27 kilometer dengan perbedaan ketinggian ujung hulu hingga daerah yang ditinjau hanyalah sebesar 12 meter. Kemudian perhitungan debit metode rasional menghasilkan nilai seperti berikut:

Tabel 4. 18 Debit banjir rencana metode rasional

Periode ulang	A	R ₂₄	L	H	C	W	T	I	Qr
2	11,28	93,92	4,27	0,012	0,4685	2,12	2,01	20,42	30,02
5	11,28	115,4	4,27	0,012	0,4685	2,12	2,01	25,09	36,87
10	11,28	127,4	4,27	0,012	0,4685	2,12	2,01	27,7	40,71

Sumber: Hasil analisis

4.2.2 Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Snyder

Berdasarkan nilai koefisien limpasan dan curah hujan rancangan, maka dapat dihitung hujan efektif yang terjadi adalah:

$$R_e = C \times R_{24}$$

$$R_e = 0,4685 \times 93,92$$

$$R_e = 44,0032$$

Tabel 4. 19 Hujan efektif

Curah hujan	C	Hujan efektif
R_{24}		R_e
93,92368008	0,4685	44,00324412
115,3619894	0,4685	54,04709205
127,3794662	0,4685	59,67727992

Sumber: Hasil analisis

Menurut Surabaya *Drainage Masterplan* hujan terpusat yang terjadi di Surabaya rata-rata selama 5 jam. Dengan rata-rata hujan terpusat tersebut dapat diketahui nilai dari pola hujan jam-jaman dengan hasil seperti berikut:

Tabel 4. 20 Pola hujan jam-jaman

Waktu	Pola hujan jam-jaman				Periode ulang		
	R_t	$t.R_t$	$(t-1).R(t-1)$	$R't$	2	5	10
1	0,58	0,58	0	0,58	25,73	31,61	34,90
2	0,37	0,74	0,58	0,15	6,69	8,22	9,07
3	0,28	0,84	0,74	0,11	4,69	5,76	6,36
4	0,23	0,93	0,84	0,08	3,74	4,59	5,07
5	0,2	1	0,93	0,07	3,15	3,87	4,28

Sumber: Hasil analisis

Dengan nilai-nilai parameter yang telah diketahui kemudian dapat ditabelkan seperti berikut:

Tabel 4. 21 Parameter HSS Snyder

No,	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
1	Luas DAS	A	11,285	Km ²
2	Panjang Sungai	L	4,27	Km
3	Jarak Titik Berat	Lc	2,985	Km
4	Koefisien	n	0,3	
5	Koefisien	Ct	0,9	
6	Koefisien	Cp	0,5	
7	Curah hujan satuan		1	Mm

Sumber: Hasil analisis

Mencari bentuk Hidrograf Satuan Sintetik akan diketahui dengan menghitung parameter bentuk grafik hidrograf di bawah terlebih dahulu.

Menghitung waktu dari titik berat hujan ke debit puncak (t_p)

$$t_p = 0,9 (4,27 \times 2,985)^{0,3} = 1,93 \text{ jam}$$

Menghitung curah hujan efektif (t_e)

$$t_e = \frac{1,93}{5,5} = 0,35 \text{ jam}$$

Menghitung waktu dasar (t_b)

$$T_b = 5 \left(1,93 + \frac{1}{2} \right) = 12,2 \text{ jam}$$

Waktu untuk mencapai puncak adalah $t_r = 1$, maka dikarenakan t_e lebih besar dari t_r ($t_e < t_r$) maka rumus yang digunakan adalah

$$T_p = 1,93 + 0,5 \times 1 = 2,43 \text{ jam}$$

Setelah T_p diketahui, kemudian terlebih dahulu menghitung debit maksimum hidrograf satuan (Q_p)

$$q_p = 0,278 \frac{0,5}{2,43} = 0,06 \frac{m^3}{s} / km^2$$

$$Q_p = 0,06 \times 11,29 = 0,65 m^3/s$$

Menghitung koefisien λ dan α

$$\lambda = \frac{(0,65 \times 8753)}{(1 \times 11,29)} = 0,5$$

$$\alpha = 1,32\lambda^2 + 0,15\lambda + 0,045 = 0,45$$

Perhitungan besarnya Q_b

$$Q_b = 0,4751 \times 11,28^{0,6444} \times 0,9^{0,94} = 2,05 m^3/s$$

Sedangkan nilai ordinat y dan besarnya Q_t dapat dilihat pada tabel di bawah dengan menggunakan rumus seperti berikut:

$$X = \frac{t}{T_p}$$

$$Y = 10^{-1(1-x)^2/x}$$

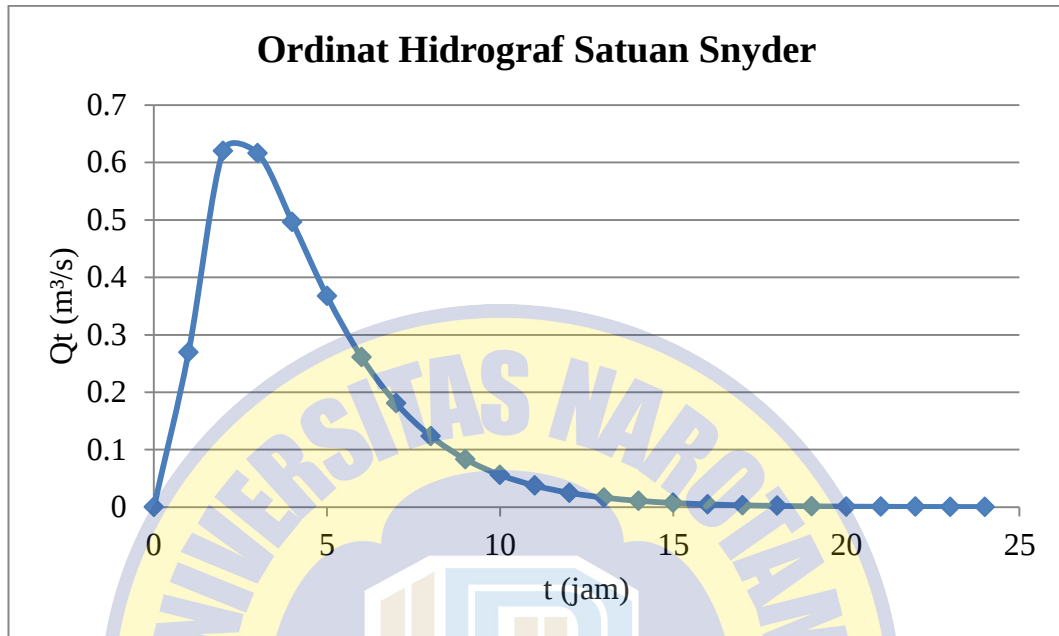
$$Q_t = Q_p \times Y$$

Tabel 4. 22 Ordinat Hidrograf Satuan Snyder

t (jam)	x	y	Qt (m ³ /dt/mm)
0	0	0	0
1	0,41	0,41718	0,26915
2	0,82	0,96108	0,62006
3	1,23	0,95504	0,61616
4	1,65	0,76911	0,49621
5	2,06	0,56943	0,36738
6	2,47	0,40423	0,26080
7	2,88	0,28015	0,18074
8	3,29	0,19126	0,12339
9	3,70	0,12927	0,08340
10	4,11	0,08677	0,05598
11	4,52	0,05794	0,03738
12	4,94	0,03854	0,02487
13	5,35	0,02557	0,01649
14	5,76	0,01692	0,01092
15	6,17	0,01117	0,00721
16	6,58	0,00737	0,00476
17	6,99	0,00485	0,00313
18	7,40	0,00319	0,00206
19	7,81	0,00210	0,00136
20	8,23	0,00138	0,00089
21	8,64	0,00091	0,00058
22	9,05	0,00059	0,00038
23	9,46	0,00039	0,00025

24	9,87	0,00026	0,00016
----	------	---------	---------

Sumber: Hasil analisis



Gambar 4. 2 Ordinat hidrograf satuan Snyder

Sumber: Hasil analisis

Tabel 4. 23 Debit banjir HSS Snyder periode ulang 2 tahun

No	t	Qt	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Qtotal
			25,7333	6,6886	4,6919	3,7352	3,1543	
0	0	0	0					0
1	1	0,2692	6,9262	0				6,9262
2	2	0,6201	15,9562	4,1474	0			20,1036
3	3	0,6162	15,8559	4,1213	2,8910	0		22,8682
4	4	0,4962	12,7690	3,3189	2,3282	1,8534	0	20,2696
5	5	0,3674	9,4538	2,4572	1,7237	1,3722	1,1588	16,1658
6	6	0,2608	6,7112	1,7444	1,2236	0,9741	0,8226	11,4759
7	7	0,1807	4,6511	1,2089	0,8480	0,6751	0,5701	7,9533
8	8	0,1234	3,1754	0,8253	0,5790	0,4609	0,3892	5,4298
9	9	0,0834	2,1463	0,5579	0,3913	0,3115	0,2631	3,6700
10	10	0,0560	1,4405	0,3744	0,2627	0,2091	0,1766	2,4633
11	11	0,0374	0,9620	0,2500	0,1754	0,1396	0,1179	1,6449
12	12	0,0249	0,6399	0,1663	0,1167	0,0929	0,0784	1,0943
13	13	0,0165	0,4245	0,1103	0,0774	0,0616	0,0520	0,7258

14	14	0,0109	0,2809	0,0730	0,0512	0,0408	0,0344	0,4803
15	15	0,0072	0,1855	0,0482	0,0338	0,0269	0,0227	0,3172
16	16	0,0048	0,1224	0,0318	0,0223	0,0178	0,0150	0,2092
17	17	0,0031	0,0806	0,0210	0,0147	0,0117	0,0099	0,1378
18	18	0,0021	0,0530	0,0138	0,0097	0,0077	0,0065	0,0907
19	19	0,0014	0,0349	0,0091	0,0064	0,0051	0,0043	0,0596
20	20	0,0009	0,0229	0,0060	0,0042	0,0033	0,0028	0,0392
21	21	0,0006	0,0150	0,0039	0,0027	0,0022	0,0018	0,0257
22	22	0,0004	0,0099	0,0026	0,0018	0,0014	0,0012	0,0169
23	23	0,0003	0,0065	0,0017	0,0012	0,0009	0,0008	0,0111
24	24	0,0002	0,0042	0,0011	0,0008	0,0006	0,0005	0,0073

Sumber: Hasil analisis

Tabel 4. 24 Debit banjir HSS Snyder periode ulang 5 tahun

No	t	Qt	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Qtotal
			31,6069	8,2153	5,7628	4,5878	3,8742	
0	0	0	0					0
1	1	0,2692	8,5071	0				8,5071
2	2	0,6201	19,5983	5,0940	0			24,6923
3	3	0,6162	19,4751	5,0620	3,5509	0		28,0879
4	4	0,4962	15,6836	4,0765	2,8596	2,2765	0	24,8962
5	5	0,3674	11,6117	3,0181	2,1171	1,6855	1,4233	19,8557
6	6	0,2608	8,2430	2,1425	1,5029	1,1965	1,0104	14,0954
7	7	0,1807	5,7127	1,4849	1,0416	0,8292	0,7002	9,7686
8	8	0,1234	3,9001	1,0137	0,7111	0,5661	0,4781	6,6691
9	9	0,0834	2,6361	0,6852	0,4806	0,3826	0,3231	4,5077
10	10	0,0560	1,7694	0,4599	0,3226	0,2568	0,2169	3,0256
11	11	0,0374	1,1815	0,3071	0,2154	0,1715	0,1448	2,0204
12	12	0,0249	0,7860	0,2043	0,1433	0,1141	0,0963	1,3440
13	13	0,0165	0,5213	0,1355	0,0951	0,0757	0,0639	0,8915
14	14	0,0109	0,3450	0,0897	0,0629	0,0501	0,0423	0,5899
15	15	0,0072	0,2279	0,0592	0,0415	0,0331	0,0279	0,3897
16	16	0,0048	0,1503	0,0391	0,0274	0,0218	0,0184	0,2570
17	17	0,0031	0,0990	0,0257	0,0181	0,0144	0,0121	0,1693
18	18	0,0021	0,0651	0,0169	0,0119	0,0095	0,0080	0,1114
19	19	0,0014	0,0428	0,0111	0,0078	0,0062	0,0053	0,0732
20	20	0,0009	0,0281	0,0073	0,0051	0,0041	0,0034	0,0481
21	21	0,0006	0,0185	0,0048	0,0034	0,0027	0,0023	0,0316
22	22	0,0004	0,0121	0,0032	0,0022	0,0018	0,0015	0,0207

23	23	0,0003	0,0080	0,0021	0,0014	0,0012	0,0010	0,0136
24	24	0,0002	0,0052	0,0014	0,0010	0,0008	0,0006	0,0089

