

## **BAB IV**

### **HASIL PEMBAHASAN**

#### **4.1 Tinjauan Pustaka**

*Storm water* atau *runoff* bisa di sebut limpasan air hujan adalah air hujan yang turun tidak terserap oleh tanah dan mengalir di permukaan tanah maupun bangunan yang kedap air (wikipedia).

Dalam memanage *storm water* berlebih perlu drainase yang memadai untuk pengeringan lahan agar tidak terjadinya genangan maupun banjir. Tentunya untuk menganalisis drainase perlu data intensitas hujan, maka perlu analisa hidrologi atau kajian hujan terlebih dahulu.

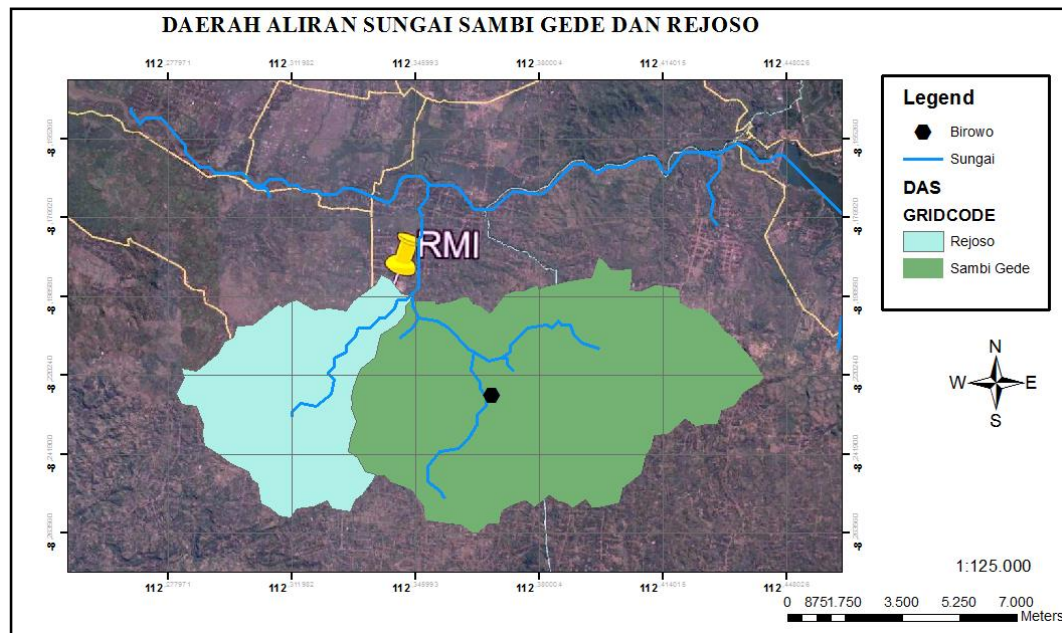
Penggunaan desain tipe dan bahan merupakan hal pertama untuk mengetahui kecepatan dan debit tiap saluran yang di alirkan, dalam hal ini penulis menggunakan penampang tipe persegi untuk saluran terbuka umum dan menggunakan tipe trapesium untuk saluran yang dianggap panjang dan daerah pengeringannya terbilang luas. Selebihnya penulis menggunakan saluran *box culvert* dan lingkaran/gorong-gorong untuk saluran tertutup dengan dimensi yang ditulis dalam tabel IV.12.

#### **4.2 Analisa Hidrologi**

Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan kedalaman hujan (mm) di atas permukaan horizontal bila tidak terjadi evaporasi, runoff dan infiltrasi. Dalam menganalisa hidrologi maka perlu tahapan sebagai berikut ini.

#### 4.2.1 Pemilihan Stasiun Hujan dan Data Curah Hujan

Dalam pemilihan stasiun hujan penulis menggunakan satu stasiun hujan terdekat dari lokasi studi yaitu stasiun hujan Birowo yang terletak di koordinat  $8^{\circ}13'32.20''\text{LS}$  dan  $112^{\circ}22'1.10''\text{BT}$  tepatnya di DAS Sambi gede. Dapat dilihat pada gambar IV.1



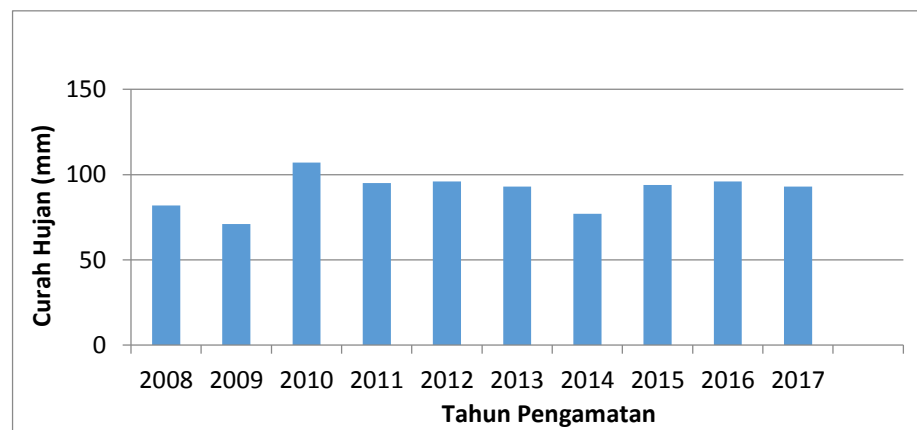
Gambar IV.1 Stasiun Hujan Birowo

Data curah hujan yang digunakan ialah data curah hujan maksimal tahunan dalam kurun sepuluh tahun terhitung dari tahun 2008-2017 yang di dapat dari balai PUSAIR Bandung. Data curah hujan tahunan yang terdapat pada tabel IV.1 dan di ilustrasikan dengan grafik pada gambar IV.2.

Tabel IV.1 Data Curah Hujan Stasiun Birowo

TAHUN	Curah Hujan Regional (mm)
2008	82,0
2009	71,0
2010	107,0
2011	95,0
2012	96,0
2013	93,0
2014	77,0
2015	94,0
2016	96,0
2017	93,0
Maximum	107,00
Rata-rata	90,40
Minimum	71,00
Standar Deviasi	10,61

Sumber: PUSAIR Bandung



Gambar IV.2 Curah Hujan Harian Regional Rata-rata

Perhitungan Standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (4.1)$$

Keterangan:

$\bar{X}$  = Rata-rata hitung varian

$X_i$  = nilai data ke”i”

$S$  = Standard deviasi

$n$  = jumlah data

Sehingga

$$S = \sqrt{\frac{1012,4}{9}}$$

$$S = 10,61$$

#### 4.2.2 Distribusi Frekwensi Curah Hujan

Analisa frekwensi curah hujan ditujukan untuk memprediksi suatu besaran curah hujan di masa yang akan datang dengan menggunakan data curah hujan yang lampau berdasarkan suatu pemakaian distribusi frekwensi. Dalam menganalisis frekwensi hujan digunakan beberapa teori distribusi yaitu sebagai berikut :

##### 1. Distribusi Normal

Distribusi normal atau disebut juga distribusi Gauss dapat di dapat dengan rumus sebagai berikut.

$$X_{Tr} = \bar{X} + K_{Tr} \cdot S_x \dots\dots\dots (4.2)$$

Keterangan :

$X_{Tr}$  = Besarnya curah hujan yang terjadi dengan kala ulang T tahun

$\bar{X}$  = Rata-rata hitung varian

$S_x$  = Standard deviasi (rumus 4.1)

$K_{Tr}$  = Faktor frekuensi (nilai variabel reduksi Gauss tabel II.1)

Tabel IV.2 Data perhitungan Distribusi Gauss

No.	Tahun	No. Urut	X	X <sub>urut</sub>	Tr (thn)
1	2008	8	82,00	107,00	11,00
2	2009	10	71,00	96,00	5,50
3	2010	1	107,00	96,00	3,67
4	2011	4	95,00	95,00	2,75
5	2012	3	96,00	94,00	2,20
6	2013	6	93,00	93,00	1,83
7	2014	9	77,00	93,00	1,57
8	2015	5	94,00	82,00	1,38
9	2016	2	96,00	77,00	1,22
10	2017	7	93,00	71,00	1,10

Jumlah data		<b>n</b>	10
Nilai rata-rata		<b>X</b>	90,40
Standard deviasi		<b>S<sub>x</sub></b>	10,61

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan Distribusi Normal

Tr (tahun)	K <sub>Tr</sub>	X <sub>Tr</sub> (mm)	Peluang
1	-3,05	58,05	1,00
2	0,00	90,40	0,50
5	0,84	99,31	0,20
10	1,28	103,98	0,10
25	1,64	107,79	0,04
50	2,05	112,14	0,02
100	2,33	115,11	0,01

Sumber: Hasil Perhitungan

Sample perhitungan

$$X_{Tr} = \bar{X} + K_{Tr} \cdot S_x$$

$$X_{Tr} = 90,04 + (-3,05 \times 10,61)$$

$$X_{Tr} = 90,04 + (-32,3605)$$

$$X_{Tr} = 57,679 \text{ atau } 58,05$$

## 2. Distribusi Log Normal 2 parameter

### a. Perhitungan X<sub>tr</sub>

$$X_{Tr} = \bar{X} + K_{Tr} \cdot S_x \dots\dots\dots (4.3)$$

Keterangan:

$X_{Tr}$  = Besarnya curah hujan yang terjadi dengan kala ulang T tahun

$\bar{X}$  = Rata-rata hitung varian

$S_x$  = Standard deviasi (rumus 4.1)

$k$  = Faktor frekuensi (nilai variabel reduksi Gauss tabel II.1)

$$Cv = \frac{S_x}{\bar{X}}$$

Perhitungan

$$X_{Tr} = 90,40 + (-0,0580 \cdot 10,61)$$

$$X_{Tr} = 89,79$$

$$Cv = \frac{10,61}{90,41}$$

$$Cv = 0,117$$

Setelah mendapatkan nilai Cv maka nilai dari periode ulang dapat di interpolasi dengan nilai yang mendekati pada tabel IV.5 sehingga mendapatkan hasil analisa distribusi  $X_{tr}$  hujan log normal 2 parameter pada IV.3.

**Tabel IV.3 Perhitungan Log Normal 2 Parameter**

No.	Tahun	No. Urut	X	X urut	Tr (thn)
1	2008	8	82,0	107	11,00
2	2009	10	71,0	96	5,50
3	2010	1	107,0	96	3,67
4	2011	4	95,0	95	2,75
5	2012	3	96,0	94	2,20
6	2013	6	93,0	93	1,83
7	2014	9	77,0	93	1,57
8	2015	5	94,0	82	1,38
9	2016	2	96,0	77	1,22
10	2017	7	93,0	71	1,10

Jumlah data	<b>n</b>	10
Standar deviasi	<b>S<sub>x</sub></b>	10,61
Nilai rata-rata	<b><math>\bar{X}</math></b>	90,40
Koefisien Variasi	<b>C<sub>v</sub></b>	0,117

Tr (tahun)	K <sub>Tr</sub>	X <sub>Tr</sub> (mm)	Peluang
2	-0,0580	89,79	0,50
5	0,8175	99,07	0,20
10	1,3105	104,30	0,10
25	1,8207	109,71	0,04
50	2,2396	114,15	0,02
100	2,4490	116,37	0,01

*Sumber: Hasil Perhitungan***Tabel IV.4 Interpolasi Cv**

CV	2	5	10	20	25	50	100
0,1	-0,0496	0,8222	1,3078	1,7247	1,8061	2,2130	2,5489
0,117	-0,0580	0,8175	1,3105	1,7369	1,8207	2,2396	2,4490
0,15	-0,0738	0,8085	1,3156	1,7598	1,8482	2,2899	2,2607

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Tabel IV 5 Nilai variasi Coef. Normal 2 parameter

