

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Hidrologi

Dalam memperkirakan pengaruh kejadian hujan terhadap suatu daerah dapat dilakukan dengan analisis kejadian hujan. Analisis kejadian hujan dapat dilakukan dengan terlebih dahulu mengetahui siklus hujan pada suatu daerah, menentukan kawasan pengaruh hujan dan untuk menentukan berapa besar curah hujan rencana, intensitas hujan, koefisien limpasan dan dilakukan perhitungan besaran debit pengaliran.

Analisa hidrologi merupakan data awal yang sangat penting dalam analisa selanjutnya yaitu sebagai data utama untuk menentukan besarnya limpasan permukaan pada lokasi studi. Analisa hidrologi yang akan dikaji adalah meliputi :

- 1) Uji Konsistensi Data,
- 2) Perhitungan Curah Hujan Rancangan dengan metode Log Pearson Type III,
- 3) Uji Distribusi Frekuensi yaitu dengan Chi-Square dan Smirnov Kolmogorof,
- 4) Intensitas hujan selama durasi waktu hujan setiap kala ulang.
- 5) Perhitungan kedalaman hujan jam-jaman rencana.

4.1.1. Uji konsistensi

Uji konsistensi berarti menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pengiriman atau saat pengukuran, data tersebut harus betul-betul menggambarkan fenomena hidrologi seperti keadaan sebenarnya di lapangan. Karena di dalam studi ini hanya menggunakan satu stasiun hujan sehingga langsung pemeriksaan *Outlier* (data di luar ambang batas).

4.1.1.1 Uji *Outlier*

Outlier adalah data yang menyimpang cukup jauh dari trend kelompoknya. Keberadaan *outlier* biasanya dianggap mengganggu pemilihan jenis distribusi suatu sample data, sehingga *outlier* ini perlu dibuang. Uji Grubbs dan Beck menetapkan dua batas ambang X_L dan X_H . Data hujan dari masing-masing stasiun diurutkan dari yang terbesar terlebih dahulu. Perhitungan uji *outlier* ditampilkan pada tabel 4.1. sampai dengan tabel 4.2.

Berikut langkah perhitungan uji *Outlier* stasiun hujan Kedungkandang:

- Stdev log x (S) = 0,124
- Mean log x (Xr) = 2,045

- $XH = X_r - K_n.S$
 $= 2,045 - 2,036 \times 0,124$
 $= 1,792$
- $XL = X_r + K_n.S$
 $= 2,045 + 2,036 \times 0,124$
 $= 2,298$
- Untuk menghitung nilai XH dan XL diperlukan nilai K_n , nilai K_n didapat dari tabel pada sub Bab 2 Tinjauan Pustaka.
- Nilai ambang atas = antilog $XH = 61,967$
- Nilai ambang bawah = antilog $XL = 198,434$,
- Maka ada data yang harus dihilangkan yakni data hujan pada tahun 2003.

Tabel 4.1. Curah hujan maksimum harian Stasiun Kedungkandang yang telah diurutkan

Tahun	Tanggal	Curah Hujan Maksimum Harian	Rangking Data		
		(mm)	Tahun	Tanggal	Curah Hujan Maksimum Harian (mm)
2002	24 Desember	111	2003	29 Desember	199
2003	29 Desember	199	2008	9 Desember	145
2004	12 Desember	108	2007	26 Desember	125
2005	26 Desember	82	2010	8 Nopember	125
2006	21 Desember	82	2002	24 Desember	111
2007	26 Desember	125	2004	12 Desember	108
2008	9 Desember	145	2011	24 Nopember	91
2009	24 Februari	85	2005	26 Desember	85
2010	8 Nopember	125	2009	24 Februari	82
2011	24 Nopember	91	2006	21 Desember	82

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.2. Uji *Outlier* Stasiun Kedungkandang

No	Tahun	Tanggal	Curah Hujan Maksimum Harian (X)	Log(X)
			(mm)	
1	2008	9 Desember	145	2,161
2	2007	26 Desember	125	2,097
3	2010	8 Nopember	125	2,097
4	2002	24 Desember	111	2,045
5	2004	12 Desember	108	2,033
6	2011	24 Nopember	91	1,959
7	2005	24 Februari	85	1,929
8	2009	26 Desember	82	1,914
9	2006	21 Desember	82	1,914

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.2. Perhitungan Curah Hujan Rancangan Log Pearson Tipe III

Tahapan-tahapan perhitungan curah hujan rancangan menggunakan metode Log Pearson tipe III, adalah sebagai berikut:

- Mengurutkan data curah hujan rerata pada Tabel 4.3 dari nilai terbesar ke terkecil.
- Menghitung nilai rerata curah hujan dalam logaritma pada Tabel 4.4, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\overline{\log x} &= \frac{1}{9} (\log 145 + \log 125 + \dots + \log 82) \\ &= 2,017 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Menghitung simpangan baku (S) dan koefisien kepengcengan (Cs) sebagai berikut:

- Simpangan baku (S)

$$\begin{aligned}&= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{(0,021) + (0,006) + \dots + (0,011)}{(9-1)}} \\ &= 0,092\end{aligned}$$

- Koefisien kepengcengan (Cs)

$$\begin{aligned}&= \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)(S)^3} \\ &= 9 \times \frac{((0,003030) + (0,000517) + \dots + (-0,001088))}{(9-1) \times (9-2) \times (0,092)^3} \\ &= 0,222\end{aligned}$$

Tabel 4.3. Curah hujan maksimum setelah diuji *outlier* yang telah diurutkan

No	Tahun	Tanggal	CH. MAKS. (mm)
1	2008	9 Desember	145
2	2007	26 Desember	125
3	2010	8 Nopember	125
4	2002	24 Desember	111
5	2004	12 Desember	108
6	2011	24 Nopember	91
7	2009	24 Februari	85
8	2005	26 Desember	82
9	2006	21 Desember	82

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4. Perhitungan Log Pearson Type III

No	Tahun	CH Maks Harian (X)	Log(X)	(Log X-Log Xrt) ²	(Log X-Log Xrt) ³
		(mm)			
1	2008	145	2,161	0,021	0,003030
2	2007	125	2,097	0,006	0,000517
3	2010	125	2,097	0,006	0,000517
4	2002	111	2,045	0,001	0,000024
5	2004	108	2,033	0,000	0,000005
6	2011	91	1,959	0,003	-0,000191
7	2005	85	1,929	0,008	-0,000664
8	2009	82	1,914	0,011	-0,001088
9	2006	82	1,914	0,011	-0,001088
Jumlah			18,150	0,067	
Rerata			2,017		
Standar Deviasi (S)			0,092		
Koef. Kemencengan (Cs)			0,222		

Sumber : Hasil Perhitungan

- d. Menghitung besarnya curah hujan rancangan untuk kala ulang yang telah ditentukan, dengan memasukkan harga rerata log X, yaitu sebesar 2,017 dan nilai G diperoleh dari tabel (untuk kala ulang 5 tahun dan Cs = 0,222, nilai G adalah 0,829), serta nilai S = 0,092 ke dalam perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{e. } \log X_T &= \overline{\log x} + (G \times S) \\
 &= 2,017 + (0,829 \times 0,092) \\
 &= 2,093 \\
 X_T &= 123,74 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.5. berikut:

Tabel 4.5. Perhitungan Curah hujan Rancangan

No	Periode Kala Ulang (T)	G	Harga Ekstrapolasi (Xt) (mm)
	(Tahun)		
1	2	-0,037	103,111
2	5	0,829	123,740

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.3. Uji Distribusi Frekuensi

Untuk mengetahui apakah pemilihan distribusi yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rancangan diterima atau ditolak, maka perlu dilakukan uji

kesesuaian distribusi. Uji ini dilakukan secara horisontal dengan menggunakan Metode Smirnov Kolmogorof dan vertikal dengan menggunakan Metode Chi Square.

4.1.3.1. Uji Smirnov Kolmogorof

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menghitung peluang empiris dengan memasukkan nomor data, mulai dari data terkecil sampai data terbesar dengan persamaan :

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

Contoh pada nomor urut 5 :

$$\begin{aligned} P &= \frac{m}{n+1} \times 100\% \\ &= \frac{5}{9+1} \times 100\% \\ &= 50\% \\ &= 0,500 \end{aligned}$$

2. Mencari nilai log dari data hujian rerata

$$\log 108 = 2,033$$

3. Menghitung nilai G dengan persamaan :

$$\begin{aligned} \log x &= \overline{\log x} + (G \times Si) \\ G &= \left(\frac{\log x - \overline{\log x}}{Si} \right) \\ &= \left(\frac{2,033 - 2,017}{0,092} \right) = 0,183 \end{aligned}$$

4. Mencari harga Pr melalui Tabel Distribusi Pearson III, didapat nilai Pr = 69,559%

5. Menghitung nilai P(x) dengan persamaan :

$$\begin{aligned} P(x) &= \left(\frac{100 - Pr}{100} \right) \\ &= \left(\frac{100 - 69,559}{100} \right) = 0,304 \end{aligned}$$

6. Menghitung selisih Pe dan Pt dengan persamaan :

$$\begin{aligned} \Delta &= |Pe(x) - Pt(x)| \\ &= |0,50 - 0,304| = 0,196 \end{aligned}$$

7. Mencari nilai Δ_{Cr} kemudian dibandingkan dengan Δ_{maks} , diperoleh Δ_{Cr} untuk $\alpha = 5\%$ adalah 0,432 dan Δ_{maks} adalah 0,196. Karena $\Delta_{maks} < \Delta_{Cr}$, maka data dapat diterima. Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6. Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorof

No	X	Pe(X)	Log X	G	Pr	P(x)	[Pe(x) - P(x)]	
1	82	0,100	1,914	-1,124	89,460	0,105	0,005	
2	82	0,200	1,914	-1,124	89,460	0,105	0,095	
3	85	0,300	1,929	-0,953	58,259	0,417	0,117	
4	91	0,400	1,959	-0,630	70,122	0,299	0,101	
5	108	0,500	2,033	0,183	69,559	0,304	0,196	
6	111	0,600	2,045	0,313	35,380	0,646	0,046	
7	125	0,700	2,097	0,877	45,444	0,546	0,154	
8	125	0,800	2,097	0,877	18,481	0,815	0,015	
9	145	0,900	2,161	1,581	4,483	0,955	0,055	
Jumlah			18,150				Dmax	0,196
xrerata			2,017					
stdev			0,092					
skew			0,222					

Sumber : Hasil Perhitungan

Uji Smirnov Kolmogorof

Data : 9
 Signifikansi : 5 %
 D Kritis : 0.432 %
 D Maksimum : 0.196 %
Kesimpulan : Diterima

Tabel 4.7. Rekapitulasi Uji Smirnov Kolmogorof

α	Δ_{kritis}	Δ_{max}	Ket
0.2	0,346	0,196	Diterima
0.1	0,398	0,196	Diterima
0.05	0,440	0,196	Diterima
0.01	0,526	0,196	Diterima

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan : $D_{kritis} > D_{max}$ maka distribusi Log Pearson yang digunakan dapat diterima.

4.1.3.2. Uji Chi – Square

Uji ini digunakan untuk uji kesesuaian vertikal dari data. Uji ini didasarkan pada perbedaan nilai ordinat teoritis dan ordinat empiris.

$$X^2_{hit} = \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Dengan :

X^2_{hit} : harga Chi – Square

O_i : ordinat empiris

E_j : ordinat teoritis

Dengan persamaan diatas, maka urutan pengerjaannya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan banyak kelas dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Banyak kelas} &= 1 + 3,22 \log n \\ &= 1 + 3,22 \log 9\end{aligned}$$

$$\text{Banyak kelas} = 4,168 \approx 4 \text{ dengan } n \text{ adalah jumlah data}$$

2. Menentukan batas kelas dengan memasukkan nilai S yaitu 0,092 dan C_s yaitu 0,222 ke dalam persamaan berikut:

$$\log x_i = \overline{\log x} + (G \times S_i)$$

Dengan nilai G untuk $P = 75\%$ adalah -0,736, maka:

$$\begin{aligned}\log x &= 2,017 + (-0,736 \times 0,092) \\ &= 1,949\end{aligned}$$

$$x = 88,989 \text{ mm}$$

3. Menghitung frekuensi yang diharapkan (E_j) dengan perhitungan sebagai berikut:

$$E_j = \frac{n}{k} = \frac{9}{4} = 2,5$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.8. berikut:

Tabel 4.8. Perhitungan Uji Chi – Square

NO	PROBABILITY (P)	EXPECTED FREQUENCY (Ef)	OBSERVED FREQUENCY (Of)	Ef - Of	$\frac{(Ef - Of)^2}{Ef}$
1	0-88,989	2,250	3	0,750	0,250
2	88,989-100,927	2,250	1	1,250	0,694
3	100,927-118,499	2,250	2	0,250	0,028
4	< 118,499	2,250	3	0,750	0,250
Jumlah		9,00	9,00		1,22

Sumber : Hasil Perhitungan

Sehingga diperoleh :

- $x^2_{hitung} = 1,22$

Dari tabel Chi Square, dengan $\alpha = 5\%$ diperoleh $x^2_{cr} = 16,919$. Nilai $x^2_{hitung} < x^2_{cr}$, dapat diambil kesimpulan bahwa data memenuhi uji Chi Square.