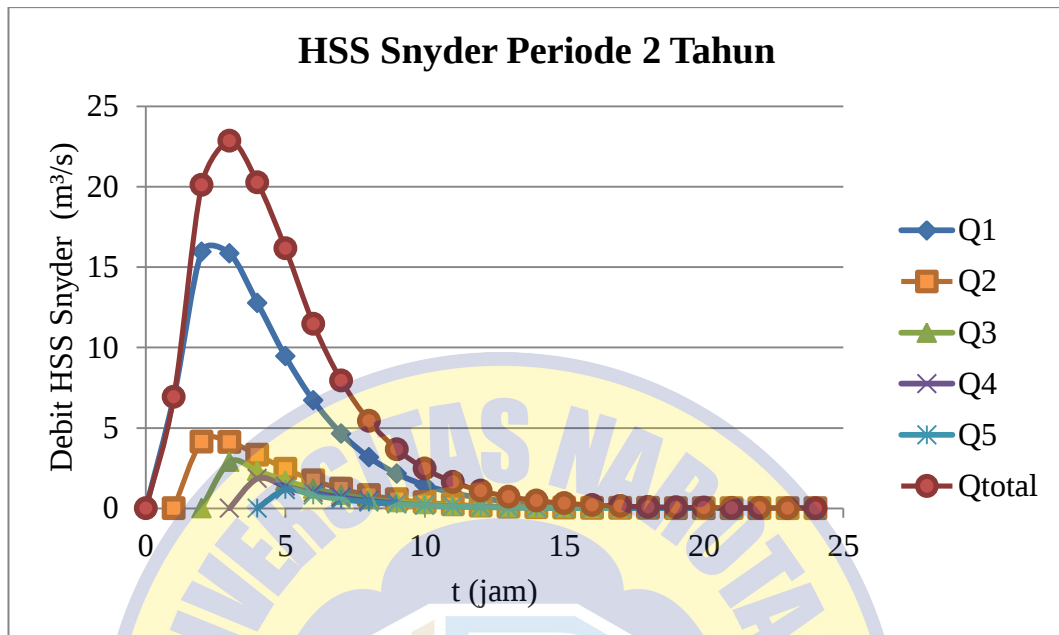
Sumber: Hasil analisis

Tabel 4. 25 Debit banjir HSS Snyder periode ulang 10 tahun

No	t	Qt	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Qtotal
			34,8995	9,0711	6,3632	5,0657	4,2778	
0	0	0	0					0
1	1	0,2692	9,3933	0				9,3933
2	2	0,6201	21,6399	5,6247	0			27,2645
3	3	0,6162	21,5038	5,5893	3,9208	0		31,0139
4	4	0,4962	17,3174	4,5012	3,1575	2,5136	0	27,4896
5	5	0,3674	12,8213	3,3325	2,3377	1,8610	1,5716	21,9241
6	6	0,2608	9,1017	2,3657	1,6595	1,3211	1,1156	15,5637
7	7	0,1807	6,3078	1,6395	1,1501	0,9156	0,7732	10,7862
8	8	0,1234	4,3064	1,1193	0,7852	0,6251	0,5279	7,3639
9	9	0,0834	2,9108	0,7566	0,5307	0,4225	0,3568	4,9773
10	10	0,0560	1,9537	0,5078	0,3562	0,2836	0,2395	3,3407
11	11	0,0374	1,3046	0,3391	0,2379	0,1894	0,1599	2,2309
12	12	0,0249	0,8679	0,2256	0,1582	0,1260	0,1064	1,4840
13	13	0,0165	0,5756	0,1496	0,1050	0,0836	0,0706	0,9843
14	14	0,0109	0,3809	0,0990	0,0695	0,0553	0,0467	0,6514
15	15	0,0072	0,2516	0,0654	0,0459	0,0365	0,0308	0,4303
16	16	0,0048	0,1659	0,0431	0,0303	0,0241	0,0203	0,2838
17	17	0,0031	0,1093	0,0284	0,0199	0,0159	0,0134	0,1869
18	18	0,0021	0,0719	0,0187	0,0131	0,0104	0,0088	0,1230
19	19	0,0014	0,0473	0,0123	0,0086	0,0069	0,0058	0,0809
20	20	0,0009	0,0311	0,0081	0,0057	0,0045	0,0038	0,0531
21	21	0,0006	0,0204	0,0053	0,0037	0,0030	0,0025	0,0349
22	22	0,0004	0,0134	0,0035	0,0024	0,0019	0,0016	0,0229
23	23	0,0003	0,0088	0,0023	0,0016	0,0013	0,0011	0,0150
24	24	0,0002	0,0058	0,0015	0,0010	0,0008	0,0007	0,0098

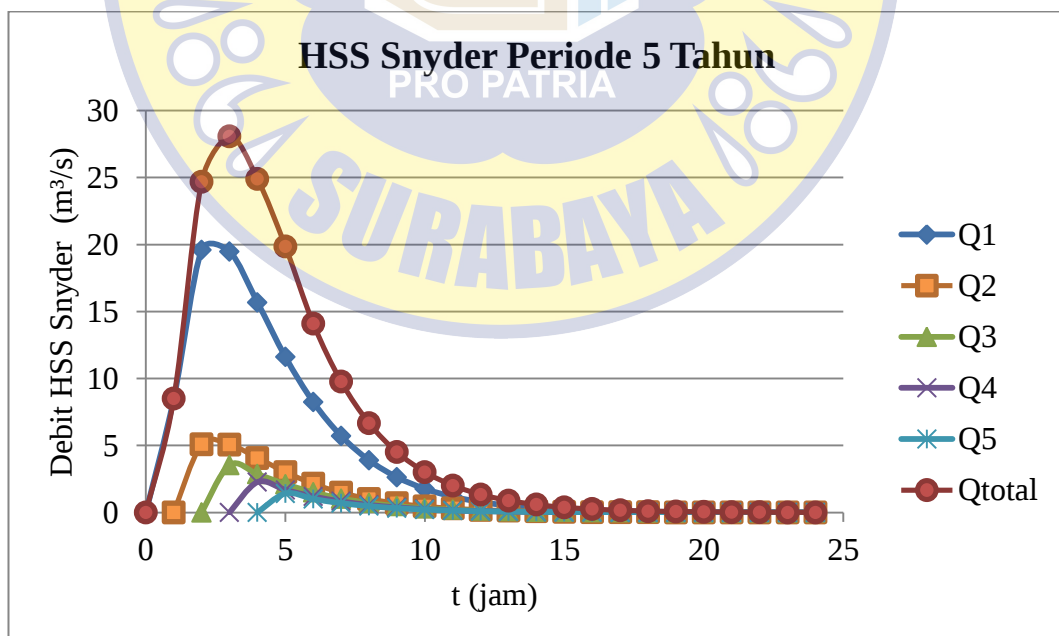
Sumber: Hasil analisis

Dapat digambarkan dalam grafik seperti di bawah ini:



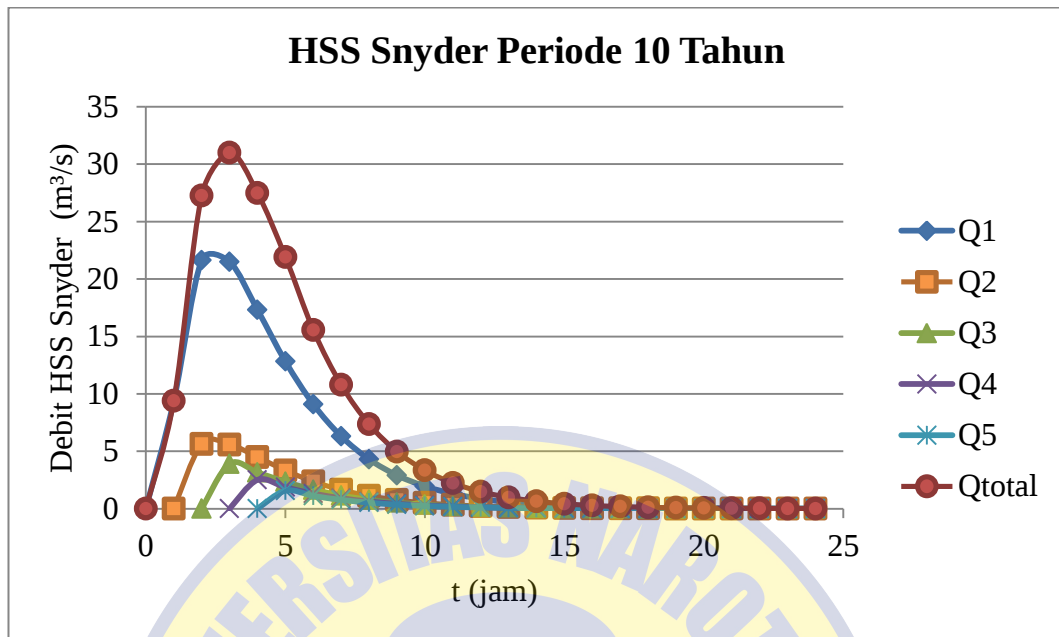
Gambar 4. 3 Debit banjir HSS Snyder periode ulang 2 tahun

Sumber: Hasil analisis



Gambar 4. 4 Debit banjir HSS Snyder periode ulang 5 tahun

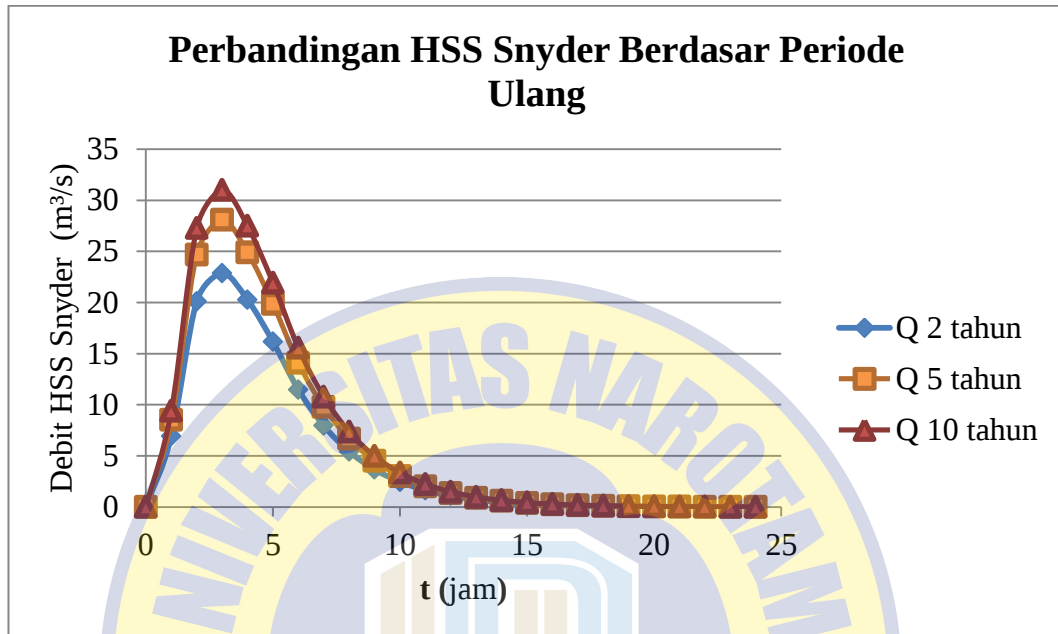
Sumber: Hasil analisis



Gambar 4. 5 Debit banjir HSS Snyder periode ulang 10 tahun

Sumber: Hasil analisis

Dapat diperbandingkan dari grafik di atas debit HSS Snyder berdasar periode ulang 2, 5, dan 10 tahun seperti berikut:



Gambar 4. 6 Perbandingan debit banjir HSS Snyder berdasar periode ulang

Sumber: Hasil analisis

4.2.3 Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu

Parameter untuk HSS Nakayasu sedikit berbeda dengan parameter HSS Snyder. Berikut adalah parameter yang digunakan untuk menghitung debit puncak pada HSS Nakayasu:

Tabel 4. 26 Parameter HSS Nakayasu

No,	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
1	Luas DAS	A	11,285	Km ²
2	Panjang Sungai Utama	L	4,27	Km
3	Parameter Alfa	α	3	
4	Koefisien Pengaliran	C	0,47	
5	Harga Satuan	R0	1	Mm

Sumber: Hasil analisis

Setelah diketahui parameter di atas, kemudian menghitung beberapa parameter agar dapat diketahui bentuk grafik hidrograf Nakayasu.

Menghitung waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (t_g)

$$t_g = 0,21 \times 4,27^{0,7} = 0,58 \text{ jam}$$

Satuan waktu hujan

$$t_r = 0,75 \times 0,58 = 0,44 \text{ jam}$$

Menghitung waktu untuk mencapai puncak (T_p)

$$T_p = 0,58 + (0,8 \times 0,44) = 0,93 \text{ jam}$$

Menghitung penurunan debit puncak hingga $T_{0,3}$

$$T_{0,3} = 3 \times 0,58 = 1,74 \text{ jam}$$

$$1,5 T_{0,3} = 2,61 \text{ jam}$$

$$2 T_{0,3} = 3,48 \text{ jam}$$

Menghitung debit maksimum hidrograf satuan

$$Q_p = \frac{0,47 \times 11,29 \times 1}{3,6 (0,3 \times 0,93 + 1,74)} = 0,73 \text{ m}^3/\text{s}$$

Menghitung besarnya (Q_b)

$$Q_b = 0,4751 \times 11,28^{0,6444} \times 0,9^{0,94} = 2,05 \text{ m}^3/\text{s}$$

Adapun beberapa syarat lengkung untuk hidrograf adalah sebagai berikut:

- Lengkung naik

$$t \leq t_p$$

$$t \leq 0,93$$

- Lengkung turun I

$$t_p \leq t \leq t_p + T_{0,3}$$

$$0,93 \leq t \leq 2,67$$

- Lengkung turun II

$$t_p + T_{0,3} \leq t \leq t_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$$

$$2,67 \leq t \leq 5,28$$

- Lengkung turun III

$$t \geq t_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$$

$$t \geq 5,28$$

Lengkung hidrograf Nakayasu dapat ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 4. 27 Lengkung hidrograf Nakayasu

Karakteristik	Notasi	Awal		Akhir	
		Notasi	Nilai	Notasi	Nilai
Lengkung Naik	Q0	0	0	Tp	0,93
Lengkung Turun Tahap 1	Qd1	Tp	0,93	Tp + T0,3	2,67
Lengkung Turun Tahap 2	Qd2	Tp + T0,3	2,67	Tp + T0,3 + 1,5T0,3	5,28
Lengkung Turun Tahap 3	Qd3	Tp + T0,3 + 1,5T0,3	5,28	24	24

