

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Curah Hujan

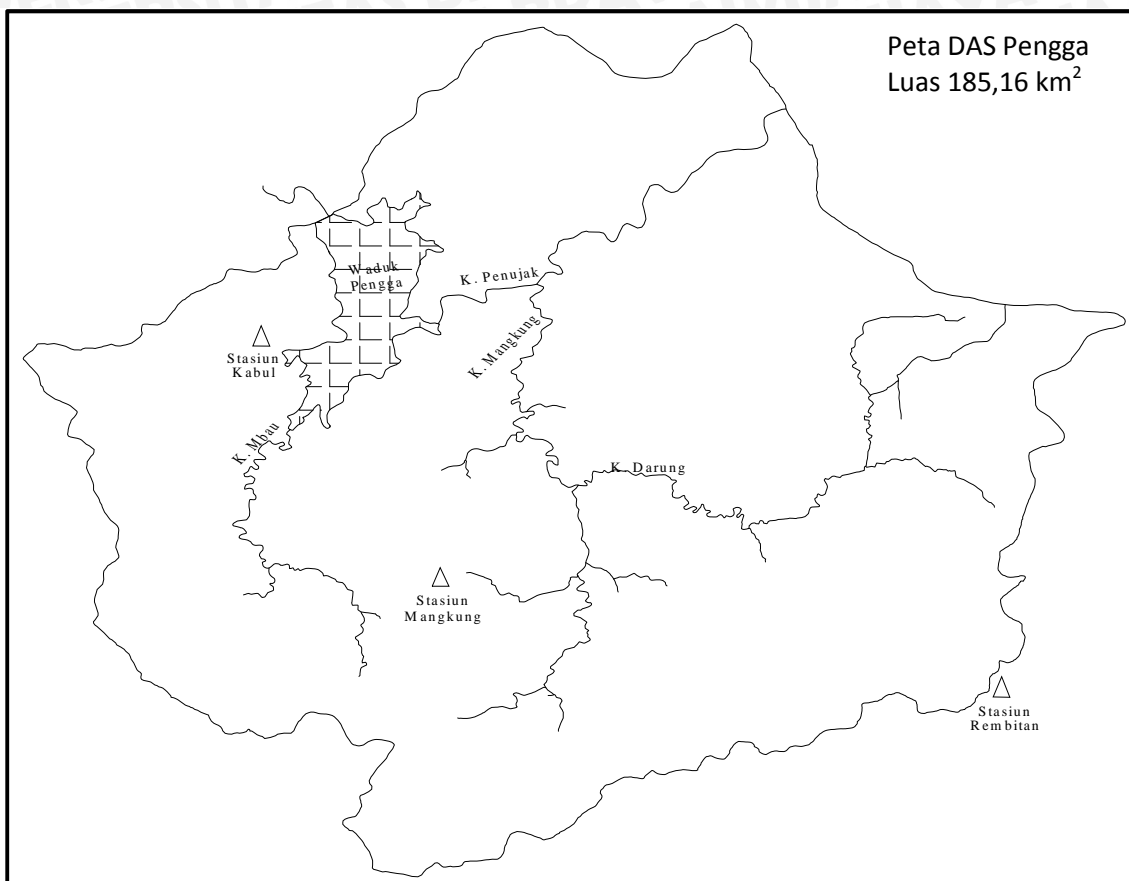
4.1.1. Umum

Hujan merupakan komponen utama dalam analisa hidrologi, baik dalam perancangan maupun perencanaan bangunan-bangunan hidrolik. Mengingat bahwa analisis data hujan ini merupakan awal analisis dari setiap perancangan dan perencanaan bangunan-bangunan hidrolik, maka perlakuan terhadap masukan ini perlu dilakukan secara teliti. Hal ini karena kesalahan pada analisis ini akan terbawa ke analisa berikutnya.

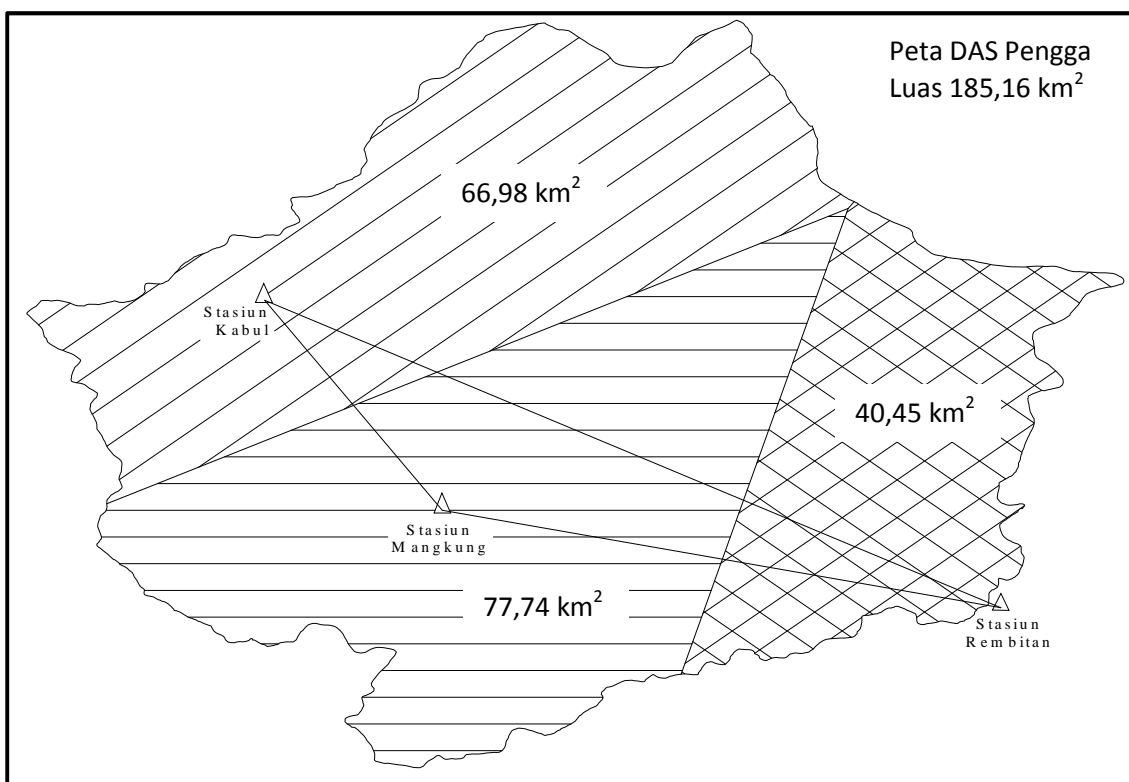
4.1.2. Data Hujan

Data hujan diperoleh dari 3 (tiga) stasiun penakar hujan, yaitu Stasiun Kabul, Stasiun Mangkung dan Stasiun Rembitan, digunakan untuk menghitung curah hujan rata-rata daerah untuk DAS Pengga. Luas DAS Pengga adalah 185,16 km² diwakili oleh tiga stasiun pencatat tersebut di atas. Data yang digunakan adalah dari tahun 2000 s/d 2010 atau selama 11 tahun pengamatan.

Curah hujan rata-rata daerah dapat diketahui dengan perhitungan metode *Poligon Thiessen*, yang terlebih dahulu harus diketahui luas daerah yang mewakili tiap titik pengamatan. Untuk itu perlu adanya gambar peta sebaran stasiun hujan dan peta *Poligon Thiessen* seperti pada Gambar 4.1 dan 4.2. Data curah hujan bulanan tiap stasiun pengamatan tertera pada lampiran. Metode Thiessen dipilih berdasarkan luas daerah aliran sungai juga mengingat stasiun pengamatan menyebar tidak merata sehingga daerah pengaruh diperhitungkan, di samping itu juga relatif sederhana tetapi akurat. Cara ini diperoleh dengan membuat poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung dua stasiun hujan. Curah hujan rata-rata daerah di peroleh dengan menjumlahkan pada masing-masing penakar yang mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung terhadap dua pos penakar. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.3.



Gambar 4.1. Sebaran Stasiun Hujan Pada DAS Pengga
Sumber: Data



Gambar 4.2. Poligon Thiessen 3 Stasiun Penakar Hujan
Sumber: Data

Dari gambar diatas didapat:

Tabel 4.1. Luasan *Poligon Thiessen*

Stasiun	Luas (km ²)	Bobot
[1]	[2]	[3]
Kabul	66.98	0.36
Mangkung	77.74	0.42
Rembitan	40.45	0.22
Jumlah	185.16	1.00

Sumber: Perhitungan

Keterangan:

[1] = Nama Stasiun

[2] = Luas (km²) Diperoleh dari luasan *Poligon Thiessen*

[3] = Bobot

Contoh Perhitungan:

[3] = $66,98 / 185,16 = 0,36$

= $77,74 / 185,16 = 0,42$

= $40,45 / 185,16 = 0,22$

Tabel 4.2. Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah Dengan *Poligon Thiessen* Tahun 2000

Bulan	Periode	Stasiun Kabul	Stasiun Mangkung	Stasiun Rembitan	Curah Hujan Rerata Daerah
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
Jan	I	108.00	69.00	0.00	68.03
	II	250.00	188.00	0.00	169.36
Feb	I	101.90	67.00	0.00	64.99
	II	108.80	110.00	0.00	85.54
Mar	I	115.00	0.00	160.60	76.68
	II	148.50	130.00	98.20	129.75
Apr	I	119.30	94.70	152.80	116.29
	II	66.00	103.90	127.90	95.43
May	I	130.00	0.00	85.70	65.74
	II	59.30	0.00	44.00	31.06
Jun	I	0.00	0.00	0.80	0.17
	II	0.00	0.00	2.50	0.55
Jul	I	0.00	0.00	0.00	0.00
	II	0.00	0.00	0.00	0.00
Aug	I	0.00	0.00	0.00	0.00
	II	0.00	0.00	0.00	0.00

Sep	I	0.00	0.00	0.00	0.00
	II	0.00	0.00	0.00	0.00
Oct	I	114.00	11.00	148.90	78.38
	II	17.00	10.60	41.60	19.69
Nov	I	272.50	137.30	290.20	219.60
	II	170.00	198.00	258.60	201.11
Dec	I	65.00	0.00	25.50	29.08
	II	52.50	0.00	7.10	20.54

Sumber: Perhitungan

Keterangan:

[1] = Bulan

[2] = Periode

[3],[4],[5] = Data

[6] = Hasil perhitungan curah hujan rerata daerah dengan *Poligon Thiessen*

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 [6] &= [3] \times [\text{bobot luas}] + [4] \times [\text{bobot luas}] + [5] \times [\text{bobot luas}] \\
 &= 108 \times 0,36 + 69 \times 0,42 + 0 \times 0,22 \\
 &= 68,03 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Untuk data dan perhitungan curah hujan rerata daerah dengan *Poligon Thiessen* tahun selanjutnya di sajikan di lampiran. Sedangkan rekapitulasi curah hujan rerata daerah DAS Pengga dari tahun 2000 sampai 2010 sebagai berikut:

Tabel 4.3. Curah Hujan Rerata Daerah DAS Pengga

Bulan	Periode	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Jan	I	68.03	134.62	62.13	271.32	40.54	60.16	107.84	58.39	98.81	234.14	126.68
	II	169.36	125.58	144.27	73.56	106.05	65.16	176.78	18.26	85.92	129.75	48.45
Feb	I	64.99	119.50	259.45	54.21	102.45	107.05	43.48	52.67	74.64	199.81	85.65
	II	85.54	45.65	113.75	69.88	67.27	60.52	136.33	30.13	46.06	80.95	42.48
Mar	I	76.68	27.13	43.01	88.90	77.54	139.17	131.31	98.35	94.07	75.90	18.64
	II	129.75	96.99	76.95	9.63	52.43	55.26	169.11	35.93	133.23	32.63	30.46
Apr	I	116.29	42.35	83.68	66.18	1.81	113.10	89.62	81.06	42.46	8.97	54.05
	II	95.43	30.11	30.25	3.86	2.08	3.98	89.67	56.05	7.27	3.16	78.33
Mei	I	65.74	9.77	0.00	8.54	0.13	0.00	5.88	0.24	2.08	6.03	77.30
	II	31.06	3.81	0.00	6.41	106.41	17.18	8.22	20.85	8.91	1.73	64.63
Jun	I	0.17	50.95	0.00	13.54	1.20	0.00	3.81	0.81	0.00	0.00	13.98
	II	0.55	0.35	0.00	1.02	0.61	13.56	34.03	16.76	0.00	0.00	3.32
Jul	I	0.00	0.09	0.00	0.21	0.66	43.17	0.07	28.75	0.24	0.00	13.72
	II	0.00	0.33	0.00	9.43	0.00	0.00	0.29	12.54	0.00	0.00	14.12
Agus	I	0.00	0.00	0.00	2.42	2.18	0.00	0.00	3.65	0.29	0.00	0.74
	II	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	34.20	0.09	1.48	0.54	0.00	1.68
Sept	I	0.00	0.00	0.00	88.65	2.08	0.00	0.00	0.00	4.40	11.01	86.24
	II	0.00	0.00	0.00	17.90	0.00	17.51	14.07	0.00	10.24	1.13	63.71
Okt	I	78.38	14.74	0.00	6.84	2.18	16.15	23.98	0.11	3.87	21.31	53.50
	II	19.69	23.24	0.00	4.24	0.00	52.46	0.08	3.56	10.95	29.38	76.87
Nov	I	219.60	42.10	7.06	3.44	39.91	1.01	18.47	58.65	71.62	45.48	66.77
	II	201.11	84.25	159.09	83.44	141.89	80.15	5.63	49.25	70.98	62.32	68.96
Des	I	29.08	140.35	145.59	148.23	56.29	120.06	68.82	35.66	54.91	105.57	64.72
	II	20.54	48.84	97.00	204.22	195.53	107.99	88.42	186.43	103.04	98.63	201.57
Jumlah		1471.99	1040.76	1222.21	1236.46	999.25	1107.84	1216.00	849.56	924.53	1147.91	1356.58
Rerata		61.33	43.36	50.93	51.52	41.64	46.16	50.67	35.40	38.52	47.83	56.52

Sumber: Perhitungan

4.1.3. Curah Hujan Andalan

Curah hujan andalan adalah curah yang diandalkan tersedia setiap beberapa tahun sekali, sesuai dengan kala ulang yang diambil. Berikut hasil perhitungan curah hujan andalan DAS Pengga dengan tingkat kepercayaan 80%.

$$R_{80} = \frac{n}{100/(100 - 80)} + 1$$

$$R_{80} = \frac{n}{5} + 1$$

$$R_{80} = \frac{11}{5} + 1$$

$$R_{80} = 3,2$$

Dengan:

R_{80} : Curah hujan yang terjadi dengan tingkat kepercayaan 80%

n : Periode pengamatan

Jadi, curah hujan yang dipilih dalam analisa sebagai curah hujan bulan dasar perencanaan untuk R_{80} adalah pada urutan ke-3 tahun 2004 dari data urutan yang terkecil. Untuk analisa perhitungan curah hujan andalan dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Curah Hujan Andalan DAS Pengga

No	Tahun	Hujan	Tahun Terurut	Hujan Terurut	
1	2000	1471.989	2007	849.557	
2	2001	1040.759	2008	924.528	
3	2002	1379.238	2004	999.254	R₈₀
4	2003	1236.457	2001	1040.759	
5	2004	999.254	2005	1107.842	
6	2005	1107.842	2009	1147.910	
7	2006	1215.999	2006	1215.999	
8	2007	849.557	2003	1236.457	
9	2008	924.528	2010	1356.577	
10	2009	1147.910	2002	1379.238	
11	2010	1356.577	2000	1471.989	

Sumber: Perhitungan

4.1.4. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif adalah hujan yang jatuh pada wilayah daerah irigasi yang secara langsung dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air bagi pertumbuhan tanaman. Dasar perhitungan untuk mendapatkan curah hujan efektif adalah dari masing-masing data curah hujan rata-rata 15 harian dari ke tiga stasiun selama 11 tahun (2000-2010). Berikut hasil perhitungan curah hujan efektif:

Tabel 4.5. Curah Hujan Efektif

Bulan	Periode	Curah Hujan	Periode	Re Padi dan Re Palawija
		(mm/hr)	hari	(mm/hr)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
Jan	I	40.543	15	1.892
	II	106.050	16	4.640
Feb	I	102.453	15	4.781
	II	67.273	14	3.364
Mar	I	77.541	15	3.619
	II	52.428	16	2.294
Apr	I	1.809	15	0.084
	II	2.075	15	0.097
Mei	I	0.131	15	0.006
	II	106.413	16	4.656
Jun	I	1.201	15	0.056
	II	0.612	15	0.029
Jul	I	0.655	15	0.031
	II	0.000	16	0.000
Agst	I	2.184	15	0.102
	II	0.000	16	0.000
Sept	I	2.075	15	0.097
	II	0.000	15	0.000
Okt	I	2.184	15	0.102
	II	0.000	16	0.000
Nov	I	39.914	15	1.863
	II	141.894	15	6.622
Des	I	56.288	15	2.627
	II	195.529	16	8.554

Sumber: Perhitungan

Keterangan:

- [1] = Bulan
 [2] = Periode
 [3] = Curah Hujan Tahun 2004
 [4] = Jumlah Hari
 [5] = $([3] \times 0,7) / n \rightarrow$ Padi
 = $([3] \times 0,5) / n \rightarrow$ Palawija

Contoh perhitungan pada januari periode I:

$$\begin{aligned}
 [5] &= [40,543] \times [0,7] / [15] \\
 &= 1,892 \text{ mm/hr}
 \end{aligned}$$

4.2. Analisa Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah kebutuhan dasar bagi tanaman yang harus dipenuhi oleh sistem irigasi yang bersangkutan untuk menjamin suatu tingkat produksi yang diharapkan. Evapotranspirasi sebagai salah satu proses yang rumit sangat dipengaruhi oleh keadaan iklim.

Untuk menghitung besarnya evapotranspirasi, dibutuhkan data-data klimatologi yang meliputi temperatur rata-rata (t), kelembaban relatif (R_h), lama penyinaran matahari (n/N) dan kecepatan angin (u). Data-data klimatologi tersebut diperoleh dari hasil pengamatan stasiun Pengga. Perhitungan besarnya evapotranspirasi setengah bulanan pada daerah studi dilakukan dengan menggunakan Metode Penmann Modifikasi sebab menggunakan cakupan data hidrologi dan klimatologi yang paling lengkap dari metode-metode yang lain. Selanjutnya analisa Evapotranspirasi Metode Penmann Modifikasi disajikan pada tabel 4.6.

Untuk data-data klimatologi disajikan di lampiran.



Tab 4.6. Analisa Evapotranspirasi Metode Penmann Modifikasi

No	Uraian	Satuan	Bulan/Periode																							
			Jan		Feb		Mar		Apr		May		Jun		Jul		Aug		Sep		Oct		Nov		Dec	
			I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	Temperatur (t)	°C	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	26.00	27.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
2	Kecepatan Angin(u)	m/dt	0.73	0.91	0.81	0.74	0.53	0.58	0.75	0.66	0.51	0.61	0.45	0.67	0.58	0.65	0.78	0.53	0.73	0.86	0.96	0.79	0.78	0.65	0.74	0.66
3	Kelembaban Relatif (Rh)	%	84.00	85.00	85.00	84.00	81.00	83.00	83.00	82.00	78.00	82.00	83.00	82.00	83.00	83.00	82.00	75.00	79.00	78.00	79.00	78.00	80.00	82.00	83.00	83.00
4	Kecerahan Matahari (n/N)	%	36.00	36.00	42.00	45.00	49.00	54.00	53.00	61.00	63.00	62.00	58.00	58.00	63.00	67.00	69.00	73.00	70.00	69.00	65.00	68.00	59.00	50.00	39.00	39.00
5	Nilai Angkot (Ra)	mm/hari	16.10	16.10	16.10	16.10	15.50	15.50	14.40	14.40	13.10	13.10	12.40	12.40	12.70	12.70	13.70	13.70	14.90	14.90	15.80	15.80	16.00	16.00	16.00	16.00
6	Tekanan Uap Jenuh (ea)	mbar	35.66	35.66	35.66	35.66	35.66	35.66	35.66	33.62	35.66	33.62	33.62	33.62	33.62	33.62	33.62	33.62	33.62	35.66	35.66	35.66	35.66	35.66	35.66	35.66
7	Tekanan Uap Nyata (ed)		29.95	30.31	30.31	29.95	28.88	29.60	29.60	27.57	27.81	27.57	27.90	27.57	27.90	27.90	27.57	25.22	26.56	27.81	28.17	27.81	28.53	29.24	29.60	29.60
8	w		0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.76	0.77	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
9	1-w		0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.25	0.24	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
10	f(t)		16.10	16.10	16.10	16.10	16.10	16.10	16.10	15.90	16.10	15.90	15.90	15.90	15.90	15.90	15.90	15.90	15.90	16.10	16.10	16.10	16.10	16.10	16.10	16.10
11	Radiasi Gelombang Pendak (Rs)	mm/hari	7.15	7.15	7.68	7.94	7.98	8.39	7.72	8.34	7.73	7.66	6.98	6.98	7.50	7.77	8.53	8.83	9.36	9.28	9.50	9.75	9.10	8.32	7.37	7.37
12	Perbedaan Tekanan Uap Jenuh Dan Tekanan Uap Nyata (ea-ed)	mbar	5.71	5.35	5.35	5.71	6.78	6.06	6.06	6.05	7.85	6.05	5.72	6.05	5.72	5.72	6.05	8.41	7.06	7.85	7.49	7.85	7.13	6.42	6.06	6.06
13	f(ed)		0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10
14	f(n/N)		0.42	0.42	0.48	0.51	0.54	0.59	0.58	0.65	0.67	0.66	0.62	0.62	0.67	0.70	0.72	0.76	0.73	0.72	0.69	0.71	0.63	0.55	0.45	0.45
15	f(u)	m/dt	0.44	0.48	0.46	0.44	0.39	0.41	0.44	0.42	0.39	0.41	0.37	0.43	0.41	0.42	0.45	0.39	0.44	0.47	0.49	0.45	0.45	0.42	0.44	0.42
16	Radiasi Bersih Gelombang Panjang (Rn1)		0.68	0.67	0.75	0.81	0.90	0.95	0.93	1.12	1.16	1.14	1.06	1.08	1.14	1.20	1.25	1.43	1.31	1.25	1.17	1.24	1.07	0.90	0.73	0.73
17	Eto*	mm/hari	4.18	4.20	4.41	4.53	4.51	4.67	4.35	4.50	4.27	4.09	3.68	3.77	3.95	4.08	4.56	4.73	5.07	5.23	5.42	5.49	5.16	4.72	4.30	4.27
18	Angka Koreksi (c)		1.10	1.10	1.10	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.15	1.15	1.15	1.15
19	Eto	mm/hari	4.60	4.62	4.85	4.98	4.51	4.67	4.35	4.50	4.05	3.88	3.49	3.58	3.95	4.08	4.56	4.73	5.57	5.75	5.96	6.03	5.94	5.43	4.94	4.91

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan

- | | | | | | | |
|--------------------|----|----------------------|----|--|----|--|
| 1 Data Klimatologi | 6 | Tabel | 11 | $(0.25 + (0.54 \times (n/N/100)) \times Rn)$ | 16 | $f(t) \times f(ed) \times f(n/N)$ |
| 2 Data Klimatologi | 7 | $(Rh/100) \times ea$ | 12 | $ea - ed$ | 17 | $w \times (0.75 \times (Rs - Rn1) + (1-w) \times f(u) \times (ea - ed))$ |
| 3 Data Klimatologi | 8 | Tabel | 13 | $0.34 - (0.044 \times (ed^{0.5}))$ | 18 | Tabel |
| 4 Data Klimatologi | 9 | Tabel | 14 | $0.1 + (0.9 \times (n/N/100))$ | 19 | $Eto^* \times c$ |
| 5 Tabel | 10 | Tabel | 15 | $0.27 \times (1 + 0.864 \times u)$ | | |

Contoh perhitungan pada periode I bulan Januari:

$$\text{Temperatur (t)} = 27,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Kecepatan Angin} = 0,73 \text{ m/dt}$$

$$\text{Kelembaban Relatif (Rh)} = 84 \%$$

$$\text{Kecerahan Matahari (n/N)} = 36 \%$$

Maka berdasarkan prosedur analisa metode Penman Modifikasi adalah sebagai berikut:

1. Setelah diketahui temperatur, maka dari tabel Hubungan Suhu (t) dengan Nilai e_a (mbar), w, (1-w) dan f(t), dapat diketahui nilai:

$$e_a = 35,66 \text{ mbar}$$

$$w = 0,77$$

$$(1-w) = 0,24$$

$$f(t) = 16,10$$

2. Dari tabel hubungan lintang dan nilai angkot didapat $R_a = 16,10 \text{ mm/hari}$

3. Tekanan Uap Nyata

$$e_d = e_a \times R_h$$

$$= 35,66 \times (84/100)$$

$$= 29,95$$

4. Radiasi Gelombang Pendek (R_s)

$$R_s = (0,25 + (0,54 \times n/N(\%))) \times R_a$$

$$= (0,25 + (0,54 \times (36/100))) \times 16,10$$

$$= 7,15 \text{ mm/hari}$$

5. $e_a - e_d = 35,66 - 29,95 = 5,71 \text{ mbar}$

6. $f(e_d) = 0,34 - 0,044 \times e_d^{0,5}$

$$= 0,34 - 0,044 \times 29,95^{0,5}$$

$$= 0,10$$

7. Dari persamaan $f(n/N) = 0,1 + 0,9 \times (n/N)$ didapat nilai $f(n/N) = 0,42$

8. $f(u) = 0,27 \times (1 + 0,854 \times u) = 0,44 \text{ m/dt}$

9. $R_{n1} = f(t) \times f(e_d) \times f(n/N) = 0,68 \text{ mm/hari}$

10. Dari tabel besar angka koefisien bulanan diketahui nilai $c = 1,10$

11. $ET_o^* = w (0,75 \times R_s - R_{n1}) + (1-w) \times f(u) \times (e_a - e_d) = 4,18 \text{ mm/hari}$

12. $E_t_o = c \times ET_o^*$

$$= 1,10 \times 4,18$$

$$= 4,60 \text{ mm/hari}$$

4.3. Analisa Kebutuhan Air Irigasi

Air irigasi adalah sejumlah air yang diberikan pada suatu lahan pertanian guna menjaga keseimbangan air pada lahan tersebut.