4.1.4. Intensitas hujan

Sebagai data input untuk menghitung distribusi hujan jam - jaman dibutuhkan besar intensitas hujan masing-masing kala ulang yang disimulasikan dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

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

Dengan :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum selama 24 jam (mm)

t = lamanya hujan (jam)

Contoh perhitungan intensitas hujan kala ulang 2 tahun sebagai berikut:

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

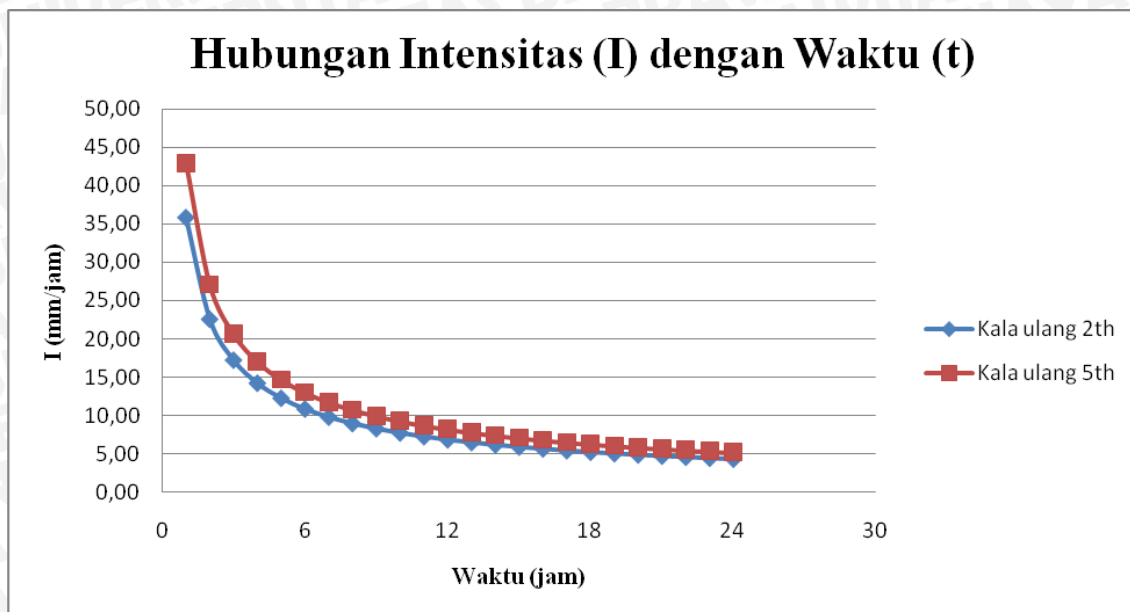
$$I = \frac{103,111}{24} \left(\frac{24}{5} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 12,225 \text{ mm/jam}$$

Tabel 4.9. Perhitungan intensitas hujan

Periode Ulang	Intensitas (I)	
	2 th	5 th
R_t (mm)	103,111	123,740
T	(mm/jam)	(mm/jam)
1	35,746	42,898
2	22,518	27,024
3	17,185	20,623
4	14,186	17,024
5	12,225	14,671

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.1. Grafik Intensitas Hujan
Sumber: Hasil Perhitungan

4.1.5. Alternating Block Method (ABM)

Alternating block method (ABM) adalah cara sederhana untuk membuat hietograf rencana dari kurva intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF) (Chow et al., 1988). Hasil *Alternating block method* (ABM) ini nanti yang dijadikan sebagai masukan data hujan di SIMODAS.

Tahapan untuk menghitung distribusi hujan jam-jaman dengan metode *Alternating block method* (ABM) adalah sebagai berikut (Triatmojo, 2010 : 271):

Contoh perhitungan kedalaman hujan jam-jaman kala ulang 2 tahun sebagai berikut:

1. Menentukan durasi hujan (T_d), dalam hal ini durasi hujan adalah 5 jam, dan interval waktu hujan (Δt) adalah 1 jam untuk daerah studi.
2. Menghitung intensitas hujan dengan rumus mononobe yang sudah dihitung sebelumnya. (hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.9)
3. Menghitung kedalaman hujan, yaitu dengan perkalian antara intensitas hujan dengan durasi hujan (T_d) yang sudah ditentukan:

pada jam ke satu:

$$\begin{aligned}
 &= I \times T_d \\
 &= 35,747 \times 1 \\
 &= 35,747 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

pada jam ke tiga:

$$\begin{aligned} &= I \times T_d \\ &= 17,185 \times 3 \\ &= 51,556 \text{ mm} \end{aligned}$$

pada jam ke lima:

$$\begin{aligned} &= I \times T_d \\ &= 12,225 \times 5 \\ &= 61,126 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Menghitung pertambahan hujan atau kedalaman hujan jam-jaman, yaitu selisih kedalaman hujan yang berurutan:

pada jam ke satu: 35,747 mm

pada jam ke dua: $45,038 - 35,747 = 9,291$ mm

pada jam ke tiga: $51,556 - 45,038 = 6,518$ mm

pada jam ke lima: $61,126 - 56,744 = 4,382$ mm

5. Menghitung pertambahan hujan atau kedalaman hujan jam-jaman dalam persen:

pada jam ke satu: $(35,747/61,126) \times 100 \% = 58,480 \%$

pada jam ke tiga: $(51,556/61,126) \times 100 \% = 10,663 \%$

pada jam ke lima: $(61,126/61,126) \times 100 \% = 7,168 \%$

6. Mengurutkan pertambahan hujan atau kedalaman hujan jam-jaman dalam persen dengan kedalaman hujan jam-jaman dalam persen terbesar yakni 58,480 % berada pada tengah-tengah durasi hujan pada jam ke-3 dan kedalaman hujan jam-jaman dalam persen sisanya disusun dalam urutan menurun secara bolak-balik pada kanan dan kiri dari blok tengah.

7. Menghitung kedalaman hujan jam-jaman dalam mm, dengan cara mengalikan kedalaman hujan jam-jaman dalam persen yang sudah diurutkan dengan hujan rancangan untuk kala ulang 2 tahun yaitu 103,111 mm:

pada jam ke satu: $(8,489/100) \times 103,111 = 8,753$ mm

pada jam ke tiga: $(10,663/100) \times 103,111 = 10,994$ mm

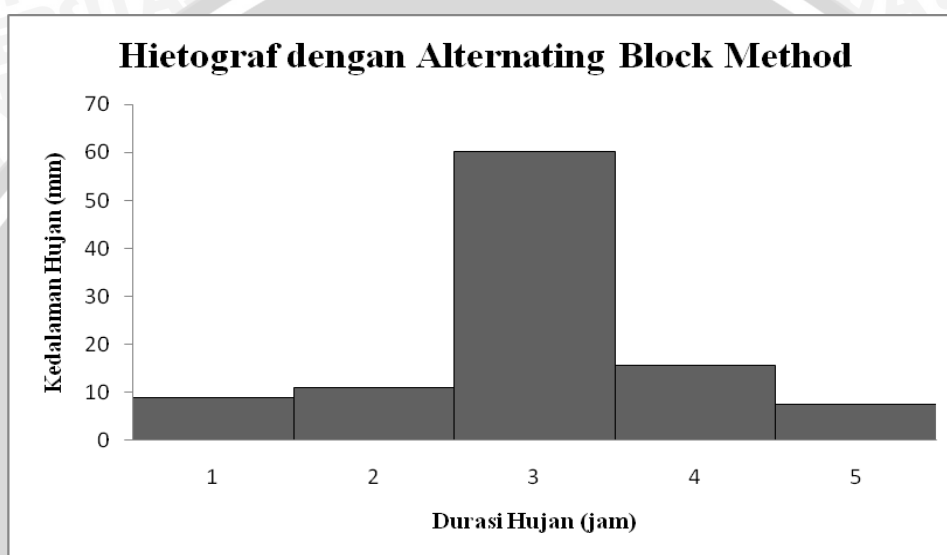
pada jam ke lima: $(58,480/100) \times 103,111 = 60,300$ mm

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.10 – 4.11 berikut:

Tabel 4.10. Perhitungan hietograf kala ulang 2 tahun dengan metode ABM

<i>Td</i> (jam)	Δt (jam)	<i>I</i> (mm/jam)	<i>I Td</i> (mm)	Δp (mm)	<i>Pt</i> (%)	hietograf	
						(%)	(mm)
1	0-1	35,747	35,747	35,747	58,480	8,489	8,753
2	1-2	22,519	45,038	9,291	15,200	10,663	10,994
3	2-3	17,185	51,556	6,518	10,663	58,480	60,300
4	3-4	14,186	56,744	5,189	8,489	15,200	15,673
5	4-5	12,225	61,126	4,382	7,168	7,168	7,391
Jumlah				61,126	100	100	103,111

Sumber: Hasil Perhitungan



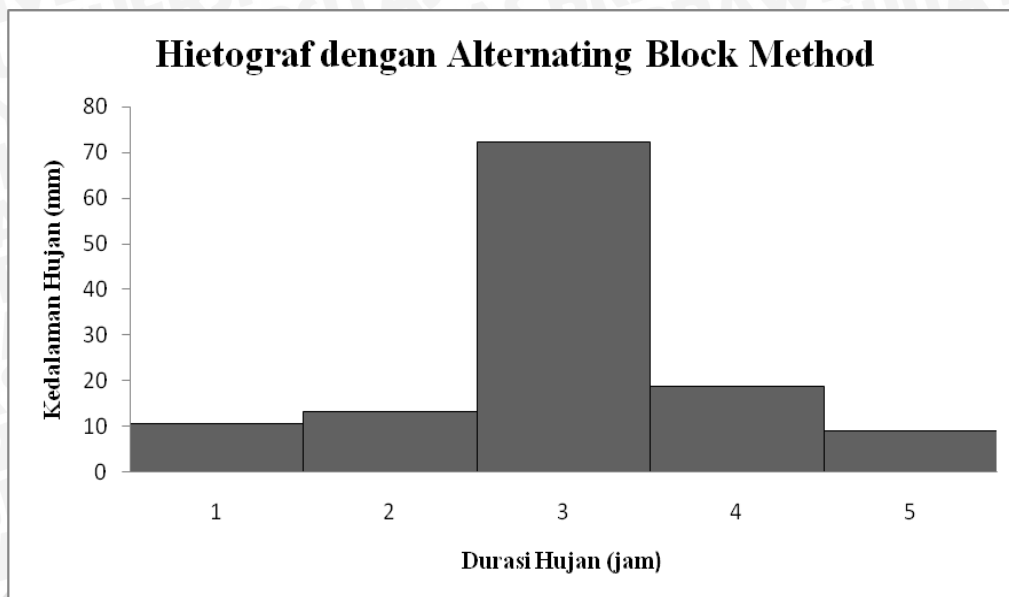
Gambar 4.2. Hietograf Kala Ulang 2 Tahun

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.11. Perhitungan hietograf kala ulang 5 tahun dengan metode ABM

<i>Td</i> (jam)	Δt (jam)	<i>I</i> (mm/jam)	<i>I Td</i> (mm)	Δp (mm)	<i>Pt</i> (%)	hietograf	
						(%)	(mm)
1	0-1	42,898	42,898	42,898	58,480	8,489	10,504
2	1-2	27,024	54,048	11,150	15,200	10,663	13,194
3	2-3	20,623	61,870	7,822	10,663	58,480	72,364
4	3-4	17,024	68,097	6,227	8,489	15,200	18,809
5	4-5	14,671	73,355	5,258	7,168	7,168	8,870
Jumlah				73,355	100	100	123,740

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.3. Hietograf Kala Ulang 5 Tahun
Sumber: Hasil Perhitungan

4.2. Karakter Tata Guna Lahan

Karakter tata guna lahan pada kawasan Jalan Danau Sentani Raya yang di analisa meliputi jenis tata guna lahan, kelompok hidrologi tanah dan nilai *Curve Number* (CN) di kawasan tersebut. Tahapan dalam pengerjaan adalah menentukan karakteristik jenis tanah dan luas tata guna lahan, menentukan nilai CN pada setiap jenis tata guna lahan tersebut dan membandingkan nilai CN dari tahun ke tahun yaitu dari tahun 2002, dan 2011 pada kawasan tersebut.

4.2.1. Menentukan jenis dan Luas Tata Guna Lahan

Pada Tahun 2002, penggunaan lahan pada kawasan Jalan Danau Sentani ini sebagian besar sudah mulai menjadi padat pemukiman. Seperti yang terlihat saat ini perubahan sangat signifikan dari tahun 2002 menuju tahun 2011. Hal ini terjadi akibat pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat yang diiringi dengan semakin banyaknya kebutuhan bangunan rumah dan fasilitas lain guna sebagai pendukung kebutuhan mereka. Penggunaan lahan di kawasan Jalan Danau Sentani Raya dapat di lihat pada tabel 4.12 - 4.14 dan gambar 4.4 – 4-5 :

Tabel 4.12 Tata Guna Lahan Kawasan Jalan Danau Sentani Tahun 2002

No.	Jenis Tata Guna Lahan	Luas (Ha)	%
1	Jalan	3,0	10,135
2	Perdagangan dan Jasa	1,2	4,054
3	Pemukiman (30% Kedap air)	6,7	22,635
4	Pemukiman (65% Kedap air)	3,6	12,162
5	Tegalan	15,1	51,014
Total		29,6	100

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.13 Tata Guna Lahan Kawasan Jalan Danau Sentani Raya Tahun 2011

No.	Jenis Tata Guna Lahan	Luas (Ha)	%
1	Jalan	4,9	16,554
2	Perdagangan dan Jasa	2,7	9,122
3	Pemukiman (30% Kedap air)	12,7	42,905
4	Pemukiman (65% Kedap air)	9,3	31,419
Total		29,6	100

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.14 Perbandingan Tata Guna Lahan Kawasan Danau Sentani Tahun 2002 dan 2011

No.	Jenis Tata Guna Lahan	Tahun			
		2002		2011	
		Luas (Ha)	(%)	Luas (Ha)	(%)
1	Jalan	3,0	10,135	4,9	16,554
2	Perdagangan dan Jasa	1,2	4,054	2,7	9,122
3	Pemukiman (30% Kedap air)	6,7	22,635	12,7	42,905
4	Pemukiman (65% Kedap air)	3,6	12,162	9,3	31,419
5	Tegalan	15,1	51,014	0	0,000
Total		29,6	100	29,6	100

Sumber: Hasil Perhitungan

4.2.2. Menentukan Kelompok Hidrologi Tanah

Di wilayah Kecamatan Kedungkandang khususnya di kawasan Jalan Danau Sentani Raya, jenis tanahnya adalah tanah aluvial dengan ciri sebagai berikut:

- sifat kelulusan air sedang,
- mempunyai warna kelabu kehitaman,

- mempunyai konsistensi keras waktu kering dan teguh pada waktu lembab,
- tekstur tanahnya berbutir sedang.

Dari penjelasan di atas dapat di tentukan jenis tanah aluvial termasuk kedalam kelompok jenis tanah pada Kelompok B. Peta jenis tanah lokasi studi dapat dilihat pada gambar 4.6.

