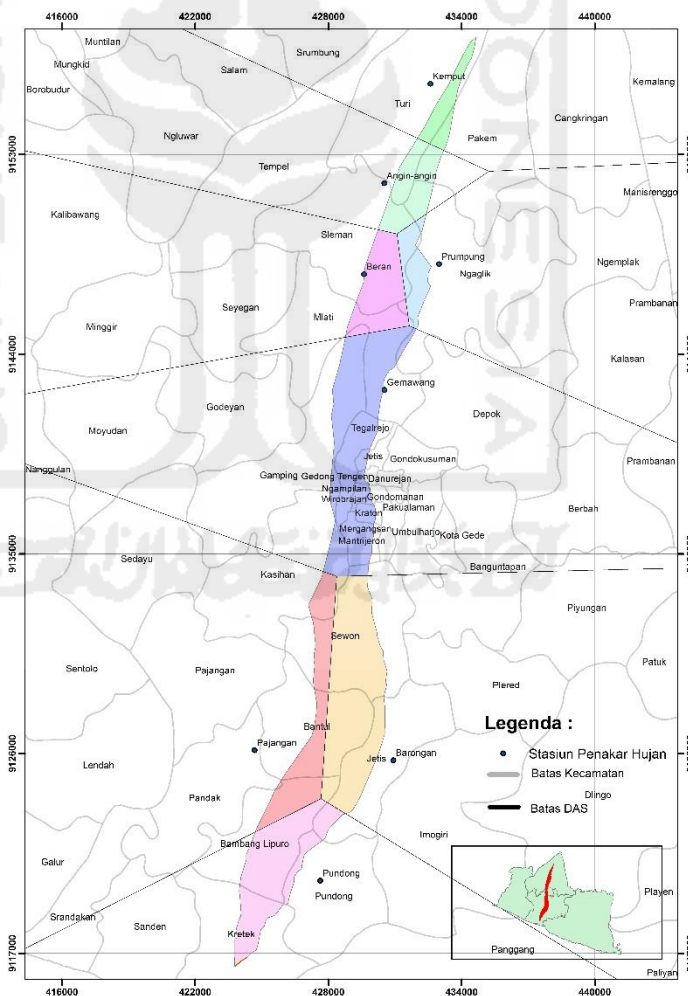


## BAB V DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Hujan Harian Maksimum DAS Winongo

Hujan harian maksimum dianalisis dengan menggunakan metode *Polygon Thiessen*. Terdapat 8 stasiun hujan di DAS winongo. Jumlah ketersediaan data di DAS Winongo dari tahun 2002 sampai 2013 sebanyak 12 tahun. Bobot *Thiessen* ditentukan berdasarkan rasio luas pengaruh stasiun hujan terhadap luas total DAS. Analisis ini menggunakan bantuan *software ArcGis 10.3* dan Gambar 5.1 adalah hasil dari analisis tersebut.



**Gambar 5.1 Penentuan Hujan Kawasan dengan Metode *Thiessen***

Dari analisis di atas didapat masing-masing luas pengaruh dari stasiun hujan. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 5.1 dibawah ini.

**Tabel 5.1 Luas Pengaruh Stasiun Hujan terhadap DAS**

No	Nama Stasiun	Luas Daerah Tangkapan (Ai)x(km <sup>2</sup> )	Koef. Thiessen (Ci)(100%)
1	Stasiun Kempud	3,452	3,687
2	Stasiun Beran	8,381	8,951
3	Stasiun Prumpung	4,343	4,638
4	Stasiun Gemawang	22,469	23,997
5	Stasiun Angin-angin	6,646	7,098
6	Stasiun Pajangan	11,379	12,153
7	Stasiun Pundong	14,566	15,557
8	Stasiun Barongan	22,396	23,919
Jumlah		93,632	100

## 5.2 Analisis Curah Hujan

### 5.2.1 Ketersediaan Hujan

Untuk mendapatkan hasil yang maksimum, dibutuhkan ketersediaan data yang secara kualitas dan kuantitas yang cukup memadai. Data hujan yang digunakan selama 12 tahun dimulai tahun 2002 sampai tahun 2013 dari beberapa stasiun yaitu Stasiun Kempud, Stasiun Angin-angin, Stasiun Beran, Stasiun Gemawang, Stasiun Pajangan, Stasiun Barongan dan Stasiun Pundong. Data hujan harian tersebut dapat dilihat pada Lampiran.

### 5.2.2 Perhitungan Curah Hujan Maksimum Rata-rata

Dari hasil rata-rata diperoleh (sesuai dengan jumlah pos hujan) dipilih hujan tertinggi dari total kejadian hujan yang terjadi setiap hari dikalikan dengan bobot masing-masing stasiun. Data hujan yang terpilih setiap tahun merupakan hujan maksimum harian DAS untuk tahun yang bersangkutan. Tabel 5.2 di bawah ini merupakan hasil perhitungan hujan maksimum harian rata-rata metode *Thiessen*.

**Tabel 5.2 Perhitungan Hujan Maksimum Harian Rata-rata**

No	Kejadian			Stasiun kemptu		Stasiun Beran		Stasiun Prumpung		Stasiun Gemawang		Stasiun Pajangan		Stasiun Pundong		Stasiun Barongan		Stasiun Angin-angin		Curah hujan
	Tanggal	Bulan	Tahun	0,0369	0,0895	0,0464	0,2400	0,1215	0,1556	0,2392	0,0710	maks. rata-rata								
1	3	2	2002	2	0,074	22	1,969	27	1,252	35	8,399	52,9	6,429	58	9,023	58	13,873	8,5	0,603	41,623
2	3	1	2003	0	0,000	51	4,565	38	1,763	21	5,039	30,1	3,658	90,5	14,079	70,3	16,815	8	0,568	46,487
3	27	12	2004	50	1,843	169	15,127	2	0,093	160	38,395	31,6	3,840	9	1,400	140	33,487	25	1,775	95,961
4	17	12	2005	35	1,290	98	8,772	107	4,963	72,8	17,470	111,7	13,575	46	7,156	40	9,568	105	7,453	70,247
5	27	1	2006	35	1,290	63	5,639	44	2,041	6	1,440	66,6	8,094	45	7,000	470	112,42	0	0	137,925
6	27	1	2007	6	0,221	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0,233	470	112,42	0	0	112,875
7	14	2	2008	0	0	48	4,296	0	0	21	5,039	37,3	4,533	88,7	13,799	16,6	3,971	0	0	31,638
8	11	2	2009	3	0,111	48	4	0	0	23,7	5,687	120,5	14,644	0	0	1,6	0,383	0	0	25,121
9	6	12	2010	3	0,111	115,3	10,321	1	0,046	0	0	0	0	39	6,067	39,7	9,496	53,6	3,805	29,845
10	4	11	2011	0	0,000	34	3,043	30,5	1,415	51,4	12,335	50,5	6,137	0	0	0	0	83	5,891	28,821
11	1	1	2012	4	0,147	213,5	19,110	10	0,464	131,2	31,484	111,5	13,550	105,9	16,474	3	0,718	38,9	2,761	84,710
12	22	2	2013	0	0	15,7	1,405	59	2,737	62	14,878	54,8	6,660	2,2	0,342	48	11,481	24,3	1,725	39,228

### 5.3 Analisis Frekuensi Hujan Harian

Hujan maksimum harian rata-rata yang telah diperoleh diurutkan dari besar ke kecil, kemudian dianalisis berdasarkan distribusi terpilih yang sesuai dengan syarat pada masing-masing distribusi untuk mendapatkan hujan dengan periode ulang (kala ulang) tertentu. Perhitungan analisis frekuensi curah hujan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut ini.

**Tabel 5.3 Perhitungan Dispersi Curah Hujan Rata-rata**

**DAS Winongo**

No	Tahun	Rmax ( $X_i$ ) (mm)	( $X_i - X_{rt}$ ) (mm)	( $X_i - X_{rt}$ ) <sup>2</sup> (mm)	( $X_i - X_{rt}$ ) <sup>3</sup> (mm)	( $X_i - X_{rt}$ ) <sup>4</sup> (mm)
1	2002	41,623	-20,417	416,8723	-8511,470	173782,511
2	2003	46,487	-15,553	241,901	-3762,319	58515,938
3	2004	95,961	33,921	1150,605	39029,170	1323891,591
4	2005	70,247	8,207	67,351	552,738	4536,199
5	2006	137,925	75,885	5758,487	436980,986	33160167,821
6	2007	112,875	50,835	2584,168	131365,466	6677926,186
7	2008	31,638	-30,402	924,264	-28099,218	854264,415
8	2009	25,121	-36,919	1362,983	-50319,429	1857722,933
9	2010	29,845	-32,195	1036,514	-33370,482	1074360,364
10	2011	28,821	-33,219	1103,490	-36656,660	1217691,274
11	2012	84,710	22,670	513,913	11650,230	264106,644
12	2013	39,228	-22,812	520,375	-11870,655	270790,191
$\Sigma X$		744,479		15680,924	446988,355	46937756,068

Dari Tabel 5.3 dapat dihitung faktor-faktor uji distribusi sebagai berikut.

