BAB V

ANALISIS HIDROLOGI DAN SEDIMENTASI

5.1 DATA CURAH HUJAN MAKSIMUM

Tabel 5.1 Data Hujan Harian Maksimum

	Sta	Karanganyar	Wanadadi	Karangrejo	Tugu AR	Kr.Kobar	Bukateja	Serang
	No	27b	60	23	35	64	55	23a
	Thn	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	1986	91	132	128	168	73	150	123
2	1987	112	160	120	110	101	92	117
3	1988	145	120	125	135	160	120	134
4	1989	113	140	131	95	150	92	177
5	1990	98	142	127	110	81	87	156
6	1991	88	134	125	150	130	145	223
7	1992	123	158	150	105	136	133	93
8	1993	145	132	170	150	128	150	181
9	1994	104	155	95	99	124	142	91
10	1995	99	156	105	99	153	142	155
11	1996	97	119	102	138	171	144	88
12	1997	140	140	101	105	99	106	200
13	1998	148	90	135	101	98	106	113
14	1999	200	100	103	106	105	115	107
15	2000	140	86	120	109	96	97	99
16	2001	148	62	176	133	102	125	113
17	2002	200	80	200	100	107	118	99
18	2003	140	86	140	95	144	135	97
19	2004	122	144	160	85	86	105	175
20	2005	123	115	177	106	91	97	177

(Sumber : PSDA Serayu Citandui)

5.2 PERHITUNGAN CURAH HUJAN RATA-RATA

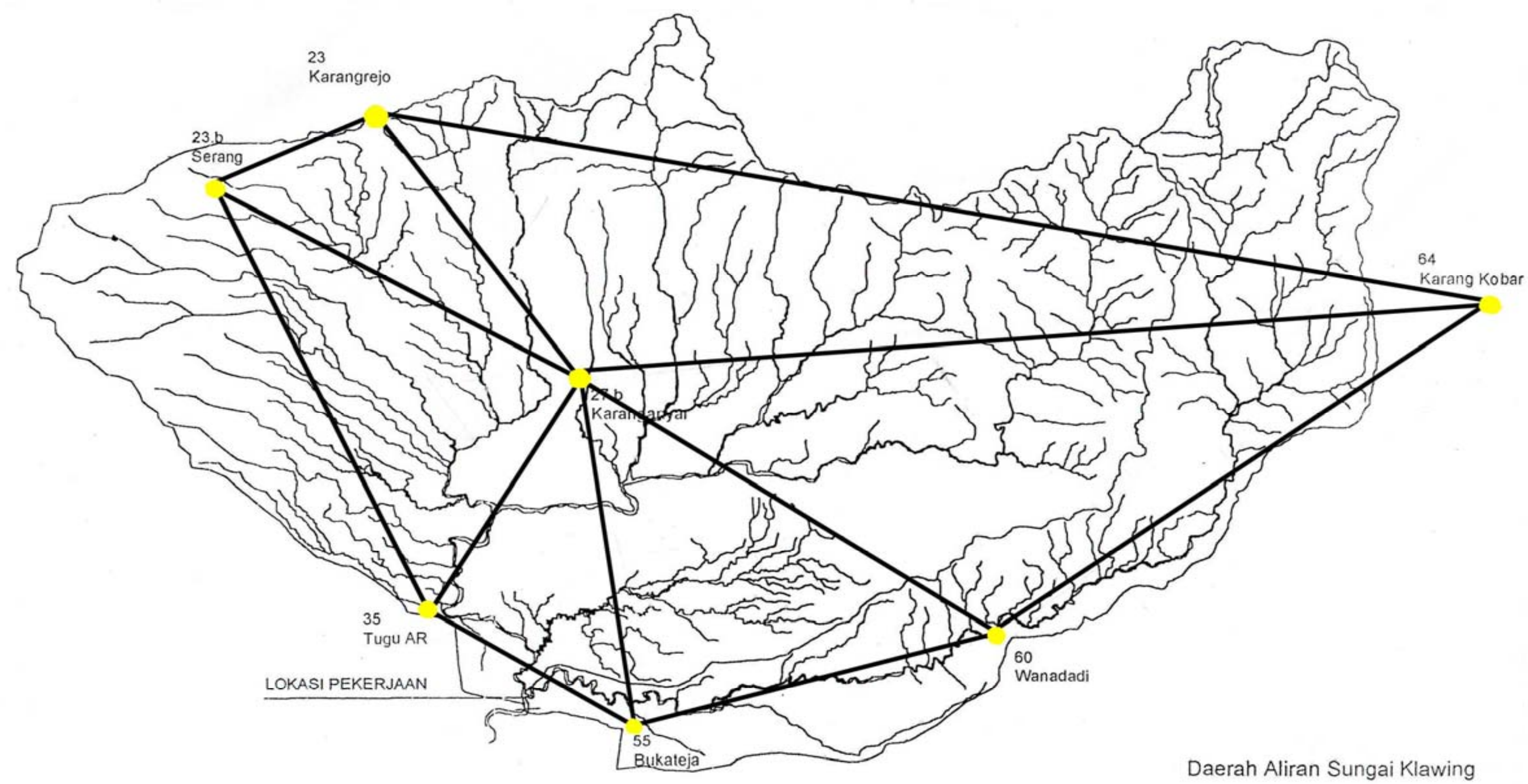
- **Perhitungan Hujan Daerah dengan Metode *Thiessen***

Rumus : $\overline{R} = R_1W_1 + R_2W_2 + ... + R_nW_n$

dimana : $\overline{R}$ = curah hujan rata-rata (mm)

$R_1 ... R_2 ... R_n$ = curah hujan masing-masing stasiun (mm)

$W_1 ... W_2 ... W_n$ = faktor bobot masing-masing stasiun



Gambar 5.1 Pembagian Luas DAS Metode *Thiessen*

Tabel 5.2 Luas DAS dan Koefisien *Thiessen*

No.	Stasiun	Luas (km2)	Koefesien *Thiessen*
1	Karanganyar	262,556	26,507%
2	Wanadadi	234,943	23,727%
3	Karangrejo	73,424	7,466%
4	Tugu AR	83,496	8,480%
5	Kr.Kobar	133,071	13,471%
6	Bukateja	83,099	8,440%
7	Serang	117,556	11,909%
	Jumlah	993,290	100,000%

(Sumber : Hasil Pengukuran)

Hasil perhitungan hujan daerah metode Thiessen disajikan dalam Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hujan Daerah Metode *Thiessen*

	CURAH HUJAN HARIAN MAKSIMUM							Hujan
	1	2	3	4	5	6	7	
STA	Karanganyar	Wanadadi	Karangrejo	Tugu AR	Kr.Kobar	Bukateja	Serang	daerah
No	27b	60	23	35	64	55	23a	(mm)
Koefisien	26,51%	23,73%	7,47%	8,48%	13,47%	8,44%	11,91%	100,00%
1986	91	132	128	168	73	150	123	116,386
1987	112	160	120	110	101	92	117	121,242
1988	145	120	125	135	160	120	134	135,328
1989	113	140	131	95	150	92	177	130,057
1990	98	142	127	110	81	87	156	115,311
1991	88	134	125	150	130	145	223	133,48
1992	123	158	150	105	136	133	93	114,112
1993	145	132	170	150	128	150	181	146,625
1994	104	155	95	99	124	142	91	119,358
1995	99	156	105	99	153	142	155	130,545
1996	97	119	102	138	171	144	88	118,934
1997	140	140	101	105	99	106	200	132,873
1998	148	90	135	101	98	106	113	114,834
1999	200	100	103	106	105	115	107	130,013
2000	140	86	120	109	96	97	99	108,626
2001	148	62	176	133	102	125	113	116,107
2002	200	80	200	100	107	118	99	131,571
2003	140	86	140	95	144	135	97	118,367
2004	122	144	160	85	86	105	175	126,947
2005	123	115	177	106	91	97	177	123,618
	Jumlah							2.484,335
	Rata-rata							124,217

(Sumber : Hasil Perhitungan)

5.3 ANALISIS FREKUENSI CURAH HUJAN RENCANA

Dari hasil perhitungan hujan daerah metode *Thiessen* di atas perlu ditentukan kemungkinan terulangnya curah hujan harian maksimum guna menentukan debit banjir rencana.

5.3.1 Pengukuran Dispersi

Suatu kenyataan bahwa tidak semua nilai dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya, tetapi kemungkinan ada nilai yang lebih besar atau lebih kecil dari nilai rata-ratanya. Besarnya dispersi dapat dilakukan dengan pengukuran dispersi, yakni melalui perhitungan parameter statistik untuk $(X_i–X)$, $(X_i–X)^2$, $(X_i–X)^3$, $(X_i–X)^4$ terlebih dahulu.

