

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

Untuk menganalisa suatu masalah diperlukan adanya data. Data yang diperlukan digolongkan menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapat dari hasil pengukuran atau pengamatan langsung. Sedangkan data sekunder merupakan data yang didapat dari mengutip berbagai sumber yang dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya.

Dalam studi ini data yang dipakai dapat digolongkan sebagai data sekunder. Data-data tersebut meliputi antara lain, data teknis waduk, data hidrologi, dan data debit.

4.2. Data Teknis Waduk

4.2.1. Data Karakteristik Waduk Cileuweung

Adapun data-data teknis dari waduk adalah sebagai berikut :

- Luas daerah aliran sungai : 23,07 km²
- Luas daerah genangan : 210 ha
- Elevasi Tampungan Air Normal (NWL) : + 120 m
- Elevasi Tampungan Mati (LWL) : + 97,5 m
- Elevasi Debit Banjir : + 123 m
- Volume Tampungan Total : 28.669.000 m³
- Volume Tampungan Mati : 2.210.000 m³

4.2.2. Data Lengkung Kapasitas Waduk Cileuweung

Lengkung kapasitas adalah kurva yang memberikan hubungan antara elevasi, luas genangan dan *volume* waduk. Data lengkung kapasitas Waduk Cileuweung dapat dilihat sebagai berikut :

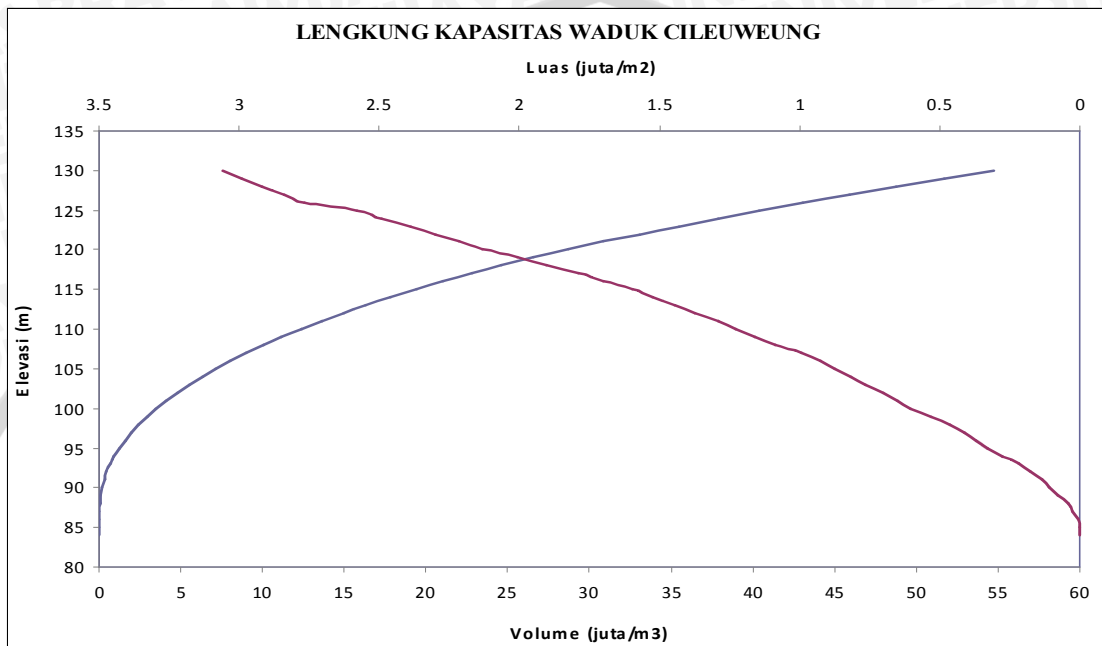
Tabel 4.1. Lengkung Luas dan Kapasitas Waduk Cileuweung

ELEVASI	H (m)	A (m2)	Volume Tampung Efektif (m3)
1	2	3	4
84	1	138	4
85	2	1,578	858
86	3	4,811	4,053
87	4	23,891	18,404
88	5	40,627	50,663
89	6	75,492	108,723
90	7	107,548	200,243
91	8	136,481	322,257
92	9	177,230	479,112
93	10	220,514	677,984
94	11	275,035	925,758
95	12	329,228	1,227,889
96	13	367,931	1,576,468
97	14	411,781	1,966,324
98	15	465,074	2,404,751
99	16	531,928	2,903,252
100	17	601,329	3,469,880
101	18	649,704	4,095,397
102	19	699,764	4,770,130
103	20	762,920	5,501,472
104	21	818,830	6,292,347
105	22	873,561	7,138,543
106	23	926,901	8,038,774
107	24	995,859	9,000,154
108	25	1,085,815	10,040,991
109	26	1,160,462	11,164,129
110	27	1,227,429	12,358,075
111	28	1,289,359	13,616,469
112	29	1,373,101	14,947,699
113	30	1,447,889	16,358,194
114	31	1,521,560	17,842,919
115	32	1,597,463	19,402,431
116	33	1,701,969	21,052,147
117	34	1,791,420	22,798,842
118	35	1,900,951	24,645,028
119	36	2,007,820	26,599,413
120	37	2,132,592	28,669,619
121	38	2,215,909	30,843,869
122	39	2,299,353	33,101,500
123	40	2,389,278	35,445,815
124	41	2,488,655	37,884,782
125	42	2,581,270	40,419,744
126	43	2,766,924	43,093,841
127	44	2,842,086	45,898,346
128	45	2,917,477	48,778,127
129	46	2,990,880	51,732,306
130	47	3,060,031	54,757,761

Sumber : *Detail Design* PT Tata Guna Patria

Keterangan :

1. Data topografi (elevasi kontur)
2. Beda tinggi antar kontur
3. Luas genangan
4. Tampang waduk



Gambar 4.1 Lengkung Kapasitas Waduk Cileuweung

4.3. Analisa Curah Hujan

Data curah hujan dibutuhkan sebagai dasar pengembangan rencana pola tata tanam dalam arti yang dapat dijamin akan kebutuhan air sepanjang tahun. Data curah hujan yang digunakan dalam studi ini merupakan data sekunder. Data yang digunakan adalah tahun 1995 sampai tahun 2008 dari satu stasiun yang berpengaruh terhadap DAS Cileuweung, yaitu stasiun hujan Ciwaru.

4.3.1. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif adalah curah hujan yang jatuh pada suatu daerah dan dapat digunakan oleh tanaman untuk pertumbuhannya. Metode perhitungan curah hujan menggunakan metode PU, sesuai dengan standar perencanaan yang dianjurkan. Analisa hujan dalam studi ini adalah mengambil data curah hujan harian dari stasiun penakar hujan Cileuweung. Data hujan bulanan di wilayah studi bersumber dari PT. Tata Guna Patria periode tahun 1995 - 2008. Selanjutnya data hujan disajikan dalam Lampiran 1.

Dasar perhitungan kebutuhan tanaman, perkolasi, dan lain-lain berdasarkan curah hujan efektif, sedangkan jumlah hujan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman tergantung dari jenis tanaman dan jenis tanah tersebut. Curah hujan untuk tanaman padi sawah dihitung berdasarkan 70% dari curah hujan andalan 80%. Dasar perhitungan untuk mendapatkan curah hujan andalan dan curah hujan efektif yaitu dari masing-masing data curah hujan 15 harian rata-rata. Data curah hujan 15 harian tersebut diambil selama 14 tahun terakhir (tahun 1995 – tahun 2008) dari stasiun hujan yang dimaksud, sedangkan untuk curah hujan efektif tanaman palawija dihitung berdasarkan hujan andalan 50%.

