

## BAB V

### PEMBAHASAN

#### **5.1. Debit Banjir Waduk Pasuruhan**

Perhitungan debit banjir pada perencanaan Waduk Pasuruhan pada dasarnya dilakukan untuk mengetahui debit air maksimum yang masuk ke dalam waduk. Perhitungan debit banjir dilakukan dengan periode ulang tertentu sesuai dengan perencanaan. Pada tugas akhir ini, periode ulang debit banjir yang dihitung adalah 1, 1, 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.

Pada tahap perencanaan lebih lanjut, hasil perhitungan debit banjir kemudian akan digunakan untuk merancang kekuatan struktur waduk dan bangunan – bangunan air lain pada waduk. Kekuatan struktur umumnya mencakup stabilitas waduk dan bangunan air terhadap gaya geser, guling, dan *uplift* (gaya angkat air). Masing – masing elemen pada suatu waduk harus dilakukan perhitungan stabilitas terhadap ketiga gaya tersebut, sehingga tidak terjadi kegagalan struktur waduk saat pelaksanaan proses konstruksi.

Mengingat bahwa tujuan tugas akhir ini lebih spesifik untuk menghitung neraca air pada perencanaan Waduk Pasuruhan, maka perhitungan debit banjir dilakukan hanya sebatas untuk mengetahui debit air maksimum yang masuk ke waduk dengan periode ulang tertentu. Setelah diketahui nilai debit maksimum pada periode ulang tertentu, tidak ada perhitungan lebih lanjut mengenai perencanaan kekuatan struktur pada Waduk Pasuruhan, maupun bangunan – bangunan air lain yang terdapat pada Waduk Pasuruhan.

### 5.1.1 Stasiun hujan

Berdasarkan laporan perencanaan Waduk Pasuruhan oleh PT. Mettana *Engineering Consultant*, data curah hujan yang digunakan pada perencanaan Waduk Pasuruhan didapat dari 13 stasiun hujan terdekat pada lokasi perencanaan. Stasiun – stasiun hujan yang digunakan tersebar secara merata pada Daerah Tangkapan Air (DTA) Perencanaan Waduk Pasuruhan, yang berada dalam wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Progo. Secara spesifik, nama dan koordinat lokasi stasiun hujan yang digunakan terdapat pada tabel 5.1 berikut.

Tabel 5. 1 Stasiun Hujan dan Koordinat Stasiun Hujan

No.	Stasiun	Northing	Easting	Zone	Koordinat Stasiun	
					Lintang	Bujur
1	Jumprit	9196346	394068	49M	7,2695	110,0404
2	Jumo	9199239	402707	49M	7,2435	110,1187
3	Ngadirejo	9188079	395532	49M	7,3443	110,0535
4	Parakan	9193224	402619	49M	7,2979	110,1178
5	Kebraman	9196794	407868	49M	7,2657	110,1654
6	Temanggung	9189745	410475	49M	7,3295	110,1889
7	Kandangan	9195982	411446	49M	7,2731	110,1978
8	Pringsurat	9186519	425149	49M	7,3589	110,3218
9	Badran	9185592	412899	49M	7,3671	110,2108
10	Kaliloro	9173985	402161	49M	7,4719	110,1133
11	Kalegen	9174927	408659	49M	7,4635	110,1722
12	Tempuran	9166196	410749	49M	7,5425	110,1910
13	Salaman	9160193	405223	49M	7,5967	110,1408

Pada masing – masing stasiun hujan yang digunakan, diambil data curah hujan selama 22 tahun yang dimulai sejak tahun 1994 hingga 2015. Data curah

hujan yang digunakan merupakan data curah hujan maksimum tahunan pada masing – masing stasiun hujan.

#### 5.1.2 Data curah hujan yang hilang

Data curah hujan maksimum pada masing – masing stasiun hujan memiliki hambatan dalam kelengkapan data. Dalam kurun waktu pengamatan data sejak 1994 sampai 2015 terdapat data – data yang kosong (hilang) pada berbagai stasiun hujan yang utamanya disebabkan oleh kerusakan alat stasiun hujan. Data hujan yang hilang kemudian harus dilengkapi dengan memilih beberapa metode yang telah ditemukan. Pada tugas akhir ini, pengisian data hujan yang hilang dilakukan dengan metode *inverse square distance*.

Metode *inverse square distance* merupakan metode pengisian data curah hujan yang hilang dengan menggunakan minimal data hujan dari minimal 3 stasiun terdekat pada waktu hujan yang sama. Metode *inverse square distance* dipilih karena mempertimbangkan kelengkapan data yang dimiliki. Contoh perhitungan data curah hujan yang hilang dan curah hujan maksimum pada masing – masing stasiun dapat dilihat pada tabel 5.2 tabel 5.3.

Tabel 5. 2 Curah Hujan Maksimum Stasiun Hujan Tahun 1994 Sampai 2004

No	Stasiun	Curah Hujan Maksimum Tahunan (mm)										
		1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
1	Jumprit	72	79	69	76	78	61	71,87	72,78	90	80	64,17
2	Jumo	168	143	98	108	90	125	94	56	100	90	63
3	Ngadirejo	76	81	88	54	92	73	53	97	68	110	67
4	Parakan	139,48	46	67	58	95	78	72	61	57	49	62
5	Kebraman	141	111	135	91	117	90	44	59	95	87	50
6	Temanggung	78,18	100	69	78	95	100	117	57	78	80	72
7	Kandangan	60	97	72	90	85	84	46	81	96	76	46
8	Pringsurat	77,34	77,12	181	102	82	96	93	125	68	80	95
9	Badran	63	51	55	61	75	75	59	93	59	55	48
10	Kaliloro	100	111	103	106	121	138	129	141	105	79	103
11	Kalegen	93,49	99,86	92,25	93,19	121	138	129	141	105	79	103
12	Tempuran	100	109	95	89	137	90	116	88	72	141	82
13	Salaman	86	142	280	100	121	143	136	88	118	143	133
		» tidak ada data hujan, diisi dengan menggunakan metode <i>inverse square distance</i>										

Tabel 5. 3 Curah Hujan Maksimum Stasiun Hujan Tahun 2005 Sampai 2015

No	Stasiun	Curah Hujan Maksimum Tahunan (mm)										
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Jumprit	70,31	54,40	49,84	68,17	67,42	76,90	81,58	86,22	82,51	78,16	92,10
2	Jumo	60	60	49	75	65	81	87	92	100	60	85
3	Ngadirejo	81	55,73	55,87	71	80	92	97	91	72	78	100
4	Parakan	68	47	49	58	55	55	58	77,11	88,53	66,82	86,86
5	Kebraman	54,66	58,08	53,01	66	40	67	77	60	77,21	109,94	84,78
6	Temanggung	130	76	85	66	72	147	75	78	81	70	78
7	Kandangan	48	61	56	62	45	66	76	93	64	145	84
8	Pringsurat	98	52	80	78	44	45	108,68	82	111,15	106,08	75,86
9	Badran	86	70	120	87	108	205	149	114	157	109	70
10	Kaliloro	130	104	142	80	92	124	90	68	103	91	86
11	Kaligen	130	104	142	80	92	124	90	68	90	68	81,53
12	Tempuran	89	103	90	138	77	69	102	101	95	78	105,87
13	Salaman	118	123	118	106	156	90	78	97	118	139	122
			» tidak ada data hujan, diisi dengan menggunakan metode <i>inverse square distance</i>									

Contoh perhitungan curah hujan yang hilang (Stasiun Parakan tahun 1994) :

Tabel 5. 4 Jarak Stasiun Parakan Terhadap Stasiun Tedekat

Asal	Tujuan	Jarak (km)	Jarak <sup>2</sup> (km <sup>2</sup> )	1 / Jarak <sup>2</sup>
Parakan	Jumo	6,057	36,684	0,0273
	Kebraman	6,397	40,928	0,0244
	Temanggung	8,662	75,022	0,0133
	Ngadirejo	8,827	77,918	0,0128
	Jumprit	9,178	84,236	0,0119
	Kandangan	9,324	86,934	0,0115

Perhitungan jarak antar stasiun :

Koordinat stasiun Parakan 7,2979° bujur dan 110,1178° lintang

Koordinat stasiun Jumo 7,2435° bujur dan 110,1187° lintang

$$\text{Selisih bujur} = 7,2979^\circ - 7,2435^\circ = 0,0544^\circ$$

$$\text{Selisih lintang} = 110,1178^\circ - 110,1187^\circ = -0,0009^\circ$$

Berdasarkan konversi 1° bujur maupun lintang sebesar 111,322 km, maka selisih bujur = 0,0544 x 111,322 = 6,011 km dan selisih lintang = 0,0009 x 111,322 = -0,1 km.

$$\text{Maka jarak antara stasiun Parakan dan Jumo} = \sqrt{(6,001)^2 + (-0,1)^2} = 6,057 \text{ km}$$

Kemudian, data curah hujan yang hilang dihitung dengan persamaan *inverse square distance* seperti berikut.

$$P_{parakan} = \frac{\frac{P_{jumo}}{Jarak_{jumo}^2} + \frac{P_{kebraman}}{Jarak_{kebraman}^2} + \frac{P_{ngadirejo}}{Jarak_{ngadirejo}^2}}{\frac{1}{Jarak_{jumo}^2} + \frac{1}{Jarak_{kebraman}^2} + \frac{1}{Jarak_{ngadirejo}^2}}$$

$$P_{parakan} = \frac{\frac{168}{6,057^2} + \frac{141}{6,397^2} + \frac{76}{8,827^2}}{0,0273 + 0,0244 + 0,0128} = 139,48 \text{ mm}$$

Catatan : data curah hujan stasiun Temanggung, yang memiliki jarak lebih dekat dibanding stasiun Ngadirejo pada tahun yang sama juga kosong / hilang, sehingga digunakan stasiun terdekat selanjutnya yaitu stasiun Ngadirejo.

### 5.1.3 Perhitungan curah hujan rerata Metode *Thiessen*

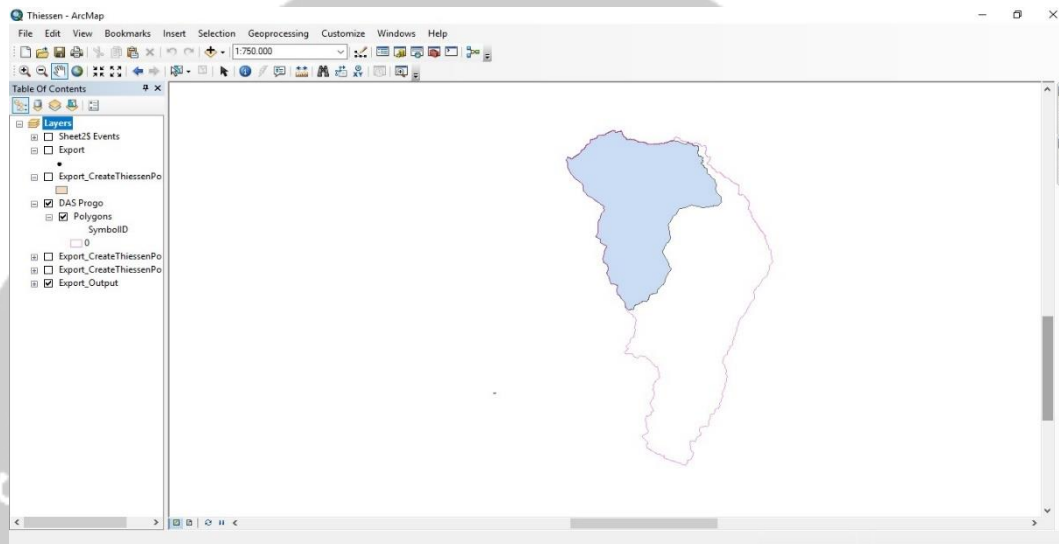
Curah hujan rerata dihitung berdasarkan data curah hujan maksimum tahunan dari 13 stasiun hujan yang telah ditentukan. Perhitungan curah hujan rerata Metode *Thiessen* dilakukan dengan menggunakan bantuan *software Arcgis 10.2.2*.

