

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Irigasi**

Istilah Irigasi menurut PP nomor 7 tahun 2001 adalah usaha manusia di dalam menyediakan dan pengaturan air untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi bawah tanah, irigasi pompa dan irigasi tambak. Merupakan pengembangan dan pematapan dari PP nomor 22 tahun 1982 dimana irigasi di maksudkan sebagai usaha penyediaan air dan pengaturan air menunjang pertanian.

Irigasi adalah menyalurkan air yang perlu untuk pertumbuhan tanaman ke tanah yang diolah dan mendistribusinya secara sistematis (Sosrodarsono, 2003). Irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak (PP No. 20 tahun 2006 tentang irigasi).

#### **2.2 Analisis Kebutuhan Air Irigasi**

##### **2.2.1 Lokasi**

Lokasi merupakan data tempat penelitian yang ditentukan diawal. Lokasi yang ditentukan dalam penelitian ini yaitu pada Daerah Irigasi Bendung Cimulu yang mencakup 3 (tiga) stasiun yaitu, Sta. Manonjaya, Sta. Cibeureum, dan Sta. Cimulu. Sumber air yang digunakan pada Daerah Irigasi ini berasal dari Sungai Ciloseh.

### **2.2.1.1 Luas Lahan Potensial**

Lahan potensial adalah lahan pertanian yang produktif. Pada penelitian ini luas lahan potensial Daerah Irigasi Bendung Cimulu yaitu sebesar 1546,2 ha, yang terdiri dari tiga Wilayah Kerja Pengamat yaitu, (1) Wilayah Kerja Pengamat Cimulu dengan luas sawah 1008 ha, (2) Wilayah Kerja Pengamat Dalemsuba dengan luas daerah irigasi 316,2 ha, dan (3) Wilayah Kerja Pengamat Cihanjang dengan luas sawah 222 ha.

### **2.2.1.2 Pola Tanam dan Jadwal Tanam**

Memanfaatkan air irigasi yang hemat dan dapat meningkatkan efisiensi penggunaannya maka harus memperhatikan pola tanam, menetapkan jadwal tanam dan jadwal pemberian air yang seimbang dengan air yang tersedia di sumbernya.

#### **A. Pola Tanam**

Pola tanam dapat diartikan sebagai bentuk-bentuk jadwal tanam secara umum yang menyatakan kapan memulai tanam padi, palawija, tebu dan sebagainya. Pola tanam disesuaikan dengan air dan tanah irigasi yang tersedia, mungkin harus juga dipertimbangkan potensi tadah hujan dan penyiangan, serta mempertimbangkan pemanfaatan sumber daya air untuk berbagai tujuan (KP-01, 2013).

Menurut (Aprizal & Yuniar, 2017), pola tanam (*Cropping Pattern*) adalah urutan tanaman pada sebidang lahan dalam satu tahun termasuk didalamnya masa pengolahan tanah dan masa lahan. (Aprizal & Yuniar, 2017) juga menjelaskan bahwa jenis tanaman yang akan ditanam harus mengikuti tata tanam yang dibuat. Jika menanam padi sepanjang tahun dan pada musim

kemarau air kurang, maka berarti mengorbankan bagian daerah irigasi yang lain untuk ditanami.

Penentuan pola tanam merupakan hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan kebutuhan air tanaman. Contoh pola tanam yang dapat dipakai dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut (S.K, 2001):

Tabel 2.1 Penentuan Pola Tanam

No	Ketersediaan Air untuk Jaringan Irigasi	Pola Tanam dalam Satu Tahun
1	Air cukup banyak	Padi - padi - palawija
2	Air terbatas	Padi - padi - bera
		padi - palawija - palawija
3	Air sangat terbatas	padi - palawija - bera
		palawija - padi - bera

Sumber: S.K, 1977

Tujuan pola tanam (Aprizal & Yuniar, 2017):

1. Untuk mencari pola yang sesuai dengan waktu dan ketersediaan air, agar dapat menjamin kelangsungan hidup tanaman.
2. Untuk meningkatkan jumlah dan mutu produksi pertanian serta meningkatkan pendapatan petani.
3. Efisiensi penggunaan air dan mengejar target/produktivitas yang telah ditetapkan.

#### B. Jadwal Tanam

Jadwal tanam dibuat dengan tujuan untuk mengefektifkan dan mengefisienkan penggunaan air, termasuk memanfaatkan air hujan yang ada sebanyak mungkin. Pengaturan jadwal tanam didasarkan pada pelaksanaan pola

tanam, dan dapat diatur untuk menekan kebutuhan air irigasi (Aprizal & Yuniar, 2017).