Variasi Coef.  CV	RETURN PERIODE(YEAR)						
	2	5	10	20	25	50	100
	EXCEEDENCE PROBABILITY						
	0,500	0,200	0,100	0,050	0,040	0,020	0,010
0,05	-0,0250	0,8334	1,2965	1,6863	1,7609	2,1341	2,4570
0,10	-0,0496	0,8222	1,3078	1,7247	1,8061	2,2130	2,5489
0,15	-0,0738	0,8085	1,3156	1,7598	1,8482	2,2899	2,2607
0,20	-0,0971	0,7926	1,3200	1,7911	1,8866	2,3640	2,7716
0,25	-0,1194	0,7746	1,3209	1,8183	1,9206	2,4318	2,8805
0,30	-0,1406	0,7647	1,3183	1,8414	1,9514	2,5015	2,9866
0,35	-0,1604	0,7333	1,3126	1,8602	1,9775	2,5638	3,0890
0,40	-0,1788	0,7100	1,3037	1,8746	1,9990	2,6212	3,1870
0,45	-0,1957	0,6870	1,2920	1,8848	2,0162	2,6731	3,2799
0,50	-0,2111	0,6626	1,2778	1,8909	2,0291	2,7202	3,367.
0,55	-0,2251	0,6379	1,2613	1,8931	2,0378	2,7613	3,4488
0,60	-0,2375	0,6129	1,2428	1,8915	2,1475	2,7971	3,5211
0,65	-0,2185	0,5879	1,2226	1,8866	2,0435	2,8279	3,3930
0,70	-0,2582	0,5631	1,2011	1,8786	2,0410	2,8532	3,3663
0,75	-0,2667	0,5387	1,1784	1,8677	2,0353	2,8735	3,7118
0,80	-0,2739	0,5118	1,1548	1,8543	2,0268	2,8891	3,7617
0,85	-0,2801	0,4914	1,1306	1,8388	2,0157	2,9002	3,8056
0,90	-0,2852	0,4686	1,1060	1,8212	2,0012	2,9010	3,8137
0,95	-0,2895	0,4466	1,0810	1,8021	1,9868	2,9103	3,8762
1,00	-0,2929	0,4254	1,0560	1,7815	1,9681	2,9010	3,9035

Sumber: Hidrologi terapan, Suripin

### 3. Distribusi Log Normal 3 parameter

Perbedaan log normal 2 parameter dengan log normal 3 parameter ialah nilai koefisien (Cs) tabel IV.7.

Rumus Perhitungan nilai hujan ( $X_{Tr}$ ) sebagai berikut.

$$X_{Tr} = \bar{X} + K_{Tr} \cdot S_x \dots\dots\dots (4.3)$$

Keterangan:

$X_{Tr}$  = Besarnya curah hujan yang terjadi dengan kala ulang T tahun

$\bar{X}$  = Rata-rata hitung varian

$S_x$  = Standard deviasi (rumus 4.1)

$k$  = Faktor frekuensi (nilai variabel reduksi Gauss tabel II.1)

Sample perhitungan  $X_{Tr}$  sebagai berikut.

$$X_{Tr} = 90,40 + 0,0966 \times 10,61$$

$$X_{Tr} = 91,42$$



$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^3}{(n-1) \times (n-2) \times S^3}$$

Keterangan:

Cs = Koef. Skewness

S = standar deviasi

$\bar{X}$  = curah hujan rata-rata (mm)

Xi = curah hujan di stasiun ke i (mm)

**Tabel IV.6 Perhitungan Log Normal**

No.	Tahun	No. Urut	X	X urut	Tr (thn)
1	2008	8	82,00	107,00	11,00
2	2009	10	71,00	96,00	5,50
3	2010	1	107,00	96,00	3,67
4	2011	4	95,00	95,00	2,75
5	2012	2	96,00	94,00	2,20
6	2013	6	93,00	93,00	1,83
7	2014	9	77,00	93,00	1,57
8	2015	5	94,00	82,00	1,38
9	2016	2	96,00	77,00	1,22
10	2017	6	93,00	71,00	1,10

Jumlah data	<b>n</b>	10
Standar deviasi "X"	<b>S<sub>x</sub></b>	10,61
Nilai rata-rata "X"	<b>X</b>	90,40
Koefisien kemencengan	<b>C<sub>s</sub></b>	-0,605

Tr (tahun)	K <sub>Tr</sub>	X <sub>Tr</sub> (mm)	Peluang
2	0,0966	91,42	0,50
5	-0,7924	82,00	0,20
10	-0,3436	86,76	0,10
25	-1,8855	70,40	0,04
50	-2,3622	65,35	0,02
100	-2,7698	61,02	0,01

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Tabel IV.7 Nilai Coef. Skewnes

Skew Coef.	RETURN PERIODE(YEAR)						
	2	5	10	20	25	50	100
Cs'	EXCEEDENCE PROBABILITY						
	0,500	0,200	0,100	0,050	0,040	0,020	0,010
-2,0	0,2366	-0,6144	-1,2437	-1,8916	-2,0421	-2,7943	-3,5196
-1,8	0,2240	-0,6395	-1,2621	-1,8928	-2,0370	-2,7578	-3,4433
-1,6	0,2092	-0,6654	-1,2792	-1,8901	-2,0274	-2,7138	-3,3570
-1,4	0,1920	-0,6920	-1,2943	-1,8827	-2,0125	-2,6615	-3,2601
-1,2	0,1722	-0,7186	-1,3067	-1,8696	-1,9914	-2,6002	-3,1521
-1,0	0,1495	-0,7449	-1,3156	-1,8501	-1,9633	-2,5294	-3,0333
-0,8	0,1241	-0,7700	-1,3201	-1,8235	-1,9278	-2,4492	-2,9043
-0,6	0,0959	-0,7930	-0,3194	-1,7894	-1,8845	-2,3600	-2,7665
-0,4	0,0654	-0,8131	-0,3128	-1,7478	-1,8337	-2,2631	-2,6223
-0,2	0,0332	-0,8296	-0,3002	-1,6993	-1,7761	-2,1602	-2,4745
0,0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,2	-0,0332	0,8996	0,3002	1,6993	1,7761	2,1602	2,4745
0,4	-0,0654	0,8131	0,3128	1,7478	1,8337	2,2631	2,6223
0,6	-0,0950	0,7930	0,3194	1,7894	1,8845	2,3600	2,7665
0,8	-0,1241	0,7700	1,3201	1,8235	1,9278	2,4492	2,9043
1,0	-0,1495	0,7449	1,3156	1,8501	1,9633	2,5294	3,0333
1,2	-0,1722	0,7186	1,3067	1,8696	1,9914	2,6002	3,1521
1,4	-0,1920	0,6920	1,2943	1,8827	2,0125	2,6615	3,2601
1,6	-0,2092	0,6654	1,2792	1,8901	2,0274	2,7138	3,3570
1,8	-0,2240	0,6395	0,2621	1,8928	2,0370	2,7578	3,4433
2,0	-0,2366	0,6144	1,2437	1,8916	2,0421	2,7943	3,5196

Sumber: Hidrologi terapan, Suripin

## b. Distribusi Gumbell

$$X_T = \bar{X} + k \cdot S_x \dots\dots\dots (4.4)$$

Keterangan:

XT = besarnya curah hujan yang terjadi dengan kala ulang T tahun

 $\bar{X}$  = rata-rata X maksimum

Sx = Standar Deviasi (rumus

k = faktor frekuensi

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

Yn, Sn = besaran yang mempunyai fungsi dari jumlah pengamatan

Yt = reduksi sebagai fungsi dari probabilitas

t = jumlah tahun kala ulang

Perhitungan :

$$k = \frac{0,3666 - 0,4952}{0,9496}$$

$$k = -0,13605$$

$$X_{Tr} = 90,40 + (-0,13605) \cdot 10,61$$

$$X_{Tr} = 88,957$$

**Tabel IV.8 Hasil Perhitungan perhitungan Distribusi Gumbell**

No.	Tahun	X	$(X_i - \bar{X})^2$	X <sub>urut</sub>	Tr (tahun)
1	2008	82,00	70,56	107,00	11,00
2	2009	71,00	376,36	96,00	5,50
3	2010	107,00	275,56	96,00	3,67
4	2011	95,00	21,16	95,00	2,75
5	2012	96,00	31,36	94,00	2,20
6	2013	93,00	6,76	93,00	1,83
7	2014	77,00	179,56	93,00	1,57
8	2015	94,00	12,96	82,00	1,38
9	2016	96,00	31,36	77,00	1,22
10	2017	93,00	6,76	71,00	1,10

Jumlah data yang dipergunakan	<b>n</b>	10
Jumlah nilai data	<b>Σ X</b>	904,00
Nilai rata-rata	<b><math>\bar{X}</math></b>	90,40
Jumlah selisih dengan mean pangkat 2	<b>Σ (X<sub>i</sub> - <math>\bar{X}</math>)<sup>2</sup></b>	1012,40
Standard deviasi	<b>S<sub>X</sub></b>	10,61
Koefisien y <sub>n</sub> (reduced mean)	<b>Y<sub>n</sub></b>	0,4952
Koefisien s <sub>n</sub> (reduced S <sub>d</sub> )	<b>S<sub>n</sub></b>	0,9496

Tr (tahun)	Y <sub>Tr</sub>	X <sub>Tr</sub> (mm)	Peluang
2	0,3665	88,96	0,50
5	1,4999	101,62	0,20
10	2,2504	110,00	0,10
25	3,1985	120,59	0,04
50	3,9019	128,45	0,02
100	4,6001	136,25	0,01

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Tabel IV.9 Harga Yn &amp; Sn Metode Gumbell

Sampel	Yn	Sn		Sampel	Yn	Sn
10	0,4952	0,9496		42	0,5448	1,1458
11	0,4996	0,9676		43	0,5453	1,148
12	0,5035	0,9833		44	0,5458	1,1499
13	0,507	0,9971		45	0,5463	1,1519
14	0,51	1,0095		46	0,5468	1,1538
15	0,5128	1,0206		47	0,5473	1,1557
16	0,5157	1,0316		48	0,5477	1,1574
17	0,5181	1,0411		49	0,5481	1,159
18	0,5202	1,0493		50	0,5485	1,1607
19	0,522	1,0565		51	0,5489	1,1623
20	0,5236	1,0628		52	0,5493	1,1638
21	0,5252	1,0696		53	0,5497	1,1658
22	0,5268	1,0754		54	0,5501	1,1667
23	0,5283	1,0811		55	0,5504	1,1681
24	0,5296	1,0864		42	0,5448	1,1458
25	0,5309	1,0915		43	0,5453	1,148
26	0,532	1,0861		44	0,5458	1,1499
27	0,5332	1,1004		45	0,5463	1,1519
28	0,5343	1,1047		46	0,5468	1,1538
29	0,5353	1,1086		47	0,5473	1,1557
30	0,5362	1,1124		48	0,5477	1,1574
31	0,5371	1,1159		49	0,5481	1,159
32	0,538	1,1193		50	0,5485	1,1607
33	0,5388	1,1226		51	0,5489	1,1623
34	0,5396	1,1255		52	0,5493	1,1638
35	0,5402	1,1287		53	0,5497	1,1658
36	0,541	1,1313		54	0,5501	1,1667
37	0,5418	1,1339		55	0,5504	1,1681
38	0,5424	1,1363				
39	0,543	1,1388				
40	0,5436	1,1413				
41	0,5442	1,1436				

Sumber <https://mtnugraha.files.wordpress.com>

## c. Distribusi Pearson Type III

$$X_T = \bar{X} + k.S_x \dots\dots\dots (4.5)$$

Keterangan:

$X_{Tr}$  = Besarnya curah hujan yang terjadi dengan kala ulang T tahun

$\bar{X}$  = Rata-rata hitung varian

$S_x$  = Standard deviasi (rumus 4.1)

$k$  = Faktor frekuensi (nilai variabel reduksi Gauss tabel II.1)

Contoh Perhitungan :

$$X_{Tr} = 90,4 + 0,1 \times 10,61$$

$$X_{Tr} = 91,46$$

**Tabel IV.10 Perhitungan Pearson Type III**

No.	Tahun	X	$(X_i - \bar{X})^3$
1	2008	82,00	-593
2	2009	71,00	-7.301
3	2010	107,00	4.574
4	2011	95,00	97
5	2012	96,00	176
6	2013	93,00	18
7	2014	77,00	-2.406
8	2015	94,00	47
9	2016	96,00	176
10	2017	93,00	18

