

BAB IV ANALISIS DATA HIDROLOGI

4.1 Data DAS

Luas DAS Keduang dihitung dari lokasi rencana bangunan pengendali sedimen di Sungai Keduang Desa Brangkal, adalah sebesar 364,38 km² dengan kemiringan rata-rata 21,05%. Panjang sungai utama mencapai 42,85 km dengan ketinggian sungai dibagian hulu adalah 690 m, sedangkan ketinggian sungai dibagian hilir adalah 140 m (kemiringan sungai sebesar 0,0128).

4.2 Data Curah Hujan

Data curah hujan diambil dari 6 stasiun hujan yang terletak di DAS Keduang, yaitu Stasiun Ngadirojo, Stasiun Girimarto, Stasiun Jatipurno, Stasiun Jatisrono, Stasiun Slogohimo, dan Stasiun Jatiroto. Data curah hujan maksimum tiap-tiap stasiun dari tahun 1988 sampai tahun 2007 disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1
Data Curah Hujan Maksimum DAS Keduang

No	Thn	Ngadirojo	Girimarto	Jatipurno	Jatisrono	Slogohimo	Jatiroto
1	1988	146	153	125	125	94	107
2	1989	78	106	75	90	118	84
3	1990	89	102	99	76	70	80
4	1991	38	104	96	88	109	77
5	1992	72	123	104	70	109	74
6	1993	65	129	109	112	95	81
7	1994	68	120	88	81	85	55
8	1995	69	112	98	93	88	90
9	1996	65	99	97	66	92	85
10	1997	58	95	87	67	85	63
11	1998	96	127	107	75	89	69
12	1999	82	124	81	90	59	68
13	2000	97	110	67	63	114	95
14	2001	75	83	68	64	51	85
15	2002	83	98	76	64	70	80
16	2003	63	68	87	63	53	70
17	2004	124	93	99	70	-	75
18	2005	84	102	95	71	65	107
19	2006	65	100	-	92	60	78
20	2007	119	123	108	98	87	117

Sumber: Balai PSDA

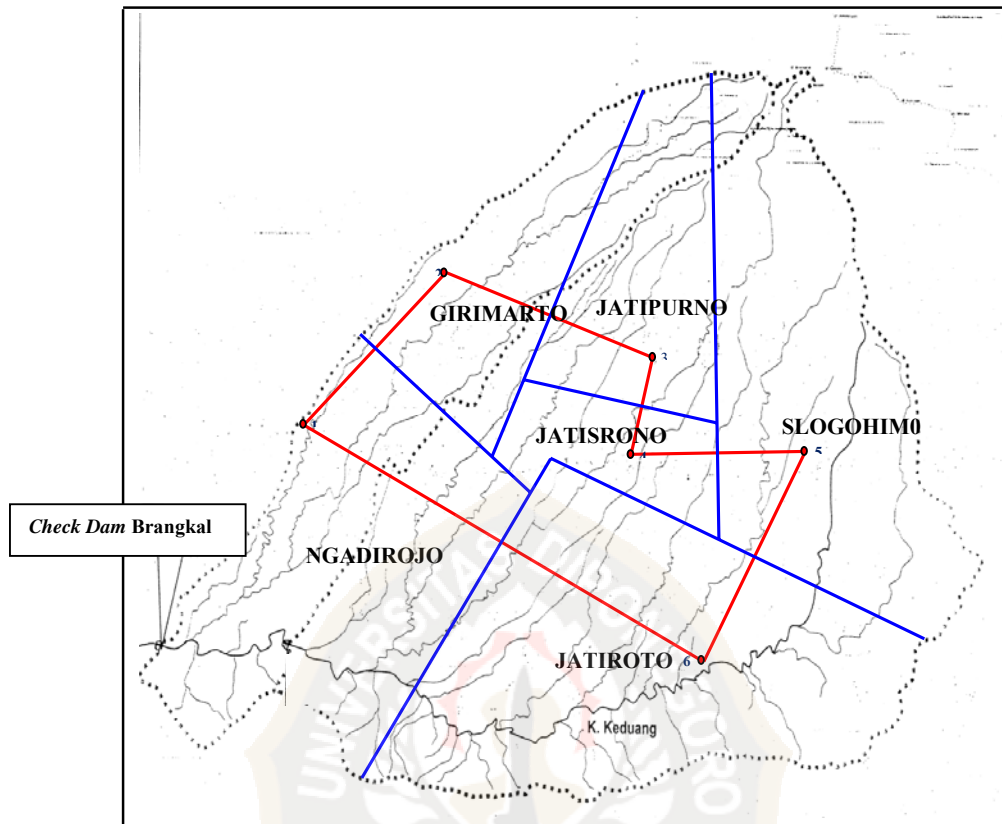
4.3 Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum DAS Dengan Metode Thiessen

Berdasarkan hasil pengukuran peta rupa bumi Wonogiri secara manual dengan kertas milimeter blok transparan didapatkan luas pengaruh masing-masing stasiun hujan, dimana luas pengaruh stasiun hujan Ngadirojo sebesar 65,84 km² dengan koefisien thiessen sebesar 0,1807, sedangkan luas pengaruh stasiun hujan Girimarto sebesar 37,17 km² dengan koefisien thiessen sebesar 0,102. Luas pengaruh dan koefisien thiessen dari masing-masing stasiun hujan disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2
Luas Pengaruh Stasiun Hujan Terhadap DAS Serayu