Jadwal tanam biasanya dimulai pada awal musim hujan dan berakhir pada akhir musim kemarau. Untuk pola tanam padi-padi-palawija, pelaksanaannya padi pertama ditanam pada awal musim hujan kemudian padi kedua setelah panen padi pertama. Sedangkan palawija ditanam setelah panen padi kedua yang berakhir pada akhir musim kemarau atau pada awal musim hujan. Panen palawija biasanya dijadwalkan pada akhir musim kemarau, untuk menghindari terlalu banyak air dimana tanaman palawija tidak tahan terhadap genangan yang berkepanjangan (Aprizal & Yuniar, 2017).

#### 1. Intensitas Tanaman

Intensitas tanaman adalah tingkat pengusahaan daerah irigasi dalam melaksanakan pola tanam, yang dinyatakan dalam presentase luas daerah irigasi yang dapat ditanami terhadap luas total pada setiap musim tanam (Aprizal & Yuniar, 2017). Misalnya:

- a. Pola tanam padi-padi-palawija dengan presentase MT. I Padi 100% - MT. II Padi 100% - MT. III Palawija 70%. Palawija 70% pada MT. III artinya 70% dari luas total area irigasi yang ditanami palawija.
- b. Pola tanam padi-padi-padi dengan presentase MT. I Padi 100% - MT. II Padi 100% - MT. III Padi 55%. Padi 55% pada MT. III artinya 55% dari luas total area irigasi yang ditanami padi.

#### 2. Fase Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan tanaman dibagi ke dalam 3 fase (*Rice Knowledge Bank, IRRI International Rice Research Institute*) (Aprizal & Yuniar, 2017):

- a. Vegetatif, yaitu awal pertumbuhan sampai pembentukan, mulai tanaman umur 0 – 50 hari yakni mulai bibit ditanam dari persemaian sampai keluarnya *primordia* (bakal buah). Fase ini ditandai dengan bertambahnya jumlah anakan, bertambahnya tinggi tanaman, bertambahnya daun, dan lain-lain.
- b. Reproduksi, yaitu pembentukan mulai sampai pembuahan. Umur tanaman 50 – 75 hari, dimulai dari keluarnya *primordia* bunga sampai pertumbuhan bunga padi sebelum pemasakan.
- c. Pematangan, yaitu pembungaan sampai gabah matang. Umur tanaman 75 – 100 hari, yakni pemasakan bulir-bulir padi sampai siap dipanen.
  1. Di daerah tropis, fase reproduktif 35 hari dan fase pematangan sekitar 30 hari.
  2. Perbedaan masa pertumbuhan ditentukan oleh perubahan panjang waktu fase vegetatif.

### **2.2.2 Evapotranspirasi**

Peristiwa berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan tanah dan permukaan air ke udara disebut evaporasi (penguapan). Peristiwa penguapan dari tanaman disebut transpirasi. Kedua-duanya bersama-sama disebut evapotranspirasi (Sosrodarsono & Takeda, 1976).

Evapotranspirasi adalah evaporasi dari permukaan lahan yang ditumbuhi tanaman. Berkaitan dengan tanaman, evapotranspirasi adalah sama dengan

kebutuhan air konsumtif yang didefinisikan sebagai penguapan total dari lahan dan air yang diperlukan oleh tanaman (Triatmodjo, 2006).

Proses evapotranspirasi sangat berpengaruh terhadap debit sungai, ketersediaan waduk, dan lain-lain. Laju evapotranspirasi dipengaruhi oleh faktor iklim, diantaranya:

1. Temperatur

Temperatur merupakan faktor yang tidak dapat dipisahkan dari intensitas dan lama waktu radiasi matahari. Temperatur ini berupa temperatur air, tanah, tanaman, dan temperatur atmosfer.

2. Kelembaban Udara (Rh)

Parameter ini memegang peranan penting karena udara memiliki kemampuan untuk menyerap air sesuai kondisinya termasuk temperatur udara dan tekanan udara atmosfer.

3. Kecepatan Angin

Angin merupakan faktor yang menyebabkan terdistribusinya air yang telah diuapkan ke atmosfer, sehingga proses penguapan dapat berlangsung secara kontinue sebelum terjadi kejenuhan kandungan uap di udara.

4. Radiasi Sinar Matahari

Radiasi panas matahari merupakan komponen sumber energi dalam memanaskan air, tanah, dan tanaman. Radiasi potensial sangat ditentukan oleh posisi geografis lokasi.

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung Eto, yaitu metode Thornthwaite, metode Blaney-Criddle, metode Kharufa, metode Ivanov, metode

Penman, metode Radiasi dan pengukuran dengan menggunakan panci evaporasi. Metode-metode tersebut dipakai sesuai dengan ketersediaan data yang ada.