4.2.3. Menentukan Nilai *Curve Number* (CN)

Nilai *Curve Number* (CN) dipengaruhi oleh penutupan lahan, dan tekstur tanah. Berikut nilai *Curve Number* (CN) pada kawasan Jalan Danau Sentani Raya berdasarkan penggunaan lahan tahun 2002 dan 2011 pada tabel 4.15 – 4.16 :

Tabel 4.15 Nilai *Curve Number* (CN) Kawasan Jalan Danau Sentani Tahun 2002

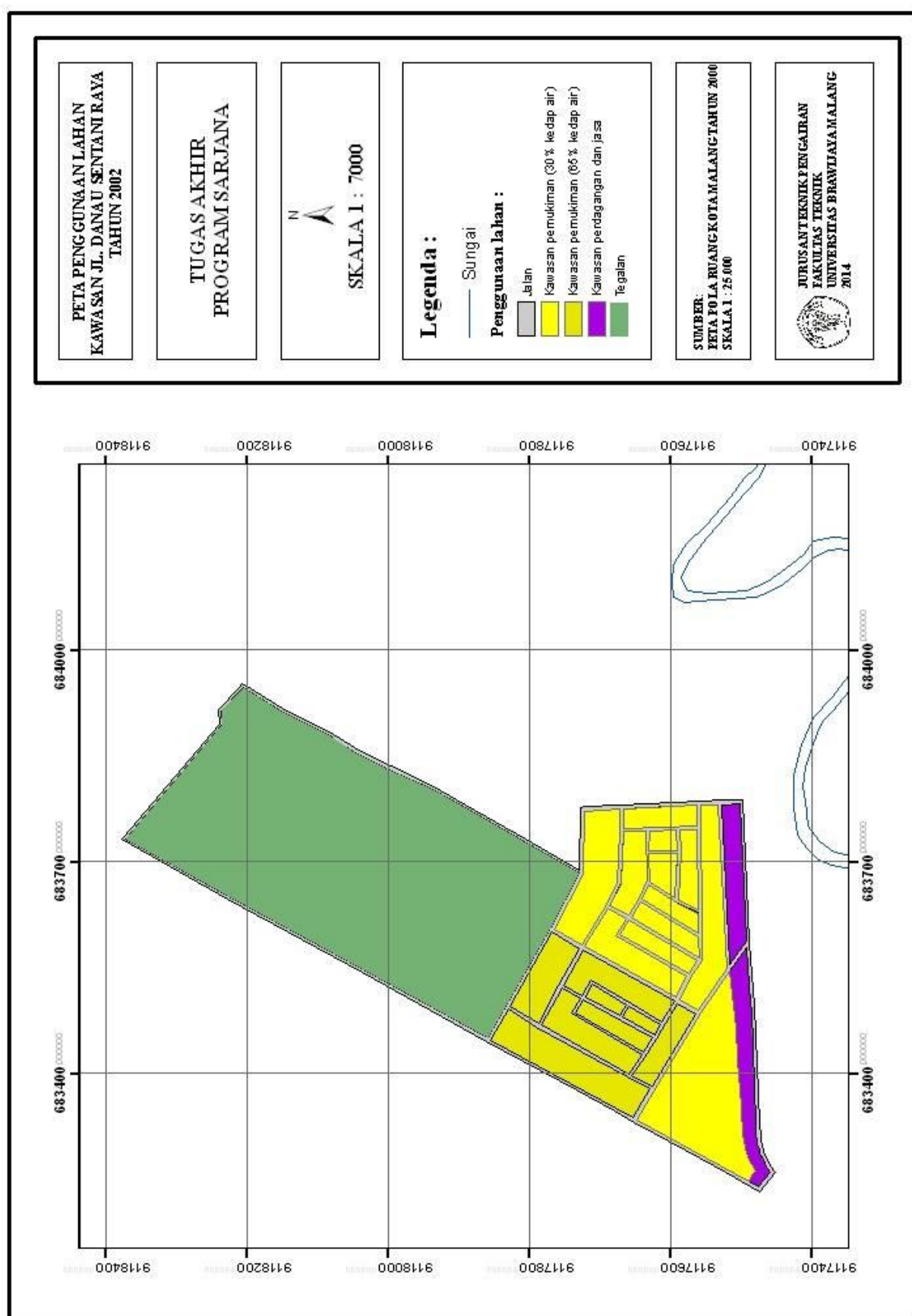
No.	Jenis Tata Guna Lahan	Kelompok Hidrologi Tanah	
		B	
		Luas (Ha)	CN
1	Jalan	3,0	98
2	Perdagangan dan Jasa	1,2	94
3	Pemukiman (30% Kedap air)	6,7	81
4	Pemukiman (65% Kedap air)	3,6	90
5	Tegalan	15,1	69
Total		29,6	

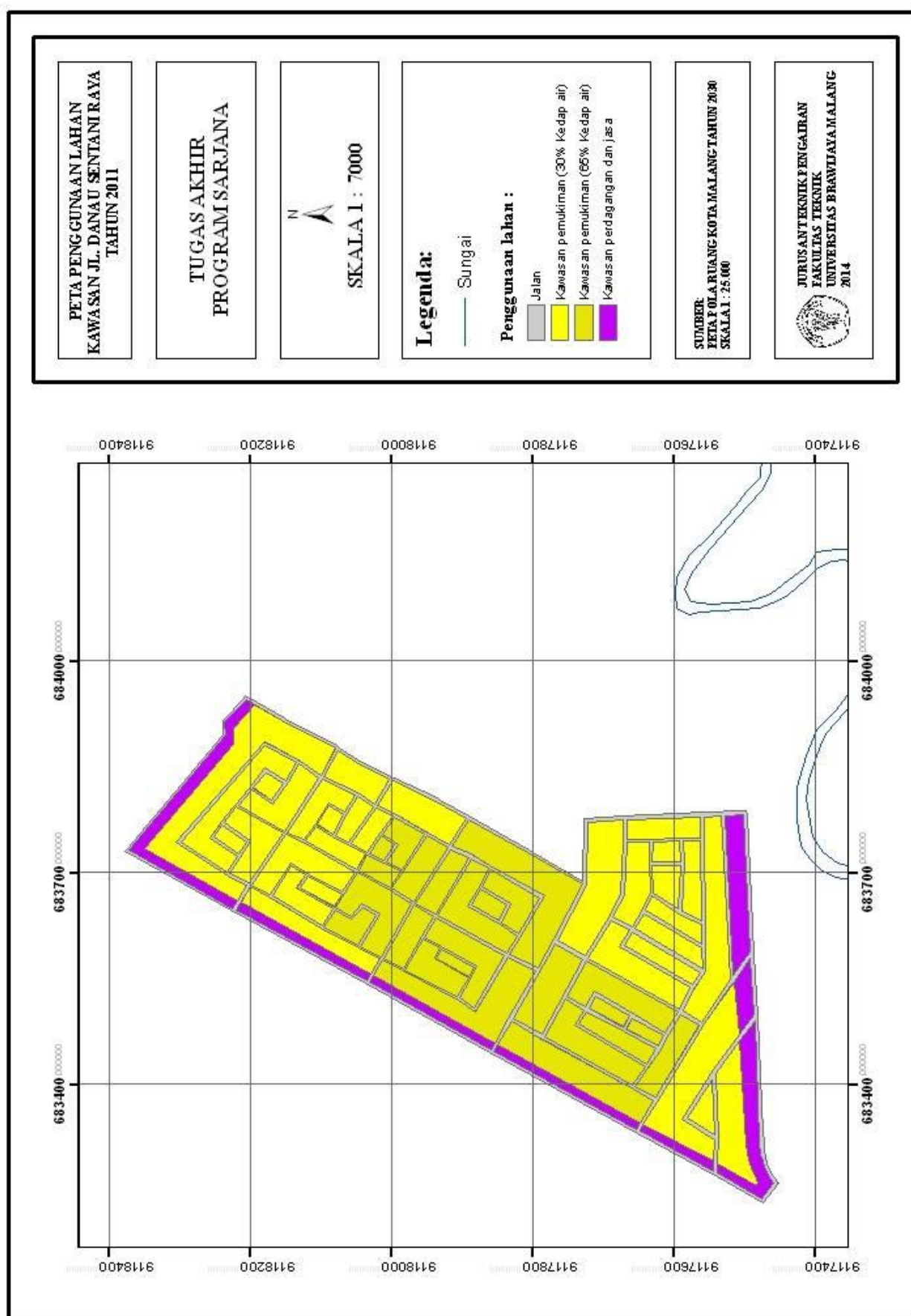
Sumber: Hasil Perhitungan

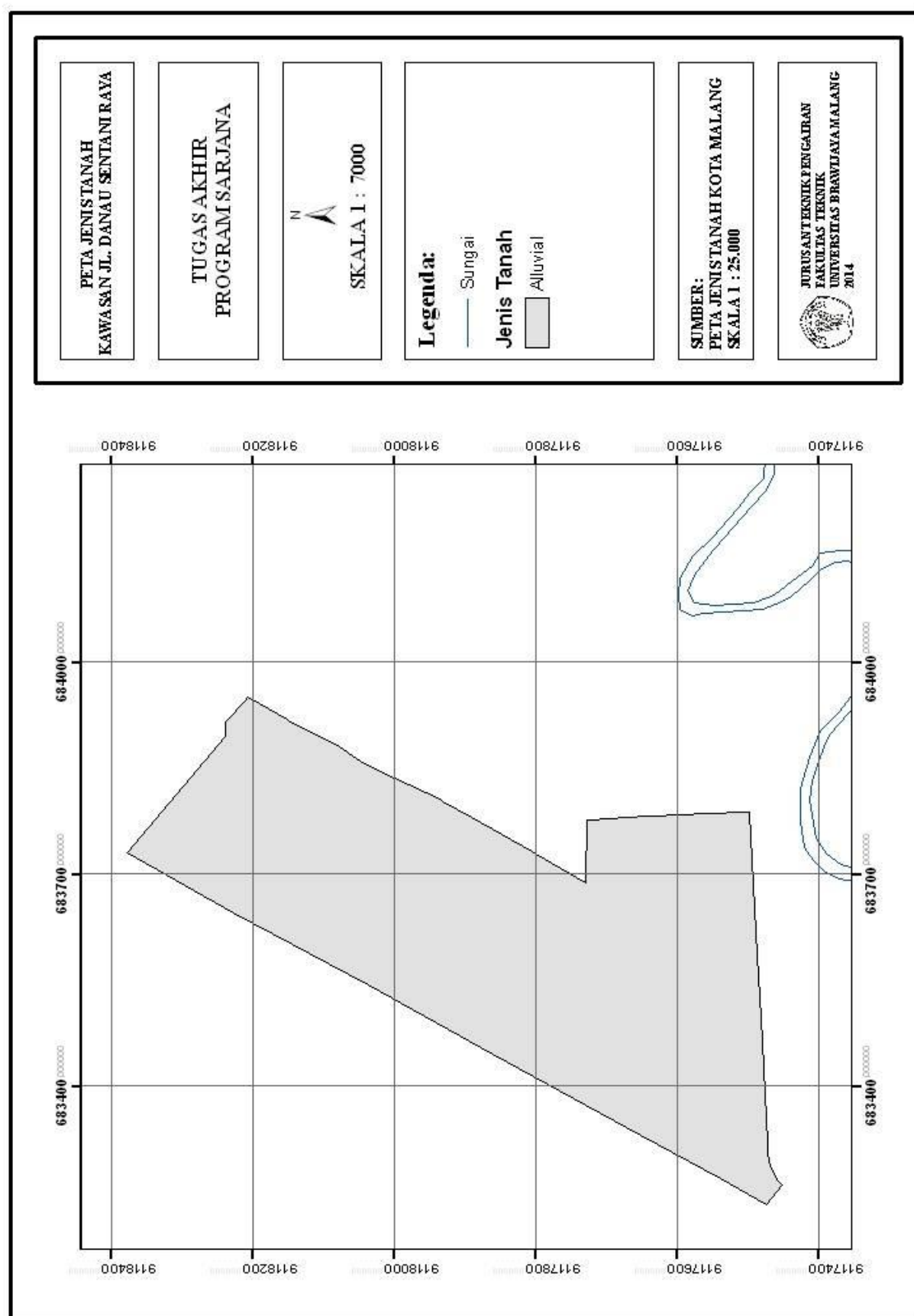
Tabel 4.16 Nilai *Curve Number* (CN) Kawasan Jalan Danau Sentani Tahun 2011

No.	Jenis Tata Guna Lahan	Kelompok Hidrologi Tanah	
		B	
		Luas (Ha)	CN
1	Jalan	4,9	98
2	Perdagangan dan Jasa	2,7	94
3	Pemukiman (30% Kedap air)	12,7	81
4	Pemukiman (65% Kedap air)	9,3	90
Total		29,6	

Sumber: Hasil Perhitungan







4.3. Debit Rancangan

Debit banjir rancangan (Q_r) adalah debit air hujan (Q_{ah}) ditambah dengan debit air kotor (Q_{ak}). Dimana dihitung dengan persamaan 4.1 :

$$Q_r = Q_{ah} + Q_{ak}$$

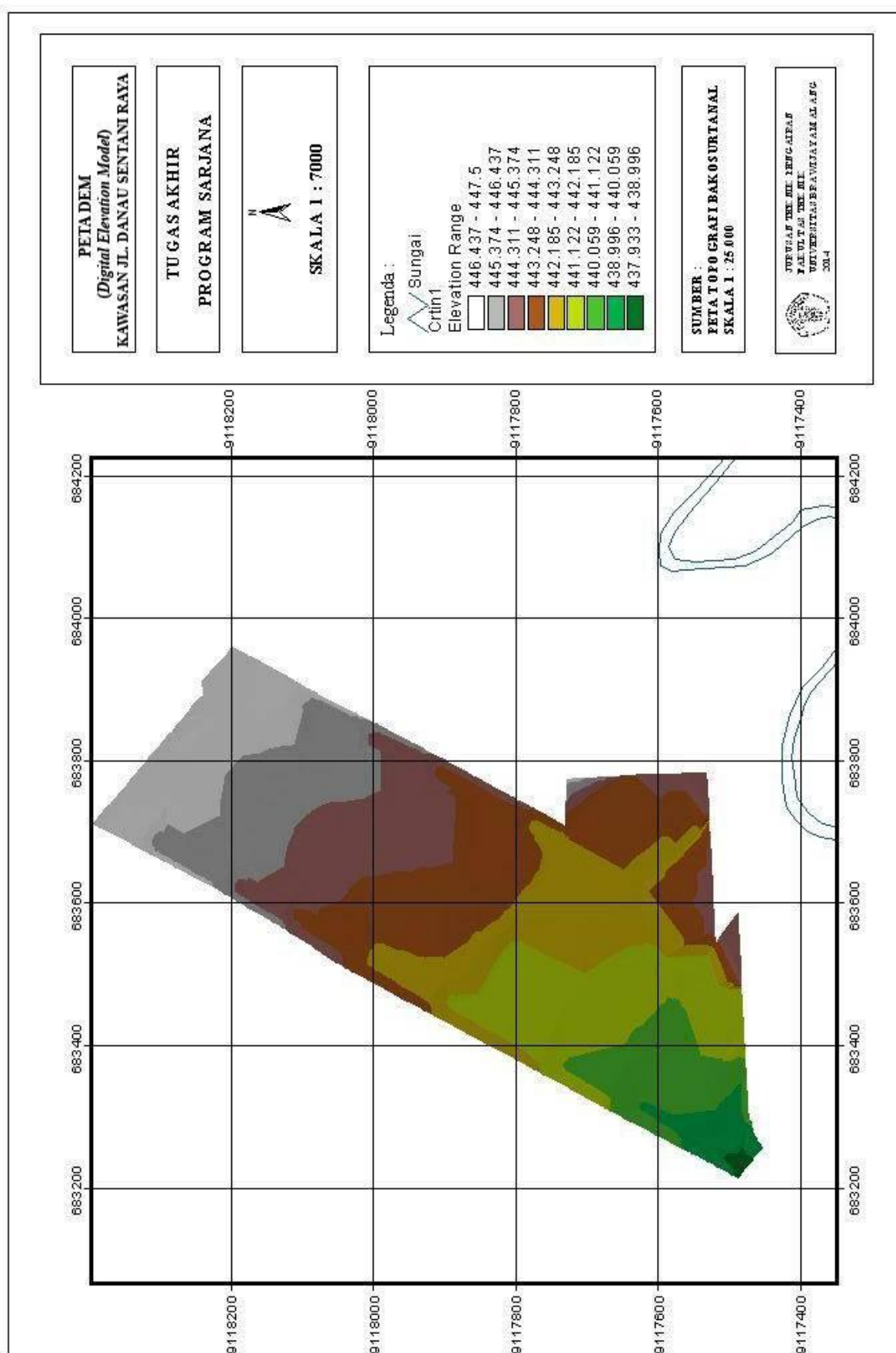
4.3.1. Perhitungan Limpasan Permukaan dengan SIMODAS