No	Stasiun Hujan	Luas Pengaruh (km ²)	Koefisien Thiessen
1	Ngadirojo	65,84	0,1807
2	Girimarto	37,17	0,102
3	Jatipurno	43,18	0,1185
4	Jatisrono	20,08	0,0551
5	Slogohimo	86,47	0,2373
6	Jatiroto	111,65	0,3064
	Total	364,38	1
	luas DAS	364,38	

Sumber: Perhitungan



Gambar 4.1
Peta DAS Keduang Dan Poligon Thiessen

Perhitungan curah hujan rata-rata harian maksimum dengan metode Thiessen menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Rh = W_1 \times R_1 + W_2 \times R_2 + W_3 \times R_3 + W_4 \times R_4 + W_5 \times R_5 + W_6 \times R_6 \quad (2.22)$$

Perhitungan:

$$Rh_{1988} = 0,1807 \times 122 + 0,102 \times 153 + 0,1185 \times 0 + 0,0551 \times 125 + 0,2373 \times 94 + 0,3064 \times 107$$

$$Rh_{1988} = 99,630 \text{ mm}$$

Perhitungan curah hujan rata-rata harian maksimum dengan metode Thiessen untuk tahun 1988-2007 disajikan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3
Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Harian Maksimum Tiap Stasiun

Tahun	Ngadirojo	Girimarto	Jatipurno	Jatisrono	Slogohimo	Jatiroto	Rmaks (mm)	Tgl
	0.1807	0.102	0.1185	0.0551	0.2373	0.3064		
1988	146	56	40	0	0	0	36.834	23-May
	122	153	0	125	94	107	99.630	5-Feb
	13	6	125	0	0	8	20.225	7-Feb
1989	78	41	0	67	27	48	43.083	26-Jan
	34	106	29	63	58	9	40.385	2-Nov
	27	30	75	75	31	20	34.443	31-May
	18	32	67	90	10	39	33.738	16-Jan
	10	8	21	12	118	0	33.774	6-Nov
	2	83	72	90	22	84	53.277	2-Jun
1990	89	0	0	20	0	0	17.184	7-Dec
	15	102	0	57	25	45	35.976	3-Dec
	0	44	99	38	12	36	32.191	7-Feb
	19	16	0	76	36	21	24.230	24-Jan
	0	0	0	0	70	0	16.611	12-Nov
	0	21	24	49	10	80	34.571	8-Feb
1991	38	5	0	0	2	0	7.851	20-Apr
	0	104	50	50	47	0	30.441	13-Jan
	3	0	96	0	0	3	12.837	21-Mar
	6	86	0	88	68	34	41.259	11-Feb
	28	64	0	16	109	0	38.335	20-Dec
	10	74	77	0	10	77	44.445	25-Dec
1992	72	26	0	0	0	0	15.662	8 Okt
	39	123	61	62	10	0	32.611	16-Dec
	56	65	104	53	89	55	69.965	14-Feb
	5	4	22	70	52	8	22.566	16-Mar
	25	65	68	10	109	59	63.700	31-Aug
	9	103	33	12	20	74	44.124	25-Nov
1993	65	129	66	43	47	54	62.793	6-Jan
	34	87	109	83	41	3	43.156	7-Apr
	18	61	96	112	49	18	44.165	13-Mar
	9	0	0	0	95	50	39.490	5-Apr
	3	54	52	65	0	81	40.612	6-Apr
1994	68	2	0	0	0	4	13.717	28-Feb
	64	120	34	43	39	50	54.778	17-Jan
	0	113	88	81	51	52	54.452	27-Feb
	16	13	46	6	85	0	30.169	27-Mar
	34	30	27	66	38	55	41.909	3-Mar
1995	69	3	33	40	30	54	42.553	18-Mar
	48	112	77	81	40	70	64.625	13-Mar
	36	75	98	68	32	32	46.913	24-Nov
	43	89	37	93	45	65	56.951	21-Nov
	54	83	42	20	88	90	72.761	6-Feb
1996	65	53	65	12	33	46	47.441	21-Feb
	53	99	52	32	52	62	58.937	12-Feb
	27	42	97	52	60	20	43.889	15-Mar
	25	51	40	66	92	59	58.005	16-Mar
	41	49	35	36	15	85	48.141	13-Feb
1997	58	22	0	0	0	0	12.725	29-Dec
	34	95	87	73	73	0	47.489	9-Feb
	24	80	38	67	10	20	29.193	5-Jan
	0	0	0	0	85	0	20.171	23-Dec
	0	0	16	24	0	63	22.522	27-Nov
1998	96	126	75	42	64	48	71.295	1-Feb