Jumlah data yang dipergunakan	<b>n</b>	10
Jumlah nilai data	<b><math>\Sigma X</math></b>	904,00
Nilai rata-rata	<b><math>\bar{X}</math></b>	90,40
Standard deviasi	<b><math>S_x</math></b>	10,61
koefisien kemencengan	<b><math>C_s</math></b>	-0,605

Tr (tahun)	$K_{Tr}$	$X_{Tr}$ (mm)	Peluang
2	0,100	91,46	0,50
5	0,857	99,49	0,20
10	1,199	103,12	0,10
25	1,526	106,59	0,04
50	1,717	108,61	0,02
100	1,876	110,30	0,01

*Sumber: Hasil Perhitungan*

## d. Distribusi Log Pearson Type III

$$\log X = \log \bar{X} + k \cdot S_{\log X} \dots \dots \dots (4.6)$$

$$\log \bar{X} = \frac{\sum \log X}{n}$$

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \log \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Keterangan :

Log x = logaritma rata-rata	XT = besarnya curah hujan dengan
$S_{\log X}$ = standar deviasi dari logaritma	kala ulang T tahun
k = faktor frekwensi (tabel II.1)	$\bar{X}$ = rata-rata hutingan varian
N = jumlah data	$S_x$ = Standar deviasi

$$\log \bar{X} = \frac{\sum \log X}{n}$$

$$\log \bar{X} = \frac{19.533}{10} = 1.9533$$

$$\log X = 1.953 + 0.139 \times 0,053$$

$$\log X = 1.9607$$

**Tabel IV.11 Data Perhitungan Log Pearson Type III**

No.	Tahun	X	log X	$(\log X_1 - \log X)^2$	$(\log X_1 - \log X)^3$
1	2008	82,00	1,9138	0,00156	-0,00006
2	2009	71,00	1,8513	0,01042	-0,00106
3	2010	107,00	2,0294	0,00578	0,00044
4	2011	95,00	1,9777	0,00060	0,00001
5	2012	96,00	1,9823	0,00084	0,00002
6	2013	93,00	1,9685	0,00023	0,00000
7	2014	77,00	1,8865	0,00447	-0,00030
8	2015	94,00	1,9731	0,00039	0,00001
9	2016	96,00	1,9823	0,00084	0,00002
10	2017	93,00	1,9685	0,00023	0,00000
Jumlah data yang dipergunakan			<b>n</b>	10	
Jumlah nilai 'log X'			<b><math>\Sigma \log X</math></b>	19,533	
Nilai rata-rata 'log X' (mean)			<b>log X</b>	1,953	
Jumlah selisih dengan mean pangkat 2			<b><math>\Sigma (\log X_1 - \log X)^2</math></b>	0,025	
Standard deviasi 'log X'			<b><math>S_{\log X}</math></b>	0,053	
Jumlah selisih dengan mean pangkat 3			<b><math>\Sigma (\log X_1 - \log X)^3</math></b>	-0,001	
koefisien kemencengan			<b><math>C_s</math></b>	-0,842	

Tr (tahun)	K <sub>Tr</sub>	log X <sub>Tr</sub>	X <sub>Tr</sub> (mm)
2	0,139	1,9607	91,35
5	0,855	1,9987	99,70
10	1,157	2,0148	103,46
25	1,431	2,0293	106,97
50	1,582	2,0373	108,97
100	1,703	2,0437	110,58

*Sumber: Hasil Perhitungan***Tabel IV 12 Interpolasi Cs Log Pearson III**

Cs	2	5	10	25	50	100	200
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926
-0,842	0,139	0,855	1,157	1,431	1,582	1,703	1,801
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749

*Sumber: Hasil Perhitungan*

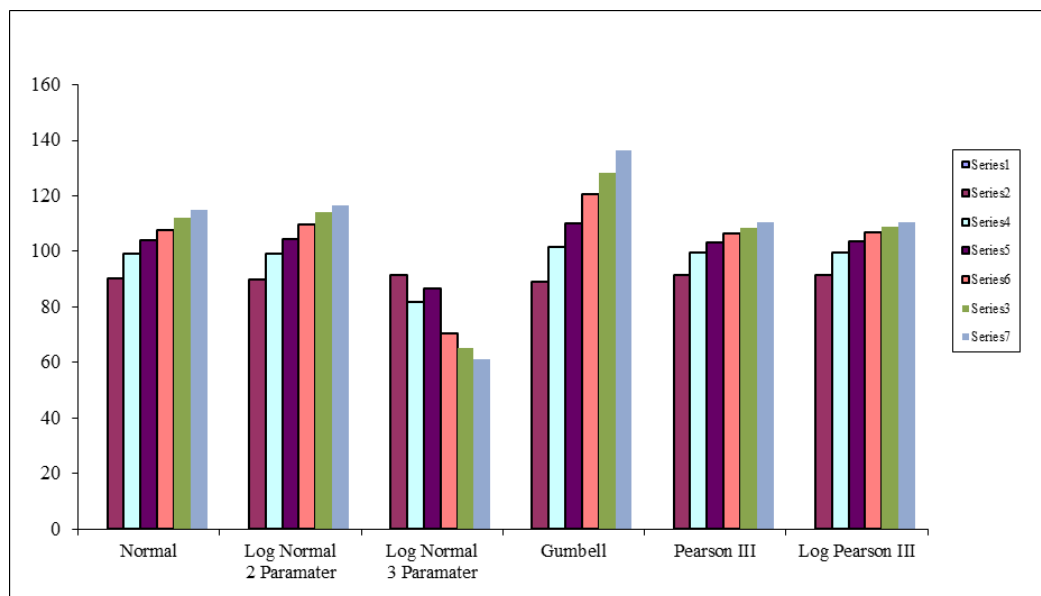
## e. Resume

Dari perhitungan keenam metode distribusi frekwensi tersebut dapat di simpulkan hasil perhitungan nilai  $K_{Tr}$  dalam tabel IV.18 sebgai berikut ini.

Tabel IV.13 Resume Analisa Frekwensi Curah Hujan

Periode Ulang	Analisa Frekuensi Curah Hujan Rencana (mm)					
	Normal	Log Normal 2 Paramater	Log Normal 3 Paramater	Gumbell	Pearson III	Log Pearson III
2	90,40	89,79	91,42	88,96	91,46	91,35
5	99,31	99,07	82,00	101,62	99,49	99,70
10	103,98	104,30	86,76	110,00	103,12	103,46
25	107,79	109,71	70,40	120,59	106,59	106,97
50	112,14	114,15	65,35	128,45	108,61	108,97
100	115,11	116,37	61,02	136,25	110,30	110,58

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar IV. 3 Grafik Resume Analisa Frekwensi Hujan

## f. Uji kesesuaian Smirnov-Kolmogorov

Uji kesesuaian smi Uji kecocokan Semirnov-Kolmogorov merupakan uji kecocokan non parametrik yang bertujuan membandingkan nilai rasio aktual dengan rencana dengan nilai kritis kecocokan 1% - 20%, nilai kritis mirnov dapat dilihat pada tabel IV.3.



**Tabel IV 14 Nilai Kritik Smirnov-Kolmogorov**

n	Nilai kritis Smirnov-Kolmogorov (a)			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
n>50	$\frac{1,07}{n^{0,5}}$	$\frac{1,22}{n^{0,5}}$	$\frac{1,36}{n^{0,5}}$	$\frac{1,63}{n^{0,5}}$

Sumber: Soewarno,1995

**Tabel IV.15 Resume hasil uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov**

No.	Selisih Untuk Nilai Kritis 5 %					
	Normal	Log Normal 2 Paramater	Log Normal 3 Paramater	Gumbell	Pearson III	Log Pearson III
1	2,77	3,44	28,58	4,12	5,41	5,45
2	3,78	2,87	11,98	6,81	2,71	2,70
3	0,71	0,12	8,70	1,65	1,03	1,07
4	1,09	0,83	5,38	1,26	0,84	0,93
5	2,54	1,34	2,58	3,54	0,91	1,05
6	3,94	1,57	0,11	5,48	1,15	1,34
7	6,43	2,62	1,14	8,26	0,51	0,75
8	2,01	7,48	13,22	0,06	10,96	11,24
9	3,56	11,68	19,17	1,91	15,47	15,79
10	5,19	16,97	26,02	4,10	21,03	21,38
Selisih Maks	6,43	16,97	28,58	8,26	21,03	21,38
Uji Kecocokan	41,00					
Korelasi	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima

Sumber: Hasil Perhitungan

### 4.2.3 Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu di mana air tersebut terkonsentrasi (Joesron Loebis, 1992) intensitas hujan dapat di perhitungkan dengan rumus dari Dr.Mononobe sebagai berikut.

$$R_t = \frac{R_{24}}{24} \left[ \frac{24}{t} \right]^{2/3} \dots\dots\dots (4.7)$$

Keterangan:

$R_{24}$  = Curah hujan efektif dalam 1 hari

$t$  = Lama waktu konsentrasi dalam (jam)

$R_t$  = intensitas hujan rata-rata dalam T jam (mm/jam)

$T$  = waktu mulai hujan

Sample perhitungan

Diketahui :  $R_{24} = 88,96$

$$R_{24} = \frac{90,4}{24} \left[ \frac{24}{1} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$R_{24} = 3,76 \times 8,3$$

$$R_{24} = 31,34 \text{ mm/jam}$$

Dari hasil perhitungan  $T$  dalam jam dan dalam periode ulang dari 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun, maka dapat di tampilkan dalam tabel IV.16

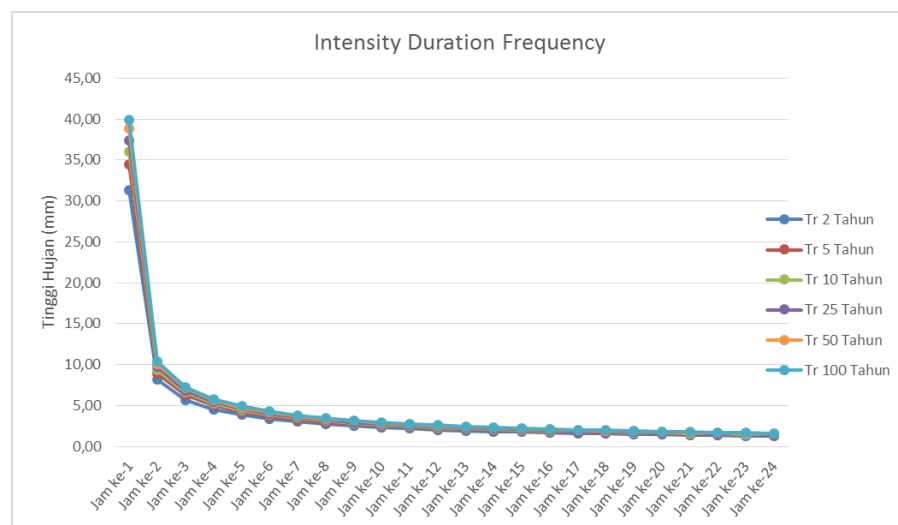
**Tabel IV.16 Hasil Perhitungan Intensitas Hujan Harian Per Jam**

Waktu (Jam)	Periode Ulang					
	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun	100 Tahun
Jam ke-1	31,34	34,43	36,05	37,37	38,88	39,91
Jam ke-2	8,15	8,95	9,37	9,71	10,11	10,37
Jam ke-3	5,71	6,28	6,57	6,81	7,09	7,28
Jam ke-4	4,55	5,00	5,23	5,42	5,64	5,79
Jam ke-5	3,84	4,22	4,42	4,58	4,77	4,89
Jam ke-6	3,36	3,69	3,86	4,00	4,17	4,28
Jam ke-7	3,00	3,30	3,45	3,58	3,72	3,82
Jam ke-8	2,73	3,00	3,14	3,25	3,39	3,47
Jam ke-9	2,51	2,76	2,89	2,99	3,11	3,20
Jam ke-10	2,33	2,56	2,68	2,78	2,89	2,97
Jam ke-11	2,18	2,39	2,51	2,60	2,70	2,78
Jam ke-12	2,05	2,25	2,36	2,45	2,54	2,61
Jam ke-13	1,94	2,13	2,23	2,31	2,41	2,47
Jam ke-14	1,84	2,02	2,12	2,20	2,29	2,35
Jam ke-15	1,76	1,93	2,02	2,10	2,18	2,24
Jam ke-16	1,68	1,85	1,93	2,00	2,09	2,14
Jam ke-17	1,61	1,77	1,85	1,92	2,00	2,05
Jam ke-18	1,55	1,70	1,78	1,85	1,92	1,97
Jam ke-19	1,49	1,64	1,72	1,78	1,85	1,90

Waktu (Jam)	Periode Ulang					
	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun	100 Tahun
Jam ke-21	1,39	1,53	1,60	1,66	1,73	1,78
Jam ke-22	1,35	1,48	1,55	1,61	1,68	1,72
Jam ke-23	1,31	1,44	1,51	1,56	1,63	1,67
Jam ke-24	1,27	1,40	1,46	1,52	1,58	1,62

Sumber: Hasil perhitungan

Dari hasil perhitungan dapat di buat kurva berupa kurva *Intensity Duration frequency* sebagai berikut ini.



