

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Curah Hujan

Lingkup daerah penelitian tidaklah luas yaitu rumah tinggal di jalan sekitar Jl.Kaliurang km 12-13. Maka dari itu data curah hujan cukup diambil dari 1 stasiun hujan terdekat saja, yaitu stasiun Plataran, tahun 1994 sampai dengan 2013. Namun karena ada beberapa tahun yang datanya hilang, maka untuk memperbaikinya diperlukan data di 3 stasiun hujan di dekatnya, yaitu Stasiun Borongan, Stasiun Kempud, dan Stasiun Prumpung. Diambil data dari empat stasiun hujan pada hari yang sama setiap tahunnya, yang diasumsikan mempunyai curah hujan terbesar.

Untuk mendapatkan nilai curah hujan yang hilang, maka akan digunakan *Rechiprocal Method*. Data curah hujan sebelum diperbaiki disajikan pada Tabel 5.1 berikut.

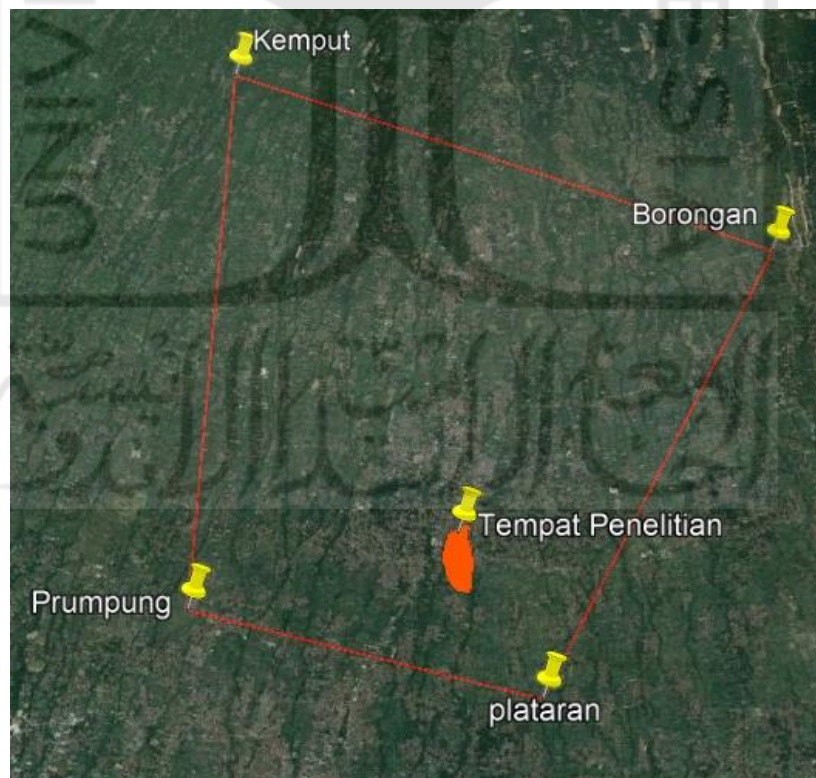
Tabel 5.1 Curah Hujan Sebelum Diperbaiki

Tahun	Hari/ Bulan	Borongan	Kempud	Plataran	Prumpung
1994	22 Mar	77	76,4	-	3,5
1995	7 Des	9	15,5	84	53
1996	15 Apr	-	-	98	22
1997	12 Des	-	39,14	140	164
1998	31 Okt	15	-	132	41,5
1999	13 Des	110	-	-	121,5
2000	11 Des	-	-	123	90
2001	2 Mei	-	77	70,5	69
2002	13 Mei	-	23	87	-
2003	9 Feb	124	10	97	-
2004	30 Jan	57	95	69	1
2005	8 Jul	19	1	59	5
2006	28 Feb	48,5	-	68	78

Lanjutan tabel 5.1 Curah Hujan Sebelum Diperbaiki

Tahun	Hari/ Bulan	Borongan	Kemput	Plataran	Prumpung
2007	26 Des	55	5	62,8	81
2008	9 Mar	5,5	-	68	-
2009	28 Des	75,5	7	-	-
2010	6 Des	38,7	5	50	14
2011	23 Mar	148	3	-	-
2012	22 Nov	72	-	99	113
2013	16 Feb	1	20	90	19

Jika di perhatikan pada Tabel 5.1 maka dapat dilihat ada nilai curah hujan yang hilang. Nilai yang hilang tersebut diperbaiki dengan *Rechiprocal Method*. Syarat untuk menggunakan *Rechiprocal Method* mengharuskan adanya jarak antar tiap stasiun yang diperoleh dari pengukuran jarak pada peta rupa bumi (dapat dilihat pada Tabel 5.2). Gambar posisi ke 4 stasiun hujan dan daerah penelitian di tampilkan pada gambar berikut.