Sumber: Hasil analisis

Sehingga dapat ditentukan ordinat untuk hidrograf satuan sintetik Nakayasu

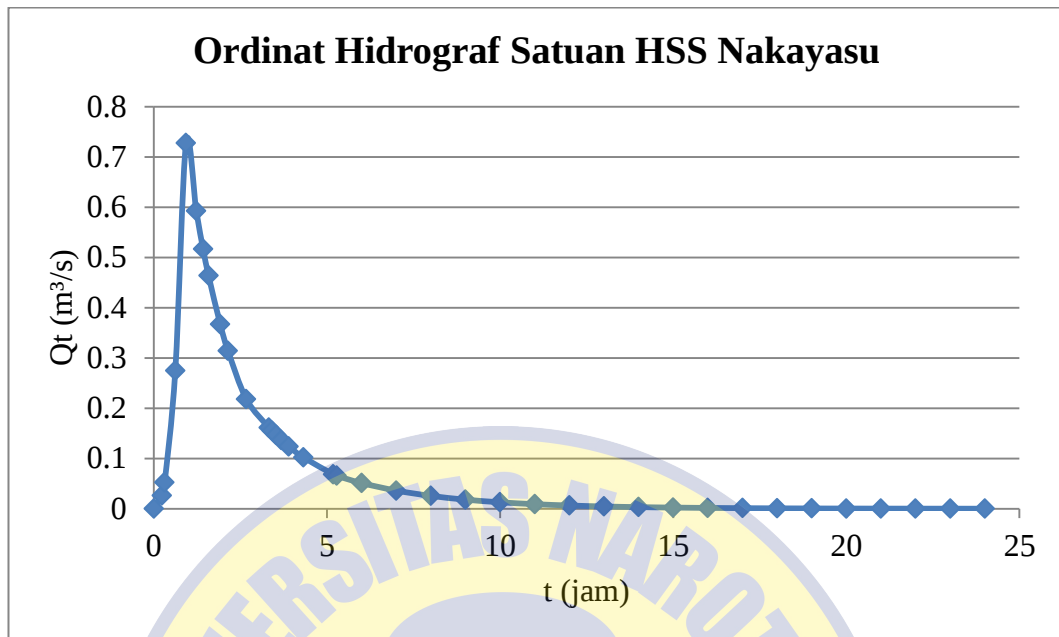
adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 28 Ordinat hidrograf satuan Nakayasu

t (jam)	Q (m ³ /dt/mm)	Keterangan
0	0	Q0
0,232	0,026113593	
0,309	0,052085831	
0,619	0,274910663	
0,928	0,727462493	Qp / Tp
1,225	0,592553491	Qd1
1,422	0,516819467	
1,579	0,46372708	
1,917	0,367169943	
2,141	0,314325754	
2,669	0,218238748	

3,32	0,161581445	Qd2
3,412	0,154883631	
3,534	0,146416954	
3,684	0,136643862	
3,896	0,123888282	
4,318	0,101976838	
5,182	0,068457179	
5,279	0,065471624	
6	0,051022213	Qd3
7	0,036102576	
8	0,025545658	
9	0,018075737	
10	0,012790128	
11	0,009050109	
12	0,006403726	
13	0,004531183	
14	0,003206199	
15	0,00226866	
16	0,001605271	
17	0,001135866	
18	0,000803722	
19	0,000568702	
20	0,000402406	
21	0,000284736	
22	0,000201475	
23	0,000142561	
24	0,000100874	

Sumber: Hasil analisis



Gambar 4. 7 Ordinat hidrograf satuan Nakayasu

Sumber: Hasil analisis

Dengan perhitungan hujan rencana periode 2, 5, dan 10 tahun, maka dapat diketahui debit banjir rencana berdasar perhitungan hidrograf satuan sintetik Nakayasu seperti dapat dilihat pada tabel di bawah:

Tabel 4. 29 Debit banjir HSS Nakayasu periode ulang 2 tahun

No	t	Qt	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Qtotal
			25,7333	6,6886	4,6919	3,7352	3,1543	
0	0	0	0					0
1	0,2320	0,0261	0,6720	0				0,6720
2	0,3094	0,0521	1,3403	0,3484	0			1,6887
3	0,6188	0,2749	7,0743	1,8388	1,2899	0		10,2030
4	0,9282	0,7275	18,7200	4,8657	3,4132	2,7172	0	29,7161
5	1,2247	0,5926	15,2483	3,9634	2,7802	2,2133	1,8691	26,0743
6	1,4224	0,5168	13,2994	3,4568	2,4249	1,9304	1,6302	22,7417
7	1,5791	0,4637	11,9332	3,1017	2,1758	1,7321	1,4627	20,4055
8	1,9165	0,3672	9,4485	2,4559	1,7227	1,3715	1,1581	16,1567
9	2,1412	0,3143	8,0886	2,1024	1,4748	1,1741	0,9915	13,8314
10	2,6686	0,2182	5,6160	1,4597	1,0240	0,8152	0,6884	9,6032

11	3,3203	0,1616	4,1580	1,0808	0,7581	0,6035	0,5097	7,1101
12	3,4121	0,1549	3,9857	1,0360	0,7267	0,5785	0,4885	6,8154
13	3,5340	0,1464	3,7678	0,9793	0,6870	0,5469	0,4618	6,4428
14	3,6838	0,1366	3,5163	0,9140	0,6411	0,5104	0,4310	6,0128
15	3,8963	0,1239	3,1880	0,8286	0,5813	0,4627	0,3908	5,4515
16	4,3183	0,1020	2,6242	0,6821	0,4785	0,3809	0,3217	4,4873
17	5,1824	0,0685	1,7616	0,4579	0,3212	0,2557	0,2159	3,0123
18	5,2791	0,0655	1,6848	0,4379	0,3072	0,2446	0,2065	2,8810
19	6	0,0510	1,3130	0,3413	0,2394	0,1906	0,1609	2,2451
20	7	0,0361	0,9290	0,2415	0,1694	0,1349	0,1139	1,5886
21	8	0,0255	0,6574	0,1709	0,1199	0,0954	0,0806	1,1241
22	9	0,0181	0,4651	0,1209	0,0848	0,0675	0,0570	0,7954
23	10	0,0128	0,3291	0,0855	0,0600	0,0478	0,0403	0,5628
24	11	0,0091	0,2329	0,0605	0,0425	0,0338	0,0285	0,3982
25	12	0,0064	0,1648	0,0428	0,0300	0,0239	0,0202	0,2818
26	13	0,0045	0,1166	0,0303	0,0213	0,0169	0,0143	0,1994
27	14	0,0032	0,0825	0,0214	0,0150	0,0120	0,0101	0,1411
28	15	0,0023	0,0584	0,0152	0,0106	0,0085	0,0072	0,0998
29	16	0,0016	0,0413	0,0107	0,0075	0,0060	0,0051	0,0706
30	17	0,0011	0,0292	0,0076	0,0053	0,0042	0,0036	0,0500
31	18	0,0008	0,0207	0,0054	0,0038	0,0030	0,0025	0,0354
32	19	0,0006	0,0146	0,0038	0,0027	0,0021	0,0018	0,0250
33	20	0,0004	0,0104	0,0027	0,0019	0,0015	0,0013	0,0177
34	21	0,0003	0,0073	0,0019	0,0013	0,0011	0,0009	0,0125
35	22	0,0002	0,0052	0,0013	0,0009	0,0008	0,0006	0,0089
36	23	0,0001	0,0037	0,0010	0,0007	0,0005	0,0004	0,0063
37	24	0,0001	0,0026	0,0007	0,0005	0,0004	0,0003	0,0044

Sumber: Hasil analisis

Tabel 4. 30 Debit banjir HSS Nakayasu periode ulang 5 tahun

No	t	Qt	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Qtotal
			31,6069	8,2153	5,7628	4,5878	3,8742	
0	0	0	0					0
1	0,2320	0,0261	0,8254	0				0,8254
2	0,3094	0,0521	1,6463	0,4279	0			2,0742
3	0,6188	0,2749	8,6891	2,2585	1,5843	0		12,5318
4	0,9282	0,7275	22,9929	5,9763	4,1923	3,3374	0	36,4989
5	1,2247	0,5926	18,7288	4,8680	3,4148	2,7185	2,2957	32,0258
6	1,4224	0,5168	16,3351	4,2458	2,9784	2,3711	2,0023	27,9326

7	1,5791	0,4637	14,6570	3,8097	2,6724	2,1275	1,7966	25,0631
8	1,9165	0,3672	11,6051	3,0164	2,1159	1,6845	1,4225	19,8445
9	2,1412	0,3143	9,9349	2,5823	1,8114	1,4421	1,2178	16,9884
10	2,6686	0,2182	6,8979	1,7929	1,2577	1,0012	0,8455	11,7952
11	3,3203	0,1616	5,1071	1,3274	0,9312	0,7413	0,6260	8,7330
12	3,4121	0,1549	4,8954	1,2724	0,8926	0,7106	0,6001	8,3710
13	3,5340	0,1464	4,6278	1,2029	0,8438	0,6717	0,5673	7,9134
14	3,6838	0,1366	4,3189	1,1226	0,7875	0,6269	0,5294	7,3852
15	3,8963	0,1239	3,9157	1,0178	0,7139	0,5684	0,4800	6,6958
16	4,3183	0,1020	3,2232	0,8378	0,5877	0,4678	0,3951	5,5116
17	5,1824	0,0685	2,1637	0,5624	0,3945	0,3141	0,2652	3,6999
18	5,2791	0,0655	2,0694	0,5379	0,3773	0,3004	0,2537	3,5386
19	6	0,0510	1,6127	0,4192	0,2940	0,2341	0,1977	2,7576
20	7	0,0361	1,1411	0,2966	0,2081	0,1656	0,1399	1,9512
21	8	0,0255	0,8074	0,2099	0,1472	0,1172	0,0990	1,3807
22	9	0,0181	0,5713	0,1485	0,1042	0,0829	0,0700	0,9769
23	10	0,0128	0,4043	0,1051	0,0737	0,0587	0,0496	0,6913
24	11	0,0091	0,2860	0,0743	0,0522	0,0415	0,0351	0,4891
25	12	0,0064	0,2024	0,0526	0,0369	0,0294	0,0248	0,3461
26	13	0,0045	0,1432	0,0372	0,0261	0,0208	0,0176	0,2449
27	14	0,0032	0,1013	0,0263	0,0185	0,0147	0,0124	0,1733
28	15	0,0023	0,0717	0,0186	0,0131	0,0104	0,0088	0,1226
29	16	0,0016	0,0507	0,0132	0,0093	0,0074	0,0062	0,0868
30	17	0,0011	0,0359	0,0093	0,0065	0,0052	0,0044	0,0614
31	18	0,0008	0,0254	0,0066	0,0046	0,0037	0,0031	0,0434
32	19	0,0006	0,0180	0,0047	0,0033	0,0026	0,0022	0,0307
33	20	0,0004	0,0127	0,0033	0,0023	0,0018	0,0016	0,0217
34	21	0,0003	0,0090	0,0023	0,0016	0,0013	0,0011	0,0154
35	22	0,0002	0,0064	0,0017	0,0012	0,0009	0,0008	0,0109
36	23	0,0001	0,0045	0,0012	0,0008	0,0007	0,0006	0,0077
37	24	0,0001	0,0032	0,0008	0,0006	0,0005	0,0004	0,0055

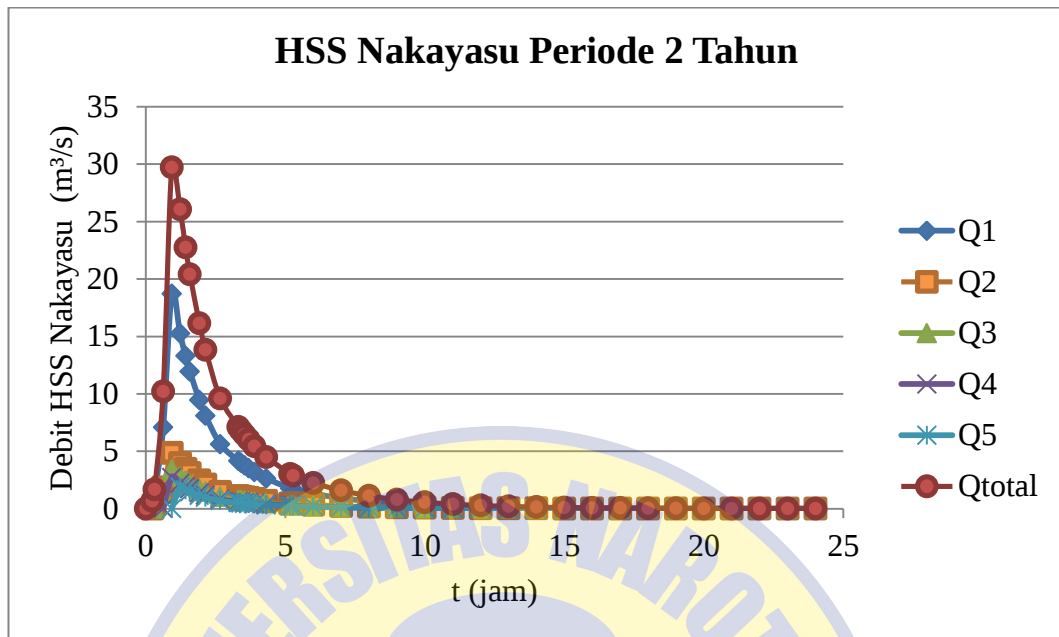
Sumber: Hasil analisis

Tabel 4. 31 Debit banjir HSS Nakayasu periode ulang 10 tahun

No	t	Qt	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Qtotal
			34,8995	9,0711	6,3632	5,0657	4,2778	
0	0	0	0					0
1	0,2320	0,0261	0,9114	0				0,9114
2	0,3094	0,0521	1,8178	0,4725	0			2,2902