Sumber: Perhitungan

Lanjutan Tabel 4.3

Tahun	Ngadirojo	Girimarto	Jatipurno	Jatisrono	Slogohimo	Jatiroto	Rmaks	Tgl
1998	49	127	63	68	89	68	74.976	16-Jun
	25	108	107	60	3	48	46.938	21-Feb
	32	62	72	75	64	46	54.053	23-Feb
	0	0	0	0	0	69	21.142	18-Oct
1999	82	121	0	40	0	56	46.522	4-Nov
	5	124	40	26	26	0	25.894	14-Apr
	0	75	81	90	45	65	52.802	11-Dec
	13	3	3	8	59	45	31.240	25-Nov
	33	41	52	49	<i>54</i>	68	52.656	1-Feb
2000	97	52	17	53	25	25	41.359	11-Apr
	33	110	52	63	22	52	47.970	14-Apr
	52	61	67	18	0	30	33.742	12-Nov
	7	10	15	7	114	0	31.500	11 des
	67	37	24	31	14	95	52.863	23-Feb
2001	75	30	4	0	0	21	23.521	7-Mar
	4	83	20	14	30	0	19.449	25-Mar
	36	22	26	64	0	48	30.064	29-Mar
	0	29	68	27	51	29	33.492	10-Jan
	12	9	4	53	35	85	40.830	3-Mar
2002	83	33	5	5	5	9	23.176	25-Mar
	79	98	39	64	26	15	43.185	5-Apr
	0	0	0	0	70	0	16.611	11-Apr
	70	58	76	62	63	80	70.449	4-Feb
2003	63	67	75	63	0	22	37.318	4-Jan
	52	68	43	18	23	0	27.878	9-Dec
	47	59	87	40	49	0	38.652	2-Jan
	61	64	38	37	53	49	51.683	19-Feb
	34	40	30	22	36	70	44.982	10-Dec
2004	155	7	0	1	2	0	29.252	14-Nov
	18	93	49	46	45	0	31.758	19-Nov
	52	85	99	93	88	71	77.559	4-Nov
	45	35	74	70	58	9	40.849	24-Mar
	42	71	52	57	63	75	62.064	9-Oct
2005	84	0	0	1	0	28	23.813	31-Mar
	32	102	0	15	50	17	34.087	10-Feb
	0	10	10	13	65	0	18.346	5-Mar
	30	75	95	71	55	107	74.077	14-Mar
2006	65	71	41	31	56	22	45.584	26-Dec
	45	100	49	51	12	0	29.796	29-Dec
	12	10	67	92	18	36	31.499	17-Feb
	0	0	12	0	60	0	15.660	24-Feb
	14	70	21	0	59	78	50.058	30-Nov
2007	119	119	123	108	98	87	108.741	26-Des

Sumber: Perhitungan

Ket: **IIIIII** : Hujan maksimum

IIIIII : Data hujan tidak ada karena alat rusak yang telah diisi dengan rumus Reciprocal Method

$$P_x = \frac{P_a \cdot \frac{d_a}{d_x} + P_b \cdot \frac{d_b}{d_x} + P_c \cdot \frac{d_c}{d_x}}{\frac{1}{d_x} + \frac{1}{d_a} + \frac{1}{d_b} + \frac{1}{d_c}}$$

Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.3 dapat diketahui, bahwa pada tahun 1988 terjadi hujan maksimum sebesar 99,630 mm pada tanggal 5 Februari. Data curah hujan rata-rata harian maksimum DAS Keduang hasil perhitungan dengan metode *Thiessen* dari tahun 1988 sampai 2007 disajikan dalam Tabel 4.4

Tabel 4.4
Hasil Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Harian dengan Metode *Thiessen*

Tahun	Rmaks (mm)	Tgl	Tahun	Rmaks (mm)	Tgl
1988	99.630	5-Feb	1998	74.976	16-Jun
1989	53.277	2-Jun	1999	52.802	11-Dec
1990	35.976	3-Dec	2000	52.863	23-Feb
1991	44.445	25-Dec	2001	40.830	3-Mar
1992	69.965	14-Feb	2002	70.449	4-Feb
1993	62.793	6-Jan	2003	51.683	19-Feb
1994	54.778	17-Jan	2004	77.559	4-Nov
1995	72.761	6-Feb	2005	74.077	14-Mar
1996	58.937	12-Feb	2006	50.058	30-Nov
1997	47.489	9-Feb	2007	108.741	26-Dec

Sumber: Perhitungan

4.4 Perhitungan Curah Hujan Rencana

4.4.1 Penentuan Parameter Statistik

Perhitungan parameter-parameter statistik \bar{X} , $\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$, $\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3$, dan $\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4$ disajikan dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5
Perhitungan Parameter Statistik Data Curah Hujan Harian Maksimum

No	Tahun	Xi	(Xi-X)	(Xi-X)2	(Xi-X)3	(Xi-X)4
1	1988	99.630	36.926	1363.495	50347.767	1859117.976
2	1989	53.277	-9.428	88.883	-837.967	7900.161
3	1990	35.976	-26.729	714.422	-19095.545	510398.508
4	1991	44.445	-18.259	333.394	-6087.458	111151.317
5	1992	69.965	7.261	52.720	382.788	2779.362
6	1993	62.793	0.088	0.008	0.001	0.000
7	1994	54.778	-7.927	62.831	-498.030	3947.673
8	1995	72.761	10.057	101.140	1017.146	10229.265
9	1996	58.937	-3.768	14.195	-53.483	201.508
10	1997	47.489	-15.216	231.523	-3522.819	53602.761
11	1998	74.976	12.271	150.581	1847.795	22674.527
12	1999	52.802	-9.902	98.057	-970.996	9615.162
13	2000	52.863	-9.841	96.849	-953.104	9379.657
14	2001	40.830	-21.874	478.479	-10466.338	228942.453
15	2002	70.449	7.745	59.981	464.535	3597.701
16	2003	51.683	-11.021	121.473	-1338.809	14755.641
17	2004	77.559	14.855	220.660	3277.823	48690.850
18	2005	74.077	11.373	129.334	1470.860	16727.397
19	2006	50.058	-12.646	159.926	-2022.447	25576.203
20	2007	108.741	46.037	2119.371	97568.712	4491734.715
Jumlah		1254.087	0.000	6597.319	110530.432	7431022.836
Rata-rata (X)		62.704				

Sumber: Perhitungan

Hasil perhitungan parameter-parameter statistik untuk besaran logaritma pada Tabel 4.6 adalah \bar{X} sebesar 62.704, $\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ sebesar 6597.319, $\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3$ sebesar 110530.432, dan $\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4$ sebesar 7431022.836. Hasil perhitungan Tabel 4.5 kemudian digunakan untuk menghitung parameter statistik X , Sd , Cs , Cv dan Ck yang disajikan dalam Tabel 4.6

Tabel 4.6
Parameter Statistik

Parameter	Nilai
Hujan Rata-rata $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$	62,704
Standar Deviasi $Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$	18,634
Koef. Skewness $Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$	0,999
Koef. Variasi $Cv = \frac{Sd}{\bar{X}}$	0,297
Koef. Kurtosis $Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1) \times (n-2) \times (n-3) \times S^3}$	4,240

(Sumber: Perhitungan)

Perhitungan parameter-parameter statistik $\log \bar{X}$, $\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^2$, $\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3$, dan $\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^4$ disajikan dalam Tabel 4.7.

