

BAB IV

ANALISIS HIDROLOGI

4.1. Tinjauan Umum

Untuk menentukan debit rencana, dapat digunakan beberapa metode atau. Metode yang digunakan sangat tergantung dari data yang tersedia, data-data tersebut dapat berupa data debit sungai atau data curah hujan. Lokasi *check dam* direncanakan di Desa Wonorejo, Kecamatan Klepu, Kabupaten Semarang, yang merupakan bagian dari DAS Dolog. *Check dam* dibangun pada hulu sungai agar lebih dekat dengan daerah penghasil sedimen.

Perencanaan dam pengendali sedimen Wonorejo ini menggunakan data curah hujan dari Stasiun Banyumeneng, hal ini dikarenakan Stasiun Banyumeneng merupakan stasiun yang paling berpengaruh terhadap curah hujan dilokasi perencanaan dam pengendali sedimen.

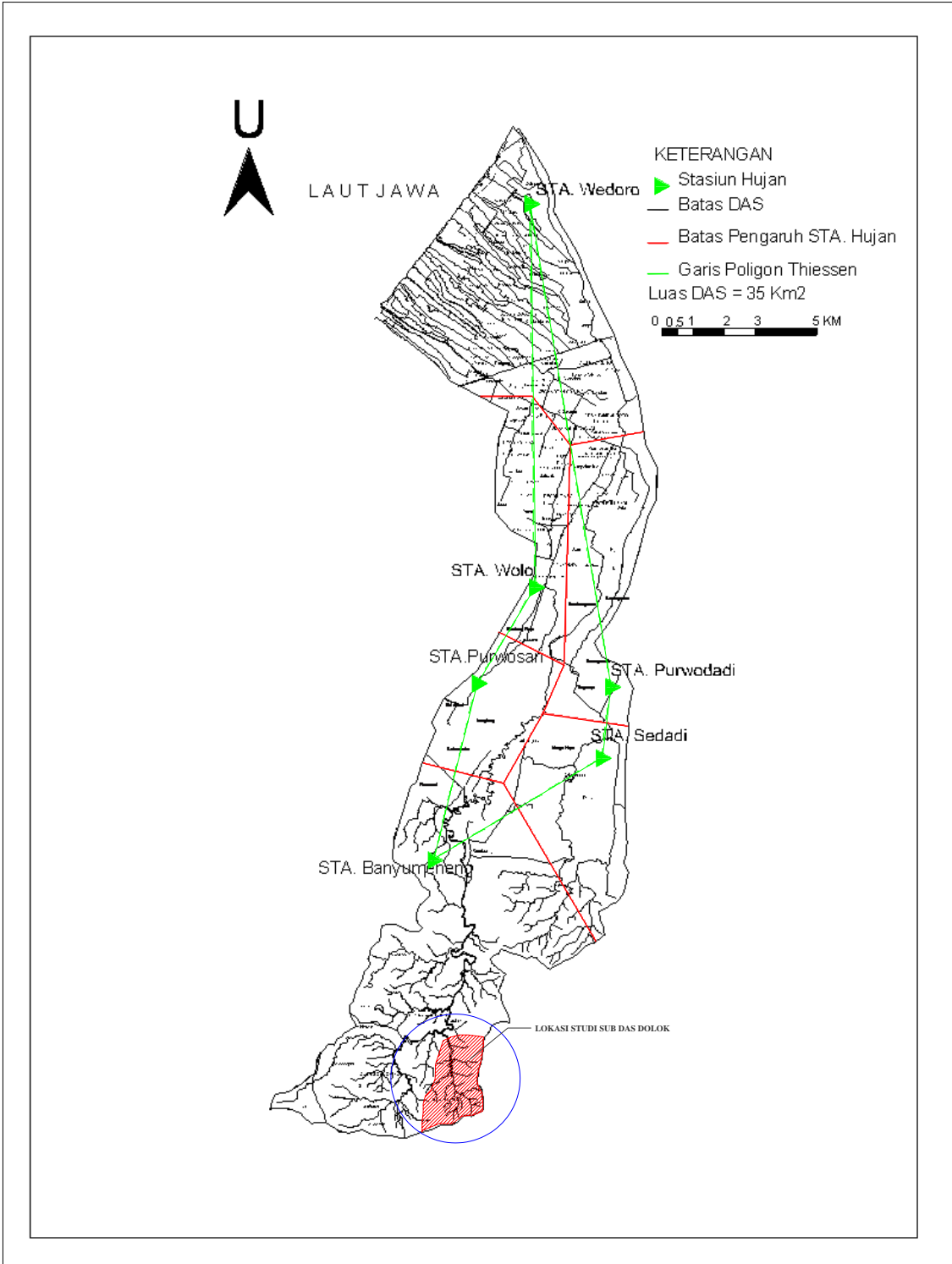
4.2. Data Curah Hujan

Data curah hujan yang diperlukan untuk perencanaan dam pengendali sedimen adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada satu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah atau curah hujan daerah dan dinyatakan dalam mm (*Suyono Sosrodarsono, 1999*).

Data yang dibutuhkan dalam perencanaan banjir rencana dalam pembangunan check dam adalah data curah hujan harian maksimal tahunan dari enam Stasiun pencatat curah hujan yang terletak di DAS Kali Dolog, dan Stasiun terdekat yang menyediakan data tersebut adalah Stasiun curah hujan Purwosari, Stasiun Wolo, Stasiun Purwodadi, Stasiun Wedoro, Stasiun Sedadi, Stasiun Banyumeneng. Maka curah hujan daerah rencana dikorelasikan dengan Stasiun curah hujan yang ada. Cara ini penulis sadari masih memiliki banyak kelemahan karena tidak memasukkan pengaruh topografi, terbatasnya data dan letak Stasiun curah hujan yang berada diluar Das. Untuk memperoleh hasil yang memuaskan apabila daerah tersebut memiliki daerah yang datar, penempatan alat ukur yang tersebar merata, dan curah hujan yang tidak begitu bervariasi antara daerah pengukuran.

4.3. Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Kawasan

Metode yang digunakan adalah metode Thiessen karena pada DAS Dolog hanya memiliki 6 Stasiun pencatat dengan jarak masing-masing Stasiun variatif.



Gambar 4.1. Polygon Thiessen di DAS Dolog

Tabel 4.1. Luas Pengaruh per Stasiun Hujan

No	Stasiun Hujan	Luas Pengaruh (km ²)	Koefisien Thiessen
1	Banyumeneng	12,070	0,34
2	Purwosari	2,635	0,08
3	Wolo	3,148	0,09
4	Purwodadi	4,251	0,12
5	Wedoro	8,922	0,25
6	Sedadi	3,974	0,12
	Total	35	1

(Sumber : Perhitungan)

Secara keseluruhan, luas DAS Dolog mencapai 35 km². Akan tetapi luas sub DAS Dolog yang digunakan sebagai lokasi studi adalah seluas 1,614 km². Curah hujan kawasan diperoleh dari hujan rerata Metode *Thiessen* dengan memperhatikan pengaruh Stasiun-Stasiun curah hujan pada kawasan tersebut. Pada analisa ini curah hujan rencana diambil Stasiun terdekat dengan lokasi proyek, yaitu Stasiun Banyumeneng. Hal ini dikarenakan keseluruhan wilayah Sub DAS Kali Dolog sebagai daerah studi berada pada daerah pengaruh Stasiun Banyumeneng.