Gambar 5.1 Lokasi Stasiun Hujan

Tabel 5.2 Jarak Antar Stasiun

Jarak Antar Stasiun (km)				
Nama Stasiun	Borongon	Kemput	Plataran	Prumpung
Borongon		8,52	7,18	9,69
Kemput	8,52		10,4	7,98
Plataran	7,18	10,4		5,13
Prumpung	9,69	7,98	5,13	

Hitungan curah hujan yang diperbaiki dengan *Rechiporal Method*

$$P_x = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{p_i}{L_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i^2}}$$

$$P_{1994} = \frac{77/7,18^2 + 76,4/10,4^2 + 3,5/5,13^2}{1/7,18^2 + 1/10,4^2 + 1/5,13^2}$$

$$P_{1994} = 35 \text{ mm}$$

Tabel 5.3 Curah Hujan Yang Telah Diperbaiki

Tahun	Hari/ Bulan	Borongon	Kemput	Plataran	Prumpung
1994	25-Mar	77	76,4	35	3,5
1995	7 Des	9	15,5	84	53
1996	15 Apr	71,06	50,16	98	22
1997	12 Des	93,58	39,14	140	164
1998	31 Okt	15	53,67	132	41,5
1999	13 Des	110	116,12	117,61	121,5
2000	11 Des	111,30	102,23	123	90
2001	2 Mei	73,51	77	70,5	69
2002	13 Mei	60,42	23	87	68,28
2003	9 Feb	124	10	97	-
2004	30 Jan	57	95	69	1
2005	8 Jul	19	1	59	5
2006	28 Feb	48,5	65,12	68	78
2007	26 Des	55	5	62,5	81
2008	9 Mar	5,5	30,6	68	54,31
2009	28 Des	75,5	7	53,39	34,68
2010	6 Des	38,7	5	50	14
2011	23 Mar	148	3	101,2	61,59

Lanjutan tabel 5.3 Curah Hujan Yang Telah Diperbaiki

Tahun	Hari/ Bulan	Borongan	Kemput	Plataran	Prumpung
2012	22 Nov	72	93,84	99	113
2013	16 Feb	1	20	90	19

5.2 Penentuan Data Jenis Distribusi

Contoh perhitungan Data R_{maks} sebagai berikut.

Diketahui :

$$R_{maks} \text{ 1994} = 35 \text{ mm/hari}$$

$$R_{total20 \text{ thn}} = 1147,92 \text{ mm/hari}$$

$$R_{rerata} \left(\frac{R_{tot}}{n_{tahun}} \right) = \frac{1147,92}{20} = 57,4 \text{ mm/hari}$$

$$R_{maks} - R_{rt} = 35 - 57,4 = -22$$

$$(R_{maks} - R_{rt})^2 = (-22)^2 = 501,76$$

$$(R_{maks} - R_{rt})^3 = (-22)^3 = -11239,4$$

$$(R_{maks} - R_{rt})^4 = (-22)^4 = 251763,1$$

Tabel 5.4 Data R_{maks} Tiap Tahun Stasiun Plaratan

Tahun	R.maks curah hujan	R.rerata(Rrt) R.tot/n.tahun	R.maks - R.rt	(R.maks - R.rt) ²	(R.maks - R.rt) ³	(R.maks - R.rt) ⁴
1994	35	57,4	-22	501,76	-11239,4	251763,1
1995	84	85,22	-1,22	1,49	-1,82	2,22
1996	98	85,22	12,78	163,33	2087,34	26676,17
1997	140	85,22	54,345	2953,39	160502,4	8722518,88
1998	132	85,22	46,78	2188,37	102371,9	4788956,25
1999	118	85,22	32,393	1049,33	33991,54	1101102,72
2000	123	85,22	37,78	1427,33	53924,47	2037266,36
2001	70,5	85,22	-14,654	214,75	-3147,06	46118,35
2002	87	85,22	1,78	3,17	5,64	10,04
2003	97	85,22	11,78	138,77	1634,69	19256,67
2004	69	85,22	-16,22	263,09	-4267,29	69215,51
2005	59	85,22	-26,22	687,49	-18026	472640,3
2006	68	85,22	-17,189	295,49	-5079,48	87315,76
2007	62,5	85,22	-22,33	498,71	-11137,1	248712,85

Lanjutan tabel 5.4 Data R_{maks} Tiap Tahun Stasiun Plaratan

Tahun	R.maks curah hujan	R.rerata(Rrt) R.tot/n.tahun	R.maks - R.rt	(R.maks - R.rt) ²	(R.maks - R.rt) ³	(R.maks - R.rt) ⁴
2008	68	85,22	-17,22	296,53	-5106,22	87929,09
2009	53,39	85,22	-31,8306151	1013,19	-32250,4	1026550,04
2010	50	85,22	-35,22	1240,45	-43688,6	1538712,23
2011	101,2	85,22	15,97650822	255,25	4077,98	65151,96
2012	99	85,22	13,92353924	193,86	2699,29	37583,62
2013	90	85,22	4,78	22,85	109,22	522,05
Jumlah	1704,39		-0,00817367	15428,89	112043,2	26736969,2

Standar deviasi ($s = \sigma$)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(R_{maks} - R_{rt})^2}{n-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{15428,89}{20-1}}$$

$$= 28,5 \text{ mm}$$

Koefisiensi Varian (C_v)

$$C_v = \frac{\sigma}{R_{rt}}$$

$$C_v = \frac{28,5}{85,22}$$

$$= 0,334$$

Koefisiensi Skewness/kemencengan (C_s)

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (R_{maks} - R_{rt})^3}{(n-1)(n-2)\sigma^3}$$

$$= \frac{20 \cdot 112043,2}{19 \cdot 18 \cdot 28,5^3}$$

$$= 0,283$$

Koefisiensi Kurtosis (C_k)

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (R_{maks} - R_{rt})^4}{(n-1)(n-2)\sigma^4}$$

$$= \frac{20^2 \cdot 26736969,2}{19 \cdot 18 \cdot 28,5^4}$$

$$= 2,269$$

Setelah mendapatkan nilai dari hitungan di atas, selanjutnya bisa menentukan jenis distribusi. Ada beberapa syarat atau ketentuan untuk mengetahui jenis distribusi. Pada Tabel 5.7 terdapat parameter statistik yang dapat digunakan sebagai patokan untuk penentuannya (Bambang Triadmodjo, 2008).