Di mana : X_i = Besarnya curah hujan maksimum daerah (mm)

X = Rata-rata curah hujan maksimum daerah (mm)

Perhitungan parameter stasistik dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Parameter Statistik Curah Hujan

No	Tahun	R24 Maks (Xi)	$(X_i–X)$	$(X_i–X)^2$	$(X_i–X)^3$	$(X_i–X)^4$
1	1986	116,386	-7,831	61,325	-480,233	3.760,70
2	1987	121,242	-2,975	8,851	-26,331	78,334
3	1988	135,328	11,111	123,454	1.371,70	15.240,97
4	1989	130,057	5,84	34,106	199,177	1.163,19
5	1990	115,311	-8,906	79,317	-706,396	6.291,16
6	1991	133,48	9,263	85,803	794,795	7.362,18
7	1992	114,112	-10,105	102,111	-1.03,.83	10.426,66
8	1993	146,625	22,408	502,118	11.251,47	252.122,95
9	1994	119,358	-4,859	23,61	-114,72	557,426
10	1995	130,545	6,328	40,044	253,396	1.603,49
11	1996	118,934	-5,283	27,91	-147,449	778,973
12	1997	132,873	8,656	74,926	648,562	5.613,96
13	1998	114,834	-9,383	88,041	-826,086	7.751,16
14	1999	130,013	5,796	33,594	194,709	1.128,53
15	2000	108,626	-15,591	243,079	-3.789,85	59.087,54
16	2001	116,107	-8,11	65,772	-533,412	4.325,97
17	2002	131,571	7,354	54,081	397,714	2.924,79
18	2003	118,367	-5,85	34,222	-200,202	1.171,18
19	2004	126,947	2,73	7,453	20,346	55,546
20	2005	123,618	-0,599	0,359	-0,215	0,129
Jumlah		2.484,33	-0,006	1.690,18	7.275,15	381.444,84

(Sumber : Hasil Perhitungan)

X rata - rata : X $= \dfrac{\sum_{i=1}^{n} Xi}{20}$

$= 124{,}217$ mm

Standar Deviasi : S $= \sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n}(Xi - X)^2}{n-1}}$

$= \sqrt{\dfrac{1690{,}176}{(20-1)}}$

$= 9{,}432$

Koefisien Skewness : Cs $= \dfrac{n\sum_{i=1}^{n}(Xi - X)^3}{(n-1)(n-2)S^3}$

$= \dfrac{20 * 7275{,}147}{(20-1)*(20-2)*9{,}432^3}$

$= 0{,}507$

Koefisien Kurtosis : Ck $= \dfrac{n^2\sum_{i=1}^{n}(Xi - X)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4}$

$= \dfrac{20^2 * 381444{,}641}{(20-1)*(20-2)*(20-3)*9{,}432^4}$

$= 3{,}316$

Koefesien Variasi : Cv $= \dfrac{S}{X}$

$= \dfrac{9{,}432}{124{,}217}$

$= 0{,}076$

5.3.2 Perhitungan Distribusi Logaritma

Hasil perhitungan distribusi logaritma disajikan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Parameter Distribusi Logaritma

No	Tahun	Xi	log Xi	log X	log Xi - log X	$(\log Xi - \log X)^2$	$(\log Xi - \log X)^3$	$(\log Xi - \log X)^4$
1	1986	116,386	2,066	1,673	0,393	0,1544	0,0607	0,0238
2	1987	121,242	2,084	1,673	0,411	0,1686	0,0693	0,0284
3	1988	135,328	2,131	1,673	0,458	0,2101	0,0963	0,0442
4	1989	130,057	2,114	1,673	0,441	0,1946	0,0858	0,0379
5	1990	115,311	2,062	1,673	0,389	0,1512	0,0588	0,0229
6	1991	133,48	2,125	1,673	0,452	0,2047	0,0926	0,0419
7	1992	114,112	2,057	1,673	0,384	0,1477	0,0568	0,0218
8	1993	146,625	2,166	1,673	0,493	0,2433	0,1200	0,0592
9	1994	119,358	2,077	1,673	0,404	0,1631	0,0659	0,0266
10	1995	130,545	2,116	1,673	0,443	0,1960	0,0868	0,0384
11	1996	118,934	2,075	1,673	0,402	0,1619	0,0651	0,0262
12	1997	132,873	2,123	1,673	0,450	0,2029	0,0914	0,0412
13	1998	114,834	2,060	1,673	0,387	0,1498	0,0580	0,0224
14	1999	130,013	2,114	1,673	0,441	0,1945	0,0858	0,0378
15	2000	108,626	2,036	1,673	0,363	0,1317	0,0478	0,0174
16	2001	116,107	2,065	1,673	0,392	0,1536	0,0602	0,0236
17	2002	131,571	2,119	1,673	0,446	0,1991	0,0888	0,0396
18	2003	118,367	2,073	1,673	0,400	0,1602	0,0641	0,0257
19	2004	126,947	2,104	1,673	0,431	0,1854	0,0799	0,0344
20	2005	123,618	2,092	1,673	0,419	0,1756	0,0736	0,0308
Jumlah		1.981,321	33,465			3,5483	1,5075	0,6441

(Sumber : Hasil Perhitungan)

$$\overline{LogX} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \log Xi}{n}$$

$$= \frac{33,465}{20}$$

$$= 1,673$$

$$S_{\log x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\log Xi - \log X)^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{3,5483}{20-1}}$$

$$= 0,4321$$

$$Cs = \frac{n\sum_{i=1}^{n}(\log Xi - \log \overline{X})^3}{(n-1)(n-2)\,S_{\log x}^{\,3}}$$

$$= \frac{(20)1{,}5075}{(20-1)(20-2)0{,}4321^3}$$

$$= 1{,}093$$

$$Ck = \frac{n^2\sum_{i=1}^{n}(\log Xi - \log \overline{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S_{\log x}^{\,4}}$$

$$= \frac{(400)0{,}6441}{(20-1)(20-2)(20-3)0{,}4321^4}$$

$$= 1{,}271$$

$$Cv = S_{\log x} / (\overline{LogX})$$

$$= 0{,}4321 / 1{,}673$$

$$= 0{,}258$$

Tabel 5.6 Penentuan Jenis Sebaran

Jenis Sebaran	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
Normal	Cs = 0 Ck = 3	Cs = 0,507 Ck =3,316	Tidak Memenuhi
Log Normal	Cs = 1,104 Ck = 5,24	Cs = 1,093 Ck = 1,271	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Cs ≠ 0 Cv = 0,3	Cs = 1,093 Cv = 0,258	Memenuhi
Gumbel	Cs =1,14 Ck = 5,4	Cs = 0,507 Ck =3,316	Tidak Memenuhi

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari hasil perhitungan di atas maka model distribusi yang digunakan adalah Log Pearson Tipe III karena hasil Cs dan Cv paling mendekati parameter yang disyaratkan.

5.3.3 Pengujian Kecocokan Sebaran

Pengujian kecocokan sebaran digunakan untuk menguji sebaran data apakah memenuhi syarat untuk data perencanaan. Pengujian kecocokan sebaran menggunakan metode chi-kuadrat dengan rumus :

Rumus : $x^2 = \sum_{i=1}^{G} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$

Di mana :

x^2 = harga chi kuadrat.

Oi = frekuansi yang terbaca pada kelas yang sama.

Ei = frekuensi yang diharapkan sesuai pembagian kelasnya.

G = jumlah sub kelompok.

G = 1 + 3,322 log n

= 1 + 3,322 log 20

= 5,322 ≈ 5 kelas

dk = n - 3

dk = 20 - 3

= 17

E_1 = N / G

= 20 / 5

= 4

Δ log X= (log X maks – log X min) / (G-1)

= (2,166 – 2,036) / (5-1)

= 0,033

Log X awal=log X min - $\frac{1}{2}$ Δlog X

= 2,036 - $\frac{1}{2}$ 0,033

= 2,019

Tabel 5.7 Data Log Xi yang Disusun Secara Urut

Tahun	log Xi
2000	2,036
1992	2,057
1998	2,06
1990	2,062
2001	2,065
1986	2,066
2003	2,073
1996	2,075
1994	2,077
1987	2,084
2005	2,092
2004	2,104
1989	2,114
1999	2,114
1995	2,116
2002	2,119
1997	2,123
1991	2,125
1988	2,131
1993	2,166

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5.8 Uji Chi-Kuadrat

No	Kemungkinan	Ei	Oi	Oi - Ei	(Oi - Ei)²	(Oi - Ei)²/Ei
1	2,019 < X < 2,052	4	1	-3	9	2,25
2	2,052 < X < 2,085	4	9	5	25	6,25
3	2,085 < X < 2,118	4	5	1	1	0,25
4	2,118 < X < 2,151	4	4	0	0	0
5	2,151 < X < 2,184	4	1	-3	9	2,25
	Jumlah	20	20			11,00

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5.9 Nilai Chi-Kuadrat Kritis dengan α = 5%

dk	χcr^2	dk	χcr^2	dk	χcr^2
1	3,841	11	19,675	21	32,671
2	5,991	12	21,026	22	33,924
3	7,815	13	22,362	23	35,172
4	9,451	14	23,605	24	36,415
5	11,070	15	24,996	25	37,652
6	12,592	16	26,296	26	40,005
7	14,067	17	27,587	27	40,113
8	15,507	18	28,869	28	41,007
9	16,616	19	30,144	29	42,557
10	18,307	20	31,410	30	43,773

(Sumber : Hidrologi Tehnik, CD Sumarto)

Dari perhitungan diatas diperoleh nilai χ^2 = 11,000. Nilai ini lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai χ^2 kritis yang tercantum dalam Tabel 5.9. Dengan nilai derajat kebebasan (dk) = 17 maka nilai $\chi^2 cr$ = 25,587 Ini berarti bahwa distribusi Log Pearson III yang digunakan dapat diterima.

5.4 PERHITUNGAN CURAH HUJAN RENCANA

Berdasarkan hasil uji sebaran, maka digunakan metode *Log Pearson Tipe* III untuk menghitung curah hujan rencana, hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Rumus :

$$\text{Log } X_T = \overline{LogX} + k * S_{\log x}$$

Dimana :

X_T = nilai curah hujan rencana periode ulang T tahun

k = harga yang diperoleh berdasarkan nilai Cs dari Tabel 5.1

$\overline{LogX}$ = nilai rata-rata logaritma dari hujan areal tiap tahun

$S_{\log x}$ = standar deviasi

Dari hasil perhitungan distribusi logaritma didapatkan nilai Cs = 1,093.