1. Harga rata – rata ( $X_{rt}$ )

$$\begin{aligned}
 X_{rt} &= \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} && (3.2) \\
 &= \frac{744,479}{12} \\
 &= 62,040
 \end{aligned}$$

2. Standar deviasi (S)

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_r)^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{15680,924}{12-1}} \\
 &= 37,756
 \end{aligned}
 \tag{3.4}$$

3. Koefisien *Swekness* (C<sub>s</sub>)

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{n}{(n-1)x(n-2)} \sum_{i=1}^n (X_i - X_r)^3 \\
 &= \frac{12}{(12-1)x(12-2)} x 446988,355^2 \\
 &= 48762,37
 \end{aligned}
 \tag{3.6}$$

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{a}{S^3} \\
 &= \frac{48762,37}{37,756^3} \\
 &= 0,906
 \end{aligned}
 \tag{3.7}$$

4. Koefisien *curtosis* (C<sub>k</sub>)

$$\begin{aligned}
 C_k &= \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - X_r)^4}{(n-1)x(n-2)x(n-3)xS^4} \\
 &= \frac{12^2 x 46937756068}{(12-1)x(12-2)x(12-3)x37,756^4} \\
 &= 3,360
 \end{aligned}
 \tag{3.8}$$

5. Koefisien varian (C<sub>v</sub>)

$$\begin{aligned}
 C_v &= \frac{S}{X_r} \\
 &= \frac{37,756}{62,040} \\
 &= 0,609
 \end{aligned}
 \tag{3.5}$$

Sedangkan untuk pengukuran besarnya dispersi logaritma dilakukan melalui perhitungan parametrik untuk  $(y_i - \bar{y})$ ,  $(y_i - \bar{y})^2$ ,  $(y_i - \bar{y})^3$ ,  $(y_i - \bar{y})^4$  terlebih dahulu. Pengukuran dispersi ini digunakan untuk analisa distribusi Log Normal dan Log Pearson III. Perhitungan parametrik statistik dapat dilihat pada Tabel 5.4.

**Tabel 5.4 Perhitungan Dispersi Curah Hujan Rata-rata dalam Nilai Logaritma**

No	Tahun	Rmax ( $y_i$ ) (mm)	$y_i$ (mm)	$(y_i - \bar{y})$ (mm)	$(y_i - \bar{y})^2$ (mm)	$(y_i - \bar{y})^3$ (mm)	$(y_i - \bar{y})^4$ (mm)
1	2002	41,623	1,619	-0,103	0,011	-0,001	0,000
2	2003	46,487	1,667	-0,055	0,003	0,000	0,000
3	2004	95,961	1,982	0,260	0,068	0,018	0,005
4	2005	70,247	1,847	0,125	0,016	0,002	0,000
5	2006	137,925	2,140	0,418	0,174	0,073	0,030
6	2007	112,875	2,053	0,331	0,109	0,036	0,012
7	2008	31,638	1,500	-0,222	0,049	-0,011	0,002
8	2009	25,121	1,400	-0,322	0,104	-0,033	0,011
9	2010	29,845	1,475	-0,247	0,061	-0,015	0,004
10	2011	28,821	1,460	-0,262	0,069	-0,018	0,005
11	2012	84,710	1,928	0,206	0,042	0,009	0,002
12	2013	39,228	1,594	-0,128	0,016	-0,002	0,000
$\Sigma X$		744,479	20,664		0,722	0,056	0,071

Dari Tabel 5.4 dapat dihitung faktor-faktor distribusi sebagai berikut.

1. Harga rata-rata ( $\bar{y}$ )

$$\begin{aligned} \bar{y} &= \frac{\sum_i^n y_i}{n} \\ &= \frac{20,664}{12} \\ &= 1,722 \end{aligned} \tag{3.2}$$

2. Standar deviasi ( $S_y$ )

$$\begin{aligned} S_y &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0,722}{12-1}} \\ &= 0,256 \end{aligned} \tag{3.4}$$

3. Koefisien *Swekness* ( $C_s$ )

$$\begin{aligned} a &= \frac{n}{(n-1)x(n-2)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^3 \\ &= \frac{12}{(12-1)x(12-2)} \times 0,056 \\ &= 0,006 \end{aligned} \tag{3.6}$$

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{a}{S_y^3} \\ &= \frac{0,006}{0,256^3} \\ &= 0,358 \end{aligned} \tag{3.7}$$

4. Koefisien *curtosis* ( $C_k$ )

$$\begin{aligned} C_k &= \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^4}{(n-1)x(n-2)x(n-3)xS_y^4} \\ &= \frac{12^2 \times 0,071}{(12-1)x(12-2)x(12-3)x0,256^4} \\ &= 2,397 \end{aligned} \tag{3.8}$$

5. Koefisien varian ( $C_v$ )

$$\begin{aligned} C_v &= \frac{S_y}{y} \\ &= \frac{0,256}{1,722} \\ &= 0,149 \end{aligned} \tag{3.5}$$

Setelah dilakukan pengukuran dispersi, selanjutnya ditentukan jenis sebaran yang tepat (mendekati) untuk menghitung curah hujan rencana dengan syarat-syarat tertentu. Berikut ini adalah syarat untuk menentukan jenis sebaran seperti yang disajikan pada Tabel 5.5.

**Tabel 5.5 Syarat-syarat batas batas tertentu**

No	Distribusi	Persyaratan	Hasil perhitungan	Keterangan
1	Normal	$(\bar{X} \pm S) = 68,27\%$	83,333	Tidak memenuhi
		$(\bar{X} \pm 2S) = 95,44\%$	91,667	Tidak memenuhi
		$C_s \approx 0$	0,906	Tidak memenuhi
		$C_k \approx 3$	3,360	Tidak memenuhi
2	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$	0,358	Tidak memenuhi
		$C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$	2,397	Tidak memenuhi
3	Gumbel	$C_s = 1,14$	0,906	Tidak memenuhi
		$C_k = 5,4$	3,360	Tidak memenuhi
4	Log Pearson III	Selain nilai di atas		Memenuhi

Dari perhitungan yang telah dilakukan dengan syarat-syarat tersebut diatas, maka dipilih distribusi Log Pearson III.

### 5.3.1 Perhitungan Periode Ulang Distribusi Log Pearson III

Analisis data hujan maksimum dengan periode ulang tertentu dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$y_T = \bar{y} + K_T S_y \quad (3.14)$$

keterangan :

$y_T$  = nilai logaritmik dari x dengan periode ulang  $T$

$\bar{y}$  = nilai rerata dari  $y_i$

$S_y$  = deviasi standar  $y_i$

$K_T$  = faktor frekuensi



**Tabel 5.6 Curah Hujan Rencana dengan Periode Ulang *Log Pearson III***

No	Periode Ulang (Tahun)	$\bar{y}$	$S_y$	$K_T$	$y_T$	$X_T$
1	2	1,722	0,256	-0,06	1,707	50,917
2	5	1,722	0,256	0,819	1,932	85,470
3	10	1,722	0,256	1,314	2,059	114,434
4	25	1,722	0,256	1,867	2,200	158,608
5	50	1,722	0,256	2,240	2,296	197,599
6	100	1,722	0,256	2,585	2,384	242,256

**Tabel 5.7 Nilai  $K_T$  untuk distribusi *Log Pearson III***

Koef, G	Interval kejadian ( <i>Recurrence interval</i> ), tahun (periode ulang)							
	1, 0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui ( <i>Percent chance of being exceeded</i> )							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

Sumber : Suripin (2003)

Dari Tabel 5.7 dapat dihitung nilai K tiap kala ulang sebagai berikut.

1. Kala ulang 2 tahun

Interpolasi nilai  $K_2$

$$K_2 = -0,033 + \frac{0,358 - 0,2}{0,2} \cdot x(-0,066 - (-0,033))$$

$$= -0,06$$

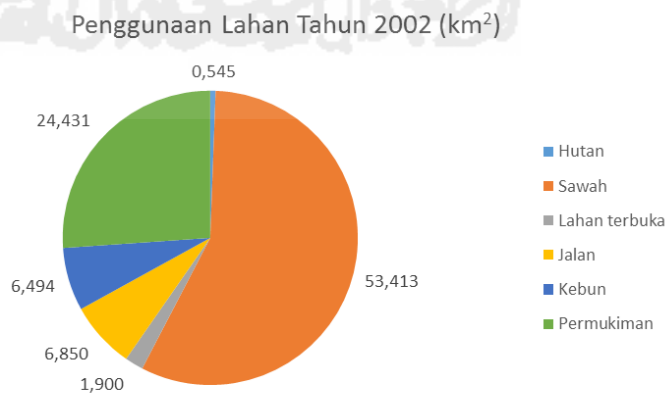
Hasil interpolasi nilai K tiap kala ulang dapat dilihat pada Tabel 5.7.