Tabel 5.5 Penentuan Jenis Distribusi dengan Parameter Statistik

No	Distribusi	Persyaratan	Hasil Perhitungan
1	Normal	$C_s \approx 0$	0,283
		$C_k \approx 3$	2,269
2	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3 C_v$	$0,283 \neq 1,04$
		$C_k = C_v^8 + 6 C_v^6 + 15 C_v^4 + 16 C_v^2 + 3$	$2,269 \neq 3,396$
3	Gumbel	$C_s = 1,14$	0,283
		$C_k = 5,4$	2,269
4	Log Person III	selain dari nilai diatas	

Dari Tabel 5.5 dapat diketahui bahwa tidak ada parameter statistik dari distribusi Normal, Log Normal, dan Gumbel yang sama. Karena tidak ada parameter yang sama dari ketiga distribusi tersebut, maka akan digunakan metode distribusi Log Person III

Contoh perhitungan analisis frekuensi hujan maksimum sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 y_i &= y_{1994} \\
 &= \log p_i \\
 &= \log p_{1994} \\
 &= \log 35 \\
 &= 1,544
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{y} &= \frac{\sum y}{n} \\
 &= \frac{38,116}{20} \\
 &= 1,906
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (y_i - \bar{y}) &= 1,533 - 1,906 \\
 &= -0,362
 \end{aligned}$$

$$(y_i - \bar{y})^2 = (-0,362)^2$$

$$= 0,131$$

$$(y_i - \bar{y})^3 = (-0,362)^3$$

$$= -0,0473$$

$$(y_i - \bar{y})^4 = (-0,362)^4$$

$$= 0,0171$$

Tabel 5.6 Perhitungan Data Metode Log Person III

Tahun	Pi	Yi	\bar{Y}	$(Y_i - \bar{Y})$	$(Y_i - \bar{Y})^2$	$(Y_i - \bar{Y})^3$	$(Y_i - \bar{Y})^4$
	curah hujan	Log Pi	$\sum y / n$				
1994	35	1,544	1,906	-0,362	0,131	-0,047328	0,0171193
1995	84	1,924	1,906	0,018	0,000	0,000	0,0000
1996	98	1,991	1,906	0,085	0,007	0,0006237	5,33E-05
1997	140	2,145	1,906	0,239	0,057	0,014	0,0033
1998	132	2,121	1,906	0,215	0,046	0,0099088	0,002128
1999	118	2,070	1,906	0,165	0,027	0,00447	0,000735
2000	123	2,090	1,906	0,184	0,034	0,0062415	0,0011
2001	70,5	1,849	1,906	-0,057	0,003	-0,000187	0,0000107
2002	87	1,940	1,906	-0,034	0,001	0,000	0,00000
2003	97	1,987	1,906	0,081	0,007	0,0005	0,00004
2004	69	1,839	1,906	-0,067	0,004	-0,0003	0,00002
2005	59	1,771	1,906	-0,135	0,018	-0,002	0,00033
2006	68	1,833	1,906	-0,073	0,005	-0,00039	0,000029
2007	62,5	1,799	1,906	-0,107	0,011	-0,00123	0,000132
2008	68	1,833	1,906	-0,073	0,005	-0,00039	0,0000288
2009	53,39	1,727	1,906	-0,178	0,032	-0,00567	0,0010114
2010	50	1,699	1,906	-0,207	0,043	-0,009	0,002
2011	101,2	2,005	1,906	0,099	0,010	0,000981	0,000098
2012	99	1,996	1,906	0,090	0,008	0,001	0,0001
2013	90	1,954	1,906	0,048	0,002	0,000	0,000
Jumlah	1704,39	38,116		2,7E-15	0,454	0,03	0,028

Agar mendapat nilai K terlebih dahulu menghitung nilai koefisiensi kemencengan (C_{sy}). Selanjutnya melihat Tabel 3.3 untuk mendapatkan nilai K. Akan tetapi, jika nilainya tidak ada di dalam Tabel 3.3 maka akan di lakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai K

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum(y-\bar{y})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,454}{19}}$$

$$= 0,115$$

$$C_k = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \cdot \sum(y_1 - \bar{y})^3$$

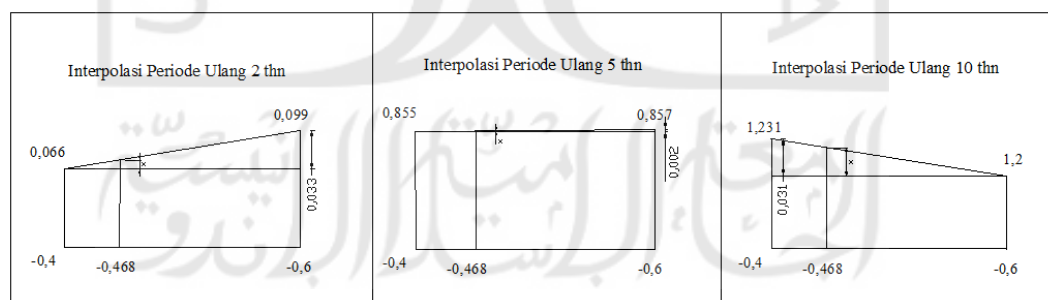
$$= \frac{20}{(20-1)(20-2)(0,115)^3} \cdot (0,03)$$

$$= -0,468$$

Tabel 5.7 Nilai K untuk Koef Ck 0,6 dan 0,8

Interval kejadian (recurrence interval), tahun (periode ulang)								
	1,0101	1,25	2	5	10	25	50	100
Koef G	koefisien peluang terlampaui (percent change of being exceeded)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,8	0,099	0,857	1,2	1,528	1,72	1,88