Tabel 5.10 Harga k untuk Distribusi *Log Pearson III*

Kemencengan	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
	Peluang (%)							
(CS)	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
3	-0.396	0.42	1.18	2.278	3.152	4.051	4.97	7.25
2.5	-0.36	0.518	1.25	2.262	3.048	3.845	4.652	6.6
2.2	-0.33	0.574	1.84	2.24	2.97	3.705	4.444	6.2
2	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.91
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.66
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.78	3.388	6.99	5.39
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.11
1.2	-0.195	0.732	1.34	2.087	2.626	3.149	3.661	4.82
1	-0.164	0.758	1.34	2.043	2.542	3.022	3.489	4.54
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
0.8	-0.132	0.78	1.336	1.998	2.453	2.891	3.312	4.25
0.7	-0.116	0.79	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.6	-0.099	0.8	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.96
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.91	2.311	2.686	3.041	3.815
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.88	2.261	2.615	2.949	3.67
0.3	-0.05	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	5.525
0.2	-0.033	0.831	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.38
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.4	2.67	3.235
0	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.09
-0.1	0.017	0.836	1.27	1.761	2	2.252	2.482	3.95
-0.2	0.033	0.85	1.258	1.68	1.945	2.178	2.388	2.81
-0.3	0.05	0.83	1.245	1.643	1.89	2.104	2.294	2.675
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.54
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.4
-0.6	0.099	0.857	1.2	1.528	1.72	1.88	2.016	2.275
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.15
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.488	1.606	1.733	1.837	2.035
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.66	1.749	1.91
-1	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.8
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.625
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.27	1.318	1.351	1.465
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.2	1.216	1.28
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.089	1.097	1.13
-2	0.307	0.777	0.895	0.959	0.98	0.99	1.995	1
-2.2	0.33	0.752	0.844	0.888	0.9	0.905	0.907	0.91
-2.5	0.36	0.711	0.771	0.793	1.798	0.799	0.8	0.802
-3	0.396	0.636	0.66	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

(Sumber : Hidrologi Teknik, CD Soemarto, 1995)

Tabel 5.11 Nilai Faktor k Beberapa Periode Ulang untuk Nilai Cs =1,093

Periode Ulang (tahun)	k
2	-0,180
5	0,745
10	1,34
25	2,065
50	2,584

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Hasil perhitungan curah hujan rencana untuk periode ulang T tahun disajikan dalam Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson III untuk Periode Ulang T Tahun

Peride Ulang	k	Log X_T	X_T
(Th)			(mm)
2	-0,18	1,595	39,355
5	0,745	1,995	98,855
10	1,34	2,252	178,649
25	2,065	2,565	367,282
50	2,584	2,790	616,595

(Sumber : Hasil Perhitungan)

5.5 PERHITUNGAN DEBIT BANJIR RENCANA

Dalam perhitungan debit banjir rencana pada perencanaan *ground sill* ini digunakan metode sebagai berikut :

1. Metode *Haspers*
2. Metode Manual Jawa Sumatra
3. Metode *Gamma I*
4. Metode *Passing Capacity*

5.5.1 Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode *Haspers*

Rumus : $Q_T = \alpha \cdot \beta \cdot q_T \cdot A$

Koefisien *Run off* (α)

$$\alpha = \frac{1 + 0{,}012.A^{0,70}}{1 + 0{,}075.A^{0,70}}$$

Koefisien Reduksi (β)

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + 3{,}70.10^{-0,40t}}{t^2 + 15} \cdot \frac{A^{0,75}}{12}$$

Hujan maksimum (q_n)

$$q_T = \frac{R_T}{3{,}6.t}$$

Waktu konsentrasi (t)

$$t = 0{,}10.L^{0,80}.i^{-0,30}$$

Curah hujan harian maksimum (R_n) untuk 2 jam < t < 19 jam

$$R_T = \frac{t.R_{24}}{t+1}$$

Didapat :

A = 993,29 km^2

α = 0,241

β = 0,474

L = 59,48 km

i = 0,00622

t =12,060

Hasil perhitungan debit banjir rencana dengan menggunakan metode *Haspers* disajikan dalam Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Debit banjir rencana dengan metode *Haspers*

Periode Ulang	R24	t	R_T	q_T	Q_T
(tahun)	(mm)	(jam)	(mm)	(m /km /dt)	(m/dt)
2	39,355	12,060	36,342	0,906	102,854
5	98,855	12,060	91,286	2,277	258,357
10	178,649	12,060	164,970	4,115	466,898
25	367,282	12,060	339,159	8,460	959,890
50	616,595	12,060	569,383	14,202	1.611,468

(Sumber : Hasil Perhitungan)

5.5.2 Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Jawa Sumatra

- Luas Daerah Aliran (AREA) = 993,29 km^2
- Faktor Reduksi Area (ARF) = 1,152 – 0,123 log A
  = 1,152 – 0,123 log 993,29
  = 0,782
- Panjang sungai (MSL) = 59,48 km
- LAKE = 0 (untuk bendung)
- Elevasi hulu = + 480,00 m
- Elevasi hilir = + 30,00 m
- Indeks kemiringan (SIMS) = 0,00622
- V = 1,02 – 0,0275 log AREA
  = 0,938

Rata-rata tahunan hujan terbesar APBAR = PBAR x ARF

Di mana PBAR (hujan terpusat maks R24) dapat dilihat dalam Tabel 5.12.

Rata-rata banjir tahunan :

$MAF = 8 \times 10^{-6} \times AREA^{v} \times APBAR^{2.445} \times SIMS^{0.117} \times (1 + LAKE)^{-0.85}$

$Q = GF \times MAF$

Hasil perhitungan debit rencana periode T tahun Metode FSR Jawa Sumatra disajikan dalam Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Debit Banjir Rencana Metode FSR Jawa Sumatra

TH	PBAR mm	ARF	APBAR mm	SIMS	AREA km^2	LAKE	V	GF	MAF	Q_T m^3/dt
2	39,355	0,782	30,776	0,006	993,290	0,000	0,938	1,000	12,437	12,437
5	98,855	0,782	77,305	0,006	993,290	0,000	0,938	1,211	118,228	143,174
10	178,649	0,782	139,704	0,006	993,290	0,000	0,938	1,484	502,446	745,629
25	367,282	0,782	287,215	0,006	993,290	0,000	0,938	1,747	2.926,657	5.112,870
50	616,595	0,782	482,177	0,006	993,290	0,000	0,938	2,078	10.387,180	21.584,561

(Sumber : Hasil Perhitungan)

5.5.3 Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode *Gamma I*

Data-data yang diketahui dari peta topografi :

Panjang sungai utama = 59,48 km

Panjang sungai semua tingkat = 420 km

Panjang sungai tingkat I = 165 km

Jumlah sungai semua tingkat = 303 buah

Jumlah sungai tingkat I = 233 buah

WU = lebar DAS diukur di titik sungai berjarak 0,75 L dari titik kontrol

= 18,62 km

WL = lebar DAS diukur di titik sungai berjarak 0,25 L dari titik kontrol

= 38,19 km

DAS = Luas Daerah Aliran Sungai

= 993,29 km^2

AU = Luas DAS dihulu garis yang ditarik tegak lurus garis hubung antara titik kontrol dengan stasiun pengukuran dekat titik berat DAS

= 610,33 km^2

Perhitungan resesi unit hidrograf

S = kemiringan sungai

= 0,00622

JN = jumlah pertemuan anak sungai di dalam DAS

= 119

SF = faktor sumber yaitu perbandingan antara jumlah panjang sungai tingkat I dengan jumlah panjang sungai semua tingkat

= 165 / 420 = 0,393

WF = faktor lebar

= WU / WL = 18,62 / 38,19 = 0,488

RUA = perbandingan luas DAS sebelah hulu dengan jarak titik berat DAS ke stasiun hidrometri.