4.3.1. Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan

Faktor-faktor yang penting dalam menentukan besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan adalah

- Lamanya waktu penyiapan lahan
- Jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan dapat dihitung dengan interpolasi dari tabel kebutuhan air untuk penyiapan lahan dibawah ini:

$E_0 + P$ mm/hr	T (30 hari)		T (45 hari)	
	S = 250	S = 300	S = 250	S = 300
5.0	11.1	12.7	8.4	9.5
5.5	11.4	13.0	8.8	9.8
6.0	11.7	13.3	9.1	10.1
6.5	12.0	13.6	9.4	10.4
7.0	12.3	13.9	9.8	10.8
7.5	12.6	14.2	10.1	11.1
8.0	13.0	14.5	10.5	11.4
8.5	13.3	14.8	10.8	11.8
9.0	13.6	15.2	11.2	12.1
9.5	14.0	15.5	11.6	12.5
10.0	14.3	15.8	12.0	12.9
10.5	14.7	16.2	12.4	13.2
11.0	15.0	16.5	12.8	13.6

Sumber: KP-01 Perencanaan Jaringan Irigasi

Untuk analisa kebutuhan air untuk penyiapan lahan disajikan di tabel 4.7.

Tabel 4.7. Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan

Bulan	Periode	Eto (mm/hari)	Eo (mm/hari)	P (mm/hari)	Eo+P (mm/hari)	Keb. Air PL (mm/hari)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
Nov	I	5.935	6.53	2	8.53	13.317
	II	5.426	5.97	2	7.97	12.975
Dec	I	4.945	5.44	2	7.44	12.564
	II	4.914	5.41	2	7.41	12.543
Jan	I	4.595	5.05	2	7.05	12.333
	II	4.621	5.08	2	7.08	12.350
Feb	I	4.846	5.33	2	7.33	12.499
	II	4.984	5.48	2	7.48	12.589
Mar	I	4.513	4.96	2	6.96	12.279
	II	4.668	5.13	2	7.13	12.381
Apr	I	4.349	4.78	2	6.78	12.170
	II	4.504	4.95	2	6.95	12.273
May	I	4.053	4.46	2	6.46	11.975
	II	3.884	4.27	2	6.27	11.863
Jun	I	3.493	3.84	2	5.84	11.605
	II	3.584	3.94	2	5.94	11.666
Jul	I	3.951	4.35	2	6.35	11.907
	II	4.082	4.49	2	6.49	11.994
Aug	I	4.557	5.01	2	7.01	12.307
	II	4.726	5.20	2	7.20	12.419
Sep	I	5.575	6.13	2	8.13	13.079
	II	5.755	6.33	2	8.33	13.198
Oct	I	5.961	6.56	2	8.56	13.334
	II	6.035	6.64	2	8.64	13.383

Sumber: Perhitungan

Keterangan:

- [1] = Bulan
- [2] = Periode
- [3] = Data Evapotranspirasi
- [4] = $1,1 \times [3]$
- [5] = Perkolasi
- [6] = $[4] + [5]$
- [7] = Dari Hasil Interpolasi Tabel Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan

Contoh perhitungan pada bulan November periode I:

- [7] = $[6] = 8,53 \text{ mm/hari}$
 - = $T = 30 \text{ hari}$
 - = $S = 250 \text{ mm}$
- } dengan interpolasi Keb. Air PL = 13,317mm/hari

4.3.2. Pola Tanam Eksisting

Pola tata tanam tahunan meliputi hal-hal yang dilakukan pada areal tanam selama jangka waktu satu tahun. Adapun kondisi pola tanam pada saat ini di DI Pengga adalah padi – padi – palawija, untuk perhitungan selengkapnya disajikan pada tabel 4.8. dan untuk kebutuhan irigasi yang dipakai optimasi sudah dijumlahkan dengan kebutuhan air baku 1800 m³/hari. Berikut datanya disajikan di tabel 4.9.

Tabel 4.8. Pola Tata Tanam Eksisting DI Pengga

No	Bulan	Satuan	November		Desember		Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		
			Periode		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
1	Pola Tata Tanam		PL		Padi 1 (30 hari)		WLR (90 hari)		WLR (30 hari)		PL		Padi 2 (30 hari)		WLR (90 hari)		WLR (30 hari)		Palawija (90 hari)								
	Koefisien Tanaman																										
	Padi				1.140	1.280	1.390	1.350	1.175	1.030					1.140	1.280	1.390	1.350	1.175	1.030							
2	Jagung					1.140	1.280	1.390	1.350	1.175	1.030					1.140	1.280	1.390	1.350	1.175	1.030						
	Kacang Tanah																				0.290						
3	Rerata Koefisien Tanaman		0.000	0.000	1.140	1.210	1.335	1.370	1.263	1.103	1.030	0.000	0.000	1.140	1.210	1.335	1.370	1.263	1.103	0.568	0.439	0.625	0.743	0.744	0.621	0.530	
4	Evapotranspirasi Potensial	mm/hr	5.935	5.426	4.945	4.914	4.595	4.621	4.846	4.984	4.513	4.668	4.349	4.504	4.053	3.884	3.493	3.584	3.951	4.082	4.557	4.726	5.575	5.755	5.961	6.035	
5	Penggunaan Air Konsumtif (PAK)	mm/hr	0.000	0.000	5.637	5.946	6.135	6.331	6.119	5.494	4.649	0.000	0.000	5.135	4.904	5.185	4.785	4.525	4.355	2.320	1.999	2.954	4.139	4.280	3.703	3.198	
6	Rasio Luas Tanaman		0.250	0.000	0.250	0.750	1.000	1.000	1.000	0.750	0.250	0.000	0.250	0.750	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.750
7	Perkolasi	mm/hr	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
8	PAK + Perkolasi	mm/hr	2.000	2.000	7.637	7.946	8.135	8.331	8.119	7.494	6.649	2.000	2.000	7.135	6.904	7.185	6.785	6.525	6.355	4.320	3.999	4.954	6.139	6.280	5.703	5.198	
9	Kebutuhan Air Tanaman	mm/hr	0.500	0.000	1.909	5.960	8.135	8.331	8.119	7.494	4.987	0.500	0.000	1.784	5.178	7.185	6.785	6.525	6.355	4.320	3.999	4.954	6.139	6.280	5.703	3.899	
10	Keb. Air Untuk Penyiapan Lahan (PL)	mm/hr	13.317	12.975	12.564	12.543						12.381	12.170	12.273	11.975												
11	Rasio Luas PL		0.250	0.750	0.750	0.250						0.250	0.750	0.750	0.250												
12	PL x Rasio Luas PL	mm/hr	3.329	9.731	9.423	3.136						3.095	9.128	9.204	2.994												
13	WLR (Penggantian Lapisan Air)	mm/hr					1.667	1.667	1.667	1.667						1.667	1.667	1.667	1.667								
14	Rasio Luas WLR					0.250	0.750	0.750	0.250							0.250	0.750	0.750	0.250								
15	WLR x Rasio Luas WLR	mm/hr				0.417	1.250	1.250	0.417							0.417	1.250	1.250	0.417								
16	Rasio Luas Total		0.500	0.750	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.750	0.500	0.750	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.750	
17	Kebutuhan Air Kotor	mm/hr	3.829	9.731	11.332	9.096	8.551	9.581	9.369	7.911	4.987	3.595	9.128	10.988	8.172	7.602	8.035	7.775	6.772	4.320	3.999	4.954	6.139	6.280	5.703	3.899	
18	Curah Hujan Efektif	mm/hr	1.863	6.622	2.627	8.554	1.892	4.640	4.781	3.364	3.619	2.294	0.084	0.097	0.006	4.656	0.056	0.029	0.031	0.000	0.102	0.000	0.097	0.000	0.102	0.000	
19	Kebutuhan Air Bersih Di Sawah (NFR)	lt/dt/ha	0.228	0.360	1.008	0.063	0.771	0.572	0.531	0.526	0.158	0.151	1.047	1.261	0.945	0.341	0.923	0.897	0.780	0.500	0.451	0.573	0.699	0.727	0.648	0.451	
20	Efisiensi Irigasi	%	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	0.612	
21	Keb. Air Irigasi Di Pintu Pengambilan	lt/dt/ha	0.372	0.588	1.646	0.102	1.259	0.934	0.868	0.860	0.259	0.246	1.710	2.060	1.544	0.557	1.509	1.465	1.275	0.817	0.737	0.937	1.143	1.188	1.059	0.737	

Sumber: Perhitungan

Keterangan:

1. Pola Tata Tanam
2. Tabel Koef. Tanaman
3. Rata-rata Koef. Tan.
4. Tabel Evaporasi potensial
5. (3) x (4)

6. Ditentukan dari PTT
7. Dari jenis tanah (Clay = 2)
8. (5) + (7)
9. (6) x (8)
10. Interp. (Eox1.1)+P) dg S dan T

11. Ditentukan dari PTT
12. (10) x (11)
13. 50 mm/30 hari
14. Ditentukan dari PTT
15. (13) x (14)

16. (6) + (11)
17. (9)+(12)+(15)
18. Dari perhitungan Reff
19. [(17-18)]x[10000/(24x60x60)]
20. 61,20%

21. (19)/(20)

Contoh perhitungan pada bulan Desember periode I:

Data yang diketahui :

- ✿ Tanaman padi berumur 90 hari
- ✿ Tanaman palawija berumur 90 hari
- ✿ Tanaman padi berumur 90 hari
- ✿ Penanaman dimulai pada 1 Desember
- ✿ Sistem pembagian pola tata tanam 15 harian
- ✿ Waktu penggantian air (WLR) = 30 hari
- ✿ WLR dimulai pada hari ke-30 setelah masa tanam
- ✿ Jangka waktu penyiapan lahan (T) selama 30 hari
- ✿ Air yang dibutuhkan untuk penjenruhan (S) = 250 mm

Perhitungan kebutuhan air irigasi untuk bulan Desember periode I,

1. Menggambar PTT sesuai dengan jenis tanaman dan waktu mulai tanam
2. Menentukan koefisien tanaman padi sesuai dengan grafik periode umur tanaman
3. Rerata koefisien tanaman dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Rerata} &= \frac{\text{koefisien}}{\text{jumlahkoefisien}} \\ &= 1,140/1 = 1,140 \end{aligned}$$

4. Memasukkan harga evapotranspirasi potensial (Et_0) dari tabel data evapotranspirasi tanaman. Pada bulan Desember periode I, besar harga $Et_0 = 4,902$ mm/hari.

5. Menghitung penggunaan air konsumtif (PAK) dengan rumus

$$\begin{aligned} \text{PAK} &= c \times E_{T0} \\ &= 1,140 \times 4,945 \\ &= 5,637 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

6. Dari PTT didapat Rasio Luas Tanaman $= 1/4 = 0,250$
7. Perkolasi dapat diketahui berdasarkan jenis tanah, yaitu : *clay* dengan perkolasi sebesar 2,000 mm/hari
8. Penggunaan Air Konsumtif ditambah Perkolasi dihitung dengan rumus

$$\begin{aligned} \text{PAK ditambah Perkolasi} &= \text{PAK} + \text{Perkolasi} \\ &= 5,637 + 2,000 \\ &= 7,637 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

9. Kebutuhan Air Tanaman dihitung dengan rumus

$$\begin{aligned} \text{Rasio Luas Tanaman} \times (\text{PAK} + \text{Perkolasi}) &= 0,250 \times 7,637 \\ &= 1,909 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

10. Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan didapat dari Tabel Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan dengan cara:

$$\text{Interp. } (E_{ox1.1})+P) \text{ dg } S \text{ dan } T$$

Dengan:

$$S = 250 \text{ mm}$$

$$T = 30 \text{ hari}$$

$$IR = 12,564 \text{ mm/hari}$$

11. Dari PTT didapat Rasio Luas PL = $3/4 = 0,750$

$$\begin{aligned} 12. \text{ PL dengan Rasio Luas} &= \text{PL} \times \text{Rasio Luas PL} \\ &= 12,564 \times 0,750 \\ &= 9,423 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

13. Penggantian Lapisan Air (WLR) = tidak terjadi penggantian lapisan air (0,000)

14. Dari PTT didapat Rasio Luas WLR = tidak terjadi penggantian lapisan air (0,000)

15. WLR dengan Rasio Luas = tidak terjadi penggantian lapisan air (0,000)

$$\begin{aligned} 16. \text{ Rasio Luas Total} &= \text{Rasio luas PL} + \text{Rasio luas Tanaman} \\ &= 0,750 + 0,250 = 1,000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 17. \text{ Kebutuhan Air Kotor} &= \text{Kebutuhan Air Tanaman} + \text{PL (dengan rasio luas)} + \text{WLR} \\ &= 1,909 + 9,423 + 0,000 \\ &= 11,322 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 18. \text{ Curah Hujan Efektif} &= (R_{80} \times 0,7) / 15 \\ &= 2,627 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

19. Kebutuhan Air Bersih di Sawah (NFR)

$$\begin{aligned} \text{Keb. Air bersih} &= (\text{Keb. Air kotor} - \text{CH efektif}) \times \frac{10000}{24 \times 60 \times 60} \\ &= (11,322 - 2,627) \times \frac{10000}{24 \times 60 \times 60} \\ &= 1,008 \text{ l/dt/ha} \end{aligned}$$

20. Efisiensi Saluran Irigasi = 61,200 %

$$\begin{aligned} 21. \text{ Kebutuhan Air Irigasi di Intake} &= \frac{\text{keb.airbersih}}{\text{efisiensiirigasi}} \\ &= 1,646 \text{ lt/dt/Ha} \end{aligned}$$

Tabel 4.9. Kebutuhan Air Baku dan Kebutuhan Air Irigasi Untuk Optimasi

Bulan	Periode	Kebutuhan Air Baku	Kebutuhan Air Baku	Kebutuhan Air Irigasi	Kebutuhan Air Irigasi Untuk Optimasi
		m ³ /hari	m ³ /detik	m ³ /detik	m ³ /detik
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
Januari	I	1800	0.0208	3.7845	3.8053
	II	1800	0.0208	2.8080	2.8288
Februari	I	1800	0.0208	2.6070	2.6279
	II	1800	0.0208	2.5844	2.6052
Maret	I	1800	0.0208	0.7774	0.7983
	II	1800	0.0208	0.7396	0.7604
April	I	1800	0.0208	5.1393	5.1602
	II	1800	0.0208	6.1895	6.2104
Mei	I	1800	0.0208	4.6406	4.6615
	II	1800	0.0208	1.6744	1.6952
Juni	I	1800	0.0208	4.5343	4.5552
	II	1800	0.0208	4.4024	4.4232
Juli	I	1800	0.0208	3.8313	3.8521
	II	1800	0.0208	2.4551	2.4760
Agustus	I	1800	0.0208	2.2149	2.2357
	II	1800	0.0208	2.8153	2.8361
September	I	1800	0.0208	3.4338	3.4547
	II	1800	0.0208	3.5690	3.5898
Oktober	I	1800	0.0208	3.1833	3.2042
	II	1800	0.0208	2.2157	2.2365
November	I	1800	0.0208	1.1177	1.1385
	II	1800	0.0208	1.7671	1.7879
Desember	I	1800	0.0208	4.9472	4.9681
	II	1800	0.0208	0.3076	0.3284

Sumber: Perhitungan

Contoh Perhitungan pada januari periode I:

$$\begin{aligned}
 [4] &= [3] / 24 \times 60 \times 60 \\
 &= 0,0208 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

$$[5] = \text{Dari data kebutuhan irigasi PTT eksisting}$$

$$\begin{aligned}
 [6] &= [4] + [5] \\
 &= 3,8053 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

4.4. Data Inflow Waduk Pengga

Data inflow waduk Pengga diperoleh dari analisa debit aliran rendah dengan FJ. Mock dan data debit dari limpasan bendungan batujai yang berada di hulu bendungan Pengga

4.4.1. Analisa Debit Aliran Rendah Dengan Metode FJ. Mock

Data debit biasanya diperoleh dari alat pencatat debit (AWLR) yang dipasang pada suatu sungai maupun bangunan pengukur debit yang biasanya terdapat pada saluran. Debit yang tercatat dapat berupa data debit jam-jaman maupun dalam bentuk harian. Pada waduk Pengga tidak terdapat alat ukur pencatat debit maupun bangunan pengukur debit, sehingga data debit inflow ke waduk Pengga diperoleh dari analisa debit dengan FJ. Mock dan data debit yang keluar dari spillway bendungan Batujai yang berada di hulu bendungan Pengga. Perhitungan debit aliran rendah dari daerah aliran sungai Pengga dengan metode FJ. Mock tahun 2000 disajikan pada tabel 4.10.

Untuk debit aliran rendah dari daerah aliran sungai Pengga dengan metode FJ. Mock tahun yang lainnya disajikan di lampiran.

Tabel 4.10. Perhitungan Debit Aliran Rendah Dari Daerah Aliran Sungai Pengga Dengan Metode FJ. Mock Tahun 2000

No	Uraian	Hitungan	Satuan	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agst		Sept		Okt		Nov		Des		
				I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I
I DATA HUJAN																												
1	Curah Hujan (P)	Data	mm/bulan	68.03	169.36	64.99	85.54	76.68	129.75	116.29	95.43	65.74	31.06	0.17	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.38	19.69	219.60	201.11	29.08	20.54	
2	Hari Hujan (h)	Data	hari	4	13	7	7	9	20	17	18	11	8	2	4	0	0	0	1	0	0	9	8	23	22	10	9	
II EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (Et)																												
3	Evapotranspirasi Potensial (ET _o)	ET _o	mm/bulan	68.9284	73.9346	72.6953	69.7711	67.7003	74.6828	65.2334	67.56	60.7956	62.1448	52.3882	53.7632	59.2585	65.3164	68.3517	75.6183	83.6179	86.3214	89.418	96.5537	89.0324	81.3885	74.1741	78.6298	
4	Permukaan Lahan Terbuka (m)	Tentukan	%	30	30	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	50	50	50	50	50	50	40	40
5	(m/20) * (18 - h)	Hitungan	-	0.21	0.08	0.17	0.17	0.18	0.00	0.02	0.00	0.14	0.20	0.32	0.28	0.36	0.36	0.34	0.45	0.45	0.23	0.25	0.00	0.00	0.16	0.18		
6	E = (ET _o) * (m/20) * (18 - h)	(3) * (5)	mm/bulan	14.475	5.54509	11.9947	11.5122	12.1861	0	1.30467	0	8.51138	12.429	16.7642	15.0537	21.333	23.5139	24.6066	25.7102	37.6281	38.8446	20.1191	24.1384	0	0	11.8679	14.1534	
7	Et = (ET _o) - (E)	(3) - (6)	mm/bulan	54.4534	68.3895	60.7006	58.2589	55.5142	74.6828	63.9287	67.56	52.2842	49.7159	35.624	38.7095	37.9254	41.8025	43.7451	49.9081	45.9899	47.4768	69.299	72.4153	89.0324	81.3885	62.3062	64.4765	
III KESEIMBANGAN AIR																												
8	D _s = P - Et	(1) - (7)	mm/bulan	13.58	100.97	4.29	27.28	21.16	55.06	52.36	27.87	13.46	0.00	-18.66	-35.45	-38.16	-37.93	-41.80	-43.75	-49.91	-45.99	-47.48	9.08	-52.73	130.57	119.72	-33.22	-43.94
9	Kandungan Air Tanah		mm/bulan	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-18.66	-35.45	-38.16	-37.93	-41.80	-43.75	-49.91	-45.99	-47.48	0.00	-52.73	0.00	0.00	-33.22	-43.94	
10	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)	SMC	mm/bulan	53	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	34.34	-1.10	-39.27	-77.19	-119.00	-162.74	-212.65	-258.64	-306.12	53.00	0.27	53.00	53.00	19.78	-24.16	
11	Kelebihan Air (WS)	(8) - (9)	mm/bulan	13.58	100.97	4.29	27.28	21.16	55.06	52.36	27.87	13.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.08	0.00	130.57	119.72	0.00	0.00	
IV ALIRAN DAN PENYIMPANAN AIR TANAH																												
12	Infiltrasi (I)	(11) * (i)	mm/bulan	4.07	30.29	1.29	8.18	6.35	16.52	15.71	8.36	4.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.72	0.00	39.17	35.92	0.00	0.00	
13	0.5 (1 + k) In	Hitungan	-	2.85205	21.2038	0.90046	5.72862	4.4428	11.5631	10.9957	5.85347	2.8262	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.90669	0	27.4196	25.1414	0	0	
14	k * V (n - 1)	Hitungan	-	2.32	2.06882	9.30906	4.08381	3.92497	3.3477	5.96434	6.78402	5.05499	3.15248	1.26099	0.5044	0.20176	0.0807	0.03228	0.01291	0.00517	0.00207	0.00083	0.76301	0.3052	11.0899	14.4925	5.79701	
15	Volume Penyimpanan (V _n)	(13) + (14)	mm/bulan	5.8	5.17206	23.2727	10.2095	9.81243	8.36925	14.9108	16.96	12.6375	7.8812	3.15248	1.26099	0.5044	0.20176	0.0807	0.03228	0.01291	0.00517	0.00207	1.90752	0.76301	27.7248	36.2313	14.4925	5.79701
16	Perubahan Volume Air (DV _n)	V _n - V(n-1)	mm/bulan	-0.6279	18.1006	-13.063	-0.3971	-1.4432	6.5416	2.04919	-4.3226	-4.7563	-4.7287	-1.8915	-0.7566	-0.3026	-0.1211	-0.0484	-0.0194	-0.0077	-0.0031	1.90545	-1.1445	26.9618	8.50648	-21.739	-8.6955	
17	Aliran Dasar (BF)	(12) - (16)	mm/bulan	4.70	12.19	14.35	8.58	7.79	9.98	13.66	12.68	8.79	4.73	1.89	0.76	0.30	0.12	0.05	0.02	0.01	0.00	0.82	1.14	12.21	27.41	21.74	8.70	
18	Aliran Langsung (DR)	(11) - (12)	mm/bulan	9.51	70.68	3.00	19.10	14.81	38.54	36.65	19.51	9.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.36	0.00	91.40	83.80	0.00	0.00		
19	Aliran (R)	(17) + (18)	mm/bulan	14.21	82.87	17.35	27.68	22.61	48.52	50.31	32.20	18.21	4.73	1.89	0.76	0.30	0.12	0.05	0.02	0.01	0.00	7.17	1.14	103.61	111.21	21.74	8.70	
V DEBIT ALIRAN SUNGAI																												
21	Debit Aliran Sungai	A * (19)	m ³ /dtk	2.03	11.10	2.48	4.24	3.23	6.50	7.19	4.60	2.60	0.63	0.27	0.11	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	1.02	0.15	14.80	15.89	3.11	1.16	
22	Debit Aliran Sungai		lt/det	2030.07	11099.7	2478.95	4236.55	3229.79	6498.95	7187.99	4599.89	2602.3	633.369	270.237	108.095	43.238	16.2142	6.91808	2.59428	1.10689	0.44276	1024.96	153.297	14802.5	15889.2	3105.83	1164.69	
23	Jumlah hari		hari	15	16	15	14	15	16	15	15	15	16	15	15	16	15	16	15	15	15	16	15	15	15	16		
24	Debit Aliran (dibaca : 10E*6)		m ³ /hr	2.63	15.34	3.21	5.12	4.19	8.98	9.32	5.96	3.37	0.88	0.35	0.14	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	1.33	0.21	19.18	20.59	4.03	1.61		

Sumber: Perhitungan

Parameter terpakai:

m ditentukan	m	
Kapasitas kelembaban tanah	SMC	53
Koefisien infiltrasi	i	0.3
Faktor resesi aliran air tanah	k	0.4
luas DAS		185.16 km ²

Ketentuan:

m = prosentase lahan tak tertutup vegetasi, dari peta tata guna lahan
m = 0% untuk lahan dg hutan lebat
m = 0% pd akhir musim hujan, dan bertambah 10 % setiap bulan keing untuk lahan dg hutan sekunder
m = 10% - 40% untuk lahan yg tererosi
m = 30% - 50% untuk lahan pertanian yg dolah (mis: sawah, ladang)
Musim kemarau m harus dibesarkan sekitar 10% dr musim hujan

SMC = berdasarkan kondisi porositas lapisan tanah atas dari catchment area.