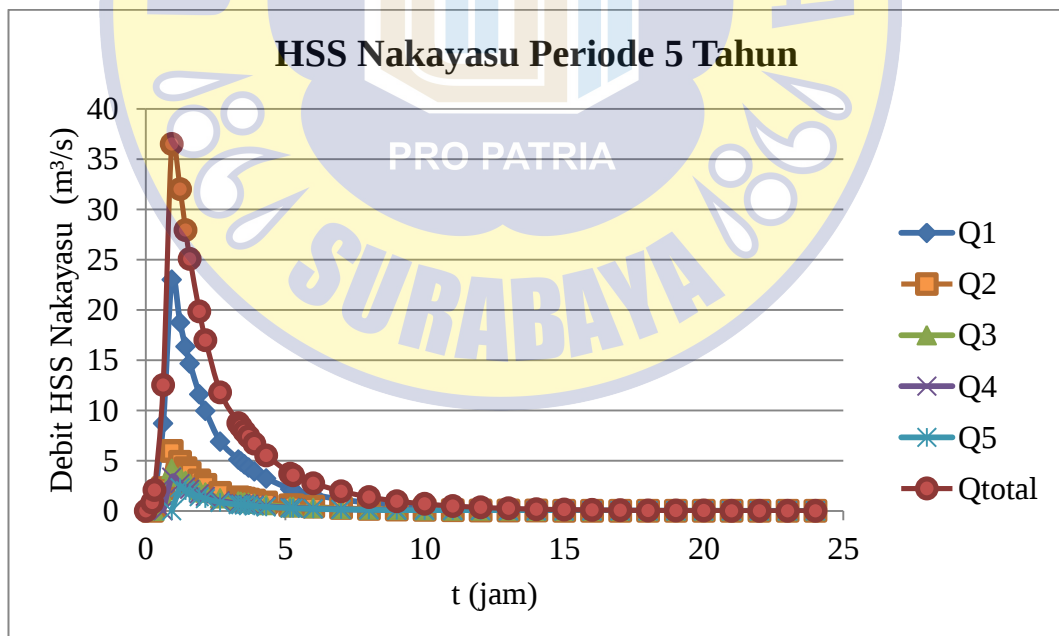
3	0,6188	0,2749	9,5942	2,4937	1,7493	0		13,8373
4	0,9282	0,7275	25,3881	6,5989	4,6290	3,6851	0	40,3010
5	1,2247	0,5926	20,6798	5,3751	3,7705	3,0017	2,5348	35,3620
6	1,4224	0,5168	18,0367	4,6881	3,2886	2,6181	2,2109	30,8424
7	1,5791	0,4637	16,1838	4,2065	2,9508	2,3491	1,9837	27,6740
8	1,9165	0,3672	12,8140	3,3306	2,3364	1,8600	1,5707	21,9117
9	2,1412	0,3143	10,9698	2,8513	2,0001	1,5923	1,3446	18,7581
10	2,6686	0,2182	7,6164	1,9797	1,3887	1,1055	0,9336	13,0239
11	3,3203	0,1616	5,6391	1,4657	1,0282	0,8185	0,6912	9,6427
12	3,4121	0,1549	5,4054	1,4050	0,9856	0,7846	0,6626	9,2430
13	3,5340	0,1464	5,1099	1,3282	0,9317	0,7417	0,6263	8,7378
14	3,6838	0,1366	4,7688	1,2395	0,8695	0,6922	0,5845	8,1545
15	3,8963	0,1239	4,3236	1,1238	0,7883	0,6276	0,5300	7,3933
16	4,3183	0,1020	3,5589	0,9250	0,6489	0,5166	0,4362	6,0857
17	5,1824	0,0685	2,3891	0,6210	0,4356	0,3468	0,2928	4,0853
18	5,2791	0,0655	2,2849	0,5939	0,4166	0,3317	0,2801	3,9072
19	6	0,0510	1,7806	0,4628	0,3247	0,2585	0,2183	3,0449
20	7	0,0361	1,2600	0,3275	0,2297	0,1829	0,1544	2,1545
21	8	0,0255	0,8915	0,2317	0,1626	0,1294	0,1093	1,5245
22	9	0,0181	0,6308	0,1640	0,1150	0,0916	0,0773	1,0787
23	10	0,0128	0,4464	0,1160	0,0814	0,0648	0,0547	0,7633
24	11	0,0091	0,3158	0,0821	0,0576	0,0458	0,0387	0,5401
25	12	0,0064	0,2235	0,0581	0,0407	0,0324	0,0274	0,3822
26	13	0,0045	0,1581	0,0411	0,0288	0,0230	0,0194	0,2704
27	14	0,0032	0,1119	0,0291	0,0204	0,0162	0,0137	0,1913
28	15	0,0023	0,0792	0,0206	0,0144	0,0115	0,0097	0,1354
29	16	0,0016	0,0560	0,0146	0,0102	0,0081	0,0069	0,0958
30	17	0,0011	0,0396	0,0103	0,0072	0,0058	0,0049	0,0678
31	18	0,0008	0,0280	0,0073	0,0051	0,0041	0,0034	0,0480
32	19	0,0006	0,0198	0,0052	0,0036	0,0029	0,0024	0,0339
33	20	0,0004	0,0140	0,0037	0,0026	0,0020	0,0017	0,0240
34	21	0,0003	0,0099	0,0026	0,0018	0,0014	0,0012	0,0170
35	22	0,0002	0,0070	0,0018	0,0013	0,0010	0,0009	0,0120
36	23	0,0001	0,0050	0,0013	0,0009	0,0007	0,0006	0,0085
37	24	0,0001	0,0035	0,0009	0,0006	0,0005	0,0004	0,0060

Sumber: Hasil analisis



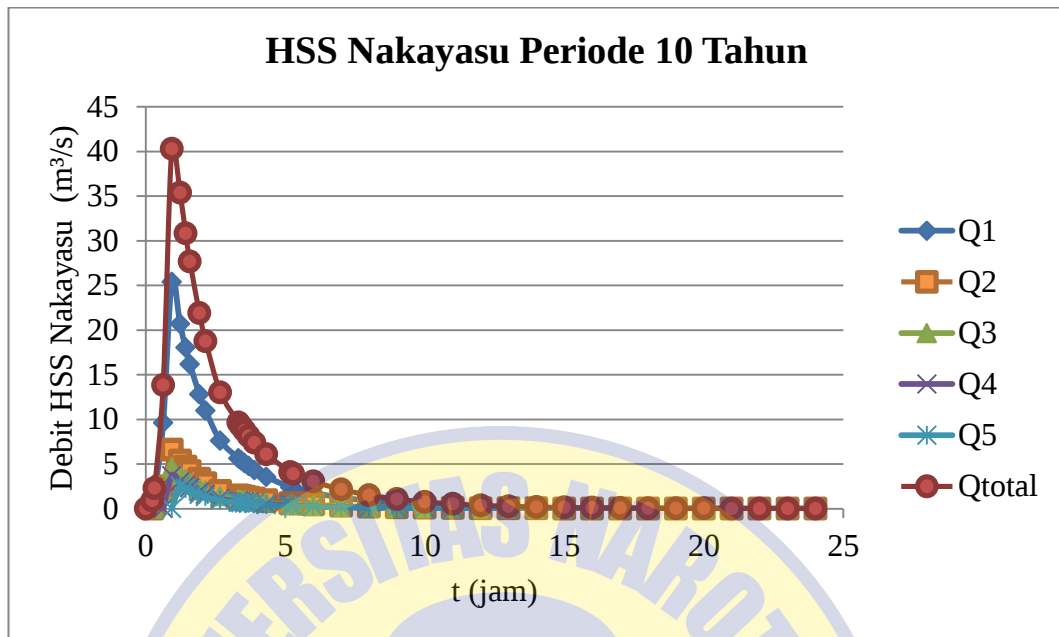
Gambar 4. 8 Debit banjir HSS Nakayasu pada periode 2 tahun

Sumber: Hasil analisis



Gambar 4. 9 Debit banjir HSS Nakayasu pada periode 5 tahun

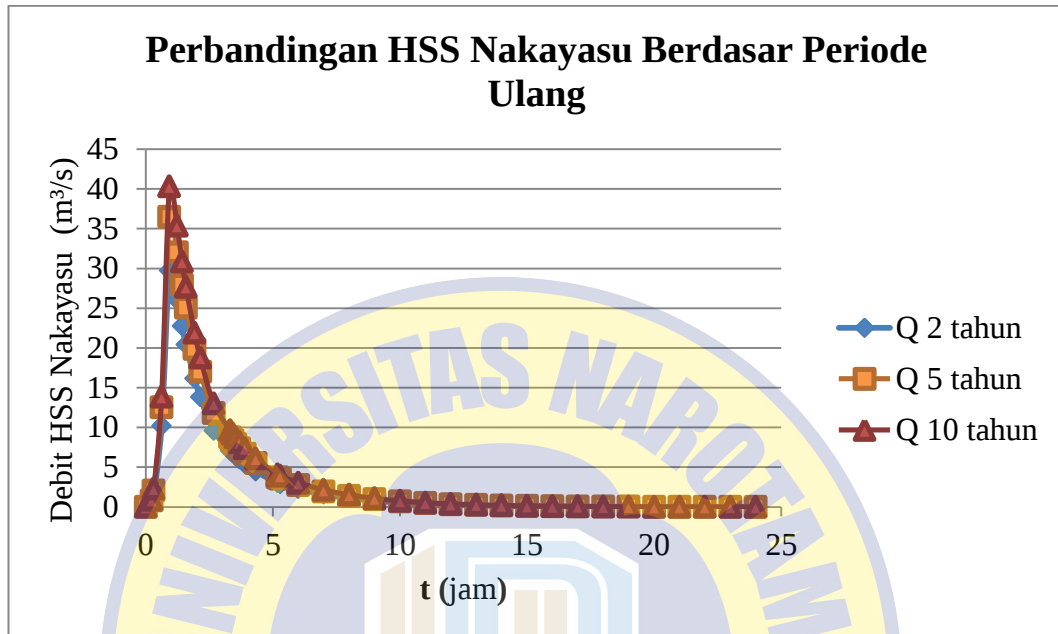
Sumber: Hasil analisis



Gambar 4. 10 Debit banjir HSS Nakayasu pada periode 10 tahun

Sumber: Hasil analisis

Dapat diperbandingkan dari grafik di atas debit HSS Nakayasu berdasar periode ulang 2, 5, dan 10 tahun seperti berikut:



Gambar 4. 11 Perbandingan debit banjir HSS Nakayasu berdasar periode ulang

Sumber: Hasil analisis

Berdasar dari tiga metode analisis limpasan permukaan di atas, dapat dilihat debit banjir tertinggi dari masing-masing metode seperti berikut:

Tabel 4. 32 Rekapitulasi debit banjir maksimum

No.	Metode	Debit banjir maksimum		
		2	5	10
1	Rasional	30,0192	36,8710954	40,7120272
2	HSS Snyder	22,8682	28,08788272	31,0138506
3	HSS Nakayasu	29,7161	36,49888531	40,3010433

Sumber: Hasil analisis

4.3 Analisis Kapasitas Boezem

Data yang didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pematusan (DPUBMP) Kota Surabaya disebutkan bahwa luas tampungan Boezem Kalidami adalah sebesar 24.720 m² dengan kedalaman 2 meter, sehingga bisa didapatkan volume tampungan Boezem Kalidami adalah sebesar 49.440 m³.

Dapat dihitung volume tumpukan yang terjadi dalam kurun waktu 24 jam serta tinggi peluapan yang terjadi di Boezem Kalidami adalah sebagai berikut:

$$\Delta t_3 = (t_3 - t_2) \times 3600$$

$$\Delta t_3 = (0,31 - 0,23) \times 3600 = 278,46 \text{ detik}$$

Perhitungan volume aliran masuk, yaitu:

$$V_{inflow3} = Q_3 \times \Delta t_3$$

$$V_{inflow3} = 2,29 \times 278,46 = 637,74 \text{ m}^3$$

Serta terjadi penumpukan volume aliran masuk seperti berikut:

$$V_{inkumulatif} = V_{inkumulatif2} + V_{inflow3}$$

$$V_{inkumulatif} = 761,32 + 637,74 = 1399,06 \text{ m}^3$$

Dikarenakan tidak adanya pompa, maka aliran keluar dianggap 0, sehingga volume yang dapat dikendalikan hanyalah bergantung kepada volume tampungan saja. Sehingga perhitungannya menjadi seperti berikut:

$$V_{kendali} = V_{inkumulatif3} - V_{outkumulatif3}$$

$$V_{kendali} = 1399,06 - 0 = 1399,06 \text{ m}^3$$

$$V_{limpasan} = V_{kendali3} - V_{tampungan}$$

$$V_{limpasan} = 1399,06 - 49440 = -48040,94 \text{ m}^3$$

Serta dapat dihitung pula tinggi limpasan yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$H = \frac{V_{limpasan}}{V_{tampungan}}$$

$$H_{24} = \frac{240565,58}{49440} = 9,73 \text{ m}$$

Sehingga untuk periode ulang 2, 5, dan 10 tahun dapat ditabelkan seperti berikut:



Tabel 4. 33 Penelusuran banjir tanpa pompa dengan periode ulang 2 tahun

t	Δt	Q	V _{in}	V _{kum}	n	Q _{pompa}	V _{out}	V _{outkum}	V _{kendali}	V _{limpasan}	Keterangan	H
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
0,23	835,37	0,67	561,36	561,36	0	0	0	0	561,36	-48878,64	Tidak melimpas	-
0,31	278,46	1,69	470,24	1031,60	0	0	0	0	1031,60	-48408,40	Tidak melimpas	-
0,62	1113,83	10,20	11364,41	12396,01	0	0	0	0	12396,01	-37043,99	Tidak melimpas	-
0,93	1113,83	29,72	33098,78	45494,79	0	0	0	0	45494,79	-3945,21	Tidak melimpas	-
1,42	1779,04	22,74	40458,42	85953,21	0	0	0	0	85953,21	36513,21	Melimpas	1,48
1,58	564,09	20,41	11510,44	97463,65	0	0	0	0	97463,65	48023,65	Melimpas	1,94
2,14	2023,61	13,83	27989,22	125452,88	0	0	0	0	125452,88	76012,88	Melimpas	3,07
2,67	1898,58	9,60	18232,46	143685,33	0	0	0	0	143685,33	94245,33	Melimpas	3,81
3,32	2346,27	7,11	16682,22	160367,55	0	0	0	0	160367,55	110927,55	Melimpas	4,49
3,41	330,46	6,82	2252,21	162619,77	0	0	0	0	162619,77	113179,77	Melimpas	4,58
3,53	438,81	6,44	2827,16	165446,93	0	0	0	0	165446,93	116006,93	Melimpas	4,69
4,32	2823,46	4,49	12669,72	178116,65	0	0	0	0	178116,65	128676,65	Melimpas	5,21
5,18	3110,90	3,01	9371,08	187487,73	0	0	0	0	187487,73	138047,73	Melimpas	5,58
5,28	348,07	2,88	1002,79	188490,52	0	0	0	0	188490,52	139050,52	Melimpas	5,63
6	2595,23	2,25	5826,65	194317,17	0	0	0	0	194317,17	144877,17	Melimpas	5,86
7	3600	1,59	5719,07	200036,24	0	0	0	0	200036,24	150596,24	Melimpas	6,09
8	3600	1,12	4046,73	204082,97	0	0	0	0	204082,97	154642,97	Melimpas	6,26
9	3600	0,80	2863,41	206946,38	0	0	0	0	206946,38	157506,38	Melimpas	6,37
10	3600	0,56	2026,11	208972,49	0	0	0	0	208972,49	159532,49	Melimpas	6,45
11	3600	0,40	1433,64	210406,13	0	0	0	0	210406,13	160966,13	Melimpas	6,51