Penetapan nilai evapotranspirasi acuan ( $E_{to}$ ) pada penelitian ini menggunakan metode Penman Modifikasi, dimana persamaannya adalah sebagai berikut:

$$E_{to} = c (W \times R_n + (1 - W) \times f(u) \times (e_a - e_d)) \quad (2.1)$$

Dimana:

$E_{to}$  : evapotranspirasi, (mm/hari)

$r$  : koefisien albedo atau koefisien pemantulan

$W$  : faktor yang mempengaruhi penyinaran matahari

$C$  : faktor penyesuaian kondisi cuaca akibat siang dan malam

$R_{ns}$  : radiasi penyinaran matahari, (mm/hari); dimana,  $R_{n1}$  adalah radiasi gelombang panjang netto (mm/hari)

$R_a$  : radiasi ekstraterrestrial atau nilai angot

$f(T)$  : fungsi temperatur

$n/N$  : perbandingan penyinaran matahari dalam 1 hari, (%)

$f(n/N)$  : fungsi perbandingan penyinaran matahari dalam 1 hari

$f(u)$  : fungsi relatif angin

$e_a$  : tekanan uap jenuh, (mbar)

$e_d$  : tekanan uap nyata, (mbar)

$R_h$  : kelembaban udara relatif

$f(ed)$  : fungsi tekanan uap nyata

Beberapa variabel perlu dicari nilainya terlebih dahulu untuk dapat menyelesaikan perhitungan evapotranspirasi dengan rumus diatas. Variabel-variabel tersebut yaitu:

- a. Angka koreksi Penman ( $ea$ ),  $w$  dan fungsi suhu ( $f(t)$ )

Mencari nilai tekanan uap jenuh ( $ea$ ), fungsi suhu ( $T$ ) dan  $W$  (faktor yang mempengaruhi penyinaran matahari) dan hubungannya dapat dilihat pada

Tabel 2.2 dan Tabel 2.3 berikut ini:

Tabel 2.2 Hubungan Faktor Penimbang ( $W$ ) untuk Efek Radiasi

Nilai $W$										
Temperatur ( $T$ ) °C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
0	0,43	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69
500	0,44	0,48	0,51	0,54	0,57	0,6	0,62	0,65	0,67	0,7
1000	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71
2000	0,49	0,53	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71	0,73
Temperatur ( $T$ ) °C	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
Ketinggian ( $z$ )										
0	0,71	0,73	0,75	0,77	0,78	0,8	0,82	0,83	0,84	0,85
500	0,72	0,74	0,76	0,78	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86
1000	0,73	0,75	0,77	0,79	0,8	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87
2000	0,74	0,77	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88

Sumber: Hadisusanto dalam Oktawirawan (2015)

Tabel 2.3 Hubungan Temperatur ( $T$ ), Faktor Penimbang ( $W$ ), Fungsi Temperatur ( $f(T)$ ), dan Tekanan uap jenuh ( $ea$ )

Temperatur (°C)	$W$	$f(T)$	$ea$ (mbar)
22	0,71	15	26,4
23	0,72	15,4	28,1
24	0,73	15,4	29,8
25	0,74	15,65	31,7
26	0,75	15,9	33,6
27	0,76	16,1	35,7



Temperatur (°C)	W	f(T)	ea (mbar)
28	0,77	16,3	37,8
29	0,78	16,5	40,1
30	0,78	16,7	42,4

Sumber: Hasil Perhitungan, 2021

b. Tekanan Uap Sebenarnya (ed)

Nilai tekanan uap sebenarnya (ed) dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$ed = ea \times Rh \quad (2.2)$$

Keterangan:

ea : tekanan uap jenuh, (mbar)

ed : tekanan uap nyata, (mbar)

Rh : kelembaban udara relatif (%)

c. Fungsi Tekanan Uap (f(ed))

Nilai f(ed) dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$f(ed) = 0,34 - 0,044 \times ed^{0,5} \quad (2.3)$$

Keterangan:

ed : tekanan uap nyata, (mbar)

f(ed) : fungsi tekanan uap

d. Fungsi Kecerahan (f(n/N))

Nilai fungsi kecerahan (f(n/N)) dapat dihitung dengan rumus:

$$f\left(\frac{n}{N}\right) = 0,1 + 0,9\left(\frac{n}{N}\right) \quad (2.4)$$

Keterangan:

$n/N$  : rasio lama penyinaran

$f(n/N)$  : fungsi rasio lama penyinaran

e. Fungsi dari Kecepatan Angin ( $f(u)$ )

Fungsi kecepatan angin ( $f(u)$ ) dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$f(u) = 0,27 \times \left(1 + \frac{u_2}{100}\right) \quad (2.5)$$

Keterangan:

$U$  : kecepatan angin, (km/hari; m/s)

$f(u)$  : fungsi pengaruh kecepatan angin

f. Radiasi Bersih Gelombang Panjang ( $Rn1$ )

Nilai  $Rn1$  dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Rn1 = f(T) \times f(ed) \times f\left(\frac{n}{N}\right) \quad (2.6)$$

Keterangan:

$f(ed)$  : fungsi tekanan uap

$f(n/N)$  : fungsi rasio lama penyinaran

$f(t)$  : fungsi temperatur

g. *Extra Terrestrial Radiation* ( $Ra$ )

Nilai  $Ra$  dapat dicari pada tabel berikut ini:

Tabel 2.4 *Extra Terrestial Radiation (Ra)*

Tabel Nilai Ra ekuivalen dengan evaporasi dalam mm/hari												
Lintang Selatan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
0	15,0	15,5	15,7	15,3	14,4	13,9	14,1	14,8	15,3	15,4	15,1	14,8
2	15,3	15,7	15,7	15,1	14,1	13,5	13,7	14,5	15,2	15,5	15,3	15,1
4	15,5	15,8	15,6	14,9	13,8	13,2	13,4	14,3	15,1	15,6	15,5	15,4
6	15,8	16,0	15,6	14,7	13,4	12,8	13,1	14,0	15,0	15,7	15,8	15,7
8	16,1	16,1	15,5	14,4	13,1	12,4	12,7	13,7	14,9	15,8	16,0	16,0
10	16,4	16,3	15,5	14,2	12,8	12,0	12,4	13,5	14,8	15,9	16,2	16,2
12	16,6	16,3	15,4	14,0	12,5	11,6	12,0	13,2	14,7	15,8	16,4	16,5
14	16,7	16,4	15,3	13,7	12,1	11,2	11,6	12,9	14,5	15,8	16,5	16,6
16	16,9	16,4	15,2	13,5	11,7	10,8	11,2	12,6	14,3	15,8	16,7	16,8
18	17,1	16,5	15,1	13,2	11,4	10,4	10,8	12,3	14,1	15,8	16,8	17,1
20	17,3	16,5	15,0	13,0	11,0	10,0	10,4	12,0	13,9	15,8	17,0	17,4
22	17,4	16,5	14,8	12,6	10,6	9,6	10,0	11,6	13,7	15,7	17,0	17,5
24	17,5	16,5	14,6	12,3	10,2	9,1	9,5	11,2	13,4	15,6	17,1	17,7
26	17,6	16,4	14,4	12,0	9,7	8,7	9,1	10,9	13,2	15,5	17,2	17,8
28	17,7	16,4	14,3	11,6	9,3	8,2	8,6	10,4	13,0	15,4	17,2	17,9
30	17,8	16,4	14,0	11,3	8,9	7,8	8,1	10,1	12,7	15,3	17,3	18,1

Sumber: [www.fao.org](http://www.fao.org)

#### h. Radiasi Gelombang Pendek (Rs)

Nilai Rs dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Rs = (0,25 + 0,54\left(\frac{n}{N}\right)) \times Ra \quad (2.7)$$

Keterangan:

Rs : rasio gelombang pendek dalam satuan evaporasi, (mm/hari)

n/N : rasio lama penyinaran

Ra : angka angot

#### i. Angka Koreksi (C)

Mencari angka koreksi dapat dilihat pada Tabel berikut ini:

Tabel 2.5 Fasktor Adjustment (C)

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C	1,09	1,07	1,03	0,98	0,95	0,93	0,95	0,97	1,00	1,05	1,09	1,10
10	1,05	1,04	1,02	0,99	0,97	0,96	0,97	0,98	1	1,03	1,05	1,06

Sumber: Soewarno, 2000

j. Koefisien Albedo atau Keofisien Pemantul ( $r$ )

Koefisien Albedo dapat ditentukan dengan sifat permukaan seperti pada

Tabel 2.6 berikut:

Tabel 2.6 Koefisien Albedo

Sifat Permukaan	R
Air Terbuka	0,06
Batu	0,12 – 0,15
Rumput	0,08 – 0,09
Tanaman Hijau	0,20

Sumber: CD Soemarto, Hidrologi Teknik, 1995

### 2.2.3 Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi menurut Departemen Pekerjaan Umum (1986) adalah sejumlah air yang dibutuhkan untuk mencukupi keperluan bercocok tanam pada petak sawah ditambah dengan kehilangan air irigasi. Pola dan waktu tanam serta jenis komoditas yang direncanakan merupakan perhitungan kebutuhan air dalam hubungannya dengan estimasi besarnya debit yang harus dipenuhi untuk keperluan irigasi, ditinjau berdasarkan pola dan waktu tanam serta jenis komoditas yang direncanakan (Wiryawan et al., 2016). Kebutuhan air irigasi sebagian besar

dicukupi air permukaan. Kebutuhan air irigasi dipengaruhi beberapa faktor seperti klimatologi, kondisi tanah, koefisien tanaman, pola tanam, pasokan air yang diberikan, luas daerah irigasi, sistem golongan, jadwal tanam, dan lain-lain (Triatmodjo, 2006).