= AU / DAS = 610,33 / 993,29 = 0,614

SIM = faktor simetri

= WF x RUA = 0.488 x 0.614 = 0,300

TR = waktu puncak

= $0,43 \times (L/100xSF)^3 + (1,0665 \times SIM) + 1,2775$

= $0,43 \times (59,48/100x0,393)^3 + (1,0665x0,300) + 1,2775$

= 3,089 jam

Qp = debit puncak

= $0,1836 \times DAS^{0,5886} \times JN^{0,2381} \times TR^{-0,4008}$

= $0,1836 \times 993,29^{0,5886} \times 119^{0,2381} \times 3,089^{-0,4008}$

= 21,174 m^3/dt

D = kerapatan jaringan

= panjang sungai semua tingkat / DAS

= 420 / 993,29

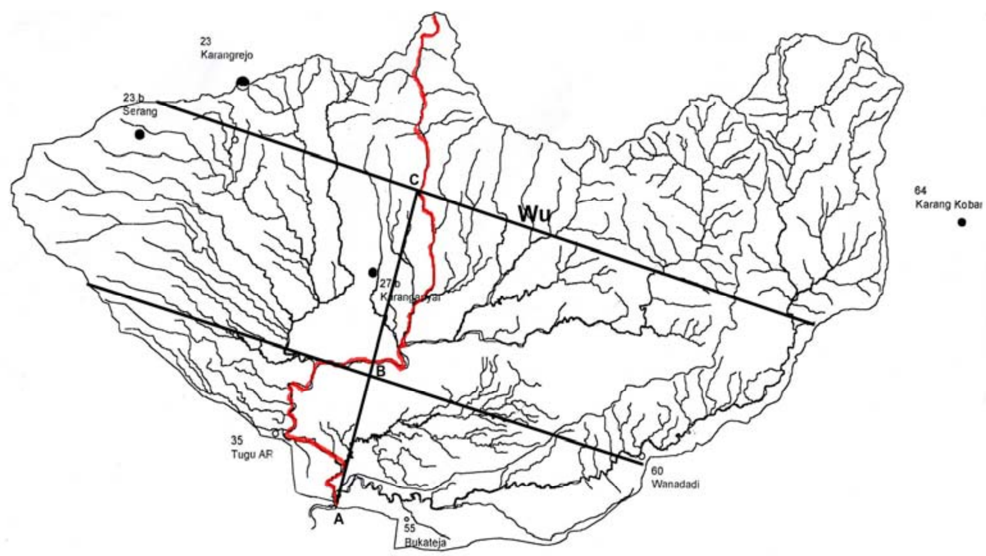
= 0,423

K = koefisien tampungan

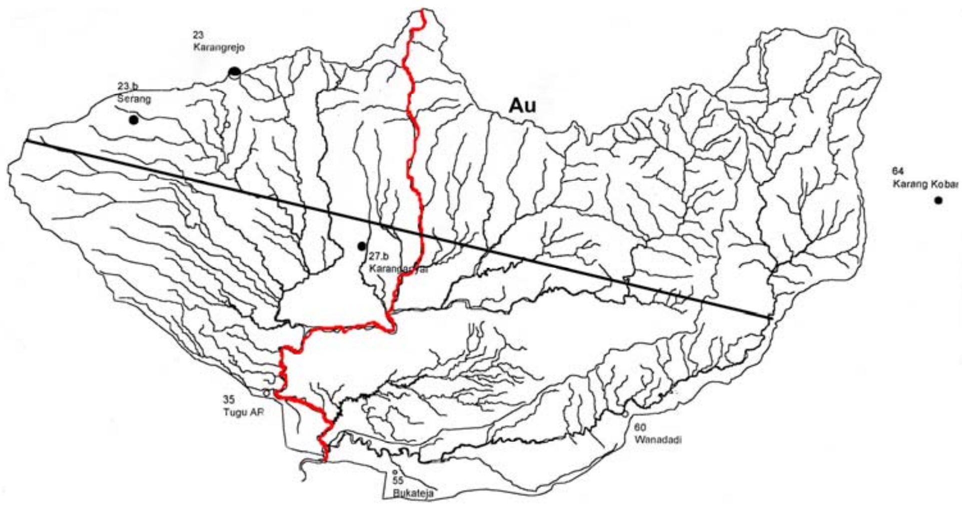
= $0,5617x(DAS^{0,1798})x(S^{-0,1446})x(SF^{-1,0897})x(D^{0,0452})$

= $0,5617x(993,29^{0,1798})x(0,00622^{0,1446})x(0,393^{-1,0897})x(0,423^{0,0452})$

= 62,212



Gambar 5.2 Sketsa Penetapan WF



Gambar 5.3 Sketsa Penetapan RUA

Perhitungan Resesi Unit Hidrograf (Qt) selanjutnya ditampilkan dalam Tabel 5.15 dengan menggunakan rumus :

Qt = Qp x $e^{-t/k}$

Dengan e = 2,718281828

Tabel 5.15 Perhitungan resesi unit hidrograf

t	Qp	t/k	Qt
(jam)	(m^3/dt)		(m^3/dt)
0	21,174	0	0
3,089	21,174	0,049653	21,174
4	21,174	0,064296	19,8554
5	21,174	0,080370	19,5388
6	21,174	0,096444	19,2273
7	21,174	0,112518	18,9207
8	21,174	0,128593	18,619
9	21,174	0,144667	18,3221
10	21,174	0,160741	18,0299
11	21,174	0,176815	17,7424
12	21,174	0,192889	17,4595

13	21,174	0,208963	17,1811
14	21,174	0,225037	16,9072
15	21,174	0,241111	16,6376
16	21,174	0,257185	16,3723
17	21,174	0,273259	16,1112
18	21,174	0,289333	15,8543
19	21,174	0,305407	15,6015
20	21,174	0,321481	15,3527
21	21,174	0,337555	15,1079
22	21,174	0,353630	14,867
23	21,174	0,369704	14,6299
24	21,174	0,385778	14,3967

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Perhitungan intensitas curah hujan

Rumus yang digunakan adalah, rumus dari Dr. Mononobe yaitu :

$$I = (R_{24} / 24) \times (24 / t)^{2/3}$$

Dimana :

I = Intensitas (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan maksimumdalam 1 hari (mm)

t = waktu konsentrasi (jam)

Hasil perhitungan intensitas curah hujan jam-jaman disajikan dalam Tabel 5.1

Tabel 5.16 Intensitas Curah Hujan Jam-Jaman

Periode	Intensitas (I)				
ulang	2 th	5 th	10 th	25 th	50 th
R24 (mm)	39,355	98,855	178,649	367,282	616,595
t	(mm/jam)	(mm/jam)	(mm/jam)	(mm/jam)	(mm/jam)
1	13,644	34,271	61,934	127,330	213,762
2	8,595	21,589	39,016	80,213	134,661
3	6,559	16,476	29,775	61,214	102,766
3,089	6,433	16,158	29,200	60,032	100,782
4	5,414	13,601	24,579	50,531	84,831
5	4,666	11,721	21,181	43,546	73,105
6	4,132	10,379	18,757	38,562	64,738
7	3,728	9,365	16,925	34,796	58,416
8	3,411	8,568	15,484	31,832	53,440
9	3,153	7,921	14,314	29,428	49,405
10	2,939	7,383	13,343	27,432	46,054
11	2,758	6,929	12,522	25,743	43,218
12	2,603	6,538	11,816	24,293	40,783
13	2,468	6,199	11,202	23,030	38,663
14	2,349	5,900	10,662	21,920	36,800
15	2,243	5,635	10,183	20,935	35,145
16	2,149	5,397	9,754	20,053	33,665
17	2,064	5,184	9,368	19,259	32,332
18	1,986	4,990	9,017	18,539	31,123
19	1,916	4,813	8,698	17,882	30,021
20	1,852	4,651	8,406	17,281	29,012
21	1,792	4,502	8,137	16,728	28,083
22	1,738	4,365	7,888	16,217	27,226
23	1,687	4,237	7,658	15,744	26,431
24	1,640	4,119	7,444	15,303	25,691

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Perhitungan hujan efektif

$\Phi = 10,4903 – 3,859 \times 10^{-6}. A^{2} + 1,6985 \times 10^{-13} (A/SN)^{4}$

$= 7,1557$

$Re = I – \Phi$

Hasil perhitungan curah hujan efektif disajikan dalam Tabel 5.17

Tabel 5.17 Curah Hujan Efektif dengan Φ Indeks

	Hujan Efektif (mm/jam)									
t	.	2th		5th		10th		25th		50th
	i	Re	i	Re	i	Re	i	Re	i	Re
1	13,644	6,488	34,271	27,115	61,934	54,778	127,33	120,174	213,762	206,606
2	8,595	1,439	21,589	14,433	39,016	31,860	80,213	73,057	134,661	127,505
3			16,476	9,320	29,775	22,619	61,214	54,058	102,766	95,610
3.089			16,158	9,002	29,200	22,044	60,032	52,876	100,782	93,626
4			13,601	6,445	24,579	17,423	50,531	43,375	84,831	77,675
5			11,721	4,565	21,181	14,025	43,546	36,390	73,105	65,949
6			10,379	3,223	18,757	11,601	38,562	31,406	64,738	57,582
7			9,365	2,209	16,925	9,769	34,796	27,640	58,416	51,260
8			8,568	1,412	15,484	8,328	3,832	24,676	53,440	46,284
9			7,921	0,765	14,314	7,158	29,428	22,272	49,405	42,249
10			7,383	0,227	13,343	6,187	27,432	20,276	46,054	38,898
11					12,522	5,366	25,743	18,587	43,218	36,062
12					11,816	4,660	24,293	17,137	40,783	33,627
13					11,202	4,046	23,03	15,874	38,663	31,507
14					10,662	3,506	21,92	14,764	36,800	29,644
15					10,183	3,027	20,935	13,779	35,145	27,989
16					9,754	2,598	20,053	12,897	33,665	26,509
17					9,368	2,212	19,259	12,103	32,332	25,176
18					9,017	1,861	18,539	11,383	31,123	23,967
19					8,698	1,542	17,882	10,726	30,021	22,865
20					8,406	1,250	17,281	10,125	29,012	21,856
21					8,137	0,981	16,728	9,572	28,083	20,927
22					7,888	0,732	16,217	9,061	27,226	20,070
23					7,658	0,502	15,744	8,588	26,431	19,275
24					7,444	0,288	15,303	8,147	25,691	18,535

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Perhitungan hidrograf banjir

TR = waktu puncak

= 3,089 jam

S = kemiringan sungai

= 0,00622

SN = frekuensi sumber

= jumlah n_1 / jumlah n

= 233 / 303

= 0,769

RUA = AU / DAS

= 610,33/ 993,29

= 0,614

TB = waktu dasar

$= 27,4132 \times (TR^{0,1457}) \times (S^{-0,0956}) \times (SN^{0,7344}) \times (RUA^{0,2574})$

$= 27,4132 \times (3,089^{0,1457}) \times (0,00622^{-0,0956}) \times (0,.769^{0,7344}) \times$

$(0,614^{0,2574})$

= 229,130 jam

QB $= 0,4751 \times DAS^{0,6444} \times D^{0,9430}$

$= 0,4751 \times 993,29^{0,6444} \times 0,423^{0,9430}$

= 18,013 m^3/dt

Hidrograf banjir untuk beberapa periode ulang disajikan dalam Tabel 5.18 sampai Tabel 5.22.