Dari perhitungan didapat koef G atau C_{sy} adalah 0,625. Tabel 5.8 nilai 0,625 berada diantara koef G atau C_{sy} 0,8 dan 0,6. Maka dibutuhkan interpolasi untuk mendapatkan nilai K



Gambar 5.2 Interpolasi Periode Ulang Per-tahun

Contoh perhitungan interpolasi ulang 2 tahun

$$\frac{x}{0,033} = \frac{(-0,468) - (-0,4)}{(-0,6) - (-0,4)}$$

$$\frac{x}{0,033} = \frac{0,068}{0,2}$$

$$x = 0,011$$

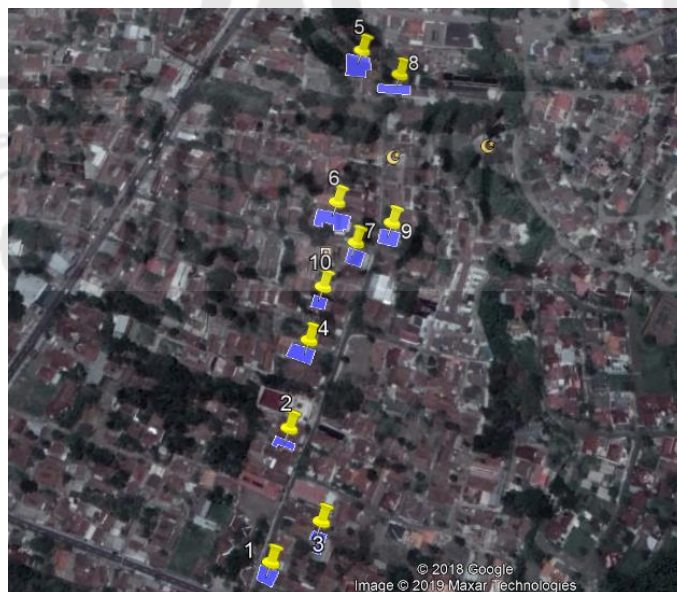
$$\begin{aligned}
 K &= 0,011 + 0,0066 \\
 &= 0,077 \\
 y_{2\text{thn}} &= \bar{Y} + K S_y \\
 &= 1,906 + 0,077 \cdot 0,155 \\
 &= 1,918 \\
 P &= \text{arc log } y_i \\
 &= \text{arc log } 1,709 \\
 &= 10^{1,918} \\
 &= 82,739
 \end{aligned}$$

Tabel 5.8 Hasil perhitungan hujan harian maksimum periode T (tahun) metode Log Person III

Kala Ulang (thn)	\bar{Y}	K	Y_i	p (mm)
2	1,906	0,07718	1,918	82,739
5	1,906	0,85567	2,038	109,143
10	1,906	1,21050	2,093	123,829

5.3 Laju Infiltrasi

Laju infiltrasi didapat dari pengukuran dan pengamatan di lapangan dengan menggunakan alat infiltrometer yang dilakukan di kawasan Jalan Kaliurang km 12-13



Gambar 5.3 Lokasi Pengujian

Table 5.9 sampai dengan table 5.18 dibawah ini merupakan hasil pengujian laju infiltrasi selama interval $t = 5$ menit.

1. Lokasi pertama

Alamat : Pertigaan besi no 43, Jl kaliurang km 13

Jenis hunian : Rumah tinggal

Luas Atap : 55 m^2

Tabel 5.9 Hasil pengujian pertama

Pengujian 1	Waktu penurunan air t (mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm/mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/hari)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/dtk)
1	5	0,28	0,056	0,8064	$9,33 \times 10^{-6}$
2	5	0,23	0,046	0,6624	$7,66 \times 10^{-6}$
3	5	0,2	0,04	0,576	$6,66 \times 10^{-6}$
4	5	0,19	0,038	0,5472	$6,33 \times 10^{-6}$
5	5	0,19	0,038	0,5472	$6,33 \times 10^{-6}$
6	5	0,19	0,038	0,5472	$6,33 \times 10^{-6}$

2. Lokasi kedua

Alamat : Giripuro besi no 11 Rt06 Rw13

Jenis hunian : Rumah tinggal

Luas Atap : 51 m^2

Tabel 5.10 Hasil pengujian kedua

Pengujian 2	Waktu penurunan air t (mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm/mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/hari)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/dtk)
1	5	0,21	0,042	0,6048	7×10^{-6}
2	5	0,18	0,036	0,5184	6×10^{-6}
3	5	0,17	0,034	0,4896	$5,67 \times 10^{-6}$
4	5	0,17	0,034	0,4896	$5,67 \times 10^{-6}$
5	5	0,16	0,032	0,4608	$5,33 \times 10^{-6}$
6	5	0,16	0,032	0,4608	$5,33 \times 10^{-6}$
7	5	0,16	0,032	0,4608	$5,33 \times 10^{-6}$