**Tabel 5.8 Curah Hujan Rencana**

No	Periode Ulang (Tahun)	Curah Hujan Rencana (mm)
1	2	50,917
2	5	85,470
3	10	114,434
4	25	158,608
5	50	197,599
6	100	242,256

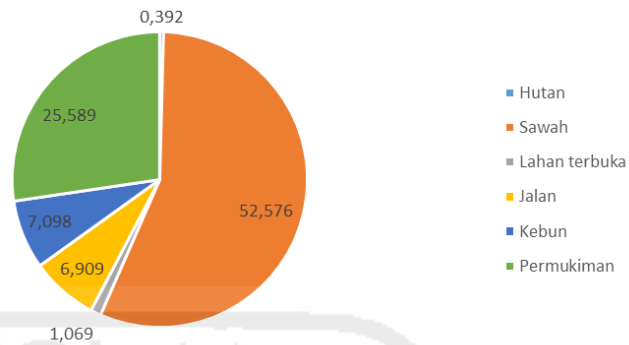
**5.4 Penentuan Nilai *Curve Number***

Hasil pengolahan data spasial (peta digital) di DAS Winongo menunjukkan tidak ada perubahan tata guna lahan yang signifikan pada tahun 2003 dan 2013. Luas masing-masing penggunaan lahan tahun 2003, 2007, dan 2013 disajikan pada Gambar 5.2, Gambar 5.3, dan Gambar 5.4.



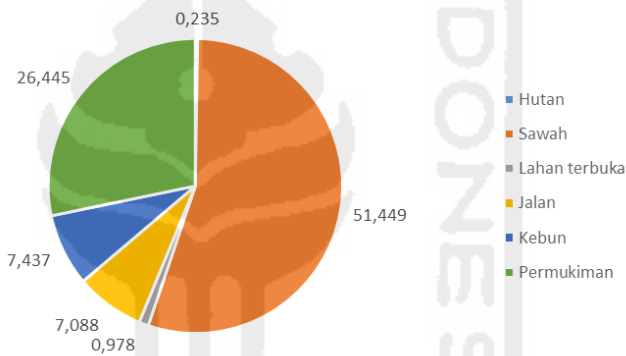
**Gambar 5.2 Luas Berdasarkan Jenis Tutupan Lahan Tahun 2002**

Persentase Penggunaan Lahan Tahun 2007



**Gambar 5.3 Luas Berdasarkan Jenis Tutupan Lahan Tahun 2007**

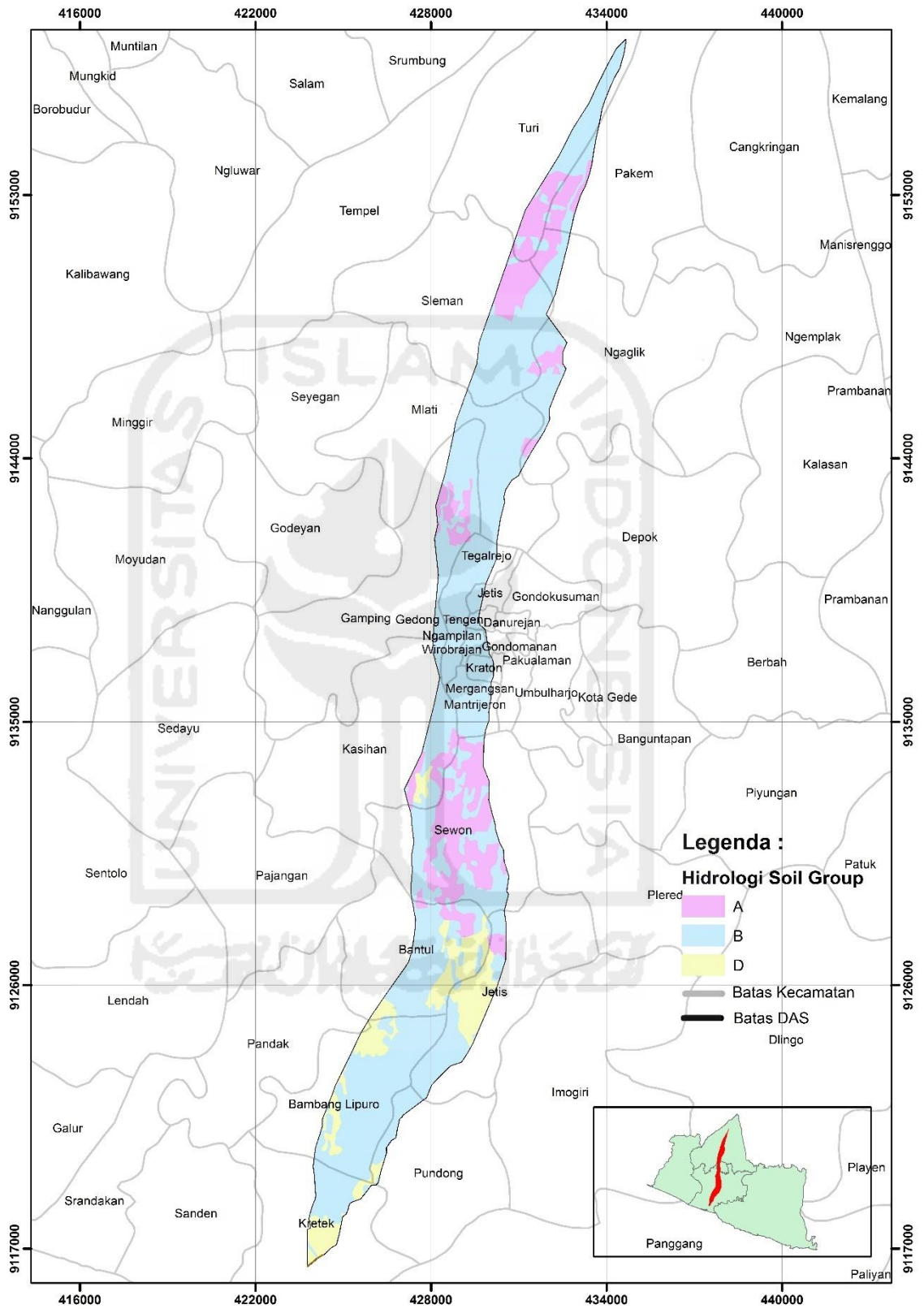
Penggunaan Lahan 2013 (km<sup>2</sup>)



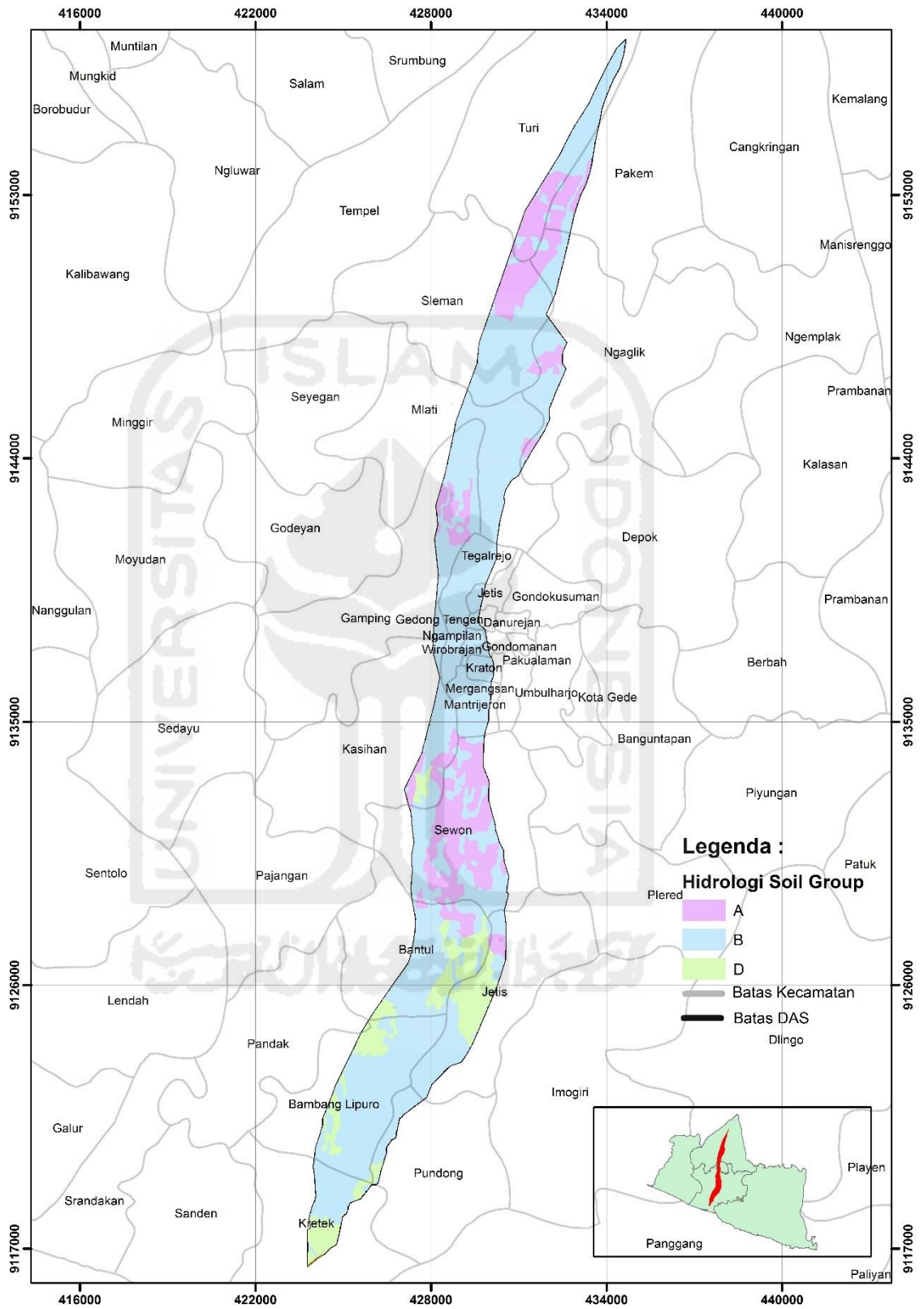
**Gambar 5.4 Luas Berdasarkan Jenis Tutupan Lahan Tahun 2013**