Tabel 4.2. Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Banyumeneng

Sta.	Banyumeneng
No.	99
Tahun	(mm)
1991	98,81
1992	125,06
1993	69,70
1994	84,22
1995	91,10
1996	63,11
1997	61,74
1998	100,00
1999	81,00
2000	78,00
2001	100,00
2002	96,00
2003	94,48
2004	143,78
2005	87,93

(Sumber : Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Kelas I Semarang)

4.4. Analisa Frekuensi Hujan Rencana

Ada beberapa jenis distribusi statistik yang dapat dipakai untuk menentukan besarnya curah hujan rencana, seperti distribusi *Gumbel*, *Log Pearson III*, *Log Normal*, dan beberapa cara lain. Metode–metode ini harus diuji mana yang bisa dipakai dalam perhitungan. Pengujian tersebut melalui pengukuran dispersi.

Dalam perhitungan diperlukan beberapa parameter yang disajikan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 4.3. Perhitungan Statistik Curah Hujan Maksimum Tahunan Stasiun Banyumeneng

No	Tahun	Xi	(Xi-X)	(Xi-X) ²	(Xi-X) ³	(Xi-X) ⁴
1	1991	98,81	7,15	51,12	365,53	2613,51
2	1992	125,06	33,40	1115,56	37259,70	1244474,11
3	1993	69,7	-21,96	482,24	-10590,03	232556,96
4	1994	84,22	-7,44	55,35	-411,83	3064,02
5	1995	91,1	-0,56	0,31	-0,18	0,10
6	1996	63,11	-28,55	815,10	-23271,18	664392,09
7	1997	61,74	-29,92	895,21	-26784,58	801394,50
8	1998	100	8,34	69,56	580,09	4837,98
9	1999	81	-10,66	113,64	-1211,36	12913,05
10	2000	78	-13,66	186,60	-2548,90	34817,92
11	2001	100	8,34	69,56	580,09	4837,98
12	2002	96	4,34	18,84	81,75	354,78
13	2003	94,48	2,82	7,95	22,43	63,24
14	2004	143,78	52,12	2716,49	141583,69	7379341,83
15	2005	87,93	-3,73	13,91	-51,90	193,57
Jumlah		1374,93	0,00	6611,44	115603,35	10385855,63
Rata-rata		91,66				

(Sumber : Perhitungan)

Hasil perhitungan parameter statistik distribusi curah hujan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.4. Perhitungan Parameter Statistik Distribusi Curah Hujan

Parameter	Stasiun Banyumeneng
Hujan Rata-rata (mm)	91,660
Standar Deviasi (Sx)	21,731
Koef. Skewness (Cs)	0,928
Koef. Kurtosis (Ck)	3,105
Koef. Variasi (Cv)	0,237

(Sumber : Perhitungan)

Tabel 4.5. Perhitungan Statistik (Logaritma) Curah Hujan Maksimum Tahunan Stasiun Banyumeneng

No	Tahun	Xi	log Xi	(logXi-logX)	(logXi-logX) ²	(logXi-logX) ³	(logXi-logX) ⁴
1	1991	98,81	1,995	0,044	0,001919	0,0000840	0,0000037
2	1992	125,06	2,097	0,146	0,021351	0,0031197	0,0004558
3	1993	69,7	1,843	-0,108	0,011614	-0,0012516	0,0001349
4	1994	84,22	1,925	-0,026	0,000655	-0,0000167	0,0000004
5	1995	91,1	1,960	0,009	0,000073	0,0000006	0,0000000
6	1996	63,11	1,800	-0,151	0,022771	-0,0034362	0,0005185
7	1997	61,74	1,791	-0,160	0,025739	-0,0041294	0,0006625
8	1998	100	2,000	0,049	0,002401	0,0001176	0,0000058
9	1999	81	1,908	-0,043	0,001808	-0,0000768	0,0000033
10	2000	78	1,892	-0,059	0,003470	-0,0002044	0,0000120
11	2001	100	2,000	0,049	0,002401	0,0001176	0,0000058
12	2002	96	1,982	0,031	0,000978	0,0000306	0,0000010
13	2003	94,48	1,975	0,024	0,000592	0,0000144	0,0000004
14	2004	143,78	2,158	0,207	0,042724	0,0088310	0,0018254
15	2005	87,93	1,944	-0,007	0,000047	-0,0000003	0,0000000
Jumlah			29,271	0,006	0,138541	0,00320	0,00363
Rata-rata			1,951				

(Sumber : Perhitungan)

Hasil perhitungan parameter statistik (logaritma) distribusi curah hujan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.6. Perhitungan Parameter Statistik Logaritma Distribusi Curah Hujan

Parameter	Banyumeneng
Hujan Rata-rata (mm)	1,951
Standar Deviasi (Sx)	0,269
Koef. Skewness (Cs)	1,423
Koef. Kurtosis (Ck)	1,541
Koef. Variasi (Cv)	0,159

(Sumber : Perhitungan)

Setelah diketahui nilai dari faktor – faktor dari perhitungan di atas dapat ditentukan metode distribusi mana yang dapat dipakai, seperti disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4.7. Hasil Uji Distribusi Statistik Stasiun Banyumeneng

Jenis Distribusi	Syarat	Perhitungan	Kesimpulan
<i>Normal</i>	Cs ≈ 0 Ck = 3	Cs = 0,928 Ck = 3,105	Tidak memenuhi

<i>Gumbel</i>	$Cs \leq 1,1396$ $Ck \leq 5,4002$	$Cs = 1,423$ $Ck = 1,541$	Tidak memenuhi
<i>Log Pearson</i>	$Cs \neq 0$	$Cs = 1,423$	Memenuhi
<i>Log normal</i>	$Cs \approx 3Cv + Cv^2 = 3$ $Ck = 5,383$	$3Cv + Cv^2 = 0,481$ $Ck = 1,541$	Tidak memenuhi

(Sumber : Perhitungan)

Dari perhitungan yang telah dilakukan dengan syarat-syarat tersebut diatas, maka dipilih distribusi *Log Pearson Type III*. Untuk memastikan pemilihan distribusi tersebut perlu dilakukan perbandingan hasil perhitungan statistik dengan plotting data diatas kertas probabilitas dan uji *Smirnov-Kolmogorov*.