Tabel 5.18 Perhitungan hidrograf banjir periode ulang 2 tahunan

	UHS	Hujan Efektif (mm/jam)		Qb	Jumlah
jam		6,488	1,439	m^3/dt	m^3/dt
0	0	0		18,013	18,013
3,089	21,174	137,377	0	18,013	155,39
4	19,855	128,819	30,469	18,013	**177,302**
5	19,539	126,769	28,571	18,013	173,353
6	19,227	124,745	28,117	18,013	170,874
7	18,921	122,759	27,668	18,013	168,44
8	18,619	120,8	27,227	18,013	166,04
9	18,322	118,873	26,793	18,013	163,679
10	18,03	116,979	26,365	18,013	161,357
11	17,742	115,11	25,945	18,013	159,068
12	17,46	113,28	25,531	18,013	156,824
13	17,181	111,47	25,125	18,013	154,608
14	16,907	109,693	24,723	18,013	152,429
15	16,638	107,947	24,329	18,013	150,29
16	16,372	106,222	23,942	18,013	148,177
17	16,111	104,528	23,559	18,013	146,1
18	15,854	102,861	23,184	18,013	144,057
19	15,602	101,226	22,814	18,013	142,053
20	15,353	99,61	22,451	18,013	140,075
21	15,108	98,021	22,093	18,013	138,127
22	14,867	96,457	21,74	18,013	136,211
23	14,63	94,919	21,394	18,013	134,326
24	14,397	93,408	21,053	18,013	132,473
		0	20,717	18,013	38,73
			0	18,013	18,013

(Sumber : Hasil Perhitunga

Tabel 5.19 Perhitungan hidrograf banjir periode ulang 5 tahunan

	UHS	Hujan Efektif (mm/jam)											Qb	Jumlah
jam		27,115	14,433	9,320	9,002	6,445	4,565	3,223	2,209	1,412	0,765	0,227	m^3/dt	m^3/dt
0	0	0											18,013	18,013
3,089	21,174	574,13	0										18,013	592,146
4	19,855	538,37	305,6	0									18,013	861,986
5	19,539	529,8	286,57	197,34	0								18,013	1031,722
6	19,227	521,34	282,01	185,05	190,61	0							18,013	1197,016
7	18,921	513,04	277,5	182,1	178,73	136,47	0						18,013	1305,864
8	18,619	504,85	273,09	179,2	175,89	127,97	96,66	0					18,013	1375,664
9	18,322	496,8	268,73	176,34	173,08	125,93	90,64	68,24	0				18,013	1417,778
10	18,030	488,88	264,44	173,53	170,33	123,92	89,2	63,99	46,77	0			18,013	1439,073
11	17,742	481,07	260,23	170,76	167,61	121,95	87,77	62,97	43,86	29,9	0		18,013	**1444,132**
12	17,460	473,43	256,07	168,04	164,93	120	86,37	61,97	43,16	28,04	16,2	0	18,013	1436,223
13	17,181	465,86	252	165,36	162,31	118,09	85	60,98	42,47	27,59	15,19	4,81	18,013	1417,658
14	16,907	458,43	247,97	162,73	159,71	116,2	83,64	60,01	41,8	27,15	14,95	4,51	18,013	1395,112
15	16,638	451,14	244,02	160,13	157,17	114,35	82,31	59,05	41,13	26,72	14,71	4,44	18,013	1373,169
16	16,372	443,93	240,14	157,57	154,66	112,53	80,99	58,11	40,47	26,29	14,47	4,36	18,013	1351,548
17	16,111	436,85	236,3	155,07	152,2	110,73	79,7	57,18	39,83	25,87	14,24	4,3	18,013	1330,279
18	15,854	429,88	232,53	152,59	149,78	108,97	78,43	56,27	39,19	25,46	14,02	4,23	18,013	1309,350
19	15,602	423,05	228,82	150,15	147,38	107,23	77,18	55,37	38,57	25,05	13,79	4,16	18,013	1288,777
20	15,353	416,3	225,18	147,76	145,03	105,52	75,95	54,49	37,95	24,65	13,57	4,09	18,013	1268,517
21	15,108	409,65	221,59	145,41	142,72	103,84	74,74	53,62	37,35	24,26	13,36	4,03	18,013	1248,574
22	14,867	403,12	218,05	143,09	140,45	102,18	73,55	52,77	36,75	23,87	13,14	3,96	18,013	1228,950
23	14,630	396,69	214,58	140,81	138,21	100,55	72,37	51,93	36,17	23,49	12,93	3,9	18,013	1209,642
24	14,397	390,37	211,15	138,56	136	98,95	71,22	51,1	35,59	23,12	12,73	3,84	18,013	1190,648
		0	207,79	136,35	133,83	97,37	70,09	50,29	35,02	22,75	12,52	3,78	18,013	787,804
			0	134,18	131,7	95,82	68,97	49,48	34,46	22,39	12,32	3,72	18,013	571,053
				0	129,6	94,29	67,87	48,69	33,91	22,03	12,13	3,66	18,013	430,196
					0	92,79	66,79	47,92	33,37	21,68	11,94	3,6	18,013	296,090
						0	65,72	47,15	32,84	21,33	11,75	3,54	18,013	200,348
							0	46,4	32,32	20,99	11,56	3,49	18,013	132,767
								0	31,8	20,66	11,37	3,43	18,013	85,276
									0	20,33	11,19	3,37	18,013	52,908
										0	11,01	3,32	18,013	32,348
											0	3,27	18,013	21,281
												0	18,013	18,013

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5.20 Perhitungan hidrograf banjir periode ulang 10 tahunan

	UHS	Hujan Efektif (mm/jam)																									Qb	Jumlah
jam		54,778	31,86	22,619	22,044	17,423	14,025	11,601	9,769	8,328	7,158	6,187	5,366	4,66	4,046	3,506	3,027	2,598	2,212	1,861	1,542	1,25	0,981	0,732	0,502	0,288	m^3/dt	m^3/dt
0	0	0																									18,013	18,013
3,089	21,174	1.159,87	0																								18,013	1.177,88
4	19,855	1.087,62	674,6	0																							18,013	1.780,23
5	19,539	1.070,31	632,58	478,93	0																						18,013	2.199,83
6	19,227	1.053,22	622,51	449,1	466,76	0																					18,013	2.609,60
7	18,921	1.036,45	612,57	441,95	437,68	368,91	0																				18,013	2.915,58
8	18,619	1.019,91	602,82	434,9	430,72	345,93	296,97	0																			18,013	3.149,26
9	18,322	1.003,64	593,2	427,97	423,84	340,43	278,47	245,64	0																		18,013	3.331,20
10	18,03	987,65	583,74	421,14	417,09	334,99	274,03	230,34	206,85	0																	18,013	3.473,85
11	17,742	971,87	574,44	414,43	410,44	329,66	269,66	226,67	193,96	176,34	0																18,013	3.585,48
12	17,46	956,42	565,26	407,82	403,89	324,4	265,37	223,05	190,88	165,35	151,56	0															18,013	3.672,01
13	17,181	941,14	556,28	401,31	397,45	319,22	261,13	219,5	187,83	162,72	142,12	131	0														18,013	3.737,72
14	16,907	926,13	547,39	394,93	391,10	314,14	256,97	216	184,84	160,12	139,86	122,84	113,62	0													18,013	3.785,96
15	16,638	911,4	538,66	388,62	384,89	309,12	252,87	212,55	181,89	157,57	137,63	120,89	106,54	98,67	0												18,013	3.819,31
16	16,372	896,83	530,09	382,42	378,74	304,21	248,83	209,17	178,99	155,06	135,44	118,96	104,85	92,52	85,67	0											18,013	3.839,79
17	16,111	882,53	521,61	376,33	372,70	299,34	244,88	205,82	176,14	152,59	133,27	117,06	103,17	91,05	80,33	74,24	0										18,013	**3.849,07**
18	15,854	868,45	513,3	370,32	366,77	294,57	240,96	202,55	173,32	150,15	131,15	115,2	101,53	89,6	79,05	69,61	64,09	0									18,013	3.848,63
19	15,602	854,65	505,11	364,41	360,90	289,88	237,12	199,32	170,57	147,76	129,06	113,36	99,91	88,17	77,79	68,5	60,1	55,01	0								18,013	3.839,64
20	15,353	841,01	497,08	358,6	355,15	285,25	233,35	196,14	167,84	145,41	127	111,55	98,32	86,76	76,55	67,41	59,14	51,58	46,84	0							18,013	3.822,99
21	15,108	827,59	489,15	352,9	349,49	280,7	229,62	193,02	165,16	143,08	124,98	109,77	96,75	85,38	75,33	66,34	58,2	50,76	43,92	39,4	0						18,013	3.799,55
22	14,867	814,38	481,34	347,27	343,93	276,22	225,96	189,93	162,54	140,8	122,98	108,03	95,2	84,02	74,13	65,28	57,27	49,95	43,22	36,95	32,65	0					18,013	3.770,06
23	14,63	801,4	473,66	341,73	338,44	271,83	222,35	186,9	159,94	138,56	121,02	106,3	93,69	82,68	72,95	64,24	56,36	49,16	42,53	36,36	30,62	26,47	0				18,013	3.735,20
24	14,397	788,64	466,11	336,28	333,04	267,5	218,82	183,92	157,39	136,35	119,09	104,6	92,19	81,36	71,78	63,21	55,46	48,37	41,85	35,78	30,13	24,82	20,77	0			18,013	3.695,47
		0	458,69	330,92	327,73	263,23	215,33	181	154,88	134,17	117,19	102,94	90,72	80,06	70,64	62,2	54,58	47,6	41,19	35,21	29,65	24,42	19,48	15,5	0		18,013	2.875,34
			0	325,65	322,50	259,03	211,89	178,11	152,42	132,03	115,32	101,29	89,28	78,79	69,51	61,21	53,71	46,84	40,53	34,65	29,18	24,03	19,17	14,53	10,63	0	18,013	2.388,32
				0	317,37	254,9	208,51	175,27	149,98	129,93	113,48	99,68	87,85	77,53	68,41	60,24	52,85	46,09	39,88	34,1	28,71	23,65	18,86	14,3	9,97	6,1	18,013	2.035,67
					0	250,84	205,19	172,47	147,59	127,86	111,68	98,09	86,45	76,29	67,32	59,28	52,01	45,36	39,25	33,55	28,25	23,27	18,56	14,07	9,81	5,72	18,013	1.690,92
						0	201,92	169,72	145,24	125,82	109,9	96,53	85,07	75,08	66,24	58,33	51,18	44,64	38,62	33,02	27,8	22,9	18,27	13,85	9,65	5,63	18,013	1.417,42
							0	167,02	142,92	123,81	108,14	94,99	83,72	73,88	65,19	57,4	50,36	43,92	38	32,49	27,36	22,54	17,97	13,63	9,5	5,54	18,013	1.196,39
								0	140,64	121,84	106,42	93,47	82,38	72,71	64,15	56,49	49,56	43,23	37,4	31,97	26,92	22,18	17,69	13,41	9,35	5,45	18,013	1.013,27
									0	119,9	104,72	91,98	81,07	71,54	63,13	55,58	48,77	42,53	36,8	31,46	26,49	21,83	17,4	13,2	9,2	5,36	18,013	858,97
										0	103,05	90,52	79,78	70,4	62,12	54,7	47,99	41,86	36,21	30,96	26,07	21,48	17,13	12,99	9,05	5,28	18,013	727,6
											0	89,07	78,5	69,28	61,13	53,83	47,23	41,19	35,64	30,47	25,66	21,13	16,85	12,78	8,91	5,19	18,013	614,87
												0	77,25	68,18	60,15	52,97	46,47	40,53	35,07	29,98	25,25	20,8	16,59	12,58	8,76	5,11	18,013	517,7
													0	67,09	59,19	52,12	45,73	39,89	34,51	29,5	24,84	20,47	16,32	12,38	8,62	5,03	18,013	433,7
														0	58,25	51,29	45	39,25	33,96	29,04	24,45	20,14	16,06	12,18	8,49	4,95	18,013	361,07
															0	50,48	44,29	38,62	33,42	28,57	24,06	19,82	15,8	11,98	8,35	4,87	18,013	298,27
																0	43,58	38,01	32,89	28,12	23,67	19,5	15,55	11,79	8,22	4,79	18,013	244,13
																	0	37,4	32,36	27,67	23,3	19,19	15,31	11,61	8,09	4,72	18,013	197,66
																		0	31,85	27,23	22,92	18,89	15,06	11,42	7,96	4,64	18,013	157,98
																			0	26,79	22,56	18,58	14,82	11,24	7,83	4,57	18,013	124,4
																				0	22,2	18,29	14,58	11,06	7,71	4,49	18,013	96,34
																					0	18	14,35	10,88	7,58	4,42	18,013	73,24