Kebutuhan air terdiri dari banyaknya air yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, evapotranspirasi dari tanaman, evaporasi dari lapangan dan perkolasi ke dalam tanah (Sosrodarsono & Takeda, 1976). Berdasarkan (KP-03, 2013) besarnya kebutuhan air di sawah bervariasi menurut tahap pertumbuhan tanaman dan bergantung kepada cara pengolahan lahan. Kebutuhan air bersih di sawah dinyatakan dalam mm/hari.

Kebutuhan air bersih di sawah dihitung dengan persamaan:

$$NFR = Etc + P + WLR + P - Re \quad (2.8)$$

Keterangan:

NFR : kebutuhan air irigasi di sawah, (mm/hari)

Etc : kebutuhan air konsumtif, (mm/hari)

WLR : kebutuhan air untuk mengganti lapisan air, (mm/hari)

Re : curah hujan efektif, (mm/hari)

Kebutuhan air pengambilan (DR) adalah jumlah kebutuhan air irigasi dibagi dengan efisiensi irigasi, dengan rumus sebagai berikut:

$$DR = \frac{NFR}{8,64 \times ef} \quad (2.9)$$

Dimana:

DR : kebutuhan air pengambilan, (l/det/ha)

NFR : kebutuhan air bersih di sawah, (mm/hari)

ef : efisiensi irigasi

Kebutuhan air irigasi di sawah untuk padi dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut menurut (KP-01, 2013):

#### 1. Kebutuhan Air Irigasi untuk Penyiapan Lahan (KAI-L)

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan umumnya menentukan kebutuhan maksimum air irigasi pada suatu proyek irigasi. Menurut (Aprizal & Yuniar, 2017), Faktor-faktor penting yang menentukan kebutuhan air untuk penyiapan lahan adalah:

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

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan diambil 200 mm untuk tanah bertekstur berat tanpa retak-retak. Ini termasuk air untuk penjenuhan dan pengolahan tanah. Pada permulaan transplantasi tidak akan ada lapisan air yang tersisa dibawah. Setelah transplantasi selesai, lapisan air akan ditambah 50 mm. Secara keseluruhan berarti lapisan air yang diperlukan menjadi 250 mm untuk penyiapan lahan dan untuk lapisan air awal setelah transplantasi selesai. Bila lahan telah dibiarkan selama jangka waktu yang lama (2,5 bulan atau lebih), maka lapisan air yang diperlukan untuk penyiapan lahan diambil 300 mm, termasuk yang 50 mm untuk

penggenangan setelah transplantasi. Kebutuhan air untuk persiapan lahan termasuk kebutuhan air untuk persemaian (KP-03, 2013).

Perhitungan kebutuhan air irigasi selama persiapan lahan menggunakan rumus dari *Van De Goor Zijlstra* (1968). Metode tersebut berdasarkan laju air konstan dalam 1/det selama periode persiapan lahan dan menghasilkan rumus sebagai berikut:

$$IR = \frac{M e^k}{e^k - 1} \quad (2.10)$$

Dimana:

IR : kebutuhan air irigasi untuk pengolahan tanah, (mm/hari)

M : kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan, (mm/hari)

e : bilangan eksponensial, (2,71872)

$$M = Eo + P \quad (2.11)$$

Dimana:

P : perkolasi

Eo : evaporasi air terbuka yang diambil 1,1; Eto selama persiapan lahan, (mm/hari)

$$K = \frac{MT}{s} \quad (2.12)$$

Dimana:

T : jangka waktu persiapan lahan (hari)

S : tebal lapisan air pada waktu periode pengolahan tanah untuk penjemuran ditambah dengan lapisan air 50 mm sehingga total 250 mm atau air penyiapan lahan tanaman padi diambil 200-250 mm untuk jangka waktu penyiapan lahan 30 atau 45 hari yang kemudian ditambah 50 mm setelah pemindahan bibit. Sedangkan untuk kebutuhan air penyiapan lahan tanaman palawija ditentukan sebesar 50 sampai 100 mm.

## 2. Kebutuhan konsumtif (Etc)

Penggunaan konsumtif adalah jumlah air yang dipakai oleh tanaman untuk fotosintesis dari tanaman tersebut (S.K, 2001).