**Gambar IV. 4 Kurva IDF**

Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah diketahui bahwa intensitas hujan ekstrem dalam periode ulang tertentu dapat di Klasifikasikan bahwa cerah hujan di sekitaran stasiun pengamatan hujan Birowo termasuk lebat, dalam parameter Curah Hujan menurut Kohnke Bertand,1959

**Tabel IV.17 Klasifikasi Hujan**

Intensitas Hujan (mm/jam)	Klasifikasi
<6.25	Kecil
6.26-12.50	Sedang
12.51-50.00	Lebat
>50.00	Sangat Lebat

(Sumber : Arsyad, 2000)

### 4.3 Debit Banjir

Debit banjir adalah genangan air pada permukaan tanah sampai melebihi batas ketinggian tertentu yang mengakibatkan kerugian (Soebarkah, 1980). Debit banjir rancangan adalah debit besar tahunan yang diperkirakan dengan suatu proses kemungkinan ulang yang tertentu (Martha dan Adidarma, 2000).

Dalam analisis debit banjir, penulis menggunakan perhitungan nakayasu karena dinilai cukup efektif dalam rencana debit banjir di Indonesia. Perhitungan debit banjir di DAS Rejoso.

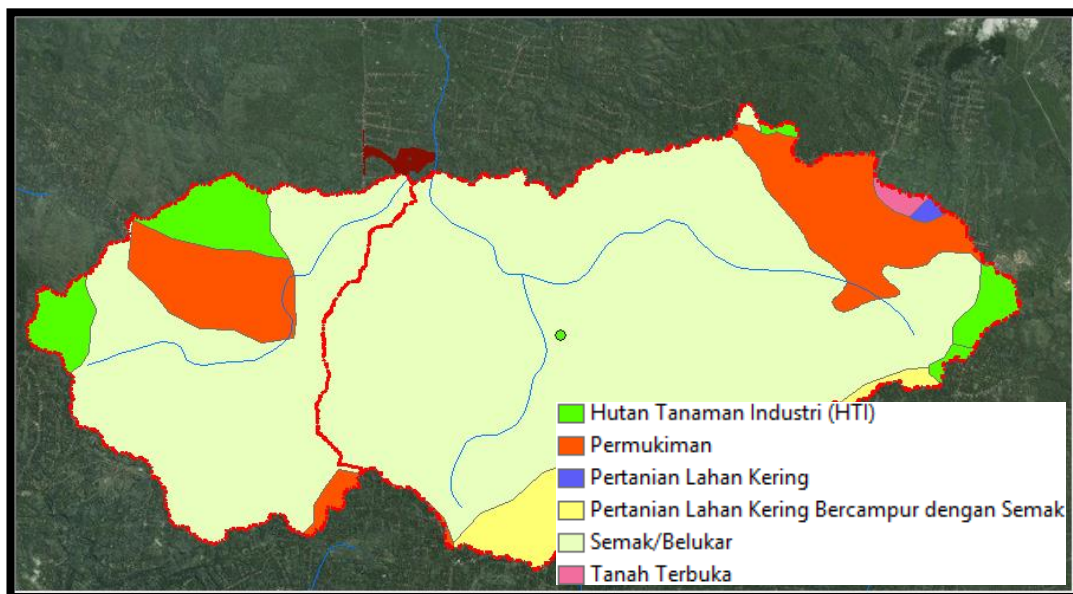
#### 4.3.1 Tata Guna Lahan

Tata guna lahan yang di dapat dari peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) merupakan pembagian wilayah-wilayah yang terbagi atas tutupan lahan baik vegetasi maupun bangunan. Untuk DAS Rejoso terdiri atas 3 jenis tutupan lahan yang terdiri dari Hutan kering, pemukiman dan semak belukar yang dapat dilihat pada gambar IV.5.

Daerah Aliran Sungai Rejoso

Luas DAS total : 26,8 Km<sup>2</sup>

Luas DAS sesuai *landuse* ialah sebagai berikut :



Gambar IV. 5 Tutupan lahan DAS Rejoso dan Das Sambi Gede

Sumber : Peta RBI

Tabel IV.18 Luas DAS Rejoso dan Koefisien Pengalirannya

Tutupan Lahan DAS Rejoso		
Jenis	Luas (km <sup>2</sup> )	C
Hutan Tanaman Industri (HTI)	3.52	0.18
Semak/Belukar	18.74	0.6
Permukiman	4.50	0.47
<b>Ctotal =</b>	0.52	

Sumber : Peta RBI

Panjang Sungai Rejoso = 7,6 Km

Koefisien rata-rata DAS rejoso ialah sebagai berikut.

$$C = \frac{(A1.C1)+(A2.C2)+(A3.C3)}{A1+A2} \dots\dots\dots (4.8)$$

$$C = \frac{(3,52 \times 0,18) + (18,7 \times 0,6) + (4,5 \times 0,47)}{26,8}$$

$$C = 0,52$$

#### 4.3.2 Perhitungan dengan Rumus Nakayasu

Pada perhitungan nakayasu rumus utama perhitungan ialah sebagai berikut ini.

$$Q_p = \frac{C.A.R_0}{3,6.(0,3.T_P+T_{0,3})} \dots\dots\dots (4.9)$$

Keterangan

$Q_p$  = Debit Puncak (banjir) m<sup>3</sup>/d

$R_0$  = Hujan satuan (mm)

$T_p$  = Tegangan waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_p = t_g + 0,8 \text{ tr}$

$T_g$  = waktu konsentrasi (jam), tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (time lag) dalam hal ini, jika :

$$L < 15 \text{ km } t_g = 0,21 \cdot L^{0,7}$$

$$L > 15 \text{ km } t_g = 0,4 + 0,058 \cdot L$$

$T_{0,3}$  = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit 30% dari debit puncak

$A$  = luas daerah tangkapan sampai Outlet

$C$  = koefisien pengaliran (tabel II.12 )

$T_r$  = tenggang waktu hidrograf

Dalam menentukan kedalaman nilai debit banjir puncak  $Q_p$ , *base flow* atau debit yang paling rendah yaitu  $2 \text{ m}^3/\text{s}$

$$T_r = 0,5 - 1 \text{ tg}$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot \text{tg}$$

$$\alpha = \frac{0,47 \cdot (A \times L)^{0,25}}{\text{tg}}$$

untuk :

- a. Daerah pengaliran biasa  $\alpha = 2$
- b. Bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian menurun yang cepat  $\alpha = 1,5$   
 Bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat  $\alpha = 3$   
 Bagian lengkung naik (rising limb) hidrograf satuan memiliki rumus :

$$Q_a = Q_p = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} \dots\dots\dots (4.9)$$

keterangan,

$Q_a$  = limpasan sebelum mencapai debit puncak ( $\text{m}^3/\text{det}$ )

$t$  = waktu (jam)

Bagian lengkung turun (decreasing limb) hidrograf satuan

- 1) Selang nilai :  $T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$

$$Q_{d1} = Q_p \times 0,3^{\frac{t-T_p}{T_{0,3}}} \dots\dots\dots (4.10)$$

- 2) Selang nilai :  $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_{d1} = Q_p \times 0,3^{\left(\frac{t-T_p+0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}}\right)} \dots\dots\dots (4.11)$$

- 3) Selang nilai  $1,5 T_{0,3} > (T_p + T_{0,3} + 0,5 T_{0,3})$

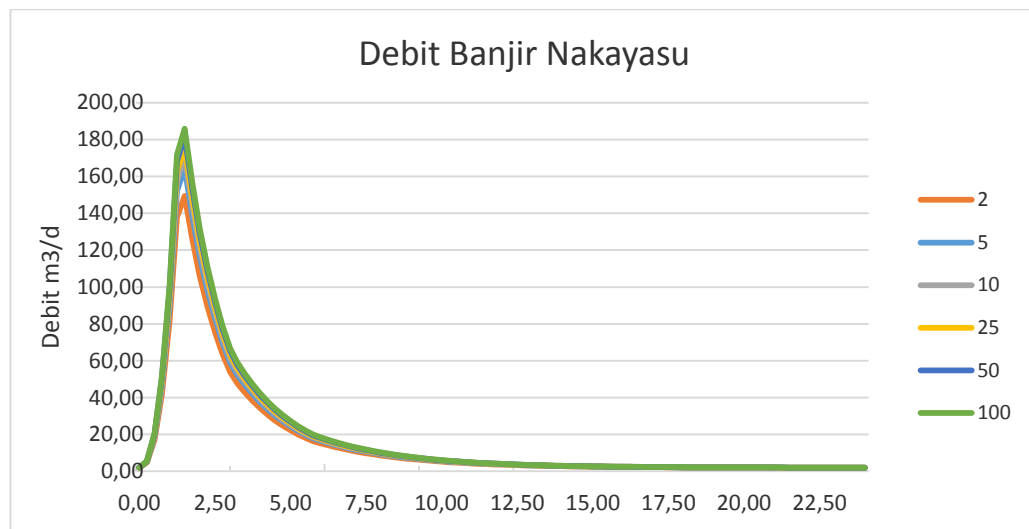
$$Q_{d1} = Q_p \times 0,3^{\left(\frac{t-T_p+1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}}\right)} \dots\dots\dots (4.12)$$

Tabel IV 19 Tabel Input Unit Hidrograf Sungai Rejoso Blitar

No	Parameter Unit Histrograf		
1	Panjang sungai/saluran (L)		
	L	=	7,6 km
2	Luas DAS		
	$F_{DAS}$	=	26,8 km <sup>2</sup>
3	Koef. Pengaliran DAS		
	$CW_{DAS}$	=	0,52
4	Time tag (Tg)		
	Tg	=	0,9 jam
	Syarat :		
	$L < 15 \text{ km}; Tg = 0,4 + 0,058L$		
	$L > 15 \text{ km}; Tg = 0,21L^{0,7}$		
5	Satuan waktu hujan (tr)		
	tr	=	0,608 jam
	Syarat :		
	tr = 0,5 tg s.d 1,0 tg		
6	Peak time (Tp)		
	$Tp = tg + 0,8.tr$	=	1,35 jam
7	Parameter hidrograf		
	Parameter alfa ( $\alpha$ )	=	2
	$T_{0,3}$	=	1,737
	$0,5T_{0,3}$	=	0,87 jam
	$1,5T_{0,3}$	=	2,61 jam
	$2,0T_{0,3}$	=	3,47 jam
8	Curah hujan spesifik ( $R_0$ )		
	$R_0$	=	1 mm
9	Debit puncak		
	$Qp$	=	176 m <sup>3</sup> /dt/mm
10	Base flow		
	$Qb$	=	2,00 m <sup>3</sup> /dt/mm

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah melalui perhitungan hidrograf nakayasu dengan periode ulang 2, 10, 25, 50 dan 100 tahun, maka mendapatkan hasil dengan kurva perbandingan debit banjir sebagai pada gambar IV.6, dan untuk peninjauan debit sungai hanya digunakan periode ulang 25 tahun sesuai dengan skala prioritas jangka panjang pada PERMEN PU No.12, 2014.



**Gambar IV.6 Kurva Debit Banjir Nakayasu**

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Dari gambar IV.6 dapat diketahui debit puncak dan debit dasar banjir pada DAS Rejoso sebagai berikut.