																						0	14,12	10,71	7,46	4,35	18,013	54,65
																							0	10,54	7,34	4,28	18,013	40,17
																								0	7,23	4,21	18,013	29,45
																									0	4,15	18,013	22,16
																										0	18,013	18,01

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5.21 Perhitungan hidrograf banjir periode ulang 25 tahunan

	UHS	Hujan Efektif (mm/jam)																									Qb	Jumlah
jam		120,174	73,057	54,058	52,876	43,375	36,39	31,406	27,64	24,676	22,272	20,276	18,587	17,137	15,874	14,764	13,779	12,897	12,103	11,383	10,726	10,125	9,572	9,061	8,588	8,147	m^3/dt	m^3/dt
0	0	0																									18,013	18,013
3,089	21,174	2.544,56	0																								18,013	2.562,57
4	19,855	2.386,05	1.546,91	0																							18,013	3.950,97
5	19,539	2.348,08	1.450,55	1.144,62	0																						18,013	4.961,26
6	19,227	2.310,59	1.427,46	1.073,32	1.119,60	0																					18,013	5.948,98
7	18,921	2.273,81	1.404,67	1.056,24	1.049,85	918,42	0																				18,013	6.721,00
8	18,619	2.237,52	1.382,31	1.039,37	1.033,14	861,21	770,52	0																			18,013	7.342,08
9	18,322	2.201,83	1.360,25	1.022,83	1.016,65	847,5	722,52	664,99	0																		18,013	7.854,58
10	18,03	2.166,74	1.338,55	1.006,51	1.000,47	833,97	711,02	623,57	585,25	0																	18,013	8.284,09
11	17,742	2.132,13	1.317,22	990,45	984,5	820,7	699,67	613,64	548,79	522,49	0																18,013	8.647,60
12	17,46	2.098,24	1.296,18	974,67	968,79	807,6	688,54	603,84	540,06	489,94	471,59	0															18,013	8.957,46
13	17,181	2.064,71	1.275,58	959,1	953,35	794,72	677,55	594,23	531,43	482,14	442,21	429,32	0														18,013	9.222,35
14	16,907	2.031,78	1.255,19	943,85	938,13	782,05	666,74	584,75	522,98	474,45	435,17	402,58	393,56	0													18,013	9.449,24
15	16,638	1.999,46	1.235,17	928,77	923,21	769,56	656,11	575,42	514,63	466,89	428,22	396,17	369,04	362,86	0												18,013	9.643,52
16	16,372	1.967,49	1.215,52	913,96	908,46	757,33	645,63	566,25	506,42	459,44	421,41	389,85	363,17	340,26	336,12	0											18,013	9.809,32
17	16,111	1.936,12	1.196,09	899,42	893,97	745,23	635,37	557,21	498,35	452,11	414,68	383,64	357,37	334,84	315,18	312,61	0										18,013	9.950,20
18	15,854	1.905,24	1.177,02	885,04	879,75	733,34	625,22	548,35	490,39	444,91	408,07	377,52	351,68	329,49	310,16	293,14	291,76	0									18,013	10.069,09
19	15,602	1.874,95	1.158,25	870,93	865,69	721,67	615,25	539,59	482,59	437,8	401,56	371,5	346,07	324,25	305,21	288,47	273,58	273,08	0								18,013	10.168,45
20	15,353	1.845,03	1.139,84	857,04	851,89	710,14	605,46	530,98	474,88	430,84	395,15	365,58	340,55	319,07	300,35	283,87	269,23	256,07	256,26892	0							18,013	10.250,25
21	15,108	1.815,59	1.121,64	843,41	838,3	698,81	595,78	522,53	467,31	423,96	388,87	359,74	335,12	313,98	295,56	279,35	264,93	251,99	240,30507	241,02	0						18,013	10.316,21
22	14,867	1.786,63	1.103,75	829,95	824,97	687,67	586,28	514,18	459,87	417,2	382,66	354,02	329,77	308,98	290,84	274,89	260,71	247,97	236,48052	226,01	227,11	0					18,013	10.367,95
23	14,63	1.758,15	1.086,14	816,71	811,81	676,74	576,93	505,98	452,52	410,56	376,55	348,36	324,53	304,04	286,21	270,51	256,55	244,02	232,70438	222,41	212,96	214,39	0				18,013	10.406,79
24	14,397	1.730,15	1.068,82	803,68	798,85	665,94	567,76	497,91	445,31	404	370,56	342,81	319,34	299,21	281,64	266,19	252,46	240,13	229,00086	218,86	209,58	201,03	202,68	0			18,013	**10.433,92**
		0	1.051,80	790,87	786,11	655,31	558,7	490	438,2	397,56	364,64	337,35	314,25	294,43	277,16	261,94	248,44	236,3	225,34576	215,38	206,23	197,83	190,05	191,86	0		18,013	8.747,77
			0	778,27	773,58	644,86	549,78	482,18	431,24	391,21	358,82	331,96	309,25	289,74	272,73	257,78	244,47	232,53	221,75117	211,94	202,95	194,67	187,03	179,91	181,84	0	18,013	7.746,50
				0	761,26	634,58	541,01	474,48	424,36	384,99	353,1	326,67	304,31	285,13	268,38	253,66	240,58	228,82	218,21709	208,56	199,71	191,58	184,04	177,04	170,51	172,5	18,013	7.021,50
					0	624,47	532,39	466,91	417,59	378,85	347,49	321,46	299,46	280,57	264,11	249,61	236,74	225,18	214,73143	205,24	196,52	188,52	181,11	174,22	167,8	161,76	18,013	6.152,74
						0	523,91	459,47	410,92	372,81	341,94	316,35	294,68	276,09	259,89	245,64	232,96	221,58	211,31838	201,96	193,39	185,51	178,22	171,44	165,12	159,18	18,013	5.440,39
							0	452,15	404,37	366,86	336,49	311,3	289,99	271,69	255,75	241,72	229,26	218,05	207,94164	198,75	190,3	182,55	175,38	168,71	162,49	156,64	18,013	4.838,40
								0	397,93	361,01	331,12	306,33	285,37	267,37	251,67	237,86	225,59	214,58	204,62542	195,57	187,28	179,64	172,58	166,02	159,9	154,15	18,013	4.316,61
									0	355,26	325,84	301,44	280,81	263,1	247,67	234,07	221,99	211,15	201,36971	192,45	184,28	176,78	169,83	163,37	157,35	151,69	18,013	3.856,46
										0	320,65	296,64	276,33	258,91	243,71	230,35	218,45	207,78	198,15032	189,39	181,34	173,96	167,13	160,76	154,84	149,27	18,013	3.445,67
											0	291,91	271,93	254,78	239,82	226,67	214,98	204,47	194,99143	186,36	178,46	171,18	164,46	158,21	152,37	146,89	18,013	3.075,49
												0	267,6	250,71	236	223,05	211,55	201,22	191,88096	183,39	175,61	168,46	161,83	155,68	149,95	144,54	18,013	2.739,48
													0	246,72	232,24	219,5	208,17	198,01	188,83101	180,47	172,81	165,77	159,26	153,19	147,55	142,25	18,013	2.432,78

														0	228,54	216	204,85	194,85	185,81736	177,6	170,05	163,12	156,71	150,76	145,2	139,97	18,013	2.151,48
															0	212,56	201,59	191,74	182,85212	174,76	167,35	160,52	154,21	148,35	142,89	137,74	18,013	1.892,58
																0	198,38	188,68	179,9353	171,97	164,68	157,97	151,75	145,98	140,6	135,55	18,013	1.653,51
																	0	185,68	177,06689	169,23	162,05	155,45	149,34	143,65	138,36	133,38	18,013	1.432,22
																		0	174,24689	166,53	159,46	152,97	146,96	141,37	136,15	131,26	18,013	1.226,96
																			0	163,88	156,92	150,53	144,61	139,11	133,99	129,16	18,013	1.036,21
																				0	154,42	148,13	142,31	136,89	131,85	127,11	18,013	858,72
																					0	145,77	140,04	134,71	129,75	125,08	18,013	693,36
																						0	137,81	132,56	127,68	123,08	18,013	539,14
																							0	130,45	125,64	121,12	18,013	395,22
																								0	123,64	119,19	18,013	260,84
																									0	117,29	18,013	135,3
																										0	18,013	18,01