SMC = 50 - 250 mm, kapasitas kandungan air dalam tanah per m², porositas makin besar, SMC makin besar pula

SMC = 100 + 0.2 * hj rerata tahunan

koefisien infiltrasi : tergantung kondisi porositas tanah dan kemiringan daerah pengaliran

lahan yg porous infiltrasi besar, lahan yg terjal korf. Infiltrasi kecil

besar i < 1

Contoh perhitungan pada bulan Januari periode I:

[I] Data Hujan

1. Curah Hujan (P) = 68,03 mm/bulan
2. Hari Hujan (h) = 4 hari

[II] Evapotranspirasi Terbatas (Et)

3. Evapotranspirasi Potensial (ET_o) = 68,928 mm/bulan
4. Permukaan Lahan Terbuka (m) = 30%-50%
5. $(m/20) \times (18 - h)$ = 0,21
6. $E = (ET_o) \times (m/20) \times (18 - h)$ = 14,475 mm/bulan
7. $Et = (ET_o) - (E)$ = 54,453 mm/bulan

[III] Keseimbangan Air

8. $D_s = P - Et$ = 13,58 mm/bulan
9. Kandungan Air Tanah = 0,00, jika $D_s > 0$ maka 0
jika $D_s < 0$ maka D_s

10. Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC) = 53

11. Kelebihan Air (WS) = $D_s - \text{Kandungan Air Tanah}$
= 13,58 - 0,00
= 13,58 mm/bulan

[IV] Aliran Dan Penyimpanan Air Tanah

12. Infiltrasi (I) = $WS \times i$
= 13,58 x 0,3
= 4,07 mm/bulan
13. $0.5 (1 + k) I_n$ = $0,5 \times (1 + 0,4) \times 4,07$
= 2,8521
14. $k \times V (n - 1)$ = $0,4 \times 5,8$
= 2,32
15. Volume Penyimpanan (V_n) = $0.5 (1 + k) I_n + k \times V (n - 1)$
= 2,8521 + 2,32
= 5,1721 mm/bulan
16. Perubahan Volume Air (DV_n) = Volume Penyimpanan (V_n) - V (n - 1)
= 5,1721 - 5,8
= - 0,6279 mm/bulan
17. Aliran Dasar (BF) = Infiltrasi (I) - (DV_n)
= 4,70 mm/bulan

$$18. \text{ Aliran Langsung (DR)} = \text{WS} - \text{Infiltrasi (I)}$$

$$= 13,58 - 4,07$$

$$= 9,51 \text{ mm/bulan}$$

$$19. \text{ Aliran (R)} = \text{BF} + \text{DR}$$

$$= 4,70 + 9,51$$

$$= 14,21 \text{ mm/bulan}$$

[V] Debit Aliran Sungai

$$20. \text{ Debit Aliran Sungai} = A \times \text{Aliran (R)}$$

$$= (185,16 \times 14,21 \times 1000) / (86400 \times 15)$$

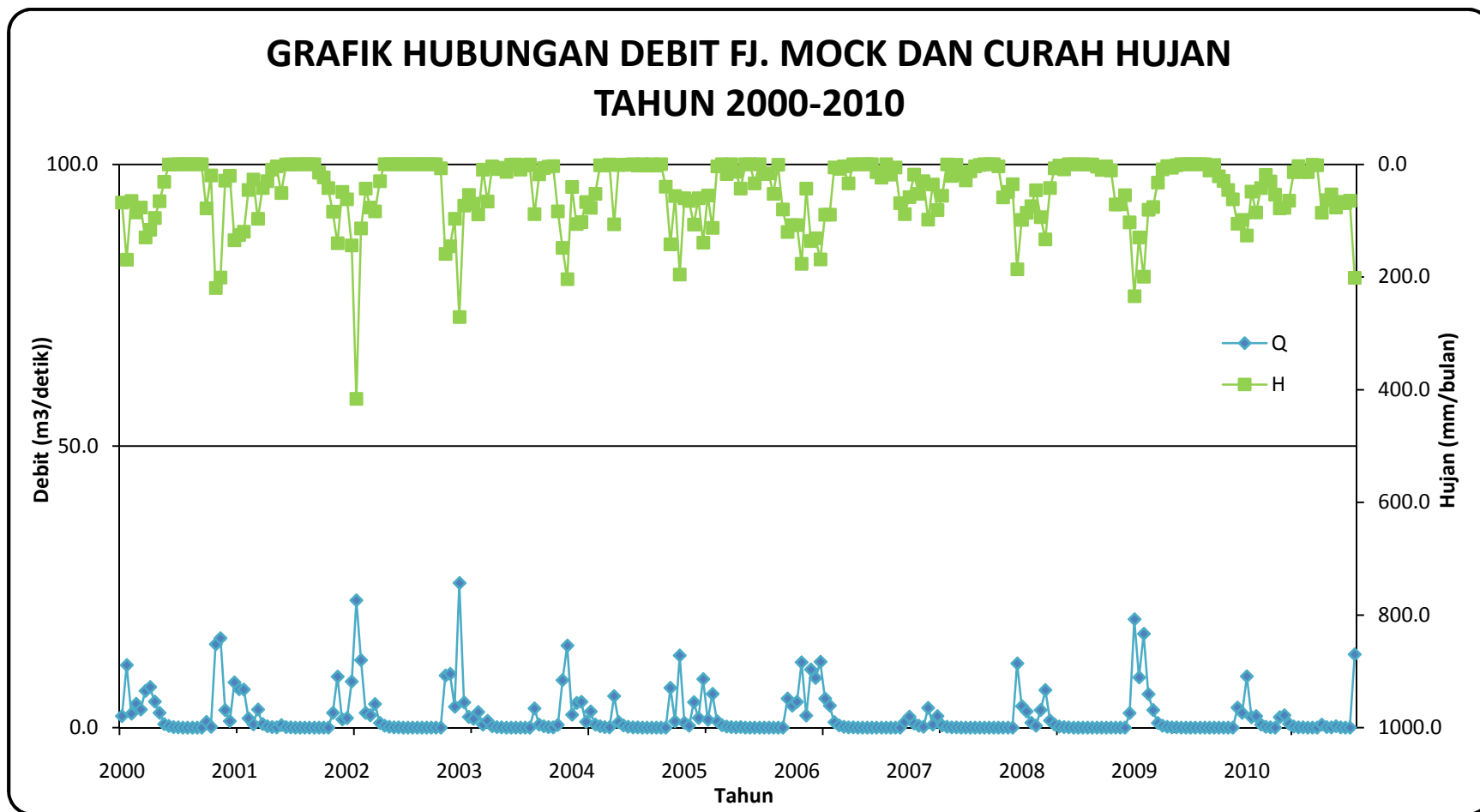
$$= 2,030 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Kalibrasi hasil debit aliran rendah metode FJ Mock dilakukan secara kualitatif dengan melihat *trend* dari hubungan antara curah hujan rerata daerah DAS Pengga dan debit aliran rendah dari perhitungan metode FJ Mock disajikan pada gambar 4.3. dan Rekapitulasi debit aliran rendah dari daerah aliran sungai pengga dengan metode FJ. Mock dari tahun 2000-2010 disajikan di tabel 4.11.

Tabel 4.11. Rekapitulasi Debit Aliran Rendah Dari Daerah Aliran Sungai Pengga Dengan Metode FJ. Mock Dari Tahun 2000-2010

Bulan	Periode	Debit (m ³ /dtk)										
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Jan	I	2.030	8.033	1.713	25.650	2.285	0.859	4.568	1.941	3.812	19.233	9.101
	II	11.100	6.806	8.177	4.468	4.372	0.332	11.605	0.728	2.876	8.914	1.863
Feb	I	2.479	6.784	22.598	1.906	4.568	4.509	2.160	0.311	0.880	16.636	2.059
	II	4.237	1.665	11.969	1.543	1.029	1.705	10.314	0.143	0.321	5.928	0.520
Mar	I	3.230	0.577	2.609	2.790	2.870	8.636	8.813	3.509	3.096	3.126	0.135
	II	6.499	3.210	2.166	0.507	0.516	1.385	11.678	0.536	6.685	0.826	0.038
Apr	I	7.188	0.602	4.174	1.206	0.220	5.993	5.172	2.015	1.263	0.352	0.012
	II	4.600	0.241	0.815	0.244	0.088	1.098	3.902	0.376	0.505	0.141	1.829
Mei	I	2.602	0.096	0.326	0.098	0.035	0.439	0.961	0.151	0.202	0.056	2.203
	II	0.633	0.036	0.122	0.037	5.618	0.165	0.360	0.056	0.076	0.021	0.684
Juni	I	0.270	0.445	0.052	0.016	0.959	0.070	0.154	0.024	0.032	0.009	0.187
	II	0.108	0.075	0.021	0.006	0.384	0.028	0.061	0.010	0.013	0.004	0.056
Juli	I	0.043	0.030	0.008	0.003	0.153	0.068	0.025	0.004	0.005	0.001	0.017
	II	0.016	0.011	0.003	0.001	0.058	0.013	0.009	0.001	0.002	0.001	0.005
Agust	I	0.007	0.005	0.001	0.000	0.025	0.005	0.004	0.001	0.001	0.000	0.002
	II	0.003	0.002	0.001	0.000	0.009	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Sept	I	0.001	0.001	0.000	3.400	0.004	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.532
	II	0.000	0.000	0.000	0.542	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.099
Okt	I	1.025	0.000	0.000	0.217	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030
	II	0.153	0.000	0.000	0.081	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.224
Nov	I	14.802	0.000	0.000	0.035	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045
	II	15.889	2.619	9.230	0.476	7.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014
Des	I	3.106	9.059	9.532	8.438	1.126	5.179	0.000	0.000	0.000	3.544	0.004
	II	1.165	1.449	3.701	14.568	12.792	3.881	1.036	11.407	2.583	2.646	13.010
Rerata		3.383	1.739	3.217	2.760	1.841	1.432	2.534	0.884	0.931	2.560	1.361

Sumber: Perhitungan



Gambar 4.3. Grafik Hubungan Antara Curah Hujan Rerata Daerah DAS Pengga Dan Debit Aliran Rendah Dari Perhitungan Metode FJ. Mock
Sumber: Perhitungan

4.4.2. Data Debit Dari Limpasan Bendungan Batujai

Inflow ke waduk pengga dari limpasan Batujai didapat dari data operasional waduk Batujai. Data ini didapat dari hasil pengukuran debit yang melewati bangunan pelimpah bendungan Batujai. Data debit dari limpasan bendungan Batujai disajikan di tabel 4.12.



Tabel 4.12. Data Debit Dari Limpasan Bendungan Batujai

Bulan	Periode	Debit m ³ /detik										
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Jan	I	7.670	3.938	0.000	32.674	0.000	0.000	10.924	0.000	6.008	21.449	0.000
	II	8.841	8.186	12.255	14.667	2.426	0.000	4.268	0.000	0.000	7.462	2.347
Feb	I	8.652	10.860	12.852	5.448	13.137	0.000	3.654	0.000	2.624	16.451	11.672
	II	1.609	0.233	6.181	2.923	0.000	0.118	3.364	0.000	6.663	0.605	1.740
Mar	I	5.086	0.000	4.012	10.250	0.000	12.601	9.338	0.000	23.001	9.099	13.075
	II	14.178	14.341	0.000	2.456	4.979	0.364	7.486	5.685	12.982	3.049	4.280
Apr	I	16.113	9.816	4.885	8.487	0.444	10.184	14.077	11.173	3.345	5.168	19.968
	II	12.115	0.264	0.407	0.694	0.000	0.365	7.012	3.429	0.000	0.000	22.156
May	I	0.503	1.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.722
	II	2.180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.296	0.000	0.000	9.693
Jun	I	0.000	1.299	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	6.442
	II	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	2.272
Jul	I	0.000	0.000	0.000	0.371	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.632
	II	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.851
Aug	I	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	II	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.564
Sep	I	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	13.284
	II	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	8.160
Oct	I	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	10.133
	II	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.046
Nov	I	32.285	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.797
	II	132.288	0.818	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	10.065	0.051	0.664
Dec	I	30.731	9.803	15.268	15.034	0.000	0.000	0.000	0.000	7.552	0.000	13.938
	II	0.000	0.000	10.018	14.573	3.835	14.291	0.000	5.668	4.023	0.000	9.809

Sumber: Data

Tabel 4.13. Data Inflow Waduk Pengga

Bulan	Periode	Debit (m ³ /dtk)										
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Jan	I	9.700	11.971	1.713	58.324	2.285	0.859	15.492	1.941	9.821	40.682	9.101
	II	19.941	14.992	20.432	19.136	6.799	0.332	15.873	0.728	2.876	16.376	4.211
Feb	I	11.131	17.644	35.450	7.355	17.706	4.509	5.814	0.311	3.505	33.087	13.731
	II	5.845	1.898	18.150	4.466	1.029	1.823	13.678	0.143	6.983	6.533	2.260
Mar	I	8.315	0.577	6.622	13.040	2.870	21.237	18.151	3.509	26.096	12.225	13.210
	II	20.676	17.551	2.166	2.962	5.495	1.749	19.164	6.221	19.667	3.875	4.318
Apr	I	23.301	10.417	9.059	9.693	0.664	16.177	19.249	13.187	4.608	5.521	19.981
	II	16.715	0.505	1.222	0.939	0.088	1.463	10.913	3.805	0.505	0.141	23.985
Mei	I	3.105	1.122	0.326	0.098	0.035	0.439	0.961	0.151	0.202	0.056	9.925
	II	2.813	0.036	0.122	0.037	5.618	0.165	0.360	0.352	0.076	0.021	10.377
Juni	I	0.270	1.744	0.052	0.016	0.959	0.070	0.154	0.024	0.032	0.009	6.629
	II	0.108	0.075	0.021	0.006	0.384	0.028	0.061	0.016	0.013	0.004	2.328
Juli	I	0.043	0.030	0.008	0.374	0.153	0.068	0.025	0.004	0.005	0.001	7.649
	II	0.016	0.011	0.003	0.001	0.058	0.013	0.009	0.001	0.002	0.001	0.855
Agust	I	0.007	0.005	0.001	0.000	0.025	0.005	0.004	0.001	0.001	0.000	0.002
	II	0.003	0.002	0.001	0.000	0.009	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.565
Sept	I	0.001	0.001	0.000	3.400	0.004	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	13.816
	II	0.000	0.000	0.000	0.542	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	8.259
Okt	I	1.025	0.000	0.000	0.217	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	10.163
	II	0.153	0.000	0.000	0.081	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.270
Nov	I	47.087	0.000	0.000	0.035	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.843
	II	148.177	3.437	9.230	0.476	7.059	0.000	0.000	0.000	10.065	0.051	0.677
Des	I	33.837	18.862	24.800	23.472	1.126	5.179	0.000	0.000	7.552	3.544	13.942
	II	1.165	1.449	13.719	29.141	16.627	18.173	1.036	17.074	6.606	2.646	22.819
Rerata		14.727	4.264	5.962	7.242	2.875	3.012	5.039	1.978	4.109	5.199	8.580
Jumlah		353.437	102.329	143.096	173.810	68.994	72.294	120.946	47.469	98.616	124.774	205.914

Sumber: Perhitungan

4.5. Pengujian Statistik Rangkaian Data Debit Inflow

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi rangkaian data debit inflow waduk Pengga yang diperoleh. Pengujian statistik ini meliputi pengujian ketidakadaan *trend* dan stasioner varian dan data sebab berkaitan dengan model stokastik yang dipakai untuk optimasi dimana salah satu ciri dari model stokastik adalah mempunyai kecenderungan atau *trend*. Data statistik kondisi rangkaian debit inflow diambil dari nilai debit rerata inflow tahunan selama 11 tahun yaitu dari tahun 2000 sampai dengan 2010 yang merupakan rerata dari debit setengah bulanan. Untuk lebih jelasnya tentang debit rerata tahunan di lokasi waduk Pengga dapat dilihat pada tabel 4.14, dibawah ini.

Tabel 4.14. Data Debit Inflow Rerata Tahunan Waduk Pengga

No	Tahun	Debit Inflow (m ³ /detik)
1	2000	14.727
2	2001	4.264
3	2002	5.962
4	2003	7.242
5	2004	2.875
6	2005	3.012
7	2006	5.039
8	2007	1.978
9	2008	4.109
10	2009	5.199
11	2010	8.580

Sumber:Perhitungan

4.5.1. Uji Ketidakadaan *Trend* Rangkaian Data Debit Inflow

Pengujian terhadap ketidakadaan *trend* rangkaian data debit inflow waduk Pengga diperlukan karena berkaitan dengan model stokastik yang dipakai untuk optimasi dimana salah satu ciri dari model stokastik adalah mempunyai kecenderungan atau *trend* sehingga diperlukan uji ketidakadaan *trend* . Uji ketidakadaan *trend* rangkaian data debit inflow menggunakan uji korelasi peringkat dari spearman. Untuk menguji signifikansi korelasi antara variabel peringkat waktu (T_t) dan peringkat rangkaian data debit (R_t) dilakukan dengan menggunakan uji t pada derajat kepercayaan 5 % dan uji dua sisi. Hipotesis yang diajukan sebagai berikut:

H_0 : Tidak ada hubungan yang signifikan antara variabel peringkat waktu (T_t) dan peringkat rangkaian data debit (R_t) yang berarti menunjukkan tidak adanya *trend* dari rangkaian data debit inflow.

H_a : Ada hubungan yang signifikan antara variabel peringkat waktu (T_t) dan peringkat rangkaian data debit (R_t) yang berarti menunjukkan adanya *trend* dari rangkaian data debit inflow.

Bila t_{hitung} yang terbentuk lebih besar dari $-t_{tabel}$ dan lebih kecil dari t_{tabel} ($t_{tabel} < t_{hitung} < t_{tabel}$) maka H_0 diterima dan H_a ditolak yaitu tidak ada hubungan yang signifikan antara variabel peringkat waktu (T_t) dan variabel peringkat rangkaian data (R_t) yang berarti menunjukkan tidak adanya *trend* dari rangkaian data debit inflow dan bila t_{hitung} yang terbentuk lebih kecil dari $-t_{tabel}$ atau lebih besar dari t_{tabel} maka H_0 ditolak dan H_a diterima yaitu ada hubungan yang signifikan antara variabel peringkat waktu (T_t) dan variabel peringkat rangkaian data (R_t) yang berarti menunjukkan adanya *trend* dari rangkaian data debit inflow (Soewarno,1995:87). Hasil perhitungan uji korelasi peringkat spearman dapat dilihat pada tabel 4.15. dibawah ini.

Tabel. 4.15. Analisa Korelasi Peringkat Spearman

No	Tahun	Peringkat T_t	Debit Inflow ($m^3/detik$)	Peringkat R_t	dt	dt^2
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
1	2000	1	14.727	1	0	0
2	2001	2	4.264	11	9	81
3	2002	3	5.962	4	1	1
4	2003	4	7.242	3	-1	1
5	2004	5	2.875	10	5	25
6	2005	6	3.012	7	1	1
7	2006	7	5.039	2	-5	25
8	2007	8	1.978	9	1	1
9	2008	9	4.109	6	-3	9
10	2009	10	5.199	5	-5	25
11	2010	11	8.580	8	-3	9
Jumlah						178

Sumber: Perhitungan

Keterangan:

[1] = No

[2] = Tahun

[3] = Variabel peringkat waktu (T_t)

[4] = Debit Inflow

[5] = Variabel peringkat rangkaian data (R_t), diurutkan dari besar ke kecil [3] dan [4]

[6] = [3] - [5]

[7] = [6]²

Diketahui jumlah sampel (u) sebanyak 11 dan $\sum dt^2 = 178$, maka dari persamaan:

$$\begin{aligned} KPS &= 1 - \frac{6 \cdot \sum_{t=1}^n (d_t^2)}{u^3 - u} \\ &= 1 - \frac{6 \cdot 178}{11^3 - 11} \\ &= 1 - \frac{1068}{1320} \\ &= 0,19 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{\text{hitung}} &= KPS \left(\frac{u-2}{1-KPS^2} \right)^{1/2} \\ &= 0,19 \left(\frac{11-2}{1-0,036} \right)^{1/2} \\ &= 0,19 \left(\frac{9}{0,963} \right)^{1/2} \\ &= 0,583 \end{aligned}$$

Dimana:

KPS : koefisien korelasi peringkat dari spearman

u : jumlah data

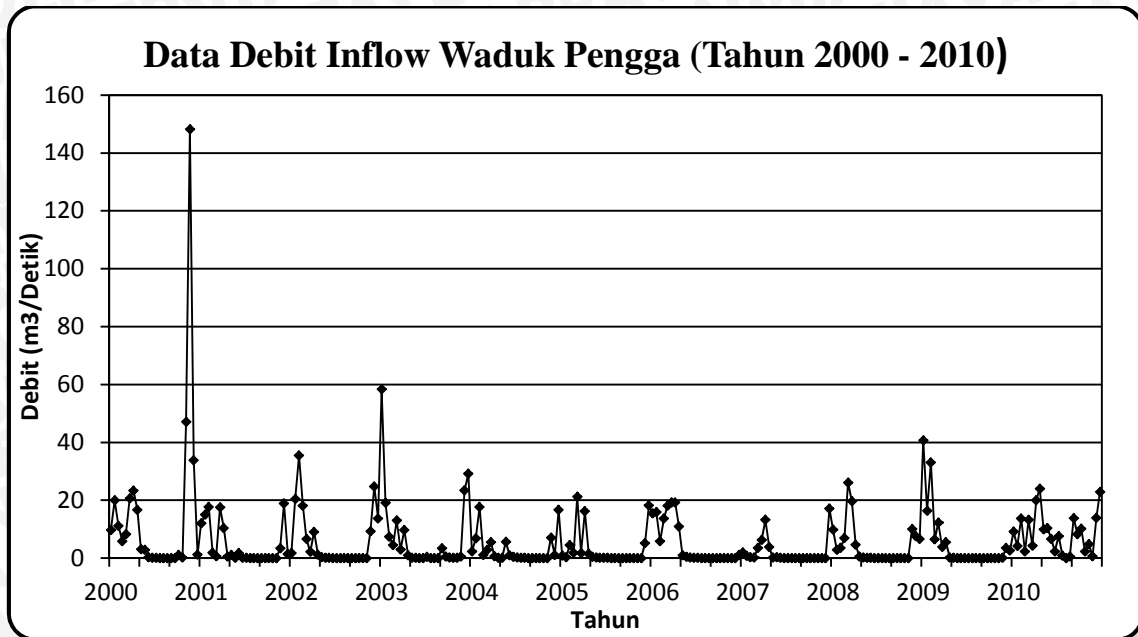
dt : $R_t - T_t$

T_t : peringkat urutan waktu koleksi data

R_t : peringkat nilai data debit inflow

Dari perhitungan di atas diperoleh nilai KPS sebesar 0,19 dan t_{hitung} sebesar 0,583. Pengujian dua sisi dengan derajat kepercayaan sebesar 5% dan derajat kebebasan atau *degree of freedom* (df) sebesar $n - k = (11 - 2 = 9)$ menunjukkan t_{tabel} sebesar 2,26. Oleh karena t_{hitung} lebih besar dari $-t_{\text{tabel}}$ dan lebih kecil dari t_{tabel} ($-2,26 < 0,583 < 2,26$) maka dapat disimpulkan tidak ada hubungan yang signifikan antara variabel peringkat waktu (T_t) dan variabel peringkat rangkaian data (R_t) yang berarti menunjukkan tidak adanya *trend* dari rangkaian data debit inflow.

Gambar 4.4 menunjukkan pola yang terbentuk dari rangkaian data debit inflow waduk Pengga tahun 2000 sampai dengan tahun 2010 menunjukkan gerakan nilai data debit inflow dalam jangka panjang sesuai urutan waktu tidak menunjukkan kecenderungan menuju ke satu arah tetapi menunjukkan gerakan naik dan turun yang tidak teratur, hal ini dapat disimpulkan bahwa grafik yang terbentuk tidak menunjukkan adanya *trend*.



Gambar 4.4. Pola Rangkaian Data Debit Inflow Waduk Pengga Tahun 2000 - 2010
Sumber: Perhitungan

4.5.2. Uji Stasioner Rangkaian Data Debit Inflow

Setelah pengujian diatas menunjukkan tidak ada *trend* maka uji stasioner dimaksudkan untuk menguji kestabilan nilai varian dan rerata dari rangkaian data debit inflow. Pengujian terhadap kestabilan nilai varian dan rerata, hipotesis yang diajukan sebagai berikut:

H_0 :

- Nilai varian kelompok I dan II tidak ada beda nyata jika $F_{hitung} < F_{tabel}$
- Nilai rerata kelompok I dan II tidak ada beda nyata jika $t_{hitung} < t_{tabel}$

H_1 :

- Nilai varian kelompok I dan II tidak ada beda nyata jika $F_{hitung} > F_{tabel}$
- Nilai rerata kelompok I dan II tidak ada beda nyata jika $t_{hitung} > t_{tabel}$

Pengelompokan data untuk uji stasioner di sajikan di tabel 4.16.

Tabel. 4.16. Pengelompokkan Data Untuk Uji Stasioner

No	Tahun	Data Debit Inflow Kelompok I	No	Tahun	Data Debit Inflow Kelompok II
1	2000	14.727	7	2006	5.039
2	2001	4.264	8	2007	1.978
3	2002	5.962	9	2008	4.109
4	2003	7.242	10	2009	5.199
5	2004	2.875	11	2010	8.580
6	2005	3.012			
Jumlah		38.082	Jumlah		24.905
STDEV		4.443	STDEV		2.386
Rata-rata		6.347	Rata-rata		4.981

Sumber: Perhitungan

1. Uji kestabilan varian

Berdasarkan Uji F, diperoleh:

$$F = \frac{u_1 \cdot S_1 \cdot (u_2 - 1)}{u_2 \cdot S_2 \cdot (u_1 - 1)}$$

$$F = \frac{6 \cdot 4,443 \cdot (5 - 1)}{5 \cdot 2,386 \cdot (6 - 1)}$$

$$F_{hitung} = 1,787$$

Dimana:

u : Jumlah data

S : STDEV (Standar Deviasi)

Hasil perhitungan diperoleh $F_{hitung} = 1,787$ dan F_{tabel} pada derajat kebebasan debit kelompok I (dk_1) = $u_1 - 1 = 5$ dan debit kelompok II (dk_2) = $u_2 - 1 = 4$ dengan derajat kepercayaan 5%, maka dari tabel diperoleh $F_{tabel} = 6,26$. Ternyata nilai F_{hitung} lebih kecil dari nilai F_{tabel} , maka varian kedua kelompok rangkaian data tidak ada bedanya atau rangkaian data debit stasioner.