**Tabel IV.20 Debit dasar dan debit puncak**

No	Kala Ulang	Debit (m <sup>3</sup> /s)
1	Base flow	2
2	Tr=2 th	149
3	Tr=5 th	164,47
4	Tr=10 th	170,81
5	Tr=25 th	176,00
6	Tr=50 th	181,91
7	Tr=100 th	185,94

*Sumber : Hasil Perhitungan*



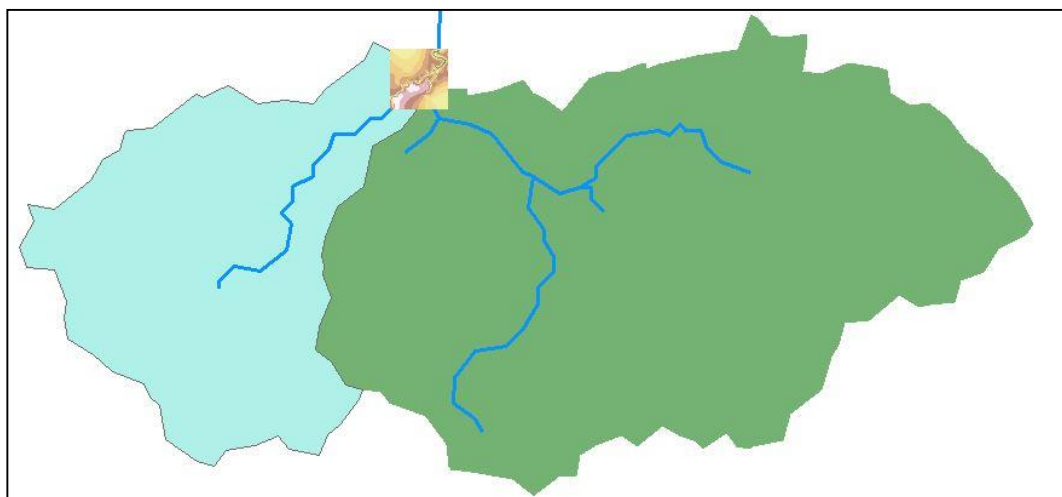
#### 4.4 Analisis Sungai Rejoso Dengan Hec-Ras 5.0.6

##### 4.6.1 Tinjauan umum

Analisis hidraulika pada sub bab ini bertujuan untuk mengetahui sebaran genangan banjir dan tinggi muka air banjir. Apabila terjadi di sungai dan dampak bagi drainase pabrik jika terjadi luapan air berlebih. Pada studi ini analisis ini penulis menggunakan software Hec-RAS 5.0.6 untuk memodelkan muka air aliran sungai Rejoso dilakukan dengan menggunakan debit banjir periode ulang 25 tahun pada DAS Rejoso yang di tinjau.

##### 4.6.2 Tahapan Analisis

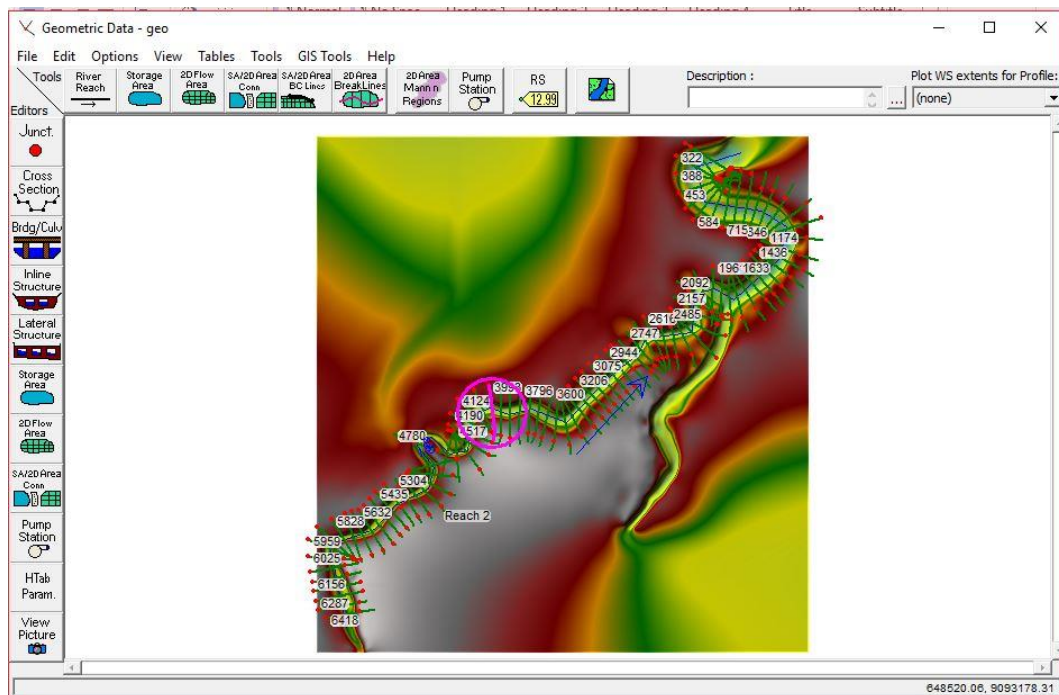
Input data yang di perlukan untuk analisis sungai ialah data geometrik wilayah aliran sungai dan debit banjir kawasan yang telah di analisis terlebih dahulu. Data geometrik sungai dapat di unggang dengan format “dem” setelah itu proses data dem menjadi *raster* dengan bantuan *software* arcgis sehingga file dapat di *import* ke dalam hec-ras. *Cross section* dapat di atur dalam hecras untuk satu *reach* seperti pada gambar IV.8 merupakan hasil dari interpolasi antara *cross section* hulu dan hilir sungai.



**Gambar IV.7 Letak Analisi Sungai**

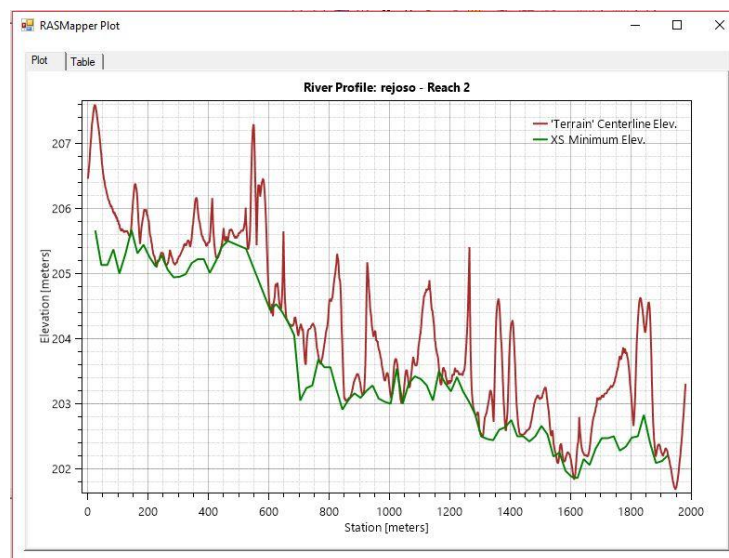
*Sumber : Hasil analisa menggunakan ArcGis*

Setelah mengetahui das yang akan di tinjau maka download file dem dan *convert dem to raster* dan *input* ke dalam Hecras sebagai berikut.



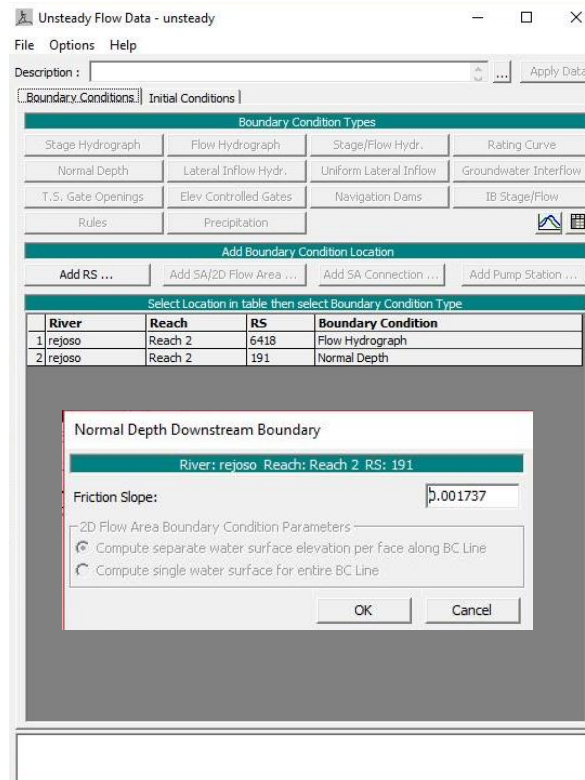
**Gambar IV.8 Geometri dan *cross section* Sungai Rejoso**

Berikut merupakan gambar kurva elevasi penampang memanjang dari sungai Rejoso pada gambar IV.9.



**Gambar IV.9 Kurva Penampang memanjang Sungai Rejoso**

Tipe aliran yang di pilih *unsteady flow* dimana kondisi alirannya berubah-ubah dengan waktu dan penampang. Input dari jenis kedalaman *downstream Boundary* dipilih *kondisi flow hydrograph* dan *normal depth* karena tidak ada bendung atau bangunan penghalang saluran.



**Gambar IV.10 Unsteady flow input data**

*Sumber : Screenshoot di aplikasi Hecras*

Untuk mengisi *slope normal depth* diperhitungkan sebagai berikut.

Diketahui :

$$h(\text{hulu}) = 205.69 \text{ m}$$

$$h(\text{hilir}) = 202.25 \text{ m}$$

$$L = 1980 \text{ m}$$

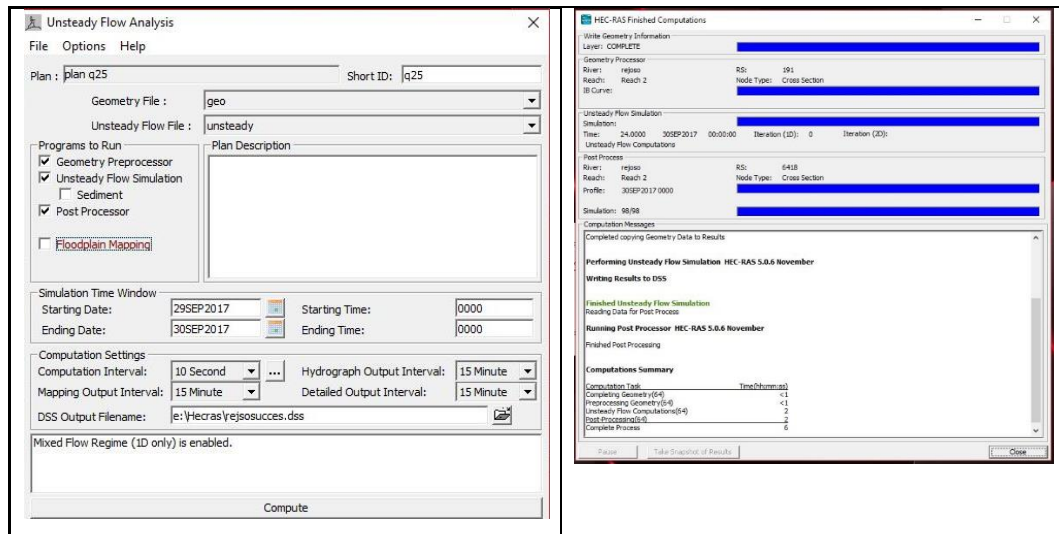
$$\text{Slope} = S = \frac{\Delta h}{L}$$

$$\Delta h = h(\text{hulu}) - h(\text{hilir})$$

Perhitungan

$$S = \frac{205.69 - 202.25}{1980}$$

$$S = 0.001737$$

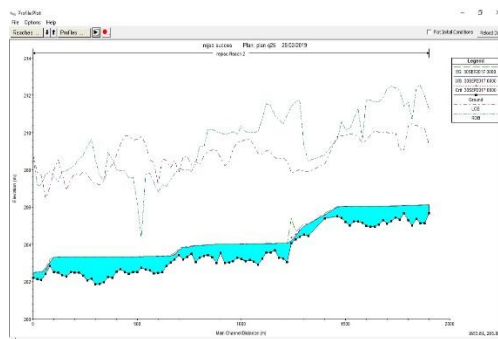


Gambar IV.11 Run analisis dan hasilnya

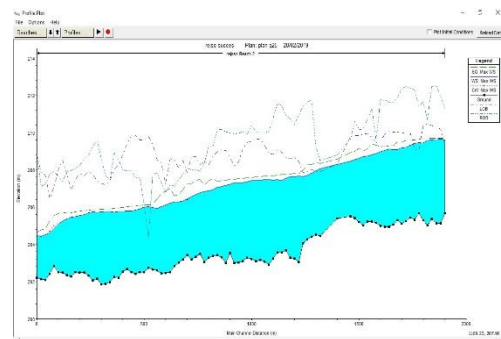
Sumber : Hasil Perhitungan

### 4.6.3 Hasil Analisis

Setelah berhasil *run analysis*, dapat diketahui tinggi muka air minimal dan maksimal sungai rejosu dari tampak memanjang sebagai berikut ini.