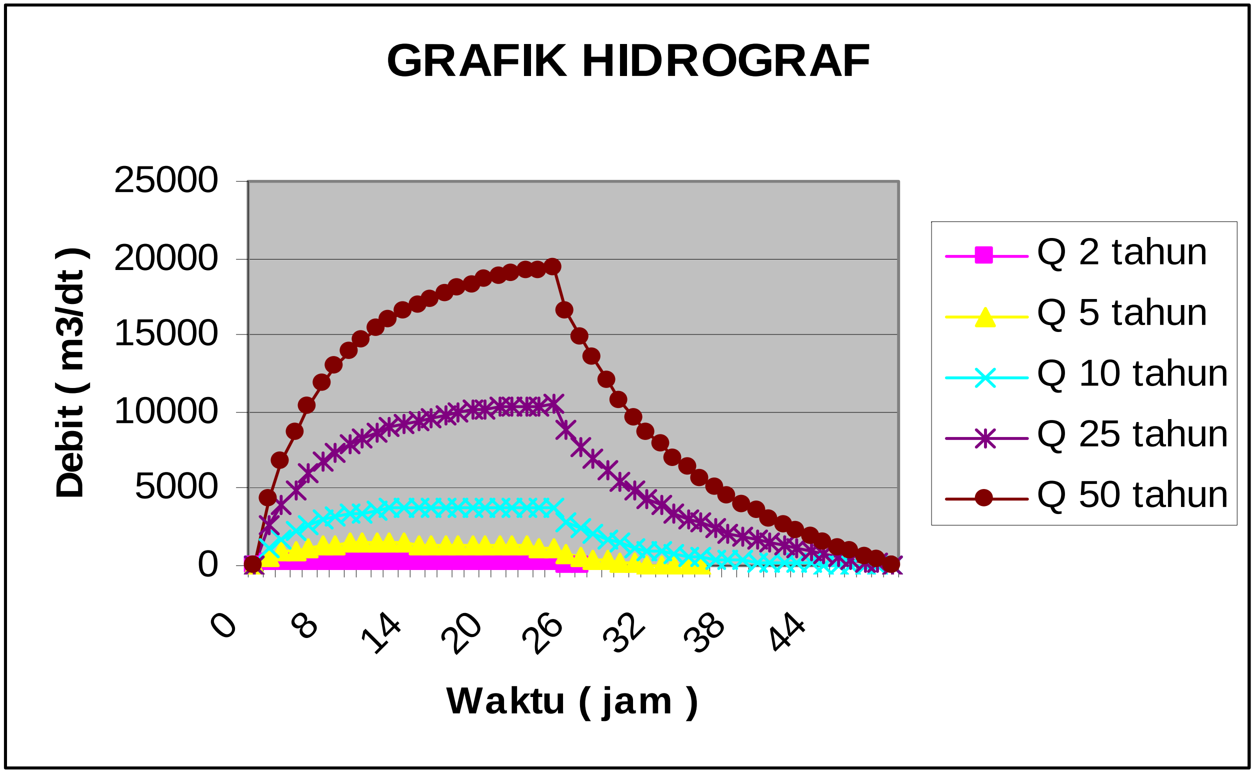
(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 5.22 Perhitungan hidrograf banjir periode ulang 50 tahunan

	UHS	Hujan Efektif (mm/jam)																									Qb	Jumlah
jam		206,606	127,505	95,61	93,626	77,675	65,949	57,582	51,26	46,284	42,249	38,898	36,062	33,627	31,507	29,644	27,989	26,509	25,176	23,967	22,865	21,856	20,927	20,07	19,275	18,535	m^3/dt	m^3/dt
0	0	0																									18,013	18,013
3,089	21,174	4.374,68	0																								18,013	4392,688
4	19,855	4.102,16	2.699,79	0																							18,013	6819,966
5	19,539	4.036,87	2.531,61	2.024,45	0																						18,013	8610,946
6	19,227	3.972,41	2.491,32	1.898,34	1.982,44	0																					18,013	10362,52
7	18,921	3.909,19	2.451,54	1.868,12	1.858,94	1.644,69	0																				18,013	11750,502
8	18,619	3.846,80	2.412,52	1.838,29	1.829,36	1.542,24	1.396,40	0																			18,013	12883,625
9	18,322	3.785,44	2.374,02	1.809,04	1.800,15	1.517,69	1.309,42	1.219,24	0																		18,013	13832,998
10	18,03	3.725,11	2.336,15	1.780,16	1.771,50	1.493,46	1.288,58	1.143,29	1.085,38	0																	18,013	14641,631
11	17,742	3.665,60	2.298,92	1.751,77	1.743,22	1.469,69	1.268,00	1.125,09	1.017,77	980,02	0																18,013	15338,09
12	17,46	3.607,34	2.262,19	1.723,85	1.715,42	1.446,23	1.247,82	1.107,13	1.001,57	918,97	894,58	0															18,013	15943,111
13	17,181	3.549,70	2.226,24	1.696,31	1.688,08	1.423,16	1.227,90	1.089,51	985,58	904,34	838,85	823,63	0														18,013	16471,311
14	16,907	3.493,09	2.190,66	1.669,35	1.661,11	1.400,48	1.208,32	1.072,12	969,89	889,9	825,5	772,32	763,58	0													18,013	16934,337
15	16,638	3.437,51	2.155,73	1.642,68	1.634,71	1.378,11	1.189,06	1.055,02	954,41	875,74	812,32	760,03	716,01	712,02	0												18,013	17341,352
16	16,372	3.382,55	2.121,43	1.616,48	1.608,59	1.356,21	1.170,07	1.038,20	939,19	861,76	799,39	747,89	704,62	667,66	667,13	0											18,013	17699,179
17	16,111	3.328,63	2.087,51	1.590,76	1.582,93	1.334,53	1.151,47	1.021,62	924,22	848,02	786,63	735,99	693,36	657,04	625,57	627,68	0										18,013	18013,984
18	15,854	3.275,53	2.054,23	1.565,33	1.557,75	1.313,25	1.133,07	1.005,38	909,45	834,5	774,09	724,24	682,33	646,55	615,62	588,58	592,64	0									18,013	18290,551
19	15,602	3.223,47	2.021,46	1.540,37	1.532,84	1.292,36	1.115,00	989,32	895	821,17	761,75	712,69	671,44	636,26	605,79	579,21	555,72	561,3	0								18,013	18533,161
20	15,353	3.172,02	1.989,33	1.515,80	1.508,41	1.271,70	1.097,26	973,54	880,7	808,12	749,58	701,33	660,73	626,1	596,14	569,97	546,88	526,34	533,08	0							18,013	18745,028
21	15,108	3.121,40	1.957,58	1.491,71	1.484,35	1.251,42	1.079,72	958,05	866,65	795,21	737,67	690,13	650,2	616,11	586,63	560,89	538,14	517,96	499,87	507,48	0						18,013	18929,182
22	14,867	3.071,61	1.926,35	1.467,90	1.460,75	1.231,46	1.062,50	942,73	852,86	782,52	725,88	679,16	639,81	606,29	577,27	551,94	529,58	509,69	491,91	475,86	484,14	0					18,013	19088,256
23	14,63	3.022,65	1.895,62	1.444,48	1.437,44	1.211,89	1.045,56	927,7	839,23	770,07	714,3	668,31	629,64	596,61	568,07	543,14	521,13	501,58	484,06	468,29	453,98	462,78	0				18,013	19224,527
24	14,397	2.974,51	1.865,40	1.421,43	1.414,50	1.192,54	1.028,94	912,91	825,85	757,76	702,94	657,65	619,58	587,13	559	534,48	512,81	493,57	476,36	460,81	446,76	433,95	443,11	0			18,013	**19339,997**
		0	1.835,69	1.398,77	1.391,94	1.173,51	1.012,51	898,39	812,68	745,68	691,7	647,18	609,7	577,75	550,11	525,94	504,64	485,7	468,75	453,48	439,63	427,04	415,51	424,96	0		18,013	16509,291
			0	1.376,50	1.369,75	1.154,79	996,36	884,06	799,76	733,79	680,67	636,84	600	568,53	541,32	517,58	496,58	477,96	461,27	446,24	432,63	420,23	408,89	398,49	408,13	0	18,013	14828,38
				0	1.347,93	1.136,39	980,46	869,95	786,99	722,12	669,82	626,69	590,41	559,49	532,69	509,31	488,69	470,32	453,92	439,12	425,72	413,54	402,36	392,15	382,71	392,46	18,013	13611,253
					0	1.118,29	964,83	856,07	774,44	710,6	659,17	616,69	580,99	550,54	524,21	501,19	480,88	462,85	446,67	432,13	418,93	406,94	395,96	385,89	376,61	368,01	18,013	12049,904