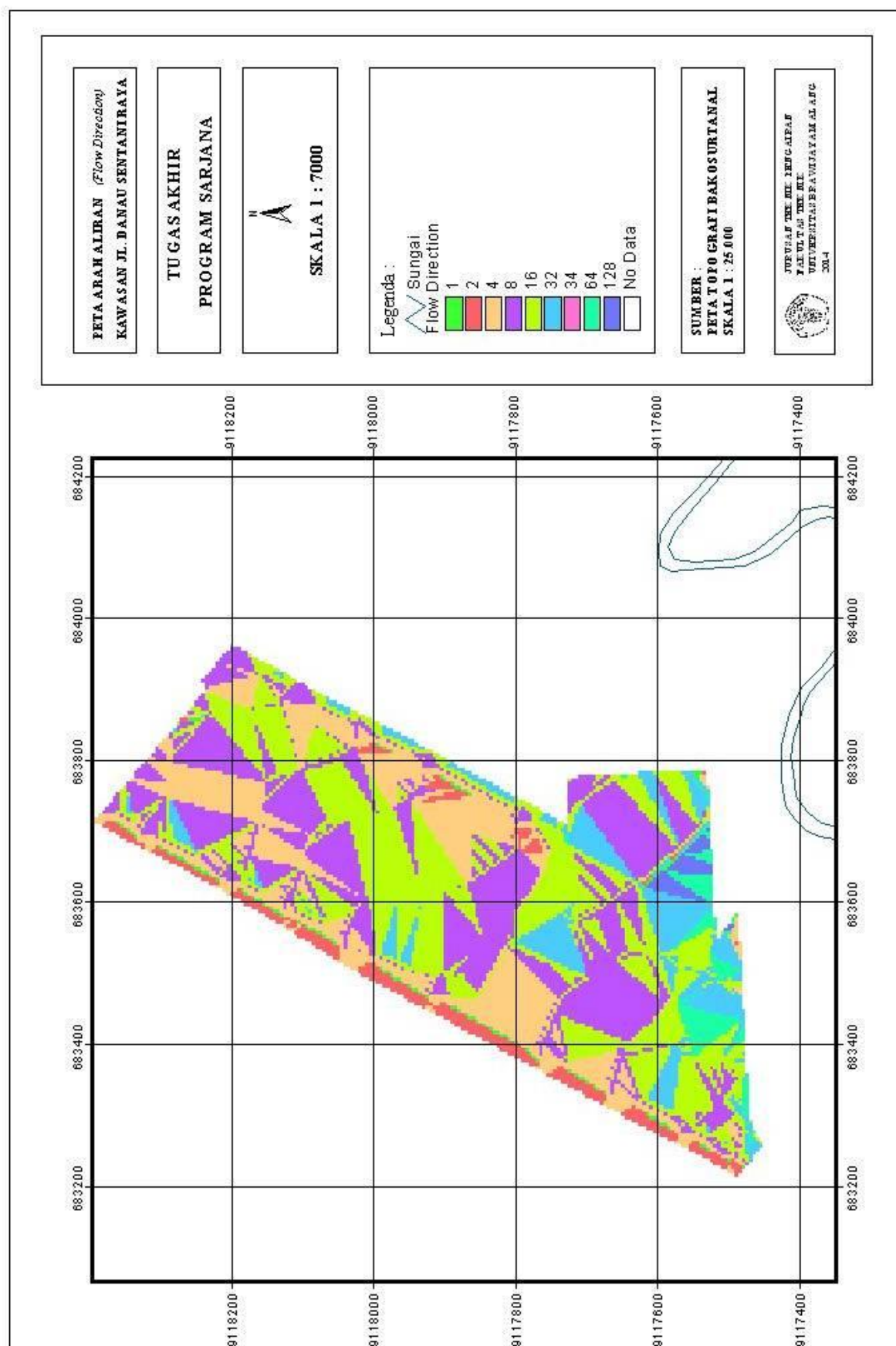
Tahap-tahap pengerjaan untuk menghitung besar limpasan permukaan pada lokasi studi adalah sebagai berikut:

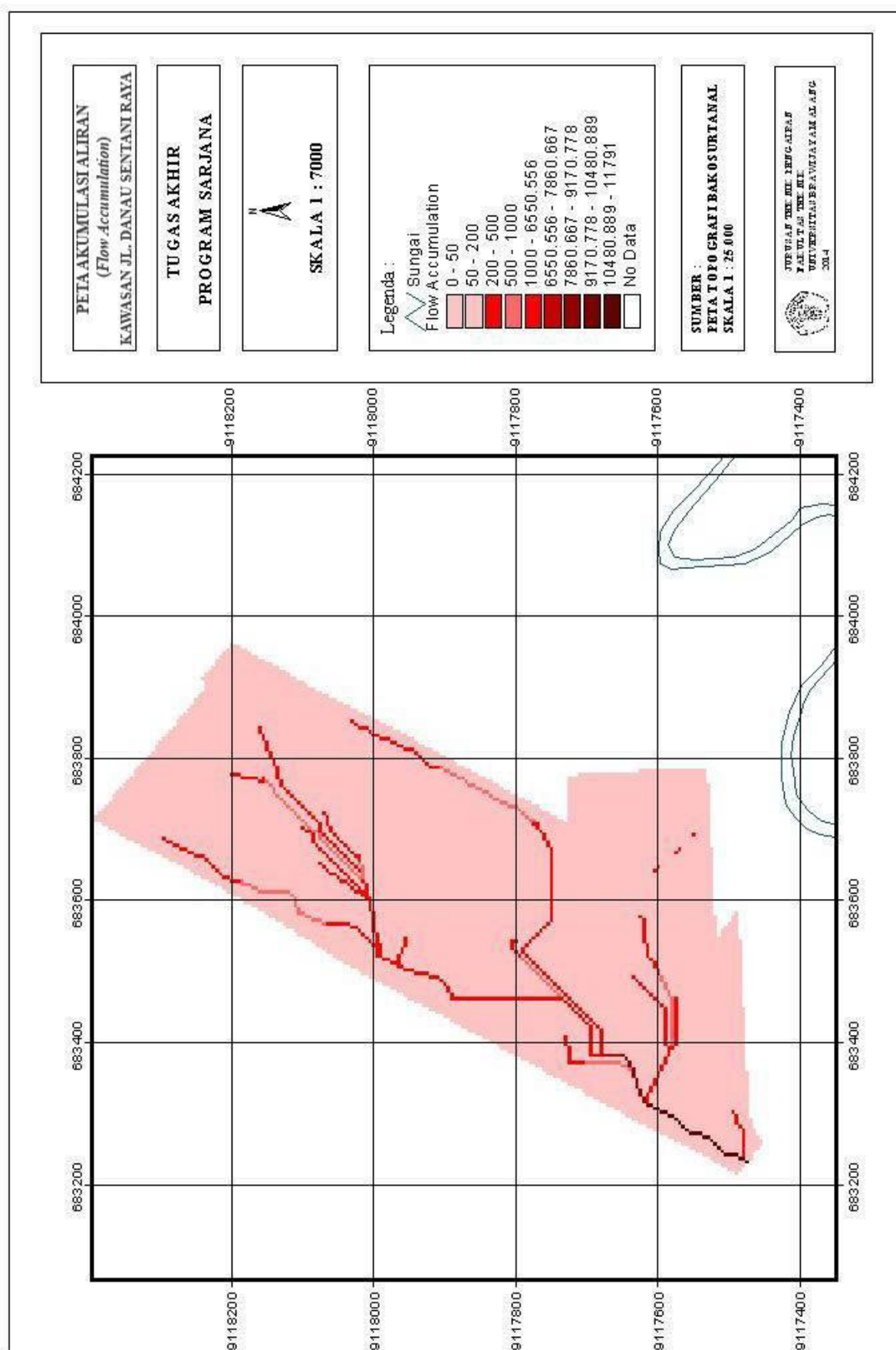
1. Pengolahan data dengan SIG ArcView 3.3
2. Pengolahan Data dengan SIMODAS

4.3.1.1. Pengolahan data dengan SIG ArcView 3.3

Pada pengolahan di SIG ArcView 3.3 Data peta kontur, peta batas daerah lokasi studi ditampilkan pada ArcView untuk melakukan proses pemotongan daerah lokasi studi. Peta kontur daerah lokasi studi diolah menjadi bentuk DEM dengan format TIN. DEM dalam format TIN diubah (*convert*) menjadi DEM (*grid*) sehingga terbentuk peta *grid* ketinggian. Peta *grid* ketinggian ini kemudian digunakan untuk mendapatkan data kemiringan (*slope*), *fill sink*, penentuan arah aliran (*flow direction*) dan akumulasi aliran (*flow accumulation*). Data-data ini disimpan dalam bentuk ASCII supaya dapat dimasukkan ke *project properties* dalam SIMODAS. Peta DEM dari daerah lokasi studi dalam format TIN juga harus diubah menjadi bentuk *image* (JPEG) dan *image-wrap* (JPEG). Kemudian peta jenis tanah, penggunaan lahan, dan titik koordinat stasiun hujan diubah ke dalam format *.shp* supaya bisa ditampilkan dalam SIMODAS. Peta DEM, arah aliran dan akumulasi aliran lokasi studi dapat dilihat pada gambar 4.7 – 4.9.



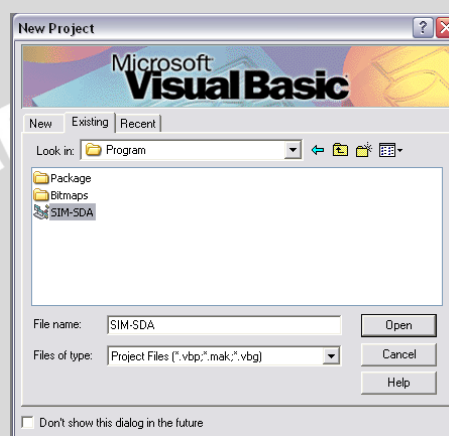




4.3.1.2. Pengolahan data dengan SIMODAS

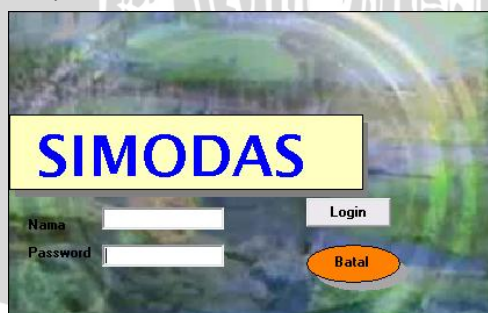
Setelah pengolahan di SIG ArcView 3.3 telah dilakukan, selanjutnya tahapan pengerjaan di SIMODAS. Berikut langkah-langkah pengolahan di SIMODAS :

1. Mulai SIMODAS dengan membuka Microsoft Visual Basic 6.0 klik “Start”, lalu “Microsoft Visual Studio 6.0” dan pilih “Microsoft Visual Basic 6.0”.
2. Kemudian akan muncul kotak dialog, pilih “Existing” dan cari folder SIM-SDA lalu klik SIM-SDA yang terdapat di dalamnya lalu klik “Open”. Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.10 dibawah ini.



Gambar 4.10. Langkah Awal Membuka SIMODAS di Microsoft Visual Basic 6.0
Sumber: Hasil Pengolahan Model

3. Selanjutnya akan muncul banyak kotak jendela Kode di layar, klik *Run* lalu pilih “Start”. Akan muncul tampilan awal SIMODAS, isi nama dan kata kunci pada kotak dialog yang tersedia untuk bisa membuka SIMODAS. Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.11 dibawah ini.



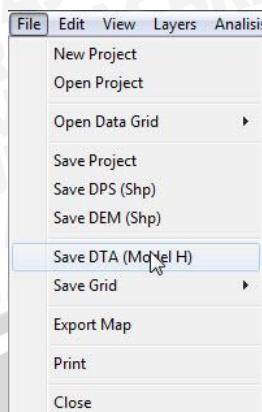
Gambar 4.11. Kotak dialog yang harus di isi untuk membuka SIMODAS
Sumber: Hasil Pengolahan Model

4. Setelah mengisi nama dan kata kunci dengan benar di kotak dialog, akan muncul peta Indonesia pada layar utama, lalu pilih wilayah sungai yang sesuai daerah studi, klik “Pilih Wilayah Sungai” pada menu toolbar. Wilayah sungai pada studi terletak pada wilayah sungai Brantas di Jawa Timur.

5. Kemudian jika sudah muncul wilayah sungai daerah studi kita, klik “Pilih Water Distric” pada toolbar untuk menentukan daerah yang kita olah, daerah studi terdapat di kawasan jl. Danau Sentani Raya pada perumahan Sawojajar I.
6. Selanjutnya jika sudah muncul daerah sesuai studi kita, klik View pada menu lalu pilih “Project Properties”. Akan muncul kotak dialog kemudian isi setiap kolom yang ada sesuai data ASCII yang sudah di olah sebelumnya. Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.12 dibawah ini.

Gambar 4.12. Kotak dialog *Project Properties* yang harus di isi pada SIMODAS
Sumber: Hasil Pengolahan Model

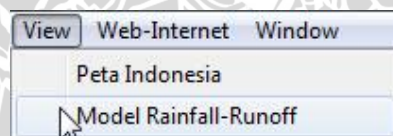
7. Setelah data sudah dimasukkan semua, klik “Ok” lalu disimpan dengan cara klik “File” pada menu toolbar kemudian pilih “Save DTA (Model H)”. Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.13 dibawah ini.



Gambar 4.13. Langkah – langkah menyimpan DTA pada SIMODAS

Sumber: Hasil Pengolahan Model

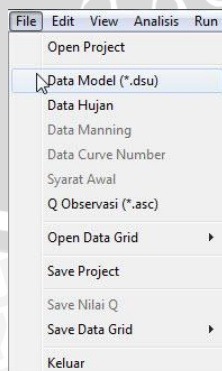
8. Jika sudah disimpan, selanjutnya tutup semua layar wilayah sungai yang sudah dibuka dengan cara klik “File” kemudian klik “Close” sampai kembali ke layar utama yang berisi peta Indonesia.
9. Kemudian kita sudah bisa memulai mengolah model, klik “View” pada menu toolbar lalu pilih “Model Rainfall-Runoff”. Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.14 dibawah ini.