Tabel 4.7
Perhitungan Statistik (Logaritma) Curah Hujan Harian Maksimum

No	Tahun	X_i	$\log X_i$	$(\log X_i - \log \bar{X})$	$(\log X_i - \log \bar{X})^2$	$(\log X_i - \log \bar{X})^3$	$(\log X_i - \log \bar{X})^4$
1	1988	99.630	1.998	0.218033	0.047538	0.010365	0.002260
2	1989	53.277	1.727	-0.053821	0.002897	-0.000156	0.000008
3	1990	35.976	1.556	-0.224348	0.050332	-0.011292	0.002533
4	1991	44.445	1.648	-0.132531	0.017565	-0.002328	0.000309
5	1992	69.965	1.845	0.064525	0.004163	0.000269	0.000017
6	1993	62.793	1.798	0.017551	0.000308	0.000005	0.000000
7	1994	54.778	1.739	-0.041752	0.001743	-0.000073	0.000003
8	1995	72.761	1.862	0.081543	0.006649	0.000542	0.000044
9	1996	58.937	1.770	-0.009971	0.000099	-0.000001	0.000000
10	1997	47.489	1.677	-0.103769	0.010768	-0.001117	0.000116
11	1998	74.976	1.875	0.094562	0.008942	0.000846	0.000080
12	1999	52.802	1.723	-0.057707	0.003330	-0.000192	0.000011
13	2000	52.863	1.723	-0.057204	0.003272	-0.000187	0.000011
14	2001	40.830	1.611	-0.169376	0.028688	-0.004859	0.000823
15	2002	70.449	1.848	0.067518	0.004559	0.000308	0.000021
16	2003	51.683	1.713	-0.067010	0.004490	-0.000301	0.000020
17	2004	77.559	1.890	0.109275	0.011941	0.001305	0.000143
18	2005	74.077	1.870	0.089326	0.007979	0.000713	0.000064
19	2006	50.058	1.699	-0.080882	0.006542	-0.000529	0.000043
20	2007	113.718	2.036	0.256036	0.065555	0.016784	0.004297
Jumlah			35.607	0.000000	0.287361	0.010101	0.010803
Rata-rata (log X)			1.78				

Sumber : Perhitungan

Hasil perhitungan parameter-parameter statistik untuk besaran logaritma pada Tabel 4.7 adalah $\log \bar{X}$ sebesar 1,78, $\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2$ sebesar 0,287361,

$\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3$ sebesar 0,010101, dan $\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^4$ sebesar 0,010803.

Hasil perhitungan pada Tabel 4.7 kemudian digunakan untuk menghitung parameter statistik X , Sd , Cs , Cv dan Ck yang disajikan dalam Tabel 4.8

Tabel 4.8
Parameter Statistik (Logaritma)

Parameter	Nilai
Hujan Rata-rata $\log \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i$	1,780
Standar Deviasi $Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}}$	0,123
Koef. Skewness $Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$	0,318
Koef. Variasi $Cv = \frac{Sd}{\bar{X}}$	0,069
Koef. Kurtosis $Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^4}{(n-1) \times (n-2) \times (n-3) \times S^3}$	3,249

Sumber : Perhitungan

4.4.2 Pemilihan Jenis Sebaran

Setelah diketahui parameter statistik dari data curah hujan maksimum tahunan melalui perhitungan di sub-bab 4.4.1, maka dapat ditentukan metode distribusi mana yang dapat dipakai, pemilihan jenis sebaran disajikan dalam Tabel 4.9.

Tabel 4.9
Pemilihan Jenis Sebaran

Jenis Distribusi	Syarat	Perhitungan	Kesimpulan
Normal	$Cs \approx 0$	$Cs = 0,999$	Mendekati
	$Ck = 3$	$Ck = 4,240$	Mendekati
Gumbel	$Cs \approx 1,1396$	$Cs = 0,999$	Mendekati
	$Ck \approx 5,4002$	$Ck = 4,240$	Mendekati
Log Pearson	$Cs (\log X) \neq 0$	$Cs = 0,318$	Memenuhi
	$Ck (\log X) = 1,5(Cs(\log X))^2 + 3 = 3,009$	$Ck = 3,015$	Mendekati
Log Normal	$Cs (\log X) \approx 0$	$Cs = 0,318$	Mendekati
	$Ck (\log X) = 3$	$Ck = 3,249$	Mendekati

Sumber : Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.9 untuk distribusi peluang *Log Pearson Type III* parameter statistik $Cs = 0,318$ memenuhi persyaratan $Cs (\log X) \neq 0$ dan parameter statistik $Ck=3,015$ mendekati persyaratan $Ck(\log X)=1,5 \times (Cs(\log X))^2 + 3 = 3,009$. Perhitungan curah hujan rencana ditentukan menggunakan distribusi log pearson type III.