12	3600	0,28	1014,42	211420,55	0	0	0	0	211420,55	161980,55	Melimpas	6,55
13	3600	0,20	717,79	212138,35	0	0	0	0	212138,35	162698,35	Melimpas	6,58
14	3600	0,14	507,90	212646,25	0	0	0	0	212646,25	163206,25	Melimpas	6,60
15	3600	0,10	359,38	213005,63	0	0	0	0	213005,63	163565,63	Melimpas	6,62
16	3600	0,07	254,29	213259,92	0	0	0	0	213259,92	163819,92	Melimpas	6,63
17	3600	0,05	179,93	213439,86	0	0	0	0	213439,86	163999,86	Melimpas	6,63
18	3600	0,04	127,32	213567,18	0	0	0	0	213567,18	164127,18	Melimpas	6,64
19	3600	0,03	90,09	213657,27	0	0	0	0	213657,27	164217,27	Melimpas	6,64
20	3600	0,02	63,75	213721,01	0	0	0	0	213721,01	164281,01	Melimpas	6,65
21	3600	0,01	45,11	213766,12	0	0	0	0	213766,12	164326,12	Melimpas	6,65
22	3600	0,01	31,92	213798,03	0	0	0	0	213798,03	164358,03	Melimpas	6,65
23	3600	0,01	22,58	213820,62	0	0	0	0	213820,62	164380,62	Melimpas	6,65
24	3600	0,00	15,98	213836,60	0	0	0	0	213836,60	164396,60	Melimpas	6,65

Sumber: Hasil analisis

Tabel 4. 34 Penelusuran banjir tanpa pompa dengan periode ulang 5 tahun

t	Δt	Q	V _{in}	V _{kum}	n	Q _{pompa}	V _{out}	V _{outkum}	V _{kendali}	V _{limpasan}	Keterangan	H
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
0,23	835,37	0,83	689,49	689,49	0	0	0	0	689,49	-48750,51	Tidak melimpas	-
0,31	278,46	2,07	577,57	1267,06	0	0	0	0	1267,06	-48172,94	Tidak melimpas	-
0,62	1113,83	12,53	13958,36	15225,42	0	0	0	0	15225,42	-34214,58	Tidak melimpas	-
0,93	1113,83	36,50	40653,66	55879,08	0	0	0	0	55879,08	6439,08	Melimpas	0,26
1,42	1779,04	27,93	49693,16	105572,24	0	0	0	0	105572,24	56132,24	Melimpas	2,27

1,58	564,09	25,06	14137,73	119709,97	0	0	0	0	119709,97	70269,97	Melimpas	2,84
2,14	2023,61	16,99	34377,83	154087,80	0	0	0	0	154087,80	104647,80	Melimpas	4,23
2,67	1898,58	11,80	22394,06	176481,86	0	0	0	0	176481,86	127041,86	Melimpas	5,14
3,32	2346,27	8,73	20489,98	196971,84	0	0	0	0	196971,84	147531,84	Melimpas	5,97
3,41	330,46	8,37	2766,29	199738,12	0	0	0	0	199738,12	150298,12	Melimpas	6,08
3,53	438,81	7,91	3472,47	203210,59	0	0	0	0	203210,59	153770,59	Melimpas	6,22
4,32	2823,46	5,51	15561,62	218772,21	0	0	0	0	218772,21	169332,21	Melimpas	6,85
5,18	3110,90	3,70	11510,06	230282,27	0	0	0	0	230282,27	180842,27	Melimpas	7,32
5,28	348,07	3,54	1231,67	231513,94	0	0	0	0	231513,94	182073,94	Melimpas	7,37
6	2595,23	2,76	7156,60	238670,54	0	0	0	0	238670,54	189230,54	Melimpas	7,65
7	3600	1,95	7024,46	245695,00	0	0	0	0	245695,00	196255,00	Melimpas	7,94
8	3600	1,38	4970,41	250665,41	0	0	0	0	250665,41	201225,41	Melimpas	8,14
9	3600	0,98	3516,99	254182,40	0	0	0	0	254182,40	204742,40	Melimpas	8,28
10	3600	0,69	2488,57	256670,97	0	0	0	0	256670,97	207230,97	Melimpas	8,38
11	3600	0,49	1760,88	258431,84	0	0	0	0	258431,84	208991,84	Melimpas	8,45
12	3600	0,35	1245,97	259677,81	0	0	0	0	259677,81	210237,81	Melimpas	8,50
13	3600	0,24	881,63	260559,44	0	0	0	0	260559,44	211119,44	Melimpas	8,54
14	3600	0,17	623,83	261183,27	0	0	0	0	261183,27	211743,27	Melimpas	8,57
15	3600	0,12	441,41	261624,68	0	0	0	0	261624,68	212184,68	Melimpas	8,58
16	3600	0,09	312,34	261937,02	0	0	0	0	261937,02	212497,02	Melimpas	8,60
17	3600	0,06	221,00	262158,03	0	0	0	0	262158,03	212718,03	Melimpas	8,61
18	3600	0,04	156,38	262314,41	0	0	0	0	262314,41	212874,41	Melimpas	8,61
19	3600	0,03	110,65	262425,06	0	0	0	0	262425,06	212985,06	Melimpas	8,62
20	3600	0,02	78,30	262503,35	0	0	0	0	262503,35	213063,35	Melimpas	8,62

21	3600	0,02	55,40	262558,75	0	0	0	0	262558,75	213118,75	Melimpas	8,62
22	3600	0,01	39,20	262597,96	0	0	0	0	262597,96	213157,96	Melimpas	8,62
23	3600	0,01	27,74	262625,69	0	0	0	0	262625,69	213185,69	Melimpas	8,62
24	3600	0,01	19,63	262645,32	0	0	0	0	262645,32	213205,32	Melimpas	8,62

Sumber: Hasil analisis

Tabel 4. 35 Penelusuran banjir tanpa pompa dengan periode ulang 10 tahun

t	Δt	Q	Vin	Vinkum	n	Qpompa	Vout	Voutkum	Vkendali	Vlimpasan	Keterangan	H
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
0,23	835,37	0,91	761,32	761,32	0	0	0	0	761,32	-48678,68	Tidak melimpas	-
0,31	278,46	2,29	637,74	1399,06	0	0	0	0	1399,06	-48040,94	Tidak melimpas	-
0,62	1113,83	13,84	15412,43	16811,48	0	0	0	0	16811,48	-32628,52	Tidak melimpas	-
0,93	1113,83	40,30	44888,63	61700,11	0	0	0	0	61700,11	12260,11	Melimpas	0,50
1,42	1779,04	30,84	54869,79	116569,90	0	0	0	0	116569,90	67129,90	Melimpas	2,72
1,58	564,09	27,67	15610,48	132180,38	0	0	0	0	132180,38	82740,38	Melimpas	3,35
2,14	2023,61	18,76	37959,04	170139,42	0	0	0	0	170139,42	120699,42	Melimpas	4,88
2,67	1898,58	13,02	24726,89	194866,31	0	0	0	0	194866,31	145426,31	Melimpas	5,88
3,32	2346,27	9,64	22624,46	217490,77	0	0	0	0	217490,77	168050,77	Melimpas	6,80
3,41	330,46	9,24	3054,46	220545,22	0	0	0	0	220545,22	171105,22	Melimpas	6,92
3,53	438,81	8,74	3834,20	224379,42	0	0	0	0	224379,42	174939,42	Melimpas	7,08
4,32	2823,46	6,09	17182,70	241562,13	0	0	0	0	241562,13	192122,13	Melimpas	7,77
5,18	3110,90	4,09	12709,08	254271,21	0	0	0	0	254271,21	204831,21	Melimpas	8,29
5,28	348,07	3,91	1359,98	255631,19	0	0	0	0	255631,19	206191,19	Melimpas	8,34

6	2595,23	3,04	7902,12	263533,30	0	0	0	0	263533,30	214093,30	Melimpas	8,66
7	3600	2,15	7756,21	271289,52	0	0	0	0	271289,52	221849,52	Melimpas	8,97
8	3600	1,52	5488,18	276777,70	0	0	0	0	276777,70	227337,70	Melimpas	9,20
9	3600	1,08	3883,36	280661,06	0	0	0	0	280661,06	231221,06	Melimpas	9,35
10	3600	0,76	2747,81	283408,87	0	0	0	0	283408,87	233968,87	Melimpas	9,46
11	3600	0,54	1944,31	285353,18	0	0	0	0	285353,18	235913,18	Melimpas	9,54
12	3600	0,38	1375,76	286728,94	0	0	0	0	286728,94	237288,94	Melimpas	9,60
13	3600	0,27	973,47	287702,41	0	0	0	0	287702,41	238262,41	Melimpas	9,64
14	3600	0,19	688,81	288391,23	0	0	0	0	288391,23	238951,23	Melimpas	9,67
15	3600	0,14	487,39	288878,62	0	0	0	0	288878,62	239438,62	Melimpas	9,69
16	3600	0,10	344,87	289223,50	0	0	0	0	289223,50	239783,50	Melimpas	9,70
17	3600	0,07	244,03	289467,52	0	0	0	0	289467,52	240027,52	Melimpas	9,71
18	3600	0,05	172,67	289640,19	0	0	0	0	289640,19	240200,19	Melimpas	9,72
19	3600	0,03	122,18	289762,37	0	0	0	0	289762,37	240322,37	Melimpas	9,72
20	3600	0,02	86,45	289848,82	0	0	0	0	289848,82	240408,82	Melimpas	9,73
21	3600	0,02	61,17	289910,00	0	0	0	0	289910,00	240470,00	Melimpas	9,73
22	3600	0,01	43,28	289953,28	0	0	0	0	289953,28	240513,28	Melimpas	9,73
23	3600	0,01	30,63	289983,91	0	0	0	0	289983,91	240543,91	Melimpas	9,73
24	3600	0,01	21,67	290005,58	0	0	0	0	290005,58	240565,58	Melimpas	9,73

Sumber: Hasil analisis

4.4 Analisis Pompa Drainase

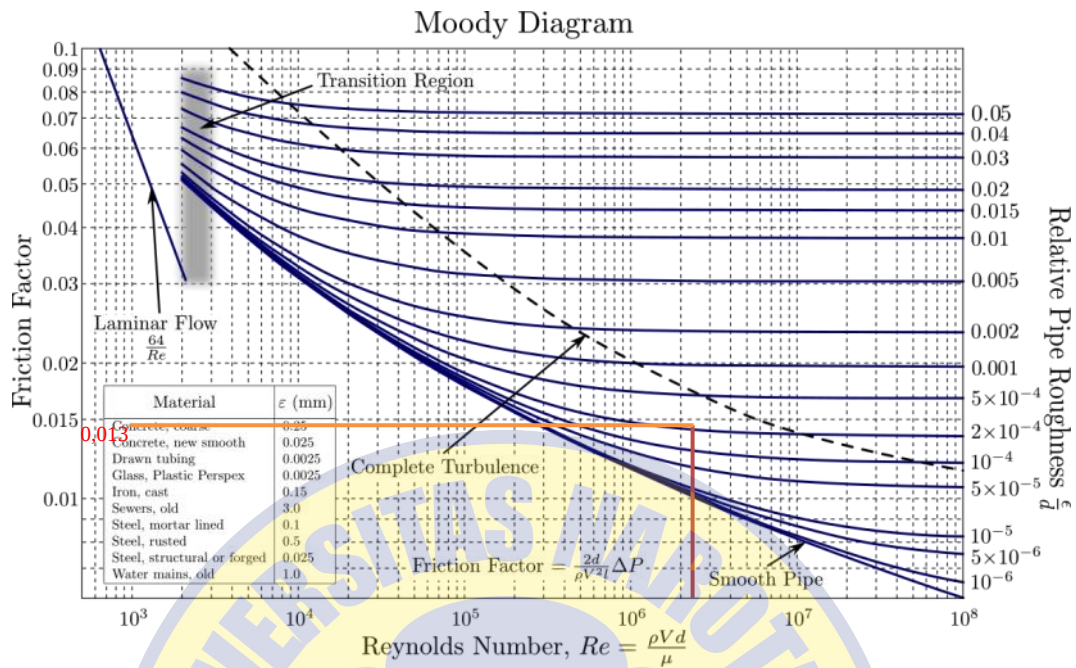
Bahan yang dipergunakan pada pipa pompa adalah besi galvanisir yang memiliki nilai ekuivalen (e) 0,15 mm atau 0,00015 meter dengan diameter pompa sebesar 130 cm atau 1,3 meter. Dengan persamaan kekasaran relatif sehingga hasil yang didapat sebagai berikut:

$$\frac{e}{D} = \frac{0,00015}{1,2} = 0,000125 = 1,25 \times 10^{-4}$$

Karena cairan yang di pompa hanyalah air maka massa jenis cairannya adalah 1000 kg/m³ juga memiliki viskositas absolut cairan sebesar 0,001 Newton/m². Dengan kecepatan rata-rata air dalam pipa adalah 3,18 m/dt. Dengan menggunakan persamaan 2-71 didapatkan nilai bilangan Reynold seperti berikut:

$$Re = \frac{1000 \times 3,18 \times 1,2}{0,001} = 3.819.719 = 3,8 \times 10^6$$

Dengan nilai bilangan Reynold diketahui serta nilai dari kekasaran relatif juga didapat, kemudian dicari nilai f dalam diagram Moody.