Langkah-langkah perhitungan curah hujan efektif adalah sebagai berikut :

1. Curah hujan bulanan selama 14 tahun pada lampiran 2 diurutkan dari kecil ke besar, seperti disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Curah Hujan Bulanan Stasiun Ciwaru Yang Telah di Ranking (mm)

No.	Bulan											
	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Oktober	Novem	Des
1	180	21	22	8	33	12	0	0	0	0	15	38
2	221	208	28	52	35	13	0	0	0	0	72	91
3	253	215	162	174	71	14	1	0	0	0	78	142
4	319	262	222	305	88	56	9	0	0	23	85	218
5	350	295	280	352	148	63	21	0	0	40	201	240
6	390	315	352	395	157	91	41	0	2	55	224	330
7	406	348	413	399	177	169	98	0	25	103	224	351
8	496	351	486	410	179	193	112	0	37	160	282	354
9	515	422	505	419	202	205	121	70	51	163	311	355
10	586	451	594	446	211	262	174	73	51	203	408	361
11	631	524	666	476	251	266	191	160	62	212	440	469
12	651	564	748	481	326	286	256	207	120	349	486	492
13	739	925	765	509	331	306	319	362	236	399	510	749
14	806	1304	964	594	461	498	516	573	316	508	626	1042

Sumber : Perhitungan

2. Menghitung R_{80} dan R_{50} sebagai curah hujan efektif :

- $R_{80} = \frac{m}{n+1} \times 100\%$

- $R_{50} = \frac{m}{n+1} \times 100\%$

Dimana :

R_{80} = Curah hujan dengan probabilitas 80 %

R_{50} = Curah hujan dengan probabilitas 50 %

m = Nomor urut (ranking)

n = Jumlah data curah hujan

Dari periode pengamatan curah hujan selama 14 tahun, maka didapat :

$$\begin{aligned} \bullet \quad 80\% &= \frac{m}{14+1} \times 100\% \\ &= 0,8 * 15 \end{aligned}$$

$$m = 12$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad 50\% &= \frac{m}{14+1} \times 100\% \\ &= 0,5 * 15 \end{aligned}$$

$$m = 7,5 \approx 8$$

3. Mengurutkan curah hujan perbulan sesuai R_{80} dan R_{50} seperti tampak pada Lampiran 3
4. Mengurutkan curah hujan R_{80} dan R_{50} per 15 harian
Sehingga didapatkan curah hujan dengan probabilitas 80% dan 50% pada setiap periode, untuk menghitung curah hujan efektif tanaman padi (R_{80}) dan palawija (R_{50}). Selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4 dan Lampiran 5
5. Menghitung nilai Re untuk tanaman padi dan palawija. Curah hujan Efektif di dapat dengan rumus :

$$Re \text{ padi} = (0,7 * R_{80}) / n$$

$$Re \text{ palawija} = (R_{50}) / n$$

Contoh perhitungan curah hujan efektif data untuk bulan Januari I, adalah sebagai berikut :

1. (Kolom 1) Curah hujan andalan R_{80} (Lampiran 4), Januari = 321 mm/hari
2. (Kolom 2) Curah hujan andalan R_{50} (Lampiran 5), Januari = 179 mm/hari
3. (Kolom 3) Menghitung nilai Re padi :

$$\begin{aligned} Re \text{ padi} &= (0,7 * R_{80}) / n \\ &= (0,7 * 321) / 15 \\ &= 14,985 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Curah hujan efektif untuk tanaman padi adalah $Re \text{ padi} = 14,985 \text{ mm/hari}$

4. (Kolom 4) Curah hujan efektif untuk tanaman palawija :

$$\begin{aligned} Re \text{ palawija} &= (R_{50}) / 10 \\ &= (179) / 15 \\ &= 11,926 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Tabel 4.3 akan menunjukkan hasil perhitungan curah hujan efektif dengan menggunakan metode PU untuk bulan-bulan selanjutnya.

Tabel 4.3 Curah Hujan Efektif Metode PU

Bulan	15 Harian		15 Harian	
	R 80 %	R 50 %	Padi	Palawija
Januari	321	179	14.985	11.926
	377	238	17.615	15.852
Februari	380	193	17.728	12.892
	412	161	19.237	10.756
Maret	524	297	24.449	19.833
	241	137	11.255	9.100
April	319	203	14.877	13.533
	230	162	10.730	10.782
Mei	208	117	9.699	7.793
	149	74	6.945	4.962
Juni	161	84	7.530	5.574
	151	46	7.054	3.067
Juli	128	41	5.989	2.749
	151	37	7.047	2.467
Agustus	105	0	4.900	0.000
	119	0	5.549	0.000
September	22	0	1.027	0.000
	51	28	2.380	1.867
Oktober	179	75	8.350	4.980
	163	51	7.605	3.390
November	145	106	6.774	7.067
	334	148	15.581	9.867
Desember	267	147	12.462	9.794
	255	194	11.897	12.961

Sumber : Perhitungan

4.4. Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi

Air irigasi adalah sejumlah air yang umumnya diambil dari sungai atau waduk dan dialirkan melalui sistem jaringan irigasi guna menjaga keseimbangan jumlah air di lahan pertanian. Jumlah kebutuhan air guna memenuhi kebutuhan air irigasi dapat dicari dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menghitung evapotranspirasi potensial
2. Menghitung penggunaan konsumtif tanaman
3. Memperkirakan laju perkolasi yang dipakai
4. Memperkirakan kebutuhan air untuk penyiapan lahan (pengolahan lahan dan persemaian)
5. Menentukan kebutuhan untuk penggantian lapisan air (WLR)
6. Menghitung kebutuhan air di sawah
7. Menentukan efisiensi irigasi
8. Menghitung kebutuhan air di bangunan pengambilan.

4.4.1. Evapotranspirasi Potensial

Perhitungan evapotranspirasi potensial dalam studi ini menggunakan cara Penmann Modifikasi. Metode Penmann Modifikasi digunakan karena memiliki parameter klimatologi yang lebih banyak untuk daerah tropis, sehingga hasil yang didapat menjadi lebih teliti.

Dalam perhitungan evapotranspirasi potensial dengan menggunakan metode Penmann Modifikasi, data-data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

1. Letak lintang daerah studi yang ditinjau adalah $6^{\circ} 44''$
2. Data klimatologi yang meliputi :
 - a. T, suhu rerata bulanan ($^{\circ}\text{C}$)
 - b. Rh, kelembapan relatif bulanan rerata (%)
 - c. n/N, penyinaran matahari bulanan rerata (%)
 - d. u, kecepatan angin bulanan rerata (m/s)

Selengkapnya data klimatologi disajikan pada Lampiran 6.

3. Tabel-tabel yang digunakan dalam perhitungan metode Penmann Modifikasi untuk besaran nilai angot ditampilkan pada Lampiran 7, hubungan suhu dengan ea pada Lampiran 8, dan besar angka koreksi ditampilkan pada Lampiran 9.