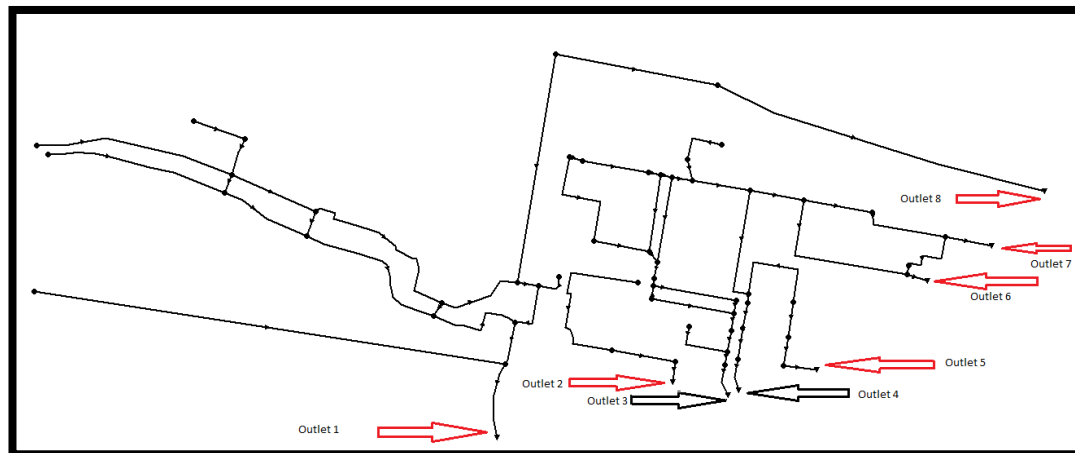


Gambar IV.12 Debit paling rendah



Gambar IV.13 Debit puncak

Setelah diketahui ketinggian air maksimumnya maka *cross section* yang di lalui *Outlet* drainase kawasan pabrik sebagai terlampir pada lampiran IV.2.



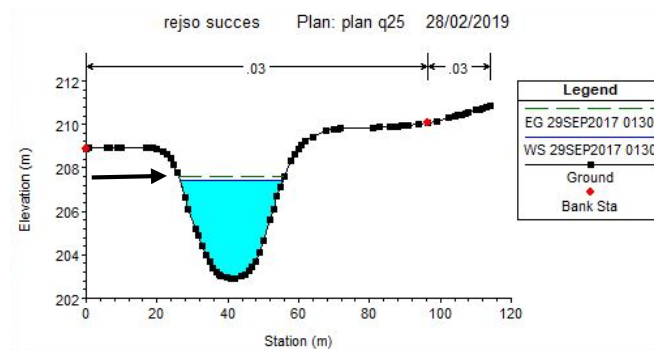
**Gambar IV. 14 Outlet Drainase**

Diketahui elevasi *outlet* dari kontur ialah sebagai berikut.

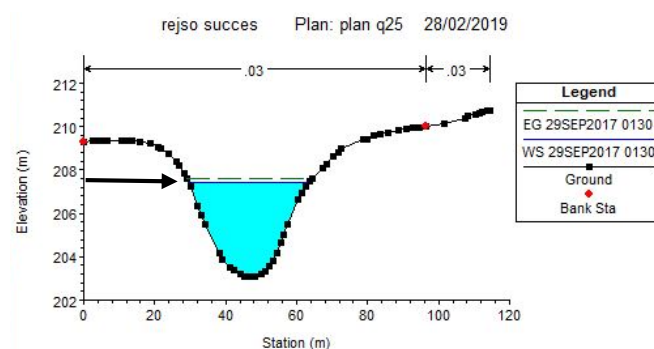
**Tabel IV.21 Elevasi Outlet Drainase**

Outlet	Elevasi
1	208.5
2	210
3	207
4	207,5
5	208.5
6	210
7	208.5
8	210

Dari jumlah *Outlet* drainase yang telah dibandingkan/dihubungkan dengan sungai maka hanya dua *Outlet* yang berdekatan permukaan air sungai rencana periode ulang 25 tahun yaitu *Outlet* 3 dan 4 yang diketahui memiliki elevasi 207 dan 207,5. Ilustrasi ujung *Outlet* 3 dan *Outlet* 4 ialah sebagai ditunjukkan dengan panah pada gambar IV.13 dan IV.14.



**Gambar IV.15** Posisi outlet 3 pada *cross section* sungai Rejoso



**Gambar IV. 16** Posisi outlet 4 pada *cross section* sungai Rejoso

#### 4.5 Deskripsi Studi Lokasi

Pada peta *masterplan* lokasi studi dibagi atas beberapa daerah tangkapan air atau DTA yang akan disalurkan langsung ke sungai rejoso dimana sungai rejoso menjadi saluran pembuang primer. Saluran tersier yang terbagi atas beberapa pengeringan bangunan seperti rumah produksi, akses jalan, lahan parkir, dll.



**Gambar IV. 17** Peta *masterplan* pabrik RMI

*Sumber : Pihak RMI*

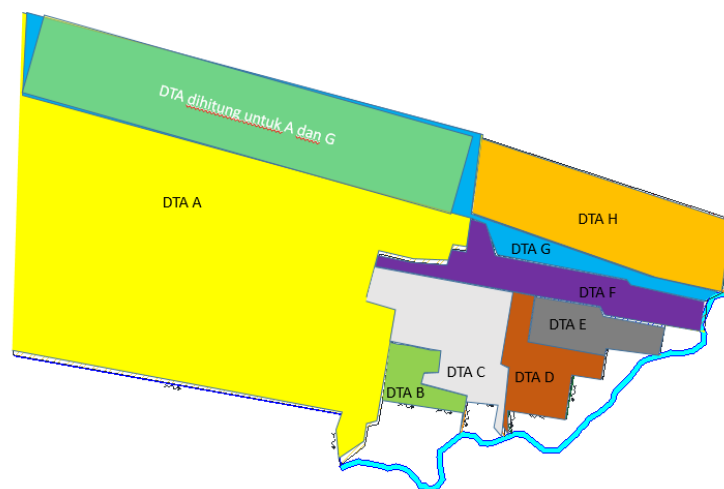
Pembagian DTA terdiri atas delapan DTA, dimana masing- masing DTA memiliki luasan (tabel IV.20) yang berbeda-beda dan terbagi atas beberapa sub-DTA dimana setiap DTA memiliki saluran tersier dan saluran sekunder. Setiap DTA akan mengarahkan aliran langsung ke sungai Rejoso.

Pembagian DTA ini bertujuan untuk mempermudah dalam pengkategorian pengeringan kawasan pabrik. Luasan dari setiap DTA dapat dilihat pada tabel IV.22 dan lokasi DTA bisa dilihat pada gambar IV.21. Khusus untuk DTA tambahan merupakan daerah perumahan yang mengalirkan air ke saluran DTA “A” dan DTA “G” yang dapat berpengaruh pada tambahan debit di DTA “A” dan “G”.



**Gambar IV. 18 Peta Citra Kawasan Pabrik RMI**

*Sumber : Google Earth ©2019*



**Gambar IV. 19 Pembagian DTA pabrik RMI**

*Sumber : Pihak RMI*



Luasan dari setiap Daerah Tangkapan Air pada pabrik RMI ini ialah sebagai berikut.

**Tabel IV.22 Luas per DTA pabrik Gula Rejoso**

<b>DTA</b>	<b>Luas (m2)</b>
A	417,070
B	11,043
C	38,567
D	20,497
E	16,490
F	31,625
G	138,307
H	62,310
<b>Total</b>	<b>735,909</b>

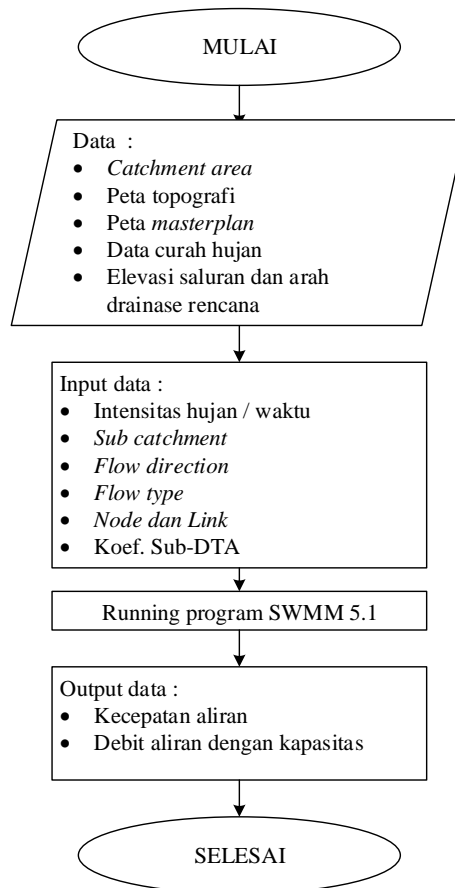
*Sumber: Pihak RMI*

#### **4.6 Pemodelan Drainase Dengan SWMM 5.1**

##### **4.6.1 Tinjauan Umum**

Storm Water Management Model – EPA (EPA-SWMM) adalah model simulasi limpasan hujan dinamis yang digunakan untuk simulasi kejadian tunggal atau jangka panjang (berkelanjutan) kuantitas dan kualitas limpasan dari daerah perkotaan. Komponen limpasan dari SWMM beroperasi pada kumpulan daerah *sub catchment* yang menerima hujan dan menghasilkan limpasan dan beban polutan (Modul EPA SWMM 5.1 ver.indonesia). Dalam memodelkan drainase SWMM memiliki beberapa tahapan pengerjaan yaitu input data, proses dan output data yang terdapat pada gambar IV.17

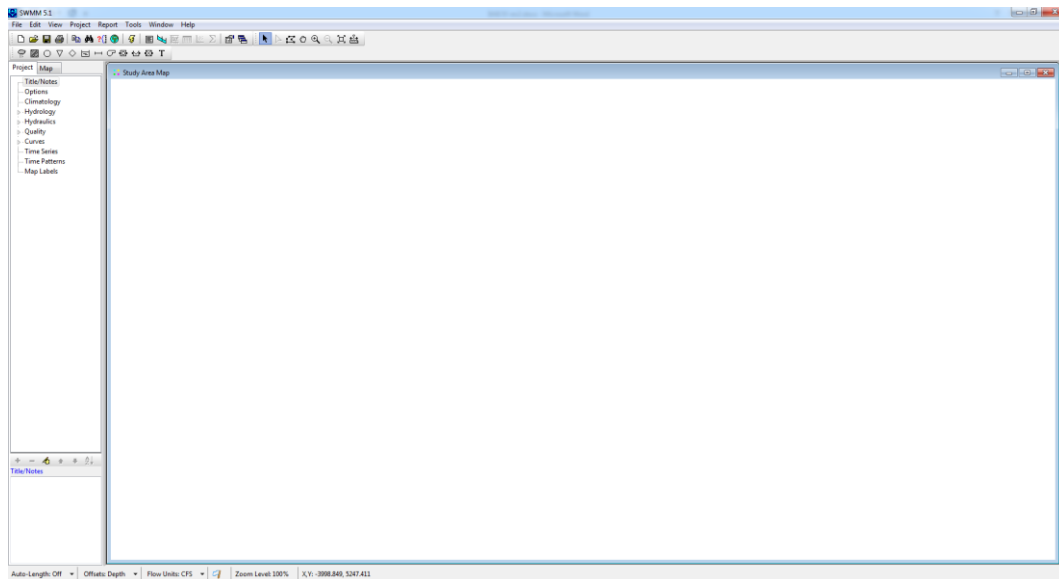




**Gambar IV. 20 Diagram alur simulasi dengan SWMM**

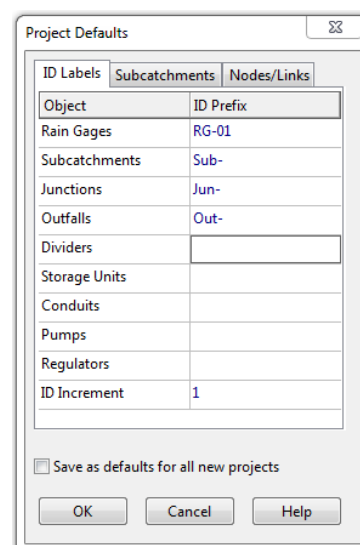
#### **4.6.2 Tahapan Awal**

Dalam tahapannya SWMM pada umumnya hampir sama fungsinya seperti Autodesk AutoCad Civil 3D Storm and Sanitary Analysis namun yang membedakan ialah civil 3d support dengan file Shp pada autocad. Berikut ini merupakan gambar tampilan utama SWMM 5.0.