Gambar 4. 12 Nilai f dalam Diagram Moody

Sumber: Hasil analisis

Pipa pompa yang terdapat di Boezem Kalidami memiliki panjang total 75,1 meter. Sehingga dengan persamaan 2-69 dapat diketahui *head loss* mayor yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$h_{lp} = 0,013 \frac{75,1}{1,2} \frac{3,18^2}{2 \times 9,8} = 0,42 \text{ m}$$

Terdapat 4 sambungan utama pada pompa maka dapat diketahui besaran koefisien gesekan untuk *head loss* minor yaitu sebagai berikut:

$$h_{lf} = (0,85 + 0,22 + 0,67 + 0,3) \frac{3,18}{2 \times 9,8} = 1,05 \text{ m}$$

Dengan *head* statis pompa adalah sebesar 13.790 mm, maka total *head* yang didapat adalah sebagai berikut:

$$H = 0 + \left(\frac{1,5^2 \text{ m/s}}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \right) + 13,79 \text{ m} + 1,48 \text{ m} = 15,78 \text{ m}$$

Dengan daya hidrolis pompa sebesar:

$$P_h = 9,8 \times 15,78 \times 3 = 463,99$$

Dan daya motor pompa sebesar:

$$P_i = 380 \times 150 \times \cos 83,6 = 1,27$$

Maka efisiensi pompa dapat ditentukan seperti berikut:

$$\eta_p = \frac{463,99}{6,35} \times 100\% = 73,03\%$$

Sehingga jika rumah pompa boezem Kalidami memiliki 7 buah pompa dengan kapasitas masing-masing pompa adalah sebesar 3 m³/dt, maka total kapasitas yang efisien adalah sebesar 15,33 m³/dt

Jika menghitung kembali penelusuran banjir dengan memasukkan efisiensi pompa sebagai salah satu faktor dalam perhitungan, maka hasilnya akan seperti berikut:

Tabel 4. 36 Penelusuran banjir dengan pompa 3 m³/dt dengan periode ulang 2 tahun

t	Δt	Q	Vin	Vinkum	n	Qpompa	Vout	Voutkum	Vkendali	Vlimpasan	Keterangan	H
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
0,23	835,37	0,67	561,36	561,36	0	0	0	0	561,36	-48878,64	Tidak melimpas	-
0,31	278,46	1,69	470,24	1031,60	0	0	0	0	1031,60	-48408,40	Tidak melimpas	-
0,62	1113,83	10,20	11364,41	12396,01	0	0	0	0	12396,01	-37043,99	Tidak melimpas	-
0,93	1113,83	29,72	33098,78	45494,79	0	0	0	0	45494,79	-3945,21	Tidak melimpas	-
1,42	1779,04	22,74	40458,42	85953,21	7	15,3357	27282,7	27282,7	58670,48	9230,48	Melimpas	0,37
1,58	564,09	20,41	11510,44	97463,65	7	15,3357	8650,62	35933,4	61530,30	12090,30	Melimpas	0,49
2,14	2023,61	13,83	27989,22	125452,88	7	15,3357	31033,3	66966,7	58486,18	9046,18	Melimpas	0,37
2,67	1898,58	9,60	18232,46	143685,33	7	15,3357	29116	96082,7	47602,67	-1837,33	Tidak melimpas	-
3,32	2346,27	7,11	16682,22	160367,55	3	6,57243	15420,7	111503	48864,22	-575,78	Tidak melimpas	-
3,41	330,46	6,82	2252,21	162619,77	3	6,57243	2171,93	113675	48944,51	-495,49	Tidak melimpas	-
3,53	438,81	6,44	2827,16	165446,93	3	6,57243	2884,03	116559	48887,64	-552,36	Tidak melimpas	-
4,32	2823,46	4,49	12669,72	178116,65	3	6,57243	18556,9	135116	43000,41	-6439,59	Tidak melimpas	-
5,18	3110,90	3,01	9371,08	187487,73	3	6,57243	20446,2	155562	31925,34	-17514,66	Tidak melimpas	-
5,28	348,07	2,88	1002,79	188490,52	3	6,57243	2287,68	157850	30640,44	-18799,56	Tidak melimpas	-
6	2595,23	2,25	5826,65	194317,17	3	6,57243	17056,9	174907	19410,16	-30029,84	Tidak melimpas	-
7	3600	1,59	5719,07	200036,24	0	0	0	174907	25129,23	-24310,77	Tidak melimpas	-
8	3600	1,12	4046,73	204082,97	0	0	0	174907	29175,96	-20264,04	Tidak melimpas	-
9	3600	0,80	2863,41	206946,38	0	0	0	174907	32039,37	-17400,63	Tidak melimpas	-
10	3600	0,56	2026,11	208972,49	0	0	0	174907	34065,48	-15374,52	Tidak melimpas	-
11	3600	0,40	1433,64	210406,13	0	0	0	174907	35499,12	-13940,88	Tidak melimpas	-

12	3600	0,28	1014,42	211420,55	0	0	0	174907	36513,54	-12926,46	Tidak melimpas	-
13	3600	0,20	717,79	212138,35	0	0	0	174907	37231,34	-12208,66	Tidak melimpas	-
14	3600	0,14	507,90	212646,25	0	0	0	174907	37739,24	-11700,76	Tidak melimpas	-
15	3600	0,10	359,38	213005,63	0	0	0	174907	38098,62	-11341,38	Tidak melimpas	-
16	3600	0,07	254,29	213259,92	0	0	0	174907	38352,91	-11087,09	Tidak melimpas	-
17	3600	0,05	179,93	213439,86	0	0	0	174907	38532,85	-10907,15	Tidak melimpas	-
18	3600	0,04	127,32	213567,18	0	0	0	174907	38660,16	-10779,84	Tidak melimpas	-
19	3600	0,03	90,09	213657,27	0	0	0	174907	38750,25	-10689,75	Tidak melimpas	-
20	3600	0,02	63,75	213721,01	0	0	0	174907	38814,00	-10626,00	Tidak melimpas	-
21	3600	0,01	45,11	213766,12	0	0	0	174907	38859,11	-10580,89	Tidak melimpas	-
22	3600	0,01	31,92	213798,03	0	0	0	174907	38891,02	-10548,98	Tidak melimpas	-
23	3600	0,01	22,58	213820,62	0	0	0	174907	38913,60	-10526,40	Tidak melimpas	-
24	3600	0,00	15,98	213836,60	0	0	0	174907	38929,58	-10510,42	Tidak melimpas	-

Sumber: Hasil analisis

Tabel 4. 37 Penelusuran banjir dengan pompa 3 m³/dt dengan periode ulang 5 tahun

t	Δt	Q	Vin	Vinkum	n	Qpompa	Vout	Voutkum	Vkendali	Vlimpasan	Keterangan	H
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
0,23	835,37	0,83	689,49	689,49	0	0	0	0	689,49	-48750,51	Tidak melimpas	-
0,31	278,46	2,07	577,57	1267,06	0	0	0	0	1267,06	-48172,94	Tidak melimpas	-
0,62	1113,83	12,53	13958,36	15225,42	0	0	0	0	15225,42	-34214,58	Tidak melimpas	-
0,93	1113,83	36,50	40653,66	55879,08	3	6,57243	7320,58	7320,58	48558,50	-881,50	Tidak melimpas	-
1,42	1779,04	27,93	49693,16	105572,24	7	15,3357	27282,7	34603,3	70968,92	21528,92	Melimpas	0,87

1,58	564,09	25,06	14137,73	119709,97	7	15,3357	8650,62	43253,9	76456,03	27016,03	Melimpas	1,09
2,14	2023,61	16,99	34377,83	154087,80	7	15,3357	31033,3	74287,3	79800,52	30360,52	Melimpas	1,23
2,67	1898,58	11,80	22394,06	176481,86	7	15,3357	29116	103403	73078,62	23638,62	Melimpas	0,96
3,32	2346,27	8,73	20489,98	196971,84	7	15,3357	35981,6	139385	57587,03	8147,03	Melimpas	0,33
3,41	330,46	8,37	2766,29	199738,12	7	15,3357	5067,83	144453	55285,49	5845,49	Melimpas	0,24
3,53	438,81	7,91	3472,47	203210,59	7	15,3357	6729,41	151182	52028,54	2588,54	Melimpas	0,10
4,32	2823,46	5,51	15561,62	218772,21	4	8,76323	24742,6	175925	42847,57	-6592,43	Tidak melimpas	-
5,18	3110,90	3,70	11510,06	230282,27	4	8,76323	27261,5	203186	27096,07	-22343,93	Tidak melimpas	-
5,28	348,07	3,54	1231,67	231513,94	2	4,38162	1525,12	204711	26802,63	-22637,37	Tidak melimpas	-
6	2595,23	2,76	7156,60	238670,54	2	4,38162	11371,3	216083	22587,94	-26852,06	Tidak melimpas	-
7	3600	1,95	7024,46	245695,00	0	0	0	216083	29612,40	-19827,60	Tidak melimpas	-
8	3600	1,38	4970,41	250665,41	0	0	0	216083	34582,81	-14857,19	Tidak melimpas	-
9	3600	0,98	3516,99	254182,40	0	0	0	216083	38099,80	-11340,20	Tidak melimpas	-
10	3600	0,69	2488,57	256670,97	0	0	0	216083	40588,37	-8851,63	Tidak melimpas	-
11	3600	0,49	1760,88	258431,84	0	0	0	216083	42349,24	-7090,76	Tidak melimpas	-
12	3600	0,35	1245,97	259677,81	0	0	0	216083	43595,21	-5844,79	Tidak melimpas	-
13	3600	0,24	881,63	260559,44	0	0	0	216083	44476,84	-4963,16	Tidak melimpas	-
14	3600	0,17	623,83	261183,27	0	0	0	216083	45100,67	-4339,33	Tidak melimpas	-
15	3600	0,12	441,41	261624,68	0	0	0	216083	45542,08	-3897,92	Tidak melimpas	-
16	3600	0,09	312,34	261937,02	0	0	0	216083	45854,42	-3585,58	Tidak melimpas	-
17	3600	0,06	221,00	262158,03	0	0	0	216083	46075,42	-3364,58	Tidak melimpas	-
18	3600	0,04	156,38	262314,41	0	0	0	216083	46231,80	-3208,20	Tidak melimpas	-
19	3600	0,03	110,65	262425,06	0	0	0	216083	46342,46	-3097,54	Tidak melimpas	-
20	3600	0,02	78,30	262503,35	0	0	0	216083	46420,75	-3019,25	Tidak melimpas	-

21	3600	0,02	55,40	262558,75	0	0	0	216083	46476,15	-2963,85	Tidak melimpas	-
22	3600	0,01	39,20	262597,96	0	0	0	216083	46515,35	-2924,65	Tidak melimpas	-
23	3600	0,01	27,74	262625,69	0	0	0	216083	46543,09	-2896,91	Tidak melimpas	-
24	3600	0,01	19,63	262645,32	0	0	0	216083	46562,72	-2877,28	Tidak melimpas	-

Sumber: Hasil analisis

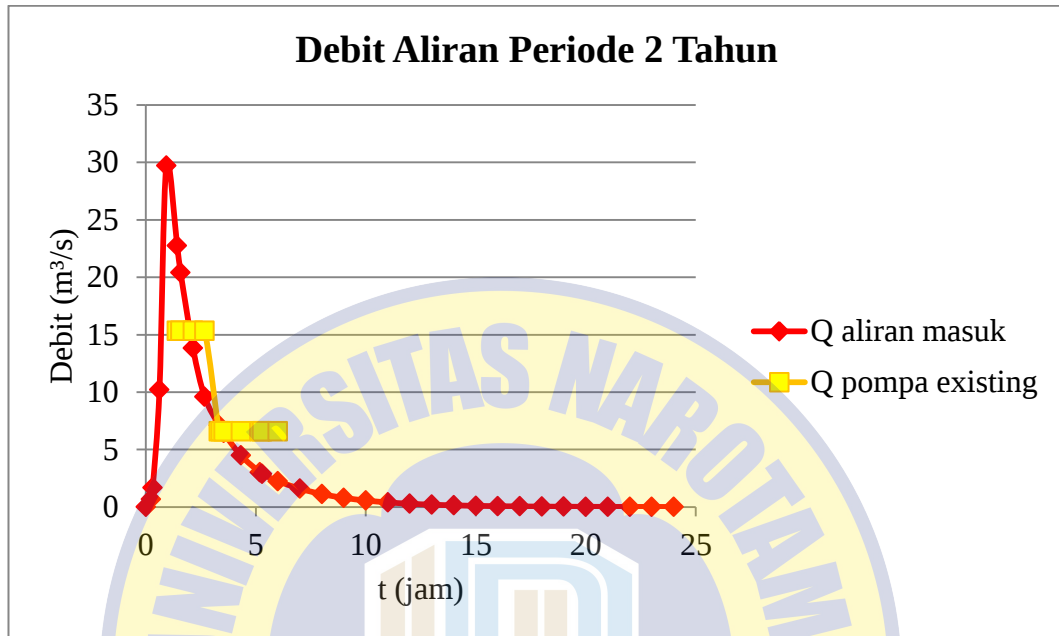
Tabel 4. 38 Penelusuran banjir dengan pompa 3 m³/dt dengan periode ulang 10 tahun

t	Δt	Q	Vin	Vinkum	n	Qpompa	Vout	Voutkum	Vkendali	Vlimpasan	Keterangan	H
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
0,23	835,37	0,91	761,32	761,32	0	0	0	0	761,32	-48678,68	Tidak melimpas	-
0,31	278,46	2,29	637,74	1399,06	0	0	0	0	1399,06	-48040,94	Tidak melimpas	-
0,62	1113,83	13,84	15412,43	16811,48	0	0	0	0	16811,48	-32628,52	Tidak melimpas	-
0,93	1113,83	40,30	44888,63	61700,11	6	13,1449	14641,2	14641,2	47058,95	-2381,05	Tidak melimpas	-
1,42	1779,04	30,84	54869,79	116569,90	7	15,3357	27282,7	41923,9	74646,00	25206,00	Melimpas	1,02
1,58	564,09	27,67	15610,48	132180,38	7	15,3357	8650,62	50574,5	81605,86	32165,86	Melimpas	1,30
2,14	2023,61	18,76	37959,04	170139,42	7	15,3357	31033,3	81607,9	88531,55	39091,55	Melimpas	1,58
2,67	1898,58	13,02	24726,89	194866,31	7	15,3357	29116	110724	84142,49	34702,49	Melimpas	1,40
3,32	2346,27	9,64	22624,46	217490,77	7	15,3357	35981,6	146705	70785,37	21345,37	Melimpas	0,86
3,41	330,46	9,24	3054,46	220545,22	7	15,3357	5067,83	151773	68772,00	19332,00	Melimpas	0,78
3,53	438,81	8,74	3834,20	224379,42	7	15,3357	6729,41	158503	65876,79	16436,79	Melimpas	0,66
4,32	2823,46	6,09	17182,70	241562,13	6	13,1449	37113,9	195617	45945,60	-3494,40	Tidak melimpas	-
5,18	3110,90	4,09	12709,08	254271,21	5	10,954	34076,9	229693	24577,75	-24862,25	Tidak melimpas	-
5,28	348,07	3,91	1359,98	255631,19	5	10,954	3812,8	233506	22124,92	-27315,08	Tidak melimpas	-