Gambar 4.14. Membuka model pada SIMODAS

Sumber: Hasil Pengolahan Model

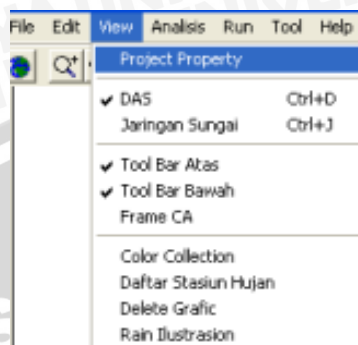
10. Akan muncul layar utama model yang masih kosong, untuk memulai mengolah model, klik “File” pada menu toolbar lalu pilih “Data Model (*.dsu)” kemudian cari folder yang berisi data model DTA yang tadi sudah kita simpan. Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.15 dibawah ini.



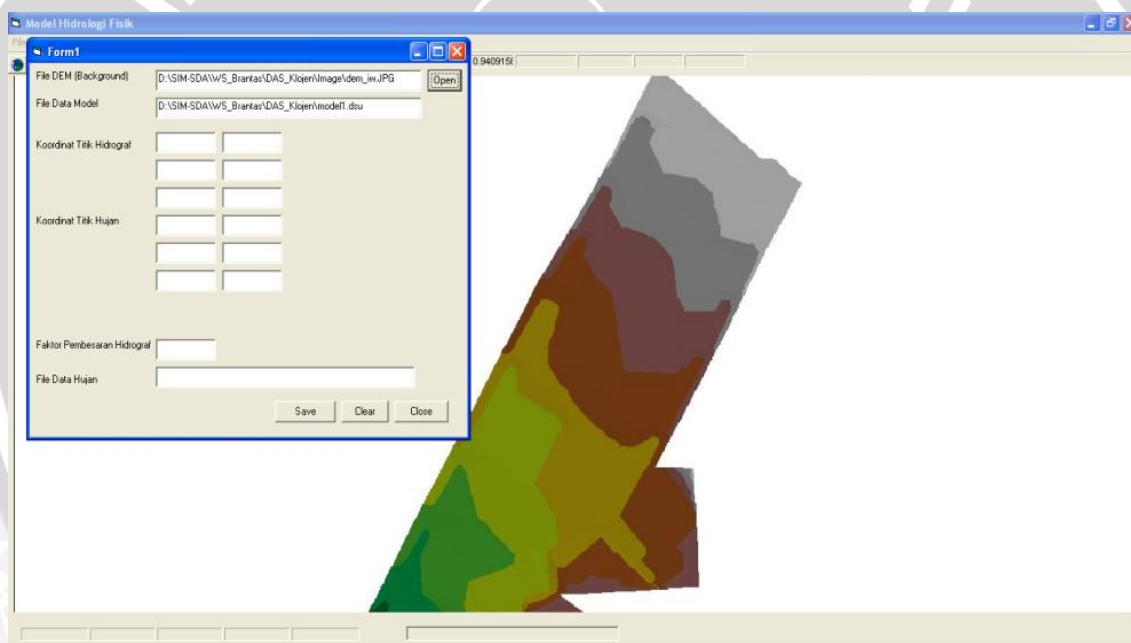
Gambar 4.15. Membuka data model yang sudah kita simpan

Sumber: Hasil Pengolahan Model

11. Kemudian klik “View” pada menu toolbar lalu pilih *project property*, lalu masukkan data file DEM yang sudah di olah di ArcView 3.3. Setelah mengisi data file DEM di menu *project property* kemudian klik “Close”, pada layar akan muncul file DEM daerah studi kita. Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.16 – 4.17 dibawah ini.

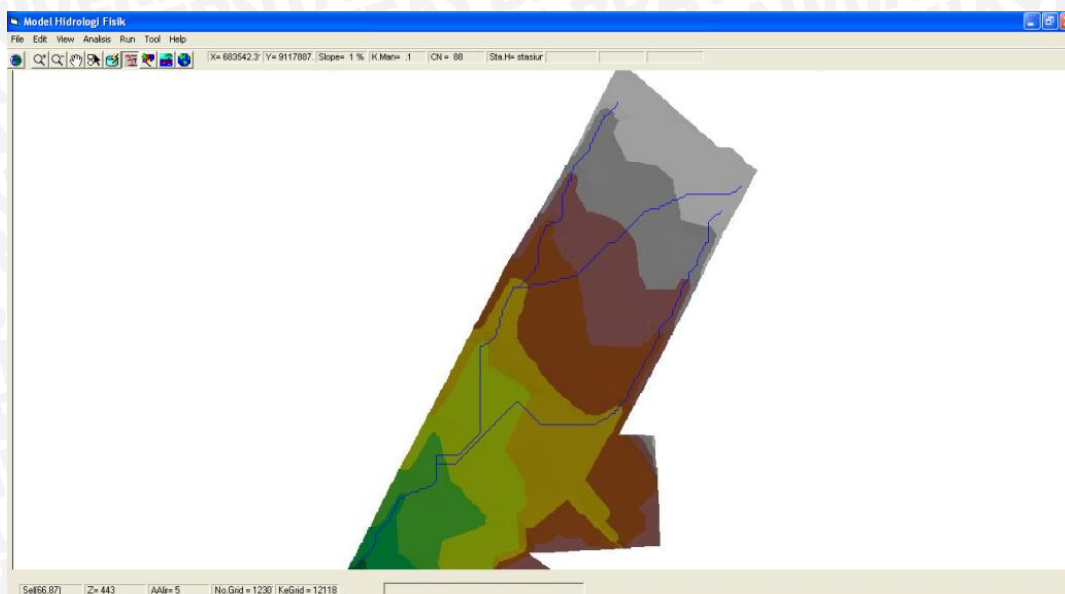


Gambar 4.16. Membuka *project property* pada Model
Sumber: Hasil Pengolahan Model



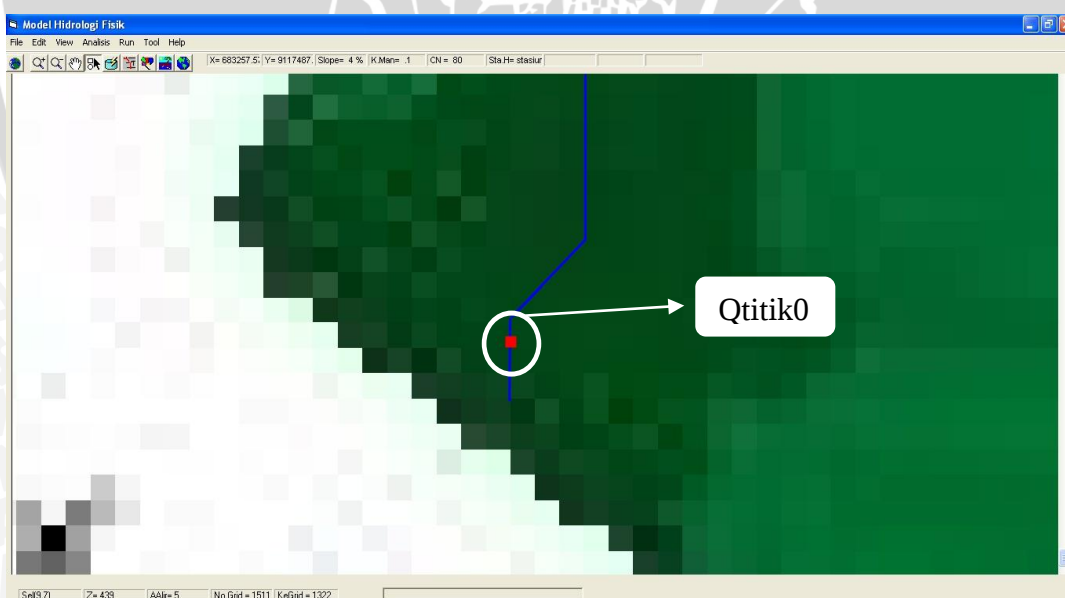
Gambar 4.17. Peta DEM lokasi studi pada layar model
Sumber: Hasil Pengolahan Model

12. Klik tombol *flow down* pada menu toolbar, lalu klik tepat di dalam peta DEM daerah studi untuk melihat arah alirannya. Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.18 dibawah ini.



Gambar 4.18. Arah Aliran yang tampak pada Peta DEM
Sumber: Hasil Pengolahan Model

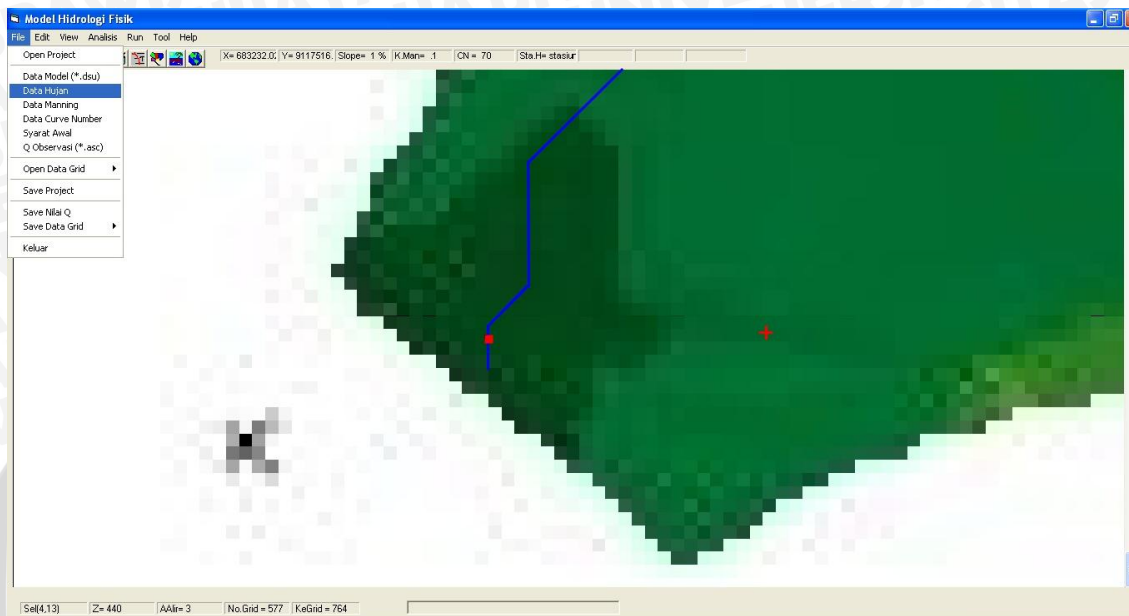
13. Kemudian klik tombol *zoom in* pada menu toolbar dan arahkan tombol cursor ke titik awal outlet yang sudah ditentukan mengikuti arah aliran, lalu klik tombol *hydrograf points* pada menu toolbar untuk menentukan titik hidrograf, klik tepat di garis awal outlet mengikuti arah aliran yang terlihat pada peta DEM. Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.19 dibawah ini.



Gambar 4.19. Titik Hidrograf (Qtitik0) yang tampak pada Peta DEM
Sumber: Hasil Pengolahan Model

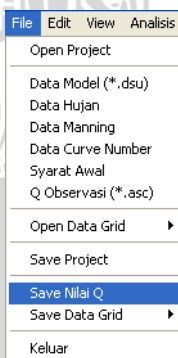
14. Klik *rain infiltration points* pada menu toolbar untuk menentukan titik hujan, klik satu titik tepat di dalam peta DEM.

15. Kemudian masukkan data hujan kala ulang yang sudah diubah ke dalam format notepad, klik “File” di toolbar menu lalu pilih “data hujan” dan cari folder yang sudah tersimpan data hujan dalam bentuk notepad. Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.20 dibawah ini.



Gambar 4.20. Cara memasukkan data hujan pada model
Sumber: Hasil Pengolahan Model

16. Setelah semua data sudah di masukkan dan di tentukan kemudian simpan dengan cara klik “File” di toolbar menu lalu pilih “Save Nilai Q” dan taruh di folder yang kita inginkan. Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.21 dibawah ini.

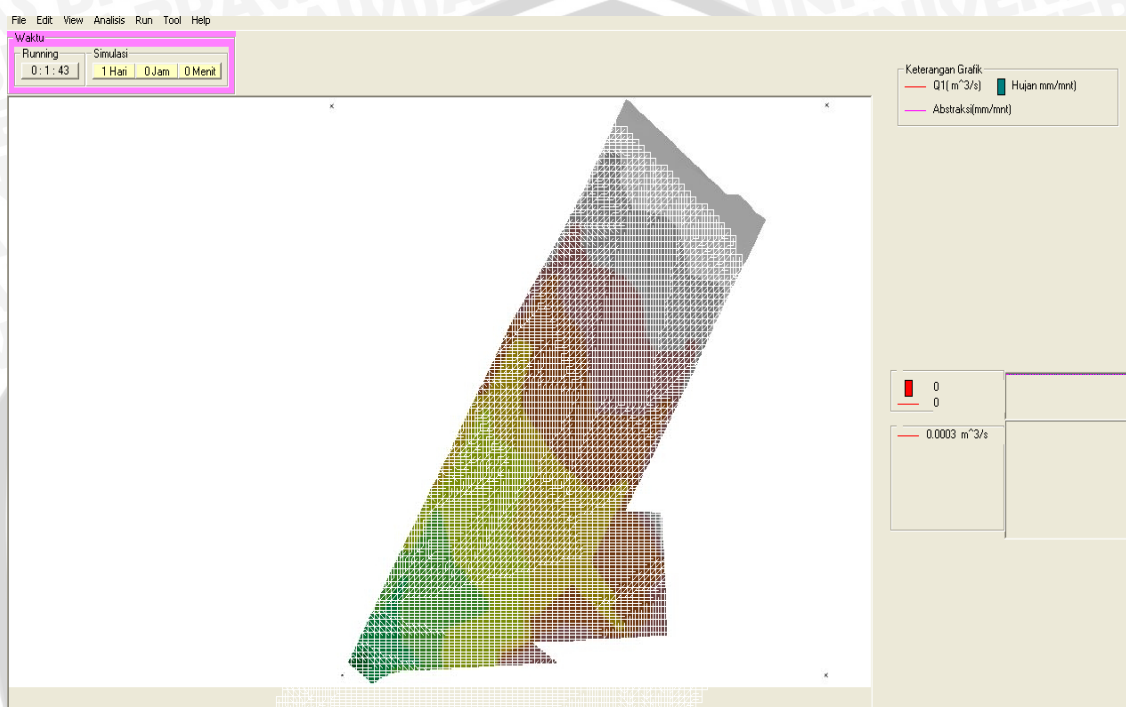


Gambar 4.21. Menyimpan data di SIMODAS
Sumber: Hasil Pengolahan Model

17. Selanjutnya kita sudah bisa memulai pengolahan data pada model, klik *Run* pada toolbar menu lalu pilih “mulai”. Pada layar akan muncul proses simulasi hujan selama 1 hari, hasil proses simulasi dapat dilihat pada *Microsoft Excel*. Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.22- 4.23 dibawah ini.