4.4.1. Uji Keselarasan Smirnov – Kolmogorov

Untuk menguatkan perkiraan pemilihan distribusi yang diambil, maka dilakukan pengujian distribusi dengan menggunakan metode *Smirnov-Kolmogorov* dari masing-masing distribusi. Metode ini dikenal dengan uji kecocokan non parametrik karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

Berdasarkan data yang ada, nilai n adalah 15, sehingga didapat harga kritis Smirnov-Kolmogorov dengan derajat kepercayaan 0,05 adalah 0,34. Hasil uji *Smirnov-Kolmogorov* dapat dilihat pada tabel-tabel dibawah ini.

Tabel 4.8. Uji Smirnov-Kolmogorov Stasiun Banyumeneng Distribusi Log Pearson Type III

Tahun	R max	m	$P=m/(n+1)$	$P(x<)=1-P$	$k=(x-xret)/s$	$P'(x)$	$D=P'(x)-P(x<)$
1991	143,78	1	0,063	0,938	2,398	0,992	0,055
1992	125,06	2	0,125	0,875	1,537	0,938	0,063
1993	100,00	3	0,188	0,813	1,384	0,923	0,111
1994	100,00	4	0,250	0,750	1,384	0,923	0,173
1995	98,81	5	0,313	0,688	0,329	0,626	-0,062
1996	96,00	6	0,375	0,625	0,200	0,600	-0,025
1997	94,48	7	0,438	0,563	0,130	0,583	0,021
1998	91,10	8	0,500	0,500	-0,026	0,468	-0,032
1999	87,93	9	0,563	0,438	-0,172	0,425	-0,013
2000	84,22	10	0,625	0,375	-0,342	0,341	-0,034
2001	81,00	11	0,688	0,313	-0,491	0,289	-0,024
2002	78,00	12	0,750	0,250	-0,629	0,252	0,002

Tahun	R max	m	$P=m/(n+1)$	$P(x<)=1-P$	$k=(x-xret)/s$	$P'(x)$	$D=P'(x)-P(x<)$
2003	69,70	13	0,813	0,188	-1,011	0,151	-0,037
2004	63,11	14	0,875	0,125	-1,314	0,089	-0,036
2005	61,74	15	0,938	0,063	-1,377	0,076	0,014
Jumlah	1374,93						
Rata-rata	91,662						
Sx	21,731						

(Sumber : Perhitungan)

$$D_{max} = 0,173$$

Dari tabel kritis Smirnov-Kolmogorov didapat $D_{cr}(0,05) = 0,34$

$D_{max} < D_{cr}$ (Memenuhi)

4.4.2. Uji Sebaran Metode *Chi Kuadrat*

Pengujian kesesuaian dengan sebaran adalah untuk menguji apakah sebaran yang dipilih dalam pembuatan kurva cocok dengan sebaran empirisnya. Uji *Chi Kuadrat* dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik data yang dianalisis.

Penentuan parameter ini menggunakan X^2Cr yang dihitung dengan rumus :

$$X^2Cr = \sum_{i=1}^n \left[\frac{Efi - Ofi}{Efi} \right]^2$$

Di mana :

X^2Cr = harga *Chi Kuadrat*

Efi = banyaknya frekuensi yang diharapkan

Ofi = frekuensi yang terbaca pada kelas i

n = jumlah data

Perhitungan uji *Chi Kuadrat* adalah :

1. Pengurutan data pengamatan dari besar ke kecil
2. Perhitungan jumlah kelas yang ada (K) = $1 + 3,322 \log n$. Dalam pembagian kelas disarankan agar setiap kelas terdapat minimal lima buah pengamatan.
3. Perhitungan nilai $Ef = \left[\frac{n}{K} \right]$
4. Perhitungan banyaknya Of untuk masing – masing kelas.

5. Perhitungan nilai X^2Cr untuk setiap kelas kemudian hitung nilai total X^2Cr dari tabel untuk derajat nyata tertentu yang sering diambil sebesar 5% dengan parameter derajat kebebasan.

Rumus derajat kebebasan adalah :

$$DK = K - (R + 1)$$

Di mana :

DK = derajat kebebasan

K = kelas

R = banyaknya keterikatan (biasanya diambil $R = 2$ untuk distribusi normal dan binomial dan $R = 1$ untuk distribusi *Poisson* dan *Gumbel*)

Perhitungan :

$$K = 1 + 3,322 \log n = 1 + 3,322 \log 15 = 4,90 \approx 5$$

$$DK = K - (R + 1) = 5 - (2 + 1) = 2$$

Untuk $DK = 2$, signifikasi (α) = 5 % maka dari **Tabel 2.9.** harga $X^2Cr = 4,66$

$$Ef = \left[\frac{\sum n}{\sum K} \right] = \frac{15}{5} = 3$$

$$\Delta x = \frac{R_{\text{terbesar}} - R_{\text{terkecil}}}{K - 1} = \frac{2,158 - 1,791}{5 - 1} = 0,091$$

$$\frac{1}{2} \Delta x = 0,045$$

$$X_{\text{awal}} = \left[R_{\text{terkecil}} - \frac{1}{2} \Delta x \right] = (1,791 - 0,045) = 1,746$$

Tabel 4.9. Hitungan X^2Cr

Nilai Batas Tiap Kelas	Ef	Of	(Ef - Of) ²	(Ef - Of) ² /Ef
1,746 < Xi < 1,837	3	2	1	0,33
1,837 < Xi < 1,928	3	5	4	1,33
1,928 < Xi < 2,019	3	5	4	1,33
2,019 < Xi < 2,110	3	2	1	0,33
2,110 < Xi < 2,201	3	1	4	1,33
Jumlah	15	15	34	4,66

(Sumber : Perhitungan)

Karena nilai X^2Cr analisis $< X^2Cr$ tabel ($4,66 < 5, 4,66991$) maka untuk menghitung curah hujan rencana dapat menggunakan distribusi *Log Pearson Type III*.

4.4.3. Plotting Data

Plotting data pada kertas probabilitas dilakukan dengan cara mengurutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya. Penggambaran posisi (*plotting positions*) yang dipakai adalah cara yang dikembangkan oleh *Weibull dan Gumbel*, yaitu :

$$P(X_m) = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

Dimana :

$P(X_m)$ = data yang telah diranking dari besar ke kecil

m = nomor urut

n = jumlah data (15)