Berdasarkan metode praktik empiris, besarnya penggunaan konsumtif (Etc) dihitung dengan persamaan

$$Etc = Kc \times Eto \quad (2.13)$$

Dimana:

Etc : penggunaan konsumtif, (mm/hari)

Kc : koefisien tanaman

Eto : ecapotranspirasi potensial, (mm/hari)

Harga koefisien tanaman padi dan palawija untuk periode setengah bulanan disajikan pada Tabel 2.7 di bawah ini:

Tabel 2.7 Harga-harga Koefisien Tanaman Padi dan Palawija

Bulan	Padi				Palawija
	Nedeco/Prosida		FAO		FAO
	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Kedelai
0,5	1,2	1,2	1,1	1,1	0,5
1	1,2	1,27	1,1	1,1	0,75
1,5	1,32	1,33	1,1	1,05	1,00
2	1,4	1,3	1,1	1,05	1,00
2,5	1,35	1,3	1,1	0,95	0,82



Bulan	Padi				Palawija
	Nedeco/Prosida		FAO		FAO
	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Kedelai
3	1,24	0	1,05	0	0,45
3,5	1,12		0,95		0
4	0		0		

Sumber: Standar Perencanaan Irigasi KP-01

### 3. Perkolasi dan rembesan (P)

(Aprizal & Yuniar, 2017) menjelaskan bahwa tingkat perkolasi atau resapan air kedalam tanah merupakan penjumlahan yang dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- a. Tekstur tanah
- b. Permeabilitas tanah
- c. Tebal top soil
- d. Letak permukaan air tanah, dimana semakin tinggi letak muka air tanah maka akan semakin rendah perkolasinya.

Disamping hal diatas, kehilangan air dapat terjadi akibat pergerakan air tanah yang disebabkan oleh penurunan air secara gravitasi kedalam tanah. Untuk pesawahan biasanya gejala ini disebut rembesan, sedangkan untuk palawija gejala ini merupakan penurunan air akibat permukaan air yang lebih rendah dari permukaan akar. Berdasarkan kemiringan, lahan dibedakan menjadi lahan datar dengan perkolasi 1 mm/hari dan lahan miring > 5% dengan perkolasi 2-5 mm/hari. Berdasarkan tekstur, tanah dibedakan menjadi tanah berat (lempung) perkolasi 1-2 mm/hari, tanah sedang (lempung berpasir) perkolasi 2-3 mm/hari, dan tanah ringan dengan perkolasi 3-6 mm/hari. Pada penelitian ini diasumsikan perkolasi sebesar 2 mm/hari.

Perkolasi adalah gerakan air ke bawah dari zona tidak jenuh (antara permukaan tanah sampai ke permukaan air tanah) ke dalam daerah jenuh (daerah dibawah permukaan air tanah) (Aprizal & Yuniar, 2017).

Laju perkolasi didapat dari hasil penelitian lapangan, yang besarnya tergantung dari sifat tanah (tekstur dan struktur) dan karakteristik pengolahannya.

Tabel 2.8 Harga Perkolasi dari Berbagai Jenis Tanah

No	Macam Tanah	Perkolasi (mm/hari)
1	Sandy Loam	3 sampai 6
2	Loam	2 sampai 3
3	Clay	1 sampai 2

Sumber: Soemarto, 1987

#### 4. Penggantian lapisan air (WLR)

Penggantian lapisan air dilakukan dua kali selama masa pertumbuhan tanaman padi, sesuai (KP-01, 2013) masing-masing nilainya adalah:

- a. Selama 15 hari setelah transplantasi.
- b. Setelah 30 hari setelah padi berumur dua bulan.

Penggantian lapisan air dilakukan setelah pemupukan. Penggantian lapisan air dilakukan menurut kebutuhan. Jika tidak ada penjadwalan semacam itu, lakukan penggantian sebanyak 2 kali, masing-masing 50 mm (atau 3,3 mm/hari selama 1/2 bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi.

Penggantian lapisan air pada penelitian ini dilakukan sebanyak 2 kali atau 2 bulan masing-masing 50 mm atau 1,67 mm/hari.

#### 5. Curah Hujan Efektif (Re)

Curah hujan ( $H$ , *rain fall*), adalah banyak air yang jatuh ke permukaan bumi, dalam hal ini permukaan bumi dianggap datar dan kedap, tidak mengalami penguapan dan

tersebar merata serta dinyatakan sebagai ketebalan air (*rain fall depth, mm, cm*) (Soewarno, 2000). Curah hujan satu milimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air sebanyak satu liter.

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah/daerah dan dinyatakan dalam mm (Sosrodarsono & Takeda, 1976).

Menghitung curah hujan rata-rata daerah ada beberapa macam cara dari pengamatan curah hujan di beberapa titik, yaitu cara rata-rata aljabar, cara Theissen, cara garis Isohiet, cara garis potong antara (*intersection line method*), cara dalam elevasi (*mean areal elevation method*)

#### a. Curah Hujan Rerata

Pada penelitian ini, penulis menghitung curah hujan rata-rata daerah menggunakan cara rata-rata Aljabar. Curah hujan rata-rata daerah dengan cara rata-rata aljabar dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Sosrodarsono & Takeda, 1976):

$$R = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} \quad (2.14)$$

Dimana:

R : curah hujan daerah

R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, ..., R<sub>n</sub> : curah hujan di tiap titik pengamatan