Fungsi utama dari *software Arcgis 10.2.2* ini adalah untuk menentukan proporsi luasan yang diwakili oleh tiap – tiap stasiun hujan pada Daerah Tangkapan Air (DTA). Adapun langkah – langkah perhitungan curah hujan rerata dengan Metode *Thiessen* adalah sebagai berikut :

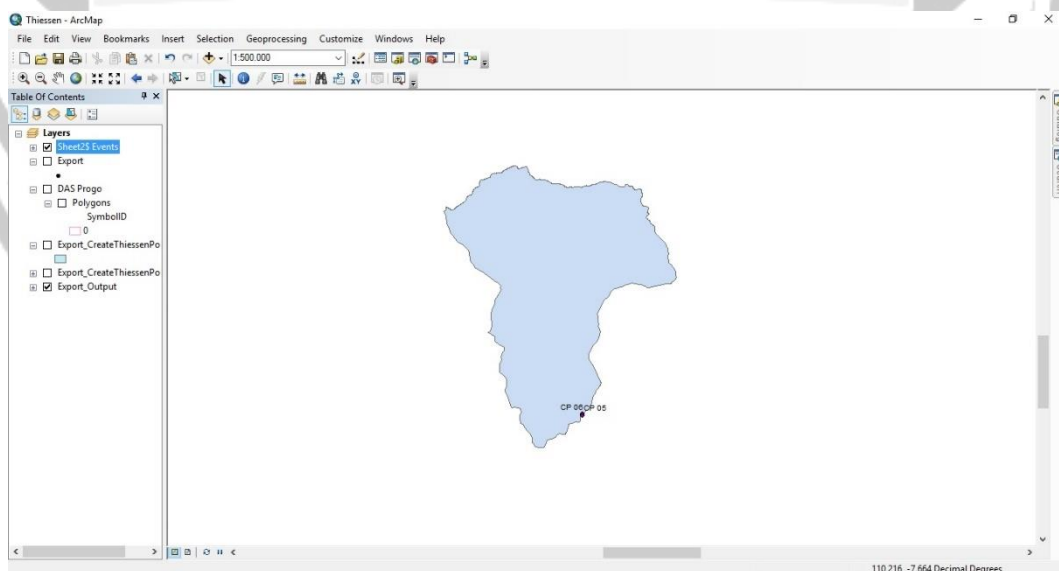
1. Menentukan Daerah Tangkapan Air (DTA)

Penentuan Daerah Tangkapan Air (DTA) dilakukan berdasar koordinat perencanaan Waduk Pasuruhan. Berdasarkan data perencanaan yang diperoleh dari PT. *Mettana Engineering Consultant* koordinat perencanaan Waduk Pasuruhan berada pada 9162391,642 m *Norhting* dan 411474,793 m *Easting* serta 9162245,737 *Norhting* dan 411360,760

m *Easting*. Data koordinat tersebut kemudian dijadikan pedoman dalam *tracing* yang dilakukan pada peta digital Daerah Aliran Sungai (DAS) Progo yang telah dimasukkan dalam *software Arcgis 10.2.2*.



Gambar 5. 1 Peta Digital DAS Progo

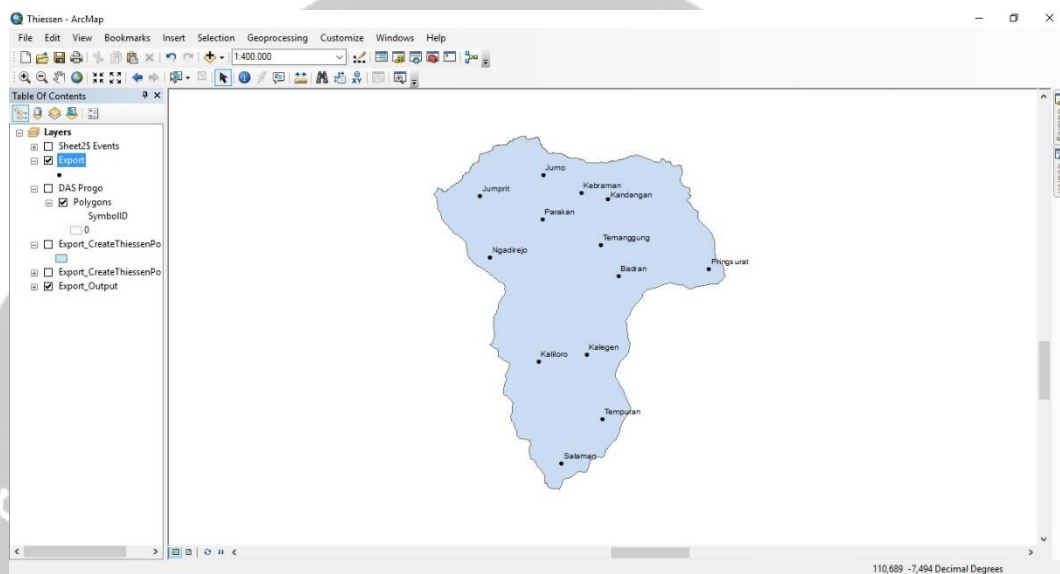


Gambar 5. 2 Daerah Tangkapan Air (DTA) Waduk Pasuruhan



## 2. *Plotting* koordinat masing – masing stasiun hujan

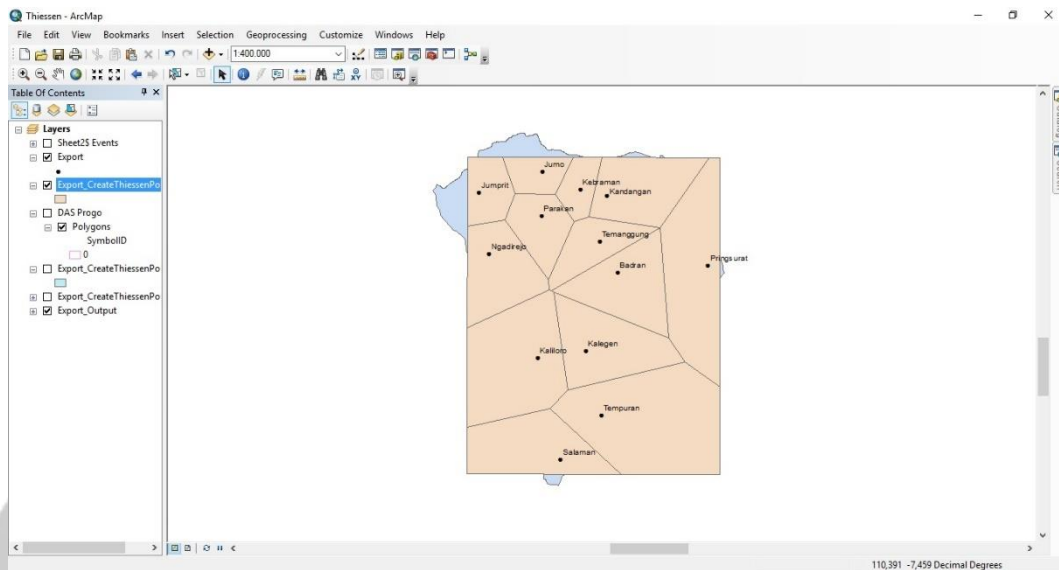
*Plotting* koordinat masing – masing stasiun hujan dilakukan dengan data koordinat stasiun format UTM. Pengaturan data geografis dilakukan



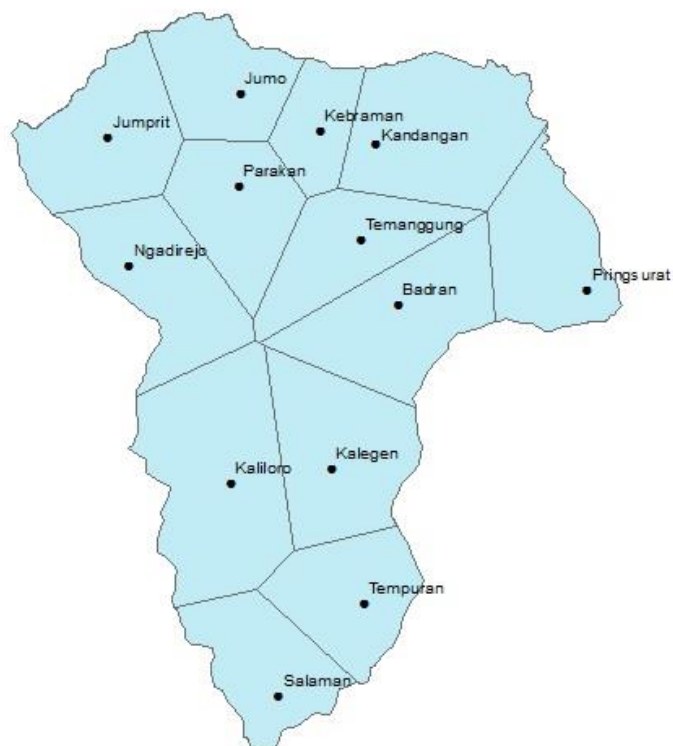
Gambar 5. 3 Hasil *Plotting* Stasiun Hujan Pada DTA Waduk Pasuruhan

## 3. Membuat Poligon *Thiessen* berdasarkan titik – titik stasiun hujan

Pembuatan Poligon *Thiessen* dilakukan dengan menggunakan bantuan *Arc Toolbox* pada *software Arcgis 10.2.2*. Pada *Arc Toolbox* dipilih *Analysis Tool* kemudian *Create Thiessen Polygons*. Data input pada pembuatan Poligon *Thiessen* adalah data *plotting* koordinat masing – masing stasiun hujan yang telah dilakukan sebelumnya. Hasil Poligon *Thiessen* memiliki bentuk persegi panjang, sehingga perlu penyesuaian terhadap bentuk Daerah Tangkapan Air (DTA) Waduk Pasuruhan dengan cara memperpanjang masing – masing garis pada Poligon *Thiessen* hingga memotong garis – garis batas Daerah Tangkapan Air (DTA) Waduk Pasuruhan.



Gambar 5. 4 Hasil Pembuatan Poligon *Thiessen*



Gambar 5. 5 Luasan Daerah Stasiun Hujan Pada DTA Waduk Pasuruhan

Berdasarkan gambar 5.5, maka lausan wilayah yang diwakili oleh masing – masing stasiun hujan adalah sebagai berikut.