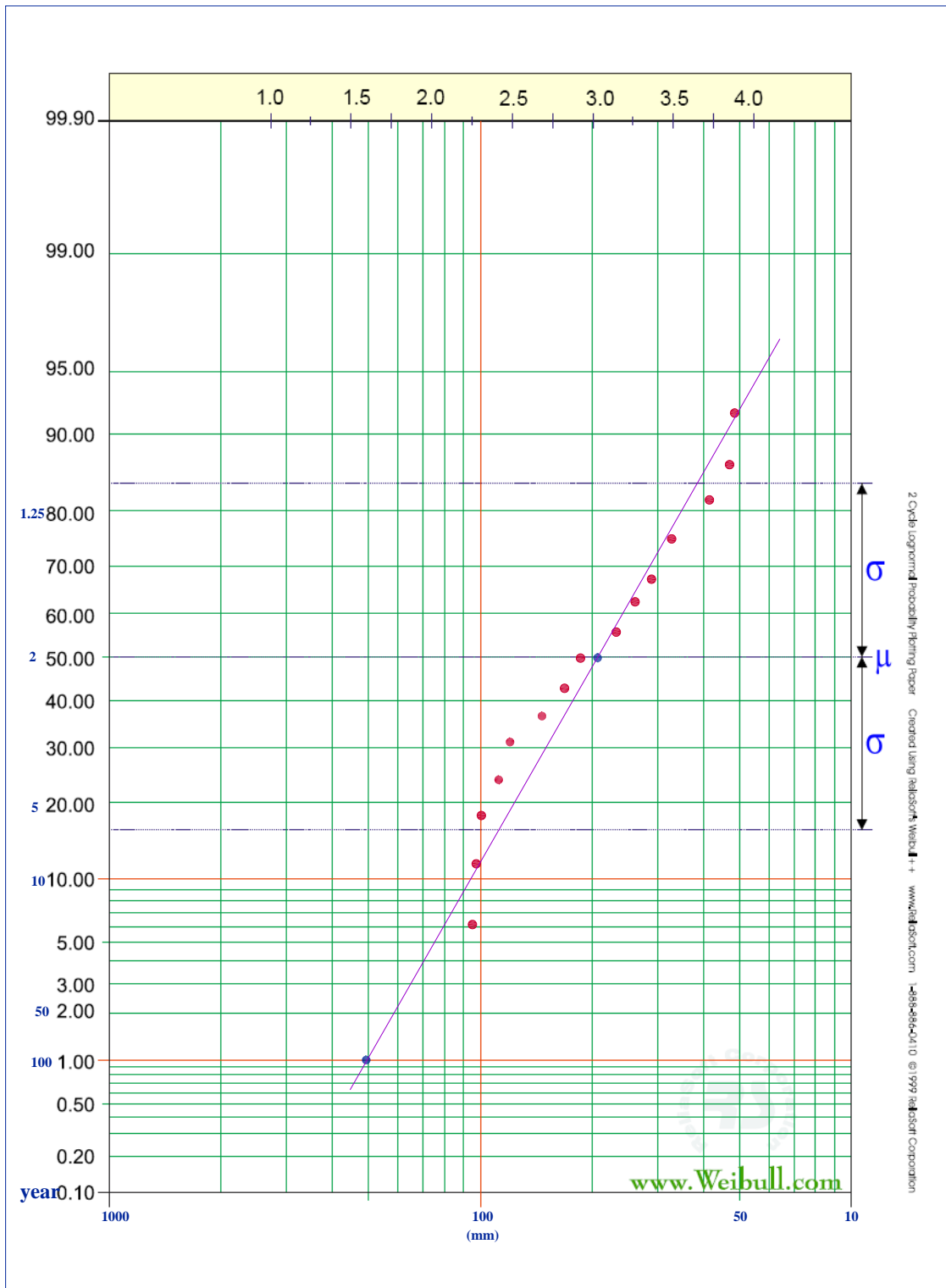
Untuk perhitungan pada Stasiun Banyumeneng disajikan pada tabel berikut :

Tabel 4.10. Perhitungan Peringkat Periode Ulang Sta. Banyumeneng

Tahun	R max (mm)	m	P(X _m) (%)
1991	143,78	1	6,25
1992	125,06	2	12,50
1993	100,00	3	18,75
1994	100,00	4	25,00
1995	98,81	5	31,25
1996	96,00	6	37,50
1997	94,48	7	43,75
1998	91,10	8	50,00
1999	87,93	9	56,25
2000	84,22	10	62,50
2001	81,00	11	68,75
2002	78,00	12	75,00
2003	69,70	13	81,25
2004	63,11	14	87,50
2005	61,74	15	93,75

(Sumber : Perhitungan)

Kemudian data yang telah diranking di plotting pada kertas probabilitas. Dalam kertas probabilitas simbol titik merupakan nilai Rmax terhadap P(X_m), sedang garis lurus merupakan simbol untuk curah hujan dengan periode ulang tertentu.



Gambar 4.2. Probability Paper Log Pearson Type III Stasiun Banyumeneng

4.4.4. Perhitungan Intensitas Hujan Rencana Periode Ulang T Tahun

Perhitungan curah hujan rencana dengan metode *Log Pearson III* menggunakan parameter-parameter statistik yang diambil dari perhitungan diatas. Logaritma data pada interval pengulangan atau kemungkinan prosentase yang terpilih.

$$\text{Log}R = \text{Log} \bar{X} + k * S$$

Harga k tergantung nilai Cs yang sudah didapat. Dengan periode ulang 100 tahun, nilai k = 2,326

$$\text{Log}R = 1,691 + (2,326 * 0,269) = 2,317$$

$$R = 207,345 \text{ mm}$$

Dengan periode ulang 2 tahun, nilai k = 0,00

$$\text{Log}R = 1,691 + (0,00 * 0,269) = 1,691$$

$$R = 49,091 \text{ mm}$$

Curah hujan rencana tiap T tahun pada masing-masing Stasiun dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.11. Intensitas Hujan Rencana Periode Ulang T Tahun Stasiun Banyumeneng

T (thn)	RT (mm)
2	49,345
5	82,700
10	107,607
25	145,218
50	175,197
100	207,345

(Sumber : Perhitungan)

4.4.5. Konversi Curah Hujan Harian Rencana Ke Curah Hujan Jam-jaman

Curah hujan kawasan diperoleh dari hujan rerata metode *Thiessen* dengan memperhatikan pengaruh stasiun-stasiun curah hujan pada kawasan tersebut. Pada analisa ini curah hujan rencana diambil stasiun terdekat dengan lokasi proyek, yaitu Stasiun Banyumeneng. Hal ini dikarenakan keseluruhan wilayah Sub DAS Kali Dolog sebagai daerah studi berada pada daerah pengaruh Stasiun Banyumeneng.

Untuk mengkonversi data curah hujan harian ke curah hujan jam-jaman dibutuhkan model data curah hujan jam-jaman yang telah ada (diperoleh dari pengukuran curah hujan otomatis) pada stasiun terdekat, sehingga diharapkan memiliki pola curah hujan yang sama

dengan pola curah hujan daerah studi. Model data yang diambil adalah data curah hujan jam-jaman Stasiun Mijen.