Gambar 4.22. Langkah – langkah memulai simulasi hujan di SIMODAS
Sumber: Hasil Pengolahan Model



Gambar 4.23. Proses simulasi hujan di SIMODAS
Sumber: Hasil Pengolahan Model

Hasil rekapitulasi pengolahan simulasi hujan kala ulang 2 dan 5 tahun pada tahun 2002 dan 2011 menggunakan SIMODAS yang disajikan pada tabel 4.17.

Tabel 4.17. Hasil Rekapitulasi Pengolahan Simulasi Hujan Di Lokasi Studi Kala Ulang 2 dan 5 Tahun Menggunakan SIMODAS

Tahun	2002		2011	
Kala ulang	2	5	2	5
Qp (m³/dt)	0,21	0,31	3,95	5,08
Tp (menit)	40	46	109	119

Sumber: Hasil Pengolahan Model

Hasil lengkap pengolahan simulasi hujan di lokasi studi kala ulang 2 dan 5 tahun pada tahun 2002 dan 2011 menggunakan SIMODAS dapat dilihat pada tabel 4.18-4.21 pada lampiran. Namun hasil pengolahan ini masih harus dilakukan pengujian model dahulu sebelum digunakan untuk memprediksi hidrograf banjir.

4.3.2. Pengujian Model

Sebelum model dipergunakan untuk memprediksi hidrograf banjir maka perlu dilakukan tahap-tahap pengujian model. Tahap-tahap pengujian yang akan dilakukan meliputi uji rasional dan kalibrasi.

4.3.2.1. Uji Rasional

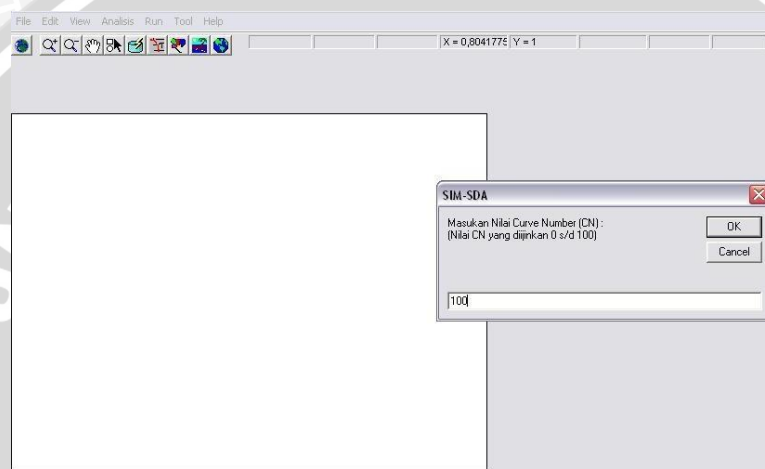
Maksud dari uji rasional ini adalah membandingkan total limpasan langsung di lahan seluruh daerah tangkapan air dengan total air yang mengalir di outlet. Apabila diumpamakan daerah tangkapan air adalah suatu sistem tampungan air, maka air yang masuk ke dalam tampungan seharusnya sama dengan air yang keluar dari tampungan tersebut. Kalau semua hujan menjadi limpasan ($CN = 100$) atau tanpa abstraksi, hujan homogen dan tidak ada aliran dasar untuk seluruh daerah tangkapan, Analisis dilakukan pada debit kala ulang 5 tahun. Berikut langkah-langkah pengolahan nilai CN 100 di SIMODAS :

1. Sama seperti proses pengerjaan SIMODAS sebelumnya, yakni memasukkan data model dahulu kemudian masuk ke menu *project property*.
2. Kemudian memasukkan data file DEM yang sudah di olah di ArcView 3.3. Setelah mengisi data file DEM di menu *project property* kemudian di tutup, pada layar akan muncul file DEM daerah studi kita.
3. Klik tombol *flow down* pada menu toolbar, lalu klik tepat di dalam peta DEM daerah studi untuk melihat arah alirannya.
4. Kemudian klik tombol *zoom in* pada menu toolbar dan arahkan tombol cursor ke titik awal outlet yang sudah ditentukan mengikuti arah aliran, lalu klik tombol *hidrograf points* pada menu toolbar untuk menentukan titik hidrograf, klik tepat di garis awal outlet mengikuti arah aliran yang terlihat pada peta DEM.
5. Klik *rain infiltration points* pada menu toolbar untuk menentukan titik hujan, klik satu titik tepat di dalam peta DEM.
6. Kemudian masukkan data hujan kala ulang 5 tahun (lihat pada tabel 4.11) yang sudah diubah ke dalam format notepad, klik *file* di toolbar menu lalu pilih “data hujan” dan cari folder yang sudah tersimpan data hujan dalam bentuk notepad.
7. Setelah itu, memasukkan nilai CN dengan nilai 100, klik “analisis” di toolbar menu lalu pilih “kalibrasi” kemudian *Curve Number* dan “CN seragam”, akan muncul kotak dialog lalu isi dengan angka 100. Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.24-4.25 dibawah ini.



Gambar 4.24. Langkah - langkah memasukkan nilai CN 100 pada SIMODAS

Sumber: Hasil Pengolahan Model



Gambar 4.25. Kotak dialog pada CN Seragam

Sumber: Hasil Pengolahan Model

8. Setelah semua data sudah di masukkan dan di tentukan kemudian simpan dengan cara klik *file* di toolbar menu lalu pilih “Save Nilai Q” dan taruh di folder yang kita inginkan.
9. Selanjutnya kita sudah bisa memulai pengolahan data pada model, klik *Run* pada toolbar menu lalu pilih “mulai”. Pada layar akan muncul proses simulasi hujan selama 1 hari, hasil proses simulasi dapat dilihat pada *Microsoft Excel*.

Dari hasil pengolahan hujan kala ulang 5 tahun dengan nilai CN 100 di SIMODAS didapat volume hujan sebesar 38743,45 m³ (Hasil lengkap pengolahan simulasi hujan di lokasi studi kala ulang 5 tahun dengan nilai CN 100 menggunakan SIMODAS dapat dilihat pada tabel 4.22 dan gambar Gambar 4.26 pada lampiran).

Selanjutnya kita menghitung volume hujan yang sama dengan menggunakan persamaan :

$$V_h = \left(\sum_{i=1}^n h_i \right) \cdot A$$

Sebelumnya satuan data hujan diubah menjadi m dan luas wilayah diubah menjadi m², sehingga didapat volume hujan :

$$= \left((0,0105 \cdot 319625) + (0,01319 \cdot 319625) + (0,07236 \cdot 319625) + \right. \\ \left. (0,01881 \cdot 319625) + (0,00887 \cdot 319625) \right) \\ = 39547,20 \text{ m}^3$$

Selanjutnya kita menghitung besarnya kesalahan pengerjaan model dengan persamaan :

$$\frac{(V_h - V_m)}{V_h} \cdot 100\% \\ = \frac{(39547,20 - 38743,45)}{39547,20} \cdot 100\% \\ = 2 \%$$

Dengan kesalahan pengerjaan model sebesar 2 % maka perhitungan yang dilakukan oleh model dianggap benar karena kesalahan kurang dari 5 %.

4.3.2.2. Kalibrasi

Tujuan dari kalibrasi adalah penetapan nilai pamater hidrologi yang digunakan dalam model, sehingga hasil keluaran model mendekati data hasil pengukuran atau observasi. Pada tahap ini, dibutuhkan pasangan data curah hujan dan data debit observasi dari periode waktu kejadian yang sama.

Hasil pengukuran debit pada saat hujan di lokasi digunakan dasar untuk mendapatkan data curah hujan pada dinas terkait. Stasiun hujan yang terdekat berada pada Kecamatan Kedungkandang yang berjarak radius 1 kilometer dari lokasi studi, dan didapatkan curah hujan pada saat observasi sebesar 85 mm selama 5 jam. Berikut curah hujan otomatis stasiun hujan Kedungkandang pada tanggal 27 Mei 2013 pada tabel 4.23.

Tabel 4.23. Curah hujan otomatis St. Kedungkandang tanggal 27 Mei 2013

Jam	Curah hujan (mm)	Jam	Curah hujan (mm)	Jam	Curah hujan (mm)
8	0	16	18	0	0
9	0	17	4	1	0
10	0	18	0	2	0
11	0	19	0	3	0
12	0	20	0	4	0
13	3	21	0	5	0
14	30	22	0	6	0
15	30	23	0	7	0

Sumber: BBWS Bango Gedangan, 2013

Pada tabel terlihat hujan terjadi antara jam 13.00 – 17.00, data curah hujan kemudian di konversi satuannya ke inchi (in) lalu di komulatifkan untuk menghitung perhitungan distribusi kelebihan curah hujan jam-jaman metode SCS sebagai data debit observasi di lapangan untuk pembanding hasil pada SIMODAS. perhitungan komulatif curah hujan dan distribusi kelebihan curah hujan jam - jaman metode SCS pada tabel 4.24 – 4.25.

Berikut langkah perhitungan distribusi kelebihan curah hujan jam - jaman metode SCS :

1. Menghitung komulatif data curah hujan otomatis yang sudah di konversi ke dalam inchi (in), yaitu menjumlahkan komulatif curah hujan jam pertama dengan curah hujan jam kedua dan begitu seterusnya.
2. Menghitung retensi maksimal potensial (S),

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

$$= \frac{1000}{87,8} - 10$$

$$= 1,386 \text{ inchi}$$

3. Menghitung abstraksi awal (Ia),

$$Ia = 0,2S$$

$$= 0,2 \times 1,386 = 0,277 \text{ inchi}$$

Abstraksi awal menyerap semua curah hujan sampai dengan P = 0,277 inchi

4. Menghitung abstraksi lanjutan, untuk P lebih dari 0,277 inchi dengan persamaan :

$$F_a = \frac{S(P - I_a)}{P - I_a + S}$$

$$F_a = \frac{1,386 * (1,299 - 0,277)}{1,299 - 0,277 + 1,386}$$

$$= 0,588 \text{ inchi}$$

5. Menghitung kelebihan curah hujan komulatif (Pe),

$$Pe = P - Ia - Fa$$

$$= 1,299 - 0,277 - 0,588$$

$$= 0,434 \text{ inchi}$$

Tabel 4.24. Komulatif curah hujan otomatis Stasiun Kedungkandang

No	Curah	Komulatif
	hujan	Curah Hujan
	(in)	(in)
1		0
2	0,118	0,118
3	1,181	1,299
4	1,181	2,480
5	0,709	3,189
6	0,157	3,346

Sumber: Perhitungan

Tabel 4.25. Perhitungan abstraksi dan distribusi kelebihan curah hujan jam – jaman metode SCS

No.	jam ke -	Jumlah hujan komulatif	CN	S	Abstraksi Komulatif		Kelebihan curah hujan komulatif	Distribusi Kelebihan Hujan jam - jaman
		P (in)			Ia (in)	Fa (in)	Pe (in)	(in)
1	0	0	87,8	1,386	0	-	0	
2	1	0,118			0,118	-	0	0
3	2	1,299			0,277	0,588	0,434	0,434
4	3	2,480			0,277	0,851	1, 352	0,919
5	4	3,189			0,277	0,939	1,973	0,620
6	5	3,346			0,277	0,955	2,114	0,142

Sumber: Perhitungan

Selanjutnya bisa kita hitung debit observasi yang ada di lapangan, perhitungan debit observasi dapat dilihat pada tabel 4.26.

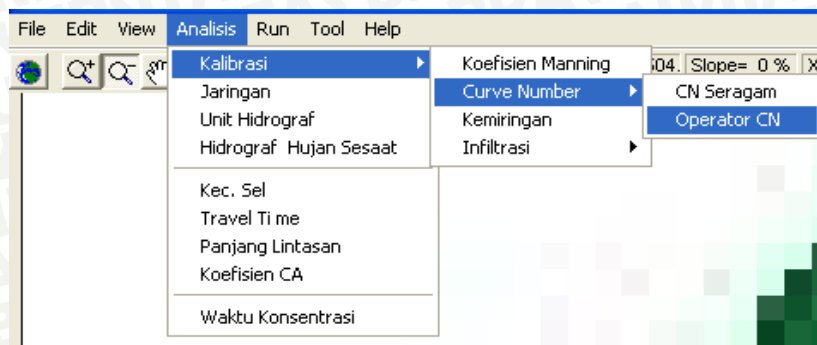
Tabel 4.26. Perhitungan debit observasi di lapangan

Luas (m ²)	Pe (mm)	V (m ³)	t (dt)	Q (m ³ /dt)
296000	0	0	3600	0
	11,018	3261,38		0,906
	23,332	6906,37		1,918
	15,759	4664,52		1,296
	3,599	1065,22		0,296

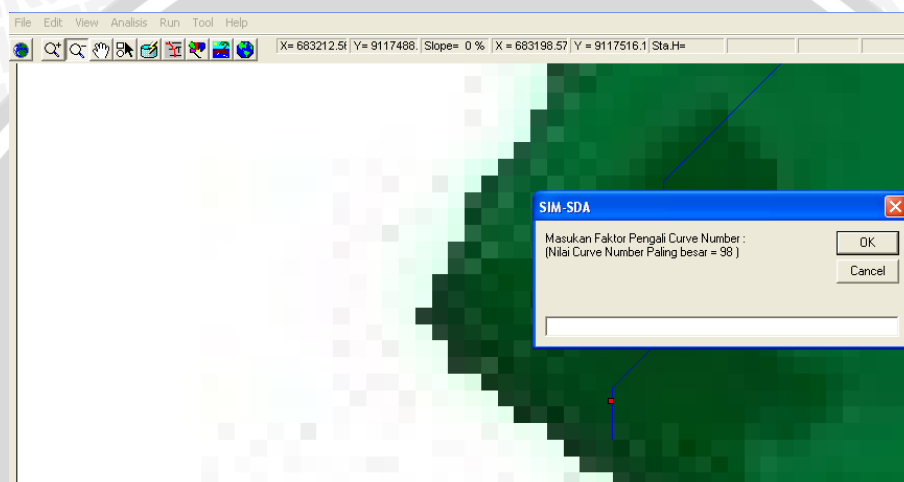
Sumber: Perhitungan

Dengan diketahui debit puncak observasi di lapangan sebesar 1,918 m³/dt, maka tinggi limpasan selanjutnya kita mengolah curah hujan otomatis di SIMODAS, dengan memasukkan data curah hujan sebagai masukan model dan dengan merubah-ubah parameter model, maka akan didapatkan keluaran model dalam nilai debit aliran. Berikut langkah-langkah pengolahan kalibrasi di SIMODAS :

1. Sama seperti proses pengerjaan SIMODAS sebelumnya, yakni memasukkan data model dahulu kemudian masuk ke menu *project property*.
2. Kemudian memasukkan data file DEM yang sudah di olah di ArcView 3.3. Setelah mengisi data file DEM di menu *project property* kemudian di tutup, pada layar akan muncul file DEM daerah studi kita.
3. Klik tombol *flow down* pada menu toolbar, lalu klik tepat di dalam peta DEM daerah studi untuk melihat arah alirannya.
4. Kemudian klik tombol *zoom in* pada menu toolbar dan arahkan tombol cursor ke titik awal outlet yang sudah ditentukan mengikuti arah aliran, lalu klik tombol *hydrograf points* pada menu toolbar untuk menentukan titik hidrograf, klik tepat di garis awal outlet mengikuti arah aliran yang terlihat pada peta DEM.
5. Klik *rain infiltration points* pada menu toolbar untuk menentukan titik hujan, klik satu titik tepat di dalam peta DEM.
6. Kemudian masukkan data hujan otomatis yang sudah diubah ke dalam format notepad, klik *file* di toolbar menu lalu pilih “data hujan” dan cari folder yang sudah tersimpan data hujan dalam bentuk notepad.
7. Setelah itu, memasukkan faktor pengali nilai CN, klik “analisis” di toolbar menu lalu pilih “kalibrasi” kemudian *Curve Number* dan “Operator CN”, akan muncul kotak dialog lalu isikan dengan faktor pengali yang mendekati debit observasi atau pengukuran. Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.27 - 4.28 dibawah ini.