Langkah-langkah perhitungan dalam menentukan besarnya nilai evapotranspirasi potensial dengan menggunakan metode Penmann Modifikasi, dengan mengambil contoh data pada bulan Januari adalah sebagai berikut :

1. (Baris 1) Suhu rerata bulanan (T) = 26,075 °C (Lampiran 6)
2. (Baris 2) Kecepatan angin (u) = 1,778 m/det (Lampiran 6)
3. (Baris 3) Kelembapan Relatif (Rh) = 86,000 % (Lampiran 6)
4. (Baris 4) Kecerahan matahari (n/N) = 38,000 % (Lampiran 6)

Maka berdasarkan prosedur analisa metode Penmann Modifikasi :

5. (Baris 5) Dari Lampiran 7 hubungan letak lintang dan nilai angot didapat $R_a = 15,868$ mm/hari
6. (Baris 6) Setelah temperatur diketahui, maka dari Lampiran 8 dapat diketahui nilai e_a untuk $T = 26,075$ °C
 $e_a = 33,770$ mbar
7. (Baris 7) $e_d = Rh * e_a$
 $= 0,86 * 33,770$
 $= 29,042$
8. (Baris 8) Dari Lampiran 8 diketahui w untuk $T = 26,075$ °C
 $w = 0,751$
9. (Baris 9) Dari Lampiran 8 diketahui (1-w) untuk $T = 26,075$ °C
 $(1-w) = 0,249$
10. (Baris 10) Dari Lampiran 8 diketahui f(t) untuk $T = 26,075$ °C
 $f(t) = 15,195$
11. (Baris 11) Dari persamaan $R_s = (0,25 + 0,54 n/N) R_a$, maka diperoleh :
 $R_s = (0,25 + (0,54 * 0,38)) * 15,868 = 7,223$ mm/hari
12. (Baris 12) $e_a - e_d = 33,770 - 29,042 = 4,728$ mbar
13. (Baris 13) Dari persamaan $f(e_d) = 0,34 - 0,044 \sqrt{e_d}$, maka diperoleh :
 $f(e_d) = 0,34 - 0,044 \sqrt{29,042} = 0,103$ mbar
14. (Baris 14) Dari persamaan $f(n/N) = 0,1 + 0,9 (n/N)$, maka diperoleh :
 $f(n/N) = 0,1 + 0,9 * 0,38 = 0,442$
15. (Baris 15) Dari persamaan $f(u) = 0,27 (1 + 0,864 u)$, maka diperoleh :
 $f(u) = 0,27 (1 + 0,854 * 1,778) = 1,763$ m/det
16. (Baris 16) Dari persamaan $R_{n1} = f(t) f(e_d) f(n/N)$, maka diperoleh :
 $R_{n1} = f(t) f(e_d) f(n/N) = 15,195 * 0,103 * 0,442 = 0,724$ mm/hari
17. (Baris 17) Dari persamaan $ET_o^* = w (0,75 R_s - R_{n1}) + (1-w) f(u) (e_a - e_d)$, maka diperoleh :
 $ET_o^* = 0,751 (0,75 (7,223 - 0,724)) + 0,249 * 1,763 * 4,728 = 5,601$ mm/hari

18. (Baris 18) Dari Lampiran 9 diketahui nilai $c = 1,1$

19. (Baris 19) $ET_o = ET * x c = 5,601 * 1,1 = 6,161 \text{ mm/hari}$

Untuk perhitungan evapotranspirasi potensial pada bulan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut :



Tabel 4.4 Analisa Evapotranspirasi Potensial Metode Penman Modifikasi

No.	Uraian	Satuan	Bulan											
			Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
1	Temperatur (t)	°C	26.075	26.625	27.600	26.875	27.350	26.650	27.000	27.500	28.650	27.975	27.250	27.430
2	Kecepatan Angin (u)	km/jam	6.400	5.333	5.333	5.333	4.267	5.333	4.250	5.333	4.250	5.333	6.400	6.400
		m/det	1.778	1.481	1.481	1.481	1.185	1.481	1.181	1.481	1.181	1.481	1.778	1.778
3	Kelembaban Relatif (Rh)	%	86.000	85.000	82.500	84.250	81.750	78.000	73.250	67.250	65.000	73.000	83.500	81.500
4	Kecerahan Matahari (n/N)	%	38.000	46.000	48.000	47.000	71.000	72.000	59.000	84.000	75.000	52.000	40.000	35.000
Perhitungan :														
5	Nilai Angot (Ra)	mm/hari	15.868	16.023	15.578	14.633	12.710	12.710	13.010	13.933	14.978	15.723	15.845	15.768
6	Tekanan Uap Jenuh (ea)	mbar	33.770	34.883	36.940	35.404	36.398	34.935	35.660	36.720	39.145	37.796	36.193	36.566
7	Tekanan Uap Nyata (ed=ea*Rh)		29.042	29.650	30.476	29.828	29.755	27.249	26.121	24.694	25.444	27.591	30.221	29.801
8	w		0.751	0.756	0.766	0.759	0.764	0.757	0.760	0.765	0.773	0.770	0.763	0.764
9	1-w		0.249	0.244	0.234	0.241	0.237	0.244	0.240	0.235	0.224	0.230	0.238	0.236
10	f(t)		15.915	16.025	16.220	16.075	16.170	16.030	16.100	16.200	16.430	16.295	16.150	16.186
11	Radiasi Gelombang Pendek (Rs)	mm/hari	7.223	7.986	7.932	7.372	8.051	8.119	8.399	8.543	9.001	10.128	11.106	10.881
12	Perbedaan Tekanan Uap Jenuh dengan Tekanan Uap (ea-ed)	mbar	4.728	5.232	6.465	5.576	6.643	7.686	9.539	12.026	13.701	10.205	5.972	6.765
13	f(ed)	mbar	0.103	0.100	0.097	0.100	0.100	0.110	0.115	0.121	0.118	0.109	0.098	0.100
14	f(n/N)		0.442	0.514	0.532	0.523	0.739	0.748	0.759	0.705	0.685	0.757	0.852	0.834
15	f(u)	m/dt	1.763	1.514	1.514	1.514	1.265	1.514	1.261	1.514	1.261	1.514	1.763	1.763
16	Radiasi Bersih Gelombang Panjang (Rn1=f(t)*f(ed)*f(n/N))	mm/hari	0.724	0.827	0.838	0.838	1.195	1.323	1.407	1.386	1.329	1.343	1.349	1.346
17	ET*=w*(0.75Ra-Rn1)+(1-w)*f(u)8(ea-ed)	mm/hari	5.601	5.835	6.206	5.596	5.685	6.440	6.606	8.120	8.056	8.371	7.823	8.019
18	Angka Koreksi (c)		1.100	1.100	1.000	0.900	0.900	0.900	0.900	1.000	1.100	1.100	1.100	1.100
19	ETo=ET*xc	mm/hari	6.161	6.419	6.206	5.036	5.117	5.796	5.945	8.120	8.861	9.208	8.605	8.821

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan:

- | | | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| 1. Diketahui dari data Klimatologi (lampiran 6) | 6. Diketahui dari Tabel lampiran 7 | 11. $0.25 + (0.54 * n/N (\%)) * Ra$ | 16. $f(t) * f(ed) * f(n/N)$ |
| 2. Diketahui dari data Klimatologi (lampiran 6) | 7. $ed = ea * Rh$ | 12. $ea - ed$ | 17. $w*(0.75 Rs - Rn1)+(1-w)*f(u)* (ea - ed)$ |
| 3. Diketahui dari data Klimatologi (lampiran 6) | 8. Diketahui dari Tabel lampiran 8 | 13. $0.34 - 0.044 * (ed)^{0.5}$ | 18. Diketahui dari Tabel lampiran 9 |
| 4. Diketahui dari data Klimatologi (lampiran 6) | 9. Diketahui dari Tabel lampiran 8 | 14. $0.1 + (0.9 * n/N(\%))$ | 19. $ET * x c$ |
| 5. Diketahui dari Tabel lampiran 7 Untuk $6^\circ 45''$ | 10. Diketahui dari Tabel lampiran 8 | 15. $0.27 * (1 + 0.864 * u)$ | |

4.4.2. Koefisien Tanaman

Dalam studi ini koefisien tanaman padi dan palawija yang digunakan berdasarkan rekomendasi dari *Nedesco – Perosida Study*. Penggunaan koefisien dari *Nedesco – Perosida Study* karena memiliki nilai yang sesuai dengan keadaan di Indonesia. Nilai untuk setiap tanaman padi selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 9, dan palawija pada Lampiran 10.