Tabel 5. 5 Luas Wilayah yang Diwakili Masing – Masing Stasiun Hujan

No.	Stasiun	Luas (m <sup>2</sup> )	Luas (km <sup>2</sup> )	Proporsi (%)
1	Jumprit	77.889.469,197	77,889	8,03%
2	Jumo	56.641.546,910	56,642	5,84%
3	Ngadirejo	77.107.992,792	77,108	7,95%
4	Parakan	64.715.350,327	64,715	6,67%
5	Kebraman	35.395.122,535	35,395	3,65%
6	Temanggung	64.514.361,161	64,514	6,65%
7	Kandangan	99.937.861,792	99,938	10,31%
8	Pringsurat	69.976.186,047	69,976	7,22%
9	Badran	88.245.300,959	88,245	9,10%
10	Kaliloro	122.343.777,910	122,344	12,62%
11	Kaligen	86.882.604,183	86,883	8,96%
12	Tempuran	63.474.562,732	63,475	6,55%
13	Salaman	62.419.234,262	62,419	6,44%
Jumlah			969,54	100%

#### 4. Perhitungan curah hujan rerata

Perhitungan curah hujan rerata dilakukan dengan menjumlah hasil perkalian antara curah hujan maksimum dengan proporsi luasan wilayah hujan pada masing – masing stasiun hujan. Perhitungan curah hujan rerata dilakukan mulai tahun 1994 sampai 2015 sesuai dengan perencanaan. Setelah didapatkan curah hujan rerata pada masing – masing stasiun hujan tiap tahun, maka dihitung curah hujan rerata keseluruhan dari stasiun hujan yang digunakan. Contoh perhitungan curah hujan rerata tahunan masing – masing stasiun dan curah hujan rerata tahunan seluruh stasiun ditunjukkan pada tabel 5.6

Tabel 5. 6 Contoh Perhitungan Curah Hujan Rerata

No.	Stasiun	Proporsi	1994		1995	
			CH	CH x Proporsi	CH	CH x Proporsi
1	Jumprit	8,03%	72	5,784	79	6,347
2	Jumo	5,84%	168	13,496	143	11,488
3	Ngadirejo	7,95%	76	6,106	81	6,507
4	Parakan	6,67%	139	11,205	46	3,695
5	Kebraman	3,65%	141	11,327	111	8,917
6	Temanggung	6,65%	78	6,280	100	8,034
7	Kandangan	10,31%	60	4,820	97	7,793
8	Pringsurat	7,22%	77	6,213	77	6,196
9	Badran	9,10%	63	5,061	51	4,097
10	Kaliloro	12,62%	100	8,034	111	8,917
11	Kalegen	8,96%	93	7,510	100	8,023
12	Tempuran	6,55%	100	8,034	109	8,757
13	Salaman	6,44%	86	6,909	142	11,408
Curah Hujan Rata - Rata			100,781		100,178	

#### 5.1.4 Analisa frekuensi dan pemilihan jenis distribusi data

Analisa frekuensi dan pemilihan jenis distribusi data adalah pengolahan data secara statistik yang dilakukan terhadap data hasil perhitungan curah hujan rerata tahunan pada Daerah Tangkapan Air (DTA) Waduk Pasuruhan. Hasil yang didapat dari analisa frekuensi yang berupa  $C_v$ ,  $C_s$ , dan  $C_k$  merupakan dasar dalam penentuan jenis distribusi data. Nilai – nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan syarat – syarat dari jenis – jenis distribusi yang ada, sehingga akan didapatkan jenis distribusi data curah hujan rerata.

Tabel 5. 7 Perhitungan Analisa Frekuensi

Tahun	Xi	Xi - X rerata	(Xi - X rerata) <sup>2</sup>	Xi - X rerata  <sup>3</sup>	(Xi - X rerata) <sup>4</sup>
1994	100,781	7,5243	56,6151	425,9895	103.158.803,6074
1995	100,178	6,9221	47,9160	331,6808	100.715.302,8177
1996	112,812	19,5559	382,4317	7.478,7825	161.965.432,7961
1997	88,867	-4,3893	19,2663	84,5662	62.367.683,7303
1998	105,160	11,9039	141,7035	1.686,8277	122.293.844,5314
1999	103,714	10,4579	109,3671	1.143,7477	115.704.694,7474
2000	93,179	-0,0770	0,0059	0,0005	75.383.586,9655
2001	93,173	-0,0835	0,0070	0,0006	75.362.331,6653
2002	89,254	-4,0026	16,0212	64,1272	63.460.318,5252
2003	92,306	-0,9499	0,9023	0,8570	72.598.245,7478
2004	79,386	-13,8704	192,3884	2.668,5065	39.716.526,5940
2005	93,429	0,1726	0,0298	0,0051	76.194.578,5044
2006	77,783	-15,4733	239,4239	3.704,6849	36.604.640,3048
2007	87,544	-5,7120	32,6264	186,3608	58.736.845,0677
2008	83,161	-10,0949	101,9069	1.028,7395	47.828.353,8214
2009	79,807	-13,4488	180,8700	2.432,4825	40.567.019,9538
2010	99,769	6,5132	42,4216	276,3001	99.080.789,9415
2011	93,934	0,6777	0,4593	0,3113	77.855.689,9711

Tabel 5. 8 Lanjutan

Tahun	$X_i$	$X_i - X \text{ rerata}$	$(X_i - X \text{ rerata})^2$	$ X_i - X \text{ rerata} ^3$	$(X_i - X \text{ rerata})^4$
2012	88,959	-4,2975	18,4688	79,3700	62.625.813,1687
2013	99,569	6,3124	39,8466	251,5288	98.285.661,1118
2014	96,324	3,0674	9,4092	28,8622	86.085.858,3962
2015	92,548	-0,7083	0,5016	0,3553	73.361.325,2879
Jumlah			1.632,5887	21.874,0869	1.749.953.347,2572

Tabel 5. 9 Perhitungan Cv, Cs, dan Ck

X rerata	93,256
$\sum (X_i - X \text{ rerata})^2$	1.632,5887
$S^2$	77,7423
$S^4$	6.043,8684
S	8,8172
Cv	10,5767
Cs	1,6715
Ck	0,4634

Pada tabel 5.7 dan 5.8, nilai  $X_i$  merupakan nilai curah hujan rerata masing – masing tahun pada Daerah Tangkapan Air (DTA) Pasuruhan. Nilai  $\bar{X}$  rerata merupakan rata – rata dari seluruh nilai curah hujan rerata masing – masing tahun.

Pada tabel 5.9, nilai jumlah  $X_i$  dikurangi  $\bar{X}$  rerata kuadrat didapat dari perhitungan pada tabel 5.7 dan 5.8. Simbol  $S^2$  merupakan standard deviasi, yang diperoleh dari persamaan berikut :

$$S^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X}_{rerata})^2}{n-1} = \frac{1632,5887}{22-1} = 77,7423$$

Nilai  $S^4$  diperoleh dari hasil  $S^2$  dikuadratkan, dan nilai  $S$  diperoleh dari akar kuadrat dari  $S^2$ .

Nilai  $C_v$  (koefisien variasi),  $C_s$  (koefisien kemiringan), dan  $C_k$  (koefisien kurtosis) diperoleh berdasarkan persamaan berikut :

$$C_v = \frac{\bar{X}_{rerata}}{S} = \frac{93,256}{8,8172} = 10,5767$$

$$C_s = \frac{22 \sum_{i=1}^{22} (X_i - \bar{X}_{rerata})^2}{22} = 1,6715$$

$$C_k = \frac{\frac{1}{22} \sum_{i=1}^{22} (X_i - \bar{X}_{rerata})^4}{S^4} = 0,4634$$

Setelah nilai  $C_v$ ,  $C_s$ , dan  $C_k$  didapat maka nilai – nilai tersebut dibandingkan dengan syarat dari masing – masing jenis distribusi yang terdapat pada sub bab

3.2.2. Adapun perbandingan nilai hitungan dengan dengan syarat ditunjukkan pada tabel 5.10.

Tabel 5. 10 Perbandingan Syarat Jenis Distribusi dengan Nilai Cv, Cs, dan Ck

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan
1	Gumbel	$Cs \leq 1,1396$	$1,6715 > 1,1396$
		$Ck \leq 5,4002$	$0,5381 < 5,4002$
2	Log Normal	$Cs = 3 Cv + Cv^2$	≠
		$Cs = 1,4286$	
3	Log-Pearson tipe III	$Cs \neq 0$	$1,6715 \neq 0$
4	Normal	$Cs = 0$	$1,4286 \neq 0$

Berdasarkan tabel 5.10 didapat bahwa data curah hujan rerata tahunan termasuk dalam jenis distribusi Log-Pearson tipe III.

#### 5.1.5 Uji kesesuaian distribusi frekuensi

Uji kesesuaian distribusi frekuensi dilakukan untuk mengetahui apakah data curah hujan rerata yang diperoleh sudah memiliki sebaran data yang cukup baik dan mewakili. Uji kesesuaian distribusi frekuensi yang dilakukan ada 2, yaitu uji chi kuadrat dan uji *Smirnov-Kolmogrov*.

##### 1. Uji chi kuadrat

Pada uji chi kuadrat dilakukan beberapa perhitungan awal meliputi :

$$K = kelas = 1 + 3,22 \log n = 1 + 3,22 \log 22 = 5,46 \approx 6$$

$$Ef = \frac{n}{K} = \frac{22}{6} = 3,6667$$

$$Dx = \frac{X \max - X \min}{K - 1} = \frac{112,812 - 77,783}{6 - 1} = 7,0058$$

$$Xawal = X \min - (0,5 \times Dx) = 77,783 - (0,5 \times 7,0058) = 74,2800$$



$$DK = K - R - 1 = 6 - 2 - 1 = 3$$

Berdasarkan hitungan nilai DK (Derajat Kebebasan), K (jumlah kelas), dan tingkat kepercayaan  $\alpha = 5\%$ , maka didapat nilai  $X^2$  maksimum tabel uji chi kuadrat sebesar 33,924. Dengan demikian, hasil perhitungan uji chi kuadrat tidak boleh melebihi nilai 33,924. Perhitungan uji chi kuadrat secara terperinci ditunjukkan pada tabel 5.11 berikut.

Tabel 5. 11 Uji Chi Kuadrat

No	Nilai Batasan	Of	Ef	$(Of - Ef)^2$	$(Of - Ef)^2/Ef$
1	$74,2800 \leq X \leq 81,2858$	3	3,6667	0,4444	0,1212
2	$81,2858 \leq X \leq 88,2916$	2	3,6667	2,7778	0,7576
3	$88,2916 \leq X \leq 95,2975$	9	3,6667	28,4444	7,7576
4	$95,2975 \leq X \leq 102,3033$	5	3,6667	1,7778	0,4848
5	$102,3033 \leq X \leq 109,3092$	2	3,6667	2,7778	0,7576
6	$109,3092 \leq X \leq 116,3150$	1	3,6667	7,1111	1,9394
Jumlah		22	-	-	11,8182

Dari hasil perhitungan didapat nilai  $X^2$  sebesar 11,8182 yang lebih rendah dari nilai  $X^2$  berdasar tabel sebesar 33,924. Dengan demikian sebaran data *Log Pearson III* dapat diterima

Pada tabel 5.10, nilai batasan diperoleh dengan menjumlahkan nilai X awal dengan  $Dx$ , dimana X merupakan nilai curah hujan rerata tahunan. Nilai Of didapat dari menghitung jumlah nilai curah hujan rerata tahunan (X) yang masuk dalam nilai batasan pada masing – masing tingkatan. Perhitungan Ef, didapat pada perhitungan awal yang telah dijabarkan, dan perhitungan  $(Of - Ef)^2$  dan  $(Of - Ef)^2 / Ef$  dilakukan dengan mengikuti rumus yang telah diberikan.

## 2. Uji *Smirnov-Kolmogrov*

Langkah awal uji *Smirnov-Kolmogrov* adalah melakukan pengurutan data curah hujan rerata tahunan dari nilai terkecil hingga nilai terbesar. Contoh perhitungan uji *Smirnov-Kolmogrov* secara terperinci adalah sebagai berikut.