**Gambar IV. 21 Tampilan awal SWMM 5.1**

*Sumber: Screenshot pada Software SWMM 5.1*



**Gambar IV. 22 Default project**

*Sumber: Screenshot pada Software SWMM 5.1*

Hal yang pertama yang harus diperhatikan ialah default yang berada pada menu project kemudian Default. Penulis menggunakan ID object sebagai berikut.

1. Rain Gage dengan “RG-”
2. Sub catchment dengan “Sub-”
3. Junction dengan “Jun-”
4. Outlet dengan “Out-”

ID Increment = “1”. Nilai ini akan menjadi interval setiap input element.

### 4.6.3 Input Data

Input data dalam analisis ini ialah sebagai berikut.

#### 1. Distribusi hujan dari persentase

Dalam SWMM terdapat fitur untuk mengatur data hujan yang akan di input yaitu time series yang dimana isinya ialah data persentase hujan selama selama 6 jam atau hujan efektif di wilayah tersebut .

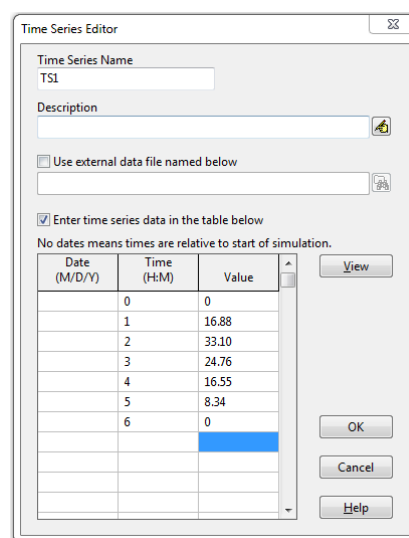
#### 2. Peta masterplan yang telah di digitasi

Peta yang diinputkan ke dalam SWMM merupakan peta yang telah di digitasi sebelumnya dalam ArcGis agar SWMM dapat membaca kordinat dari tiap pixel gambar tersebut.

**Tabel IV.23 Data curah hujan 6 jam**

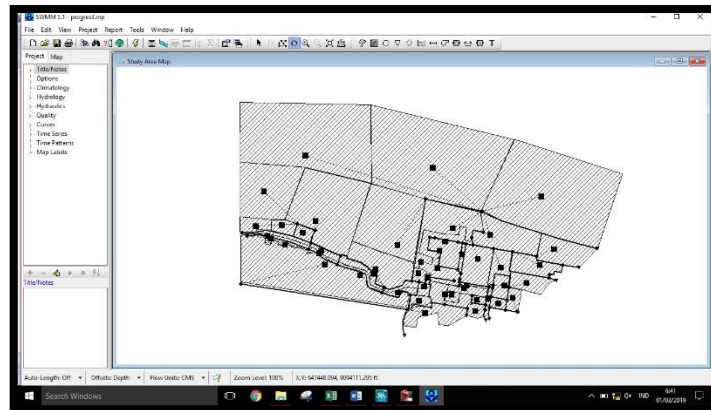
Perioda ulang	Curah hujan	Nisbah Jam ke- (%)						Jam ke-					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
2	90,40	17%	33%	25%	17%	8%	0%	0,00	30,13	22,54	15,07	7,59	0,00
5	99,31	17%	33%	25%	17%	8%	0%	16,88	33,10	24,76	16,55	8,34	0,00
10	103,98	17%	33%	25%	17%	8%	0%	16,88	34,66	25,93	17,33	8,73	0,00
25	107,79	17%	33%	25%	17%	8%	0%	16,88	35,93	26,88	17,97	9,05	0,00
50	112,14	17%	33%	25%	17%	8%	0%	16,88	37,38	27,96	18,69	9,42	0,00
100	115,11	17%	33%	25%	17%	8%	0%	16,88	38,37	28,70	19,19	9,67	0,00

*Sumber: Hasil perhitungan*



**Gambar IV. 23 Input Time Series**

*Sumber: Hasil potongan Screenshoot*



**Gambar IV. 24 Pembagian SubDTA Kawasan Industri**

*Sumber: Hasil potongan Screenshoot*

Setelah pembagian subDTA langkah selanjutnya pendefinisian subDTA. Input define pada sub DTA bisa dilihat pada gambar IV.22.

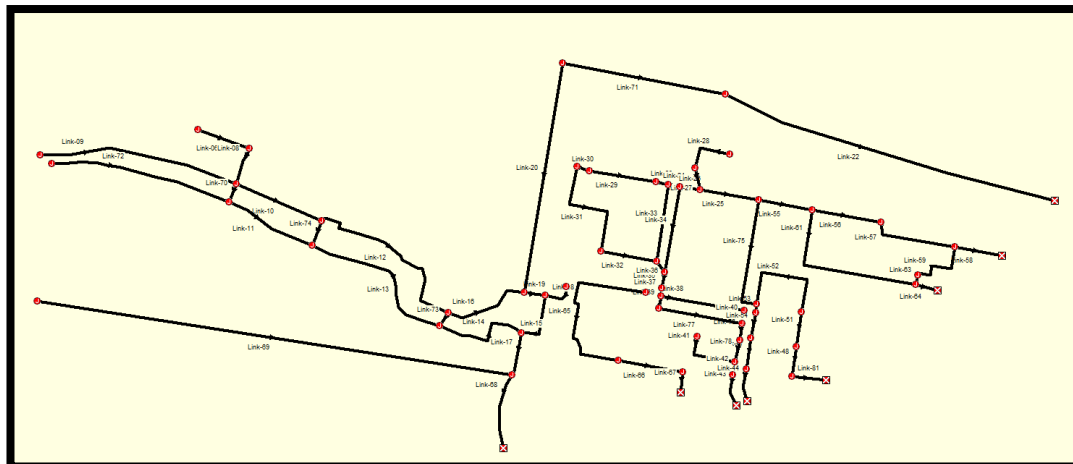
Subcatchment Sub-44	
Property	Value
Tag	
Rain Gage	RG-01
Outlet	Jun-20
Area	15.868189
Width	150
% Slope	0.5
% Imperv	25
N-Imperv	0.3
N-Perv	0.1
Dstore-Imperv	2.00
Dstore-Perv	5.00
%Zero-Imperv	25
Subarea Routing	OUTLET
Percent Routed	100
Infiltration Data	CURVE_NUMBER
Groundwater	NO
Area of subcatchment (ha)	

**Gambar IV. 25 Define Subcatchment**

*Sumber: Hasil potongan Screenshoot*

Curve number merupakan nilai yang telah di tentukan oleh *SCS Curve Number* sesuai dengan parameter kelas tanah dan jenis tutupan lahan. Nilai tersebut terdapat pada lampiran IV.2.

Saluran (link) yang di inputkan merupakan hubungan antara *junction* ke *junction* atau *junction* ke *outfall/outlet*. Adapun ID atau nama link bisa dilihat pada gambar IV.26



Gambar IV. 26 Link saluran drainase

#### 4.6.4 Desain Drainase

Dalam merencanakan desain drainase perlu diperhatikan kebutuhan drainase dan kondisi di lapangan seperti kontur permukaan tanah, koefisien pengaliran, dan intensitas hujan yang dan  $T_c$  atau *Time concentration* permukaan. Penentuan penampang basah saluran optimal ditujukan untuk mendapatkan air yang diliwatkan maksimum ( $Q_{maks}$ ) dan kecepatan mencukupi untuk mengalirkan air limpasan ke pembuangan (Tabel IV.23).

Tabel IV.24 Izin kecepatan rencana (maximum)

Jenis Bahan	Kecepatan aliran yang diizinkan (m/s)
Tanah	0.7
Pasangan batu kali	2
Beton	3

Sumber: Lampiran 11 Kepmen PU No.12-PRT-M-2014

#### 4.6.5 Pemilihan Tipe dan Bahan saluran

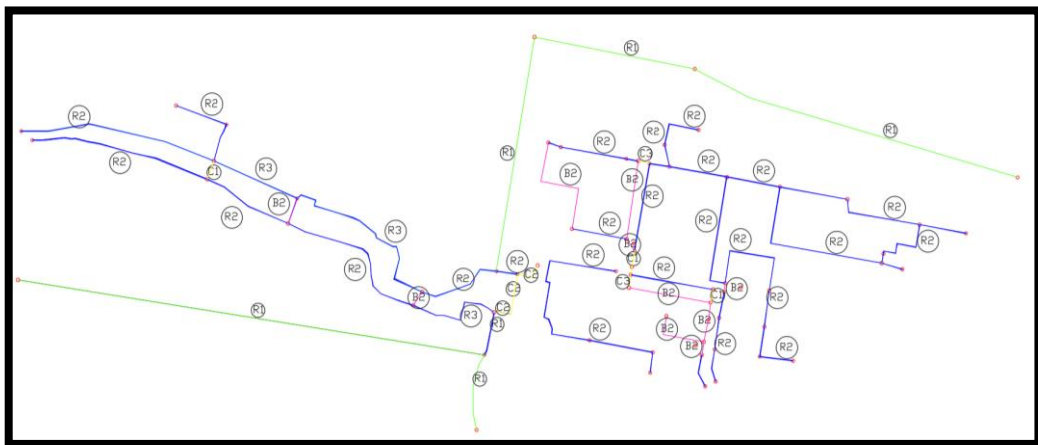
Dalam pemilihan bahan perkerasan dan tipe penampang saluran penulis menggunakan parameter metode perbandingan terlampir pada lampiran IV.3. Dengan penilaian utama sebagai berikut.

1. Waktu pembuatan
2. Biaya
3. Mutu/kualitas

Dari hasil penilaian penulis menggunakan tipe saluran trapesium dan persegi dimana kapasitas dan kecepatan dinilai baik untuk mengalirkan di saluran terbuka. Untuk saluran tertutup penulis menggunakan *box culvert* dan lingkaran karena lebih efektif dan tersedia dalam *precast*.

#### 4.6.6 Penggunaan Desain Tipe Saluran


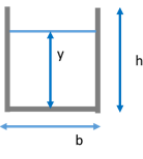
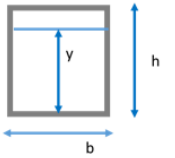
Penggunaan tipe saluran yang di desain merupakan hasil pertimbangan kelebihan dan kekurangan masing-masing yang terdapat pada lampiran IV.3 dan hasil dari pertimbangan tersebut penulis menyarankan menggunakan bahan beton untuk setiap saluran karena bisa menampung dan memiliki batas meksimum kecepatan lebih dari bahan lainnya.