4.4.3 Pengujian Sebaran dengan Metode *Chi Kuadrat*

Pengujian sebaran dengan metode chi square kuadrat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$X^2Cr = \sum_{i=1}^n \left[\frac{O_i - E_i}{E_i} \right]^2 \quad (2.20)$$

Tabel 4.10
Nilai Log \bar{X}

No	Log \bar{X}	Log \bar{X} Urut	No	Log \bar{X}	Log \bar{X} Urut
1	1,998	1,556	11	1,875	1,770
2	1,727	1,611	12	1,723	1,798
3	1,556	1,648	13	1,723	1,845
4	1,648	1,677	14	1,611	1,848
5	1,845	1,699	15	1,848	1,862
6	1,798	1,713	16	1,713	1,870
7	1,739	1,723	17	1,890	1,875
8	1,862	1,723	18	1,870	1,890
9	1,770	1,727	19	1,699	1,998
10	1,677	1,739	20	2,036	2,036

Sumber: Perhitungan

Perhitungan:

$$K = 1 + 3,322 \times \log n = 1 + 3,322 \times \log 20 = 5,322 \approx 10$$

$$Dk = K - R - 1 \quad (2.21)$$

R ditentukan sebesar 1 (untuk distribusi log pearson)

$$Dk = 10 - 1 - 1 = 8$$

$$E_i = \left[\frac{\sum n}{\sum K} \right] = \left[\frac{20}{10} \right] = 2$$

$$\Delta X = \frac{R_{\text{terbesar}} - R_{\text{terkecil}}}{K - 1} = \frac{2,036 - 1,556}{10 - 1} = 0,053$$

$$X_{\text{awal}} = X_{\text{min}} - \frac{1}{2} \Delta X = \left[1,556 - \left(\frac{1}{2} \times 0,053 \right) \right] = 1,529$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat dilakukan perhitungan pengujian sebaran dengan metode *chi square* kuadrat yang disajikan dalam Tabel 4.11.

Tabel 4.11
Perhitungan *Chi Square Test*

Nilai batas tiap kelas	Ei	Oi	(Oi-Ei) ²	(Oi-Ei) ² /Ei
1,529<Xi<1,583	2	1	1	0.5
1,583<Xi<1,636	2	1	1	0.5
1,636<Xi<1,689	2	2	0	0
1,689<Xi<1,743	2	6	16	8
1,743<Xi<1,796	2	1	1	0.5
1,796<Xi<1,850	2	3	1	0.5
1,850<Xi<1,903	2	4	4	2
1,903<Xi<1,956	2	0	4	2
1,956<Xi<2,010	2	1	1	0.5
2,010<Xi<2,063	2	1	1	0.5
	20	20		15

Sumber: Perhitungan

Dari perhitungan pada Tabel 4.11 didapat nilai X^2Cr analitis sebesar 15. Untuk $Dk = 8$, signifikasi (α) = 5%, dari Tabel 2.15 didapat harga $X^2Cr = 15,507$. Karena nilai X^2Cr analitis kurang dari X^2Cr tabel ($15 < 15,507$), maka pemilihan melalui distribusi *Log Pearson III* memenuhi syarat.

4.4.4 Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana dengan metode *Log Pearson type III* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Log}R = \text{Log} \bar{X} + k * Sd \quad (2.16)$$

Harga k tergantung nilai Cs yang sudah didapat. Dengan nilai Cs yang didapat dari perhitungan pada sub-bab 4.4.1 adalah sebesar 0,318 dan periode ulang 50 tahun, maka dari interpolasi nilai k pada Tabel 2.14 didapat nilai k sebesar 2,220.

Perhitungan:

$$\text{Log}R = 1,780 + (2,220 * 0,123) = 2,053$$

$$R_{50} = 113,088 \text{ mm}$$

Perhitungan curah hujan rencana tiap periode T tahun dengan metode log pearson tipe III disajikan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12
Curah Hujan Rencana Periode Ulang T Tahun DAS Keduang

Periode Ulang	Faktor K	K.Sd	Log R = Log X + K.Sd	R (mm)
2	-0,05288	-0,007	1,774	59,409
5	0,82256	0,101	1,882	76,126
10	1,31044	0,161	1,942	87,406
25	1,8546	0,228	2,008	101,970
50	2,22	0,273	2,053	113,088
100	2,55678	0,314	2,095	124,406

Sumber: Perhitungan

4.5 Perhitungan Debit Banjir Rencana

4.5.1 Metode Haspers

Perhitungan debit banjir rencana untuk metode ini menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$Q = \alpha x \beta x q x A \quad (2.23)$$

$$\alpha = \frac{1 + (0,012 \times A^{0,7})}{1 + (0,075 \times A^{0,7})} \quad (2.24)$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + (3,70 \times 10^{-0,40t})}{t^2 + 15} \times \frac{A^{0,75}}{12} \quad (2.25)$$

$$t = 0,1 \times L^{0,8} \times i^{-0,3} \quad (2.26)$$

$$q_n = \frac{r}{3,6 \times t} \quad (2.27)$$

Dimana:

- r untuk $t < 2$ jam:

$$R_n = \frac{t \times R_{24}}{t + 1 - 0,0008(260 - R_{24})(2 - t)^2} \quad (2.29)$$

- Untuk $2 \text{ jam} < t < 19 \text{ jam}$:

$$R_n = \frac{t \times R_{24}}{t + 1} \quad (2.30)$$

- $19 \text{ jam} < t < 30 \text{ hari}$:

$$R_n = 0,707 \times t \times R_{24} + 1 \quad (2.31)$$

Perhitungan:

Periode ulang 50 tahun, $R_{24} = 113,088 \text{ m}^3/\text{dtk}$

$$t = 0,1 \times 42,85^{0,8} \times 0,0128^{-0,3} = 7,471 \text{ jam}$$

$$\alpha = \frac{1 + (0,012 \times 364,38^{0,7})}{1 + (0,075 \times 364,38^{0,7})} = 0,3085$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{7,471 + (3,70 \times 10^{-0,40 \times 7,471})}{7,471^2 + 15} \times \frac{364,38^{0,75}}{12} = 1,733$$

$$\beta = 0,577$$

Dari perhitungan didapat $t = 7,471$ jam > 2 jam, maka:

$$r = \frac{7,471 \times 113,088}{7,471 + 1} = 99,739 \text{ mm/jam}$$

$$q = \frac{99,739}{3,6 \times 7,471} = 3,708 \text{ m}^3/\text{detik.km}^2$$

$$Q_{50} = \alpha \times \beta \times q \times A$$

$$= 0,3085 \times 0,577 \times 2,667 \times 364,3 = 172,928 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Perhitungan debit banjir rencana dengan metode haspers untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun disajikan dalam Tabel 4.13.

Tabel 4.13
Perhitungan Debit Banjir Rencana dengan Metode Haspers

Periode (tahun)	R ₂₄ (mm)	A (Km ²)	L (Km)	i	t (jam)	Rn (mm/jam)	q _n (m ³ /km ² .dtk)	Koef. Red (β)	Koef. Runoff (α)	Q _n (m ³ /det)
2	59,409	364,38	42,85	0,0128	7,471	52,396	1,948	0,577	0,308	126,309
5	76,126	364,38	42,85	0,0128	7,471	67,140	2,496	0,577	0,308	161,850
10	87,406	364,38	42,85	0,0128	7,471	77,088	2,866	0,577	0,308	185,832
25	101,970	364,38	42,85	0,0128	7,471	89,932	3,344	0,577	0,308	216,796
50	113,088	364,38	42,85	0,0128	7,471	99,739	3,708	0,577	0,308	240,435
100	124,406	364,38	42,85	0,0128	7,471	109,720	4,079	0,577	0,308	264,497

Sumber: Perhitungan

4.5.2 Metode Weduwen

Perhitungan debit banjir rencana untuk metode weduwen menggunakan persamaan persamaan sebagai berikut :

$$Q_n = \alpha \times \beta \times q_n \times A \quad (2.32)$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta \times q_n + 7} \quad (2.33)$$

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} A}{120 + A} \quad (2.34)$$

$$q_n = \frac{R_n}{240} \times \frac{67,65}{t+1,45} \quad (2.35)$$

$$t = 0,25 \times L \times Q_n^{-0,125} \times i^{-0,25} \quad (2.36)$$

Perhitungan :

Periode ulang 50 tahun, $R_{24} = 113,088 \text{ m}^3/\text{dtk}$

dicoba $t = 5 \text{ jam}$

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} A}{120 + A} = 0,5701 \\ q_n &= \frac{R_n}{240} \times \frac{67,65}{t+1,45} = 4,942 \text{ m}^3/\text{detik.km}^2 \\ \alpha &= 1 - \frac{4,1}{\beta \times q_n + 7} = 0,582 \\ Q_n &= \alpha \times \beta \times q_n \times A = 597,941 \text{ m}^3/\text{dtk} \\ t &= 0,25 \times L \times Q_n^{-0,125} \times i^{-0,25} = 14,322 \text{ jam} \end{aligned}$$

dicoba $t = 16 \text{ jam}$

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} A}{120 + A} = 0,759 \\ q_n &= \frac{R_n}{240} \times \frac{67,65}{t+1,45} = 1,827 \text{ m}^3/\text{detik.km}^2 \\ \alpha &= 1 - \frac{4,1}{\beta \times q_n + 7} = 0,511 \\ Q_n &= \alpha \times \beta \times q_n \times A = 258,333 \text{ m}^3/\text{dtk} \\ t &= 0,25 \times L \times Q_n^{-0,125} \times i^{-0,25} = 15,906 \text{ jam} \end{aligned}$$

dicoba $t = 15,895$ jam

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} \cdot A}{120 + A} = 0,758$$

$$q_n = \frac{R_n}{240} \times \frac{67,65}{t+1,45} = 1,838 \text{ m}^3/\text{detik.km}^2$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta \times q_n + 7} = 0,511$$

$$Q_n = \alpha \times \beta \times q_n \times A = 259,742 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$t = 0,25 \times L \times Q_n^{-0,125} \times i^{-0,25} = 15,895 \text{ jamok}$$

Didapat $t = 15,895$ jam

Maka Q_{50} adalah sebesar $259,742 \text{ m}^3/\text{dtk}$

Perhitungan debit banjir rencana dengan metode weduwen untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun disajikan dalam Tabel 4.14.