Tahun 2006, curah hujan rerata = 77,7829 mm ( $X_i$ ), dengan rata – rata curah hujan rerata sebesar 93,2562.

$$P(x) = \frac{M}{n+1} = \frac{1}{22+1} = 0,0435 \text{ dimana } M = \text{nomor urut data setelah}$$

diurutkan dari terkecil hingga terbesar, dan  $n$  = jumlah data.

$$P(x<) = 1 - P(x) = 1 - 0,0435 = 0,9565$$

$$f(t) = \frac{X_i - X_{rerata}}{S} = \frac{77,7829 - 93,2562}{8,8172} = -1,7549$$

$$P'(x) = \frac{M}{n-1} = \frac{1}{22-1} = 0,0476$$

$$P'(x<) = 1 - P'(x) = 1 - 0,0476 = 0,9524$$

$$D = P(x<) - P'(x<) = 0,9565 - 0,9524 = 0,0041$$

Selanjutnya, masing – masing tahun dihitung dengan langkah yang sama seperti langkah diatas. Nilai  $D$  yang didapat pada masing – masing tahun dibandingkan dan dicari nilai maksimumnya hingga disebut dengan  $D$  maks. Pada perhitungan keseluruhan, ditemukan nilai  $D$  maksimum sebesar 0,0041 yaitu pada tahun 2006. Langkah terakhir pada uji *Smirnov-kolmogrov* adalah mencari nilai batas  $D_0$  kritis berdasarkan

tabel 3.1. Dengan jumlah data 22 dan derajat kepercayaan  $\alpha = 5\%$ , maka besarnya nilai  $D_0$  kritis adalah sebagai berikut :

$$D_{okritis} = 0,29 - \left( \frac{22 - 20}{25 - 20} \times (0,29 - 0,27) \right) = 0,282$$

Berdasarkan perhitungan – perhitungan yang telah dilakukan, maka didapat hasil  $D$  maksimum sebesar 0,091 lebih rendah dibanding  $D_0$  kritis sebesar 0,282, maka dapat dikatakan bahwa sebaran data *Log Pearson* tipe III dapat diterima.

Tabel 5. 12 Contoh Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov

No	Tahun	$X_i$	$X$ rerata	$P(X)$	$P(X <)$	$f(t)$	$P'(X)$	$P'(X <)$	$D$
1	2006	77,783	93,256	0,043	0,957	-1,755	0,048	0,952	0,004
2	2004	79,386	93,256	0,087	0,913	-1,573	0,095	0,905	0,008
3	2009	79,807	93,256	0,130	0,870	-1,525	0,143	0,857	0,012
4	2008	83,161	93,256	0,174	0,826	-1,145	0,190	0,810	0,017
5	2007	87,544	93,256	0,217	0,783	-0,648	0,238	0,762	0,021

#### 5.1.6 Perhitungan debit banjir Metode Melchior

Perhitungan debit banjir dilakukan menggunakan Metode Melchior, karena hujan yang terjadi kurang dari 4 jam dan luas Daerah Tangkapan Air (DTA) lebih dari 100 km<sup>2</sup>. Langkah awal perhitungan debit banjir Metode Melchior adalah menghitung dispersi *Log Pearson* hingga didapat nilai curah hujan rencana. Berdasarkan data nilai curah hujan rencana dan data – data berupa koefisien resapan dan koefisien aliran akan diperoleh nilai debit banjir dengan periode ulang yang dipilih yaitu 1,1, 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Perhitungan dispersi *Log Pearson* ditunjukkan pada tabel 5.13 berikut.

Tabel 5. 13 Perhitungan Dispersi Log Pearson

No	Tahun	Xi	CH Rata - rata	Log Xi	Log Xi - Log Xrt	Log Xi - Log Xrt	(Log Xi - Log Xrt) <sup>2</sup>	(Log Xi - Log Xrt) <sup>3</sup>	(Log Xi - Log Xrt) <sup>4</sup>
1	2006	77,7829	93,2562	1,8909	-0,0788	0,0788	6,2E-03	-4,9E-04	3,9E-05
2	2004	79,3858	93,2562	1,8997	-0,0699	0,0699	4,9E-03	-3,4E-04	2,4E-05
3	2009	79,8074	93,2562	1,9020	-0,0676	0,0676	4,6E-03	-3,1E-04	2,1E-05
4	2008	83,1613	93,2562	1,9199	-0,0498	0,0498	2,5E-03	-1,2E-04	6,1E-06
5	2007	87,5443	93,2562	1,9422	-0,0275	0,0275	7,5E-04	-2,1E-05	5,7E-07
6	1997	88,8669	93,2562	1,9487	-0,0209	0,0209	4,4E-04	-9,2E-06	1,9E-07
7	2012	88,9587	93,2562	1,9492	-0,0205	0,0205	4,2E-04	-8,6E-06	1,8E-07
8	2002	89,2536	93,2562	1,9506	-0,0191	0,0191	3,6E-04	-6,9E-06	1,3E-07
9	2003	92,3063	93,2562	1,9652	-0,0044	0,0044	2,0E-05	-8,8E-08	3,9E-10
10	2015	92,5479	93,2562	1,9664	-0,0033	0,0033	1,1E-05	-3,6E-08	1,2E-10
11	2001	93,1727	93,2562	1,9693	-0,0004	0,0004	1,5E-07	-5,9E-11	2,3E-14
12	2000	93,1792	93,2562	1,9693	-0,0004	0,0004	1,3E-07	-4,6E-11	1,7E-14
13	2005	93,4289	93,2562	1,9705	0,0008	0,0008	6,5E-07	5,2E-10	4,2E-13
14	2011	93,9340	93,2562	1,9728	0,0031	0,0031	9,9E-06	3,1E-08	9,8E-11
15	2014	96,3237	93,2562	1,9837	0,0141	0,0141	2,0E-04	2,8E-06	3,9E-08

Tabel 5. 14 Lanjutan

No	Tahun	Xi	CH Rata - rata	Log Xi	Log Xi - Log Xrt	Log Xi - Log Xrt	(Log Xi - Log Xrt) <sup>2</sup>	(Log Xi - Log Xrt) <sup>3</sup>	(Log Xi - Log Xrt) <sup>4</sup>
16	2013	99,5686	93,2562	1,9981	0,0284	0,0284	8,1E-04	2,3E-05	6,5E-07
17	2010	99,7694	93,2562	1,9990	0,0293	0,0293	8,6E-04	2,5E-05	7,4E-07
18	1995	100,1783	93,2562	2,0008	0,0311	0,0311	9,7E-04	3,0E-05	9,4E-07
19	1994	100,7805	93,2562	2,0034	0,0337	0,0337	1,1E-03	3,8E-05	1,3E-06
20	1999	103,7141	93,2562	2,0158	0,0462	0,0462	2,1E-03	9,8E-05	4,5E-06
21	1998	105,1601	93,2562	2,0219	0,0522	0,0522	2,7E-03	1,4E-04	7,4E-06
22	1996	112,8121	93,2562	2,0524	0,0827	0,0827	6,8E-03	5,7E-04	4,7E-05
Rata - rata				1,9678	Jumlah		0,0358	-0,0004	0,0002

Berdasarkan data pada tabel 5.13 dan 5.14 selanjutnya dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$a = \frac{n \times \sum \log(xi - \log xrt)^3}{(n-1) \times (n-2)} = \frac{22 \times -0,0004}{(22-1) \times (22-2)} = 0,00002$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum \log(xi - \log xrt)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{0,0358}{(22-1)}} = 0,0413$$

$$Cv = \frac{S}{rata - rata \log x} = \frac{0,0413}{1,9678} = 0,0210$$

$$C_s = \frac{a}{S^3} = \frac{-0,00002}{0,0413^3} = -0,2858$$

$$C_k = \frac{\frac{1}{22} \sum_{i=1}^{22} (\log X_i - \log X_{rt})^4}{S^4} = -6,9197$$

Setelah mendapatkan nilai – nilai diatas, maka nilai K dicari pada tabel nilai K *Log Pearson*. berdasarkan nilai  $C_s$  yang diperoleh untuk masing – masing periode ulang curah hujan rencana.

Tabel 5. 15 Perhitungan Nilai K

	1,01	2	5	10	25	50	100
-0,2	-2,472	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,2858	-2,533	0,047	0,852	1,246	1,648	1,897	2,114
-0,4	-2,615	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029

Contoh perhitungan : (pada periode ulang 1,1 tahun)

$$K = -2,472 - \left( \frac{-0,2858 - (-0,2)}{-0,4 - (-0,2)} \times (-2,472 - (-2,615)) \right) = -2,533$$

Tabel 5. 16 Perhitungan Curah Hujan Rencana

No	Periode	Rata2 Log Xi	S	K	Log R	R(mm)
1	1,1	1,9678	0,0413	-2,5333	1,8632	72,9764
2	2	1,9678	0,0413	0,0472	1,9698	93,2744
3	5	1,9678	0,0413	0,8521	2,0030	100,6956
4	10	1,9678	0,0413	1,2464	2,0193	104,5429
5	25	1,9678	0,0413	1,6483	2,0359	108,6154
6	50	1,9678	0,0413	1,8974	2,0462	111,2195
7	100	1,9678	0,0413	2,1141	2,0551	113,5353

Berdasarkan tabel 5.16, persamaan untuk menghitung besarnya nilai Log R dan R (curah hujan rencana) adalah sebagai berikut :

$$\text{Log R} = \text{rata} - \text{rata log Xi} + (S \times K) = 1,978 + (0,0413 \times -2,5333) = 1,8632$$

$$R = 10^{\text{log R}} = 10^{1,8632} = 72,9764 \text{ mm.}$$

Pada tabel 5.14 telah didapat nilai ruah hujan rencana dengan periode ulang yang ditetapkan. Selanjutnya, debit banjir untuk masing – masing periode ulang dapat dihitung berdasarkan Metode Melchior.

Tabel 5. 17 Debit Banjir Metode Melchior

No	Periode	R (mm)	$\beta$	$Q_n$ ( $\text{m}^3/\text{dt.km}^2$ )	$\alpha$	$Q_n$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )
1	1,1	72,9764	2,3531	1,9881	0,5200	860,5885
2	2	93,2744	2,3531	1,9881	0,5200	1.099,9565
3	5	100,6956	2,3531	1,9881	0,5200	1.187,4714
4	10	104,5429	2,3531	1,9881	0,5200	1.232,8420
5	25	108,6154	2,3531	1,9881	0,5200	1.280,8672
6	50	111,2195	2,3531	1,9881	0,5200	1.311,5764
7	100	113,5353	2,3531	1,9881	0,5200	1.338,8862

Pada perhitungan debit banjir metode Melchior, koefisien limpasan air hujan ( $\alpha$ ) ditetapkan sebesar 0.52. Koefisien pengurangan daerah curah hujan DAS ( $\beta$ )

dihitung berdasarkan besarnya luas DAS, yang pada perhitungan tugas akhir ini disebut DTA (F), dengan persamaan berikut :

$$F = \frac{1970}{\beta - 0,12} - 3960 + 1720\beta$$

Dengan menggunakan *solver* maka didapat nilai koefisien  $\beta$  sebesar 2,3531.