N : jumlah titik (pos-pos) pengamatan

Hasil yang diperoleh dengan cara ini tidak berbeda jauh dari hasil yang didapat dengan cara lain, jika titik pengamatan itu banyak dan tersebar merata di seluruh daerah itu. Keuntungan cara ini ialah bahwa cara ini obyektif dan berbeda dengan umpama cara ishoiet, dimana faktor subyektif turut menentukan (Sosrodarsono & Takeda, 1976)

b. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif ( $H_e$ , effectif rain fall) adalah curah hujan yang jatuh di suatu daerah dan digunakan tanaman untuk pertumbuhan. Curah hujan tersebut merupakan curah hujan wilayah yang harus diperkirakan dari titik pengamatan yang dinyatakan dalam milimeter (Triatmodjo, 2006). Harga-harga curah hujan efektif ditentukan dengan kemungkinan tak terpenuhi 20%, ditentukan dengan menggunakan cara analisis frekuensi (KP-01, 2013). Dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$R_{80} = \frac{m}{n+1}, m = R_{80} \times (n + 1) \quad (2.15)$$

Dimana:

$R_{80}$  : curah hujan sebesar 80%

$n$  : jumlah data

$m$  : rangking curah hujan yang dipilih

Penentuan curah hujan efektif untuk tanaman padi diambil 70% dari curah hujan tenggan bulanan yang terlampaui 80% dari waktu periode tersebut (KP-01, 2013), dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Re Padi} = 0,7 \times \frac{1}{15} \times R80 \quad (2.16)$$

Dimana:

Re : curah hujan efektif, (mm/hari)

R80 : curah hujan yang kemungkinan tidak terpenuhi sebesar 20%, (mm)

Besarnya curah hujan efektif untuk tanaman palawija diambil 50% (KP-01, 2013), dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Re Palawija} = 0,5 \times \frac{1}{15} \times R80 \quad (2.17)$$

#### 2.2.4 Debit Ketersediaan Air

Ketersediaan air merupakan jumlah debit air yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan air irigasi, ketersediaan air irigasi sering sulit untuk diatur dan diprediksi dengan akurat. Hal ini karena ketersediaan air irigasi mengandung unsur variabilitas ruang (*spatial variability*) dan variabilitas waktu (*temporal variability*) yang sangat tinggi dan dipengaruhi oleh masukan (*input*) dan keluaran (*output*) yang terjadi (Triatmodjo, 2006).

Informasi ketersediaan air andalan (debit, hujan) perlu diketahui untuk pemanfaatan air. Debit andalan (*defendable flow*) adalah debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Untuk keperluan irigasi, debit minimum sungai kemungkinan terpenuhi ditetapkan 80%, sedang untuk keperluan air baku biasanya ditetapkan 90%. Misal debit andalan 80% adalah 3 m<sup>3</sup>/det, artinya kemungkinan terjadinya debit sebesar 3 m<sup>3</sup>/det atau lebih adalah 80% dari waktu pencatatan data, atau dengan kata lain 20% kejadian debit adalah kurang dari 3 m<sup>3</sup>/det (Triatmodjo, 2006).

Debit andalan ditentukan untuk periode tengah-bulanan. Debit minimum sungai dianalisis atas dasar data debit harian sungai agar analisisnya cukup tepat dan andal. Catatan data yang diperlukan harus meliputi jangka waktu yang paling sedikit 20 tahun (KP-01, 2013).

Menentukan debit andalan seperti yang tertuang pada KP-01 2013 terdapat 3 (tiga) metode yang dapat dipakai, yaitu: analisis frekuensi data debit, neraca air, dan pengamatan lapangan.

#### 2.2.4.1 Metode Pengukuran Debit

Pengukuran debit bisa dilakukan dengan mengukur kecepatan aliran dan luas penampang melintang (untuk pengukuran kecepatan aliran digunakan alat *Current Meter*). Kecepatan yang didapatkan dari alat ukur arus, maka didapatkan debit pada suatu saluran. Rumus yang dipakai dalam menghitung debit metode ini adalah sebagai berikut:

$$Q = V \times A \quad (2.18)$$

Dimana:

Q : debit sungai, (m<sup>3</sup>/det)

V : kecepatan aliran, (m/det)

A : luas penampang aliran, (m<sup>2</sup>)

Mencari kecepatan rata-rata dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V = \frac{V_{0,2} + V_{0,8}}{2} \quad (2.19)$$

Besaran debit setelah diketahui maka tingkat keandalan debit dapat terjadi berdasarkan probabilitas kejadian, mengikuti rumus *Weibull* (KP-01, 2013):

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2.20)$$

Dimana:

- P : probabilitas terjadinya kumpulan nilai (misalnya: debit) yang diharapkan selama periode pengamatan, (%)
- m : nomor urut kejadian, dengan urutan variasi dari besar ke kecil
- n : jumlah data pengamatan debit

#### 2.2.4.2 Kehilangan Air (*Losses*)

Kehilangan air pada saluran irigasi yaitu sejumlah air yang diambil untuk keperluan irigasi tetapi pada kenyataannya bukan digunakan oleh tanaman. Kehilangan air tersebut dapat berupa penguapan di saluran irigasi atau perkolasi dari saluran.