#### 5.4.1 Jenis Tanah

Jenis-jenis tanah yang ada di DAS Winongo bertekstur liat, lempung berpasir, dan pasir berlempung. Kelompok hidrologi tanah tergantung pada tekstur tanah lokasi penelitian, dari tekstur tersebut tanah yang berada di DAS Winongo tergolong pada kelompok hidrologi tanah A, B, dan D. Data struktur tanah diperoleh dari Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Yogyakarta. Untuk mengetahui kelompok hidrologi tanah digunakan Tabel 3.8. Dibawah ini adalah kelompok hidrologi tanah yang dapat dilihat pada Gambar 5.5, Gambar 5.6, dan Gambar 5.7.



Gambar 5.5 Kelompok hidrologi tanah DAS Winongo tahun 2002



Gambar 5.6 Kelompok hidrologi tanah DAS Winongo tahun 2007





## 5.5 Menghitung AMC

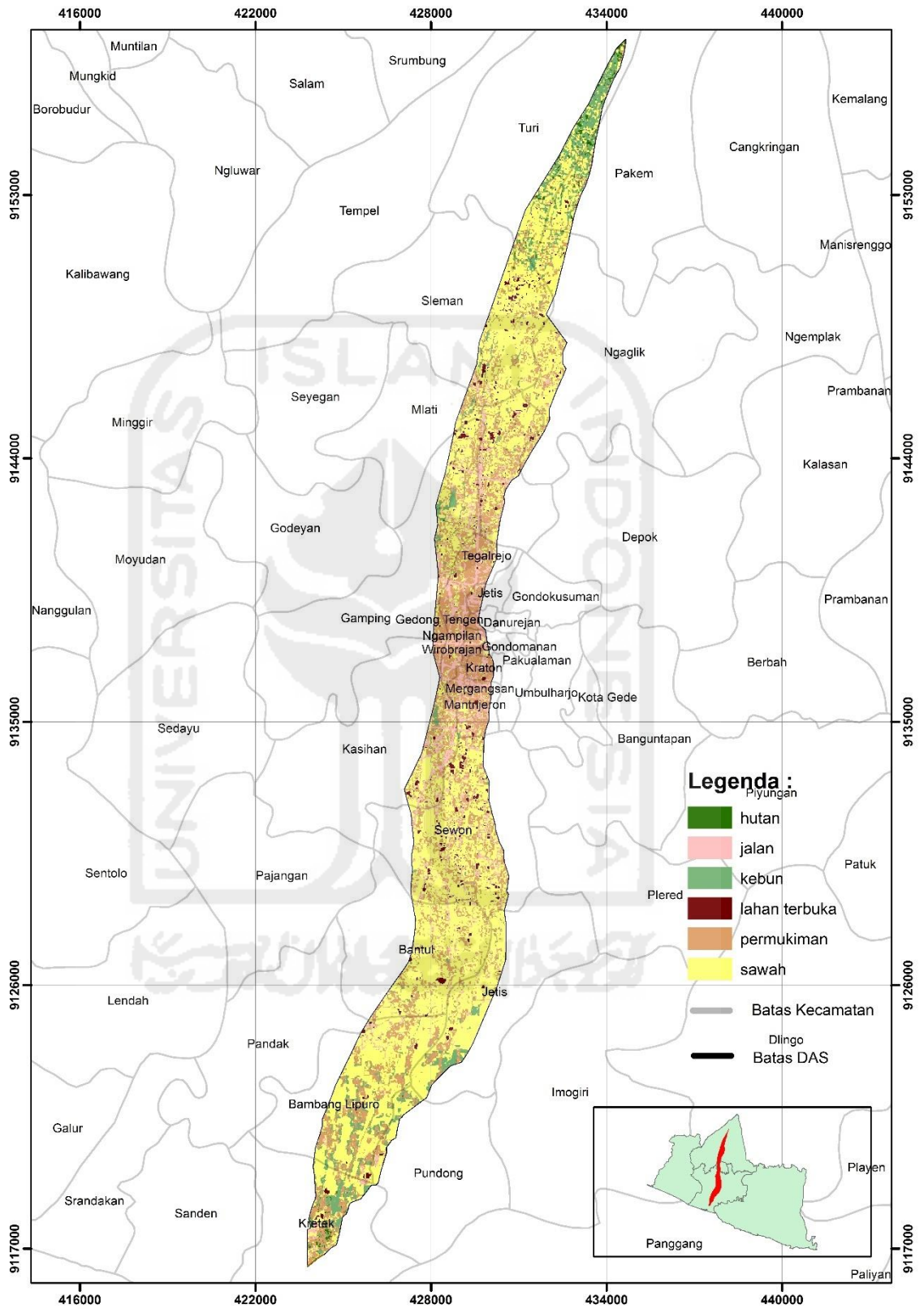
Analisis hujan rata-rata DAS diperlukan untuk mengetahui kondisi kelengasan tanah yang akan digunakan untuk analisis hujan efektif metode *SCS-CN*. Namun untuk penelitian ini digunakan kelas *AMC I* dengan kondisi tanah kering.

## 5.6 Hujan Efektif *SCS CN*

Nilai *CN* yang ada di DAS Winongo adalah nilai *CN* komposit yaitu penjumlahan dari *CN* tiap-tiap penggunaan lahan dalam DAS, dengan nilai *CN* untuk masing-masing tata guna lahan dikalikan dengan bobot luasannya. Nilai *CN* DAS Winongo tahun 2003 sebesar 78,958, tahun 2007 sebesar 79,075 dan tahun 2013 sebesar 79,431 dapat dilihat pada Tabel 5.9, 5.10 dan 5.11.

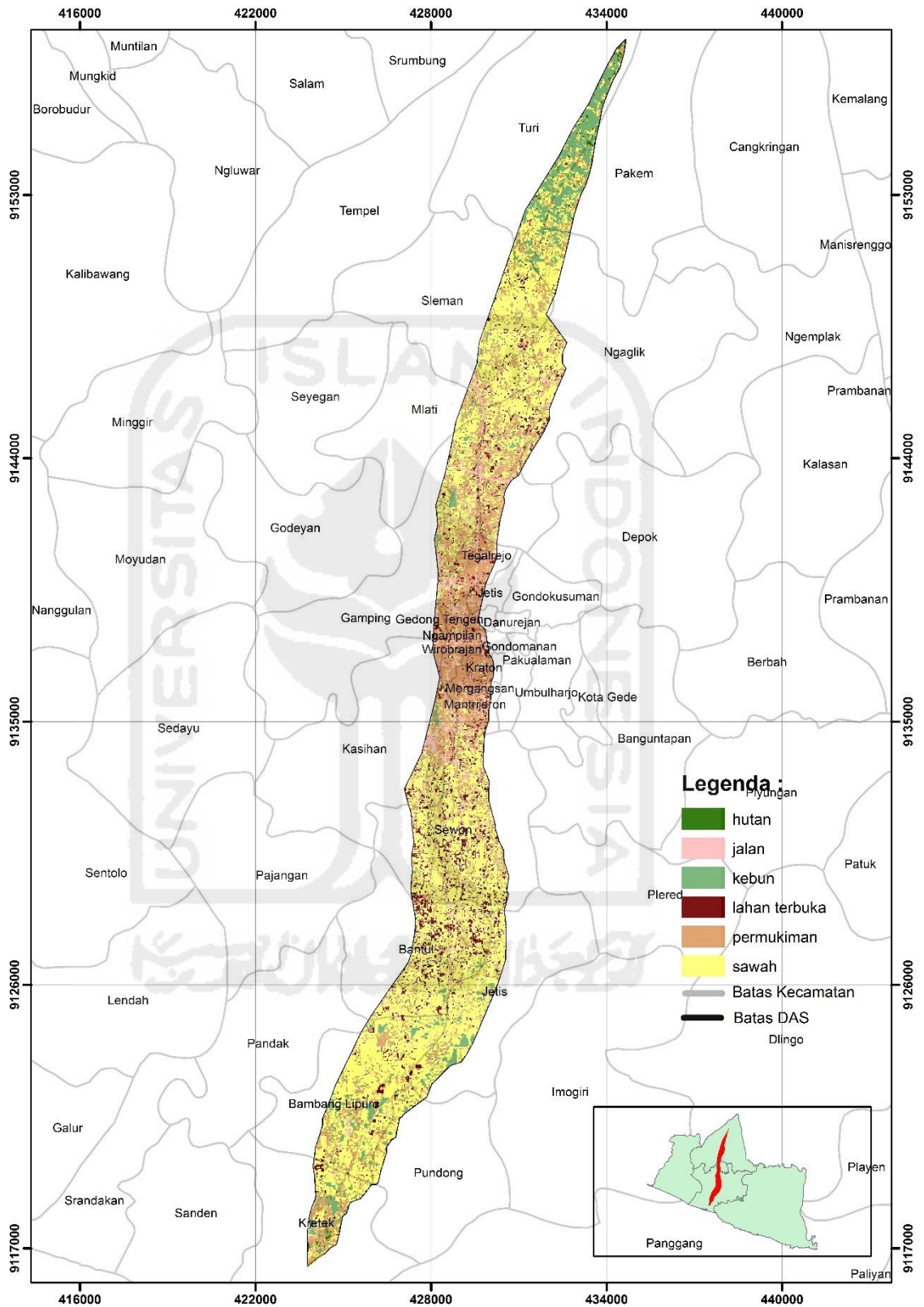
### 5.6.1 Perhitungan Hujan Efektif dengan Metode *SCS-CN* di DAS Winongo