2. Uji kestabilan nilai rerata

Berdasarkan Uji F, diperoleh:

$$\sigma = \left(\frac{u_1 \cdot S_1^2 + u_2 \cdot S_2^2}{u_1 + u_2 - 2} \right)^{1/2}$$

$$\sigma = \left(\frac{6 \cdot 19,736 + 5 \cdot 5,695}{6 + 5 - 2} \right)^{1/2}$$

$$\sigma = 4,040$$

$$t_{\text{hitung}} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma \cdot \left(\frac{1}{u_1} + \frac{1}{u_2} \right)^{1/2}}$$

$$t_{\text{hitung}} = -1,85284$$

Dimana:

u : jumlah data

S : STDEV (Standar Deviasi)

X_1, X_2 : Rerata Debit Inflow Kelompok I dan II

Hasil perhitungan berturut-turut diperoleh $\sigma = 4,040$ dan $t = -1,85284$. Untuk t_{tabel} dengan derajat kebebasan (*degree of freedom*) $dk = u_1 + u_2 - 2 = 9$ dan pengujian dua sisi untuk derajat kepercayaan 5% diperoleh nilai $t_{\text{tabel}} = 1,833$. Ternyata t_{hitung} lebih kecil daripada t_{tabel} , maka dapat disimpulkan bahwa nilai rerata kelompok I dan II tidak ada beda nyata pada derajat kepercayaan 5% (stabil). Hasil analisis diatas dapat disimpulkan bahwa rangkaian data debit rerata inflow tahunan waduk Pengga dapat digunakan untuk simulasi.

4.6. Skenario Pola Debit Inflow Waduk Pengga

Skenario pola debit inflow waduk Pengga untuk pertimbangan pemakaian debit inflow waduk Pengga terhadap berbagai kemungkinan dari kondisi air berlebih sampai dengan air kurang sehingga kebutuhan air yang disuplai dapat diperhitungkan atas dasar skenario pola debit inflow andalan, misalnya untuk kondisi Tahun Basah, Tahun Normal dan Tahun Kering. Skenario kelompok pola debit inflow dilakukan sebagai berikut :

1. Debit inflow rata-rata tahunan diurutkan sepanjang tahun.

Tabel. 4.17. Debit Inflow Rerata Tahunan Diurutkan Sepanjang Tahun

No	Tahun	Debit Inflow (m ³ /detik)	Tahun Urut	Debit urut (m ³ /detik)
1	2000	14.727	2000	14.727
2	2001	4.264	2010	8.580
3	2002	5.962	2003	7.242
4	2003	7.242	2002	5.962
5	2004	2.875	2009	5.199
6	2005	3.012	2006	5.039
7	2006	5.039	2001	4.264
8	2007	1.978	2008	4.109
9	2008	4.109	2005	3.012
10	2009	5.199	2004	2.875
11	2010	8.580	2007	1.978

Sumber: Perhitungan

2. Dari rangkaian debit inflow rata-rata tahunan diurutkan dari terbesar sampai terkecil dengan presentasi waktu disamai atau terlampaui dapat dirumuskan :

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

Dimana:

P = Presentasi Waktu Disamai Atau Terlampaui (%)

n = Nomor Urut Data

m = Jumlah

Tabel. 4.18. Debit Inflow Rerata Tahunan Dengan Presentasi Waktu Terlampaui

No	Tahun Urut	Debit Urut	P (%)	P Urut (%)
1	2000	14.727	8.33	91.67
2	2010	8.580	16.67	83.33
3	2003	7.242	25.00	75.00
4	2002	5.962	33.33	66.67
5	2009	5.199	41.67	58.33
6	2006	5.039	50.00	50.00
7	2001	4.264	58.33	41.67
8	2008	4.109	66.67	33.33
9	2005	3.012	75.00	25.00
10	2004	2.875	83.33	16.67
11	2007	1.978	91.67	8.33

Sumber: Perhitungan

Contoh perhitungan pada tahun urut 2000:

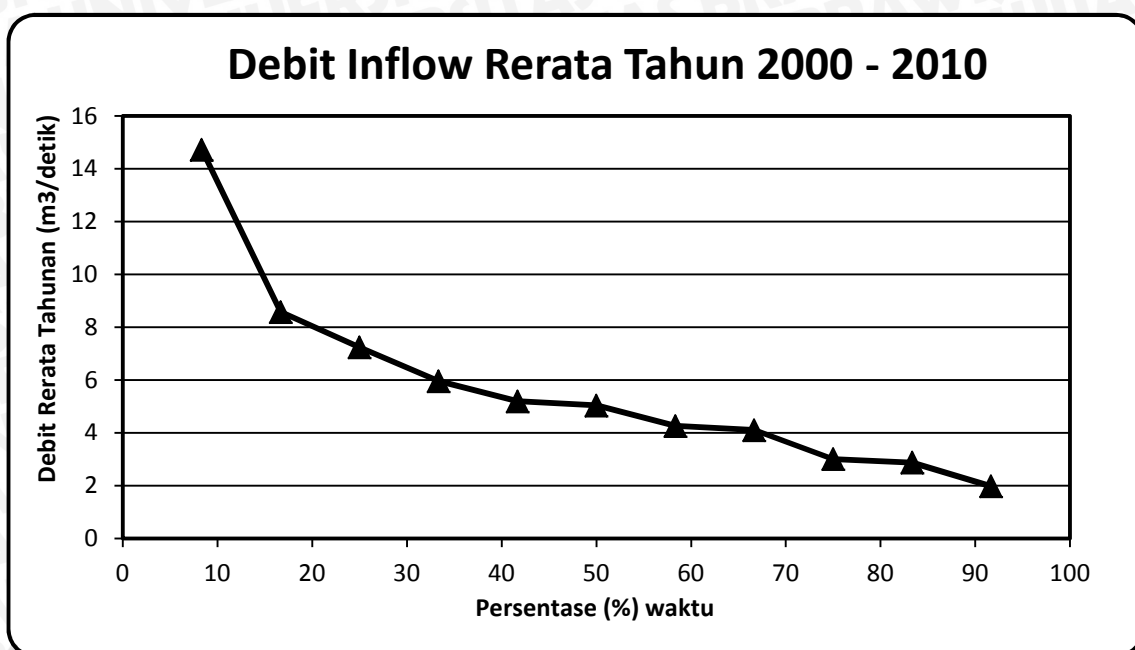
$$P = \frac{n}{m + 1} \times 100\%$$

$$P = \frac{1}{12} \times 100\%$$

$$P = 8,33 \%$$

3. Setelah diurutkan, diplot dalam bentuk grafik dan dibagi menjadi kelompok pola debit inflow tahunan misalnya pada kondisi debit inflow Tahun Basah, debit inflow Tahun Normal maupun debit inflow Tahun Kering (secara visual) dengan batasan :

- Tahun Kering $P \leq 25 \%$
- Tahun Normal $25 \% < P < 75\%$
- Tahun Basah $P \geq 75 \%$



Gambar 4.5. Grafik Debit Inflow Rerata Tahun 2000 - 2010
Sumber: Perhitungan

Dari grafik diatas, data debit inflow waduk Pengga rerata 11 tahun yaitu dari tahun 2000 sampai 2010 dibagi dalam tiga kelompok tahun debit inflow, yaitu tahun basah, tahun normal, dan tahun kering. Pengelompokan pola debit inflow tahunan disajikan di tabel 4.19.

Tabel 4.19. Pengelompokan Pola Debit Inflow Tahunan

Pengelompokan Pola Debit Inflow								
Tahun Basah			Tahun Normal			Tahun Kering		
No	Tahun	Debit (m3/detik)	No	Tahun	Debit (m3/detik)	No	Tahun	Debit (m3/detik)
1	2000	14.727	1	2002	5.962	1	2005	3.012
2	2010	8.580	2	2009	5.199	2	2004	2.875
3	2003	7.242	3	2006	5.039	3	2007	1.978
			4	2001	4.264			
			5	2008	4.109			

Sumber: Perhitungan

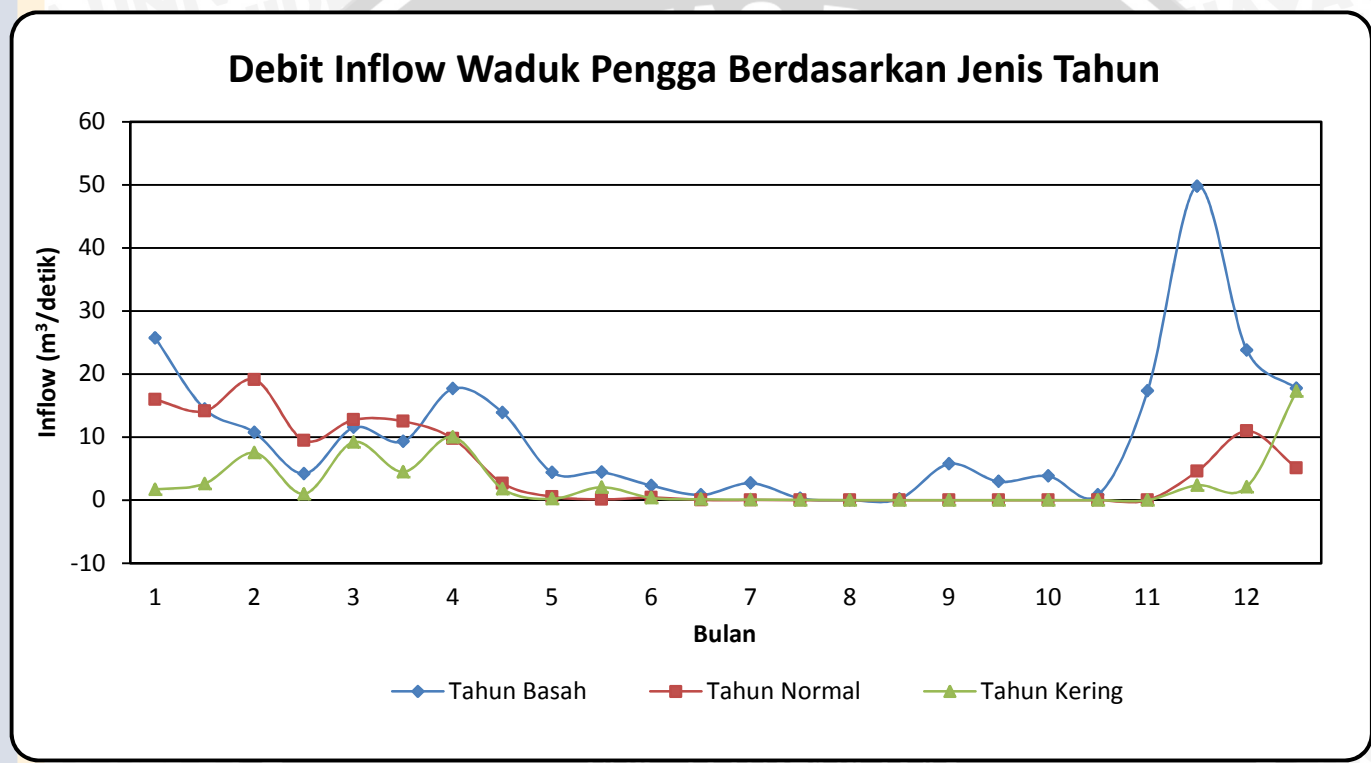
Dari tabel 4.19. tentang pengelompokan pola debit inflow tahunan diperoleh data debit inflow tahunan yang masuk dalam kelompok tahun basah sebanyak 3 tahun, tahun normal sebanyak 5 tahun dan tahun kering sebanyak 3 tahun. Kemudian dikelompokkan pola debit inflow tahunan waduk Pengga, untuk bulan yang sama dijumlahkan kemudian dibagi dengan banyaknya tahun pada masing-masing kelompok pola debit

inflow tahun basah, normal dan kering (rerata masing-masing periode bulan). Hal ini dilakukan untuk mengetahui tipikal debit setiap bulan baik pada tahun basah, normal dan kering. Hasil perhitungan debit yang mewakili jenis musim untuk setiap periode bulan disajikan pada Tabel 4.20. dan grafik berdasarkan jenis musim dalam tahun yang masuk ke waduk Pengga disajikan pada Gambar 4.6.

Tabel 4.20. Hasil Perhitungan Debit Yang Mewakili Jenis Musim Dalam Tahun

Bulan	Periode	Grafik Berdasarkan Jenis Musim Dalam Tahun (m ³ /detik)		
		Tahun Basah	Tahun Normal	Tahun Kering
1	I	25.708	15.936	1.695
	II	14.429	14.110	2.620
2	I	10.739	19.100	7.508
	II	4.191	9.449	0.998
3	I	11.522	12.734	9.206
	II	9.319	12.485	4.488
4	I	17.658	9.771	10.009
	II	13.879	2.657	1.785
5	I	4.376	0.533	0.208
	II	4.409	0.123	2.045
6	I	2.305	0.398	0.351
	II	0.814	0.035	0.143
7	I	2.689	0.014	0.075
	II	0.291	0.005	0.024
8	I	0.003	0.002	0.010
	II	0.189	0.001	0.004
9	I	5.739	0.000	0.002
	II	2.934	0.000	0.001
10	I	3.802	0.000	0.000
	II	0.835	0.000	0.000
11	I	17.321	0.000	0.000
	II	49.777	4.557	2.353
12	I	23.751	10.951	2.102
	II	17.708	5.091	17.291

Sumber: Perhitungan



Gambar 4.6. Grafik Debit Yang Masuk Ke Waduk Pengga Berdasarkan Jenis Musim Dalam Tahun
 Sumber: Perhitungan

4.7. Rumusan *Rule Curve* Operasi Waduk Pengga

Rule curve adalah skedul tampungan waduk yang ideal untuk diikuti dan merupakan hasil daripada studi optimasi atau studi simulasi. *Rule curve* dapat sesuai untuk suatu seri debit inflow tertentu, tetapi tidak begitu cocok untuk seri debit inflow yang lain. *Rule curve* yang baik adalah jika sesuai untuk kisaran yang cukup luas daripada seri-seri debit inflow. Selanjutnya penjelasan rumusan *rule curve* operasi waduk Pengga dari awal sebagai berikut.

1. Dalam masalah ini adalah memilih *rule curve* bawah (% tampungan aktif) sebagai unsur acaknya, caranya dengan memilih mode optimasi dari kisaran acak [0-100] dengan rentetan data berupa hasil optimal, *crossover*, rekalkulasi tabel populasi dan rekalkulasi tabel generasi.
2. Selanjutnya dilakukan cek kurva:
 - Kurva bawah: $I + S_t - \text{rule curve bawah} - \text{volume kehilangan} \geq 0$ jika ya maka akan menunjukkan angka 0 dan sebaliknya akan menunjukkan angka 1 untuk mempermudah pengecekan.
 - Kurva atas: $I + S_t - \text{rule curve atas} - \text{volume kehilangan} \leq \text{kebutuhan irigasi}$ jika ya maka akan menunjukkan angka 0 dan sebaliknya akan menunjukkan angka 1 untuk mempermudah pengecekan.
 - Pasokan cukup: jika kurva bawah tidak sama dengan 0 dan jika $I + S_t - \text{rule curve bawah} - \text{volume kehilangan} \leq \text{kebutuhan irigasi}$ jika ya maka akan menunjukkan angka 1 dan sebaliknya akan menunjukkan angka 0 untuk mempermudah pengecekan.
 - Tampungan mati: $I + S_t - \text{volume kehilangan} < 0$ jika ya maka akan menunjukkan angka 1 dan sebaliknya akan menunjukkan angka 0 untuk mempermudah pengecekan.
3. Tampungan aktif waduk
 - Awal periode diperoleh dari kapasitas tampungan aktif / 2.
 - Akhir periode: $I + S_t - \text{kebutuhan irigasi} - \text{volume kehilangan} > \text{Kapasitas tampungan aktif}$, maka kelebihan akan jadi volume *spillover*.

Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada tabel perhitungan untuk *Rule Curve* Tahun Normal tahun 2002 dibawah ini:

Tabel 4.21. Operasi Waduk Pengga Menurut *Rule Curve* Tahun Normal Tahun 2002

Kapasitas Tamp. Aktif	21	Tahun Awal	2000	Mode Optimasi	3	[1] Acak 0-100%	Limit	400
Kapasitas Tamp. Mati	6	Detik per hari	86400	Kisaran acak	10	[2] Hasil Optimal	Under 0	0
				n iterasi	1000	[3] Crossover	Min.	10.15
				iterasi	604	[4] Rekalkulasi Tabel Populasi	Ave.	66.94
						[5] Rekalkulasi Tabel Generasi		117 n

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	KEBUTUHAN IRIGASI [m³/dt]	INFLOW [juta m³]	EVAPORASI			Volume kehilangan [juta m³]	RULE CURVE				Cek kurva bawah [0/1]	Cek kurva atas [0/1]	Cek pasokan cukup [0/1]	Cek tamp. mati [0/1]	Tampungan Aktif Waduk [juta m³]		OUTFLOW PASOKAN IRIGASI			Di bawah Nol [juta m³]	Volume Spillout [juta m³]
							Kebutuhan Luas MAW [km²]	Tinggi [mm/hari]	% tamp.aktif		% tamp.aktif		Awal periode	Akhir periode					Volume [juta m³]	Persen [%]	Defisit [0/1]				
											awal	evaporasi										Atas	Bawah		
2002	1	Jan-1	15	1.713	3.805	2.220	4.932	5.010	4.595	0.345	100.000	48.600	21.000	10.206	0.000	1.000	0.000	0.000	21.000	17.943	4.932	100.000	0.000	0.000	0.000
	2	Jan-2	16	20.432	2.829	28.245	3.911	4.540	4.621	0.336	100.000	46.439	21.000	9.752	0.000	0.000	0.000	0.000	17.943	21.000	3.911	100.000	0.000	0.000	20.941
	3	Feb-1	15	35.450	2.628	45.943	3.406	5.010	4.846	0.364	100.000	68.835	21.000	14.455	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	3.406	100.000	0.000	0.000	42.173
	4	Feb-2	13	18.150	2.605	20.386	2.926	5.010	4.984	0.325	100.000	23.873	21.000	5.013	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	2.926	100.000	0.000	0.000	17.135
	5	Mar-1	15	6.622	0.798	8.582	1.035	5.010	4.513	0.339	100.000	56.714	21.000	11.910	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	1.035	100.000	0.000	0.000	7.208
	6	Mar-2	16	2.166	0.760	2.995	1.051	5.010	4.668	0.374	100.000	50.288	21.000	10.561	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	1.051	100.000	0.000	0.000	1.569
	7	Apr-1	15	9.059	4.128	11.740	5.350	5.010	4.349	0.327	100.000	61.998	21.000	13.020	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	5.350	100.000	0.000	0.000	6.063
	8	Apr-2	15	1.222	4.968	1.584	6.439	5.010	4.504	0.338	100.000	96.255	21.000	20.214	0.000	1.000	1.000	0.000	21.000	20.214	2.032	31.560	1.000	0.000	0.000
	9	Mei-1	15	0.326	3.729	0.422	4.833	4.890	4.053	0.297	100.000	89.589	21.000	18.814	0.000	1.000	1.000	0.000	20.214	18.814	1.525	31.550	1.000	0.000	0.000
	10	Mei-2	16	0.122	1.356	0.169	1.875	4.670	3.884	0.290	100.000	31.387	21.000	6.591	0.000	1.000	0.000	0.000	18.814	16.818	1.875	100.000	0.000	0.000	0.000
	11	Jun-1	15	0.052	3.644	0.068	4.723	4.360	3.493	0.228	100.000	72.224	21.000	15.167	0.000	1.000	1.000	0.000	16.818	15.167	1.490	31.550	1.000	0.000	0.000
	12	Jun-2	15	0.021	3.539	0.027	4.586	4.090	3.584	0.220	100.000	64.408	21.000	13.526	0.000	1.000	1.000	0.000	15.167	13.526	1.448	31.590	1.000	0.000	0.000
	13	Jul-1	15	0.008	3.082	0.011	3.994	3.830	3.951	0.227	100.000	57.232	21.000	12.019	0.000	1.000	1.000	0.000	13.526	12.019	1.291	32.320	1.000	0.000	0.000
	14	Jul-2	16	0.003	1.981	0.004	2.738	3.580	4.082	0.234	100.000	51.573	21.000	10.830	0.000	1.000	1.000	0.000	12.019	10.830	0.959	35.020	1.000	0.000	0.000
	15	Ags-1	15	0.001	1.789	0.002	2.318	3.380	4.557	0.231	100.000	46.174	21.000	9.697	0.000	1.000	1.000	0.000	10.830	9.697	0.905	39.020	1.000	0.000	0.000
	16	Ags-2	16	0.001	2.269	0.001	3.137	3.190	4.726	0.241	100.000	38.611	21.000	8.108	0.000	1.000	1.000	0.000	9.697	8.108	1.348	42.970	1.000	0.000	0.000
	17	Sep-1	15	0.000	2.764	0.000	3.582	2.910	5.575	0.243	100.000	30.918	21.000	6.493	0.000	1.000	1.000	0.000	8.108	6.493	1.372	38.320	1.000	0.000	0.000
	18	Sep-2	15	0.000	2.872	0.000	3.722	2.630	5.755	0.227	100.000	22.033	21.000	4.627	0.000	1.000	1.000	0.000	6.493	4.627	1.639	44.030	1.000	0.000	0.000
	19	Okt-1	15	0.000	2.563	0.000	3.322	2.290	5.961	0.205	100.000	15.334	21.000	3.220	0.000	1.000	1.000	0.000	4.627	3.220	1.202	36.180	1.000	0.000	0.000
	20	Okt-2	16	0.000	1.789	0.000	2.473	2.030	6.035	0.196	100.000	10.169	21.000	2.136	0.000	1.000	1.000	0.000	3.220	2.136	0.889	35.920	1.000	0.000	0.000
	21	Nov-1	15	0.000	0.911	0.000	1.180	1.830	5.935	0.163	100.000	6.236	21.000	1.310	0.000	1.000	1.000	0.000	2.136	1.310	0.663	56.180	1.000	0.000	0.000
	22	Nov-2	15	9.230	1.430	11.962	1.854	1.660	5.426	0.135	100.000	40.331	21.000	8.469	0.000	1.000	0.000	0.000	1.310	11.282	1.854	100.000	0.000	0.000	0.000
	23	Des-1	15	24.800	4.968	32.141	6.439	3.450	4.945	0.256	100.000	52.879	21.000	11.105	0.000	0.000	0.000	0.000	11.282	21.000	6.439	100.000	0.000	0.000	15.729
	24	Des-2	16	13.719	0.328	18.965	0.454	5.010	4.914	0.394	100.000	45.660	21.000	9.589	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	0.454	100.000	0.000	0.000	18.117

Sumber: Perhitungan

Keterangan:

- | | | | | |
|-----------------|---|--|---|---|
| [1] Tahun | [6] Data Kebutuhan Irigasi | [11] $([4] \times [9] \times [10]) / 1000$ | [16] Jika $[7] + [20] - [11] - [15] > 0$ | [21] $[7] + [20] - [8] - [11] > \text{Kapasitas Tamp. Aktif maka Spill out}$ |
| [2] No | [7] $([5] \times [4] \times 86400) / 1000000$ | [12] Asumsi Tampungan Maksimal 100% | Maka 0, kalau tidak 1 | $[7] + [20] - [8] - [11] < \text{Kapasitas Tamp. Aktif maka tidak ada Spill out}$ |
| [3] Periode | [8] $([6] \times [4] \times 86400) / 1000000$ | [13] Dipilih dari (Bil.acak, hasil optimal, crossover, rekalkulasi tabel populasi dan rekalkulasi tabel generasi | [17] Jika $[7] + [20] - [11] - [14] > 8$ | $[7] + [20] - [21] - [11]$ |
| [4] Banyak Hari | [9] Data Luas MAW Awal | [14] $[12] \times \text{Kapasitas Tamp. Aktif} / 100$ | Maka 0, kalau tidak 1 | $[22] / [8] \times 100$ |
| [5] Data Inflow | [10] Data Tinggi Evaporasi | [15] $[13] \times \text{Kapasitas Tamp. Aktif} / 100$ | [18] Jika [16] tidak sama dengan 0 maka 1, kemudian Jika $[7] + [20] - [11] - [15] < [8]$ | Jika [23] = 100 |
| | | | Maka 0, kalau tidak 1 | Maka 0, kalau tidak 1 |
| | | | [19] Jika $[7] + [20] - [11] < 0$ | Jika [16] = 0 |
| | | | Maka 0, kalau tidak 1 | Maka 0, kalau tidak $[7] + [20] - [11] - [15]$ |
| | | | [20] Kapasitas Tamp. Aktif / 2 | Jika $[21] < \text{Kapasitas Tamp. Aktif}$ |
| | | | | Maka 0, kalau tidak $[7] + [20] - [11] - [21] - [22]$ |

Contoh perhitungan pada Januari periode I:

$$[1] = 2000$$

$$[2] = 1$$

$$[3] = \text{Jan-1}$$

$$[4] = 15$$

$$[5] = 9,700 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$[6] = 3,805 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$[7] = (9700 \times 15 \times 86400) / 1000000$$

$$= 12,57097 \text{ juta m}^3$$

$$[8] = (3,805 \times 15 \times 86400) / 1000000$$

$$= 4,93168 \text{ juta m}^3$$

$$[9] = 3,3000 \text{ km}^2$$

$$[10] = 4,6 \text{ mm/hari}$$

$$[11] = (15 \times 3,3000 \times 4,6) / 1000$$

$$= 0,22953 \text{ juta m}^3$$

$$[12] = 100\%$$

$$[13] = \text{Dengan formula excel:}$$

= CHOOSE (mode optimasi, Bil. Acak, Hasil Optimal, Crossover, Rekalkulasi
Tabel Populasi, Rekalkulasi Tabel Generasi)

$$= 23,47 \%$$

$$[14] = 100\% \times 21 \text{ juta m}^3 / 100$$

$$= 21,000 \text{ juta m}^3$$

$$[15] = 23,47\% \times 21 \text{ juta m}^3 / 100$$

$$= 4,930 \text{ juta m}^3$$

$$[16] = 12,57097 + 10,500 - 0,22953 - 4,930 = 0, \text{ Maka } 0$$

$$[17] = 12,57097 + 105,00 - 0,22953 - 21,000 - 4,93168, \text{ Maka } 1$$

$$[18] = [16] \text{ tidak sama dengan } 0 \text{ berarti } 1, \text{ maka jika tidak}$$

$$= 12,57097 + 10,500 - 0,22953 - 4,930 > 4,93168 \text{ berarti } 0$$

$$[19] = 12,57097 + 10,500 - 0,22953 > 0 \text{ berarti } 0$$

$$[20] = 21,000/2$$

$$= 10,500 \text{ juta m}^3$$

$$[21] = 12,57097 + 10,500 - 0,22953 - 4,93168$$

$$= 17,910 \text{ juta m}^3$$

- [22] = $12,57097 + 10,500 - 0,22953 - 17,910$
 = $4,93168$ juta m^3
- [23] = $(4,93168 / 4,93168) \times 100$
 = 100%
- [24] = [23] = 100% berarti 0
- [25] = jika [16] = 0 maka 0 , kalau tidak nilainya adalah hasil dari:
 $12,57097 + 10,500 - 0,22953 - 4,930$
- [26] = Karena tampungan akhir = $17,910$ juta $m^3 < 21,000$ maka tidak ada spill out
 berarti $0,000$ juta m^3 .