3. Lokasi ketiga

Alamat : Giripuro besi no 6 Rt06 Rw13

Jenis hunian : Rumah tinggal

Luas Atap : 58 m²

Tabel 5.11 Hasil pengujian ketiga

Pengujian 3	Waktu penurunan air t (mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm/mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/hari)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/dtk)
1	5	0,5	0,1	1,44	1,667 x10 ⁻⁵
2	5	0,47	0,094	1,3536	1,567 x10 ⁻⁵
3	5	0,45	0,09	1,296	1,5 x10 ⁻⁵
4	5	0,44	0,088	1,2672	1,467 x10 ⁻⁵
5	5	0,44	0,088	1,2672	1,467 x10 ⁻⁵
6	5	0,44	0,088	1,2672	1,467 x10 ⁻⁵

4. Lokasi keempat

Alamat : Giripuro besi no 18 Rt06 Rw13

Jenis hunian : Rumah tinggal

Luas Atap : 66 m²

Tabel 5.12 Hasil pengujian keempat

Pengujian 4	Waktu penurunan air t (mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm/mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/hari)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/dtk)
1	5	0,3	0,06	0,864	1 x10 ⁻⁵
2	5	2,8	0,56	8,064	9,33 x10 ⁻⁵
3	5	2,7	0,54	7,776	9 x10 ⁻⁵
4	5	2,7	0,54	7,776	9 x10 ⁻⁵
5	5	2,7	0,54	7,776	9 x10 ⁻⁵

5. Lokasi kelima

Alamat : Besiraya blok B no 4 Rt3 Rw13

Jenis hunian : Rumah tinggal

Luas Atap : 79 m²

Tabel 5.13 Hasil pengujian kelima

Pengujian 5	Waktu penurunan air t (mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm/mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/hari)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/dtk)
1	5	0,15	0,03	0,432	5×10^{-6}
2	5	0,12	0,024	0,3456	4×10^{-6}
3	5	0,12	0,024	0,3456	4×10^{-6}
4	5	0,12	0,024	0,3456	4×10^{-6}
5	5	0,12	0,024	0,3456	4×10^{-6}

6. Lokasi keenam

Alamat : Besiraya blok B no 21 Rt4 Rw13

Jenis hunian : Rumah tinggal

Luas Atap : 96 m^2

Tabel 5.14 Hasil pengujian keeman

Pengujian 6	Waktu penurunan air t (mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm/mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/hari)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/dtk)
1	5	0,17	0,034	0,4896	$5,67 \times 10^{-6}$
2	5	0,15	0,03	0,432	5×10^{-6}
3	5	0,13	0,026	0,3744	$4,33 \times 10^{-6}$
4	5	0,13	0,026	0,3744	$4,33 \times 10^{-6}$
5	5	0,13	0,026	0,3744	$4,33 \times 10^{-6}$

7. Lokasi ketuju

Alamat : Besiraya blok B no 25 Rt4 Rw13

Jenis hunian : Rumah tinggal

Luas Atap : 55 m^2

Tabel 5.15 Hasil pengujian ketuju

Pengujian 7	Waktu penurunan air t (mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm/mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/hari)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/dtk)
1	5	0,35	0,07	1,008	$1,167 \times 10^{-5}$
2	5	0,3	0,06	0,864	1×10^{-5}
3	5	0,29	0,058	0,8352	$9,67 \times 10^{-6}$
4	5	0,28	0,056	0,8064	$9,33 \times 10^{-6}$

Lanjutan tabel 5.15 Hasil pengujian ketuju

Pengujian 7	Waktu penurunan air t (mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm/mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/hari)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/dtk)
5	5	0,28	0,056	0,8064	$9,33 \times 10^{-6}$
6	5	0,28	0,056	0,8064	$9,33 \times 10^{-6}$

8. Lokasi kedelapan

Alamat : Besiraya blok B no 8 Rt3 Rw13

Jenis hunian : Rumah tinggal

Luas Atap : 72 m^2

Tabel 5.16 Hasil pengujian kedelapan

Pengujian 8	Waktu penurunan air t (mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm/mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/hari)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/dtk)
1	5	0,23	0,046	0,6624	$7,67 \times 10^{-6}$
2	5	0,2	0,04	0,576	$6,67 \times 10^{-6}$
3	5	0,17	0,034	0,4896	$5,67 \times 10^{-6}$
4	5	0,17	0,034	0,4896	$5,67 \times 10^{-6}$
5	5	0,17	0,034	0,4896	$5,67 \times 10^{-6}$
6	5	0,17	0,034	0,4896	$5,67 \times 10^{-6}$

9. Lokasi kesembilan

Alamat : Besiraya blok B no 26 Rt4 Rw1313

Jenis hunian : Rumah tinggal

Luas Atap : 59 m^2

Tabel 5.17 Hasil pengujian kesembilan

Pengujian 9	Waktu penurunan air t (mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm/mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/hari)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/dtk)
1	5	0,33	0,066	0,9504	$1,1 \times 10^{-5}$
2	5	0,3	0,06	0,864	1×10^{-5}
3	5	0,3	0,06	0,864	1×10^{-5}
4	5	0,29	0,058	0,8352	$9,67 \times 10^{-6}$