4.4.3. Perkolasi

Perkolasi terjadi pada saat lahan ditanami padi. Perkolasi merupakan peristiwa pergerakan air ke sawah dari zona tidak jenuh menuju zona jenuh dimana pada kondisi jenuh pergerakan air tanah terjadi secara vertikal dan horizontal. Pergerakan air secara vertikal merupakan peristiwa perkolasi, sedangkan pergerakan air secara horizontal merupakan peristiwa rembesan.

Berdasar jenis tanah pada daerah studi yang merupakan *Loam*, maka nilai perkolasinya sebesar 2 mm/hari. Besarnya harga perkolasi dari berbagai jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 2.2.

4.4.4. Perhitungan Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan

Penyiapan lahan adalah pengolahan tanah pada tahap mempersiapkan tanah untuk keperluan tanaman agar sesuai dengan pertumbuhannya. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan umumnya menentukan kebutuhan maksimum air irigasi untuk perencanaan pemberian air irigasi.

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

- a. Lamanya waktu penyiapan lahan
- b. Jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan.

Dalam perhitungan kebutuhan air selama penyiapan lahan digunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra metode ini didasarkan pada laju air konstan dalam l/dt selama periode penyiapan lahan.

Berikut ini adalah contoh perhitungan kebutuhan air untuk penyiapan lahan dengan mengambil contoh data pada bulan Januari :

1. (Baris 1) Evapotranspirasi potensial, $E_{To} = 6,161$ mm/hari (Tabel 4.4)
2. (Baris 2) Evaporasi air terbuka, $E_o = 1,10 * E_{To}$
 $= 1,10 * 6,161$
 $= 6,777$ mm/hari
3. (Baris 3) Perkolasi, P (tanah loam) $= 2$ mm/hari (Tabel 2.2)

4. (Baris 4) Kebutuhan air pengganti kehilangan akibat evaporasi dan perkolasi, M :

$$\begin{aligned} M &= E_o + P \\ &= 6,777 + 2 \\ &= 8,777 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

5. (Baris 5) Jangka waktu pengolahan tanah, T = 30 hari

6. (Baris 6) Kebutuhan air untuk penjemuran, S = 250 mm

$$\begin{aligned} 7. \text{ (Baris 7) Konstanta, } K &= M \times \left(\frac{T}{S} \right) \\ &= 8,777 \times \left(\frac{30}{250} \right) = 1,053 \end{aligned}$$

8. (Baris 8) Kebutuhan air irigasi selama pengolahan lahan, IR:

$$\begin{aligned} IR &= M \times \frac{e^k}{(e^k - 1)} \\ &= 8,777 \times \frac{e^{1,053}}{(e^{1,053} - 1)} = 13,479 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Perhitungan kebutuhan air untuk pengolahan lahan pada bulan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.5.

4.4.5. Pergantian Lapisan Air (WLR)

Untuk dapat menjaga dan mempertahankan tingkat kesuburan tanah karena terputusnya kebutuhan air akibat kegiatan disawah perlu dilakukan pergantian lapisan air (WLR). Pergantian lapisan air dilakukan satu kali yaitu pada saat tanaman berumur 1 bulan setelah pemindahan tanaman dan dilakukan secara terus menerus dengan ketinggian yang sama sepanjang pertumbuhan tanaman. Berdasarkan Standar Perencanaan Irigasi pergantian air diasumsi 50 mm, dan dilakukan selama 30 hari. Perhitungan pergantian lapisan air (WLR) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{WLR} &= 50 \text{ mm}/30 \text{ hari} \\ &= 1,667 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Perhitungan Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan

No.	Parameter	Satuan	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sept	Okt	Nop	Des
1	ET _o	(mm/hari)	6.161	6.419	6.206	5.036	5.117	5.796	5.945	8.120	8.861	9.208	8.605	8.821
2	E _o = ET _o x 1,10	(mm/hari)	6.777	7.060	6.826	5.540	5.629	6.375	6.540	8.932	9.747	10.129	9.465	9.703
3	Perkolasi	(mm/hari)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
4	M = E _o + P	(mm/hari)	8.777	9.060	8.826	7.540	7.629	8.375	8.540	10.932	11.747	12.129	11.465	11.703
5	T	(hari)	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31
6	S	(mm)	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
7	k = MT / S	-	1.053	1.123	1.094	0.844	0.946	1.005	1.059	1.312	1.457	1.504	1.376	1.451
8	IR = $M \times \frac{e^k}{(e^k - 1)}$	(mm/hari)	13.479	13.426	13.267	13.223	12.471	13.211	13.074	14.961	15.316	15.595	15.341	15.284
		(mm/bln)	404.357	416.195	411.276	370.244	386.613	396.326	405.298	448.842	474.800	483.444	460.229	473.810

Sumber : Hasil Perhitungan

4.4.6. Efisiensi Irigasi

Efisiensi irigasi merupakan perbandingan antara debit yang keluar dari pintu pengambilan dengan debit yang sampai pada pintu tersier atau dapat dikatakan hilangnya air pada saluran irigasi oleh beberapa faktor seperti penguapan, kebocoran, dan rembesan yang terjadi pada saluran. Efisiensi irigasi pada daerah studi berdasarkan Kriteria Perencanaan Irigasi ditentukan sebagai berikut :

- Efisiensi saluran primer sebesar 90%
- Efisiensi saluran sekunder sebesar 90%
- Efisiensi saluran tersier sebesar 80%

Jadi besarnya efisiensi secara keseluruhan adalah sebesar 65% atau 0,65.

4.4.7. Kebutuhan Air Irigasi

Untuk mendapatkan kebutuhan air irigasi yang tepat dengan memperhatikan adanya debit air irigasi yang tersedia, perlu dilakukan suatu perencanaan dalam menentukan pola tanam. Pada perencanaan pola tata tanam dalam studi ini menggunakan metode PU.

Pada rencana pola tata tanam ini menggunakan sistem golongan, sistem ini di khususkan pada pembagian air pada petak tersier dengan maksud untuk mengurangi debit puncak, serta untuk mendapatkan efisiensi lahan yang maksimal.

Penyiapan lahan pada musim tanam 1 dimulai pada bulan Januari, sedangkan musim tanam 2 awal tanam dimulai pada bulan Mei, dan untuk musim tanam 3 dimulai pada bulan September.