Tabel 4.14

Perhitungan Debit Banjir Rencana dengan Metode Weduwen

Periode (tahun)	R_{24} (mm)	A (Km ²)	L (Km)	i	t (jam)	β	q_n (m ³ /km ² .dtk)	α	Q_n (m ³ /det)
2	59,409	364,38	42,85	0,0128	15,895	0,758	0,965	0,470	125,305
5	76,126	364,38	42,85	0,0128	15,895	0,758	1,237	0,484	165,267
10	87,406	364,38	42,85	0,0128	15,895	0,758	1,420	0,492	193,244
25	101,970	364,38	42,85	0,0128	15,895	0,758	1,657	0,503	230,494
50	113,088	364,38	42,85	0,0128	15,895	0,758	1,838	0,512	259,742
100	124,406	364,38	42,85	0,0128	15,895	0,758	2,022	0,520	290,197

Sumber: Perhitungan

4.5.3 Metode Rasional

Perhitungan debit banjir rencana untuk metode rasional menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$Q = \alpha \times \frac{r \times f}{3,6} \tag{2.37}$$

Intensitas hujan (r) dapat dihitung dengan rumus Mononobe:

$$r = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \quad (2.44)$$

Waktu konsentrasi (t_c) dihitung menggunakan rumus yang dikembangkan Kraven:

$$t_c = \frac{L}{V_p} \quad (2.38)$$

Kecepatan rambat aliran (W), dicari dengan rumus Rzika:

$$W = 72 \times i^{0,6} \quad (2.45)$$

Perhitungan:

Periode ulang 50 tahun, $R_{24} = 113,088 \text{ m}^3/\text{dtk}$

$$W = 72 \times 0,0128^{0,6} = 5,277 \text{ m/dtk}$$

$$t_c = \frac{42,85}{5,277} = 8,121 \text{ jam}$$

$$r = \frac{113,088}{24} \times \left(\frac{24}{8,121} \right)^{2/3} = 9,704 \text{ mm/jam}$$

Koefisien *run-off* (α)

Untuk menghitung nilai koefisien *run-off* (α) dapat ditentukan dengan melihat jenis penggunaan lahan di DAS Keduang. Berdasarkan Peta Rupa Bumi DAS Keduang, penggunaan lahan di DAS Keduang diantaranya berupa; perumahan seluas 101 km^2 , perkebunan ($77,87 \text{ km}^2$), tegalan/ladang ($58,81 \text{ km}^2$), sawah irigasi ($43,27 \text{ km}^2$), sawah tadah hujan ($70,54 \text{ km}^2$), semak ($8,5 \text{ km}^2$) dengan tutupan hutan seluas $3,52 \text{ km}^2$. Perhitungan nilai koefisien *run-off* (α) disajikan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15
Nilai Koefisien *Runoff* (α) untuk Persamaan Rasional

Tata guna lahan	Luas (km^2)	Luas (%)	α Tabel	α Perhitungan	$\alpha \times \% \text{ Luas} (\%)$
Perumahan	101,86	27,95	0,30-0,50	0,4	0,1118
Kebun/perkebunan	77,87	21,37	0,10-0,25	0,175	0,0374
Tegalan/ladang	58,81	16,14	0,10-0,25	0,175	0,0282
Sawah irigasi	43,27	11,88	0,10-0,25	0,175	0,0208
Sawah tadah hujan	70,54	19,36	0,10-0,25	0,175	0,0339
Semak/belukar	8,5	2,33	0,50-0,70	0,6	0,0140
Hutan	3,52	0,97	0,05-0,25	0,15	0,0014
Total	364,38	100			0,2476

Sumber: Perhitungan

Dari perhitungan nilai koefisien *run-off* (α) pada Tabel 4.13, ditentukan nilai koefisien *runoff* (α) sebesar 0,2476.

$$Q_{50} = \alpha \times \frac{r \times f}{3,6}$$

$$Q_{50} = \frac{0,2476 \times 6,979 \times 364,38}{3,60} = 243,203 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Perhitungan debit banjir rencana dengan metode rasional untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun disajikan dalam Tabel 4.16.

Tabel 4.16
Perhitungan Debit Banjir Rencana dengan Metode Rasional

Periode (tahun)	R ₂₄ (mm)	A (km ²)	L (km)	i	W (m/dtk)	t _c (jam)	r (mm/jam)	α	Qt (m ³ /det)
2	59,409	364,38	42,85	0,0128	5,277	8,120	5,098	0,2476	127,763
5	76,126	364,38	42,85	0,0128	5,277	8,120	6,532	0,2476	163,713
10	87,406	364,38	42,85	0,0128	5,277	8,120	7,501	0,2476	187,972
25	101,970	364,38	42,85	0,0128	5,277	8,120	8,7502	0,2476	219,291
50	113,088	364,38	42,85	0,0128	5,277	8,120	9,704	0,2476	243,203
100	124,406	364,38	42,85	0,0128	5,277	8,120	10,675	0,2476	267,542

Sumber: Perhitungan

4.5.4 Metode Melchior

Perhitungan debit banjir rencana untuk metode Melchior menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$Q = \alpha x \beta x q x A \quad (2.46)$$

$$A = \frac{1970}{\beta - 0,12} - 3960 + 1720 \quad (2.47)$$

$$\alpha = 0,52 \text{ (ketentuan Melchior)}$$

$$q = \frac{R_{24}}{3,6xt} \quad (2.49)$$

$$t = 0,186 \times L \times Q^{-0,2} \times i^{-0,4} \quad (2.48)$$

Perhitungan:

Dengan cara coba-coba,

Periode ulang 50 tahun, R₂₄ = 113,088 m³/dtk

dicoba t = 5 jam

$$A = \frac{1970}{\beta - 0,12} - 3960 + 1720$$

$A = 364,38 \text{ km}^2$, dari rumus diatas maka didapatkan $\beta = 0,87642$

$\alpha = 0,52$ (ketentuan Melchior)

$$q = \frac{R_{24}}{3,6xt} = 6,283 \text{ m}^3/\text{dtk.km}^2$$

$$Q = \alpha\alpha\beta x q x A = 1043,313 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$t = 0,186 \times L \times Q^{-0,2} \times i^{-0,4} = 11,347 \text{ jam}$$

dicoba t = 14 jam

$$\beta = 0,87642$$

$$\alpha = 0,52$$

$$q = \frac{R_{24}}{3,6xt} = 2,244 \text{ m}^3/\text{dtk.km}^2$$

$$Q = \alpha\alpha\beta x q x A = 381,560 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$t = 0,186 \times L \times Q^{-0,2} \times i^{-0,4} = 13,876 \text{ jam}$$

dicoba t = 13,843 jam

$$\beta = 0,8767$$

$$\alpha = 0,52$$

$$q = \frac{R_{24}}{3,6xt} = 2,325 \text{ m}^3/\text{dtk.km}^2$$

$$Q = \alpha\alpha\beta x q x A = 386,094 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$t = 0,186 \times L \times Q^{-0,2} \times i^{-0,4} = 13,843 \text{ jam} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Didapat $t = 13,843 \text{ jam}$