Gambar 4.27. Langkah - langkah memasukkan faktor pengali pada SIMODAS
Sumber: Hasil Pengolahan Model



Gambar 4.28. Kotak dialog pada Operator CN
Sumber: Hasil Pengolahan Model

Dari hasil pengolahan hujan otomatis di SIMODAS didapat faktor pengali nilai CN yang mendekati hasil debit puncak observasi sebesar 1.015 dengan debit puncak sebesar 1,91 m³/dt (hasil lengkap pengolahan hujan otomatis dengan faktor pengali 1.015 dapat dilihat pada tabel 4.27 dan gambar 4.29 di lampiran). Selanjutnya untuk membandingkan seberapa kedekatan atau kemiripan antara hidrograf keluaran model dan hidrograf observasi dilakukan “uji koefisien determinasi”. dengan menggunakan persamaan :

$$R^2 = \frac{\sum(Q_o - Q_{ave})^2 - \sum(Q_o - Q_m)^2}{\sum(Q_o - Q_{ave})^2}$$

$$= \frac{(1,918 - 0,88)^2 - (1,918 - 1,91)^2}{(1,918 - 0,88)^2}$$

$$= 0,999$$

Dengan hasil $(Q_o - Q_m)^2$ sebesar 0,000064 m³/dt, sehingga nilai R^2 sebesar 0,999 yang mendekati 1 maka hasil model dianggap benar. Beberapa foto limpasan permukaan yang terjadi di lokasi pada saat survey tanggal 27 Mei 2013 dapat dilihat pada gambar 4.30 - 4.31 dibawah ini.



Gambar 4.30. Limpasan yang terjadi di Jl. Danau Sentani Raya (1)
Sumber: Hasil survey



Gambar 4.31. Limpasan yang terjadi di Jl. Danau Sentani Raya (2)
Sumber: Hasil survey

Setelah mendapatkan hasil keluaran model yang mendekati data hasil pengukuran atau observasi, maka kita melakukan simulasi hujan kala ulang 2 dan 5

tahun kembali di SIMODAS dengan memasukkan faktor pengali yang sudah didapat tadi.

Berikut rekapitulasi hasil pengolahan simulasi hujan di lokasi studi menggunakan kala ulang 2 dan 5 tahun pada tahun 2002 dan 2011 dengan SIMODAS yang disajikan pada tabel 4.28. (hasil lengkap pengolahan simulasi hujan kala ulang 2 dan 5 tahun pada tahun 2002 dan 2011 yang telah dikalibrasi dapat dilihat pada tabel 4.29-4.32 dan gambar 4.32 – 4.35 di lampiran).

Tabel 4.28. Hasil Rekapitulasi Pengolahan Simulasi Hujan Di Lokasi Studi Kala Ulang 2 dan 5 Tahun Menggunakan SIMODAS

Tahun	2002		2011	
Kala ulang	2	5	2	5
Qp (m ³ /dt)	0,22	0,33	4,07	5,19
Tp (menit)	59	55	139	149

Sumber: Hasil Pengolahan Model

4.3.3. Debit Air Buangan

4.3.3.1. Proyeksi Penduduk

Perhitungan data penduduk eksisting dilakukan dengan pendekatan jumlah penduduk pada lokasi studi, lokasi studi terletak di kelurahan Madyopuro Kecamatan Kedungkandang. Perhitungan jumlah penduduk disini menggunakan metode Eksponensial. Sebelum perhitungan dengan metode tersebut, perlu diketahui data pertumbuhan penduduk. Berikut data pertumbuhan penduduk pada lokasi studi dapat dilihat pada tabel 4.33.

Tabel 4.33. Data Pertumbuhan Penduduk

Tahun	Jumlah penduduk	Pertumbuhan penduduk	
		Jiwa	%
2002	858		
2003	940	82	9,557
2004	1024	84	8,936
2005	1107	83	8,105
2006	1192	85	7,678
2007	1278	86	7,215
2008	1365	87	6,808
2009	1455	90	6,593
2010	1549	94	6,460
2011	1637	88	5,681
rerata		86,556	7,448

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan data pertumbuhan penduduk, dilakukan perhitungan kembali mulai tahun 2002 hingga tahun 2011 yang disebut dengan perhitungan mundur. Nilai angka

pertumbuhan penduduk adalah 7,448 %. Berikut merupakan perhitungan menggunakan Metode Eksponensial.

Diketahui data berikut:

- Angka pertumbuhan penduduk (r) = 7,448 %
- Tahun proyeksi (n) = 9
- Jumlah penduduk pada tahun akhir (P_n) = 1637 jiwa
- Angka eksponensial = 2,71828 (nilai konstan/bilangan pokok dari sistem logaritma)

Dari data tersebut, selanjutnya dapat dianalisa sebagai berikut:

1. Metode eksponensial

$$\begin{aligned}
 P_n &= P_o \cdot e^{r \cdot n} \\
 P_{2002} &= P_{2011} / (2,71828)^{0,07448 \times 9} \\
 &= 1637 / (2,71828)^{0,6703} \\
 &= 1637 / 1,9549 \\
 &= 837 \text{ jiwa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.34. Hasil Perhitungan Mundur Proyeksi Penduduk

Tahun	Jumlah penduduk	Jumlah penduduk (metode)
	asli	eksponensial
2002	858	837
2003	940	902
2004	1024	972
2005	1107	1047
2006	1192	1128
2007	1278	1215
2008	1365	1309
2009	1455	1410
2010	1549	1520
2011	1637	1637
jumlah	12405	11978

Sumber: Hasil perhitungan

4.3.3.2. Perhitungan Debit Air Kotor

Jumlah penduduk suatu daerah studi pada saat perencanaan dimulai dan pada tahun-tahun mendatang harus diperhitungkan untuk menghitung jumlah kebutuhan air tiap penduduk. Dari kebutuhan air tiap penduduk dapat diketahui jumlah air kotor (buangan) rumah tangga.

Langkah-langkah perhitungan debit air kotor penduduk setiap harinya adalah sebagai berikut :

- Kebutuhan air domestik = 150 liter/orang/hari
- Kebutuhan air non domestik = $20\% \times 150 = 30$ liter/orang/hari
- Total Kebutuhan air = 180 liter/orang/hari
- Kehilangan air = $30\% \times 180$ liter/orang/hari = 54 liter/orang/hari
- Kebutuhan air bersih rata-rata perhari = $180 + 54 = 234$ liter/orang/hari dikalikan dengan faktor maksimum 1,15-1,20 menghasilkan kebutuhan air bersih maksimum perhari sebesar = $1,20 \times 234 = 280,80$
- Dikalikan dengan faktor pengaliran air buangan 70% menghasilkan air buangan maksimum sebesar = $0,7 \times 280,80 = 196,60$ liter/orang/hari = $0,00000228 \text{ m}^3/\text{orang/detik}$

Contoh perhitungan debit air kotor di lokasi studi pada tahun 2002 adalah sebagai berikut:

$$Q_{(ak)} = 837 \text{ (jiwa)} \times 0,00000228 \text{ m}^3/\text{orang/detik} = 0,001905 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Debit air buangan untuk tahun 2002, dan 2011 dapat dilihat pada tabel 4.35.

Tabel 4.35. Debit Air Kotor Penduduk Tahun 2002 dan 2011

Jumlah Penduduk (Jiwa)		Qair Buang	Qair Kotor (m ³ /detik)	
2002	2011	m ³ /orang/detik	2002	2011
837	1637	0,00000228	0,001905	0,003724

Sumber: Hasil perhitungan

Selanjutnya debit banjir rancangan di lokasi studi dengan kala ulang 2 tahun pada tahun 2002 dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_r &= Q_{ah} + Q_{ak} \\ &= 0,22 + 0,001905 \\ &= 0,222 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan $Q_{\text{rancangan}}$ pada tahun 2002 dan 2011 dapat dilihat pada tabel 4.36.

Tabel 4.36. Perhitungan debit rancangan di lokasi studi tahun 2002 dan 2011

tahun	Qsal	Qrancangan (m ³ /dt)	
	(m ³ /dt)	2	5
2002	1,429	0,222	0,332
2011		4,074	5,194

Sumber: Perhitungan

4.4. Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase Eksisting

Perhitungan kapasitas saluran drainase eksisting bertujuan untuk mengetahui kemampuan saluran drainase dalam menampung debit yang ada, sekaligus untuk mengetahui volume limpasan yang tereduksi oleh saluran drainase. Kapasitas saluran drainase eksisting ini selanjutnya dibandingkan dengan kapasitas saluran drainase rencana.

Apabila didapatkan kapasitas saluran drainase eksisting lebih besar daripada kapasitas saluran drainase rencana, maka saluran drainase masih bisa menampung debit yang ada. Dan sebaliknya maka saluran drainase eksisting perlu adanya perbaikan atau peninjauan ulang pada lapangan guna mengetahui penyebab saluran drainase tidak mampu menampung debit rencana.

Contoh perhitungan saluran drainase di Jalan Danau Sentani Raya yang berbentuk trapesium dengan persamaan sebagai berikut :

$$A = (b + m \cdot h) \cdot h$$

$$= (0,5 + 0,25 \cdot 0,7) \cdot 0,7$$

$$= 0,473 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$$

$$= 0,5 + 2 \cdot 0,7\sqrt{1 + 0,25^2}$$

$$= 1,943 \text{ m}$$

$$R = \frac{(b + mh)h}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}}$$

$$= \frac{(0,5 + 0,25 \cdot 0,7)0,7}{0,5 + 2 \cdot 0,7\sqrt{1 + 0,25^2}}$$

$$= 0,243 \text{ m}$$

Dengan $S = 0,0083$ dan $n = 0,015$, maka,

$$V_{\text{sal}} = \frac{1}{0,015} \times 0,243^{2/3} \times 0,0083^{1/2}$$

$$= 2,366 \text{ m/det}$$

$$Q_{\text{sal}} = A \times V$$

$$= 0,473 \times 2,366 = 1,118 \text{ m}^3/\text{det}$$

Berikut perhitungan kapasitas saluran drainase secara lengkap dapat dilihat pada tabel 4.37.

Tabel 4.37. Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase Eksisting Jalan Danau Sentani Raya

Nama Jalan	Danau Sentani Raya
Panjang Saluran (m)	1027
Bentuk Saluran	Trapesium
b1 (m)	0,5
b2 (m)	1
h (m)	0,7
m (m)	0,25
Slope Saluran	0,0083
A (m ²)	0,473
P (m)	1,943
R (m)	0,243
Tipe Konstruksi	Plesteran
n	0,015
V (m/dtk)	2,366
Qsal (m ³ /dtk)	1,118

Sumber: Data dan Hasil Perhitungan

4.5. Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase

Evaluasi kapasitas saluran drainase merupakan penilaian kapasitas saluran drainase terhadap debit air kotor dan debit rancangan, yang terdiri dari hanya air kotor hasil buangan penduduk kemudian gabungan antara limpasan akibat air hujan dengan menggunakan SIMODAS dan air kotor hasil buangan penduduk. Metode yang digunakan dalam evaluasi ini adalah metode evaluatif, yaitu dengan membandingkan kapasitas saluran drainase dengan debit air kotor dan debit rancangan. Oleh karena itu dibutuhkan data eksisting saluran drainase sebagai pembanding. Dalam studi ini menggunakan 2 tahun data debit rancangan yaitu tahun 2002 dan 2011 dengan menggunakan 1 kapasitas eksisting saluran drainase tahun 2006.

4.5.1. Evaluasi Terhadap Debit Air Kotor

Berikut evaluasi kapasitas saluran drainase jalan Danau Sentani Raya berdasarkan hasil perhitungan debit buangan penduduk tahun 2002 dan 2011 yang kemudian di bandingkan dengan kapasitas eksisting saluran drainase di lapangan. Perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.38-4.39.

Tabel 4.38. Evaluasi terhadap Debit Air Kotor Jalan Danau Sentani Raya tahun 2002

Nama Jalan	Qsal	Qair Kotor	Keterangan	Genangan
	(m ³ /dtk)	(m ³ /dtk)		(m ³ /dtk)
Danau Sentani Raya	1,118	0,001905	Memenuhi	-

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.39. Evaluasi terhadap Debit Air Kotor Jalan Danau Sentani Raya tahun 2011

Nama Jalan	Qsal	Qair Kotor	Keterangan	Genangan
	(m ³ /dtk)	(m ³ /dtk)		(m ³ /dtk)
Danau Sentani Raya	1,118	0,003724	Memenuhi	-

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil evaluasi kapasitas eksisting saluran drainase dengan debit air kotor di atas dapat dilihat debit air kotor tidak berpengaruh besar terhadap kondisi saluran drainase.