Tabel 4.12. Data Hujan Jam-jaman Stasiun Mijen Tahun 2002

Tanggal	Waktu	Kedalaman Hujan (mm)	Persentase %
22/01/2002	14:00	14,0	9,11
	15:00	49,0	31,90
	16:00	24,0	15,63
	17:00	44,0	28,65
	18:00	15,0	9,77
	19:00	7,6	4,95
Kumulatif		153,6	

(Sumber : Perhitungan)

Tabel 4.13. Data Hujan Jam-jaman Stasiun Mijen Tahun 2005

Tanggal	Waktu	Kedalaman Hujan (mm)	Persentase %
21/01/2005	10:00	16,2	9,44
	11:00	27,0	15,73
	12:00	50,6	29,49
	13:00	14,0	8,16
	14:00	21,0	12,24
	15:00	42,8	24,94
Kumulatif		171,6	

(Sumber : Perhitungan)

Tabel 4.14. Prosentase Curah Hujan Maksimum Data Hujan Jam-jaman Stasiun Mijen

Prosentase Curah Hujan Maksimum Harian		Rata-rata
22/1/2002	21/01/2005	
9,11	9,44	9,28
31,90	15,73	23,82
15,63	29,49	22,56
28,65	8,16	18,40
9,77	12,24	11,00
4,95	24,94	14,94
Jumlah		100,00

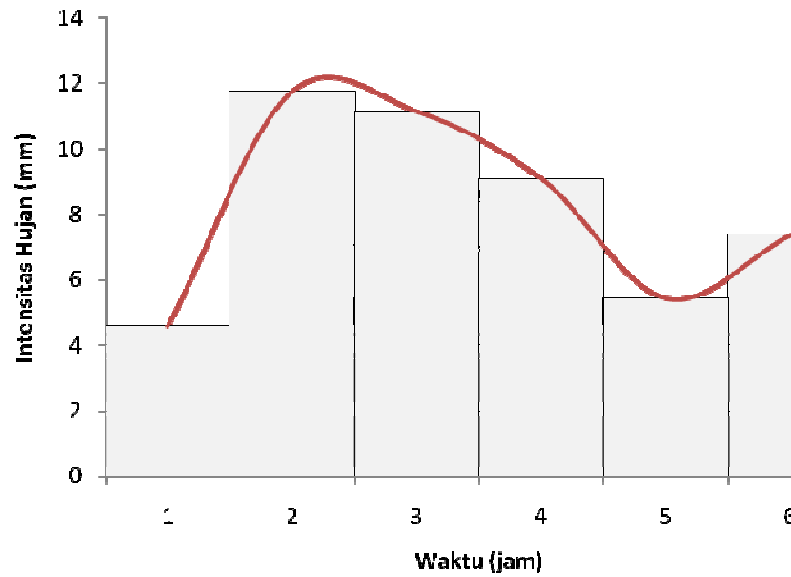
(Sumber : Perhitungan)

Prosentase data hujan jam-jaman rerata Stasiun Mijen inilah yang nantinya digunakan sebagai pola distribusi hujan jam-jaman pada periode ulang tertentu. Digunakan pola hujan 1 jam, karena nilai t_c yang diperoleh mendekati dengan pola yang paling sesuai dengan pola hujan jam-jaman Stasiun Mijen yaitu 1 jam-an.

Tabel 4.15. Hasil Distribusi Hujan Jam-jaman Periode Ulang 2 Tahunan

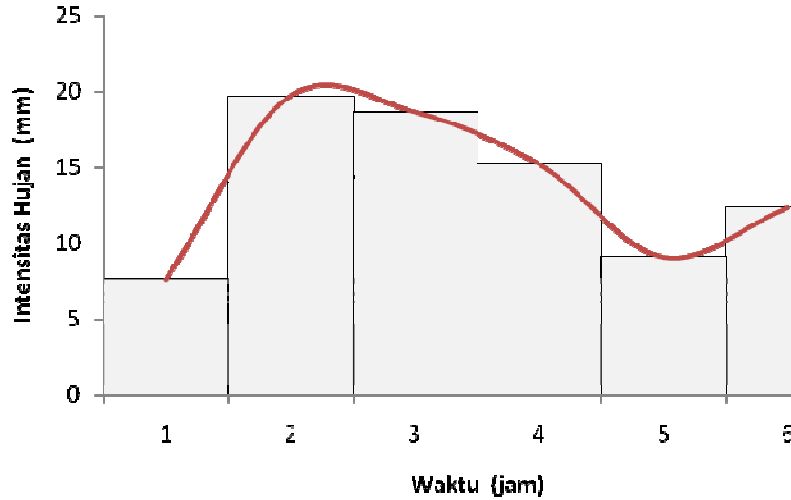
Hujan Rencana (mm)	Distribusi Hujan (%)	Hujan Jam-jaman (mm)
49,345	9,28	4,58
	23,82	11,75
	22,56	11,13
	18,40	9,08
	11,00	5,43
	14,94	7,37

(Sumber : Perhitungan)

**Gambar 4.3.** Hyetograph Banjir Rencana Periode Ulang 2 Tahunan**Tabel 4.16.** Hasil Distribusi Hujan Jam-jaman Periode Ulang 5 Tahunan

Hujan Rencana (mm)	Distribusi Hujan (%)	Hujan Jam-jaman (mm)
82,700	9,28	7,67
	23,82	19,70
	22,56	18,65
	18,40	15,22
	11,00	9,10
	14,94	12,36

(Sumber : Perhitungan)

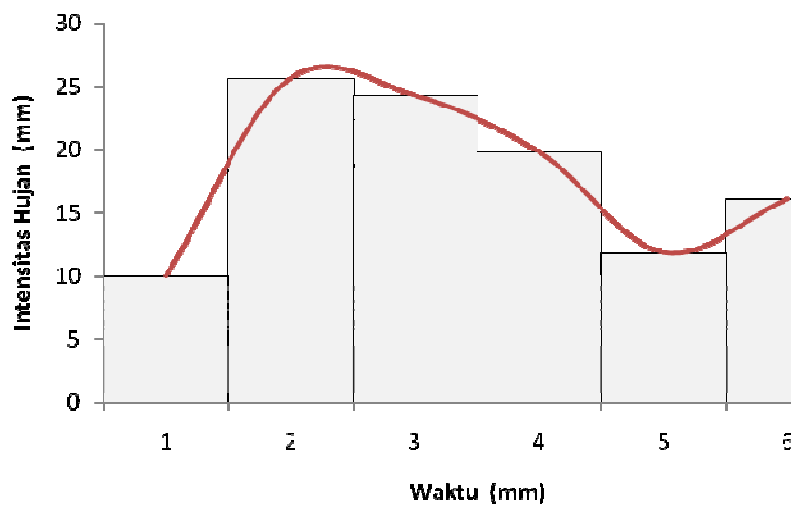


Gambar 4.4. Hyetograph Banjir Rencana Periode Ulang 5 Tahunan

Tabel 4.17. Hasil Distribusi Hujan Jam-jaman Periode Ulang 10 Tahunan

Hujan Rencana (mm)	Distribusi Hujan (%)	Hujan Jam-jaman (mm)
107,607	9,28	9,98
	23,82	25,63
	22,56	24,27
	18,40	19,80
	11,00	11,84
	14,94	16,08

(Sumber : Perhitungan)