Nilai  $q_n$  dicari berdasarkan luas DTA (F) dengan hubungan seperti pada gambar berikut :

$F$ (km <sup>2</sup> )	$q$ (m <sup>3</sup> /det/km <sup>2</sup> )	$F$ (km <sup>2</sup> )	$q$ (m <sup>3</sup> /det/km <sup>2</sup> )	$F$ (km <sup>2</sup> )	$q$ (m <sup>3</sup> /det/km <sup>2</sup> )
0,14	29,60	144	4,75	720	2,30
0,72	22,45	216	4,00	1080	1,85
1,40	19,90	288	3,60	1440	1,55
7,20	14,15	360	3,30	2160	1,20
14,00	11,85	432	3,05	2880	1,00
29,00	9,00	504	2,85	4320	0,70
72,00	6,25	567	2,65	5670	0,54
108,00	5,25	658	2,45	7200	0,48

Gambar 5. 6 Tabel Hubungan Nilai F dan  $q_n$

Luas DTA Waduk Pasuruhan adalah sebesar 969,54 km<sup>2</sup> dengan demikian besarnya nilai  $q_n$  diinterpolasi dengan cara berikut :

$$q_n = 2,30 - \left( \frac{969,54 - 720}{1080 - 720} \times (2,30 - 1,85) \right) = 1,9881 \text{ m}^3/\text{det}/\text{km}^2$$

Nilai  $Q_n$  dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_n = \alpha \times \beta \times q_n \times \frac{R}{200} \times F$$

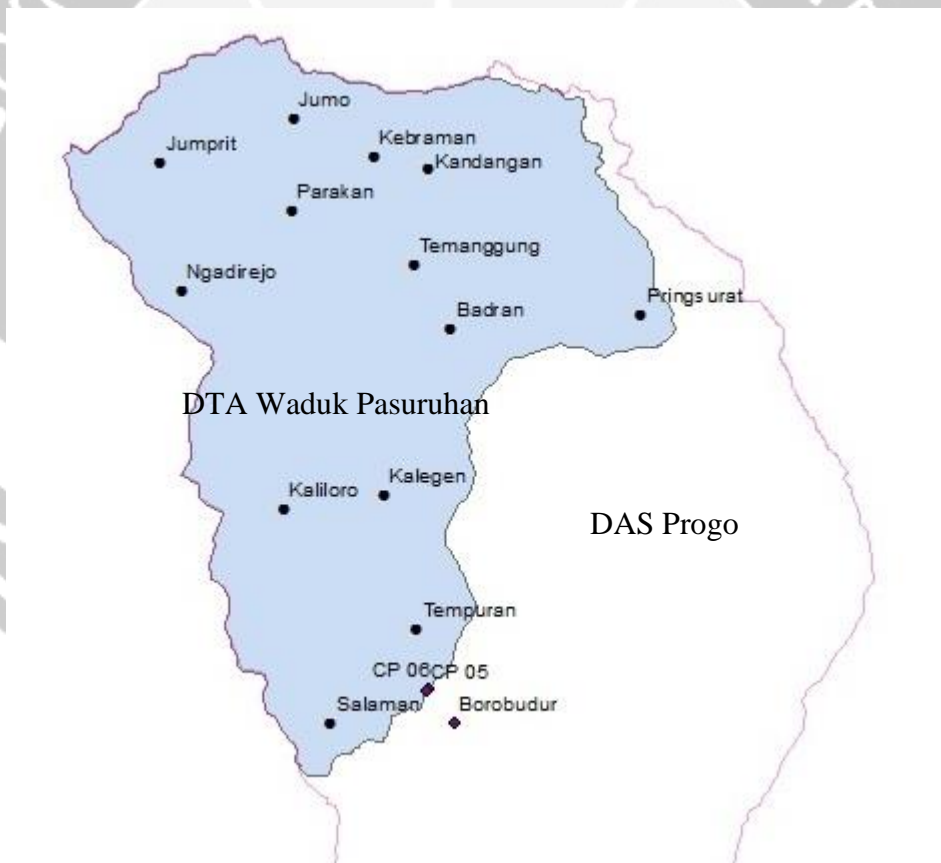
$$Q_n = 0,52 \times 2,3531 \times 1,9881 \times \frac{72,9764}{200} \times 969,54 = 860,5885 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Debit banjir dihitung pada masing – masing periode ulang perencanaan Waduk Pasuruhan dengan menggunakan langkah – langkah yang sama.



## **5.2. Ketersediaan Air Waduk Pasuruhan**

Ketersediaan air Waduk Pasuruhan dinyatakan sebagai debit andalan Waduk Pasuruhan. Debit andalan dihitung berdasarkan data debit terukur yang terdapat pada *Automatic Water Level Recorder* (AWLR) Borobudur yang berada pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Progo. Letak AWLR Borobudur adalah pada koordinat  $7,5970^{\circ}$  LS dan  $110,2125^{\circ}$  BT. Perbandingan letak AWLR Borobudur, DAS Progo, dan DTA Waduk Pasuruhan dapat dilihat pada gambar 5.6.



Gambar 5. 7 Letak AWLR Borobudur pada DAS Progo dan DTA Pasuruhan

Berdasarkan hasil analisa penulis, data debit terukur pada AWLR Borobudur dapat mewakili dan digunakan untuk perhitungan debit andalan DTA

Waduk Pasuruhan, karena letaknya secara geografis yang memang mewakili dan berdasarkan penelusuran peta sungai tidak ada sungai utama lagi diluar yang tercatat oleh AWLR Borobudur, yang ada hanya beberapa anak sungai yang tidak tercatat. Akibat faktor kelengkapan data, untuk analisa perhitungan data debit andalan pada tugas akhir ini dilakukan mulai tahun 2002 sampai 2013, terkecuali untuk tahun 2012, karena seluruh data pada tahun tersebut tidak tercatat oleh AWLR Borobudur. Besarnya data debit terukur AWLR Borobudur dapat dilihat pada tabel 5.18 berikut.

Tabel 5. 18 Debit Terukur AWLR Borobudur (m<sup>3</sup>/dt)

Bulan	Tahun								
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	0,78	0,76	2,90	2,93	3,25	1,94	114,68	69,65	29,73
2	0,79	0,80	2,86	3,01	3,15	4,24	124,58	86,75	32,84
3	0,76	0,79	2,90	2,94	3,02	6,31	180,05	58,22	31,74
4	0,78	0,74	2,85	3,02	3,13	8,15	133,28	46,61	21,87
5	0,74	0,72	2,73	2,72	3,05	3,36	23,02	53,62	33,79
6	0,70	0,67	2,52	2,67	2,83	2,20	10,39	36,96	19,60
7	0,67	0,63	2,48	2,64	2,73	0,70	8,35	13,57	13,13
8	0,66	0,61	2,42	2,47	2,69	0,49	7,89	11,66	11,26
9	0,64	0,60	2,34	2,43	2,66	0,39	8,32	11,32	18,48
10	0,63	0,63	2,30	2,49	2,65	0,37	7,65	17,53	19,42
11	0,70	0,69	2,73	2,52	2,69	0,82	60,90	31,17	24,30
12	0,74	0,77	3,20	2,95	2,84	4,26	30,29	30,38	34,65

Tabel 5. 19 Lanjutan

Bulan	Tahun		
	2011	2012	2013
1	18,69	tad	tad
2	18,91	tad	tad
3	39,70	tad	74,67
4	21,09	tad	79,98
5	19,11	tad	55,12
6	12,56	tad	61,54
7	9,71	tad	46,80
8	6,04	tad	23,23
9	3,60	tad	17,19
10	9,71	tad	14,66
11	29,39	tad	33,49
12	41,15	tad	48,45

Berdasarkan data – data debit tersebut kemudian dihitung besarnya debit andalan Waduk Pasuruhan tiap tahun dengan metode probabilitas. Contoh perhitungan debit andalan Waduk Pasuruhan terdapat pada tabel 5.20 berikut.

Tabel 5. 20 Contoh Perhitungan Debit Andalan Tahun 2009

Bulan	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Rangking	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Probabilitas (%)
1	69,65	1	86,75	7,692
2	86,75	2	69,65	15,385
3	58,22	3	58,22	23,077
4	46,61	4	53,62	30,769
5	53,62	5	46,61	38,462
6	36,96	6	36,96	46,154
7	13,57	7	31,17	53,846
8	11,66	8	30,38	61,538
9	11,32	9	17,53	69,231
10	17,53	10	13,57	76,923
11	31,17	11	11,66	84,615
12	30,38	12	11,32	92,308
Q <sub>80</sub> (m <sup>3</sup> /dt)				12,807

Pada perhitungan debit andalan, langkah pertama yang dilakukan adalah mengurutkan data debit tiap bulan dari besar menuju kecil. Selanjutnya, probabilitas dan besarnya  $Q_{80}$  dihitung dengan persamaan berikut.

$$probabilitas = \frac{Rangking}{n+1} \times 100\% = \frac{1}{12+1} \times 100\% = 7,692\%$$

$Q_{80}$  memiliki arti bahwa debit tersebut kemungkinan dapat dipenuhinya sebesar 80%, atau probabilitasnya 80%. Berdasar tabel 5.20, probabilitas 80% berada diantara 76,923% dan 84,615%, maka selanjutnya dilakukan interpolasi dengan persamaan sebagai berikut.

$$Q_{80} = 13,57 - \left( \frac{80 - 76,923}{84,615 - 76,923} \times (13,57 - 11,66) \right) = 12,807 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Dengan langkah perhitungan yang sama maka rekap debit andalan Waduk Pasuruhan setiap tahunnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. 21 Rekap Debit Andalan Waduk Pasuruhan

Tahun	Debit (m <sup>3</sup> /dt)
2002	0,652
2003	0,619
2004	2,665
2005	2,483
2006	2,679
2007	0,453
2008	8,147
2009	12,807
2010	16,342
2011	8,239
2012	tad
2013	18,398

Data debit terukur pada tabel 5.18 dan 5.19 selanjutnya akan diuji secara statistik dengan melakukan analisa frekuensi, pemilihan jenis distribusi data, uji kesesuaian distribusi data, dengan langkah yang sama pada sub bab 5.1 hingga diperoleh nilai debit terukur dengan periode ulang 1,1, 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Nilai debit terukur tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai debit banjir pada periode ulang yang sama.

Tabel 5. 22 Perhitungan Analisa Frekuensi Data Debit Teurkur

Tahun	$X_i$	$X_i - X \text{ rerata}$	$(X_i - X \text{ rerata})^2$	$ X_i - X \text{ rerata} ^3$	$(X_i - X \text{ rerata})^4$
2002	0,683	-15,7976	249,5626	3.942,4784	0,2181
2003	0,640	-15,8406	250,9246	3.974,7956	0,1682
2004	2,437	-14,0441	197,2364	2.770,0052	35,2640
2005	2,765	-13,7164	188,1409	2.580,6242	58,4085
2006	2,757	-13,7243	188,3573	2.585,0782	57,7448
2007	0,558	-15,9225	253,5265	4.036,7795	0,0973
2008	11,801	-4,6804	21,9057	102,5267	19.391,7427
2009	18,930	2,4490	5,9978	14,6889	128.411,1581
2010	78,317	61,8357	3.823,6562	236.438,5320	37.619.852,4444
2011	44,005	27,5241	757,5755	20.851,5738	3.749.816,9191
2013	18,398	1,9170	3,6750	7,0452	114.573,0457
Jumlah			5.940,5585	277.304,1277	41.632.197,2109

Tabel 5. 23 Perhitungan Cv, Cs, dan Ck Data Debit Terukur

X rerata	16,481
$\sum (X_i - X \text{ rerata})^2$	5.940,5585
$S^2$	282,8837
$S^4$	80.023,2098
S	16,8191
Cv	0,9799
a	14.525,4543
Cs	3,0529
Ck	0,4437

Tabel 5. 24 Perbandingan Syarat Jenis Distribusi dengan Nilai Cv, Cs, dan Ck

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan
1	Gumbel	$Cs \leq 1,1396$	$3,0529 > 1,1396$
		$Ck \leq 5,4002$	$0,4473 < 5,4002$
2	Log Normal	$Cs = 3 Cv + Cv^2$	≠
		$Cs = 1,4286$	
3	Log-Person tipe III	$Cs \neq 0$	$3,0529 \neq 0$
4	Normal	$Cs = 0$	$3,0529 \neq 0$

Berdasarkan hasil perhitungan didapat bahwa data debit terukur termasuk dalam jenis distribusi gumbel dan Log Pearson tipe III. Pada pengujian kesesuaian distribusi data, dipilih jenis distribusi Log Pearson tipe III. Pemilihan jenis distribusi Log Pearson tipe III disebabkan karena pada perhitungan debit banjir, jenis sebaran data yang sesuai adalah Log Pearson tipe III. Dengan pemilihan jenis distribusi yang sama maka diharapkan nilai perbandingan antara debit banjir dan debit terukur pada periode ulang tertentu bersifat lebih akurat.