Pada DAS Winongo terdiri dari beberapa tata guna lahan di mana setiap tutupan lahan memiliki kelompok hidrologi tanah dan kondisi hidrologi tanah. Untuk mendapatkan nilai tersebut maka peta penggunaan lahan di *overlay* dengan kelompok hidrologi tanah dan lereng. Penggunaan lahan di DAS Winongo tahun 2002, tahun 2007, dan tahun 2013 disajikan pada Gambar 5.8, Gambar 5.9, dan Gambar 5.10 berikut ini.

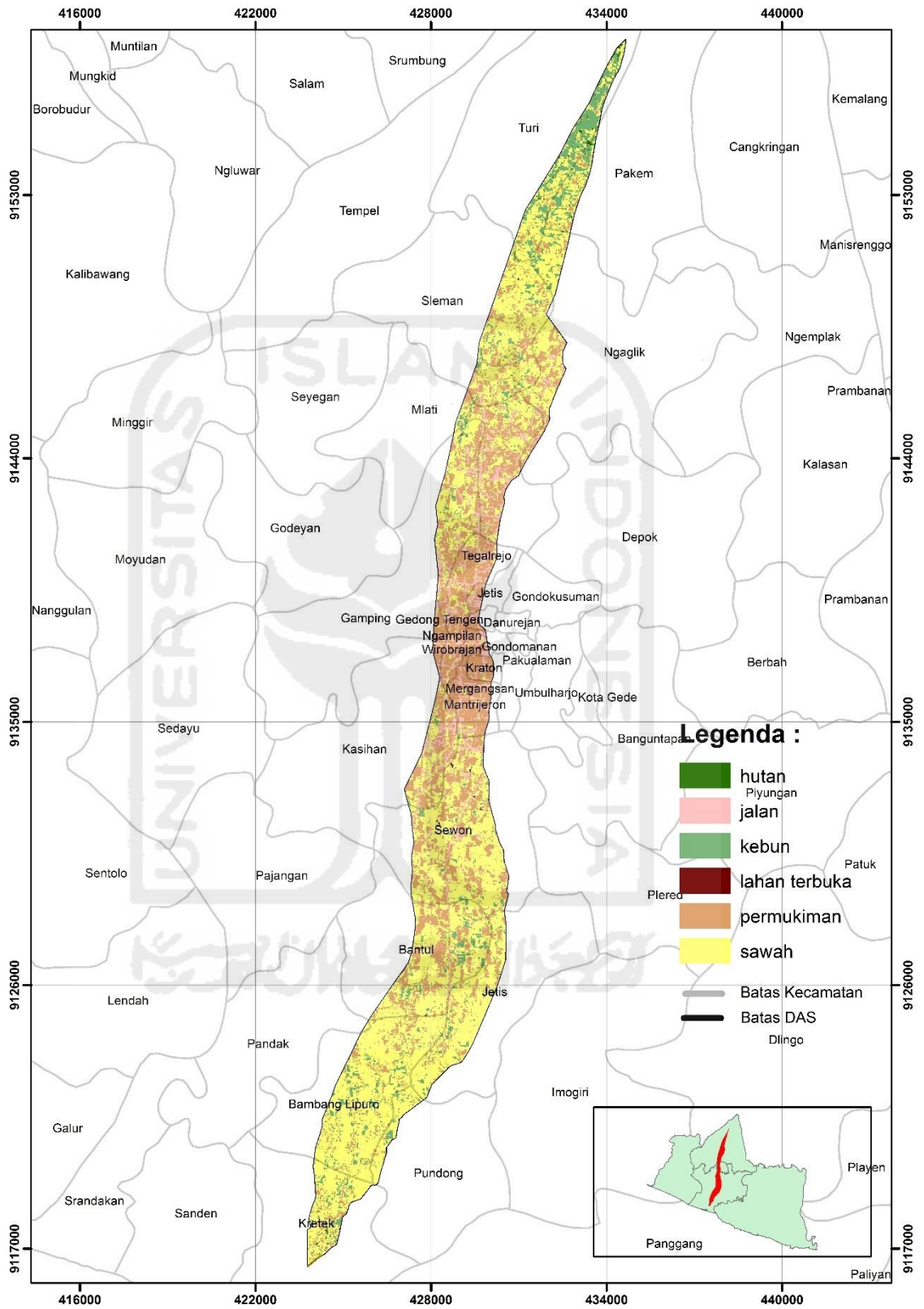


**Gambar 5.8** Peta Penggunaan Lahan DAS Winongo Tahun 2002





**Gambar 5.9 Peta Penggunaan Lahan DAS Winongo Tahun 2007**



**Gambar 5.10 Peta Penggunaan Lahan DAS Winongo Tahun 2013**

Dari hasil analisis peta tersebut didapatkan nilai-nilai berupa luas, kondisi hidrologi, dan kelompok tanah. Setelah itu nilai *CN* disesuaikan berdasarkan tutupan lahan yang ada. Tabel 5.9, 5.10, dan 5.11 dibawah ini terdapat nilai-nilai kriteria tutupan lahan.

**Tabel 5.9 Nilai *CN*, Kondisi Hidrologi, dan Kelompok Hidrologi tanah untuk beberapa tata guna lahan tahun 2002**

No	Nama Unsur	Kondisi Hidrologi	Kelompok Tanah	Luas(m <sup>2</sup> )	Bobot Luasan	Nilai <i>CN</i> (II)	Bobot <i>CN</i> (II)
1	Hutan	Good	A	57917,674	0,0006	30	0,019
		Good	B	228437,354	0,0024	55	0,134
		Good	D	82411,45	0,0009	77	0,068
		Fair	A	29970,413	0,0003	36	0,012
		Fair	B	133658,085	0,0014	60	0,086
		Fair	D	12615,654	0,0001	79	0,011
2	Sawah	Good	A	11316248,98	0,1209	63	7,614
		Good	B	35950000	0,3839	75	28,796
		Good	D	6146645,073	0,0656	83	5,449
3	Lahan terbuka	Good	A	544938,838	0,0058	74	0,431
		Good	B	1233562,287	0,0132	83	1,093
		Good	D	121508,742	0,0013	90	0,117
4	Jalan	-	-	6850240,000	0,0732	98	7,170
5	Kebun	Good	A	723043,391	0,0077	32	0,247
		Good	B	2988351,176	0,0319	58	1,851
		Good	D	289626,128	0,0031	79	0,244
		Fair	A	396928,937	0,0042	43	0,182
		Fair	B	1981367,299	0,0212	65	1,375
		Fair	D	114210,665	0,0012	82	0,100
6	Permukiman	-	A	3442559,661	0,0368	89	3,272
		-	B	18965429,24	0,2026	92	18,635
		-	D	2022785,101	0,0216	95	2,052
Jumlah				93632456,147		<i>CN</i> (II)	78,958