6	2595,23	3,04	7902,12	263533,30	2	4,38162	11371,3	244878	18655,75	-30784,25	Tidak melimpas	-
7	3600	2,15	7756,21	271289,52	0	0	0	244878	26411,96	-23028,04	Tidak melimpas	-
8	3600	1,52	5488,18	276777,70	0	0	0	244878	31900,15	-17539,85	Tidak melimpas	-
9	3600	1,08	3883,36	280661,06	0	0	0	244878	35783,51	-13656,49	Tidak melimpas	-
10	3600	0,76	2747,81	283408,87	0	0	0	244878	38531,32	-10908,68	Tidak melimpas	-
11	3600	0,54	1944,31	285353,18	0	0	0	244878	40475,62	-8964,38	Tidak melimpas	-
12	3600	0,38	1375,76	286728,94	0	0	0	244878	41851,39	-7588,61	Tidak melimpas	-
13	3600	0,27	973,47	287702,41	0	0	0	244878	42824,86	-6615,14	Tidak melimpas	-
14	3600	0,19	688,81	288391,23	0	0	0	244878	43513,67	-5926,33	Tidak melimpas	-
15	3600	0,14	487,39	288878,62	0	0	0	244878	44001,07	-5438,93	Tidak melimpas	-
16	3600	0,10	344,87	289223,50	0	0	0	244878	44345,94	-5094,06	Tidak melimpas	-
17	3600	0,07	244,03	289467,52	0	0	0	244878	44589,97	-4850,03	Tidak melimpas	-
18	3600	0,05	172,67	289640,19	0	0	0	244878	44762,64	-4677,36	Tidak melimpas	-
19	3600	0,03	122,18	289762,37	0	0	0	244878	44884,82	-4555,18	Tidak melimpas	-
20	3600	0,02	86,45	289848,82	0	0	0	244878	44971,27	-4468,73	Tidak melimpas	-
21	3600	0,02	61,17	289910,00	0	0	0	244878	45032,44	-4407,56	Tidak melimpas	-
22	3600	0,01	43,28	289953,28	0	0	0	244878	45075,73	-4364,27	Tidak melimpas	-
23	3600	0,01	30,63	289983,91	0	0	0	244878	45106,36	-4333,64	Tidak melimpas	-
24	3600	0,01	21,67	290005,58	0	0	0	244878	45128,03	-4311,97	Tidak melimpas	-

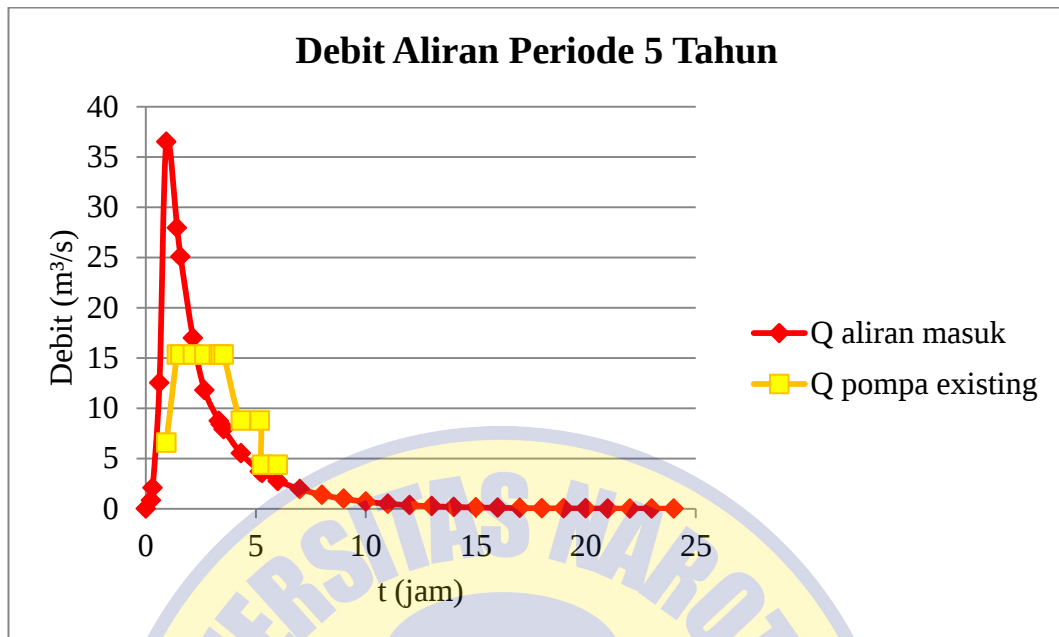
Sumber: Hasil analisis

Dengan penggambaran grafik masing-masing tahun antara periode ulang 2, 5, dan 10 tahun, seperti berikut:



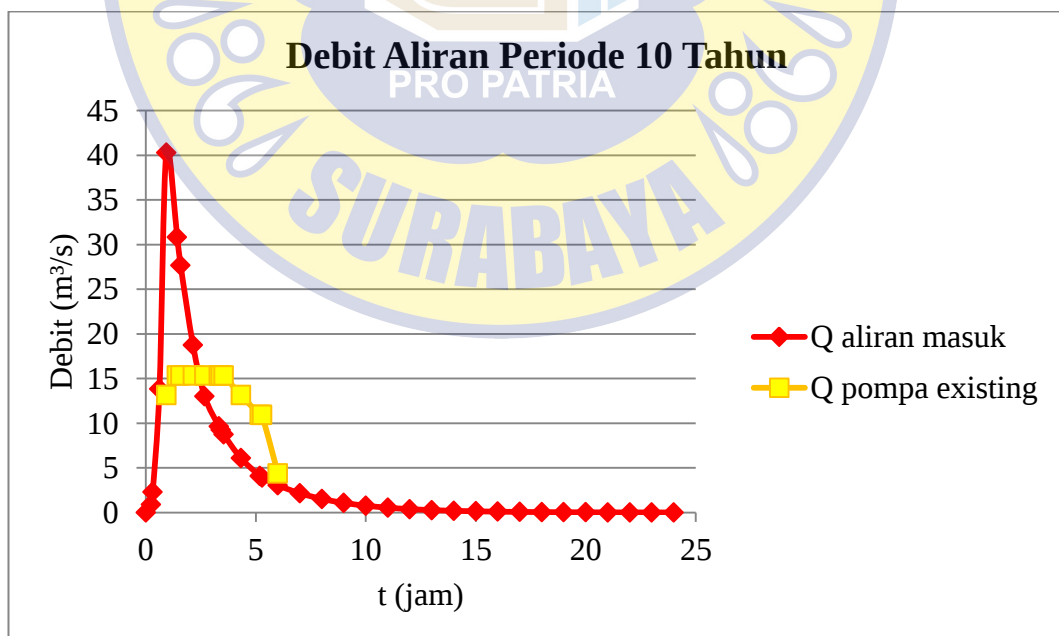
Gambar 4. 13 Debit aliran dengan pompa 3 m³/dt pada periode 2 tahun

Sumber: Hasil analisis



Gambar 4. 14 Debit aliran dengan pompa 3 m^3/dt pada periode 5 tahun

Sumber: Hasil analisis



Gambar 4. 15 Debit aliran dengan pompa 3 m^3/dt pada periode 10 tahun

Sumber: Hasil analisis

Jika direncanakan penambahan pompa hingga 10 buah dengan penambahan kapasitas masing-masing pompa hingga 5 m³/dt, namun dengan efisiensi yang serupa yaitu 73,03% maka total kapasitas efisien pompa rencana adalah 36,51 m³/dt. Dengan perhitungan penelusuran banjir sebelumnya namun kapasitas pompa diganti dengan kapasitas pompa rencana akan menghasilkan perhitungan seperti berikut:



Tabel 4. 39 Penelusuran banjir dengan pompa 5 m³/dt dengan periode ulang 2 tahun

t	Δt	Q	Vin	Vinkum	n	Qpompa	Vout	Voutkum	Vkendali	Vlimpasan	Keterangan	H
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
0,23	835,37	0,67	561,36	214397,96	0	0	0	174907,01	39490,95	-9949,05	Tidak melimpas	-
0,31	278,46	1,69	470,24	214868,19	0	0	0	174907,01	39961,18	-9478,82	Tidak melimpas	-
0,62	1113,83	10,20	11364,41	226232,60	1	3,65	4066,99	178974,00	47258,60	-2181,40	Tidak melimpas	-
0,93	1113,83	29,72	33098,78	259331,38	8	29,21	32535,93	211509,93	47821,45	-1618,55	Tidak melimpas	-
1,42	1779,04	22,74	40458,42	299789,80	6	21,91	38975,33	250485,26	49304,55	-135,45	Tidak melimpas	-
1,58	564,09	20,41	11510,44	311300,25	6	21,91	12358,03	262843,29	48456,96	-983,04	Tidak melimpas	-
2,14	2023,61	13,83	27989,22	339289,47	4	14,61	29555,57	292398,86	46890,61	-2549,39	Tidak melimpas	-
2,67	1898,58	9,60	18232,46	357521,93	3	10,95	20797,11	313195,97	44325,96	-5114,04	Tidak melimpas	-
3,32	2346,27	7,11	16682,22	374204,15	2	7,30	17134,08	330330,05	43874,10	-5565,90	Tidak melimpas	-
3,41	330,46	6,82	2252,21	376456,36	2	7,30	2413,25	332743,30	43713,06	-5726,94	Tidak melimpas	-
3,53	438,81	6,44	2827,16	379283,52	2	7,30	3204,48	335947,78	43335,74	-6104,26	Tidak melimpas	-
4,32	2823,46	4,49	12669,72	391953,25	2	7,30	20618,83	356566,61	35386,63	-14053,37	Tidak melimpas	-
5,18	3110,90	3,01	9371,08	401324,33	2	7,30	22717,96	379284,57	22039,76	-27400,24	Tidak melimpas	-
5,28	348,07	2,88	1002,79	402327,11	0	0	0	379284,57	23042,54	-26397,46	Tidak melimpas	-
6	2595,23	2,25	5826,65	408153,77	0	0	0	379284,57	28869,20	-20570,80	Tidak melimpas	-
7	3600	1,59	5719,07	413872,84	0	0	0	379284,57	34588,27	-14851,73	Tidak melimpas	-
8	3600	1,12	4046,73	417919,57	0	0	0	379284,57	38635,00	-10805,00	Tidak melimpas	-
9	3600	0,80	2863,41	420782,98	0	0	0	379284,57	41498,41	-7941,59	Tidak melimpas	-
10	3600	0,56	2026,11	422809,08	0	0	0	379284,57	43524,51	-5915,49	Tidak melimpas	-
11	3600	0,40	1433,64	424242,73	0	0	0	379284,57	44958,16	-4481,84	Tidak melimpas	-

12	3600	0,28	1014,42	425257,15	0	0	0	379284,57	45972,58	-3467,42	Tidak melimpas	-
13	3600	0,20	717,79	425974,94	0	0	0	379284,57	46690,37	-2749,63	Tidak melimpas	-
14	3600	0,14	507,90	426482,84	0	0	0	379284,57	47198,27	-2241,73	Tidak melimpas	-
15	3600	0,10	359,38	426842,22	0	0	0	379284,57	47557,65	-1882,35	Tidak melimpas	-
16	3600	0,07	254,29	427096,52	0	0	0	379284,57	47811,95	-1628,05	Tidak melimpas	-
17	3600	0,05	179,93	427276,45	0	0	0	379284,57	47991,88	-1448,12	Tidak melimpas	-
18	3600	0,04	127,32	427403,77	0	0	0	379284,57	48119,20	-1320,80	Tidak melimpas	-
19	3600	0,03	90,09	427493,86	0	0	0	379284,57	48209,29	-1230,71	Tidak melimpas	-
20	3600	0,02	63,75	427557,61	0	0	0	379284,57	48273,04	-1166,96	Tidak melimpas	-
21	3600	0,01	45,11	427602,71	0	0	0	379284,57	48318,14	-1121,86	Tidak melimpas	-
22	3600	0,01	31,92	427634,63	0	0	0	379284,57	48350,06	-1089,94	Tidak melimpas	-
23	3600	0,01	22,58	427657,21	0	0	0	379284,57	48372,64	-1067,36	Tidak melimpas	-
24	3600	0,00	15,98	427673,19	0	0	0	379284,57	48388,62	-1051,38	Tidak melimpas	-

Sumber: Hasil analisis

Tabel 4. 40 Penelusuran banjir dengan pompa 5 m³/dt dengan periode ulang 5 tahun

t	Δt	Q	Vin	Vinkum	n	Qpompa	Vout	Voutkum	Vkendali	Vlimpasan	Keterangan	H
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
0,23	835,37	0,83	689,49	263334,81	0	0	0	216082	47252	-2187,79	Tidak melimpas	-
0,31	278,46	2,07	577,57	263912,38	0	0	0	216082	47829	-1610,22	Tidak melimpas	-
0,62	1113,83	12,53	13958,36	277870,74	4	14,61	16267,96	232350	45520	-3919,82	Tidak melimpas	-
0,93	1113,83	36,50	40653,66	318524,40	10	36,51	40669,91	273020	45503	-3936,07	Tidak melimpas	-
1,42	1779,04	27,93	49693,16	368217,56	8	29,21	51967,10	324987	43229	-6210,02	Tidak melimpas	-