Dari perencanaan pola tata tanam dapat diketahui kebutuhan air irigasi. Berikut adalah contoh perhitungan pola tata tanam pada golongan I untuk bulan Januari periode I pada daerah irigasi Cileuweung :

Data yang diketahui:

- Tanaman Padi I berumur 90 hari
- Tanaman Padi II berumur 90 hari
- Tanaman Padi III berumur 90 hari
- Penanaman dimulai bulan Januari (minggu I)
- 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) = 30 hari

- Air yang dibutuhkan untuk penjemuran (S) = 250 mm

Perhitungan kebutuhan air irigasi sebagai berikut :

1. (Baris 1) Menggambar PTT sesuai dengan jenis tanaman dan waktu mulai tanam
2. (Baris 2) Menentukan koefisien tanaman padi sesuai dengan grafik periode umur tanaman (Lampiran 10 atau Lampiran 11)
3. (Baris 3) Rerata koefisien tanaman dengan rumus :

$$\text{Rerata} = \frac{\text{Koefisien Tanaman Padi}}{\text{Jumlah koefisien}}$$

$$\text{Rerata} = \frac{1,140 + 0}{1} = 1,140$$

4. (Baris 4) Memasukkan harga evaporasi potensial dari hasil perhitungan Penmann Modifikasi (Tabel 4.4), untuk bulan Januari = 6,161 mm/hr
5. (Baris 5) Menghitung kebutuhan air tanaman (Et_c) dengan rumus {(3)*(4)}:

$$\begin{aligned} \text{Et}_c &= c * \text{ET}_0 \\ &= 1,140 * 6,161 \\ &= 7,024 \text{ mm/hr} \end{aligned}$$

6. (Baris 6) Rasio kebutuhan air tanaman (Et_c) = 0,500 (gambar pola tata tanam)
7. (Baris 7) Kebutuhan air tanaman dan rasio luas dengan rumus {(5)*(6)}:

$$\begin{aligned} \text{Et}_c \text{ rasio luas} &= \text{Et}_c * \text{Rasio luas} \\ &= 7,024 * 0,5 \\ &= 3,512 \text{ mm/hr} \end{aligned}$$

8. (Baris 8) Perkolasi dapat diketahui berdasarkan jenis tanah (Tabel 2.2), yaitu *loam* dengan perkolasi sebesar 2 mm/hr
9. (Baris 9) Rasio Perkolasi = 0,500 (dari gambar pola tata tanam)
10. (Baris 10) Perkolasi dengan rasio luas didapat dengan rumus {(8)*(9)}:

$$\begin{aligned} \text{Perkolasi}_{\text{rasioluas}} &= \text{Perkolasi} * \text{Rasio luas} \\ \text{Perkolasi}_{\text{rasioluas}} &= 2 * 0,500 = 1 \text{ mm / hr} \end{aligned}$$

11. (Baris 11) Kebutuhan air untuk penyiapan lahan (Tabel 4.5), yaitu dengan melihat perhitungan evaporasi potensial metode Penmann Modifikasi (Tabel 4.4) sebesar (ET₀) = 6,161. Dimana E_o = ET₀. 1,1, T = 30 hari dan S = 250 mm

$$\begin{aligned} \text{E}_o + \text{P} &= (6,161 * 1,1) + 2 \\ &= 8,771 \end{aligned}$$

Dengan interpolasi untuk E_o + P = 8,771 maka banyaknya air yang dipersiapkan untuk pengolahan lahan = 13,479 mm/hr

12. (Baris 12) Rasio luas penyiapan lahan = 0,500 (dari gambar pola tata tanam)

13. (Baris 13) Penyiapan lahan dengan rasio luas dengan rumus $\{(11)*(12)\}$:

$$P.L_{rasio\ luas} = \text{Kebutuhan air untuk PL} \cdot \text{Rasio luas PL}$$

$$P.L_{rasio\ luas} = 13,479 * 0,500 = 6,739 \text{ mm/hr}$$

14. (Baris 14) Rasio luas total dari gambar = 1

15. (Baris 15) Perhitungan WLR dengan rumus:

$$WLR = \frac{50}{30} = 1,670 \text{ mm/hr}, \text{ tetapi tidak terjadi penggantian air maka } WLR = 0$$

16. (Baris 16) Rasio luas WLR = 0 (dari gambar pola tata tanam)

17. (Baris 17) Rasio luas dengan WLR didapat dengan rumus $\{(15)*(16)\}$:

$$WLR_{rasio\ luas} = WLR \times \text{Rasio luas WLR}$$

$$WLR_{rasio\ luas} = 0 * 0 = 0 \text{ mm / hr}$$

18. (Baris 18) Kebutuhan air kotor dengan rumus $\{(7)+(10)+(13)+(17)\}$:

$$\text{Keb. Air kotor} = (\text{Etc dengan ratio luas}) + (\text{Penyiapan Lahan dengan ratio luas}) \\ + (\text{Perkolasi dengan ratio luas}) + (\text{WLR dengan ratio luas})$$

$$\text{Keb. Air kotor} = 3,512 + 6,739 + 1 + 0$$

$$\text{Keb. Air kotor} = 11,251 \text{ mm/hr}$$

19. (Baris 19) Curah hujan efektif diperoleh dari hasil perhitungan curah hujan efektif metode PU (Tabel 4.3). Pada bulan Januari curah hujan efektif padi (periode I) sebesar = 14,985 mm/hr.

20. (Baris 20) Kebutuhan air kotor di sawah dengan rumus:

$$\text{Keb. Air Kotor disawah} = ([18] - [19]) \frac{10^4}{24 * 3600}$$

$$\text{Keb. Air Kotor disawah} = (11,251 - 14,985) \frac{10^4}{24 * 3600} = -0,432 \text{ l/dt /ha}$$

21. (Baris 21) Efisiensi irigasi diperlukan untuk memperkirakan kehilangan air selama pengaliran di saluran induk, saluran sekunder, dan saluran tersier. Dalam perhitungan kebutuhan air irigasi rencana daerah irigasi Cileuweung faktor efisiensi diasumsikan sebesar 65% (Standar Perencanaan Irigasi).

22. (Baris 22) Kebutuhan air irigasi di intake dihitung dengan rumus $\{(20) / (21)\}$:

$$\text{Keb. Air Irigasi di Intake} = \frac{\text{Keb. Air disawah}}{\text{Efisiensi Irigasi}}$$

$$\text{Keb. Air Irigasi di Intake} = \frac{-0,432}{0,650} = -0,664 \approx 0 \text{ lt/det/ha}$$

Untuk perhitungan pola tata tanam bulan, periode, dan golongan berikutnya dapat dilihat selengkapnya pada Tabel 4.6 sampai Tabel 4.8 sebagai berikut:







UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Tabel 4.9 Rekapitulasi Kebutuhan Air Daerah Irigasi Cileuweung

No	Bulan	Periode	PTT Golongan 1 (lt/dt/ha)	PTT Golongan 2 (lt/dt/ha)	PTT Golongan 3 (lt/dt/ha)
1	April	I	0.000	0.000	0.000
2		II	0.444	0.000	0.000
1	Mei	I	0.081	0.494	0.000
2		II	0.222	0.571	0.000
1	Juni	I	0.491	0.264	0.000
2		II	0.710	0.576	0.338
1	Juli	I	0.724	0.936	0.262
2		II	0.268	0.536	0.093
1	Agustus	I	1.382	1.078	0.510
2		II	1.676	0.811	0.411
1	September	I	2.446	1.025	0.489
2		II	2.176	0.097	0.344
1	Oktober	I	1.366	0.000	0.105
2		II	1.707	0.440	0.691
1	November	I	1.397	0.000	0.000
2		II	0.000	0.000	0.000
1	Desember	I	0.140	0.559	0.402
2		II	0.603	0.414	0.414
1	Januari	I	0.000	0.000	0.000
2		II	0.000	0.000	0.000
1	Februari	I	0.000	0.000	0.000
2		II	0.000	0.000	0.000
1	Maret	I	0.000	0.000	0.000
2		II	0.000	0.000	0.000
Jumlah			15.834	7.799	4.060
Minimum			0.000	0.000	0.000
Maksimum			2.446	1.078	0.691
Rata-rata			0.660	0.325	0.169

Sumber : Perhitungan

4.5. Kehilangan Air di Waduk Akibat Filtrasi (Rembesan)

Dalam studi ini perhitungan akan rembesan digunakan untuk mengetahui besarnya kehilangan air akibat kejadian filtrasi di tubuh dan pondasi bendungan. Data yang digunakan berasal dari analisa *Detail Design* PT Tata Guna Patria.