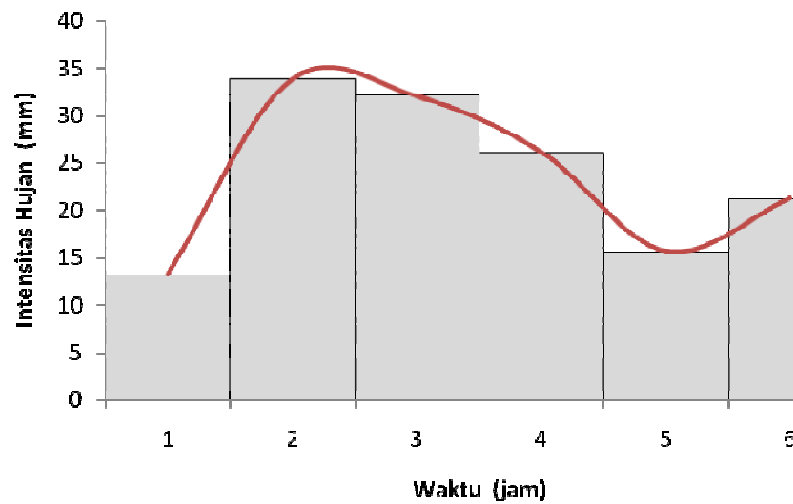


Gambar 4.5. Hyetograph Banjir Rencana Periode Ulang 10 Tahunan

Tabel 4.18. Hasil Distribusi Hujan Jam-jaman Periode Ulang 25 Tahunan

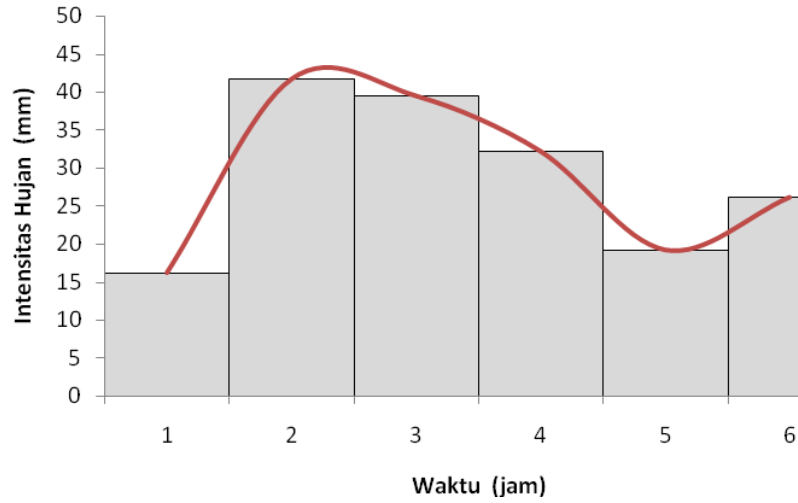
Hujan Rencana (mm)	Distribusi Hujan (%)	Hujan Jam-jaman (mm)
142,218	9,28	13,19
	23,82	33,87
	22,56	32,08
	18,40	26,17
	11,00	15,65
	14,94	21,25

(Sumber : Perhitungan)

**Gambar 4.6.** Hyetograph Banjir Rencana Periode Ulang 25 Tahunan**Tabel 4.19.** Hasil Distribusi Hujan Jam-jaman Periode Ulang 50 Tahunan

Hujan Rencana (mm)	Distribusi Hujan (%)	Hujan Jam-jaman (mm)
175,197	9,28	16,25
	23,82	41,73
	22,56	39,52
	18,40	32,24
	11,00	19,27
	14,94	26,18

(Sumber : Perhitungan)

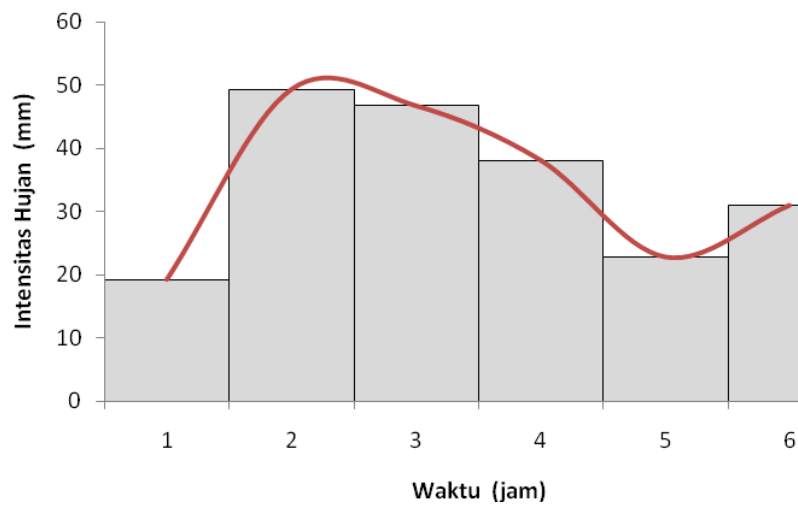


Gambar 4.7. Hyetograph Banjir Rencana Periode Ulang 50 Tahunan

Tabel 4.20. Hasil Distribusi Hujan Jam-jaman Periode Ulang 100 Tahunan

Hujan Rencana (mm)	Distribusi Hujan (%)	Hujan Jam-jaman (mm)
207,345	9,28	19,24
	23,82	49,38
	22,56	46,77
	18,40	38,16
	11,00	22,81
	14,94	30,99

(Sumber : Perhitungan)



Gambar 4.8. Hyetograph Banjir Rencana Periode Ulang 100 Tahunan

4.5. Analisa Debit Banjir Rencana

Dalam memperkirakan besarnya debit banjir rencana, penulis menggunakan pemodelan dengan bantuan program HEC-HMS yang mengemas berbagai macam metode dalam analisis hidrologi. Dalam pengoperasiannya menggunakan basis sistem Window, sehingga model ini mudah untuk dipelajari dan mudah untuk digunakan.

Dalam model ini, terdapat berbagai macam metode hidrograf satuan sintetis. Sedangkan untuk menyelesaikan analisa hidrologinya digunakan hidrograf satuan sintetis *Muskingum*, dengan menganalisa beberapa parameter hidrograf ini dapat disesuaikan dengan kondisi di pulau Jawa, dan daerah pengaliran Dolog pada khususnya. Sebagai pembandingan penulis menggunakan metode Rasional guna menentukan debit banjir rencananya.