4.8. Model Simulasi Algoritma Genetik

Dalam model simulasi Algoritma Genetik ini, fungsi tujuannya adalah memaksimalkan *outflow* pasokan irigasi dan meningkatkan pemenuhan kebutuhan minimum irigasi. Model Algoritma Genetik berpusat pada struktur daripada kromosom. Kromosom dalam hal ini adalah variabel tampungan waduk yang mewakili alternatif solusi, dalam hal ini berjumlah 16 untuk generasi awal pembangkitan dengan cara acak. Jadi sebuah kromosom merupakan sekumpulan variabel-variabel keputusan seperti gambar berikut misalnya pada Januari periode I dengan satuannya dalam bentuk persen kemudian nanti di konversi kedalam bentuk juta m^3 .

Bulan	Periode	Rule Curve					
		(%)					
		1	2	3	4	--	16
Januari	I	35,40%	38,87%	91,47%	51,19%	--	13,54%

Gambar 4.7. Kromosom Sebagai Variabel Tampungan Waduk
 Sumber: Perhitungan

Model optimasi Algoritma Genetik adalah proses optimasi yang secara iteratif mengembangkan dari suatu populasi (sekumpulan variabel tampungan waduk) daripada kromosom (variabel tampungan waduk) sehingga tercapailah suatu kumpulan variabel tampungan waduk homogen daripada variabel tampungan waduk yang terbaik. Untuk mengetahui suatu kumpulan variabel tampungan waduk sudah homogen adalah seperti penjelasan diatas yakni dari 16 populasi terbaik dikurangi nilai variabel tampungan waduk terbesar dengan nilai variabel tampungan waduk terkecil.

Contoh:

Pada Januari periode I kromosom terbesar adalah $91,47\%$ dan terkecil juga $13,54\%$,
 berarti $91,47\% - 13,54\% = 77,93\%$

Jadi bisa dikatakan suatu populasi belum homogen.

Secara garis besar maka Algoritma Genetik terdiri dari pada 2 komponen berikut ini.

1. Reproduksi
2. Crossover

Reproduksi adalah proses seleksi terhadap variabel tampungan waduk yang terdapat pada suatu kumpulan variabel tampungan waduk berdasarkan nilai kinerja dari masing-masing variabel tampungan waduk dan dilanjutkan dengan proses *copy*. Ini merupakan generasi turunan yang berikutnya. Proses seleksi disini memilih 16 variabel tampungan waduk terbaik (diranking) dari kumpulan variabel tampungan waduk yang berjumlah 120. Jadi besarnya setiap generasi turunan berikutnya adalah sebanyak 16 variabel tampungan waduk.

Contoh perhitungan pada Januari periode I:

Dari kumpulan kumpulan variabel tampungan waduk yang berjumlah 120 seperti dibawah ini,

Bulan	Periode	Rule Curve					
		(%)					
		1	2	3	4	--	120
Januari	I	36,46%	56,54%	46,21%	41,77%	--	32,81%

Gambar 4.8. Kumpulan Variabel Tampungan Waduk
Sumber: Perhitungan

Kemudian di seleksi untuk memilih 16 kumpulan variabel tampungan waduk terbaik dengan di ranking. Setelah itu terbentuk lagi generasi turunan yang jumlahnya sama dengan yang generasi tampungan waduk awal yakni 16 variabel tampungan waduk. Untuk hasilnya sebagai berikut:

Bulan	Periode	Rule Curve					
		(%)					
		1	2	3	4	--	16
Januari	I	46,21%	36,46%	55,69%	31,10%	--	33,47%

Gambar 4.9. Generasi Turunan Dari Kumpulan Variabel Tampungan Waduk
Sumber: Perhitungan

Tahap selanjutnya *Crossover*, adalah persilangan diantara variable-variable tampungan waduk yang ada pada suatu generasi turunan. Hasil persilangan ini membentuk kumpulan variabel tampungan waduk dari generasi berikutnya (yang dalam laporan ini sebanyak 120 variabel tampungan waduk). Pada laporan ini, maka persilangan antara dua variabel tampungan waduk generasi turunan akan menghasilkan

satu variabel tampungan waduk baru. Pada persilangan ini, maka setiap variabel dari variabel tampungan waduk baru merupakan gabungan antara dua variabel dari kedua variabel tampungan waduk generasi turunan. Untuk variabel ke- i pada Januari periode I, rumus stokastik penggabungannya sebagai berikut.

$$V_i = V_{1i} \cdot U [0,1] + V_{2i} \cdot (1-U [0,1])$$

$$V_i = 38,87 \cdot 0,5884 + 91,47 \cdot (1-0,5884)$$

$$V_i = 60,52$$

Dengan V_i adalah variabel dari tampungan waduk baru gabungan, V_{1i} dan V_{2i} adalah variabel masing-masing dari kedua tampungan waduk generasi turunan, dan $U [0,1]$ adalah bilangan acak uniform antara 0 dan 1.

Jadi semua variabel V_i dari sebuah variabel tampungan waduk baru dibentuk dengan persamaan diatas, maka pembentukan variabel tampungan waduk baru dilakukan oleh setiap pasangan yang berbeda dari variabel tampungan waduk generasi turunan (16 variabel tampungan waduk) sehingga terbentuklah 120 sekumpulan variabel tampungan waduk dari generasi berikutnya.

Berikut penjelasan lebih rincinya pada Januari periode I:

- Generasi *rule curve* awal dari hasil pembangkitan acak dengan fungsi kendala (mode optimasi) bilangan random $U[0,1]$, hasil *crossover*, rekalkulasi tabel variabel tampungan waduk:

Bulan	Periode	Rule Curve															
		%															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Januari	I	35.40	38.87	91.47	51.19	43.43	56.63	41.06	69.84	48.79	74.20	25.31	78.54	77.98	24.99	29.15	13.54

Setelah generasi *rule curve* awal terbentuk, selanjutnya di silangkan atau di *crossover*, dalam hal ini persilangan tidak hanya dalam satu bulan yang sama tetapi acak untuk menentukan sekumpulan variabel tampungan waduk:

Bulan	Periode	Rule Curve															
		%															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Januari	I	35.40	38.87	91.47	51.19	43.43	56.63	41.06	69.84	48.79	74.20	25.31	78.54	77.98	24.99	29.15	13.54

Variabel Tampungan Waduk (1) Variabel Tampungan Waduk (2) (n) (n)
 Variabel Tampungan Waduk (3)

Bulan	Periode	Rule Curve															
		%															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	----	---	120
Januari	I	36.46	56.54	46.21	41.77	42.89	38.50	58.24	48.28	55.69	31.10	78.54	46.94	29.13	----	----	13.54

- Selanjutnya proses reproduksi (seleksi), tahap ini memilih variabel tampungan waduk terbaik hasil persilangan untuk selanjutnya menjadi generasi *rule curve* awal baru dan proses ini (*Crossover-Reproduksi*) terus berlangsung hingga homogen:

Bulan	Periode	Rule Curve															
		%															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Januari	I	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47

Contoh: = 23.47% - 23.47%

= 0 % >>>>> hal ini yang dinamakan sudah homogen, jadi sudah tidak terjadi *Crossover* lagi.

4.9. Model Optimasi *Rule Curve* waduk Pengga dengan Algoritma Genetik

Untuk dapat mengaplikasikan algoritma genetik, ada beberapa langkah yang harus dilakukan antara lain men-*generate* fungsi awal dalam bentuk representasi kromosom, maka kromosom dalam hal ini adalah variabel tampungan waduk *atau rule curve* dengan fungsi tujuannya adalah memaksimalkan outflow pasokan irigasi dan meningkatkan pemenuhan kebutuhan minimum irigasi, jadi proses optimasi dengan algoritma genetik akan mencari kromosom terbaik yang merupakan variabel tampungan waduk yang akan menghasilkan nilai maksimum daripada debit outflow minimum. Proses optimasi algoritma genetik ini berlangsung secara iteratif, dengan proses Inisialisasi merupakan iterasi awal (iterasi ke-0), dan proses perbaikan merupakan iterasi lanjutan (iterasi ke-1, dan seterusnya).

4.9.1. Proses Inisialisasi Pada Algoritma Genetik

Sebagai langkah awal dalam proses optimasi pada Algoritma Genetik, maka dicari alternatif awal dari skedul tampungan waduk dengan melakukan proses inisialisasi. Dalam proses inisialisasi ini dibangkitkan secara stokastik 16 alternatif skedul tampungan waduk, dimana setiap alternatif diisyaratkan untuk menghasilkan debit outflow bulanan minimum (nilai kinerja) yang paling sedikit sama dengan suatu nilai batas terendah outflow. Dari ke-16 alternatif skedul tampungan waduk hasil bangkitan ini, maka akan dipilih alternatif yang terbaik (nilai kinerja maksimum) sebagai alternatif awal dari skedul tampungan waduk. Dalam hal ini kondisi sudah homogen dan ditentukan jumlah generasi *rule curve* yang digunakan adalah sebanyak 16 seperti tampak pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.22. Inisialisasi Generasi *Rule Curve*

Tahun	No	Periode	<i>Rule Curve</i>															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			%															
2000	1	Jan-1	35.40	38.87	91.47	51.19	43.43	56.63	41.06	69.84	48.79	74.20	25.31	78.54	77.98	24.99	29.15	13.54
	2	Jan-2	62.84	33.05	36.71	74.38	21.79	19.06	66.59	10.45	81.08	55.17	26.04	33.66	96.62	57.66	66.96	61.92
	3	Feb-1	39.71	67.62	81.85	7.45	92.40	8.56	42.13	50.06	9.03	66.90	43.78	86.93	33.45	17.20	86.89	55.33
	4	Feb-2	24.58	37.11	59.62	39.41	10.78	33.62	39.15	10.00	77.53	38.76	33.87	64.89	72.15	93.27	11.89	38.97
	5	Mar-1	84.67	79.83	55.01	78.55	27.04	19.63	42.01	23.09	28.15	42.94	38.49	91.16	97.71	2.71	24.42	51.03
	6	Mar-2	12.33	28.34	65.35	79.55	8.21	7.84	40.11	43.31	97.89	1.85	58.28	91.53	44.15	20.34	33.00	50.91
	7	Apr-1	93.26	53.98	22.49	40.39	9.42	23.03	50.20	0.92	59.71	96.80	73.62	18.22	65.17	4.21	26.74	65.90
	8	Apr-2	48.55	16.16	32.43	70.74	43.16	2.07	49.03	72.67	47.47	89.54	17.09	81.43	31.82	49.10	58.43	69.60
	9	Mei-1	26.67	47.72	51.86	89.34	64.16	61.60	52.40	27.13	54.27	61.97	56.55	28.41	36.82	62.59	22.04	23.74
	10	Mei-2	45.79	42.46	48.31	89.07	11.80	82.17	17.69	80.08	30.35	71.51	22.52	48.07	92.92	33.75	24.97	90.95
	11	Jun-1	27.21	93.27	93.89	8.86	39.84	24.55	31.75	91.75	89.19	18.05	99.31	97.17	98.37	98.69	43.36	27.44
	12	Jun-2	17.66	4.24	92.01	77.03	60.70	75.24	75.29	91.03	85.38	76.51	97.25	14.41	24.11	96.16	74.78	77.37
	13	Jul-1	55.47	60.51	33.21	33.68	53.56	73.93	12.00	85.64	28.06	51.89	8.16	72.08	74.71	48.53	4.13	74.00
	14	Jul-2	49.51	56.12	69.91	53.61	40.37	32.42	52.20	26.74	60.32	31.09	63.78	70.56	66.92	74.23	52.54	72.15
	15	Ags-1	11.28	30.83	33.14	47.23	39.35	58.47	48.29	37.45	34.88	40.97	41.47	3.89	65.07	4.42	47.06	35.01
	16	Ags-2	34.58	40.07	22.12	18.81	36.86	37.04	47.21	56.73	15.40	29.74	40.13	47.62	60.84	62.56	45.18	58.25
	17	Sep-1	27.34	32.90	32.88	24.49	13.88	38.14	45.04	47.85	29.45	21.50	17.50	9.57	9.72	53.18	35.61	54.23
	18	Sep-2	25.57	27.03	24.36	15.42	12.12	33.20	30.71	21.25	20.63	19.23	20.52	27.87	12.70	52.57	25.38	41.91
	19	Okt-1	16.47	30.30	21.89	9.06	15.80	10.47	30.48	27.09	21.25	15.66	11.23	13.41	18.52	66.14	21.33	44.27
	20	Okt-2	11.59	15.06	12.67	5.63	9.47	10.53	20.36	15.79	15.04	2.85	5.81	4.44	16.10	27.50	9.72	30.89
	21	Nov-1	71.56	22.79	15.04	46.66	52.97	59.86	62.40	15.01	45.24	8.90	85.10	23.43	22.43	25.77	9.60	56.96
	22	Nov-2	11.44	9.79	60.01	64.31	35.67	25.25	36.08	6.55	38.33	4.58	35.92	41.23	65.10	49.28	53.74	77.15
	23	Des-1	53.52	62.36	39.93	72.50	76.20	39.11	89.80	18.69	61.80	76.08	76.55	5.81	39.34	30.91	72.90	44.56
	24	Des-2	86.59	52.13	56.58	79.49	57.61	25.84	36.61	20.81	43.36	7.97	72.57	68.37	48.79	46.62	53.05	27.37

Sumber: Perhitungan

Adapun Program Macro Visual Basic Excel untuk Inisialisasi Generasi *Rule Curve* sehingga mendapatkan angka-angka diatas adalah sebagai berikut:

Program Macro Visual Basic Excel

```
Sub A1_Initial_Solution()
```

```
Calculate
```

```
With Worksheets("OP_Waduk_1")
```

```
.Range("BU3:CJ5").ClearContents
```

```
.Range("BU12:CJ35").ClearContents
```

```
For G = 1 To 16
```

```
Do
```

```
.Range("P3").Value = 1
```

```
Do
```

```
.Calculate
```

```
Loop Until .Range("Z3").Value <= .Range("Z1").Value
```

```
.Range("AD3:AD5").Value = .Range("Z3:Z5").Value
```

```
.Range("AD12:AD35").Value = .Range("P12:P35").Value
```

```
.Range("P3").Value = 6
```

```
For M = 1 To 4
```

```
.Range("AI2").Value = M
```

```
For N = 1 To 50
```

```
.Calculate
```

```

If .Range("AG1").Value = 0 Then
    .Range("AD3:AD5").Value = .Range("Z3:Z5").Value
    .Range("AD12:AD35").Value = .Range("P12:P35").Value
End If
Next N

Next M

Loop Until .Range("AD3").Value <= .Range("AD1").Value

.Range("BQ13").Calculate
N_posisi = .Range("BQ13").Value + 1

V = .Range("AD3").Value
.Range("BT3").Offset(0, N_posisi).Value = V
V = .Range("AD4").Value
.Range("BT4").Offset(0, N_posisi).Value = V
V = .Range("AD5").Value
.Range("BT5").Offset(0, N_posisi).Value = V
For i = 1 To 24
    V = .Range("AD11").Offset(i, 0).Value
    .Range("BT11").Offset(i, N_posisi).Value = V
Next i

Next G
End With
End Sub

```

Dari inisialisasi generasi *rule curve*, selanjutnya adalah proses *crossover* atau persilangan antar variabel tampungan waduk sehingga terbentuk populasi *rule curve* sejumlah 120 dari hasil kombinasi antar generasi *rule curve* yang berjumlah 16. Berikut populasi *rule curve* disajikan di tabel 4.23. dibawah ini.

Tabel 4.23. Populasi *Rule Curve* Sejumlah 120 Dari Hasil Kombinasi Antar Generasi
Rule Curve

Tahun	No	Periode	Rule Curve														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	----	120
			%														
2000	1	Jan-1	36.46	56.54	46.21	41.77	42.89	38.50	58.24	48.28	55.69	31.10	78.54	46.94	29.13	----	32.81
	2	Jan-2	57.96	60.29	69.97	38.08	25.65	65.43	40.14	77.70	61.95	50.83	33.66	80.47	59.46	----	62.43
	3	Feb-1	53.96	69.78	35.90	87.87	10.53	41.58	45.95	22.87	45.33	40.74	86.93	37.35	39.62	----	54.42
	4	Feb-2	28.13	42.97	38.70	22.05	32.00	37.13	21.39	59.00	37.69	24.67	64.89	31.24	79.02	----	29.21
	5	Mar-1	80.81	70.93	81.01	29.75	76.19	72.38	63.40	84.43	62.88	73.75	91.16	94.63	65.98	----	67.56
	6	Mar-2	28.03	32.73	21.28	11.03	9.72	13.40	19.73	51.65	8.20	22.78	91.53	37.88	16.98	----	26.64
	7	Apr-1	55.51	87.37	65.97	54.02	70.09	73.38	35.55	90.10	95.25	89.36	18.22	87.65	62.52	----	85.48
	8	Apr-2	18.39	47.44	69.78	47.29	11.17	48.91	51.64	47.55	87.90	44.39	81.43	36.49	48.71	----	68.75
	9	Mei-1	28.32	34.79	38.55	32.27	27.51	37.04	26.94	33.76	50.48	50.53	28.41	29.36	34.74	----	24.94
	10	Mei-2	43.35	47.04	73.99	41.85	46.94	25.06	74.05	32.88	58.15	25.34	48.07	69.83	38.65	----	50.96
	11	Jun-1	91.85	88.48	9.69	35.92	24.97	29.48	87.08	86.50	21.71	88.87	97.17	91.80	94.69	----	27.41
	12	Jun-2	7.36	83.99	64.28	57.94	73.21	74.00	75.32	80.73	60.34	81.49	14.41	23.14	83.42	----	72.76
	13	Jul-1	58.77	34.31	55.28	53.60	66.73	14.18	68.45	39.23	53.11	40.75	72.08	65.04	53.76	----	68.54
	14	Jul-2	54.73	54.78	49.53	48.30	43.40	50.33	38.23	57.39	40.76	54.05	70.56	58.26	61.28	----	60.98
	15	Ags-1	17.20	30.20	36.42	38.91	32.55	47.16	35.35	32.62	36.02	39.46	3.89	53.18	5.45	----	26.71
	16	Ags-2	37.70	33.81	32.42	35.26	36.92	38.40	38.67	33.51	30.45	37.88	47.62	46.28	42.58	----	39.39
	17	Sep-1	32.11	28.80	26.98	21.32	33.03	34.23	32.61	29.17	25.52	25.90	9.57	11.93	39.94	----	32.57
	18	Sep-2	26.86	24.41	19.97	13.74	29.11	26.20	22.48	23.52	20.12	21.51	27.87	17.10	35.21	----	30.11
	19	Okt-1	24.12	19.19	12.04	16.28	14.40	22.93	25.70	17.24	16.38	13.68	13.41	18.17	29.09	----	30.01
	20	Okt-2	13.37	12.14	8.33	11.11	11.25	20.19	15.73	12.57	8.28	5.99	4.44	13.64	14.45	----	27.94
	21	Nov-1	28.21	57.88	52.31	70.45	69.14	64.64	34.41	48.65	30.01	83.47	23.43	24.33	36.62	----	69.26
	22	Nov-2	10.34	52.75	48.54	32.93	20.02	30.73	10.13	19.43	10.21	35.85	41.23	39.92	35.34	----	61.78
	23	Des-1	53.71	43.00	62.71	65.21	50.02	81.13	36.01	58.78	63.63	63.81	5.81	39.75	53.25	----	52.46
	24	Des-2	53.46	86.00	79.66	78.04	33.89	85.59	41.89	47.26	53.23	82.95	68.37	79.43	49.99	----	73.11

Sumber: Perhitungan

Adapun Program Macro Visual Basic Excel untuk menentukan populasi *Rule Curve* sehingga mendapatkan angka-angka diatas adalah sebagai berikut:

Program Macro Visual Basic Excel
Sub B1_Crossover()
Calculate
With Worksheets("OP_Waduk_1")
.Range("P3").Value = 3
I_populasi = .Range("DW2").Value
I_cross = .Range("DW6").Value
.Range("EH3:AZJ5").ClearContents
.Range("EH9:AZJ9").ClearContents

```
.Range("EH12:AZJ35").ClearContents
```

```
For I_p = 1 To I_populasi
```

```
.Range("DW1").Value = I_p
```

```
Ada_Perbaikan = 0
```

```
.Calculate
```

```
Nilai_1 = .Range("DZ3").Value - .Range("DZ5").Value
```

```
Nilai_2 = .Range("EA3").Value - .Range("EA5").Value
```

```
If Nilai_1 < Nilai_2 Then
```

```
.Range("ED3:ED5").Value = .Range("DZ3:DZ5").Value
```

```
.Range("ED12:ED35").Value = .Range("DZ12:DZ35").Value
```

```
Else
```

```
.Range("ED3:ED5").Value = .Range("EA3:EA5").Value
```

```
.Range("ED12:ED35").Value = .Range("EA12:EA35").Value
```

```
End If
```

```
For I_c = 1 To I_cross
```

```
.Calculate
```

```
If .Range("EA8").Value = 0 Then
```

```
.Range("ED3:ED5").Value = .Range("EC3:EC5").Value
```

```
.Range("ED12:ED35").Value = .Range("EC12:EC35").Value
```

```
Ada_Perbaikan = 1
```

```
End If
```

```
Next I_c
```

```
.Range("EG3").Offset(0, I_p).Value = .Range("ED3").Value
```

```
.Range("EG4").Offset(0, I_p).Value = .Range("ED4").Value
```

```
.Range("EG5").Offset(0, I_p).Value = .Range("ED5").Value
```

```
.Range("EG9").Offset(0, I_p).Value = Ada_Perbaikan
```

```
For prd = 1 To 24 .Range("EG11").Offset(prd,I_p).Value =
```

```
.Range("ED11").Offset(prd, 0).Value
```

```
Next prd
```


Next I_p
End With
Calculate
End Sub

4.9.2. Proses Perbaikan Pada Algoritma Genetik

Proses perbaikan pada Optimasi Algoritma Genetik bertujuan untuk meningkatkan kualitas daripada generasi *rule curve*, yang ditandai dengan peningkatan nilai kinerja dari generasi *rule curve*. Proses perbaikan ini pada dasarnya adalah proses-proses *crossover* dan reproduksi yang dilaksanakan secara bergantian secara iteratif sehingga tercapai suatu populasi *rule curve* yang seragam (homogen) dengan kualitas yang dianggap terbaik.

Dari populasi *rule curve* pada tabel 4.24.dibawah ini yang didapat dari hasil kombinasi antar generasi *rule curve* yang berjumlah 16 pada proses *crossover* atau persilangan antar variabel tampungan waduk sehingga terbentuk populasi *rule curve* sejumlah 120.