Tabel 4.10 Besarnya Rembesan Tiap Elevasi

Elevasi (m)	Rembesan (m ³ /hari)
120	86.4
119	84.21
118	82.02
117	79.83
116	77.64
115	75.45
114	73.26
113	71.07
112	68.88
111	66.69
110	64.5
109	62.31
108	60.12
107	57.93
106	55.74
105	53.55
104	51.36
103	49.17
102	46.98
101	44.79
100	42.6
99	40.41
98	38.22
97	36.03
96	33.84
95	31.65
94	29.46
93	27.27
92	25.08
91	22.89
90	20.7
89	18.51
88	16.32
87	14.13
86	11.94
85	9.75
84	7.56

Sumber : *Detail Design* PT. Tata Guna Patria

4.6. Debit Andalan

Perhitungan debit andalan menggunakan analisa tahun dasar perencanaan (*basic year*). Metode ini biasa digunakan untuk merencanakan atau pengelolaan irigasi. Keandalan debit yang digunakan sebesar 26,02%, 50,68%, 75,34%, dan 97,30%. Selain itu untuk keperluan irigasi dengan keandalan debit 80% juga dihitung.

Dalam analisa debit andalan, data yang digunakan adalah data debit 15 harian yang berasal dari PT. Tata Guna Patria. Data debit tersebut yang digunakan pada perhitungan debit andalan. Data debit dapat dilihat pada Lampiran 12. Berikut adalah prosedur dalam analisis debit andalan metode *basic year* :

1. Urutkan data debit tahunan rerata 15 harian (Lampiran 12) dalam setahun dari kecil ke besar, seperti yang terlihat pada Tabel 4.11.

2. Menghitung nilai probabilitas dengan menggunakan rumus

$$R \% = [n / \{100 / (100\% - 90\%)\}] + 1$$

3. Menghitung nilai probabilitas untuk setiap kondisi debit andalan (%):

$$n = 14$$

$$R 97,30\%$$

$$[14 / \{100 / (100\% - 97,30\%)\}] + 1$$

$$= (14 / 37,037) + 1$$

$$= 1,37 \approx 1$$

$$n = 14$$

$$R 75,34 \%$$

$$[14 / \{100 / (100\% - 75,34\%)\}] + 1$$

$$= 4,65 \approx 5$$

$$n = 14$$

$$R 80 \%$$

$$[14 / \{100 / (100\% - 80\%)\}] + 1$$

$$= 3,8 \approx 4$$

$$n = 14$$

$$R 50,68\%$$

$$[14 / \{100 / (100\% - 50,68\%)\}] + 1$$

$$= 7,90 \approx 8$$

$$n = 14$$

$$R 26,02 \%$$

$$[14 / \{100 / (100\% - 26,02\%)\}] + 1$$

$$= 11,35 \approx 11$$

Untuk perhitungan debit andalan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut :

Tabel 4.11 Data Debit Rerata Sungai Cikaro

No	Data Debit Rata-rata		Debit Terurut		Probabilitas
	Tahun	Q (m ³ /dt)	Tahun	Q (m ³ /dt)	(%)
1	1995	1.49	2008	0.71	97.30
2	1996	1.56	2003	0.96	
3	1997	1.28	2005	1.03	
4	1998	2.63	2007	1.05	80.00
5	1999	4.20	2002	1.24	75.34
6	2000	2.13	1997	1.28	
7	2001	1.60	2004	1.30	
8	2002	1.24	2006	1.48	50.68
9	2003	0.96	1995	1.49	
10	2004	1.30	1996	1.56	
11	2005	1.03	2001	1.60	26.02
12	2006	1.48	2000	2.13	
13	2007	1.05	1998	2.63	
14	2008	0.71	1999	4.20	

Sumber : Perhitungan

Berdasarkan perhitungan debit andalan 15 harian untuk masing-masing keandalan debit pada Tabel 4.11, didapat Q andalan 97,30%, pada Tabel 4.10 menunjukkan debit andalan berada pada baris ke-1 atau tahun 2008, sehingga data debit andalan yang dipakai adalah debit tahun 2008. Untuk debit dengan setiap keandalan, selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut :

Tabel 4.12 Rekapitulasi Debit *Inflow* Waduk Cileuweung

No	Bulan	Periode	Q Andalan 26,02 %	Q Andalan 50,68 %	Q Andalan 75,34%	Q Andalan 80 %	Q Andalan 97,30%
			(m3/dt)	(m3/dt)	(m3/dt)	(m3/dt)	(m3/dt)
1	April	I	2.3249	3.4143	3.4460	0.0995	0.0527
2		II	2.5599	2.2116	1.7363	0.0398	0.0211
3	Mei	I	0.3724	0.5158	2.1227	0.0159	0.0084
4		II	0.1397	2.0745	0.2771	0.0060	1.0849
5	Juni	I	1.4420	3.9694	0.1182	0.4736	1.2639
6		II	0.1589	0.4670	0.0473	1.0284	1.5643
7	Juli	I	0.0635	0.1868	0.0189	1.8518	0.7831
8		II	0.0238	0.0700	0.0071	3.8413	1.2692
9	Agustus	I	0.0102	0.0299	0.0030	4.8643	1.8095
10		II	0.0038	0.0112	0.0011	1.8819	1.2094
11	September	I	0.0016	0.0048	0.0005	2.3116	0.1953
12		II	0.0007	0.0019	0.0002	0.3414	0.0781
13	Oktober	I	1.6755	0.0008	0.0001	0.1365	0.0313
14		II	0.1535	0.0003	0.0000	0.0512	0.0117
15	November	I	0.8904	0.0001	0.8208	0.0218	0.0050
16		II	4.2228	0.4560	2.4959	0.2204	0.0020
17	Desember	I	0.8785	4.9012	3.6082	0.1663	0.0008
18		II	0.4373	5.0624	2.5566	1.6103	0.0003
19	Januari	I	3.9673	4.2378	1.7530	0.2710	1.0657
20		II	4.6248	0.9633	5.6443	2.1789	0.5403
21	Februari	I	2.4372	1.3701	0.6486	0.8515	2.9983
22		II	1.4224	2.4667	0.2993	1.6450	2.5443
23	Maret	I	7.3370	1.7035	2.9062	0.6428	0.3293
24		II	3.3442	1.4322	1.2275	0.6088	0.1235
Jumlah			38.4922	35.5516	29.7390	25.1602	16.9924
Minimum			0.0007	0.0001	0.0000	0.0060	0.0003
Maksimum			7.3370	5.0624	3.6082	4.8643	2.9983
Rata-rata			1.60	1.48	1.24	1.05	0.71

Sumber : Perhitungan

4.7. Perhitungan Simulasi Operasi Waduk

Analisa simulasi operasi waduk dibuat berdasarkan ketersediaan air yang mengacu pada debit andalan yang masuk dan permintaan kebutuhan air yang direncanakan dengan keandalan tertentu.

4.7.1. Kegagalan dan Keandalan Waduk

Kegagalan waduk ditentukan dengan prosentase jumlah kegagalan dari total periode simulasi. Sedangkan keandalan ditentukan dengan prosentase jumlah keberhasilan dari total periode simulasi. Kegagalan yang direncanakan dalam studi ini maksimal 20% atau prosentase keandalan 80%. Sehingga didapatkan keandalan waduk adalah 80%.