1. Menghitung hujan efektif

a. Tata guna lahan 2002

$$\begin{aligned}
 CN(I) &= \frac{4,2 \text{ } CN(II)}{10 - 0,058 \text{ } CN(II)} && (3.20) \\
 &= \frac{4,2 \times 78,958}{10 - 0,058 \times 78,958}
 \end{aligned}$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3.19)$$

$$= \frac{25400}{61,180} - 254$$

$$= 161,171 \text{ mm}$$

$$P_e = \frac{(P-0,2S)^2}{P+0,8S} \quad (3.18)$$

$$= \frac{(158,608 - 0,2 \times 161,171)^2}{158,608 + 0,8 \times 161,171}$$

$$= 55,540 \text{ mm}$$

$$I_a = 0,2 \times S$$

$$= 0,2 \times 161,171$$

$$= 32,234 \text{ mm}$$

**Tabel 5.10 Nilai CN, Kondisi Hidrologi, dan Kelompok Hidrologi tanah untuk beberapa tata guna lahan tahun 2007**

No	Nama Unsur	Kondisi Hidrologi	Kelompok Tanah	Luas(m <sup>2</sup> )	Bobot Luasan	Nilai CN(II)	Bobot CN(II)
1	Hutan	Good	A	33715,777	0,0004	30	0,011
		Good	B	166870,283	0,0018	55	0,098
		Good	D	67890,137	0,0007	77	0,056
		Fair	A	20711,319	0,0002	36	0,008
		Fair	B	92870,76	0,0010	60	0,060
		Fair	D	9756,785	0,0001	79	0,008
2	Sawah	Good	A	11019768,06	0,1177	63	7,415
		Good	B	35270000	0,3767	75	28,251
		Good	D	6286298,292	0,0671	83	5,572
3	Lahan terbuka	Good	A	392728,005	0,0042	74	0,310
		Good	B	244577,318	0,0026	83	0,217
		Good	D	431940,854	0,0046	90	0,415
4	Jalan	-	-	6908849,46	0,0738	98	7,231
5	Kebun	Good	A	866147,48	0,0093	32	0,296
		Good	B	3064795,073	0,0327	58	1,898
		Good	D	516726,541	0,0055	79	0,436
		Fair	A	670964,601	0,0072	43	0,308

**Lanjutan Tabel 5.10 Nilai CN, Kondisi Hidrologi, dan Kelompok Hidrologi tanah untuk beberapa tata guna lahan tahun 2007**

No	Nama Unsur	Kondisi Hidrologi	Kelompok Tanah	Luas(m <sup>2</sup> )	Bobot Luasan	Nilai CN(II)	Bobot CN(II)
5	Kebun	Fair	B	1802324,001	0,0192	65	1,251
		Fair	D	176806,037	0,0019	82	0,155
6	Permukiman	-	A	3526328,543	0,0377	89	3,352
		-	B	20564738,39	0,2196	92	20,206
		-	D	1497648,438	0,0160	95	1,520
Jumlah				93632456,147		CN(II)	79,075

1. Menghitung hujan efektif

a. Tata guna lahan 2007

$$\begin{aligned}
 CN(I) &= \frac{4,2 \text{ CN}(II)}{10 - 0,058 \text{ CN}(II)} && (3.20) \\
 &= \frac{4,2 \times 79,075}{10 - 0,058 \times 79,075}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{25400}{CN} - 254 && (3.19) \\
 &= \frac{25400}{61,347} - 254 \\
 &= 160,038 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_e &= \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} && (3.18) \\
 &= \frac{(158,608 - 0,2 \times 160,038)^2}{158,608 + 0,8 \times 160,038} \\
 &= 55,916 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_a &= 0,2 \times S \\
 &= 0,2 \times 160,038 \\
 &= 32,008 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Tabel 5.11 Nilai CN, Kondisi Hidrologi, dan Kelompok Hidrologi tanah untuk beberapa tata guna lahan tahun 2013**

No	Nama Unsur	Kondisi Hidrologi	Kelompok Tanah	Luas(m <sup>2</sup> )	Bobot Luasan	Nilai CN(II)	Bobot CN(II)
1	Hutan	Good	A	16174,565	0,0002	30	0,005
		Good	B	108514,599	0,0012	55	0,064
		Good	D	32362,332	0,0003	77	0,027
		Fair	A	10723,028	0,0001	36	0,004
		Fair	B	62680,704	0,0007	60	0,040
		Fair	D	4148,726	0,0000	79	0,004
2	Sawah	Good	A	10108481,852	0,1080	63	6,801
		Good	B	34700000	0,3706	75	27,795
		Good	D	6640184,02	0,0709	83	5,886
3	Lahan terbuka	Good	A	37113,641	0,0004	74	0,029
		Good	B	20630,893	0,0002	83	0,018
		Good	D	920588,505	0,0098	90	0,885
4	Jalan	-	-	7088348,706	0,0757	98	7,419
5	Kebun	Good	A	955156,657	0,0102	32	0,326
		Good	B	3312227,662	0,0354	58	2,052
		Good	D	432440,666	0,0046	79	0,365
		Fair	A	581725,506	0,0062	43	0,267
		Fair	B	2014809,334	0,0215	65	1,399
		Fair	D	140910,773	0,0015	82	0,123
6	Permukiman	-	A	3589658,050	0,0383	89	3,412
		-	B	21215783,39	0,2266	92	20,846
		-	D	1639792,539	0,0175	95	1,664
Jumlah				93632456,147		CN(II)	79,431

1. Menghitung hujan efektif

a. Tata guna lahan 2013

$$CN(I) = \frac{4,2 \text{ CN}(II)}{10 - 0,058 \text{ CN}(II)} \quad (3.20)$$

$$= \frac{4,2 \times 79,431}{10 - 0,058 \times 79,431}$$

$$= 61,860$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3.19)$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{25400}{61,860} - 254 \\
&= 156,604 \text{ mm} \\
P_e &= \frac{(P-0,2S)^2}{P+0,8S} \tag{3.18} \\
&= \frac{(158,608-0,2 \times 156,604)^2}{158,608+0,8 \times 156,604} \\
&= 57,071 \text{ mm} \\
I_a &= 0,2 \times S \\
&= 0,2 \times 156,604 \\
&= 31,321 \text{ mm}
\end{aligned}$$

### 5.7 Hyetograf Hujan Rancangan

Hujan rancangan dengan kala ulang tertentu merupakan hujan yang dianggap tercatat selama 24 jam, sedangkan pada kenyataannya hujan tercatat selama 24 jam tersebut hanya terjadi beberapa jam saja. Apabila yang tersedia adalah data hujan harian untuk mendapatkan kedalaman hujan jam-jaman dari hujan rancangan dapat menggunakan model distribusi hujan. Model distribusi hujan yang telah dikembangkan untuk mengalih ragamkan hujan harian ke hujan jam-jaman yaitu *Alternating Block Method* (ABM). Dalam metode ini diperlukan durasi terjadinya hujan, yang dihitung dengan persamaan *Kirpich* dalam Suripin (2004). Penyelesaian persamaan *Kirpich* di DAS Winongo diberikan pada persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
T_c &= \left( \frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} \tag{3.24} \\
&= \left( \frac{0,87 \times 43,75^2}{1000 \times 0,00944} \right)^{0,385} \\
&= 7,327 \text{ jam dipakai 8 jam}
\end{aligned}$$

Dengan demikian, maka hujan rancangan yang terjadi selama 24 jam akan terdistribusi selama 8 jam pada DAS Winongo. Distribusi hujan dengan cara *ABM* diberikan untuk hujan rancangan dengan kala ulang 25 tahun. Berikut ini hujan

rancangan dengan kala ulang 25 tahun di DAS Winongo tahun 2002, 2007, dan 2013 pada Tabel 5.12, Tabel 5.13, dan Tabel 5.14.

**Tabel 5.12 Hujan rancangan kala ulang 25 tahun DAS Winongo tahun 2002**

<i>T</i> (jam)	$\Delta t$ (jam)	<i>It</i> (mm/jam)	<i>It T</i> (mm)	$\Delta p$ (mm)	<i>Pt</i> (%)	<i>Hyetograph</i> (%) (mm)	
1	0~1	19.255	19.255	19.255	50.000	4.791	2.661
2	1~2	12.130	24.259	5.005	12.996	6.129	3.404
3	2~3	9.257	27.770	3.511	9.116	9.116	5.063
4	3~4	7.641	30.565	2.795	7.258	50.000	27.770
5	4~5	6.585	32.925	2.360	6.129	12.996	7.218
6	5~6	5.831	34.988	2.063	5.357	7.258	4.031
7	6~7	5.262	36.833	1.845	4.791	5.357	2.975
8	7~8	4.814	38.509	1.676	4.353	4.353	2.418
Jumlah				38.509	100	100	55.540

**Tabel 5.13 Hujan rancangan kala ulang 25 tahun DAS Winongo tahun 2007**

<i>T</i> (jam)	$\Delta t$ (jam)	<i>It</i> (mm/jam)	<i>It T</i> (mm)	$\Delta p$ (mm)	<i>Pt</i> (%)	<i>Hyetograph</i> (%) (mm)	
1	0~1	19.385	19.385	19.385	50.000	4.791	2.679
2	1~2	12.212	24.423	5.039	12.996	6.129	3.427
3	2~3	9.319	27.958	3.534	9.116	9.116	5.098
4	3~4	7.693	30.772	2.814	7.258	50.000	27.958
5	4~5	6.630	33.148	2.376	6.129	12.996	7.267
6	5~6	5.871	35.225	2.077	5.357	7.258	4.058
7	6~7	5.297	37.082	1.857	4.791	5.357	2.996
8	7~8	4.846	38.770	1.688	4.353	4.353	2.434
Jumlah				38.770	100	100	55.916