Tabel 4.24. Populasi *Rule Curve* Sejumlah 120 Dari Hasil Kombinasi Antar Generasi *Rule Curve*

Tahun	No	Periode	Rule Curve												-----	120	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			13
			%														
2000	1	Jan-1	36.46	56.54	46.21	41.77	42.89	38.50	58.24	48.28	55.69	31.10	78.54	46.94	29.13	----	32.81
	2	Jan-2	57.96	60.29	69.97	38.08	25.65	65.43	40.14	77.70	61.95	50.83	33.66	80.47	59.46	----	62.43
	3	Feb-1	53.96	69.78	35.90	87.87	10.53	41.58	45.95	22.87	45.33	40.74	86.93	37.35	39.62	----	54.42
	4	Feb-2	28.13	42.97	38.70	22.05	32.00	37.13	21.39	59.00	37.69	24.67	64.89	31.24	79.02	----	29.21
	5	Mar-1	80.81	70.93	81.01	29.75	76.19	72.38	63.40	84.43	62.88	73.75	91.16	94.63	65.98	----	67.56
	6	Mar-2	28.03	32.73	21.28	11.03	9.72	13.40	19.73	51.65	8.20	22.78	91.53	37.88	16.98	----	26.64
	7	Apr-1	55.51	87.37	65.97	54.02	70.09	73.38	35.55	90.10	95.25	89.36	18.22	87.65	62.52	----	85.48
	8	Apr-2	18.39	47.44	69.78	47.29	11.17	48.91	51.64	47.55	87.90	44.39	81.43	36.49	48.71	----	68.75
	9	Mei-1	28.32	34.79	38.55	32.27	27.51	37.04	26.94	33.76	50.48	50.53	28.41	29.36	34.74	----	24.94
	10	Mei-2	43.35	47.04	73.99	41.85	46.94	25.06	74.05	32.88	58.15	25.34	48.07	69.83	38.65	----	50.96
	11	Jun-1	91.85	88.48	9.69	35.92	24.97	29.48	87.08	86.50	21.71	88.87	97.17	91.80	94.69	----	27.41
	12	Jun-2	7.36	83.99	64.28	57.94	73.21	74.00	75.32	80.73	60.34	81.49	14.41	23.14	83.42	----	72.76
	13	Jul-1	58.77	34.31	55.28	53.60	66.73	14.18	68.45	39.23	53.11	40.75	72.08	65.04	53.76	----	68.54
	14	Jul-2	54.73	54.78	49.53	48.30	43.40	50.33	38.23	57.39	40.76	54.05	70.56	58.26	61.28	----	60.98
	15	Ags-1	17.20	30.20	36.42	38.91	32.55	47.16	35.35	32.62	36.02	39.46	3.89	53.18	5.45	----	26.71
	16	Ags-2	37.70	33.81	32.42	35.26	36.92	38.40	38.67	33.51	30.45	37.88	47.62	46.28	42.58	----	39.39
	17	Sep-1	32.11	28.80	26.98	21.32	33.03	34.23	32.61	29.17	25.52	25.90	9.57	11.93	39.94	----	32.57
	18	Sep-2	26.86	24.41	19.97	13.74	29.11	26.20	22.48	23.52	20.12	21.51	27.87	17.10	35.21	----	30.11
	19	Okt-1	24.12	19.19	12.04	16.28	14.40	22.93	25.70	17.24	16.38	13.68	13.41	18.17	29.09	----	30.01
	20	Okt-2	13.37	12.14	8.33	11.11	11.25	20.19	15.73	12.57	8.28	5.99	4.44	13.64	14.45	----	27.94
	21	Nov-1	28.21	57.88	52.31	70.45	69.14	64.64	34.41	48.65	30.01	83.47	23.43	24.33	36.62	----	69.26
	22	Nov-2	10.34	52.75	48.54	32.93	20.02	30.73	10.13	19.43	10.21	35.85	41.23	39.92	35.34	----	61.78
	23	Des-1	53.71	43.00	62.71	65.21	50.02	81.13	36.01	58.78	63.63	63.81	5.81	39.75	53.25	----	52.46
	24	Des-2	53.46	86.00	79.66	78.04	33.89	85.59	41.89	47.26	53.23	82.95	68.37	79.43	49.99	----	73.11

Sumber: Perhitungan

Berikutnya adalah proses reproduksi yakni memilih 16 generasi *rule curve* terbaik dari 120 populasi *rule curve* pada tabel diatas berdasarkan *ranking* dari nilai kinerja daripada setiap generasi *rule curve* dalam populasi *rule curve* tersebut, maka ada prioritas bagi generasi *rule curve* hasil *crossover* yang ada perbaikannya (paling sedikit 1 kali). Berikut hasil perbaikan yang terpilih menjadi generasi *rule curve* berikutnya.

Tabel 4.25. Hasil Perbaikan Yang Terpilih Menjadi Generasi *Rule Curve* Berikutnya

Tahun	No	Periode	Rule Curve															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2000	1	Jan-1	46.21	36.46	55.69	31.10	46.94	56.54	48.28	41.77	33.47	38.50	42.89	58.24	29.13	32.81	78.54	33.47
	2	Jan-2	69.97	57.96	61.95	50.83	80.47	60.29	77.70	38.08	62.97	65.43	25.65	40.14	59.46	62.43	33.66	62.97
	3	Feb-1	35.90	53.96	45.33	40.74	37.35	69.78	22.87	87.87	69.59	41.58	10.53	45.95	39.62	54.42	86.93	69.59
	4	Feb-2	38.70	28.13	37.69	24.67	31.24	42.97	59.00	22.05	22.88	37.13	32.00	21.39	79.02	29.21	64.89	22.88
	5	Mar-1	81.01	80.81	62.88	73.75	94.63	70.93	84.43	29.75	81.91	72.38	76.19	63.40	65.98	67.56	91.16	81.91
	6	Mar-2	21.28	28.03	8.20	22.78	37.88	32.73	51.65	11.03	17.82	13.40	9.72	19.73	16.98	26.64	91.53	17.82
	7	Apr-1	65.97	55.51	95.25	89.36	87.65	87.37	90.10	54.02	68.00	73.38	70.09	35.55	62.52	85.48	18.22	68.00
	8	Apr-2	69.78	18.39	87.90	44.39	36.49	47.44	47.55	47.29	58.01	48.91	11.17	51.64	48.71	68.75	81.43	58.01
	9	Mei-1	38.55	28.32	50.48	50.53	29.36	34.79	33.76	32.27	26.20	37.04	27.51	26.94	34.74	24.94	28.41	26.20
	10	Mei-2	73.99	43.35	58.15	25.34	69.83	47.04	32.88	41.85	25.52	25.06	46.94	74.05	38.65	50.96	48.07	25.52
	11	Jun-1	9.69	91.85	21.71	88.87	91.80	88.48	86.50	35.92	31.02	29.48	24.97	87.08	94.69	27.41	97.17	31.02
	12	Jun-2	64.28	7.36	60.34	81.49	23.14	83.99	80.73	57.94	73.79	74.00	73.21	75.32	83.42	72.76	14.41	73.79
	13	Jul-1	55.28	58.77	53.11	40.75	65.04	34.31	39.23	53.60	53.13	14.18	66.73	68.45	53.76	68.54	72.08	53.13
	14	Jul-2	49.53	54.73	40.76	54.05	58.26	54.78	57.39	48.30	49.61	50.33	43.40	38.23	61.28	60.98	70.56	49.61
	15	Ags-1	36.42	17.20	36.02	39.46	53.18	30.20	32.62	38.91	45.40	47.16	32.55	35.35	5.45	26.71	3.89	45.40
	16	Ags-2	32.42	37.70	30.45	37.88	46.28	33.81	33.51	35.26	37.53	38.40	36.92	38.67	42.58	39.39	47.62	37.53
	17	Sep-1	26.98	32.11	25.52	25.90	11.93	28.80	29.17	21.32	33.00	34.23	33.03	32.61	39.94	32.57	9.57	33.00
	18	Sep-2	19.97	26.86	20.12	21.51	17.10	24.41	23.52	13.74	25.50	26.20	29.11	22.48	35.21	30.11	27.87	25.50
	19	Okt-1	12.04	24.12	16.38	13.68	18.17	19.19	17.24	16.28	20.75	22.93	14.40	25.70	29.09	30.01	13.41	20.75
	20	Okt-2	8.33	13.37	8.28	5.99	13.64	12.14	12.57	11.11	10.19	20.19	11.25	15.73	14.45	27.94	4.44	10.19
	21	Nov-1	52.31	28.21	30.01	83.47	24.33	57.88	48.65	70.45	12.87	64.64	69.14	34.41	36.62	69.26	23.43	12.87
	22	Nov-2	48.54	10.34	10.21	35.85	39.92	52.75	19.43	32.93	47.69	30.73	20.02	10.13	35.34	61.78	41.23	47.69
	23	Des-1	62.71	53.71	63.63	63.81	39.75	43.00	58.78	65.21	56.68	81.13	50.02	36.01	53.25	52.46	5.81	56.68
	24	Des-2	79.66	53.46	53.23	82.95	79.43	86.00	47.26	78.04	60.66	85.59	33.89	41.89	49.99	73.11	68.37	60.66

Sumber: Perhitungan

Terhadap 16 generasi *rule curve* ranking teratas lalu dilakukan *copy* untuk menghasilkan generasi turunan yang berikutnya. Adapun program Macro Visual Basic Excel untuk melakukan *copy* pada proses reproduksi ini adalah sebagai berikut:

Program Macro Visual Basic Excel
Sub C1_Copy()
Calculate
With Worksheets("OP_Waduk_1")
.Range("BU3:DR5").Value = .Range("AZN3:BBK5").Value
.Range("BU12:DR35").Value = .Range("AZN12:BBK35").Value

End With

Calculate

End Sub

Setelah dilakukan proses *copy* pada 16 generasi *rule curve* ranking teratas selanjutnya akan menjadi generasi awal yang jumlahnya sama saat proses inialisai generasi *rule curve* yang pertama yakni 16 generasi *rule curve* dengan nilai kinerja yang lebih baik. Pada kondisi ini keadaanya sudah homogen maka setiap generasi *rule curve* adalah identik satu sama lain jadi tidak terjadi persilangan lagi, hal ini terjadi karena semakin berlanjutnya iterasi, maka semakin jarang pula terjadi perbaikan dalam proses *crossover* antar generasi *rule curve*. Dalam kondisi populasi *rule curve* yang homogen ini, maka sudah tidak dimungkinkan lagi untuk melakukan perbaikan nilai kinerja. Secara umum maka generasi *rule curve* homogen dari optimasi Algoritma Genetik adalah sebagai berikut:

Tabel 4.26. Generasi *Rule Curve* Homogen Dari Hasil Optimasi Algoritma Genetik

Tahun	No	Periode	Rule Curve															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			(%)															
2000	1	Jan-1	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47	23.47
	2	Jan-2	50.52	50.52	50.52	50.52	50.52	50.52	50.52	50.52	50.52	50.52	50.52	50.52	50.52	50.52	50.52	50.52
	3	Feb-1	44.48	44.48	44.48	44.48	44.48	44.48	44.48	44.48	44.48	44.48	44.48	44.48	44.48	44.48	44.48	44.48
	4	Feb-2	47.60	47.60	47.60	47.60	47.60	47.60	47.60	47.60	47.60	47.60	47.60	47.60	47.60	47.60	47.60	47.60
	5	Mar-1	42.46	42.46	42.46	42.46	42.46	42.46	42.46	42.46	42.46	42.46	42.46	42.46	42.46	42.46	42.46	42.46
	6	Mar-2	77.01	77.01	77.01	77.01	77.01	77.01	77.01	77.01	77.01	77.01	77.01	77.01	77.01	77.01	77.01	77.01
	7	Apr-1	83.98	83.98	83.98	83.98	83.98	83.98	83.98	83.98	83.98	83.98	83.98	83.98	83.98	83.98	83.98	83.98
	8	Apr-2	32.71	32.71	32.71	32.71	32.71	32.71	32.71	32.71	32.71	32.71	32.71	32.71	32.71	32.71	32.71	32.71
	9	Mei-1	45.80	45.80	45.80	45.80	45.80	45.80	45.80	45.80	45.80	45.80	45.80	45.80	45.80	45.80	45.80	45.80
	10	Mei-2	55.06	55.06	55.06	55.06	55.06	55.06	55.06	55.06	55.06	55.06	55.06	55.06	55.06	55.06	55.06	55.06
	11	Jun-1	83.30	83.30	83.30	83.30	83.30	83.30	83.30	83.30	83.30	83.30	83.30	83.30	83.30	83.30	83.30	83.30
	12	Jun-2	70.60	70.60	70.60	70.60	70.60	70.60	70.60	70.60	70.60	70.60	70.60	70.60	70.60	70.60	70.60	70.60
	13	Jul-1	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00
	14	Jul-2	50.37	50.37	50.37	50.37	50.37	50.37	50.37	50.37	50.37	50.37	50.37	50.37	50.37	50.37	50.37	50.37
	15	Ags-1	42.37	42.37	42.37	42.37	42.37	42.37	42.37	42.37	42.37	42.37	42.37	42.37	42.37	42.37	42.37	42.37
	16	Ags-2	33.01	33.01	33.01	33.01	33.01	33.01	33.01	33.01	33.01	33.01	33.01	33.01	33.01	33.01	33.01	33.01
	17	Sep-1	22.48	22.48	22.48	22.48	22.48	22.48	22.48	22.48	22.48	22.48	22.48	22.48	22.48	22.48	22.48	22.48
	18	Sep-2	11.70	11.70	11.70	11.70	11.70	11.70	11.70	11.70	11.70	11.70	11.70	11.70	11.70	11.70	11.70	11.70
	19	Okt-1	8.46	8.46	8.46	8.46	8.46	8.46	8.46	8.46	8.46	8.46	8.46	8.46	8.46	8.46	8.46	8.46
	20	Okt-2	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13
	21	Nov-1	36.93	36.93	36.93	36.93	36.93	36.93	36.93	36.93	36.93	36.93	36.93	36.93	36.93	36.93	36.93	36.93
	22	Nov-2	39.59	39.59	39.59	39.59	39.59	39.59	39.59	39.59	39.59	39.59	39.59	39.59	39.59	39.59	39.59	39.59
	23	Des-1	67.14	67.14	67.14	67.14	67.14	67.14	67.14	67.14	67.14	67.14	67.14	67.14	67.14	67.14	67.14	67.14
	24	Des-2	70.12	70.12	70.12	70.12	70.12	70.12	70.12	70.12	70.12	70.12	70.12	70.12	70.12	70.12	70.12	70.12

Sumber: Perhitungan

4.10. Tipikal *Rule Curve* Dari Waduk Pengga Berdasarkan Skenario Pola Debit Inflow

Tipikal *rule curve* dari waduk Pengga berdasarkan skenario pola debit inflow dibagi dalam tiga kelompok yaitu tahun basah, normal dan kering.

4.10.1. Tipikal *Rule Curve* Skenario Tahun Basah

Tipikal *rule curve* tahun basah merupakan debit rerata tahunan dari debit rerata bulanan yang merupakan akumulasi dari tahun 2000 sampai 2010 yang masuk dalam kelompok skenario pola debit inflow tahun basah. Sedangkan *rule curve* pada pengelompokkan debit inflow tahun basah terjadi di tahun 2000, 2010 dan 2003, maka pada pembahasan ini *rule curve* untuk tahun basah diwakili tahun 2000 seperti pada tabel 4.27. dan gambar 4.11. dibawah ini.

Tabel 4.27. Lepas Berdasarkan *Rule Curve* Tahun Basah

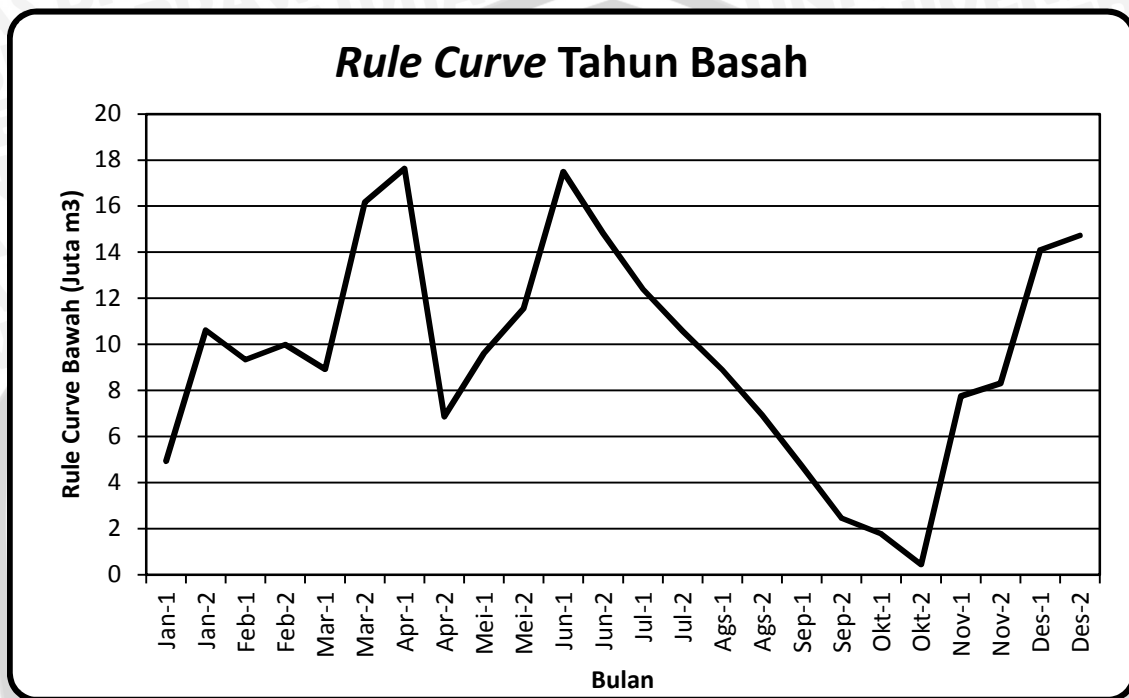
Tahun	No	Periode	Rule Curve Bawah Pada	
			Akhir Periode	
			%	juta m ³
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
2000	1	1-Jan	23.474	4.930
	2	2-Jan	50.524	10.610
	3	1-Feb	44.477	9.340
	4	2-Feb	47.603	9.997
	5	1-Mar	42.463	8.917
	6	2-Mar	77.009	16.172
	7	1-Apr	83.977	17.635
	8	2-Apr	32.711	6.869
	9	Mei-1	45.800	9.618
	10	Mei-2	55.060	11.563
	11	1-Jun	83.299	17.493
	12	2-Jun	70.599	14.826
	13	1-Jul	59.003	12.391
	14	2-Jul	50.370	10.578
	15	Ags-1	42.372	8.898
	16	Ags-2	33.007	6.931
	17	1-Sep	22.478	4.720
	18	2-Sep	11.704	2.458
	19	Okt-1	8.458	1.776
	20	Okt-2	2.125	0.446
	21	1-Nov	36.928	7.755
	22	2-Nov	39.594	8.315
	23	Des-1	67.142	14.100
	24	Des-2	70.119	14.725

Sumber: Perhitungan

Contoh Perhitungan pada bulan januari periode I:

$$\begin{aligned}
 [5] &= ([4] \times \text{kapasitas tampungan aktif}) / 100 \\
 &= (23,474 \times 21,000) / 100 \\
 &= 4,930 \text{ juta m}^3
 \end{aligned}$$

Dalam bentuk grafik, maka *rule curve* tahun basah adalah sebagai berikut.



Gambar 4.11. *Rule Curve* Tahun Basah

Sumber: Perhitungan

Dengan menggunakan pedoman lepasan waduk mengikuti *rule curve* berdasarkan tahun basah ini menghasilkan kinerja sebagai berikut:

- Rerata pemenuhan kebutuhan irigasi = 82,80%
- Jumlah pemenuhan kebutuhan irigasi yang kurang = 0
- Pemenuhan kebutuhan irigasi minimum = 55,45%

Untuk Perhitungan Simulasi Operasi Waduk Pengga Menurut *Rule Curve* Tahun Basah tahun 2000 disajikan di tabel 4.28.

Tabel 4.28. Simulasi Operasi Waduk Pengga Menurut *Rule Curve* Tahun Basah Tahun 2000

Kapasitas Tamp. Aktif 21
Kapasitas Tamp. Mati 6

Tahun Awal 2000
Detik per hari 86400

Mode Optimasi 3 [1] Acak 0-100%
Kisaran acak 10 [2] Hasil Optimal
n iterasi 1000 [3] Crossover
iterasi 604 [4] Rekalkulasi Tabel Populasi
[5] Rekalkulasi Tabel Generasi

Limit 400
Under 0 0
n=0 0
Min. 10.15
Ave. 66.94 117 n

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m ³ /dt]	KEBUTUHAN IRIGASI [m ³ /dt]	INFLOW [juta m ³]	EVAPORASI			RULE CURVE				Cek kurva bawah [0/I]	Cek kurva atas [0/I]	Cek pasokan cukup [0/I]	Cek tamp. mati [0/I]	Tampungan Aktif Waduk [juta m ³]		OUTFLOW PASOKAN IRIGASI			Di bawah Nol [juta m ³]	Volume Spillout [juta m ³]	
							KEBUTUHAN IRIGASI [juta m ³]	Luas MAW awal [km ²]	Tinggi evaporasi [mm/hari]	Volume kehilangan [juta m ³]	% tamp.aktif [juta m ³]							Awal periode	Akhir periode	Volume [juta m ³]	Persen [%]	Defisit [0/I]			
											Atas	Bawah	Atas												Bawah
2000	1	Jan-1	15	9.700	3.805	12.571	4.932	3.330	4.595	0.230	100.000	23.474	21.000	4.930	0.000	1.000	0.000	0.000	10.500	17.910	4.932	100.000	0.000	0.000	0.000
	2	Jan-2	16	19.941	2.829	27.566	3.911	4.530	4.621	0.335	100.000	50.524	21.000	10.610	0.000	0.000	0.000	0.000	17.910	21.000	3.911	100.000	0.000	0.000	20.231
	3	Feb-1	15	11.131	2.628	14.426	3.406	5.010	4.846	0.364	100.000	44.477	21.000	9.340	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	3.406	100.000	0.000	0.000	10.656
	4	Feb-2	14	5.845	2.605	7.071	3.151	5.010	4.984	0.350	100.000	47.603	21.000	9.997	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	3.151	100.000	0.000	0.000	3.570
	5	Mar-1	15	8.315	0.798	10.777	1.035	5.010	4.513	0.339	100.000	42.463	21.000	8.917	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	1.035	100.000	0.000	0.000	9.403
	6	Mar-2	16	20.676	0.760	28.583	1.051	5.010	4.668	0.374	100.000	77.009	21.000	16.172	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	1.051	100.000	0.000	0.000	27.158
	7	Apr-1	15	23.301	4.128	30.199	5.350	5.010	4.349	0.327	100.000	83.977	21.000	17.635	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	5.350	100.000	0.000	0.000	24.522
	8	Apr-2	15	16.715	4.968	21.662	6.439	5.010	4.504	0.338	100.000	32.711	21.000	6.869	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	6.439	100.000	0.000	0.000	14.885
	9	Mei-1	15	3.105	3.729	4.025	4.833	5.010	4.053	0.305	100.000	45.800	21.000	9.618	0.000	1.000	0.000	0.000	21.000	19.887	4.833	100.000	0.000	0.000	0.000
	10	Mei-2	16	2.813	1.356	3.889	1.875	4.830	3.884	0.300	100.000	55.060	21.000	11.563	0.000	0.000	0.000	0.000	19.887	21.000	1.875	100.000	0.000	0.000	0.601
	11	Jun-1	15	0.270	3.644	0.350	4.723	5.010	3.493	0.262	100.000	83.299	21.000	17.493	0.000	1.000	1.000	0.000	21.000	17.493	3.595	76.120	1.000	0.000	0.000
	12	Jun-2	15	0.108	3.539	0.140	4.586	4.460	3.584	0.240	100.000	70.599	21.000	14.826	0.000	1.000	1.000	0.000	17.493	14.826	2.567	55.980	1.000	0.000	0.000
	13	Jul-1	15	0.043	3.082	0.056	3.994	4.040	3.951	0.239	100.000	59.003	21.000	12.391	0.000	1.000	1.000	0.000	14.826	12.391	2.252	56.380	1.000	0.000	0.000
	14	Jul-2	16	0.016	1.981	0.022	2.738	3.640	4.082	0.238	100.000	50.370	21.000	10.578	0.000	1.000	1.000	0.000	12.391	10.578	1.598	58.350	1.000	0.000	0.000
	15	Ags-1	15	0.007	1.789	0.009	2.318	3.330	4.557	0.228	100.000	42.372	21.000	8.898	0.000	1.000	1.000	0.000	10.578	8.898	1.461	63.030	1.000	0.000	0.000
	16	Ags-2	16	0.003	2.269	0.004	3.137	3.050	4.726	0.231	100.000	33.007	21.000	6.931	0.000	1.000	1.000	0.000	8.898	6.931	1.740	55.460	1.000	0.000	0.000
	17	Sep-1	15	0.001	2.764	0.001	3.582	2.710	5.575	0.227	100.000	22.478	21.000	4.720	0.000	1.000	1.000	0.000	6.931	4.720	1.986	55.450	1.000	0.000	0.000
	18	Sep-2	15	0.000	2.872	0.001	3.722	2.310	5.755	0.199	100.000	11.704	21.000	2.458	0.000	1.000	1.000	0.000	4.720	2.458	2.064	55.450	1.000	0.000	0.000
	19	Okt-1	15	1.025	2.563	1.328	3.322	1.880	5.961	0.168	100.000	8.458	21.000	1.776	0.000	1.000	1.000	0.000	2.458	1.776	1.842	55.450	1.000	0.000	0.000
	20	Okt-2	16	0.153	1.789	0.212	2.473	1.760	6.035	0.170	100.000	2.125	21.000	0.446	0.000	1.000	1.000	0.000	1.776	0.446	1.372	55.460	1.000	0.000	0.000
	21	Nov-1	15	47.087	0.911	61.025	1.180	1.500	5.935	0.134	100.000	36.928	21.000	7.755	0.000	0.000	0.000	0.000	0.446	21.000	1.180	100.000	0.000	0.000	39.157
	22	Nov-2	15	148.177	1.430	192.037	1.854	5.010	5.426	0.408	100.000	39.594	21.000	8.315	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	1.854	100.000	0.000	0.000	189.776
	23	Des-1	15	33.837	4.968	43.853	6.439	5.010	4.945	0.372	100.000	67.142	21.000	14.100	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	6.439	100.000	0.000	0.000	37.043
	24	Des-2	16	1.165	0.328	1.610	0.454	5.010	4.914	0.394	100.000	70.119	21.000	14.725	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	0.454	100.000	0.000	0.000	0.762

Sumber: Perhitungan

Keterangan:

- [1] Tahun [6] Data Kebutuhan Irigasi [11] $([4] \times [9] \times [10]) / 1000$ [16] Jika $[7] + [20] - [11] - [15] > 0$ [21] $[7] + [20] - [8] - [11] >$ Kapasitas Tamp. Aktif maka Spill out
- [2] No [7] $([5] \times [4] \times 86400) / 1000000$ [12] Asumsi Tampungan Maksimal 100% [17] Maka 0, kalau tidak 1 [22] $[7] + [20] - [8] - [11] <$ Kapasitas Tamp. Aktif maka tidak ada Spill out
- [3] Periode [8] $([6] \times [4] \times 86400) / 1000000$ [13] Dipilih dari (Bilacak, hasil optimal, crossover, rekalkulasi tabel populasi dan rekalkulasi tabel generasi [23] Maka 0, kalau tidak 1 [22] $[22] / [8] \times 100$
- [4] Banyak Hari [9] Data Luas MAW Awal [14] $[12] \times$ Kapasitas Tamp. Aktif / 100 [18] Jika [16] tidak sama dengan 0 maka 1, kemudian Jika $[7] + [20] - [11] - [15] < [8]$ [24] Maka 0, kalau tidak 1
- [5] Data Inflow [10] Data Tinggi Evaporasi [15] $[13] \times$ Kapasitas Tamp. Aktif / 100 [19] Maka 0, kalau tidak 1 [25] Jika [16] = 0
- [26] Jika $[7] + [20] - [11] < 0$ Maka 0, kalau tidak $[7] + [20] - [11] - [15]$
- [27] Jika $[21] <$ Kapasitas Tamp. Aktif Maka 0, kalau tidak $[7] + [20] - [11] - [21] - [22]$

4.10.1.1. Intensitas Tanam Rule Curve Tahun Basah

Untuk menghitung intensitas tanamnya dilihat dari luas areal yang ditanam setiap musim tanam, dari analisis pola tanam dan jadwal tanam serta luas tanam dapat dianalisis intensitas tanam untuk setiap golongan. Pada analisa ini intensitas tanam tidak bisa terpenuhi 300% dan hanya bisa terpenuhi 260% karena terdapat kekurangan di masing-masing musim tanam Untuk lebih jelasnya berikut luas tanam dan intensitasnya dengan sistem tanpa golongan DI Pengga berdasarkan pola tata tanam eksisting yang disajikan pada tabel 4.29.