						0	949,47	842,42	762,08	699,26	648,65	606,89	571,73	541,76	515,83	493,22	473,21	455,45	439,57	425,22	412,26	400,45	389,64	379,74	370,6	362,16	18,013	10757,621
							0	829,01	749,93	688,1	638,3	597,2	562,64	533,12	507,61	485,33	465,68	448,19	432,55	418,46	405,67	394,06	383,42	373,68	364,7	356,37	18,013	9652,059
								0	737,99	677,13	628,12	587,67	553,66	524,65	499,51	477,59	458,24	441,06	425,65	411,78	399,22	387,77	377,31	367,72	358,88	350,7	18,013	8682,67
									0	666,35	618,1	578,3	544,82	516,28	491,57	469,98	450,93	434,01	418,88	405,21	392,84	381,61	371,29	361,86	353,16	345,1	18,013	7818,294
										0	608,26	569,08	536,13	508,04	483,73	462,51	443,74	427,09	412,18	398,76	386,58	375,51	365,39	356,08	347,53	339,6	18,013	7038,202
											0	560,01	527,59	499,93	476,01	455,12	436,68	420,27	405,61	392,39	380,43	369,52	359,55	350,42	341,98	334,19	18,013	6327,715
												0	519,18	491,96	468,41	447,86	429,72	413,59	399,14	386,13	374,35	363,64	353,81	344,82	336,54	328,85	18,013	5676,029
													0	484,13	460,95	440,72	422,86	406,99	392,8	379,97	368,38	357,83	348,18	339,32	331,16	323,62	18,013	5074,921
														0	453,61	433,69	416,11	400,5	386,53	373,93	362,5	352,12	342,62	333,92	325,88	318,45	18,013	4517,879
															0	426,78	409,48	394,11	380,36	367,97	356,74	346,51	337,15	328,59	320,7	313,37	18,013	3999,765
																0	402,96	387,83	374,29	362,09	351,05	341	331,78	323,35	315,57	308,39	18,013	3516,306
																	0	381,65	368,32	356,32	345,44	335,56	326,5	318,19	310,54	303,46	18,013	3063,992
																		0	362,46	350,64	339,93	330,2	321,29	313,13	305,59	298,62	18,013	2639,871
																			0	345,05	334,51	324,93	316,17	308,13	300,73	293,85	18,013	2241,396
																				0	329,19	319,75	311,12	303,22	295,93	289,18	18,013	1866,405
																					0	314,66	306,16	298,38	291,21	284,57	18,013	1512,991
																						0	301,29	293,62	286,56	280,03	18,013	1179,511
																							0	288,95	281,99	275,56	18,013	864,514
																								0	277,5	271,17	18,013	566,682
																									0	266,85	18,013	284,861
																										0	18,013	18,013

(Sumber: Hasil Perhitungan)



Gambar 5.4 Grafik hidrograf banjir metode Gamma I

Rekapitulasi hasil perhitungan debit banjir rencana metode Gamma I dari masing-masing periode ulang disajikan dalam Tabel 5.23.

Tabel 5.23 Debit banjir rencana metode Gamma I

Periode Ulang (th)	Qt (m^3/dt)
2	177,302
5	1.444,132
10	3.849,070
25	10.433,920
50	19.339,997

(Sumber : Hasil Perhitungan)

5.5.4 Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode *Passing Capasity*

$$Q = AxV$$

$$V = c.\sqrt{R.I} \quad \text{(Rumus } Chezy\text{)}$$

$$c = \frac{87}{1 + \frac{m}{\sqrt{R}}}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$A = \sum_{i=1}^{n} A \quad , P = \sum_{i=1}^{n} P$$

Di mana :

Q = Volume banjir yang melalui tampang (m^3/dtk)

A = Luas penampang basah (m^2)

V = Kecepatan aliran (m/dtk)

R = Jari – jari hidrolis (m)

I = Kemiringan sungai

P = Keliling penampang basah sungai(m)

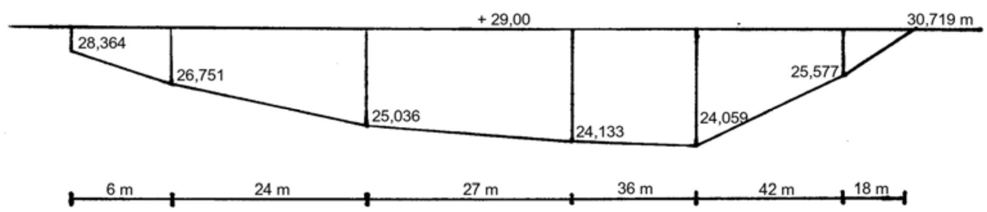
c = Koefisien *Chezy*

Tabel 5.24 Harga koefisien Kekasaran *Bazin* (m)

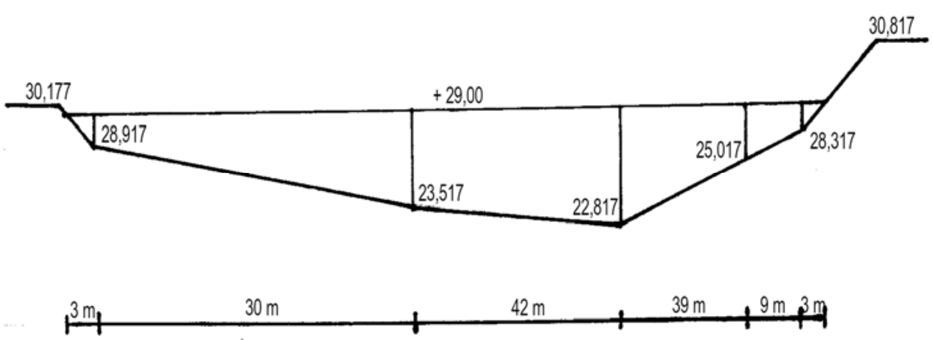
Jenis Dinding	m
Dinding sangat halus	0,06
Dinding halus (papan, batu)	0,16
Dinding bau pecah	0,46
Dinding tanah sangat teratur	0,85
Saluran tanah dengan kondisi biasa	1,30
Saluran tanah dengan dasar batu pecah dan tebing rumput	1,75

(Sumber : Kp – 02 – 1986)

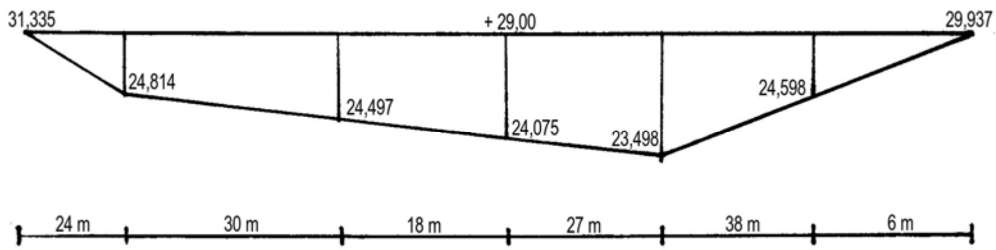
K16



K20



K 21



Gambar 5.5 Potongan melintang sungai

K 16 $A = \sum_{i=1}^{n} A$

$= 585{,}326 \text{ m}^2$

$P = \sum_{i=1}^{n} P$

$= 153{,}639 \text{ m}$

K 20 $A = \sum_{i=1}^{n} A$

$= 548{,}860 \text{ m}^2$

$P = \sum_{i=1}^{n} P$

$= 127{,}214 \text{ m}$

K 21 $A = \sum_{i=1}^{n} A$

$= 607{,}566 \text{ m}^2$

$P = \sum_{i=1}^{n} P$

= 144,833 m

$A_{rata-rata}$ = 580,584 m^2

$P_{rata-rata}$ = 141,895 m

$$R = \frac{A_{rata-rata}}{P_{rata-rata}} = 4{,}092 \text{ m}$$

$$V = c.\sqrt{R.I}$$

$$c = \frac{87}{1+\frac{m}{\sqrt{R}}} = \frac{87}{1+\frac{1{,}75}{\sqrt{4{,}092}}} = 46{,}646$$

I = 0,00622

$$V = 46{,}646 \,.\, \sqrt{4{,}092.0{,}00622}$$

= 7,442 m/det

$$Q = A.V$$

= 580,584 . 7,442 = 4.320,706 m^3/det

Tabel 5.25 Perbandingan hasil perhitungan debit banjir rencana (Q)

Periode Ulang	Metode Haspers	Metode Manual Jawa Sumatra	Metode Gamma I	Metode *Passing Capacity*
(th)	(m^3/det)	(m^3/det)	(m^3/det)	(m^3/det)
2	102,854	12,437	177,302	
5	258,357	143,174	1.444,132	
10	466,898	745,629	3.510,284	**4.320,706**
25	959,890	**5.112,870**	10.374,112	
50	1.611,468	21.584,561	19.339,997	

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan hasil perhitungan diatas diambil nilai yang mendekati nilai Q rencana dengan metode *passing capacity* yaitu Metode Manual Jawa Sumatra dengan periode ulang 25 tahun sebesar 5.112,870 m^3/det.

5.6 PERHITUNGAN SEDIMENTASI

Untuk perencanaan penampang sungai yang stabil digunakan teori pendekatan “ *Tractive Force”* yang memberikan rumusan sebagai berikut :

- Tegangan geser pada dasar sungai (τc) yang besarnya tergantung diameter butiran :

  $\tau c = (\rho s - \rho w) \times g \times d$

  Dimana :

  τc = tegangan geser titik dasar (N/ m^2)

  ρs = rapat massa butir (kg/ m^3)

  ρw = rapat massa air (kg/ m^3)

  g = percepatan gravitasi (m/ dt^2)

  d = diameter butiran (m)

  Dari data diketahui :

  ρs = 1.672 kg/ m^3

  ρw = 1.000 kg/ m^3

  g = 9,8 m/ dt^2

  d = 2 mm

  Maka τc = (1.672 – 1.000) x 9,8 x 0,002

  = 13,1712 kg/ m^2

  = 131,712 N/ m^2

- Tegangan geser maksimum pada dasar sungai :

  $\tau b = \rho w \times g \times h \times I$

  Dimana :

  τb = tegangan geser maksimum di dasar sungai (N/ m^2)

  h = ketinggian air banjir (m)

I = kemiringan dasar sungai

Dari data diketahui :

ρw = 1.000 kg/ m^3

g = 9,8 m/ dt^2

h = 3,0 m

I = 0,00622

Maka τb = 1.000 x 9,8 x 3,0 x 0,00622

= 182,868 kg/ m^2

= 1.828,68 N/ m^2

Dari hasil perhitungan di atas ternyata $\tau b > \tau c$, hal ini mengindikasikan bahwa kondisi dasar sungai labil sehingga diperlukan bangunan penjaga kestabilan dasar sungai berupa bangunan *Groundsill*.