5	5	0,28	0,056	0,8064	$9,33 \times 10^{-6}$
---	---	------	-------	--------	-----------------------

Lanjutan tabel 5.17 Hasil pengujian kesembilan

Pengujian 9	Waktu penurunan air t (mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm/mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/hari)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/dtk)
6	5	0,28	0,056	0,8064	$9,33 \times 10^{-6}$
7	5	0,28	0,056	0,8064	$9,33 \times 10^{-6}$

10. Lokasi kesepuluh

Alamat : Besiraya blok B no 33 Rt4 Rw13

Jenis hunian : Rumah tinggal

Luas Atap : 43 m^2

Tabel 5.18 Hasil pengujian kesembilan

Pengujian 10	Waktu penurunan air t (mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm)	Penurunan air di ring infiltrometer (cm/mnt)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/hari)	Penurunan air di ring infiltrometer (m/dtk)
1	5	0,24	0,048	0,6912	8×10^{-6}
2	5	0,23	0,046	0,6624	$7,67 \times 10^{-6}$
3	5	0,23	0,046	0,6624	$7,67 \times 10^{-6}$
4	5	0,22	0,044	0,6336	$7,33 \times 10^{-6}$
5	5	0,22	0,044	0,6336	$7,33 \times 10^{-6}$
6	5	0,22	0,044	0,6336	$7,33 \times 10^{-6}$

5.4 Perancangan Dimensi Dan Jumlah Sumur Resapan Air Hujan

5.4.1. Metode SNI

Berikut adalah contoh perhitungan sumur resapan air hujan dengan metode SNI. Diketahui :

R 5 tahun = 109,143 mm

C atap = 0,75 – 0,95 (diambil yang terbesar = 0,9)

A tadah = luas atap yang ditinjau (m^3)

K_h = koefisien permeabilitas tanah (pengujian ke-1 adalah 0,5472 m/hari

Diameter sumur rencana = 1 meter

Kedalaman rencana = 2,5 meter

• Perhitungan Lokasi Pengujian ke-1

a. Volume air dari atap

$$\begin{aligned}V_{\text{atap}} &= 0,855 \cdot C_{\text{atap}} \cdot A_{\text{atap}} \cdot R \\ &= 0,855 \cdot 0,9 \cdot 55 \cdot 109,143 \\ &= 4619,232 \text{ liter} \\ &= 4,619 \text{ m}^3\end{aligned}$$

b. Durasi hujan efektif (te)

$$\begin{aligned}t_e &= 0,9 \cdot R^{0,92}/60 \\ &= 0,9 \cdot 109,143^{0,92}/60 \\ &= 1,124 \text{ jam}\end{aligned}$$

c. K_v = koefisien permeabilitas tanah pada dinding sumur

$$\begin{aligned}&= 2 \cdot K_h \\ &= 2 (0,5472) \\ &= 1,0944 \text{ m/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}K_{\text{rata-rata}} &= \left(\frac{K_v \cdot A_h + K_h \cdot A_v}{A_{\text{total}}} \right) \\ &= \left(\frac{K_v \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \pi \cdot D_{\text{sumur}}^2 \right) + K_h \cdot \left(\pi \cdot D_{\text{sumur}} \cdot H_{\text{rencana}} \right)}{A_v + A_h} \right) \\ &= \left(\frac{K_v \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \pi \cdot D_{\text{sumur}}^2 \right) + K_h \cdot \left(\pi \cdot D_{\text{sumur}} \cdot H_{\text{rencana}} \right)}{\left(\pi \cdot D_{\text{sumur}} \cdot H_{\text{rencana}} \right) + \left(\frac{1}{2} \cdot \pi \cdot D_{\text{sumur}}^2 \right)} \right) \\ &= \left(\frac{1,0944 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \pi \cdot 1^2 \right) + 0,5472 \cdot \left(\pi \cdot 1 \cdot 2,5 \right)}{\left(\pi \cdot 1 \cdot 2,5 \right) + \left(\frac{1}{2} \cdot \pi \cdot 1 \right)} \right) \\ &= 0,5969 \text{ m/hari}\end{aligned}$$

d. Volume air hujan yang meresap

$$\begin{aligned}V_{\text{rsp}} &= \left(\frac{t_e}{R} \right) \cdot A_{\text{total}} \cdot K \\ &= \left(\frac{t_e}{R} \right) \cdot (A_v + A_h) \cdot K_{\text{rata-rata}} \\ &= 0,053 \text{ m}^3\end{aligned}$$

e. Volume penampung (storasi) air hujan

$$\begin{aligned}V_{\text{storasi}} &= V_{\text{ab}} - V_{\text{rsp}} \\ &= (3,96 - 0,053)\end{aligned}$$

$$= 4,566 \text{ m}^3$$

f. Jumlah sumur resapan pada tempat pengujian ke-1

$$\begin{aligned} H_{\text{total}} &= \frac{V_{ab} - V_{rsp}}{A_h} \\ &= \frac{V_{ab} - V_{rsp}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2} \\ &= \frac{4,61 - 0,053}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1^2} \\ &= 5,816 \text{ meter} \\ n &= \frac{H_{\text{total}}}{H_{\text{rencana}}} \\ &= \frac{5,816}{2,5} \\ &= 2,32 \text{ buah (3 buah sumur resapan)} \end{aligned}$$