1,58	564,09	25,06	14137,73	382355,29	5	18,26	10298,36	335285	47069	-2370,65	Tidak melimpas	-
2,14	2023,61	16,99	34377,83	416733,12	5	18,26	36944,46	372230	44502	-4937,28	Tidak melimpas	-
2,67	1898,58	11,80	22394,06	439127,18	3	10,95	20797,11	393027	46099	-3340,33	Tidak melimpas	-
3,32	2346,27	8,73	20489,98	459617,16	3	10,95	25701,12	418728	40888	-8551,47	Tidak melimpas	-
3,41	330,46	8,37	2766,29	462383,45	3	10,95	3619,88	422348	40034	-9405,06	Tidak melimpas	-
3,53	438,81	7,91	3472,47	465855,91	3	10,95	4806,72	427155	38700	-10739,32	Tidak melimpas	-
4,32	2823,46	5,51	15561,62	481417,53	3	10,95	30928,25	458083	23334	-26105,95	Tidak melimpas	-
5,18	3110,90	3,70	11510,06	492927,59	2	7,30	22717,96	480801	12126	-37313,85	Tidak melimpas	-
5,28	348,07	3,54	1231,67	494159,26	0	0	0	480801	13357	-36082,17	Tidak melimpas	-
6	2595,23	2,76	7156,60	501315,86	0	0	0	480801	20514	-28925,57	Tidak melimpas	-
7	3600	1,95	7024,46	508340,32	0	0	0	480801	27538	-21901,11	Tidak melimpas	-
8	3600	1,38	4970,41	513310,73	0	0	0	480801	32509	-16930,70	Tidak melimpas	-
9	3600	0,98	3516,99	516827,72	0	0	0	480801	36026	-13413,71	Tidak melimpas	-
10	3600	0,69	2488,57	519316,29	0	0	0	480801	38514	-10925,15	Tidak melimpas	-
11	3600	0,49	1760,88	521077,16	0	0	0	480801	40275	-9164,27	Tidak melimpas	-
12	3600	0,35	1245,97	522323,13	0	0	0	480801	41521	-7918,30	Tidak melimpas	-
13	3600	0,24	881,63	523204,76	0	0	0	480801	42403	-7036,67	Tidak melimpas	-
14	3600	0,17	623,83	523828,59	0	0	0	480801	43027	-6412,84	Tidak melimpas	-
15	3600	0,12	441,41	524270,00	0	0	0	480801	43468	-5971,43	Tidak melimpas	-
16	3600	0,09	312,34	524582,34	0	0	0	480801	43780	-5659,09	Tidak melimpas	-
17	3600	0,06	221,00	524803,35	0	0	0	480801	44001	-5438,09	Tidak melimpas	-
18	3600	0,04	156,38	524959,73	0	0	0	480801	44158	-5281,71	Tidak melimpas	-
19	3600	0,03	110,65	525070,38	0	0	0	480801	44268	-5171,06	Tidak melimpas	-
20	3600	0,02	78,30	525148,67	0	0	0	480801	44347	-5092,76	Tidak melimpas	-

21	3600	0,02	55,40	525204,07	0	0	0	480801	44402	-5037,36	Tidak melimpas	-
22	3600	0,01	39,20	525243,28	0	0	0	480801	44441	-4998,16	Tidak melimpas	-
23	3600	0,01	27,74	525271,01	0	0	0	480801	44469	-4970,42	Tidak melimpas	-
24	3600	0,01	19,63	525290,64	0	0	0	480801	44489	-4950,79	Tidak melimpas	-

Sumber: Hasil analisis

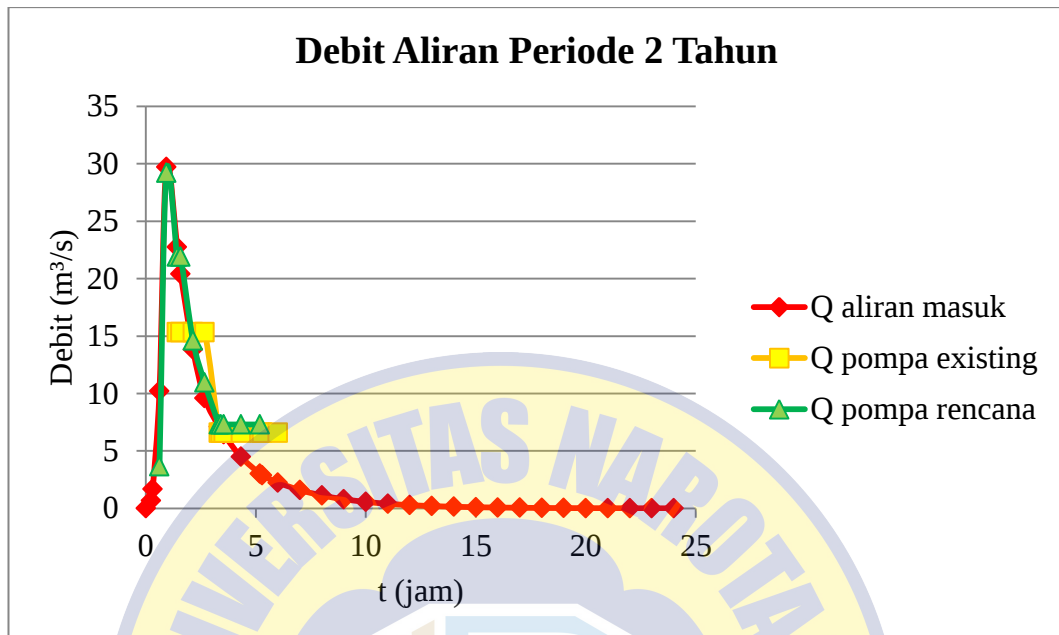
Tabel 4. 41 Penelusuran banjir dengan pompa 5 m³/dt dengan periode ulang 10 tahun

t	Δt	Q	Vin	Vinkum	n	Qpompa	Vout	Voutkum	Vkendali	Vlimpasan	Keterangan	H
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
0,23	835	0,91	761,32	290766,90	0	0	0	244878	45889	-3550,65	Tidak melimpas	-
0,31	278	2,29	637,74	291404,64	0	0	0	244878	46527	-2912,92	Tidak melimpas	-
0,62	1114	13,84	15412,43	306817,07	4	14,61	16267,96	261146	45672	-3768,45	Tidak melimpas	-
0,93	1114	40,30	44888,63	351705,69	10	36,51	40669,91	301815	49890	450,27	Melimpas	0,02
1,42	1779	30,84	54869,79	406575,48	9	32,86	58462,99	360278	46297	-3142,94	Tidak melimpas	-
1,58	564	27,67	15610,48	422185,96	7	25,56	14417,70	374696	47490	-1950,16	Tidak melimpas	-
2,14	2024	18,76	37959,04	460145,00	6	21,91	44333,36	419029	41116	-8324,48	Tidak melimpas	-
2,67	1899	13,02	24726,89	484871,89	5	18,26	34661,85	453691	31181	-18259,44	Tidak melimpas	-
3,32	2346	9,64	22624,46	507496,35	4	14,61	34268,16	487959	19537	-29903,14	Tidak melimpas	-
3,41	330	9,24	3054,46	510550,80	4	14,61	4826,50	492786	17765	-31675,19	Tidak melimpas	-
3,53	439	8,74	3834,20	514385,01	4	14,61	6408,96	499195	15190	-34249,95	Tidak melimpas	-
4,32	2823	6,09	17182,70	531567,71	4	14,61	41237,66	540433	-8865	-58304,91	Tidak melimpas	-
5,18	3111	4,09	12709,08	544276,79	0	0	0	540433	3844	-45595,83	Tidak melimpas	-
5,28	348	3,91	1359,98	545636,77	0	0	0	540433	5204	-44235,85	Tidak melimpas	-

6	2595	3,04	7902,12	553538,89	0	0	0	540433	13106	-36333,73	Tidak melimpas	-
7	3600	2,15	7756,21	561295,10	0	0	0	540433	20862	-28577,52	Tidak melimpas	-
8	3600	1,52	5488,18	566783,28	0	0	0	540433	26351	-23089,33	Tidak melimpas	-
9	3600	1,08	3883,36	570666,64	0	0	0	540433	30234	-19205,98	Tidak melimpas	-
10	3600	0,76	2747,81	573414,45	0	0	0	540433	32982	-16458,17	Tidak melimpas	-
11	3600	0,54	1944,31	575358,76	0	0	0	540433	34926	-14513,86	Tidak melimpas	-
12	3600	0,38	1375,76	576734,52	0	0	0	540433	36302	-13138,09	Tidak melimpas	-
13	3600	0,27	973,47	577707,99	0	0	0	540433	37275	-12164,62	Tidak melimpas	-
14	3600	0,19	688,81	578396,81	0	0	0	540433	37964	-11475,81	Tidak melimpas	-
15	3600	0,14	487,39	578884,20	0	0	0	540433	38452	-10988,41	Tidak melimpas	-
16	3600	0,10	344,87	579229,08	0	0	0	540433	38796	-10643,54	Tidak melimpas	-
17	3600	0,07	244,03	579473,10	0	0	0	540433	39040	-10399,51	Tidak melimpas	-
18	3600	0,05	172,67	579645,77	0	0	0	540433	39213	-10226,84	Tidak melimpas	-
19	3600	0,03	122,18	579767,95	0	0	0	540433	39335	-10104,66	Tidak melimpas	-
20	3600	0,02	86,45	579854,41	0	0	0	540433	39422	-10018,21	Tidak melimpas	-
21	3600	0,02	61,17	579915,58	0	0	0	540433	39483	-9957,04	Tidak melimpas	-
22	3600	0,01	43,28	579958,86	0	0	0	540433	39526	-9913,75	Tidak melimpas	-
23	3600	0,01	30,63	579989,49	0	0	0	540433	39557	-9883,13	Tidak melimpas	-
24	3600	0,01	21,67	580011,16	0	0	0	540433	39579	-9861,45	Tidak melimpas	-

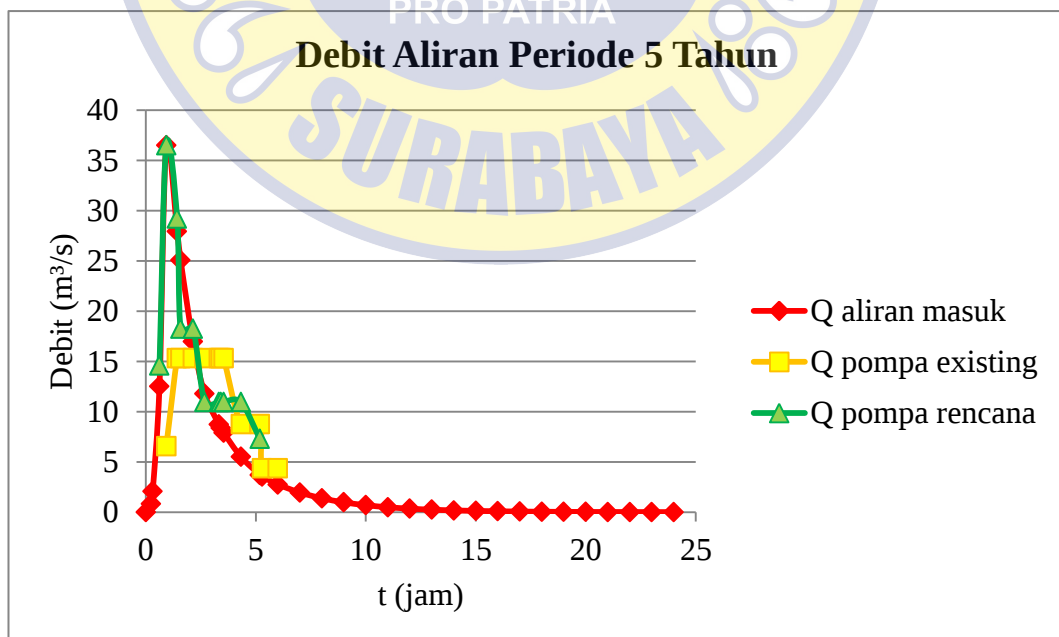
Sumber: Hasil analisis

Dengan penggambaran grafik masing-masing tahunnya sebagai berikut:



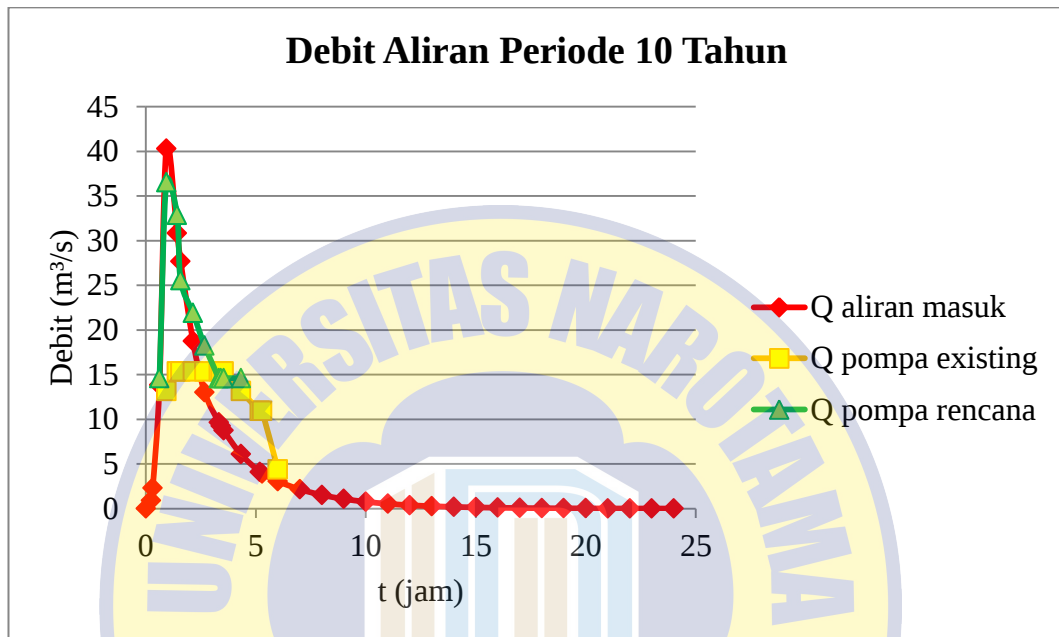
Gambar 4. 16 Debit aliran dengan pompa 5 m³/dt pada periode 2 tahun

Sumber: Hasil analisis



Gambar 4. 17 Debit aliran dengan pompa 5 m³/dt pada periode 5 tahun

Sumber: Hasil analisis



Gambar 4. 18 Debit aliran dengan pompa 5 m³/dt pada periode 10 tahun

Sumber: Hasil analisis

Dengan rencana penambahan kapasitas pompa serta jumlah pompa, terjadi perbedaan peluapan yang signifikan sekali yaitu bahkan tidak terjadi peluapan sama sekali saat periode ulang 2 tahun dan 5 tahun, serta terjadi peluapan sangat kecil yaitu hanya setinggi 2 cm di saat periode ulang 10 tahun.