Tabel 4.29. Sistem Tanpa Golongan Kebutuhan Air DI Pengga Berdasarkan Pola Tata Tanam Eksisting Rule Curve Tahun Basah Tahun 2000.

Uraian	Nopember		Desember		Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
PTT (Eksisting)																									
Luas Daerah Irigasi																									
Tanpa Golongan	ha	2404	2404	3005	3005	3005	3005	3005	3005	3005	3005	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404
Total	ha	2404	2404	3005	3005	3005	3005	3005	3005	3005	3005	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404
Kebutuhan Air Total																									
Sebelum waduk Dioperasikan	juta m3	1.18	1.85	6.44	0.45	4.93	3.91	3.41	3.15	1.03	1.05	5.35	6.44	4.83	1.87	4.72	4.59	3.99	2.74	2.32	3.14	3.58	3.72	3.32	2.47
Setelah waduk Dioperasikan	juta m3	1.18	1.85	6.44	0.45	4.93	3.91	3.41	3.15	1.03	1.05	5.35	6.44	4.83	1.87	3.59	2.57	2.25	1.60	1.46	1.74	1.99	2.06	1.84	1.37

Musim Tanam	Luasan [%]
I	100
II	80
III	80
IV	260%

kebutuhan irigasi < 100%
 kebutuhan irigasi 100%

Sumber: Perhitungan

4.10.1.2. Rerata Pemenuhan Kebutuhan Irigasi Tiap Musim Tanam Pada *Rule Curve* Tahun Basah Tahun 2000

Tabel 4.30. Rerata Pemenuhan Kebutuhan Irigasi Tiap Musim Tanam Pada *Rule Curve* Tahun Basah Tahun 2000

Bulan	Pemenuhan Kebutuhan Irigasi	Keterangan	Rerata Per Musim Tanam	
	(%)		(%)	
Jan-1	100			
Jan-2	100			
Feb-1	100			
Feb-2	100			
Mar-1	100			
Mar-2	100	PL	80.85	MT2
Apr-1	100			
Apr-2	100			
Mei-1	100			
Mei-2	100			
Jun-1	76.12			
Jun-2	55.98			
Jul-1	56.38			
Jul-2	58.35			
Ags-1	63.03		67.54	MT3
Ags-2	55.46			
Sep-1	55.45			
Sep-2	55.45			
Okt-1	55.45			
Okt-2	55.46			
Nov-1	100	PL	100	MT1
Nov-2	100			
Des-1	100			
Des-2	100			

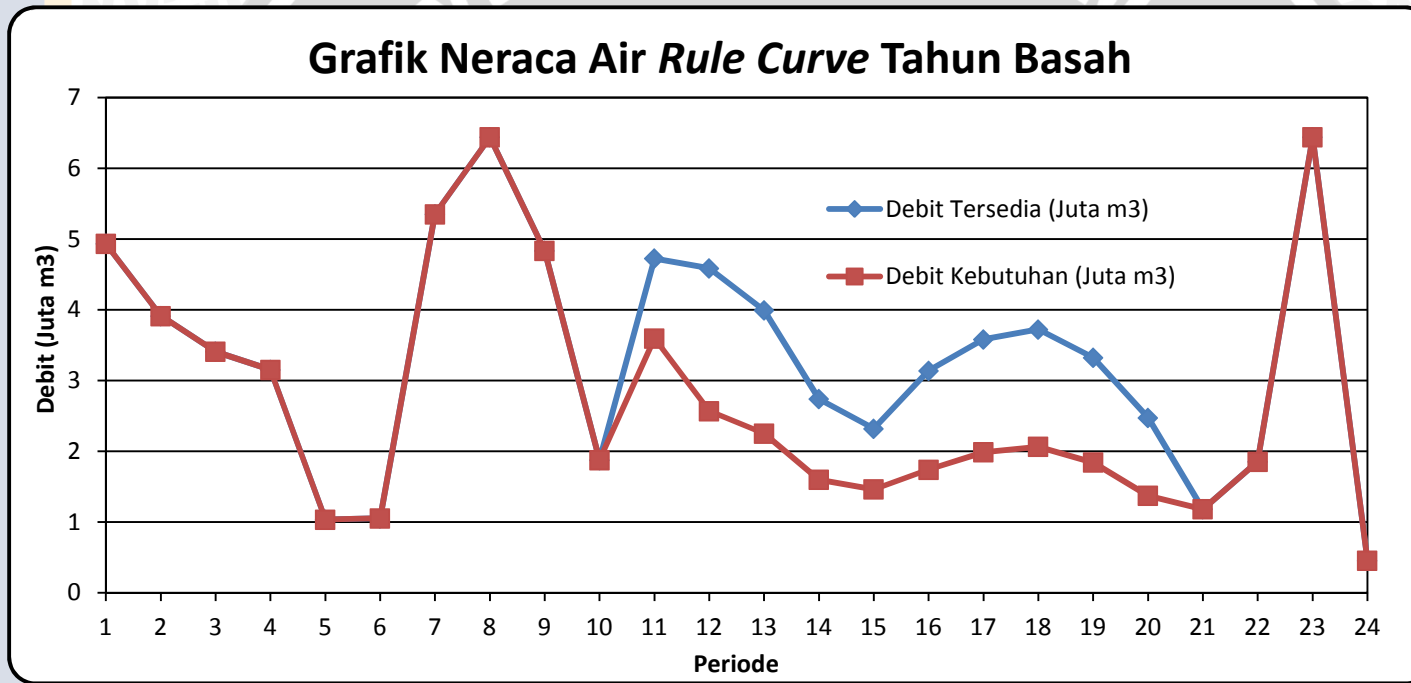
Sumber: Perhitungan

4.10.1.3. Kebutuhan Air Irigasi Pada *Rule Curve* Tahun Basah

Tabel 4.31. Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi Pada *Rule Curve* Tahun Basah Tahun 2000

Keterangan	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agus		Sept		Okt		Nov		Des	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Debit Tersedia (Juta m3)	4.932	3.911	3.406	3.151	1.035	1.051	5.350	6.439	4.833	1.875	4.723	4.586	3.994	2.738	2.318	3.137	3.582	3.722	3.322	2.473	1.180	1.854	6.439	0.454
Debit Kebutuhan (Juta m3)	4.932	3.911	3.406	3.151	1.035	1.051	5.350	6.439	4.833	1.875	3.595	2.567	2.252	1.598	1.461	1.740	1.986	2.064	1.842	1.372	1.180	1.854	6.439	0.454

Sumber: Perhitungan



Gambar 4.12. Grafik Neraca Air *Rule Curve* Tahun Basah

Sumber: Perhitungan

4.10.2. Tipikal *Rule Curve* Skenario Tahun Normal

Tipikal *rule curve* tahun normal merupakan debit rerata tahunan dari debit rerata bulanan yang merupakan akumulasi dari tahun 2000 sampai 2010 yang masuk dalam kelompok skenario pola debit inflow tahun normal. Sedangkan *rule curve* pada pengelompokkan debit inflow tahun normal terjadi di tahun 2002, 2009, 2006, 2001, 2008, maka pada pembahasan ini *rule curve* untuk tahun normal diwakili tahun 2002 seperti pada tabel 4.32. dan gambar 4.13. dibawah ini.

Tabel 4.32. Lepas Berdasarkan *Rule Curve* Tahun Normal

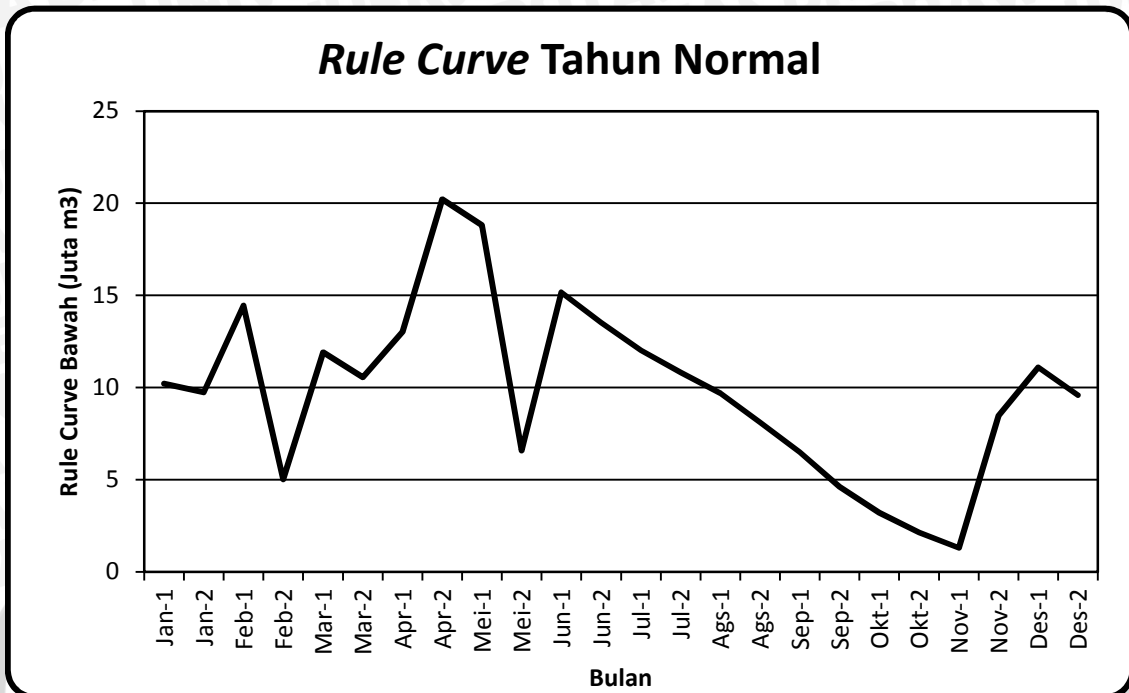
Tahun	No	Periode	Rule Curve Bawah Pada Akhir Periode	
			%	juta m ³
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
2002	1	1-Jan	48.600	10.206
	2	2-Jan	46.439	9.752
	3	1-Feb	68.835	14.455
	4	2-Feb	23.873	5.013
	5	1-Mar	56.714	11.910
	6	2-Mar	50.288	10.561
	7	1-Apr	61.998	13.020
	8	2-Apr	96.255	20.214
	9	Mei-1	89.589	18.814
	10	Mei-2	31.387	6.591
	11	1-Jun	72.224	15.167
	12	2-Jun	64.408	13.526
	13	1-Jul	57.232	12.019
	14	2-Jul	51.573	10.830
	15	Ags-1	46.174	9.697
	16	Ags-2	38.611	8.108
	17	1-Sep	30.918	6.493
	18	2-Sep	22.033	4.627
	19	Okt-1	15.334	3.220
	20	Okt-2	10.169	2.136
	21	1-Nov	6.236	1.310
	22	2-Nov	40.331	8.469
	23	Des-1	52.879	11.105
	24	Des-2	45.660	9.589

Sumber: Perhitungan

Contoh Perhitungan pada bulan januari periode I:

$$\begin{aligned}
 [5] &= ([4] \times \text{kapasitas tampungan aktif}) / 100 \\
 &= (48,600 \times 21,000) / 100 \\
 &= 10,206 \text{ juta m}^3
 \end{aligned}$$

Dalam bentuk grafik, maka *rule curve* tahun normal adalah sebagai berikut.



Gambar 4.13. *Rule Curve* Tahun Normal
 Sumber: Perhitungan

Dengan menggunakan pedoman lepasan waduk mengikuti *rule curve* berdasarkan tahun normal ini menghasilkan kinerja sebagai berikut:

- Rerata pemenuhan kebutuhan irigasi = 65,89%
- Jumlah pemenuhan kebutuhan irigasi yang kurang = 0
- Pemenuhan kebutuhan irigasi minimum = 31,55%

Untuk Perhitungan Simulasi Operasi Waduk Pengga Menurut *Rule Curve* Tahun Normal disajikan di tabel 4.33.

Tabel 4.33. Simulasi Operasi Waduk Pengga Menurut *Rule Curve* Tahun Normal Tahun 2002

Kapasitas Tamp. Aktif 21
 Kapasitas Tamp. Mati 6

Tahun Awal 2000
 Detik per hari 86400

Mode Optimasi 3 [1] Acak 0-100%
 Kisaran acak 10 [2] Hasil Optimal
 n iterasi 1000 [3] Crossover
 iterasi 604 [4] Rekalkulasi Tabel Populasi
 [5] Rekalkulasi Tabel Generasi

Limit 400
 Under 0 0
 n=0 0
 Min. 10.15
 Ave. 66.94 117 n

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m ³ /dt]	KEBUTUHAN IRIGASI [m ³ /dt]	INFLOW [juta m ³]	EVAPORASI			VOLUME [juta m ³]	RULE CURVE				Cek kurva bawah	Cek kurva atas	Cek pasokan cukup	Cek tamp. mati	Tampungan Aktif Waduk [juta m ³]		OUTFLOW PASOKAN IRIGASI			Di bawah Nol [juta m ³]	Volume Spillover [juta m ³]	
							KEBUTUHAN IRIGASI [juta m ³]	Luas MAW awal [km ²]	Tinggi evaporasi [mm/hari]		kehilangan [juta m ³]	% tamp.aktif [juta m ³]							Awal periode	Akhir periode	Volume [juta m ³]	Persen [%]	Defisit [juta m ³]			
												Atas	Bawah	Atas												Bawah
2002	1	Jan-1	15	1.713	3.805	2.220	4.932	5.010	4.595	0.345	100.000	48.600	21.000	10.206	0.000	1.000	0.000	0.000	21.000	17.943	4.932	100.000	0.000	0.000	0.000	
	2	Jan-2	16	20.432	2.829	28.245	3.911	4.540	4.621	0.336	100.000	46.439	21.000	9.752	0.000	0.000	0.000	0.000	17.943	21.000	3.911	100.000	0.000	0.000	20.941	
	3	Feb-1	15	35.450	2.628	45.943	3.406	5.010	4.846	0.364	100.000	68.835	21.000	14.455	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	3.406	100.000	0.000	0.000	42.173	
	4	Feb-2	13	18.150	2.605	20.386	2.926	5.010	4.984	0.325	100.000	23.873	21.000	5.013	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	2.926	100.000	0.000	0.000	17.135	
	5	Mar-1	15	6.622	0.798	8.582	1.035	5.010	4.513	0.339	100.000	56.714	21.000	11.910	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	1.035	100.000	0.000	0.000	7.208	
	6	Mar-2	16	2.166	0.760	2.995	1.051	5.010	4.668	0.374	100.000	50.288	21.000	10.561	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	1.051	100.000	0.000	0.000	1.569	
	7	Apr-1	15	9.059	4.128	11.740	5.350	5.010	4.349	0.327	100.000	61.998	21.000	13.020	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	5.350	100.000	0.000	0.000	6.063	
	8	Apr-2	15	1.222	4.968	1.584	6.439	5.010	4.504	0.338	100.000	96.255	21.000	20.214	0.000	1.000	1.000	0.000	21.000	20.214	2.032	31.560	1.000	0.000	0.000	
	9	Mei-1	15	0.326	3.729	4.833	4.890	4.833	4.890	0.453	0.297	100.000	89.589	21.000	18.814	0.000	1.000	1.000	0.000	20.214	18.814	1.525	31.550	1.000	0.000	0.000
	10	Mei-2	16	0.122	1.356	0.169	1.875	4.670	3.884	0.290	100.000	31.387	21.000	6.591	0.000	1.000	0.000	0.000	18.814	16.818	1.875	100.000	0.000	0.000	0.000	
	11	Jun-1	15	0.052	3.644	0.068	4.723	4.360	3.493	0.228	100.000	72.224	21.000	15.167	0.000	1.000	1.000	0.000	16.818	15.167	1.490	31.550	1.000	0.000	0.000	
	12	Jun-2	15	0.021	3.539	0.027	4.586	4.090	3.584	0.220	100.000	64.408	21.000	13.526	0.000	1.000	1.000	0.000	15.167	13.526	1.448	31.590	1.000	0.000	0.000	
	13	Jul-1	15	0.008	3.082	0.011	3.994	3.830	3.951	0.227	100.000	57.232	21.000	12.019	0.000	1.000	1.000	0.000	13.526	12.019	1.291	32.320	1.000	0.000	0.000	
	14	Jul-2	16	0.003	1.981	0.004	2.738	3.580	4.082	0.234	100.000	51.573	21.000	10.830	0.000	1.000	1.000	0.000	12.019	10.830	0.959	35.020	1.000	0.000	0.000	
	15	Ags-1	15	0.001	1.789	0.002	2.318	3.380	4.557	0.231	100.000	46.174	21.000	9.697	0.000	1.000	1.000	0.000	10.830	9.697	0.905	39.020	1.000	0.000	0.000	
	16	Ags-2	16	0.001	2.269	0.001	3.137	3.190	4.726	0.241	100.000	38.611	21.000	8.108	0.000	1.000	1.000	0.000	9.697	8.108	1.348	42.970	1.000	0.000	0.000	
	17	Sep-1	15	0.000	2.764	0.000	3.582	2.910	5.575	0.243	100.000	30.918	21.000	6.493	0.000	1.000	1.000	0.000	8.108	6.493	1.372	38.320	1.000	0.000	0.000	
	18	Sep-2	15	0.000	2.872	0.000	3.722	2.630	5.755	0.227	100.000	22.033	21.000	4.627	0.000	1.000	1.000	0.000	6.493	4.627	1.639	44.030	1.000	0.000	0.000	
	19	Okt-1	15	0.000	2.563	0.000	3.322	2.290	5.961	0.205	100.000	15.334	21.000	3.220	0.000	1.000	1.000	0.000	4.627	3.220	1.202	36.180	1.000	0.000	0.000	
	20	Okt-2	16	0.000	1.789	0.000	2.473	2.030	6.035	0.196	100.000	10.169	21.000	2.136	0.000	1.000	1.000	0.000	3.220	2.136	0.889	35.920	1.000	0.000	0.000	
	21	Nov-1	15	0.000	0.911	0.000	1.180	1.830	5.935	0.163	100.000	6.236	21.000	1.310	0.000	1.000	1.000	0.000	2.136	1.310	0.663	56.180	1.000	0.000	0.000	
	22	Nov-2	15	9.230	1.430	11.962	1.854	1.660	5.426	0.135	100.000	40.331	21.000	8.469	0.000	1.000	0.000	0.000	1.310	11.282	1.854	100.000	0.000	0.000	0.000	
	23	Des-1	15	24.800	4.968	32.141	6.439	3.450	4.945	0.256	100.000	52.879	21.000	11.105	0.000	0.000	0.000	0.000	11.282	21.000	6.439	100.000	0.000	0.000	15.729	
	24	Des-2	16	13.719	0.328	18.965	0.454	5.010	4.914	0.394	100.000	45.660	21.000	9.589	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	0.454	100.000	0.000	0.000	18.117	

Sumber: Perhitungan

Keterangan:

- [1] Tahun [6] Data Kebutuhan Irigasi [11] $([4] \times [9] \times [10]) / 1000$ [16] Jika $[7] + [20] - [11] - [15] > 0$ [21] $[7] + [20] - [8] - [11] > \text{Kapasitas Tamp. Aktif}$ maka Spill out
- [2] No [7] $([5] \times [4] \times 86400) / 1000000$ [12] Asumsi Tampungan Maksimal 100% [17] Maka 0, kalau tidak 1 [22] $[7] + [20] - [8] - [11] < \text{Kapasitas Tamp. Aktif}$ maka tidak ada Spill out
- [3] Periode [8] $([6] \times [4] \times 86400) / 1000000$ [13] Dipilih dari (Bil.acak, hasil optimal, crossover, rekalkulasi tabel populasi dan rekalkulasi tabel generasi) [18] Maka 0, kalau tidak 1 [23] $[22] / [8] \times 100$
- [4] Banyak Hari [9] Data Luas MAW Awal [14] $[12] \times \text{Kapasitas Tamp. Aktif} / 100$ [19] Jika [16] tidak sama dengan 0 maka 1, kemudian Jika $[7] + [20] - [11] - [15] < [8]$ [24] Jika $[23] = 100$ Maka 0, kalau tidak 1
- [5] Data Inflow [10] Data Tinggi Evaporasi [15] $[13] \times \text{Kapasitas Tamp. Aktif} / 100$ [20] Maka 0, kalau tidak 1 [25] Jika $[16] = 0$ Maka 0, kalau tidak $[7] + [20] - [11] - [15]$
- [26] Jika $[21] < \text{Kapasitas Tamp. Aktif}$ Maka 0, kalau tidak $[7] + [20] - [11] - [21] - [22]$

4.10.2.1. Intensitas Tanam Rule Curve Tahun Normal

Untuk menghitung intensitas tanamnya dilihat dari luas areal yang ditanam setiap musim tanam, dari analisis pola tanam dan jadwal tanam serta luas tanam dapat dianalisis intensitas tanam untuk setiap golongan. Pada analisa ini intensitas tanam tidak bisa terpenuhi 300% dan hanya bisa terpenuhi 260% karena terdapat kekurangan di masing-masing musim tanam Untuk lebih jelasnya berikut luas tanam dan intensitasnya dengan sistem tanpa golongan DI Pengga berdasarkan pola tata tanam eksisting yang disajikan pada tabel 4.34.