Tabel 5.19 Rekapitulasi Perhitungan Sumur Resapan Metode SNI

tempat pengujian	luas atap m ²	C	K rata-rata	D sumur m	H rencana m	R 5 tahun mm	V _{atap} m ³	V _{resap} m ³	V _{storasi} m ³	N total m
1	55	0,9	0,597	1	2,5	109,14	4,619	0,0531	4,566	3
2	51	0,9	0,503	1	2,5	109,14	4,283	0,0447	4,239	3
3	58	0,9	1,382	1	2,5	109,14	4,871	0,7548	4,748	3
4	66	0,9	8,483	1	2,5	109,14	5,543	0,7548	4,788	3
5	79	0,9	0,377	1	2,5	109,14	6,635	0,0335	6,601	4
6	96	0,9	0,408	1	2,5	109,14	8,063	0,0363	7,026	4
7	55	0,9	0,880	1	2,5	109,14	4,619	0,0783	4,541	3
8	72	0,9	0,534	1	2,5	109,14	6,047	0,0475	5,999	4
9	59	0,9	0,880	1	2,5	109,14	4,955	0,0783	4,877	3
10	43	0,9	0,691	1	2,5	109,14	3,611	0,0615	3,550	2

5.4.2. Metode Sunjoto

Berikut adalah contoh perhitungan pembuatan sumur resapan air hujan menggunakan metode Sunjoto. Diketahui:

Curah hujan (R) kala ulang 5 tahun metode Log Pearson III = 109,143 mm

Rencana diameter sumur resapan (D) = 1 meter

Jari – jari (r) = $\frac{1}{2} \cdot D = \frac{1}{2} \cdot 1 \text{ meter} = 0,5 \text{ meter}$

C atap = 0,75 – 0,95 (diambil yang terbesar = 0,9)

- Perhitungan Lokasi Pengujian ke-1

a. Lama hujan dalam satu hari (hujan efektif)

Durasi hujan efektif (t_e)

Menurut sunjoto durasi hujan efektif di Yogyakarta adalah 2 jam

b. Intensitas Hujan (I)

$$\begin{aligned} I &= \left(\frac{R_{24}}{24}\right) \times \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \\ &= \left(\frac{109,143}{24}\right) \times \left(\frac{24}{2}\right)^{2/3} \\ &= 23.836 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

c. Debit Aliran (Q)

$$\begin{aligned} Q &= C.I.A \\ &= 0,9 \cdot \left(\frac{23,836}{3,6 \times 10^6}\right) \cdot 55 \\ &= 0,000328 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

d. Faktor Geometrik (F)

Karena di seluruh tempat pengujian merupakan tanah dengan laju infiltrasi cukup tinggi dan kurang padat dengan peresapan vertikal maka digunakan Faktor Geometrik ($F = 2\pi r$).

$$\begin{aligned} F &= 2\pi r \\ &= 2 \cdot \pi \cdot 0,5 \\ &= 3,14 \end{aligned}$$

e. Koefesien permeabilitas = K = penurunan konstan masing-masing pengujian ke-1 dari Tabel 5.11

$$K = 0,0000063\text{m/detik}$$

f. Waktu pengaliran (t) = lama hujan dominan (t_d)

$$t_d = 2 \text{ jam}$$

g. Kedalaman efektif sumur resapan (H)

$$\begin{aligned} H &= \frac{Q}{F.K} \left(1 - e^{-\frac{F.K.t}{\pi.R^2}}\right) \\ &= \frac{0,000328}{3,14 \cdot 0,0000063} \left(1 - e^{-\frac{3,14 \cdot 0,0000063 \cdot 7200}{\pi \cdot 0,5^2}}\right) \end{aligned}$$

$$= 2,47 \text{ meter}$$

h. Jumlah sumur resapan pada tempat pengujian ke-1

$$n = \frac{H_{\text{efektif}}}{H_{\text{rencana}}}$$

$$= \frac{2,47}{2,5}$$

$$= 0,988 \text{ buah (1 buah sumur resapan)}$$

Tabel 5.20 Rekapitulasi Perhitungan Sumur Resapan Metode Sunjoto

Pengujian	d	r	C	I	A	Q	F	K	t	H _{efektif}	Jml sumur
	m	m		mm/jam	m ²	m ³ /dtk	5,5 r	m/dtk	detik	m	buah
1	1	0,5	0,9	23,836	55	0,000328	3,14	0,0000063	7200	2,471	1
2	1	0,5	0,9	23,836	51	0,000304	3,14	0,0000053	7200	1,488	1
3	1	0,5	0,9	23,836	58	0,000346	3,14	0,0000147	7200	1,574	1
4	1	0,5	0,9	23,836	66	0,000393	3,14	0,0000900	7200	1,063	1
5	1	0,5	0,9	23,836	79	0,000471	3,14	0,0000040	7200	2,330	1
6	1	0,5	0,9	23,836	96	0,000572	3,14	0,0000043	7200	2,488	1
7	1	0,5	0,9	23,836	55	0,000328	3,14	0,0000093	7200	1,555	1
8	1	0,5	0,9	23,836	72	0,000429	3,14	0,0000057	7200	2,095	1
1	1	0,5	0,9	23,836	55	0,000352	3,14	0,0000093	7200	1,668	1
2	1	0,5	0,9	23,836	51	0,000256	3,14	0,0000073	7200	1,235	1