Tabel 5. 25 Uji Chi Kuadrat Data Debit Terukur

No	Nilai Batasan	Of	Ef	$(Of - Ef)^2$	$(Of - Ef)^2/Ef$
1	$-9,1613 \leq X \leq 10,2728$	6	4,4000	2,5600	0,5818
2	$10,2728 \leq X \leq 29,7178$	3	4,4000	1,9600	0,4455
3	$29,7178 \leq X \leq 49,1573$	1	4,4000	11,5600	2,6273
4	$49,1573 \leq X \leq 68,5969$	0	4,4000	19,3600	4,4000
5	$68,5969 \leq X \leq 88,0365$	1	4,4000	11,5600	2,6273
Jumlah		11	-	-	10,6818

Dari hasil perhitungan didapat nilai  $X^2$  sebesar 10,6818 yang lebih rendah dari nilai  $X^2$  berdasar tabel sebesar 18,31. Dengan demikian sebaran data Log Pearson III dapat diterima

$$K = kelas = 1 + 3,22 \log n = 1 + 3,22 \log 11 = 4,46 \approx 5$$

$$Ef = \frac{n}{K} = \frac{11}{5} = 2,400$$

$$Dx = \frac{X \max - X \min}{K - 1} = \frac{78,317 - 0,5584}{5 - 1} = 19,4396$$

$$X_{awal} = X \min - (0,5 \times Dx) = 0,5584 - (0,5 \times 19,4396) = -9,1613$$

$$DK = K - R - 1 = 5 - 2 - 1 = 2$$

Berdasarkan hitungan nilai DK (Derajat Kebebasan), K (jumlah kelas), dan tingkat kepercayaan  $\alpha = 5\%$ , maka didapat nilai  $X^2$  maksimum tabel uji chi kuadrat sebesar 18,31. Dengan demikian, hasil perhitungan uji chi kuadrat tidak boleh melebihi nilai 18,31.

Tabel 5. 26 Uji Smirnov – Kolmogrov Data Debit Terukur

No	Tahun	Xi	Q Rata - rata	P(X)	P(X<)	f(t)	P'(X)	P'(X<)	D
1	2007	0,5584	16,4810	0,0833	0,9167	-0,9467	0,1000	0,9000	0,0167
2	2003	0,6404	16,4810	0,1667	0,8333	-0,9418	0,2000	0,8000	0,0333
3	2002	0,6834	16,4810	0,2500	0,7500	-0,9393	0,3000	0,7000	0,0500
4	2004	2,4369	16,4810	0,3333	0,6667	-0,8350	0,4000	0,6000	0,0667
5	2006	2,7566	16,4810	0,4167	0,5833	-0,8160	0,5000	0,5000	0,0833
6	2005	2,7645	16,4810	0,5000	0,5000	-0,8155	0,6000	0,4000	0,1000
7	2008	11,8006	16,4810	0,5833	0,4167	-0,2783	0,7000	0,3000	0,1167
8	2013	18,3980	16,4810	0,6667	0,3333	0,1140	0,8000	0,2000	0,1333
9	2009	18,9300	16,4810	0,7500	0,2500	0,1456	0,9000	0,1000	0,1500
10	2011	44,0050	16,4810	0,8333	0,1667	1,6365	1,0000	0,0000	0,1667
11	2010	78,3167	16,4810	0,9167	0,0833	3,6765	1,1000	-0,1000	0,1833

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai D maksimum sebesar 0,1833 pada urutan data ke - 11, sehingga D kritis = D maksimum = 0,1833. Berdasarkan tabel Do kritis pada uji Smirnov - Kolmogrov sebesar 0,396. Dengan demikian D maksimum < Do kritis sehingga sebaran data Log Pearson III dapat diterima

Tabel 5. 27 Perhitungan Dispersi Log Pearson Data Debit Terukur

No	Tahun	Xi	Q Rata - rata	Log Xi	Log Xi - Log Xrt	Log Xi - Log Xrt	(Log Xi - Log Xrt) <sup>2</sup>	(Log Xi - Log Xrt) <sup>3</sup>	(Log Xi - Log Xrt) <sup>4</sup>
1	2007	0,5584	16,4810	-0,2530	-1,4700	1,4700	2,2E+00	-3,2E+00	4,7E+00
2	2003	0,6404	16,4810	-0,1936	-1,4106	1,4106	2,0E+00	-2,8E+00	4,0E+00
3	2002	0,6834	16,4810	-0,1653	-1,3823	1,3823	1,9E+00	-2,6E+00	3,7E+00
4	2004	2,4369	16,4810	0,3868	-0,8301	0,8301	6,9E-01	-5,7E-01	4,7E-01
5	2006	2,7566	16,4810	0,4404	-0,7766	0,7766	6,0E-01	-4,7E-01	3,6E-01
6	2005	2,7645	16,4810	0,4416	-0,7754	0,7754	6,0E-01	-4,7E-01	3,6E-01
7	2008	11,8006	16,4810	1,0719	-0,1451	0,1451	2,1E-02	-3,1E-03	4,4E-04
8	2013	18,3980	16,4810	1,2648	0,0478	0,0478	2,3E-03	1,1E-04	5,2E-06
9	2009	18,9300	16,4810	1,2772	0,0602	0,0602	3,6E-03	2,2E-04	1,3E-05
10	2011	44,0050	16,4810	1,6435	0,4265	0,4265	1,8E-01	7,8E-02	3,3E-02
11	2010	78,3167	16,4810	1,8939	0,6769	0,6769	4,6E-01	3,1E-01	2,1E-01
Rata - rata				0,7098	Jumlah		8,6218	-9,7460	13,7229

$$a = \frac{n \times \sum \log(xi - \log xrt)^3}{(n-1) \times (n-2)} = \frac{11 \times -09,746}{(11-1) \times (11-2)} = -1,1912$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum \log(xi - \log xrt)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{8,6218}{(11-1)}} = 0,9285$$



$$Cv = \frac{S}{rata-rata \log x} = \frac{0,9285}{0,7098} = 1,3081$$

$$Cs = \frac{a}{S^3} = \frac{-1,1912}{0,9285^3} = -1,4879$$

$$Ck = \frac{\frac{1}{11} \sum_{i=1}^{11} (\log Xi - \log Xrt)^4}{S^4} = -1,6024$$

Tabel 5. 28 Perhitungan Nilai K Data Debit Terukur

	1,01	2	5	10	25	50	100
-1,4	-2,271	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,4879	-2,322	0,238	0,825	1,020	1,162	1,224	1,265
-1,6	-2,388	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197

Tabel 5. 29 Perhitungan Debit Terukur

No	Periode	Rata2 Log Xi	S	K	Log R	Q (m <sup>3</sup> /dt)
1	1,1	0,7098	0,9285	-2,3224	-1,4466	0,0358
2	2	0,7098	0,9285	0,2377	0,9306	8,5228
3	5	0,7098	0,9285	0,8254	1,4762	29,9397
4	10	0,7098	0,9285	1,0203	1,6573	45,4205
5	25	0,7098	0,9285	1,1620	1,7887	61,4818
6	50	0,7098	0,9285	1,2243	1,8466	70,2461
7	100	0,7098	0,9285	1,2648	1,8843	76,6044

Pada tabel 5.29 dapat dilihat nilai debit terukur dengan periode ulang yang sama dengan periode ulang debit banjir metode Melchior. Perbandingan debit terukur dan debit banjir pada masing – masing periode ulang dapat dilihat pada tabel 5.30 berikut.

Tabel 5. 30 Perbandingan Nilai Debit Banjir dan Debit Terukur

No	Periode	Q banjir (m <sup>3</sup> /detik)	Q terukur (m <sup>3</sup> /dt)	Q hilang (m <sup>3</sup> /dt)
1	1,1	860,5885	0,0358	860,5527
2	2	1.099,9565	8,5228	1.091,4336
3	5	1.187,4714	29,9397	1.157,5317
4	10	1.232,8420	45,4205	1.187,4215
5	25	1.280,8672	61,4818	1.219,3854
6	50	1.311,5764	70,2461	1.241,3303
7	100	1.338,8862	76,6044	1.262,2819

Pada tabel 5.30, besarnya debit hilang (Q hilang) dihitung dengan mencari selisih antara debit banjir dengan debit andalan. Adanya debit yang hilang dapat disebabkan oleh faktor – faktor seperti evaporasi, infiltrasi, tampungan – tampungan dan pengambilan air yang terjadi pada bagian hulu sungai.

### **5.3. Kebutuhan Air Waduk Pasuruhan**

Kebutuhan air Waduk Pasuruhan terdiri atas kebutuhan air non irigasi dan irigasi. Kebutuhan air non irigasi kemudian dinyatakan sebagai kebutuhan air domestik dan non domestik. Dalam perhitungan kebutuhan air pada tugas akhir ini digunakan data – data statistik yang berkaitan dengan jumlah penduduk, jumlah rumah sakit, jumlah sekolah, dan data pendukung lain. Perhitungan kebutuhan air Waduk Pasuruhan juga dihitung sesuai dengan pemanfaatan pembangunan Waduk Pasuruhan.

#### **5.3.1 Kebutuhan air domestik**

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air rumah tangga yang dimanfaatkan sehari – hari. Kebutuhan air domestik dihitung berdasarkan jumlah penduduk yang dikalikan dengan tingkat pelayanan air. Berdasarkan lokasi perencanaan Waduk Pasuruhan, maka terdapat 3 buah kecamatan yang kebutuhan airnya akan dilayani oleh waduk tersebut. Ketiga kecamatan yang dimaksud adalah Kecamatan Borobudur, Kecamatan Mungkid, dan Kecamatan Muntilan. Jumlah penduduk pada tahun 2014 pada masing – masing kecamatan ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 5. 31 Jumlah Penduduk Tahun 2014

No	Kecamatan	Jiwa
1	Borobudur	75.789
2	Mungkid	93.034
3	Muntilan	100.079
Jumlah Penduduk		268902

Data jumlah penduduk pada tahun 2014 diatas diperoleh dari Biro Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Magelang. Akibat terbatasnya data yang diperoleh terkait jumlah penduduk dalam rentang waktu perhitungan neraca air (2002 sampai 2013), maka untuk mendapatkan jumlah penduduk pada tahun tahun tersebut dihitung berdasarkan nilai pertumbuhan penduduk yang dianggap konstan , yaitu sebesar 1,42%. Sehingga Jumlah penduduk pada tahun 2013 dapat dihitung dengan persamaan berikut.