Tabel 4.34. Sistem Tanpa Golongan Kebutuhan Air DI Pengga Berdasarkan Pola Tata Tanam Eksisting Rule Curve Tahun Normal Tahun 2002

Uraian	Nopember		Desember		Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
	56.18%																								
PTT (Eksisting)																									
Luas Daerah Irigasi																									
Tanpa Golongan	ha	2404	2404	3005	3005	3005	3005	3005	3005	3005	3005	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404
Total	ha	2404	2404	3005	3005	3005	3005	3005	3005	3005	3005	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404
Kebutuhan Air Total																									
Sebelum waduk Dioperasikan	juta m3	1.18	1.85	6.44	0.45	4.93	3.91	3.41	2.93	1.03	1.05	5.35	6.44	4.83	1.87	4.72	4.59	3.99	2.74	2.32	3.14	3.58	3.72	3.32	2.47
Setelah waduk Dioperasikan	juta m3	0.66	1.85	6.44	0.45	4.93	3.91	3.41	2.93	1.03	1.05	5.35	2.03	1.52	1.87	1.49	1.45	1.29	0.96	0.90	1.35	1.37	1.64	1.20	0.89

Musim Tanam	Luasan [%]
I	100
II	80
III	80
IT	260%

kebutuhan irigasi < 100%
 kebutuhan irigasi 100%

Sumber: Perhitungan

4.10.2.2. Rerata Pemenuhan Kebutuhan Irigasi Tiap Musim Tanam Pada *Rule Curve* Tahun Normal Tahun 2002

Tabel 4.35. Rerata Pemenuhan Kebutuhan Irigasi Tiap Musim Tanam Pada *Rule Curve* Tahun Normal Tahun 2002

Bulan	Pemenuhan Kebutuhan Irigasi	Keterangan	Rerata Per Musim Tanam	
	(%)		(%)	
Jan-1	100			
Jan-2	100			
Feb-1	100			
Feb-2	100			
Mar-1	100			
Mar-2	100	PL	49.20	MT2
Apr-1	100			
Apr-2	31.56			
Mei-1	31.55			
Mei-2	100			
Jun-1	31.55			
Jun-2	31.59			
Jul-1	32.32			
Jul-2	35.02			
Ags-1	39.02		49.08	MT3
Ags-2	42.97			
Sep-1	38.32			
Sep-2	44.03			
Okt-1	36.18			
Okt-2	35.92			
Nov-1	56.18	PL	100.00	MT1
Nov-2	100			
Des-1	100			
Des-2	100			

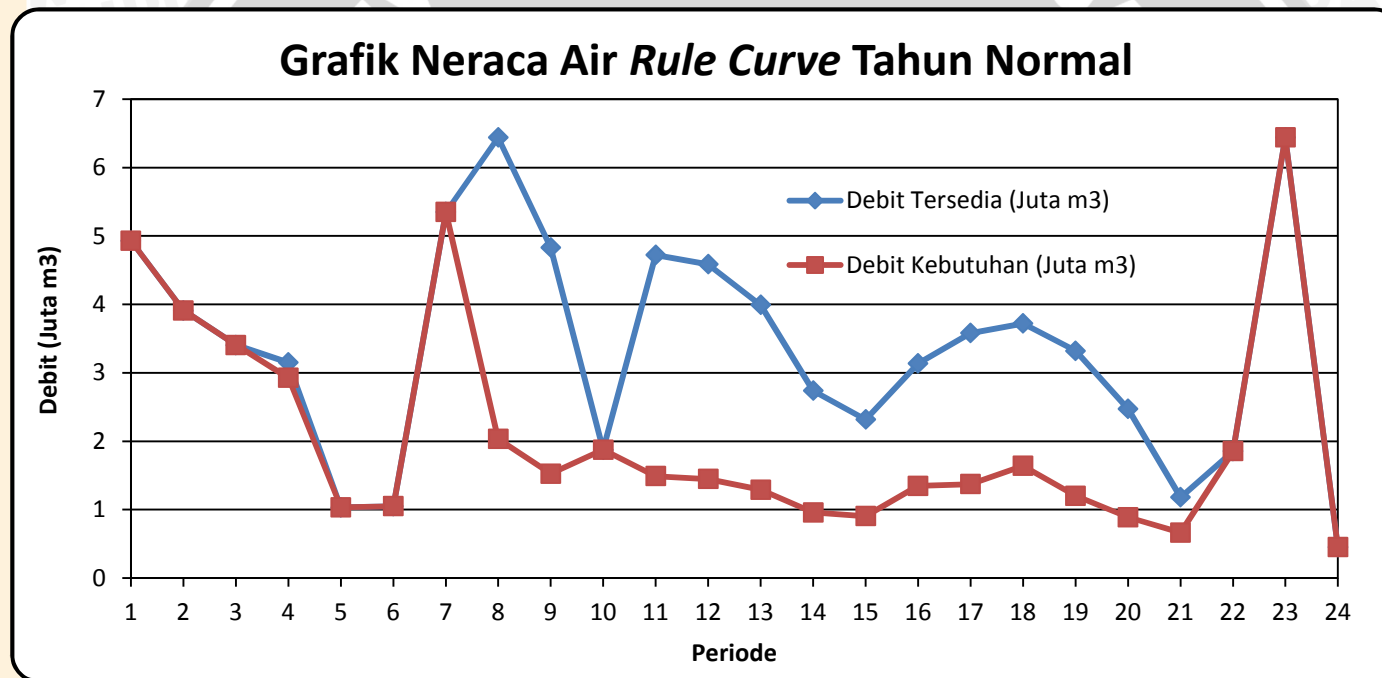
Sumber: Perhitungan

4.10.2.3. Kebutuhan Air Irigasi Pada *Rule Curve* Tahun Normal

Tabel 4.36. Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi Pada *Rule Curve* Tahun Normal Tahun 2002

Keterangan	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agus		Sept		Okt		Nov		Des	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Debit Tersedia (Juta m3)	4.932	3.911	3.406	3.151	1.035	1.051	5.350	6.439	4.833	1.875	4.723	4.586	3.994	2.738	2.318	3.137	3.582	3.722	3.322	2.473	1.180	1.854	6.439	0.454
Debit Kebutuhan (Juta m3)	4.932	3.911	3.406	2.926	1.035	1.051	5.350	2.032	1.525	1.875	1.490	1.448	1.291	0.959	0.905	1.348	1.372	1.639	1.202	0.889	0.663	1.854	6.439	0.454

Sumber: Perhitungan



Gambar 4.14. Grafik Neraca Air *Rule Curve* Tahun Normal

Sumber: Perhitungan

4.10.3. Tipikal *Rule Curve* Skenario Tahun Kering

Tipikal *rule curve* tahun kering merupakan debit rerata tahunan dari debit rerata bulanan yang merupakan akumulasi dari tahun 2000 sampai 2010 yang masuk dalam kelompok skenario pola debit inflow tahun kering. Sedangkan *rule curve* pada pengelompokan debit inflow tahun kering terjadi di tahun 2005, 2004, 2007, maka pada pembahasan ini *rule curve* untuk tahun kering diwakili tahun 2005 seperti pada tabel 4.37. dan gambar 4.15. dibawah ini.

Tabel 4.37. Lepas Berdasarkan *Rule Curve* Tahun Kering

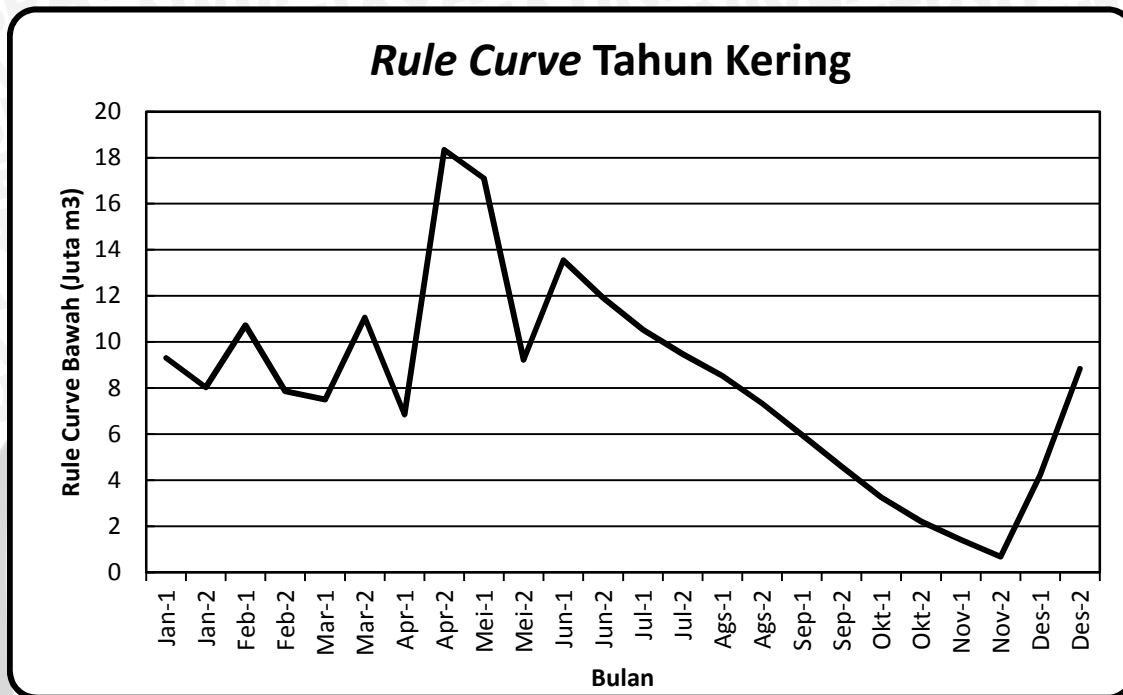
Tahun	No	Periode	Rule Curve Bawah Pada	
			Akhir Periode	
			%	juta m ³
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
2005	1	1-Jan	44.352	9.314
	2	2-Jan	38.267	8.036
	3	1-Feb	51.107	10.733
	4	2-Feb	37.486	7.872
	5	1-Mar	35.704	7.498
	6	2-Mar	52.644	11.055
	7	1-Apr	32.607	6.847
	8	2-Apr	87.341	18.342
	9	Mei-1	81.422	17.099
	10	Mei-2	43.958	9.231
	11	1-Jun	64.511	13.547
	12	2-Jun	56.766	11.921
	13	1-Jul	50.182	10.538
	14	2-Jul	45.108	9.473
	15	Ags-1	40.647	8.536
	16	Ags-2	34.916	7.332
	17	1-Sep	28.485	5.982
	18	2-Sep	21.905	4.600
	19	Okt-1	15.537	3.263
	20	Okt-2	10.537	2.213
	21	1-Nov	6.738	1.415
	22	2-Nov	3.222	0.677
	23	Des-1	20.181	4.238
	24	Des-2	42.109	8.843

Sumber: Perhitungan

Contoh Perhitungan pada bulan januari periode I:

$$\begin{aligned}
 [5] &= ([4] \times \text{kapasitas tampungan aktif}) / 100 \\
 &= (44,352 \times 21,000) / 100 \\
 &= 9,314 \text{ juta m}^3
 \end{aligned}$$

Dalam bentuk grafik, maka *rule curve* tahun kering adalah sebagai berikut.



Gambar 4.15. *Rule Curve* Tahun Kering

Sumber: Perhitungan

Dengan menggunakan pedoman lepasan waduk mengikuti *rule curve* berdasarkan tahun kering ini menghasilkan kinerja sebagai berikut:

- Rerata pemenuhan kebutuhan irigasi = 59,96%
- Jumlah pemenuhan kebutuhan irigasi yang kurang = 0
- Pemenuhan kebutuhan irigasi minimum = 31,25%

Untuk Perhitungan Simulasi Operasi Waduk Pengga Menurut *Rule Curve* Tahun Kering disajikan di tabel 4.38.

Tabel 4.38. Simulasi Operasi Waduk Pengga Menurut Rule Curve Tahun Kering Tahun 2005

Kapasitas Tamp. Aktif	21	Tahun Awal	2000	Mode Optimasi	3	[1] Acak 0-100%	Limit	400
Kapasitas Tamp. Mati	6	Detik per hari	86400	Kisaran acak	10	[2] Hasil Optimal	Under 0	0
				n iterasi	1000	[3] Crossover	n=0	0
				iterasi	604	[4] Rekalkulasi Tabel Populasi	Min.	10.15
						[5] Rekalkulasi Tabel Generasi	Ave.	66.94
								117 n

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m ³ /dt]	KEBUTUHAN IRIGASI [m ³ /dt]	INFLOW [juta m ³]	EVAPORASI			RULE CURVE				Cek kurva bawah [0/1]	Cek kurva atas [0/1]	Cek pasokan cukup [0/1]	Cek tamp. [0/1]	Tampungan Aktif Waduk [juta m ³]		OUTFLOW PASOKAN IRIGASI			Di bawah Nol [juta m ³]	Volume Spillout [juta m ³]	
							KEBUTUHAN IRIGASI [juta m ³]	Luas MAW [km ²]	Tinggi [mm/hari]	Volume [juta m ³]	% tamp.aktif		Awal periode					Akhir periode	Volume [juta m ³]	Persen [%]	Defisit [0/1]				
											Atas	Bawah										Atas			Bawah
2005	1	Jan-1	15	0.859	3.805	1.114	4.932	5.010	4.595	0.345	100.000	44.352	21.000	9.314	0.000	1.000	0.000	0.000	21.000	16.837	4.932	100.000	0.000	0.000	0.000
	2	Jan-2	16	0.332	2.829	0.460	3.911	4.360	4.621	0.322	100.000	38.267	21.000	8.036	0.000	1.000	0.000	0.000	16.837	13.063	3.911	100.000	0.000	0.000	0.000
	3	Feb-1	15	4.509	2.628	5.844	3.406	3.750	4.846	0.273	100.000	51.107	21.000	10.733	0.000	1.000	0.000	0.000	13.063	15.228	3.406	100.000	0.000	0.000	0.000
	4	Feb-2	13	1.823	2.605	2.048	2.926	4.100	4.984	0.266	100.000	37.486	21.000	7.872	0.000	1.000	0.000	0.000	15.228	14.084	2.926	100.000	0.000	0.000	0.000
	5	Mar-1	15	21.237	0.798	27.523	1.035	3.920	4.513	0.265	100.000	35.704	21.000	7.498	0.000	0.000	0.000	0.000	14.084	21.000	1.035	100.000	0.000	0.000	19.308
	6	Mar-2	16	1.749	0.760	2.418	1.051	5.010	4.668	0.374	100.000	52.644	21.000	11.055	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	1.051	100.000	0.000	0.000	0.993
	7	Apr-1	15	16.177	4.128	20.965	5.350	5.010	4.349	0.327	100.000	32.607	21.000	6.847	0.000	0.000	0.000	0.000	21.000	21.000	5.350	100.000	0.000	0.000	15.289
	8	Apr-2	15	1.463	4.968	1.896	6.439	5.010	4.504	0.338	100.000	87.341	21.000	18.342	0.000	1.000	1.000	0.000	21.000	18.342	4.216	65.480	1.000	0.000	0.000
	9	Mei-1	15	0.439	3.729	0.569	4.833	4.590	4.053	0.279	100.000	81.422	21.000	17.099	0.000	1.000	1.000	0.000	18.342	17.099	1.533	31.730	1.000	0.000	0.000
	10	Mei-2	16	0.165	1.356	0.228	1.875	4.400	3.884	0.273	100.000	43.958	21.000	9.231	0.000	1.000	0.000	0.000	17.099	15.178	1.875	100.000	0.000	0.000	0.000
	11	Jun-1	15	0.070	3.644	0.091	4.723	4.100	3.493	0.215	100.000	64.511	21.000	13.547	0.000	1.000	1.000	0.000	15.178	13.547	1.507	31.910	1.000	0.000	0.000
	12	Jun-2	15	0.028	3.539	0.036	4.586	3.830	3.584	0.206	100.000	56.766	21.000	11.921	0.000	1.000	1.000	0.000	13.547	11.921	1.457	31.770	1.000	0.000	0.000
	13	Jul-1	15	0.068	3.082	0.089	3.994	3.570	3.951	0.212	100.000	50.182	21.000	10.538	0.000	1.000	1.000	0.000	11.921	10.538	1.260	31.550	1.000	0.000	0.000
	14	Jul-2	16	0.013	1.981	0.018	2.738	3.330	4.082	0.218	100.000	45.108	21.000	9.473	0.000	1.000	1.000	0.000	10.538	9.473	0.866	31.620	1.000	0.000	0.000
	15	Ags-1	15	0.005	1.789	0.007	2.318	3.150	4.557	0.215	100.000	40.647	21.000	8.536	0.000	1.000	1.000	0.000	9.473	8.536	0.728	31.430	1.000	0.000	0.000
	16	Ags-2	16	0.002	2.269	0.003	3.137	2.990	4.726	0.226	100.000	34.916	21.000	7.332	0.000	1.000	1.000	0.000	8.536	7.332	0.980	31.250	1.000	0.000	0.000
	17	Sep-1	15	0.001	2.764	0.001	3.582	2.780	5.575	0.232	100.000	28.485	21.000	5.982	0.000	1.000	1.000	0.000	7.332	5.982	1.119	31.250	1.000	0.000	0.000
	18	Sep-2	15	0.000	2.872	0.000	3.722	2.540	5.755	0.219	100.000	21.905	21.000	4.600	0.000	1.000	1.000	0.000	5.982	4.600	1.163	31.250	1.000	0.000	0.000
	19	Okt-1	15	0.000	2.563	0.000	3.322	2.290	5.961	0.205	100.000	15.537	21.000	3.263	0.000	1.000	1.000	0.000	4.600	3.263	1.133	34.090	1.000	0.000	0.000
	20	Okt-2	16	0.000	1.789	0.000	2.473	2.040	6.035	0.197	100.000	10.537	21.000	2.213	0.000	1.000	1.000	0.000	3.263	2.213	0.853	34.500	1.000	0.000	0.000
	21	Nov-1	15	0.000	0.911	0.000	1.180	1.840	5.935	0.164	100.000	6.738	21.000	1.415	0.000	1.000	1.000	0.000	2.213	1.415	0.634	53.700	1.000	0.000	0.000
	22	Nov-2	15	0.000	1.430	0.000	1.854	1.680	5.426	0.137	100.000	3.222	21.000	0.677	0.000	1.000	1.000	0.000	1.415	0.677	0.602	32.460	1.000	0.000	0.000
	23	Des-1	15	5.179	4.968	6.712	6.439	1.540	4.945	0.114	100.000	20.181	21.000	4.238	0.000	1.000	1.000	0.000	0.677	4.238	3.036	47.160	1.000	0.000	0.000
	24	Des-2	16	18.173	0.328	25.122	0.454	2.220	4.914	0.175	100.000	42.109	21.000	8.843	0.000	0.000	0.000	0.000	4.238	21.000	0.454	100.000	0.000	0.000	7.731

Sumber: Perhitungan

Keterangan:

- | | | | | |
|-----------------|---|---|---|---|
| [1] Tahun | [6] Data Kebutuhan Irigasi | [11] $([4] \times [9] \times [10]) / 1000$ | [16] Jika $[7] + [20] - [11] - [15] > 0$ | [21] $[7] + [20] - [8] - [11] > \text{Kapasitas Tamp. Aktif}$ maka Spill out |
| [2] No | [7] $([5] \times [4] \times 86400) / 1000000$ | [12] Asumsi Tampungan Maksimal 100% | Maka 0, kalau tidak 1 | $[7] + [20] - [8] - [11] < \text{Kapasitas Tamp. Aktif}$ maka tidak ada Spill out |
| [3] Periode | [8] $([6] \times [4] \times 86400) / 1000000$ | [13] Dipilih dari (Bilacak, hasil optimal, crossover, rekalkulasi tabel populasi dan rekalkulasi tabel generasi | [17] Jika $[7] + [20] - [11] - [14] > [8]$ | $[7] + [20] - [21] - [11]$ |
| [4] Banyak Hari | [9] Data Luas MAW Awal | | Maka 0, kalau tidak 1 | $[22] / [8] \times 100$ |
| [5] Data Inflow | [10] Data Tinggi Evaporasi | [14] $[12] \times \text{Kapasitas Tamp. Aktif} / 100$ | [18] Jika $[16]$ tidak sama dengan 0 maka 1, kemudian Jika $[7] + [20] - [11] - [15] < [8]$ | Jika $[23] = 100$ |
| | | [15] $[13] \times \text{Kapasitas Tamp. Aktif} / 100$ | Maka 0, kalau tidak 1 | Maka 0, kalau tidak 1 |
| | | | [19] Jika $[7] + [20] - [11] < 0$ | Jika $[16] = 0$ |
| | | | Maka 0, kalau tidak 1 | Maka 0, kalau tidak $[7] + [20] - [11] - [15]$ |
| | | | [20] Kapasitas Tamp. Aktif / 2 | Jika $[21] < \text{Kapasitas Tamp. Aktif}$ |
| | | | | Maka 0, kalau tidak $[7] + [20] - [11] - [21] - [22]$ |

4.10.3.1. Intensitas Tanam Rule Curve Tahun Kering

Untuk menghitung intensitas tanamnya dilihat dari luas areal yang ditanam setiap musim tanam, dari analisis pola tanam dan jadwal tanam serta luas tanam dapat dianalisis intensitas tanam untuk setiap golongan. Pada analisa ini intensitas tanam tidak bisa terpenuhi 300% dan hanya bisa terpenuhi 260% karena terdapat kekurangan di masing-masing musim tanam Untuk lebih jelasnya berikut luas tanam dan intensitasnya dengan sistem tanpa golongan DI Pengga berdasarkan pola tata tanam eksisting yang disajikan pada tabel 4.39.

Tabel 4.39. Sistem Tanpa Golongan Kebutuhan Air DI Pengga Berdasarkan Pola Tata Tanam Eksisting Rule Curve Tahun Kering Tahun 2005

Uraian	Nopember		Desember		Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober			
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
	53.70%	32.46%	47.16%																							
PTT (Eksisting)																										
					(Padi)						65.48%	31.73%	(Padi)	31.91%	31.77%	31.55%	31.62%	31.43%	31.25%	Polowijo			31.25%	31.25%	34.09%	34.50%
Luas Daerah Irigasi																										
Tanpa Golongan	ha	2404	2404	3005	3005	3005	3005	3005	3005	3005	3005	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	
Total	ha	2404	2404	3005	3005	3005	3005	3005	3005	3005	3005	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	2404	
Kebutuhan Air Total																										
Sebelum waduk Dioperasikan	juta m3	1.18	1.85	6.44	0.45	4.93	3.91	3.41	2.93	1.03	1.05	5.35	6.44	4.83	1.87	4.72	4.59	3.99	2.74	2.32	3.14	3.58	3.72	3.32	2.47	
Setelah waduk Dioperasikan	juta m3	0.63	0.60	3.04	0.45	4.93	3.91	3.41	2.93	1.03	1.05	5.35	4.22	1.53	1.87	1.51	1.46	1.26	0.87	0.73	0.98	1.12	1.16	1.13	0.85	

Musim Tanam	Luasan [%]
I	100
II	80
III	80
IT	260%

kebutuhan irigasi < 100%
 kebutuhan irigasi 100%

Sumber: Perhitungan

4.10.3.2. Rerata Pemenuhan Kebutuhan Irigasi Tiap Musim Tanam Pada *Rule Curve* Tahun Kering Tahun 2005

Tabel 4.40. Rerata Pemenuhan Kebutuhan Irigasi Tiap Musim Tanam Pada *Rule Curve* Tahun Kering Tahun 2005

Bulan	Pemenuhan Kebutuhan Irigasi	Keterangan	Rerata Per Musim Tanam	
	(%)		(%)	
Jan-1	100			
Jan-2	100			
Feb-1	100			
Feb-2	100			
Mar-1	100			
Mar-2	100	PL	53.01	MT2
Apr-1	100			
Apr-2	65.48			
Mei-1	31.73			
Mei-2	100			
Jun-1	31.91			
Jun-2	31.77			
Jul-1	31.55			
Jul-2	31.62			
Ags-1	31.43		34.99	MT3
Ags-2	31.25			
Sep-1	31.25			
Sep-2	31.25			
Okt-1	34.09			
Okt-2	34.5			
Nov-1	53.7	PL	93.40	MT1
Nov-2	32.46			
Des-1	47.16			
Des-2	100			

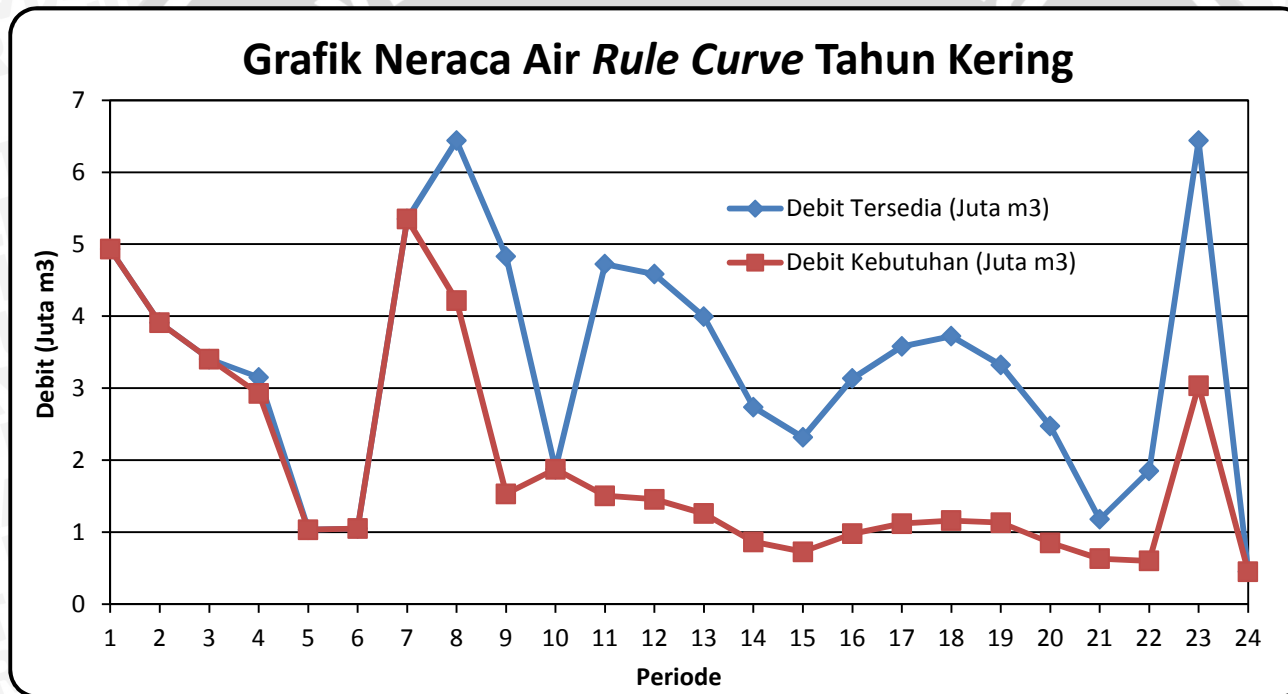
Sumber: Perhitungan

4.10.3.3. Kebutuhan Air Irigasi Pada *Rule Curve* Tahun Kering

Tabel 4.41. Hasil Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi Pada *Rule Curve* Tahun Kering Tahun 2005

Keterangan	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agus		Sept		Okt		Nov		Des	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Debit Tersedia (Juta m3)	4.932	3.911	3.406	3.151	1.035	1.051	5.350	6.439	4.833	1.875	4.723	4.586	3.994	2.738	2.318	3.137	3.582	3.722	3.322	2.473	1.180	1.854	6.439	0.454
Debit Kebutuhan (Juta m3)	4.932	3.911	3.406	2.926	1.035	1.051	5.350	4.216	1.533	1.875	1.507	1.457	1.260	0.866	0.728	0.980	1.119	1.163	1.133	0.853	0.634	0.602	3.036	0.454

Sumber: Perhitungan



Gambar 4.16. Grafik Neraca Air *Rule Curve* Tahun Kering

Sumber: Perhitungan