**Tabel 5.14 Hujan rancangan kala ulang 25 tahun DAS Winongo tahun 2013**

<i>T</i> (jam)	$\Delta t$ (jam)	<i>It</i> (mm/jam)	<i>It T</i> (mm)	$\Delta p$ (mm)	<i>Pt</i> (%)	<i>Hyetograph</i> (%) (mm)	
1	0~1	19.785	19.785	19.785	50.000	4.791	2.734
2	1~2	12.464	24.928	5.143	12.996	6.129	3.498
3	2~3	9.512	28.536	3.607	9.116	9.116	5.203
4	3~4	7.852	31.407	2.872	7.258	50.000	28.536
5	4~5	6.767	33.833	2.425	6.129	12.996	7.417
6	5~6	5.992	35.953	2.120	5.357	7.258	4.142
7	6~7	5.407	37.848	1.896	4.791	5.357	3.057



Lanjutan Tabel 5.14 Hujan rancangan kala ulang 25 tahun DAS Winongo tahun 2013

<i>T</i> (jam)	$\Delta t$ (jam)	<i>It</i> (mm/jam)	<i>It T</i> (mm)	$\Delta p$ (mm)	<i>Pt</i> (%)	<i>Hyetograph</i> (%) (mm)	
8	7~8	4.946	39.571	1.723	4.353	4.353	2.485
Jumlah				39.571	100	100	57.071

### 5.8 Menghitung Aliran Dasar

Untuk memperkirakan aliran dasar digunakan persamaan sebagai berikut.

$$QB = 0,4751 A^{0,6444} D^{0,9430} \quad (3.25)$$

$$QB = 0,4751 93,631^{0,6444} 0,816^{0,9430}$$

$$QB = 7,312 \text{ m}^3/\text{detik}$$

### 5.9 Hidrograf Satuan Sintetis

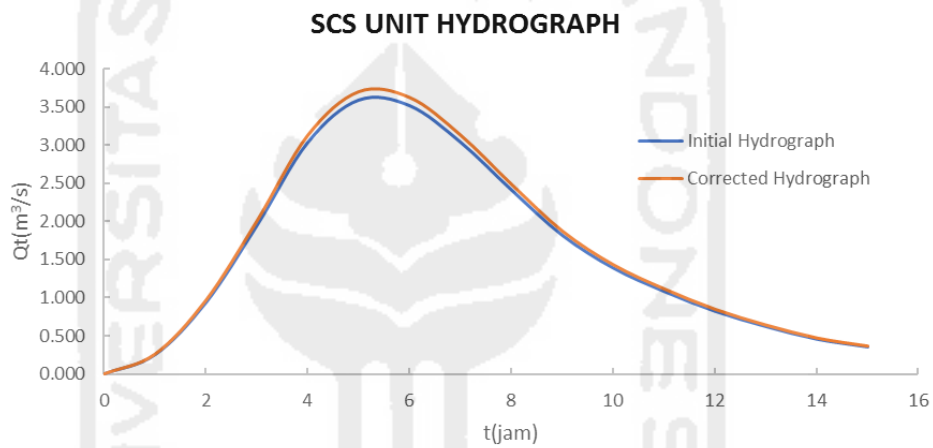
Metode ini digunakan di daerah dengan data hidrologi tidak tersedia untuk menurunkan hidrograf satuan, maka dibuat hidrograf satuan sintetis yang didasarkan pada karakteristik fisik dari DAS. Ada beberapa jenis metode namun untuk penelitian ini digunakan metode *SCS (Soil Service Service)*. Di bawah ini adalah hasil hidrograf satuan metode *SCS* Tabel 5.15 dan hidrograf limpasan langsung (HLL) disajikan pada Tabel 5.16, Tabel 5.17 dan Tabel 5.18.

Tabel 5.15 Hidrograf satuan metode *SCS* di DAS Winongo

Hitungan <i>SCS</i> UH DAS Winongo				
Jam	Rasio Waktu	Rasio Debit	Debit( <i>Qt</i> )	<i>Qt</i> Koreksi
( <i>t</i> )	( <i>t/Tp</i> )	( <i>Qt/Qp</i> )	( <i>m</i> <sup>3</sup> / <i>s</i> )	( <i>m</i> <sup>3</sup> / <i>s</i> )
0	0,00	0	0,000	0,000
1	0,19	0,069	0,252	0,260
2	0,38	0,256	0,935	0,963
3	0,56	0,532	1,943	2,002
4	0,75	0,83	3,032	3,123
5	0,94	0,982	3,587	3,695
6	1,13	0,962	3,514	3,620
7	1,31	0,831	3,035	3,127
8	1,50	0,66	2,411	2,483
9	1,69	0,497	1,815	1,870
10	1,88	0,38	1,388	1,430
11	2,06	0,296	1,081	1,114

**Lanjutan Tabel 5.15 Hidrograf satuan metode SCS di DAS Winongo**

Hitungan SCS UH DAS Winongo				
Jam	Rasio Waktu	Rasio Debit	Debit( $Q_t$ )	$Q_t$ Koreksi
( $t$ )	( $t/T_p$ )	( $Q_t/Q_p$ )	( $m^3/s$ )	( $m^3/s$ )
12	2,25	0,225	0,822	0,847
13	2,44	0,17	0,621	0,640
14	2,63	0,125	0,457	0,470
15	2,81	0,097	0,354	0,365
Jumlah			25,246	26,009
Check volume			0,971	1



**Gambar 5.11 Hidrograf satuan sintesis SCS**

Debit banjir rancangan dianalisis berdasarkan HSS SCS . Analisis debit banjir rancangan dihitung untuk kala ulang 25 tahunan, sehingga dianalisis menggunakan hujan kala ulang 25 tahun. Hidrograf banjir untuk metode distribusi hujan *ABM* dapat dilihat pada Tabel 5.16, Tabel 5.17, dan Tabel 5.18.

**Tabel 5.16 Hidrograf limpasan langsung (HLL) tahun 2002**

Jam	Hidrograf	P <sub>e1</sub>	P <sub>e2</sub>	P <sub>e3</sub>	P <sub>e4</sub>	P <sub>e5</sub>	P <sub>e6</sub>	P <sub>e7</sub>	P <sub>e8</sub>	HLL	BF	Q <sub>25</sub>
ke-	Satuan	2.661	3.404	5.063	27.770	7.218	4.031	2.975	2.418			
0	0.000	0.000								0	7.312	7.312
1	0.260	0.691	0.000							0.691	7.312	8.003
2	0.963	2.563	0.884	0.000						3.447	7.312	10.758
3	2.002	5.326	3.279	1.315	0.000					9.920	7.312	17.231
4	3.123	8.310	6.814	4.877	7.210	0.000				27.211	7.312	34.523
5	3.695	9.831	10.631	10.136	26.750	1.874	0.000			59.223	7.312	66.534
6	3.620	9.631	12.578	15.813	55.591	6.953	1.047	0.000		101.613	7.312	108.924
7	3.127	8.320	12.322	18.709	86.730	14.449	3.883	0.773	0.000	145.185	7.312	152.497
8	2.483	6.608	10.644	18.328	102.613	22.543	8.069	2.866	0.628	172.299	7.312	179.610
9	1.870	4.976	8.453	15.832	100.523	26.671	12.589	5.956	2.329	177.330	7.312	184.642
10	1.430	3.804	6.366	12.574	86.834	26.128	14.894	9.293	4.840	164.734	7.312	172.046
11	1.114	2.963	4.867	9.469	68.966	22.570	14.591	10.994	7.551	141.973	7.312	149.284
12	0.847	2.253	3.791	7.240	51.933	17.926	12.604	10.771	8.934	115.452	7.312	122.764
13	0.640	1.702	2.882	5.639	39.708	13.499	10.011	9.304	8.752	91.496	7.312	98.808
14	0.470	1.251	2.177	4.287	30.930	10.321	7.538	7.389	7.561	71.455	7.312	78.767
15	0.365	0.971	1.601	3.239	23.511	8.039	5.764	5.564	6.005	54.694	7.312	62.006
16			1.242	2.382	17.764	6.111	4.490	4.254	4.522	40.765	7.312	48.077
17				1.848	13.062	4.617	3.413	3.314	3.457	29.711	7.312	37.023
18					10.136	3.395	2.578	2.519	2.693	21.322	7.312	28.633
19						2.635	1.896	1.903	2.047	8.481	7.312	15.793
20							1.471	1.399	1.547	4.417	7.312	11.729
21								1.086	1.137	2.223	7.312	9.535

**Lanjutan Tabel 5.16 Hidrograf limpasan langsung (HLL) tahun 2002**

Jam	Hidrograf	P <sub>e1</sub>	P <sub>e2</sub>	P <sub>e3</sub>	P <sub>e4</sub>	P <sub>e5</sub>	P <sub>e6</sub>	P <sub>e7</sub>	P <sub>e8</sub>	HLL	BF	Q <sub>25</sub>
ke-	Satuan	2.661	3.404	5.063	27.770	7.218	4.031	2.975	2.418			
22									0.883	0.883	7.312	8.194