Tabel 5.21 Perbandingan Sumur Resapan Metode SNI dan Metode Sunjoto

tempat pengujian	jumlah sumur resapan metode SNI	jumlah sumur resapan metode sunjoto
1	3	1
2	3	1
3	3	1
4	3	1
5	4	1
6	4	1
7	3	1
8	4	1
9	3	1
10	2	1

5.5 Perancangan Sumur Resapan Air Hujan Sunjoto

Dari hasil analisis perancangan dimensi dan jumlah sumur resapan dengan kedua metode diatas, diperoleh Metode Sunjoto lebih efisien, maka selanjutnya dilakukan perancangan sumur resapan dengan Metode Sunjoto. Sumur resapan dirancang mempunyai diameter (D) 1 meter, dengan kedalaman (H) 2,5 meter. Gambar rancangan dapat dilihat pada lampiran.

5.6 Pembahasan

5.5.1. Umum

Tugas Akhir tentang perancangan sumur resapan pada bangunan hunian dilakukan untuk usaha pelestarian air tanah. Dari pengumpulan data telah didapatkan beberapa data yaitu data primer berupa hasil pengujian laju infiltrasi dengan metode ring infiltrometer sebanyak 10 titik pengujian. Persyaratan tempat pengujian antara lain bangunan yang dijadikan tempat pengujian adalah bangunan hunian baik yang digunakan sendiri atau di sewakan (indekos), penghuni minimal 1 orang. Data sekunder berupa data curah hujan pada tahun 1994-2013 (20 tahun terakhir) yang diambil dari 4 stasiun terdekat. Semua data tersebut diolah dan digunakan untuk perhitungan dimensi, jumlah serta konstruksi sumur resapan air hujan dengan tujuan hasil tugas akhir ini dapat dijadikan referensi dalam pembuatan sumur resapan air hujan pada suatu kawasan.

5.5.2. Tinjauan Laju Infiltrasi

Pengambilan data laju infiltrasi ini dilakukan langsung ke tempat yang sudah disurvei. Data diambil menggunakan ring infiltrometer dan ditunjang dengan alat-alat lainnya yang telah dipersiapkan. Dari hasil pengukuran pada masing-masing tempat pengujian terdapat perbedaan laju infiltrasi yang cukup besar. Perbedaan tersebut bisa dilihat pada Tabel 5.11 sampai Tabel 5.19 diatas. Hal tersebut dikarenakan ada beberapa faktor yang mempengaruhi, antara lain kondisi yang ada di permukaan tanah (adanya akar pohon, rumput, pepohonan), perbedaan kondisi dalam tanah pada masing-masing tempat pengujian.

5.5.3. Tinjauan Perancangan Sumur Resapan

1. Metode SNI

Perancangan dimensi sumur resapan menggunakan metode SNI ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil perhitungan sumur resapan, antara lain koefisien permeabilitas (K) rata-rata yang didapat dari penjumlahan koefisien permeabilitas alas sumur (K_h) dan dinding sumur (K_v), diameter rencana sumur resapan (d), koefisien pengaliran (C), luas area/atap masing-masing pengujian (A), serta curah hujan (R) kala ulang 5 tahun metode Log Pearson III. Selain itu pada metode SNI perhitungan menggunakan Rumus 3.18 sampai 3.24 dan cara penyelesaiannya perhitungan ini menganggap dinding sumur porous (ikut serta menyerap air yang masuk ke dalam sumur resapan), terlihat dari penggunaan koefisien permeabilitas alas sumur (K_h) dan dinding sumur (K_v) pada perhitungannya.

2. Metode Sunjoto

Perancangan dimensi sumur resapan menggunakan metode Sunjoto terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi hasil perhitungan sumur resapan, antara lain koefisien permeabilitas (K), faktor geometri (F), waktu pengaliran digunakan t_d (lama hujan dominan), diameter rencana sumur resapan (d), debit air yang akan ditampung sumur resapan (Q). Dalam perhitungannya memerlukan intensitas hujan (I) koefisien pengaliran (C) serta luas area/atap masing-masing pengujian (A), dan masih banyak faktor lain yang bisa mempengaruhinya. Selain itu pada perhitungan menggunakan metode Sunjoto dari Rumus 3.25 sampai 3.29 dan cara penyelesaiannya perhitungan ini menganggap dinding sumur kedap terhadap air, terlihat dari penggunaan Faktor Geometris, yang menganggap air hanya terserap dari alas sumur yang direncanakan.

3. Perbandingan Metode SNI dan Metode Sunjoto

Melihat Tabel 5.21 terlihat perbedaan yang cukup jauh antara dua metode. hal ini dikarenakan perhitungan SNI dianggap dinding serta alas sumur bisa menyerap air dan juga perhitungan metode SNI ini langsung menggunakan curah hujan (R) kala ulang 5 tahun metode Log Pearson III untuk mendapatkan

Volume Andil Banjir (V_{ab}), Volume Resap (V_{rsp}), dan Volume Storasi kemudian didapatkan kedalaman sumur efektif serta jumlahnya. Sedangkan perhitungan metode Sunjoto dianggap hanya alas sumur yang menyerap air dan juga diharuskan menghitung debit air yang ditampung oleh sumur resapan (Q) yang didalamnya memasukkan intensitas hujan (I) kemudian baru bisa menghitung kedalaman sumur efektif serta jumlahnya.