Berikut ini adalah contoh perhitungan keandalan waduk, dengan mengambil data pada simulasi keandalan debit 26,02% untuk Golongan I (Tabel 4.13) :

$$P = 4 \text{ (jumlah kegagalan)}$$

$$N = 24 \text{ (jumlah periode simulasi)}$$

$$P_e = \frac{P}{N} = \frac{4}{24} = 0,17, \text{ sehingga}$$

$$R = 1 - P_e$$

$$= 1 - 0,17 = 0,833$$

Maka keandalan waduk adalah 83%, sehingga jumlah kegagalan yang diijinkan sebanyak 4 (empat) kali.

4.7.2. Pendekatan Studi Simulasi Waduk

Studi keseimbangan air tersebut mengacu pada ketersediaan debit sungai Cikaro, luas daerah irigasi, kebutuhan air di sawah per hektar, dan periode sistem operasinya.

Dalam operasi Waduk Cileuweung mempunyai skala prioritas pelayanan kebutuhan dalam penyediaan air untuk melayani daerah irigasi. Perilaku yang ditetapkan dalam simulasi ini adalah sebagai berikut :

1. Dilakukan pada kondisi debit air cukup, air normal, air rendah, air irigasi, dan air kering.
2. Operasi waduk didasarkan perimbangan antara aliran masuk dan aliran keluar, dengan mempertimbangkan kehilangan air waduk
3. Terjadi keseimbangan *volume* tampungan, yaitu untuk kondisi awal dan akhir operasi
4. Seluruh air yang dilepas untuk melayani kebutuhan air di hilir waduk diusahakan semaksimal mungkin untuk memenuhi kebutuhan air irigasi

5. Jika keadaan debit yang masuk kecil, diusahakan waduk beroperasi semaksimal mungkin untuk melayani kebutuhan air irigasi dan diharapkan meminimalkan pengeluaran dari waduk agar kebutuhan air dapat terpenuhi
6. Awal simulasi dilakukan pada saat kondisi tampungan waduk dalam keadaan penuh setelah masa pengisian pada musim hujan.

4.7.3. Langkah Perhitungan Simulasi Operasi Waduk

Diambil contoh untuk simulasi Golongan 1, dengan keandalan debit 26,02%. Langkah-langkah yang dilakukan dalam perhitungan ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan luas daerah irigasi = 6145 ha
2. Menentukan *volume* tampungan total waduk = 28.669.000 juta m³
3. Menentukan *volume* tampungan mati waduk = 2.210.000 juta m³
4. Menentukan elevasi puncak tampungan total waduk = 120 m
5. Menentukan elevasi tampungan mati waduk = 97,5 m
6. Kegagalan simulasi operasi waduk ditetapkan pada *volume* tampungan mati = 2.210.000 juta m³
7. Menghitung simulasi operasi waduk seperti berikut :
 - a. (Kolom 1) Nomor
 - b. (Kolom 2) Bulan
 - c. (Kolom 3) Periode dalam 1 bulan (15 harian)
 - d. (Kolom 4) Jumlah hari per periode dalam 1 bulan
 - e. (Kolom 5) Tampungan awal bulan (awal operasi): S = 28,669 juta m³
 - f. (Kolom 6) Elevasi awal bulan, persamaan interpolasi (Tabel 4.1)
 - g. (Kolom 7) Luas genangan waduk, menggunakan persamaan interpolasi (Tabel 4.1)
 - h. (Kolom 8) Data debit *inflow* waduk (Tabel 4.12)
 - i. (Kolom 9) Data debit *inflow* waduk :

$$q = \frac{(8) \cdot (4) \cdot 24 \cdot 3600}{1000000}$$

$$= \frac{(2,325) \cdot (15) \cdot 24 \cdot 3600}{1000000}$$

$$= 3,013 \text{ juta m}^3$$
 - j. (Kolom 10) Data kebutuhan air irigasi (lt/dt/ha) (Tabel Pola Tata Tanam 4.6)
 - k. (Kolom 11) Data kebutuhan air irigasi (m³/dt):

$$Q = \frac{(10) * (A = \text{luas lahan irigasi})}{1000}$$

$$= \frac{(0) * (6145)}{1000}$$

$$= 0,0 \text{ (m}^3/\text{dt)}$$

l. (Kolom 12) Data kebutuhan air irigasi (juta m³):

$$Q = \frac{(11) * (4) * 24 * 3600}{1000000}$$

$$= \frac{(0) * (15) * 24 * 3600}{1000000}$$

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

m. (Kolom 13) Data evaporasi (mm/hari) (Tabel 4.4)

n. (Kolom 14) Data evaporasi (juta m³):

$$Et_0 = \frac{(((13)/1000) * ((7) * 10000) * (4))}{1000000}$$

$$= \frac{(((6,161)/1000) * ((213,26) * 10000) * (15))}{1000000}$$

$$= 0,197 \text{ juta m}^3$$

o. (Kolom 15) Rembesan tiap elevasi, persamaan interpolasi (m³/hari) (Tabel 4.10) :

p. (Kolom 16) Data rembesan/kapasitas aliran filtrasi (juta m³):

$$Q_f = \frac{(15) * (4)}{1000000}$$

$$= \frac{(86,4 * 15)}{1000000}$$

$$= 0,197 \text{ juta m}^3$$

q. (Kolom 17) *Outflow* (%) :

Nilai *outflow* (%) berdasarkan kondisi tampungan waduk digunakan untuk menentukan lepasan pada periode selanjutnya.

- Jika (24) < 20, maka 70
- Jika (24) < 40, maka 98
- Jika (24) < 60, maka 99
- Jika (24) < 80, maka 99 dan (24) > 80, maka 100

Keterangan : Nilai lepasan (*outflow*) ditentukan dengan cara (coba-coba), dengan tujuan mendapatkan kondisi yang optimal (*Spillout* seminimal mungkin)

r. (Kolom 18) Total kebutuhan (juta m³):

$$\begin{aligned} \text{Total} &= (12) + (14) + (16) \\ &= 0 + 0,197 + 0,0013 \\ &= 0,110 \text{ juta m}^3 \end{aligned}$$

s. (Kolom 19) *Outflow* (juta m³):

$$\begin{aligned} \text{Out.} &= ((17/100)) * (18) \\ &= (100/100) * 0,198 \\ &= 0,198 \text{ juta m}^3 \end{aligned}$$

t. (Kolom 20) Selisih *inflow* dan *outflow* (juta m³):

$$\begin{aligned} \text{Inf.} - \text{Outf.} &= (9) + (19) \\ &= 3,013 + 0,198 \\ &= 2,815 \text{ juta m}^3 \end{aligned}$$

u. (Kolom 21) Tampungan awal + selisih *inflow* dan *outflow* (juta m³):

$$\begin{aligned} \text{S} + \text{Inf.} - \text{Outf.} &= \text{Jika } (5) + (20) < 0, \text{ maka } 0 \\ &= \text{Jika } (5) + (20) > 0, \text{ maka } = (5) + (20) \end{aligned}$$

v. (Kolom 22) Tampungan waduk terbuang (*spillout*)

- Jika (21) > (tampungan total), maka (22) = (21) - (tampungan total)
- Jika (21) < (tampungan total), maka (22) = (21)

w. (Kolom 23) Tampungan akhir waduk (digunakan untuk tampungan awal periode selanjutnya) (5) :

$$\text{S akhir} = (21) - (22)$$

x. (Kolom 24) S akhir (%):

$$\begin{aligned} &= ((23) / (5)) * 100 \\ &= (28,669 / 28,669) * 100 \\ &= 100 \% \end{aligned}$$

y. (Kolom 25) Elevasi akhir waduk, menggunakan persamaan interpolasi antara (23) dengan elevasi (Tabel 4.1)

z. (Kolom 26) Jika tampungan akhir (23) > tampungan mati, maka simulasi "sukses". Jika (23) < tampungan mati, maka simulasi "gagal".