Jumlah penduduk Borobudur 2013 =  $75.889 : 1,142 \approx 66.366$  jiwa

Jumlah penduduk Mungkid 2013 =  $93.034 : 1,142 \approx 81.466$  jiwa

Jumlah penduduk Muntilan 2013 =  $100.079 : 1.142 \approx 87.635$  jiwa

Berdasarkan data jumlah penduduk pada tahun 2013 dapat diperoleh jumlah kebutuhan air domestik tahun 2013 pada tabel berikut.

Tabel 5. 32 Kebutuhan Air Domestik Waduk Pasuruhan Tahun 2013

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk	Tingkat Pelayanan (ltr/org/hari)	Kebutuhan Air (ltr/dt)
1	Borobudur	66.366	80	5.309.280
2	Mungkid	81.466	80	6.517.280
3	Muntilan	87.635	100	8.763.500
Jumlah Kebutuhan Air (ltr/dt)				20.590.060

Selanjutnya, kebutuhan air domestik pada tahun – tahun pengamatan sebelum 2013 dihitung dengan pendekatan perbandingan antara jumlah kebutuhan air tiap tahun. Dengan metode perhitungan yang sama, maka diperoleh jumlah kebutuhan air domestik pada tahun 2014 adalah sebesar 23.513.740 liter / detik. Dengan demikian, nilai perbandingan kebutuhan air domestik tiap tahun dapat diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut:

= kebutuhan air domestik tahun 2014 : kebutuhan air domestik tahun 2013

=  $23.513.740 : 20.590.060 = 1,142$ .

Setelah didapat nilai perbandingan kebutuhan air domestik tiap tahun maka rekap kebutuhan air domestik Waduk Pasuruhan dalam waktu perhitungan adalah sebagai berikut.

Tabel 5. 33 Rekap Kebutuhan Air Domestik Waduk Pasuruhan

No	Tahun	Kebutuhan Air (ltr/dt)
1	2013	20.590.060,00
2	2012	18.029.824,87
3	2011	15.476.244,52
4	2010	13.284.330,06
5	2009	11.402.858,42
6	2008	9.787.861,31
7	2007	8.401.597,69
8	2006	7.211.671,84
9	2005	6.190.276,25
10	2004	5.313.541,85
11	2003	4.560.980,13
12	2002	3.915.004,40

### 5.3.2 Kebutuhan air non domestik

Kebutuhan air non domestik pada Waduk Pasuruhan meliputi kebutuhan – kebutuhan air pada instansi seperti sekolah, rumah sakit, puskesmas, dan rumah ibadah. Perhitungan kebutuhan air non domestik dilakukan berdasarkan data statistik BPS Kabupaten Magelang tahun 2013. Kebutuhan air bersih untuk sekolah dihitung per tahun sedangkan kebutuhan air bersih untuk instansi rumah sakit, puskesmas, dan rumah ibadah diasumsikan konstan karena perbedaan jumlahnya

yang tidak terlalu mencolok. Contoh perhitungan kebutuhan air domestik pada Waduk Pasuruhan pada tahun 2013 ditunjukkan pada tabel – tabel berikut.

Tabel 5. 34 Kebutuhan Air Non Domestik Berdasarkan Jumlah Sekolah

No	Kecamatan	Tingkat Pendidikan	Jumlah	Tingkat Pelayanan (ltr/murid/hr)	Kebutuhan Air (ltr/dt)
1	Borobudur	SD	4.601	10	46.010
		SMP	1.751	10	17.510
		SMA	217	10	2.170
		SMK	1.103	10	11.030
2	Mungkid	SD	4.946	10	49.460
		SMP	2.125	10	21.250
		SMA	454	10	4.540
		SMK	1.082	10	10.820
3	Muntilan	SD	7.951	10	79.510
		SMP	3.678	10	36.780
		SMA	2.064	10	20.640
		SMK	3.121	10	31.210
Jumlah Kebutuhan Air (ltr/hr)					330.930

Tabel 5. 35 Kebutuhan Air Non Domestik Berdasarkan Jumlah Puskesmas

No	Kecamatan	Jumlah	Tingkat Pelayanan (ltr/hr)	Kebutuhan Air (ltr/dt)
1	Borobudur	1	2.000	2.000
2	Mungkid	0	2.000	0
3	Muntilan	0	2.000	0
Jumlah Kebutuhan Air (ltr/hr)				2.000

Tabel 5. 36 Kebutuhan Air Non Domestik Berdasarkan Jumlah Rumah Sakit

No	Kecamatan	Jumlah	Tingkat Pelayanan (ltr/bed/hr)	Kebutuhan Air (ltr/dt)
1	Borobudur	0	200	0
2	Mungkid	1	200	20.000
3	Muntilan	3	200	60.000
Jumlah Kebutuhan Air (ltr/hr)				80.000

Tabel 5. 37 Kebutuhan Air Non Domestik Berdasarkan Jumlah Rumah Ibadah

No	Kecamatan	Jumlah	Tingkat Pelayanan (ltr/hr)	Kebutuhan Air (ltr/dt)
1	Borobudur	336	3000	1.008.000
2	Mungkid	360	3000	1.080.000
3	Muntilan	402	3000	1.206.000
Jumlah Kebutuhan Air (ltr/hr)				3.294.000

### 5.3.3 Kebutuhan air irigasi

Kebutuhan air irigasi dihitung dengan mengalikan luas sawah yang harus dialiri air oleh Waduk Pasuruhan dengan tingkat kebutuhan air sawah. Besarnya nilai kebutuhan air sawah diambil asumsi sebesar 1 liter/detik/ha. Jumlah kebutuhan air irigasi ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 5. 38 Kebutuhan Air Irigasi

No	Daerah	Luas (ha)	NFR (ltr/dt/ha)	Kebutuhan Air (ltr/dt)
1	Suplesi DI Tangsi	550	1	550
2	Daerah Irigasi Baru	750	1	750

#### 5.3.4 Kebutuhan Air Total

Kebutuhan air total pada Waduk Pasuruhan merupakan akumulasi dari kebutuhan air domestik, kebutuhan air non domestik, dan kebutuhan air irigasi. Contoh perhitungan kebutuhan air total Waduk Pasuruhan masing – masing tahun dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. 39 Kebutuhan Air Waduk Pasuruhan Tahun 2013

No	Jenis Kebutuhan Air	Kebutuhan Air (ltr/hari)
1	Kebutuhan air domestik	20.590.060,00
2	Irigasi	112.320.000
3	Sekolah	330.930
4	Puskesmas	2.000
5	Rumah Sakit	80.000
6	Tempat Ibadah	3.294.000
Jumlah Kebutuhan Air (ltr/hari)		136.616.990,00
Jumlah Kebutuhan Air (m <sup>3</sup> /dt)		1,5812
Kehilangan air 35%		0,5534
Total Kebutuhan Air (m <sup>3</sup> /dt)		2,1346

Pada perhitungan digunakan nilai kehilangan air sebesar 35% yang merupakan nilai maksimum dalam batas kehilangan air yang dapat terjadi (20% – 35%). Pemilihan besarnya 35% kehilangan air disebabkan karena asumsi penulis bahwa selain Waduk Pasuruhan masih dalam perencanaan, juga belum diketahui seberapa efisien distribusi air Waduk Pasuruhan, sehingga ditetapkan kondisi terburuk yang mungkin terjadi. Perhitungan kebutuhan air total Waduk Pasuruhan kemudian juga dilakukan pada masing – masing tahun analisa dan ditunjukkan pada tabel berikut.



Tabel 5. 40 Kebutuhan Air Waduk Pasuruhan Tiap Tahun

Tahun	Jumlah Kebutuhan Air (m <sup>3</sup> /dt)
2002	1,8734
2003	1,8835
2004	1,8952
2005	1,9089
2006	1,9249
2007	1,9435
2008	1,9651
2009	1,9904
2010	2,0198
2011	2,0540
2012	2,0940
2013	2,1346

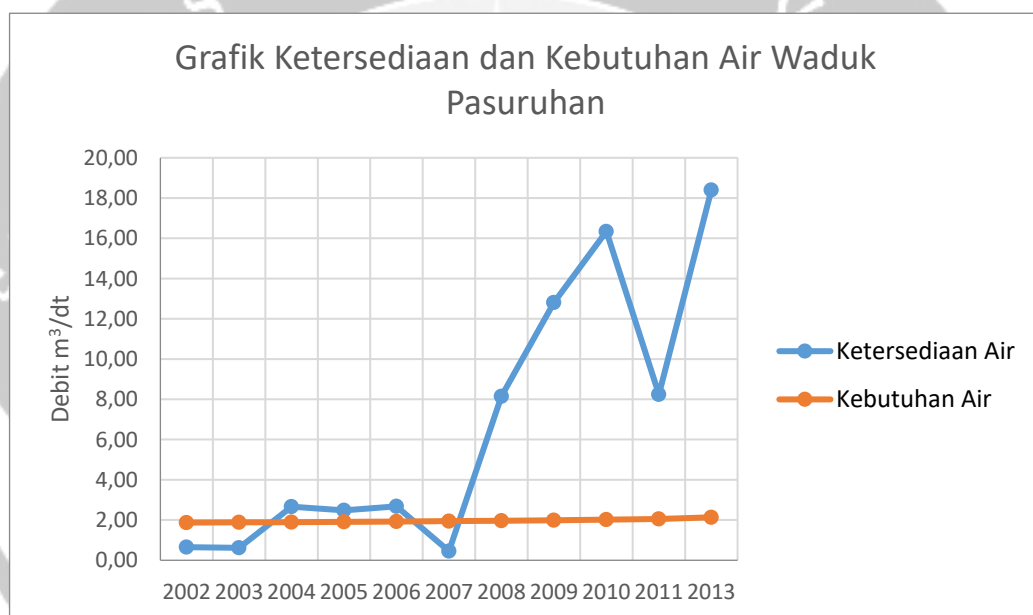
#### **5.4. Neraca Air Waduk Pasuruhan**

Neraca air Waduk Pasuruhan didapat dengan membandingkan nilai ketersediaan air dan kebutuhan air pada Waduk Pasuruhan. Perbandingan tersebut ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 5. 41 Ketersediaan Air dan Kebutuhan Air Waduk Pasuruhan Tiap Tahun

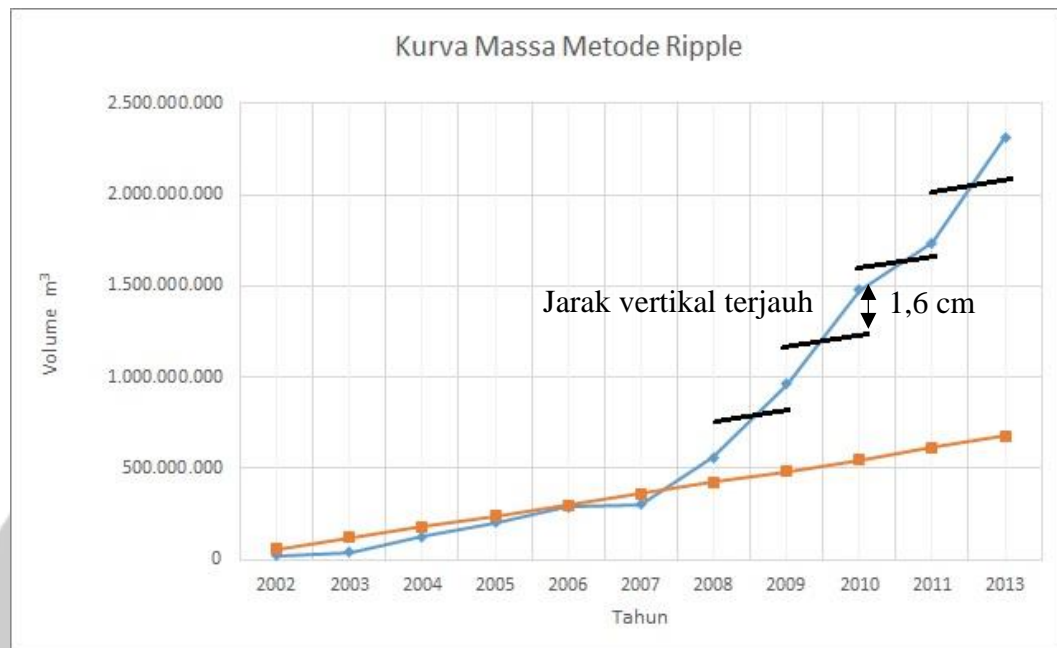
Tahun	Ketersediaan Air (m <sup>3</sup> /dt)	Kebutuhan Air (m <sup>3</sup> /dt)	Keterangan
2002	0,65	1,8734	Defisit
2003	0,62	1,8835	Defisit
2004	2,67	1,8952	Surplus
2005	2,48	1,9089	Surplus
2006	2,68	1,9249	Surplus
2007	0,45	1,9435	Defisit
2008	8,15	1,9651	Surplus
2009	12,81	1,9904	Surplus
2010	16,34	2,0198	Surplus
2011	8,24	2,0540	Surplus
2013	18,40	2,1346	Surplus