**Tabel 5.17 Hidrograf limpasan langsung (HLL) tahun 2007**

Jam	Hidrograf	P <sub>e1</sub>	P <sub>e2</sub>	P <sub>e3</sub>	P <sub>e4</sub>	P <sub>e5</sub>	P <sub>e6</sub>	P <sub>e7</sub>	P <sub>e8</sub>	HLL	BF	Q <sub>25</sub>
ke-	Satuan	2.679	3.427	5.098	27.958	7.267	4.058	2.996	2.434			
0	0.000	0.000								0	7.312	7.312
1	0.260	0.695	0.000							0.695	7.312	8.007
2	0.963	2.580	0.890	0.000						3.470	7.312	10.782
3	2.002	5.362	3.301	1.323	0.000					9.987	7.312	17.299
4	3.123	8.366	6.860	4.910	7.259	0.000				27.395	7.312	34.707
5	3.695	9.898	10.703	10.204	26.931	1.887	0.000			59.623	7.312	66.935
6	3.620	9.696	12.663	15.920	55.967	7.000	1.054	0.000		102.299	7.312	109.611
7	3.127	8.376	12.405	18.836	87.316	14.547	3.909	0.778	0.000	146.166	7.312	153.478
8	2.483	6.652	10.716	18.452	103.307	22.695	8.124	2.886	0.632	173.463	7.312	180.775
9	1.870	5.009	8.511	15.939	101.203	26.852	12.674	5.997	2.345	178.529	7.312	185.841
10	1.430	3.830	6.409	12.659	87.421	26.305	14.995	9.355	4.873	165.848	7.312	173.160
11	1.114	2.983	4.900	9.533	69.432	22.723	14.690	11.069	7.603	142.932	7.312	150.244
12	0.847	2.268	3.817	7.289	52.284	18.047	12.689	10.843	8.995	116.232	7.312	123.544
13	0.640	1.713	2.901	5.678	39.976	13.590	10.078	9.367	8.812	92.115	7.312	99.427
14	0.470	1.260	2.192	4.316	31.139	10.391	7.589	7.439	7.612	71.938	7.312	79.250
15	0.365	0.978	1.612	3.261	23.670	8.094	5.803	5.602	6.045	55.064	7.312	62.376
16			1.251	2.398	17.884	6.152	4.520	4.283	4.552	41.040	7.312	48.352

**Lanjutan Tabel 5.17 Hidrograf limpasan langsung (HLL) tahun 2007**

Jam	Hidrograf	P <sub>e1</sub>	P <sub>e2</sub>	P <sub>e3</sub>	P <sub>e4</sub>	P <sub>e5</sub>	P <sub>e6</sub>	P <sub>e7</sub>	P <sub>e8</sub>	HLL	BF	Q <sub>25</sub>
ke-	Satuan	2.679	3.427	5.098	27.958	7.267	4.058	2.996	2.434			
17				1.861	13.150	4.648	3.436	3.336	3.481	29.912	7.312	37.224
18					10.204	3.418	2.596	2.536	2.711	21.466	7.312	28.777
19						2.652	1.909	1.916	2.061	8.538	7.312	15.850
20							1.481	1.409	1.557	4.447	7.312	11.759
21								1.093	1.145	2.238	7.312	9.550
22									0.888	0.888	7.312	8.200

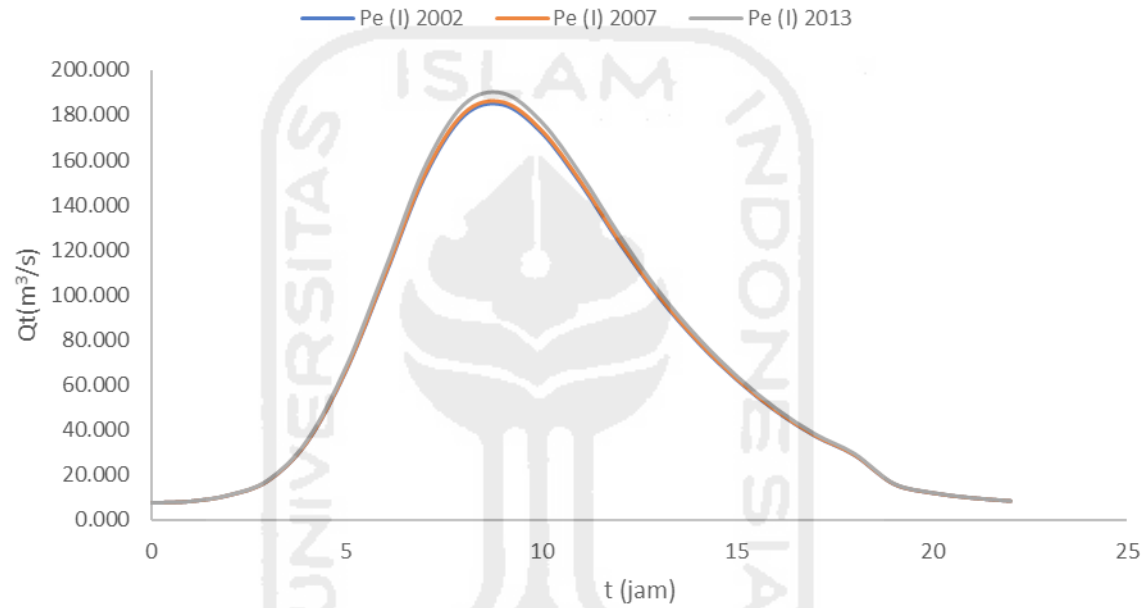
**Tabel 5.18 Hidrograf limpasan langsung (HLL) tahun 2013**

Jam	Hidrograf	P <sub>e1</sub>	P <sub>e2</sub>	P <sub>e3</sub>	P <sub>e4</sub>	P <sub>e5</sub>	P <sub>e6</sub>	P <sub>e7</sub>	P <sub>e8</sub>	HLL	BF	Q <sub>25</sub>
ke-	Satuan	2.734	3.498	5.203	28.536	7.417	4.142	3.057	2.485			
0	0.000	0.000								0	7.312	7.312
1	0.260	0.710	0.000							0.710	7.312	8.022
2	0.963	2.634	0.908	0.000						3.542	7.312	10.853
3	2.002	5.473	3.369	1.351	0.000					10.193	7.312	17.505
4	3.123	8.539	7.002	5.012	7.409	0.000				27.961	7.312	35.273
5	3.695	10.102	10.924	10.415	27.488	1.926	0.000			60.855	7.312	68.167
6	3.620	9.897	12.924	16.249	57.123	7.145	1.075	0.000		104.413	7.312	111.725
7	3.127	8.549	12.661	19.225	89.121	14.847	3.990	0.794	0.000	149.187	7.312	156.499
8	2.483	6.790	10.937	18.833	105.441	23.164	8.291	2.945	0.645	177.048	7.312	184.360
9	1.870	5.113	8.687	16.269	103.294	27.406	12.936	6.120	2.393	182.218	7.312	189.530
10	1.430	3.909	6.541	12.921	89.228	26.848	15.305	9.549	4.974	169.275	7.312	176.587
11	1.114	3.045	5.001	9.730	70.867	23.192	14.993	11.297	7.760	145.886	7.312	153.198

**Lanjutan Tabel 5.18 Hidrograf limpasan langsung (HLL) tahun 2013**

Jam	Hidrograf	P <sub>e1</sub>	P <sub>e2</sub>	P <sub>e3</sub>	P <sub>e4</sub>	P <sub>e5</sub>	P <sub>e6</sub>	P <sub>e7</sub>	P <sub>e8</sub>	HLL	BF	Q <sub>25</sub>
ke-	Satuan	2.734	3.498	5.203	28.536	7.417	4.142	3.057	2.485			
12	0.847	2.315	3.896	7.439	53.365	18.420	12.952	11.067	9.181	118.634	7.312	125.946
13	0.640	1.749	2.961	5.795	40.802	13.871	10.286	9.560	8.994	94.018	7.312	101.330
14	0.470	1.286	2.237	4.405	31.783	10.605	7.746	7.593	7.769	73.424	7.312	80.736
15	0.365	0.998	1.645	3.328	24.159	8.261	5.922	5.718	6.170	56.202	7.312	63.514
16			1.277	2.447	18.254	6.279	4.613	4.372	4.646	41.888	7.312	49.200
17				1.899	13.422	4.744	3.507	3.405	3.553	30.530	7.312	37.842
18					10.415	3.489	2.650	2.589	2.767	21.909	7.312	29.221
19						2.707	1.948	1.956	2.104	8.715	7.312	16.026
20							1.512	1.438	1.589	4.539	7.312	11.851
21								1.116	1.169	2.285	7.312	9.596
22									0.907	0.907	7.312	8.219

### Hidrograf limpasan langsung dengan distribusi hujan *ABM*



**Gambar 5.12** Hidrograf banjir dengan distribusi hujan *ABM* DAS Winongo

Hasil analisis dari hidrograf limpasan langsung didapatkan debit puncak banjir dengan distribusi hujan *ABM* pada tahun 2002 sebesar 184,642 m<sup>3</sup>/detik, tahun 2007 sebesar 185,841 m<sup>3</sup>/detik, dan tahun 2013 sebesar 189,530 m<sup>3</sup>/detik.