Proses tersebut terus berulang sampai tampungan akhir dari operasi waduk selama 1 tahun, dan akan memenuhi jika kondisi tampungan awal operasi = tampungan akhir operasi.

Perhitungan simulasi operasi waduk selengkapnya dengan setiap keandalan debit untuk golongan 1, 2 dan 3 dapat dilihat pada Tabel 4.13 - 4.27, rekapitulasi hasil simulasi operasi Tabel 4.28 dan rekapitulasi debit *outflow* waduk Tabel 4.29















UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA





UNIVERSITAS BRAWIJAYA











4.8. Pedoman Lepas Pola Operasi Waduk Cileuweung

Pedoman lepasan pola operasi mengacu pada hasil simulasi operasi waduk. Dalam menentukan suatu pedoman pola operasi perlu diterapkan suatu perilaku yang sesuai dengan keandalan debit *inflow*, karakteristik waduk, kemudahan dalam pelaksanaan, hasil optimal dan efisien dalam memanfaatkan air.

Perilaku yang diterapkan adalah sebagai berikut:

1. Hasil simulasi yang digunakan adalah hasil yang optimal untuk tiap kondisi keandalan debit
2. Debit *inflow* meningkat atau menurun secara ekuivalen
3. Diharapkan pada akhir periode pengisian, waduk dalam kondisi penuh
4. Diharapkan limpahan (*spillout*) dapat diminimalisir, sehingga dapat dimanfaatkan seefisien mungkin

Studi ini akan menentukan pedoman lepasan dengan menitikberatkan pada aturan lepasan berdasarkan tampungan waduk.

Pada aturan operasi waduk dimana lepasan berdasarkan status tampungan waduk, maka dilakukan pembatasan terhadap lepasan apabila tampungan waduk menurun besarnya.

4.8.1. Penerapan Pedoman Pola Operasi Waduk Cileuweung

Pedoman operasi waduk (*rule curve*) adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara prosentase pemenuhan kebutuhan (sumbu tegak), sementara besarnya tampungan diukur dengan prosentase tampungan waduk terhadap kapasitas tampungan aktif (sumbu mendatar). Tata cara pelepasan waduk harus berdasar pada *rule curve* yang telah dihasilkan.

Parameter yang digunakan dalam penerapan pedoman operasi waduk aturan lepasan berdasarkan tampungan adalah sebagai berikut :

1. Tampungan Waduk (%)

Besarnya tampungan waduk diukur dengan prosentase tampungan terhadap kapasitas tampungan aktif

2. Lepas/Kebutuhan (%)

Besarnya pemenuhan kebutuhan diukur dengan melihat kondisi/status tampungan waduk. Artinya, apabila kondisi tampungan waduk menurun maka prosentase lepasan sesuai kebutuhan juga menurun..

Kebijakan *release* waduk dalam penerapan pedoman pola operasi menurut

Widandi Soetopo (2010:34), adalah sebagai berikut :

1. Untuk operasi waduk aturan lepasan berdasarkan tampungan diterapkan pembatasan minimum tampungan waduk lihat (Tabel 4.30)

Tabel 4.30 Lepasn Berdasarkan tampungan

No. Kisaran	Batas Minimum Tampungan Waduk (%)	Lepasn (%)
1	0	10
2	20	40
3	40	75
4	60	90
5	80	100

Sumber : Widandi Soetopo, 2010 :34

2. Untuk menentukan prosentase pemenuhan kebutuhan, lepasan (%) dapat diganti dengan cara (coba-coba). Dalam proses penentuan lepasan dengan coba-coba untuk mempermudah perhitungan dibuat suatu formula dalam simulasi waduk, misalnya untuk kasus pedoman pola operasi waduk (Tabel 4.30) maka proses pengerjaannya sebagai berikut :

- Jika ($S_{Akhir} < 20\%$), maka Lepasn 10%
- Jika ($S_{Akhir} < 40\%$), maka Lepasn 40%
- Jika ($S_{Akhir} < 60\%$), maka Lepasn 75%
- Jika ($S_{Akhir} < 80\%$), maka Lepasn 90% dan ($S_{Akhir} > 80\%$), maka Lepasn 100%

Nilai lepasan dapat diganti-ganti (coba-coba) untuk kondisi tertentu dengan dasar/pertimbangan/ketentuan sebagai berikut:

- Kondisi tampungan menurun, maka lepasan juga berkurang.
- Tujuan/goal dari pergantian nilai lepasan (coba-coba) ini adalah untuk mendapatkan kondisi optimal maksudnya, dari berbagai alternatif nilai lepasan yang telah dicoba dalam proses simulasi waduk yang akan dipakai sebagai lepasan (%) adalah nilai lepasan dengan hasil limpahan (*Spillout*) paling kecil.

3. Untuk operasi waduk aturan lepasan berdasarkan tampungan pemenuhan kebutuhan tidak selalu 100%

Dengan cara diatas setelah dilakukan beberapa alternatif nilai lepasan (%) maka didapatkan hasil yang optimal.

Untuk nilai lepasan (%) dengan keandalan debit *inflow* dan golongan yang optimal dapat dilihat selengkapnya pada pedoman pola operasi waduk aturan lepasan berdasarkan tampungan Gambar 4.17 – 4.21 dan Tabel 4.31 – 4.45.

4.8.2. Contoh Penerapan *Rule Curve* Waduk Cileuweung

Dalam contoh ini kondisi tampungan waduk dan *outflow*(%) merupakan data hasil simulasi operasi waduk pada perhitungan sebelumnya. Pada studi ini contoh penerapan pedoman pola operasi waduk adalah berasal dari simulasi keandalan debit 80% Untuk Golongan 1.

Contoh penerapan *rule curve* :

Untuk operasi bulan April periode I :

- Tampungan waduk (Tabel 4.22) dan (Gambar 4.11), tercatat awal operasi bulan Maret periode II = 28,669 juta m³ dan elevasi 120

Jadi apabila melihat pedoman pola operasi waduk aturan lepasan berdasarkan tampungan maka lepasan yang dikeluarkan pada bulan April periode I sebesar = 100% (kebutuhan).

Untuk operasi bulan November periode II :

- Tampungan waduk (Tabel 4.22) dan (Gambar 4.11), tercatat awal operasi bulan November periode I = 21,687 juta m³ dan elevasi 116,413.

Jadi apabila melihat pedoman pola operasi waduk aturan lepasan berdasarkan tampungan (Tabel 4.40) dan (Gambar 4.20), maka lepasan yang dikeluarkan pada bulan November periode II sebesar = 99% (kebutuhan).

- Jika dalam kondisi tertentu *rule curve* menjadi tidak praktis (dibawah dari *rule curve* ideal), maka diperlukan kebijakan tambahan untuk lepasan yang akan dikeluarkan.

Misalnya, untuk kondisi *rule curve* debit *inflow* 80% golongan 1 bulan januari periode I dengan tampungan 5,106 juta m³ dan elevasi 102,470, maka kebijakan tambahannya untuk periode selanjutnya dapat berpedoman pada pola operasi debit *inflow* 26,02% golongan 1 bulan januari periode II dengan lepasan 10%, dengan pertimbangan pemenuhan kebutuhannya untuk daerah irigasi akan semakin kecil dan meleset dari target yang telah direncanakan.









UNIVERSITAS BRAWIJAYA