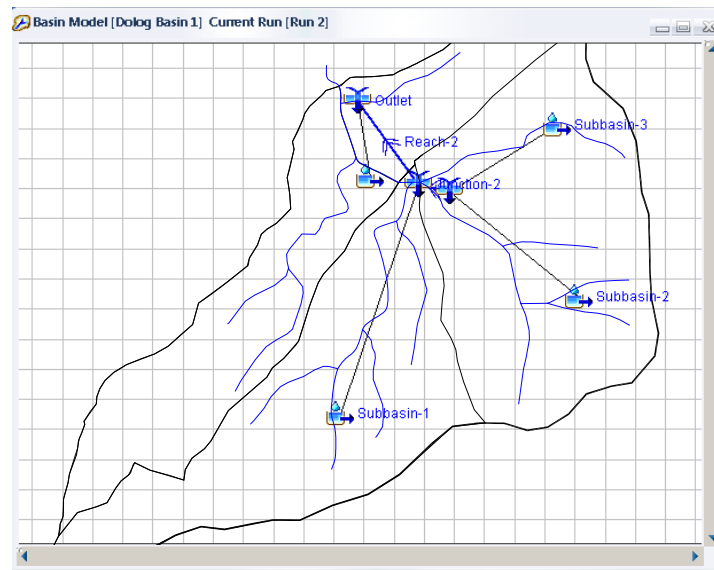
Untuk menghitung debit banjir rencana digunakan hasil perhitungan intensitas curah hujan periode ulang 100 tahun. Besarnya debit rencana dapat ditentukan berdasarkan besarnya curah hujan rencana dan karakteristik daerah aliran sungai. Adapun data yang tersedia adalah :

1. Luas Sub Das Dolog (A) = 1,614 km²
2. Panjang DAS (L) = 2,393 km
3. Kemiringan DAS (I) = 0,0836

4.5.1. Pemodelan HEC-HMS

4.5.1.1. *Basin Model* (Model Daerah Tangkapan Air)

Pada basin model ini dibutuhkan peta *background* yang dapat *diimport* dari CAD (*Computer Aided Design*) maupun GIS (*Geografic Information System*). Elemen-elemen yang digunakan untuk mensimulasikan limpasan adalah *subbasin*, *reach*, dan *junction*.



Gambar 4.9. Pemisahan Sub Basin dan Pemberian Elemen

4.5.1.1.1. Sub Basin Loss Rate Method (Proses Kehilangan Air)

Konsep dasar dari metode ini memperhitungkan rata-rata kehilangan air hujan yang terjadi selama hujan berlangsung. Intersepsi merupakan hasil dari proses penyerapan air hujan oleh permukaan tanah, sedang pengurangan tampungan akibat dari perbedaan topografi pada suatu DAS. Air hujan yang jatuh akan diinfiltrasi atau dievaporasikan, hal ini akan sangat berpengaruh pada debit banjir yang akan mengalir pada sungai tersebut. Metode ini terdiri dari satu parameter (*Constant Rate*) dan satu kondisi yang telah ditentukan (*Initial Loss*), yang menggambarkan keadaan fisik DAS seperti tanah, dan tataguna lahan. Dalam penentuannya digunakan tabel.

Tabel 4.21. SCS soil group and infiltration (loss) rates

Soil Group	Descriptions	Range of Loss Rate (in/hr)
A	Deep sand, deep loess, aggregated silts	0,30-0,45
B	Shallow loess, sandy loam	0,15-0,30
C	Clay loams, shallow sandy loam, soil low inorganic content, and soil usually high in	0,05-0,15
D	clay Soil that swell significantly when wet, heavy plastic clay, certain saline soil	0,00-0,05

(Sumber : Skaggs and Khaleel, 1982)

Subbasin	Initial Loss (MM)	Constant Rate (MM/HR)	Impervious (%)
Subbasin-1	0.02	0.3	8
Subbasin-2	0.02	0.3	7
Subbasin-3	0.02	0.3	7
Subbasin-4	0.02	0.3	8

Gambar 4.10. Parameter Initial and Constant Method

4.5.1.1.2. Sub Basin Transform (Transformasi hidrograf satuan limpasan)

Pada pemodelan ini parameter yang dibutuhkan adalah Lag, yaitu tenggang waktu (*time lag*) antara titik berat hujan efektif dengan titik berat hidrograf. Parameter ini didasarkan pada data dari beberapa daerah tangkapan air pertanian. Parameter tersebut dibutuhkan untuk menghitung puncak dan waktu hidrograf, secara otomatis model *HEC-HMS* akan membentuk ordinat-ordinat untuk puncak hidrograf dan fungsi waktu.

Lag (Tp) dapat dicari dengan rumus :

$$T_p = 0,6 \times T_c$$

$$T_c = 0,01947 \times L^{0,07} \times S^{-0,385}$$

Dimana :

L = Panjang lintasan maksimum

S = Kemiringan rata-rata

Tc = Waktu konsentrasi

Subbasin	Lag Time (HR)	Peaking Coefficient
Subbasin-1	0.5043	0.1058
Subbasin-2	0.509	0.12
Subbasin-3	0.509	0.286
Subbasin-4	0.509	0.1

Gambar 4.11. Parameter Snyder Unit Hydrograph

4.5.1.1.3. Sub Basin Baseflow Method (Proses Aliran Dasar)

Parameter yang digunakan dalam model resesi ini adalah *Initial Flow*, *Recession Ratio*, dan *Threshold Flow*. *Initial Flow* merupakan nilai aliran dasar awal yang dapat dihitung atau dari data observasi, *Recession Ratio Constant* adalah nilai rasio antara aliran yang terjadi sekarang dan kemarin secara konstan, yang memiliki nilai 0 sampai 1. Sedangkan *Threshold Flow* adalah nilai ambang pemisah aliran limpasan dan aliran dasar. Untuk menghitung aliran ini dapat digunakan cara eksponensial atau diasumsikan dengan nilai besar rasio dari puncak ke puncak (*peak to peak*).



Subbasin	Initial Type	Initial Discharge (M3/S /KM2)	Initial Discharge (M3/S)	Recession Constant	Threshold Type	Threshold Flow (M3/S)	Ratio to Peak
Subbasin-1	Discharge Per Area	0.54		0.78	Ratio to Peak		0.1
Subbasin-2	Discharge Per Area	0.54		0.78	Ratio to Peak		0.1
Subbasin-3	Discharge		0.54	0.78	Ratio to Peak		0.1
Subbasin-4	Discharge		0.54	0.78	Ratio to Peak		0.1

Gambar 4.12. Parameter Recession Baseflow Method

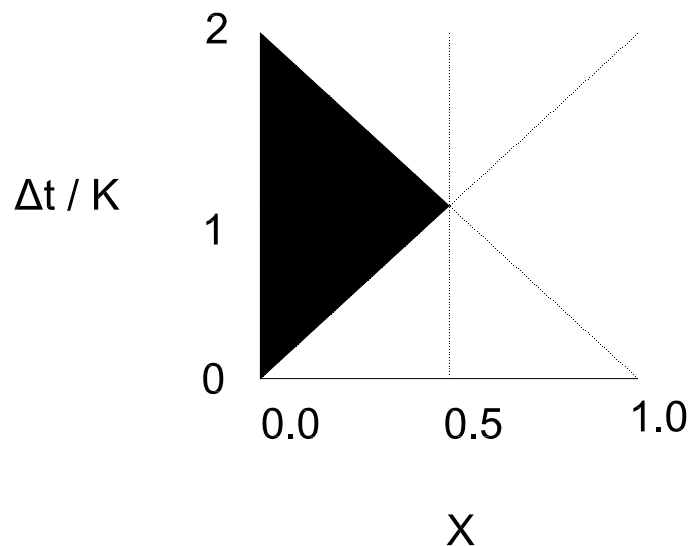
4.5.1.1.4. Reach (Penghubung antar simpul)