Hasil perbandingan antara ketersediaan dan kebutuhan air pada Waduk Pasuruhan akan menunjukkan apakah terjadi defisit air atau surplus air pada perencanaan Waduk Pasuruhan. Berdasarkan hasil perbandingan tersebut kemudian juga dapat disimpulkan apakah pembangunan Waduk Pasuruhan efisien atau tidak. Hubungan antara ketersediaan dan kebutuhan air Waduk Pasuruhan kemudian juga dapat digambarkan dalam bentuk grafik seperti berikut.



Gambar 5. 8 Grafik Ketersediaan dan Kebutuhan Air Waduk Pasuruhan

Pada grafik ketersediaan dan kebutuhan air Waduk Pasuruhan dapat dilihat bahwa pada tahun 2002, 2003, dan 2007 terjadi defisit air, sedangkan pada tahun 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011, dan 2013 terjadi surplus air. Pada grafik secara tersirat juga dapat dilihat bahwa jumlah surplus air lebih besar dibandingkan dengan defisit air, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat air yang harus ditampung oleh Waduk Pasuruhan. Besarnya volume air yang harus ditampung oleh Waduk Pasuruhan dapat dihitung dengan menggunakan kurva massa Ripple 1983.



Gambar 5. 9 Kurva Massa Ripple (1983)

Besarnya volume tampungan pada kurva massa Ripple ditunjukkan dengan adanya jarak vertikal terjauh pada perpotongan garis kurva ketersediaan air kumulatif dengan kebutuhan air kumulatif. Dari grafik didapat nilai jarak vertikal terjauh sebesar 1,6 cm. Besarnya volume tampungan waduk dihitung dengan :

$$\text{Volume tampungan} = \frac{1,6}{3,8} \times 500.000.000 = 210.526.315,789 \text{ m}^3.$$

Volume tampungan air yang dapat diandalkan pada Waduk Pasuruhan adalah sebesar  $210.526.315,789 \text{ m}^3$ . Dalam perencanaan dimensi Waduk Pasuruhan perlu dipertimbangkan besarnya volume tampungan andalan ini dan besarnya tingkat sedimentasi yang terjadi. Dengan usia perencanaan Waduk Pasuruhan tertentu, diharapkan dalam realisasinya setelah pembangunan Waduk Pasuruhan dapat tetap berfungsi optimum minimal hingga telah mencapai usia perencanaan.

### **5.5. Analisa Usia Waduk Pasuruhan**

Analisa usia Waduk Pasuruhan dilakukan dengan membandingkan nilai surplus ketersediaan air selama tahun penelitian dengan proyeksi kebutuhan air. Surplus ketersediaan air Waduk Pasuruhan dihitung dengan mengurangkan debit ketersediaan air dengan kebutuhan air pada masing – masing tahun penelitian. Contoh perhitungan surplus ketersediaan air Waduk Pasuruhan disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 5. 42 Selisih Ketersediaan dan Kebutuhan Air Waduk Pasuruhan

Tahun	Ketersediaan Air (m <sup>3</sup> /dt)	Kebutuhan Air (m <sup>3</sup> /dt)	Sisa (m <sup>3</sup> /dt)
2002	0,65	1,8734	-1,2211
2003	0,62	1,8835	-1,2640
2004	2,67	1,8952	0,7701
2005	2,48	1,9089	0,5737
2006	2,68	1,9249	0,7542
2007	0,45	1,9435	-1,4905
2008	8,15	1,9651	6,1822
2009	12,81	1,9904	10,8166
2010	16,34	2,0198	14,3225
2011	8,24	2,0540	6,1845
2013	18,40	2,1346	16,2634
Jumlah			51,89

Berdasarkan perhitungan pada tabel maka diperoleh besarnya debit andalan yang ditampung oleh Waduk Pasuruhan sebesar 51,89 m<sup>3</sup>/dt. Debit tersebut kemudian diandalkan untuk dapat memenuhi kebutuhan air Waduk Pasuruhan dalam 50 tahun kedepan. Proyeksi kebutuhan air dilakukan pada kebutuhan air domestik, sedangkan untuk kebutuhan air non domestik dan irigasi diasumsikan konstan. Proyeksi kebutuhan air dilakukan dengan perbandingan kebutuhan air pada masing

– masing tahun dengan metode yang sama pada sub bab 5.3.1. Proyeksi kebutuhan air dilakukan dengan interval waktu 5 tahun dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 5. 43 Proyeksi Kebutuhan Air Domestik Waduk Pasuruhan

Tahun	Kebutuhan Air Domestik (ltr/hari)
2018	69.185.971,5
2023	112.225.817,7
2028	195.824.846,1
2033	358.204.551,8
2038	673.604.973,3
2043	1.286.227.256
2048	2.476.162.447
2053	4.787.449.188
2058	9.276.808.309
2063	17.996.775.826

Pada tahun 2018, kebutuhan air domestik dihiitung dengan :

$$\begin{aligned} & \text{Kebutuhan air domestik th. 2013} + (1,142^5 \times \text{kebutuhan air domestik th. 2013}) \\ & = 20.590.060 + (1,142^5 \times 20.590.060) = 69.185.971,5 \text{ liter / hari.} \end{aligned}$$

Catatan : 5 merupakan selisih tahun 2018 dengan 2013.

Pada tahun 2023, kebutuhan air domestik dihiitung dengan :

$$\begin{aligned} & \text{Kebutuhan air domestik th. 2013} + (1,142^{10} \times \text{kebutuhan air domestik th. 2013}) \\ & = 20.590.060 + (1,142^{10} \times 20.590.060) = 112.225.817,7 \text{ liter / hari.} \end{aligned}$$

Proyeksi kebutuhan air domestik pada tahun – tahun selanjutnya dihitung dengan menggunakan metode yang sama. Setelah didapat nilai kebutuhan air proyeksi maka nilai tersebut dijumlahkan dengan kebutuhan air non domestik dan kebutuhan air irigasi untuk kemudian diasumsikan sebagai proyeksi kebutuhan air Waduk Pasuruhan dalam periode 50 tahun pemakaian waduk.

Tabel 5. 44 Rekap Perhitungan Proyeksi Kebutuhan Air Waduk Pasuruhan

Tahun	Usia Waduk (tahun)	Kebutuhan Air Domestik (ltr/hari)	Jumlah Kebutuhan Air (ltr/hari)	Kehilangan Air 35%	Kebutuhan Air Total (ltr/hari)	Kebutuhan Air Total (m <sup>3</sup> /dt)
2018	5	69.185.971,5	185.212.901,50	64.824.515,52	250.037.417,02	2,8940
2023	10	112.225.817,7	228.252.747,70	79.888.461,69	308.141.209,39	3,5664
2028	15	195.824.846,1	311.851.776,15	109.148.121,65	420.999.897,80	4,8727
2033	20	358.204.551,8	474.231.481,81	165.981.018,63	640.212.500,44	7,4099
2038	25	673.604.973,3	789.631.903,32	276.371.166,16	1.066.003.069,48	12,3380
2043	30	1.286.227.256	1.402.254.185,65	490.788.964,98	1.893.043.150,63	21,9102
2048	35	2.476.162.447	2.592.189.376,66	907.266.281,83	3.499.455.658,49	40,5030
2053	40	4.787.449.188	4.903.476.118,33	1.716.216.641,42	6.619.692.759,75	76,6168
2058	45	9.276.808.309	9.392.835.238,53	3.287.492.333,48	12.680.327.572,01	146,7631
2063	50	17.996.775.826	18.112.802.755,65	6.339.480.964,48	24.452.283.720,13	283,0125

Pada tabel dapat dilihat jumlah kebutuhan air Waduk Pasuruhan selama 50 tahun usia penggunaan waduk. Nilai kebutuhan air pada masing – masing interval tahun penggunaan kemudian dibandingkan dengan nilai surplus ketersediaan air Waduk Pasuruhan. Perbandingan nilai surplus ketersediaan air dan proyeksi kebutuhan air akan memberikan usia penggunaan efektif Waduk Pasuruhan.

Tabel 5. 45 Perbandingan Ketersediaan Surplus Air dengan Proyeksi Kebutuhan Air Waduk Pasuruhan

Tahun	Usia Waduk (tahun)	Ketersediaan Air (m <sup>3</sup> /dt)	Kebutuhan Air (m <sup>3</sup> /dt)	Keterangan
2018	5	51,89	2,8940	Surplus
2023	10	49,00	3,5664	Surplus
2028	15	45,43	4,8727	Surplus
2033	20	40,56	7,4099	Surplus
2038	25	33,15	12,3380	Surplus
2043	30	20,81	21,9102	Defisit
2048	35	-	40,5030	Habis
2053	40	-	76,6168	Habis
2058	45	-	146,7631	Habis
2063	50	-	283,0125	Habis

Pada tahun 2018 tersedia surplus air waduk sebesar 51,89 m<sup>3</sup>/dt dan diproyeksikan kebutuhan air waduk pada tahun yang sama sebesar 2,8940 m<sup>3</sup>/dt. Pada tahun 2018 waduk masih mampu memenuhi kebutuhan air dan masih memiliki surplus sebesar 48,9960 m<sup>3</sup>/dt. Surplus air tersebut kemudian dibandingkan dengan proyeksi kebutuhan air pada tahun 2023 sebesar 3,5664 m<sup>3</sup>/dt. Dari hasil perhitungan didapatkan waduk masih mampu memenuhi proyeksi kebutuhan air pada tahun 2023 dan memiliki surplus air sebesar 45,4296 m<sup>3</sup>/dt. Cara perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun – tahun selanjutnya dalam periode perhitungan.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Waduk Pasuruhan dapat memenuhi proyeksi kebutuhan air hingga tahun 2038. Pada 5 tahun periode perhitungan selanjutnya, Waduk Pasuruhan diperkirakan mengalami defisit air. Jumlah air yang tersedia sebanyak 20,81 m<sup>3</sup>/dt sedangkan proyeksi kebutuhan air

sebesar 21,9102. Dengan demikian, berdasarkan perhitungan surplus air dan proyeksi kebutuhan air dapat diperkirakan usia optimum pemanfaatan Waduk Pasuruhan sebesar  $\pm 25$  tahun.