4.5.2. Evaluasi Terhadap Debit Rancangan hasil SIMODAS

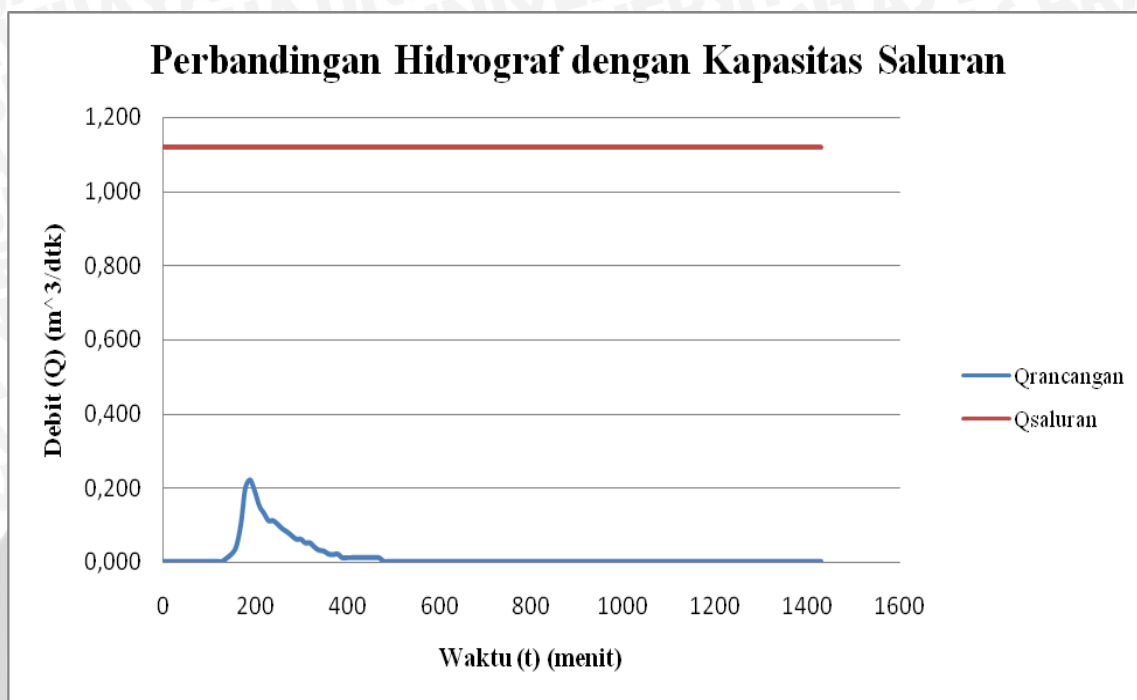
Berikut evaluasi kapasitas saluran drainase jalan Danau Sentani Raya berdasarkan hasil perhitungan limpasan hasil SIMODAS kemudian di tambahkan debit buangan penduduk tahun 2002 dan 2011 yang kemudian di bandingkan dengan kapasitas eksisting saluran drainase di lapangan. Perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.40-4.41. (hasil evaluasi lengkap debit rancangan dengan kapasitas eksisting saluran drainase dapat dilihat pada tabel 4.42-4.45 lampiran).

Tabel 4.40. Evaluasi terhadap Debit Rancangan Jalan Danau Sentani Raya tahun 2002

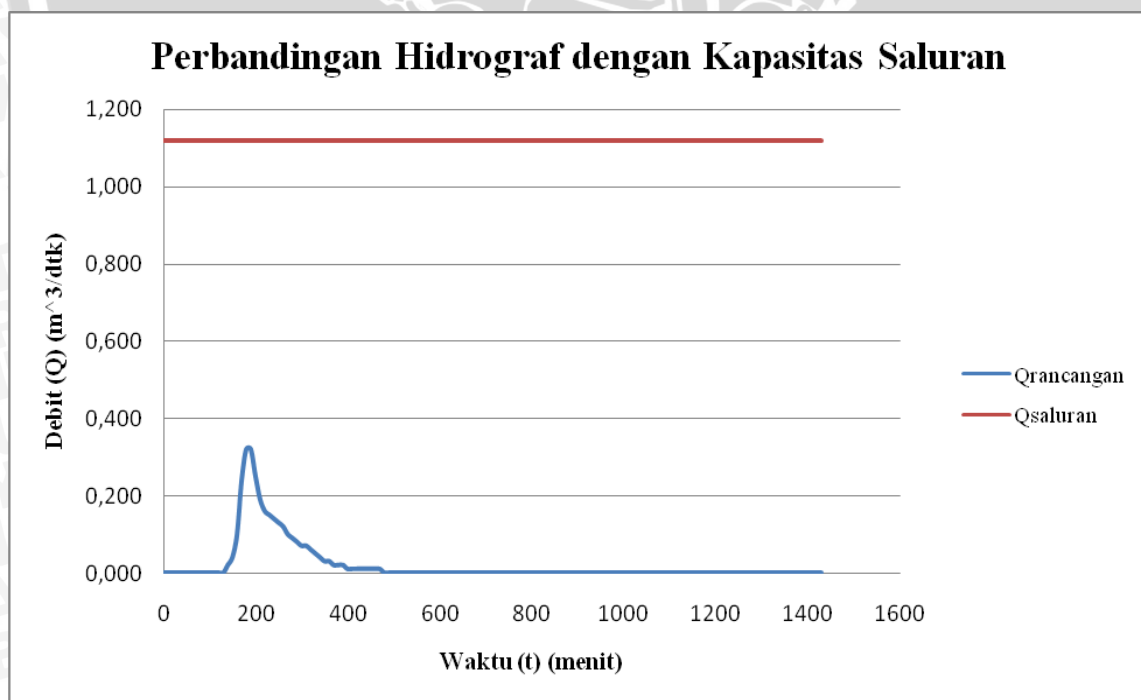
Nama Jalan	Qsal	Qair Kotor	QRancangan (m ³ /dtk)		Keterangan		Genangan rata-rata (m ³ /dtk)	
	(m ³ /dtk)	(m ³ /dtk)	2	5	2	5	2	5
Danau Sentani Raya	1,118	0,001905	0,222	0,332	Memenuhi	Memenuhi	-	-

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil evaluasi lengkap debit rancangan pada tahun 2002 dengan kapasitas eksisting saluran drainase dapat di buat sebuah grafik hidrograf yang dapat dilihat pada gambar 4.36–4.37.



Gambar 4.36. Perbandingan Hidrograf Debit Rancangan Kala Ulang 2 tahun pada tahun 2002 terhadap Kapasitas saluran
Sumber: Hasil Pengolahan Model



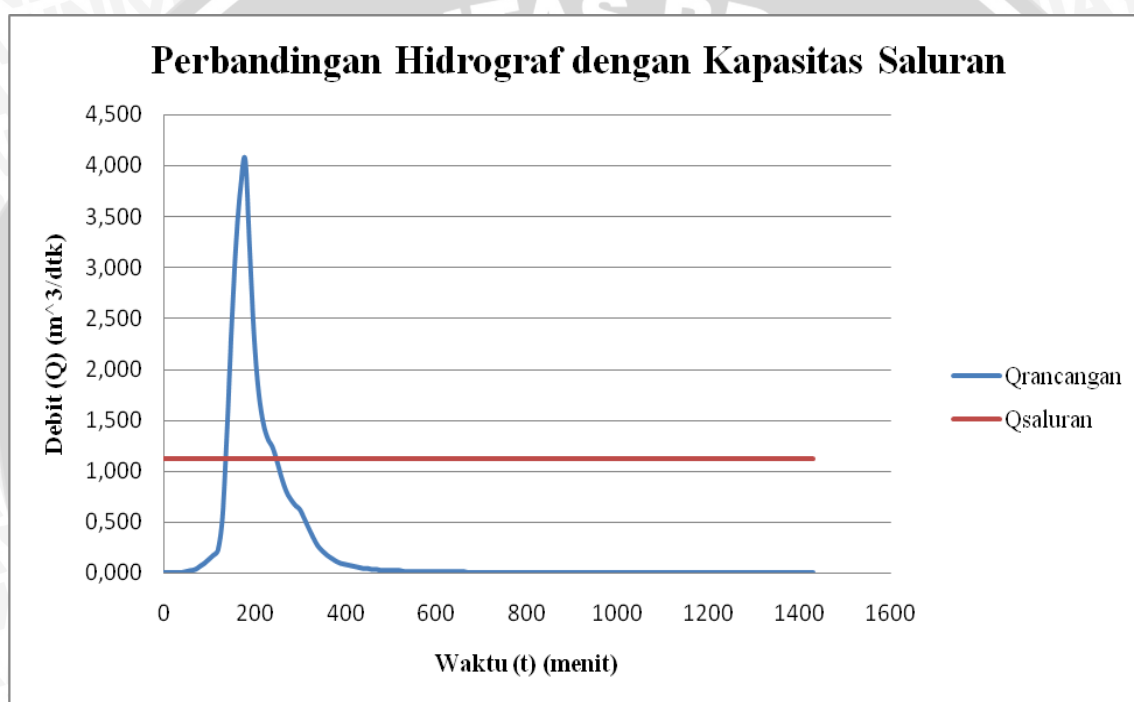
Gambar 4.37. Perbandingan Hidrograf Debit Rancangan Kala Ulang 5 tahun pada tahun 2002 terhadap Kapasitas saluran
Sumber: Hasil Pengolahan Model

Tabel 4.41. Evaluasi terhadap Debit Rancangan Jalan Danau Sentani Raya tahun 2011

Nama Jalan	Qsal	Qair Kotor	QRancangan (m ³ /dtk)		Keterangan		Genangan rata-rata (m ³ /dtk)	
	(m ³ /dtk)	(m ³ /dtk)	2	5	2	5	2	5
Danau Sentani Raya	1,118	0,003724	4,074	5,194	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi	1,255	1,656

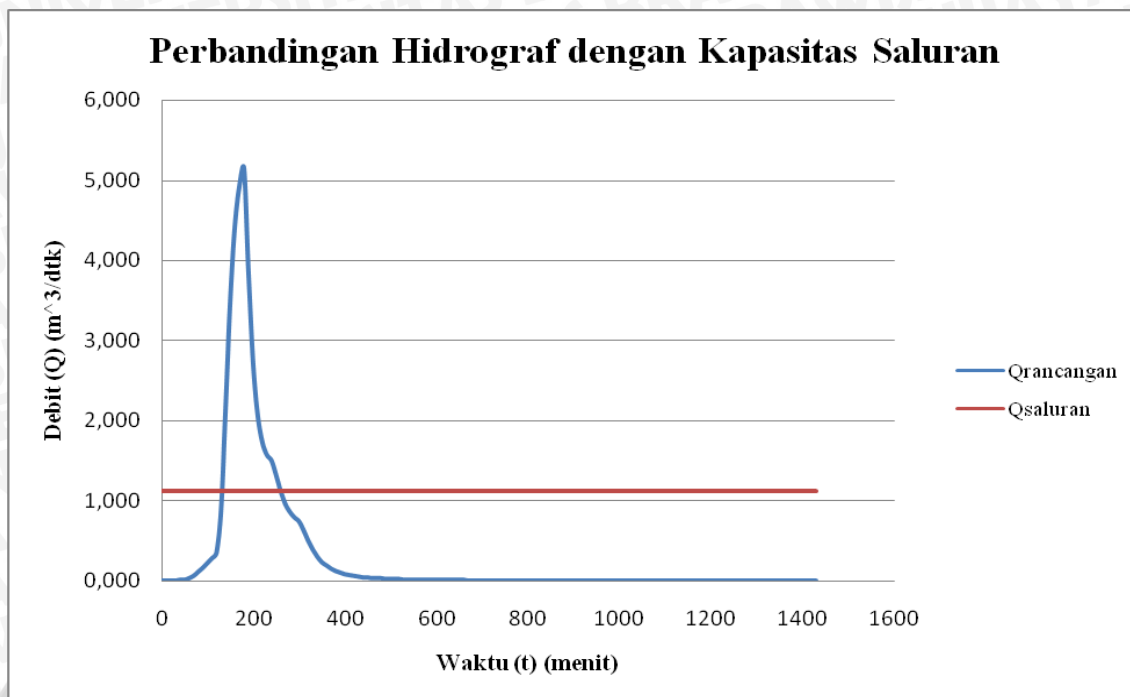
Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil evaluasi lengkap debit rancangan pada tahun 2011 dengan kapasitas eksisting saluran drainase dapat di buat sebuah grafik hidrograf yang dapat dilihat pada gambar 4.38–4.39.



Gambar 4.38. Perbandingan Hidrograf Debit Rancangan Kala Ulang 2 tahun pada tahun 2011 terhadap Kapasitas saluran

Sumber: Hasil Pengolahan Model



Gambar 4.39. Perbandingan Hidrograf Debit Rancangan Kala Ulang 5 tahun pada tahun 2011 terhadap Kapasitas saluran
Sumber: Hasil Pengolahan Model

Dengan diketahui debit genangan rata - rata pada tahun 2011 sebesar 1,255 m³/dt untuk kala ulang 2 tahun dan 1,656 m³/dt untuk kala ulang 5 tahun, maka tinggi genangan yang terjadi dapat dicari dengan cara berikut :

- Tinggi genangan kala ulang 2 tahun :

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= Q_{\text{genangan rata-rata}} \times \text{waktu} \\ &= 1,255 \text{ m}^3/\text{dt} \times 6600 \text{ dtk} \\ &= 8283 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi genangan} &= \text{Volume} : \text{luas} \\ &= 8283 \text{ m}^3 : 149014,835 \text{ m}^2 \\ &= 0,055 \text{ m} \\ &= 5,555 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Tinggi genangan kala ulang 5 tahun :

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= Q_{\text{genangan rata-rata}} \times \text{waktu} \\ &= 1,656 \text{ m}^3/\text{dt} \times 7800 \text{ dtk} \\ &= 12916,800 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi genangan} &= \text{Volume} : \text{luas} \\
 &= 12916,800 \text{ m}^3 : 149014,835 \text{ m}^2 \\
 &= 0,086 \text{ m} \\
 &= 8,668 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dari hasil grafik perbandingan hidrograf banjir rancangan dengan kapasitas sauran eksisting dapat dilihat saluran drainase eksisting masih bisa menampung debit rancangan pada tahun 2002 sedangkan untuk debit rancangan pada tahun 2011 saluran drainase eksisting sudah tidak mampu lagi untuk menampung, besarnya volume air hujan yang tidak bisa menampung saluran pada tahun 2011 adalah 8281,773 m³ untuk kala ulang 2 tahun dan 12918,46 m³ untuk kala ulang 5 tahun.

4.6. Evaluasi Penyebab dan Penanggulangan Genangan

Dalam studi ini, sudah dilakukan evaluasi di lapangan seperti yang diperlihatkan pada pembahasan sebelumnya. Ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya genangan pada lokasi studi. Berikut hasil evaluasi pada lokasi studi yang tersaji pada tabel 4.46 dan gambar 4.40.



Gambar 4.40. Lokasi perkiraan genangan pada Jalan Danau Sentani Raya
Sumber: Hasil survey

Tabel 4.46. Permasalahan dan Penanggulangan Genangan pada Jalan Danau Sentani Raya

Lokasi Genangan	Penyebab	Alternatif Penanggulangan
Jl. Danau Sentani Raya	1. Dimensi saluran drainase kecil sehingga tidak dapat menampung air limpasan yang mengakibatkan genangan yang besar. 2. Banyaknya sedimen, sampah dll yang mengakibatkan tersumbatnya saluran drainase sehingga air limpasan tidak dapat tertampung	1. Perlu memperbesar dimensi saluran agar dapat menampung air limpasan hujan. 2. Perlu adanya normalisasi saluran akibat sedimen, sampah dll agar saluran drainase dapat berfungsi maksimal.

Sumber: Hasil evaluasi lapangan