Dalam pembuatan tugas akhir ini penulis menggunakan metode *Muskingum* untuk menggambarkan hidrograf penelusuran banjir. Parameter yang dibutuhkan yaitu *Muskingum x* dan *Muskingum k*. Konstanta penelusuran *k* dan *x* ditentukan secara empiris dari pengamatan debit masuk dan debit keluar dalam waktu yang bersamaan. Faktor *x* merupakan faktor penimbang yang besarnya berkisar antara 0 sampai dengan 1, biasanya lebih kecil dari 0,5 dan dalam banyak hal besarnya kira-kira sama dengan 0,3 serta tidak berdimensi. Karena *S* memiliki dimensi volume, sedangkan *I* dan *Q* berdimensi debit maka, *k* harus dinyatakan dalam dimensi waktu (jam atau hari). Persamaan yang menyangkut hubungan debit masuk dan debit keluar, dengan konstanta *k* dan *x* adalah sebagai berikut :

$$S = k [x \cdot I + (1 - x) Q]$$

Sebagai langkah lanjut untuk mendapatkan x dan k , digambar grafik yang menyatakan hubungan antara S dengan $x I + (1 - x) Q$, yaitu dengan memasukkan berbagai harga x sedemikian rupa hingga didapatkan garis yang mendekati garis lurus.

US Army Corps of Engineer memberikan batas-batas yang mudah dikerjakan untuk parameter k dan x serta komputasi jangka waktu (Δt) dalam *Muskingum Model*. Kombinasi k dan x harus dipilih tepat dan jatuh pada batas yang tergradasi, dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.13. Parameter k dan x

Reach	Muskingum K (HR)	Muskingum X	Number of Subreaches
Reach-1	0.9	0.4	4
Reach-2	0.6	0.2	2

Gambar 4.14. Muskingum Parameter untuk Pemodelan Flood Routing

4.5.1.2. Run Configuration (Konfigurasi Eksekusi Data)

Hasil eksekusi dan nilai *output* metode ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini, dengan periode ulang 100 tahunan.

Project: Dolog Study Simulation Run: Run 2

Start of Run: 10Jan2000, 19:00 Basin Model: Dolog Basin 1
 End of Run: 10Jan2000, 20:00 Meteorologic Model: Mijen Met 1
 Compute Time: 24May2007, 16:39:24 Control Specifications: Mijen Control 1

Volume Units: MM 1000 M3

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Junction-1	0.5780	11.60	10Jan2000, 20:00	34.79
Junction-2	1.0340	7.45	10Jan2000, 20:00	12.70
Outlet	1.6160	10.40	10Jan2000, 20:00	11.37
Reach-1	0.5780	1.62	10Jan2000, 20:00	5.65
Reach-2	1.0340	3.13	10Jan2000, 20:00	5.44
Subbasin-1	0.4560	5.83	10Jan2000, 20:00	21.63
Subbasin-2	0.4070	5.83	10Jan2000, 20:00	24.06
Subbasin-3	0.1710	5.77	10Jan2000, 20:00	60.33
Subbasin-4	0.5820	7.27	10Jan2000, 20:00	21.91

Print Close

Gambar 4.15. Output Banjir rencana Periode Ulang 100 Tahunan

Pemodelan dengan menggunakan HEC-HMS dapat dilakukan kalibrasi dengan menggunakan data *observasi* sehingga dapat disimulasikan debit banjir yang mendekati sebenarnya. Tetapi karena keterbatasan data, sehingga tidak bisa dilakukan kalibrasi pemodelan. Pada analisa ini dilakukan perbandingan perhitungan dengan metode lain, yaitu metode rasional.

4.5.2. Metode Rasional

Metode ini digunakan dengan anggapan bahwa DPS memiliki :

- Intensitas curah hujan merata diseluruh DPS dengan durasi tertentu.
- Lamanya curah hujan = waktu konsentrasi dari DPS.
- Puncak banjir dan intensitas curah hujan mempunyai tahun berulang yang sama.

Rumus :

$$Q = \frac{C.I.A}{3,6}$$

Di mana :

- C = koefisien limpasan air hujan
 I = intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)
 A = luas daerah pengaliran (km²)
 Q = debit maksimum (m³/det)

Intensitas hujan dapat dihitung menggunakan rumus *Mononobe* :

$$I = \frac{R_{24}}{24} x \left(\frac{24}{tc} \right)^{2/3}$$

Di mana :

- R = hujan maksimum (mm)
 tc = waktu konsentrasi (jam)

Waktu konsentrasi dihitung menggunakan rumus yang dikembangkan oleh *Kirpich* (1940), yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$tc = to + td$$

Di mana :

- tc = waktu konsentrasi (jam)
 to = waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir dari jarak terjauh ke hulu sungai (jam)
 td = waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir pada saluran dari hulu ke outlet (jam)

Data :

- A = 1,614 km²
 Lo = 510 m
 Ld = 2.393 m
 R₁₀₀ = 207,345 mm
 S = 0,0836
 D = 75 m

$$t_o = 56,7 x L_o^{1,156} x D^{-0,385}$$

$$t_o = 56,7 x 0,510^{1,156} x 75^{-0,385}$$

$$t_o = 0,708 \text{ menit}$$

$$t_d = \frac{L_d}{60 x V}$$

$$t_d = \frac{2393}{60 \times 1,5}$$

$$t_d = 26,594 \text{ menit}$$

$$t_c = 0,708 + 26,594$$

$$t_c = 27,302 \text{ menit}$$

$$t_c = 0,455 \text{ jam}$$

Intensitas hujan dapat hitung setelah t_c didapat :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3}$$

$$I = 121,511 \text{ mm}$$

Koefisien limpasan (C):

Angka koefisien limpasan merupakan indikator apakah suatu DAS telah mengalami gangguan. Besar kecilnya nilai C tergantung pada permeabilitas dan kemampuan tanah dalam menampung air. Nilai C yang besar menunjukkan bahwa banyak air hujan yang menjadi limpasan. Koefisien limpasan permukaan pada kajian ini dihitung berdasarkan pola penggunaan lahan hasil inventarisasi dari Bappeda Propinsi Jawa Tengah thun 2005. Karena tata guna lahan di Sub Das Kali Dolog termasuk hampir seragam, maka nilai tetapan C diambil 0,2 dengan asumsi bahwa lahan berupa hutan alam (hutan jati) dengan luas hampir 100 %.

Perhitungan Debit Banjir dengan Metode *Rasional*

$$\begin{aligned} Q &= \frac{CxIx A}{3,60} \\ &= \frac{0,2 \times 121,511 \times 1,614}{3,60} \\ &= 10,895 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$