Maka Q_{50} adalah sebesar $386,094 \text{ m}^3/\text{dtk}$

Perhitungan debit banjir rencana dengan metode melchior untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun disajikan dalam Tabel 4.17.

Tabel 4.17
Perhitungan Debit Banjir Rencana dengan Metode Melchior

Periode (tahun)	R ₂₄ (mm)	A (km ²)	L (km)	i	t (jam)	β	q (m ³ /dtk.km ²)	α	Q (m ³ /det)
2	59,409	364,38	42,85	0,0128	13,928	0,876	1,185	0,520	196,758
5	76,126	364,38	42,85	0,0128	13,928	0,876	1,518	0,520	252,122
10	87,406	364,38	42,85	0,0128	13,928	0,876	1,743	0,520	289,481
25	101,970	364,38	42,85	0,0128	13,928	0,876	2,034	0,520	337,714
50	113,088	364,38	42,85	0,0128	13,928	0,876	2,325	0,520	386,094
100	124,406	364,38	42,85	0,0128	13,928	0,876	2,521	0,520	418,642

Sumber: Perhitungan

4.5.5 Debit Banjir Rencana

Dari hasil perhitungan debit banjir rencana dengan empat metode yang berbeda, maka dapat diketahui bahwa terjadi perbedaan antara hasil perhitungan dari keempat metode tersebut. Pada periode ulang 50 tahun, perhitungan dengan metode haspers menghasilkan debit rencana terkecil dibanding dengan ketiga metode lainnya yaitu sebesar 240,435 m³/det, sedangkan metode rasional sebesar 243,203 m³/det, metode weduwen sebesar 259,742 m³/det, sedangkan metode Melchior sebesar 386,094 m³/det. Hasil perhitungan debit rencana untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun disajikan dalam Tabel 4.16.

Tabel 4.18
Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana

Periode Ulang (tahun)	Metode perhitungan Q (m ³ /det)			
	Haspers	Weduwen	Rasional	Melchior
2	126,309	125,305	127,763	196,758
5	161,850	165,267	163,713	252,122
10	185,832	193,244	187,972	289,481
25	216,796	230,494	219,291	337,714
50	240,435	259,742	243,203	386,094
100	264,497	290,197	267,542	418,642

Sumber : Perhitungan

Periode ulang T tahun untuk bangunan *check dam* direncanakan dengan periode ulang selama 50 tahun sesuai dengan Tabel 2.16, dimana pekerjaan

konstruksi *check dam* merupakan proyek peningkatan sungai dengan klasifikasi wilayah desa berpenduduk kurang dari 2 juta jiwa.

Penentuan debit banjir yang digunakan untuk perencanaan detail konstruksi adalah dengan membandingkan antara debit air maksimum Sungai Keduang tahun 2004-2005 (Tabel 4.17) dan debit banjir rencana hasil perhitungan (Tabel 4.16). Hal ini agar tidak terjadi perkiraan yang berlebih (*over estimate*) terhadap debit banjir rencana.

Pada debit banjir rencana periode ulang 50 tahun, hasil perhitungan metode melchior sebesar 386,094 m³/dtk (Tabel 4.16) hampir sama dengan debit sungai maksimum pada tahun 2005 sebesar 380 m³/dtk (Tabel 4.17). Maka debit banjir yang digunakan untuk perencanaan *check dam* di DAS Keduang Desa Brangkal diambil dari perhitungan metode weduwen dengan periode ulang 50 tahun yaitu sebesar $Q = 386,094 \text{ m}^3/\text{dtk}$.

Tabel 4.19
Data Debit Air di Beberapa Sungai di Indonesia Tahun 2004-2005

No	Sungai	Lokasi	Q 2004 (m ³ /dtk)		Q 2005 (m ³ /dtk)	
			Maksimum	Minimum	Maksimum	Minimum
1	Citarum Hulu	Jabar	-	-	240	10
2	Way Selampung	Lampung	70	10	130	5
3	Cimanuk	Jabar	1.000	4	1.000	4
4	Ciliwung	Jabar	-	-	570	4
5	Bekasi	Jabar	-	-	775	5
6	Serayu	Jateng	-	-	1.600	9
7	Keduang	Jateng	-	-	380	0,1
8	Jeneberang	Sulsel	1.200	10	1200	10
9	Jambu	P. Sumbawa	260,62	104,25	265,8	78,19
10	Duwu Kabah	P. Sumbawa	758	303,2	773	227,4
11	Parado	P. Sumbawa	1470	588	1.499	441
12	Tiu Kulit	P. Sumbawa	1027	410,8	1.047	308,1
13	Babak	P. Lombok	577,25	276,72	587	273,95
14	Meninting	P. Lombok	430,91	170,81	440	169,1
15	Jangkok	P. Lombok	166,49	162,15	471	164,82
16	Dodokan	P. Lombok	188,88	134,5	443,2	187

Sumber: KLH 2005