Gambar IV. 27 Tipe saluran yang digunakan

Sumber: potongan screenshot

Tabel IV.25 Tipe Saluran yang digunakan

No	Tipe saluran	Bentuk	Simbol	Dimensi
1	Lingkaran		C1	Diameter: 1,5m
			C2	Diameter: 1,5m
			C3	Diameter: 1m
2	Persegi panjang		R1	Lebar: 2m Tinggi: 1m
			R2	Lebar: 1,5m Tinggi: 0,75m
			R3	Lebar: 1m Tinggi: 0,5m
3	Box culvert		B1	Lebar: 1m Tinggi: 1m

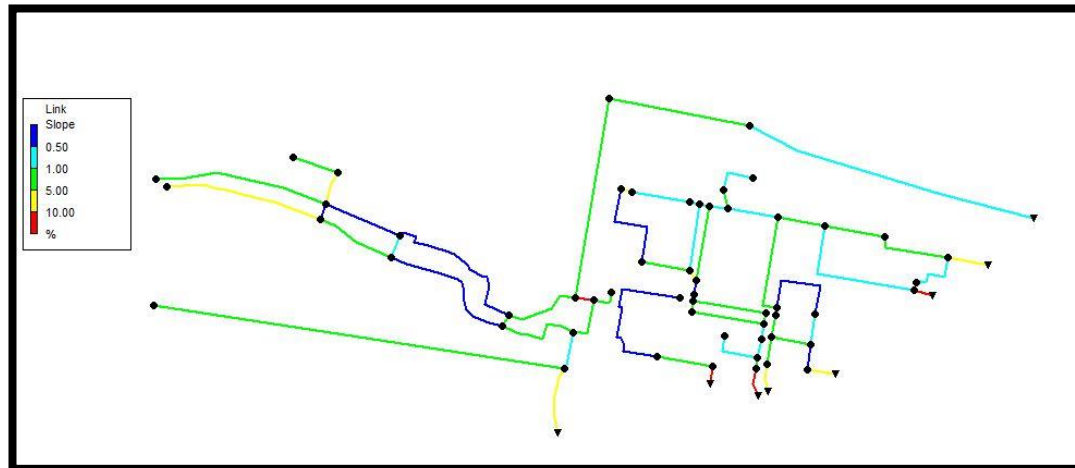
#### 4.6.7 Analisis Kemiringan (Slope)

Kemiringan atau slope dapat mempengaruhi dari kecepatan aliran air ( $V$ ) dan tentunya debit ( $Q$ ) dimana jika nilai slope tinggi maka kecepatan akan bertambah dan akan berdampak pada gerusan atau erosi penampang sehingga penampang perlu *maintenance* lebih agar penampang dapat mengalirkan air secara optimal. Pada kawasan pabrik RMI sendiri kategori slope pada saluran bisa dilihat gambar IV.25.

Disamping itu pula jika desain penampang dengan nilai *slope* rendah akan mengakibatkan debit layan atau kapasitas saluran menurun sehingga perlu rekayasa pada saluran.

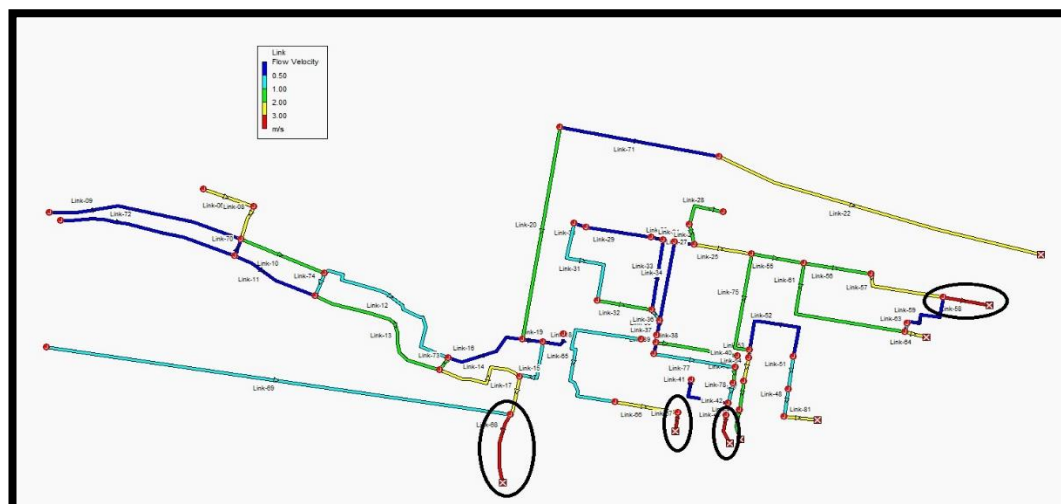
Rekayasa yang digunakan ialah pematah arus, tujuan utamanya ialah agar dengan ukuran penampang yang sama dan nilai slope yang sama namun minim akan gerusan. Pada pabrik RMI sendiri perlu adanya rekayasa saluran ini dengan

pematah arus pada link/saluran zona tertentu yang memiliki kecepatan aliran  $>3\text{m/s}$  pada gambar IV.26.



**Gambar IV. 28 Slope saluran**

*Sumber: hasil analisis dengan SWMM*

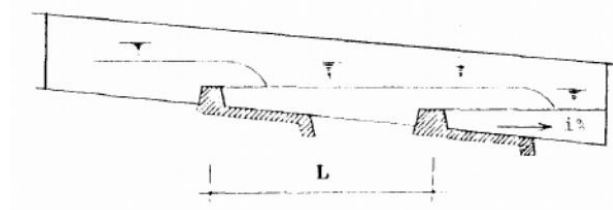


**Gambar IV. 29 Kecepatan aliran**

*Sumber: hasil analisis dengan SWMM*

Dari gambar IV.26 terlihat setiap *Outlet* berwarna merah yakni link 68, 67, 43 dan 58 artinya mengalami kecepatan kritis atau lebih dari 3 m/s, saluran harus menggunakan pematah arus karena berpengaruh terhadap kecepatan aliran (gambar IV.24). pematah arus yang digunakan ialah menggunakan L per 6 m sesuai peraturan pada petunjuk desain drainase permukaan jalan (gambar IV.26)



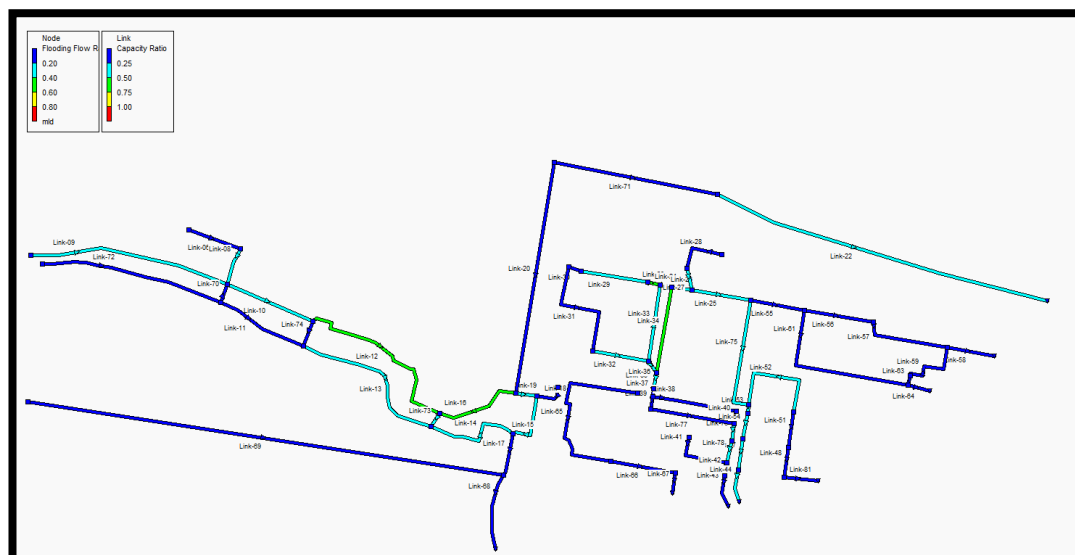


**Gambar IV. 30 Pematah arus**

*Sumber: Petunjuk Drainase permukaan jalan no.008/T/BNKT/1990*

#### 4.6.8 Kapasitas Saluran Terhadap Aliran

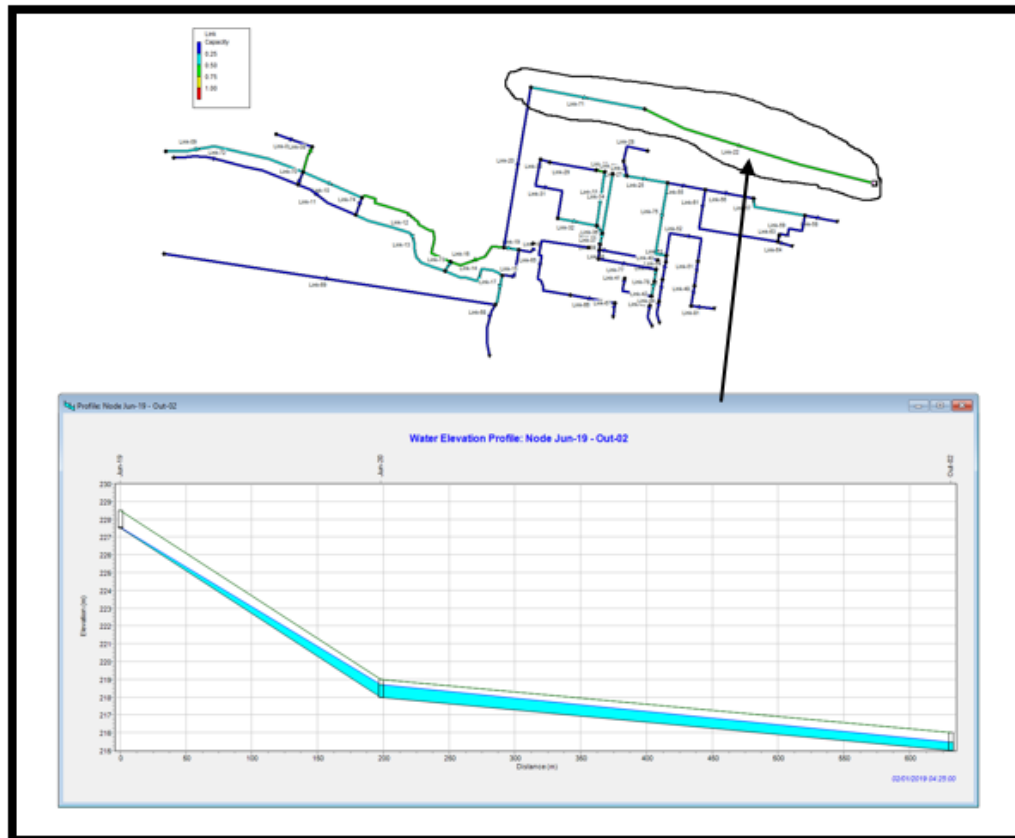
Setelah melakukan pemilihan tipe dan bahan saluran kemudian diterapkan pada tiap *link* maka analisis selanjutnya ialah analisis kapasitas dan banjir, dimana debit air berasal dari limpasan tiap sub-sub DTA.



**Gambar IV. 31 Hasil analisis kapasitas**

*Sumber: Hasil Analisis menggunakan SWMM 5.1*

Terlihat bahwa setiap saluran tidak ada saluran yang airnya melebihi kapasitas saluran, artinya air tidak akan meluap keluar dari saluran dan setiap *junction* tidak terdapat point yang menunjukkan *flooding* atau banjir. Contoh aliran terhadap kapasitas ialah sebagai berikut.



Gambar IV.32 Sample penampang memanjang drainase

#### 4.7 Hasil Akhir

Dari hasil analisis didapat bahwa :

1. Hasil analisis intensitas hujan tertinggi di dapat dengan kedalaman hujan 37,37 mm pada jam pertama di periode ulang 25 tahun.
2. Hasil analisis penampang persegi dengan ukuran 1,5, 1 dan 0,5 cukup optimal dalam menampung aliran air limpasan permukaan tanpa adanya luapan air berlebih.
3. *Backwater* atau aliran balik tidak terjadi pada saluran menuju outfall karena outfall berada pada elevasi di atas permukaan air sungai pada periode ulang 25 tahun.
4. Pematah arus diperlukan pada saluran/*link* 67, 68, 43 dan 58 dimana ketiganya memiliki kecepatan aliran  $>3$  m/s.