

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 :

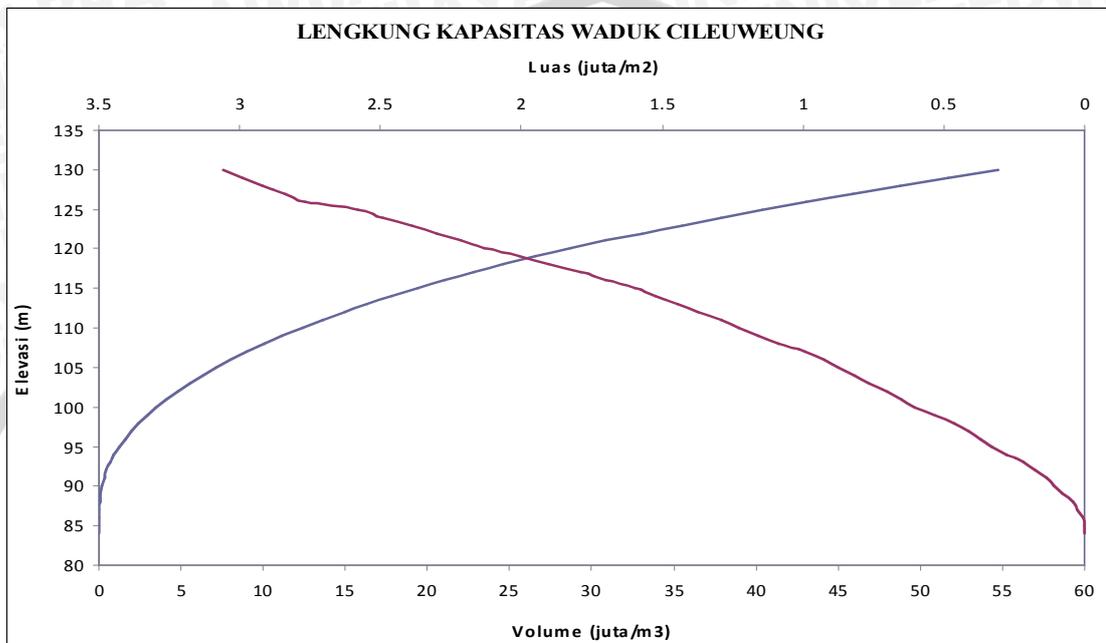
Tabel 4.1. Lengkung Luas dan Kapasitas Waduk Cileuweung

| 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 :

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

$$m = 12$$

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

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

- Mengurutkan curah hujan perbulan sesuai R_{80} dan R_{50} seperti tampak pada Lampiran 3
- 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
- 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 :

- (Kolom 1) Curah hujan andalan R_{80} (Lampiran 4), Januari = 321 mm/hari
- (Kolom 2) Curah hujan andalan R_{50} (Lampiran 5), Januari = 179 mm/hari
- (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 $Re \text{ padi} = 14,985 \text{ mm/hari}$

- (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 lt/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 (E_{tc}) dengan rumus {(3)*(4)}:

$$\begin{aligned} E_{tc} &= c * E_{To} \\ &= 1,140 * 6,161 \\ &= 7,024 \text{ mm/hr} \end{aligned}$$

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

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

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 (E_{To}) = 6,161. Dimana $E_o = E_{To}$, 1,1, T = 30 hari dan S = 250 mm

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

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













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