Memperkirakan kehilangan air di saluran dapat dilakukan dengan 3 cara (KP-03, 2013):

1. Dengan melakukan pengukuran di lapangan
2. Memakai angka rembesan hasil pengukuran terdahulu untuk jenis tanah yang sama seperti tertuang pada Tabel 2.9 berikut:

Tabel 2.9 Angka-angka Hasil Pengukuran Rembesan

Type Material	Banyaknya Rembesan per 24 Jam yang Melalui Keliling Basah (m <sup>3</sup> /hr)
Kerikil yang menjadi satu dan tanah keras	0,00963
Tanah liat	0,01161
Sandy loam	0,01872
Abu vulkanis	0,01925
Abu vulkanis dengan pasir	0,02775
Pasir dan abu vulkanis atau liat	0,03398
Tanah berpasir dengan cadas	0,04757
Tanah berkerikil & berpasir	0,06230

Sumber: (Standar Perencanaan Irigasi, KP-03, 2013)

Angka-angka diatas digunakan untuk perkiraan permulaan banyaknya rembesan yang serius, maka diambil sebagai batas rembesan sebesar 0,157 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/hari. Jika banyak rembesan melebihi nilai tersebut maka saluran harus memakai pasangan.

### 3. Menggunakan rumus rembesan dari Moritz (USBR)

Besarnya rembesan dapat dihitung dengan rumus Moritz (USBR):

$$S = 0,035 \times C \times \sqrt{\frac{Q}{v}} \quad (2.21)$$

Dimana:

S : kehilangan akibat rembesan,

0,035 : faktor konstanta, (m/km)

C : koefisien tanah rembesan, (m/hari)

Q : debit, (m<sup>3</sup>/det)



v : kecepatan, (m/det)

Harga-harga koefisien tanah rembesan (C) dapat diambil seperti pada Tabel 2.10 berikut:

Tabel 2.10 Harga-harga Koefisien Tanah Rembesan (C)

Jenis Tanah	Harga C (m/hari)
Kerikil sementasi dan lapisan penahan dengan geluh pasir	0,10
Lempung dan geluh lempungan	0,12
Geluh pasir	0,20
Abu vulkanik	0,21
Pasir dan abu vulkanik atau lempung	0,37
Lempung pasir dengan batu	0,51
Batu pasir dan kerikil	0,67

Sumber: Standar Perencana Irigasi (KP-03,2013)

### 2.3 Efisiensi Irigasi

Efisiensi irigasi (EI) adalah perbandingan antara air yang dipakai dan air yang disadap, dinyatakan dalam %. Untuk tujuan-tujuan perencanaan, dianggap bahwa seperlima sampai seperempat dari jumlah air yang diambil akan hilang sebelum air itu sampai di sawah. Kehilangan ini disebabkan oleh kegiatan eksploitasi, evaporasi, dan perembesan (S.K, 2001).

Kehilangan air di jaringan irigasi pada umumnya dapat dibagi-bagi sebagai berikut (KP-03, 2013):

1. 12,5 – 20% di petak tersier, antara bangunan sadap tersier di bawah
2. 5 – 10% di saluran sekunder
3. 5 – 10% di saluran utama

Efisiensi secara keseluruhan (total) dihitung sebagai berikut:

$$Ef = e_t \times e_s \times e_p \quad (2.22)$$

Dimana:

$e_t$  : efisiensi jaringan tersier

$e_s$  : efisiensi jaringan sekunder

$e_p$  : efisiensi jaringan primer

Efisiensi irigasi ada diantara 0,65 – 0,79 dan diambil efisiensi irigasinya pada penelitian ini sebesar 0,65

## 2.4 Optimasi Irigasi

Optimasi irigasi dilakukan untuk mendapatkan layanan daerah irigasi yang optimum, sehingga dapat meningkatkan produktifitas pertanian. Keadaan optimum yaitu dimana air yang tersedia dapat memenuhi kebutuhan air irigasi di daerah irigasi yang bersangkutan.

## 2.5 Keseimbangan Air

Keseimbangan air (*water balance*) dalam irigasi adalah keadaan dimana terjadi kebutuhan air irigasi sama dengan ketersediaan air. Keseimbangan air (*water balance*) dalam pengelolaan air irigasi dinyatakan dengan faktor k dengan nilai faktor k maksimum adalah 1 (satu). Kondisi nilai faktor k < 1 (satu) dapat menyebabkan peluang terjadinya resiko. Faktor k adalah rasio ketersediaan air dengan kebutuhan air irigasi.

Hitungan keseimbangan air dilakukan untuk mengecek apakah air yang tersedia cukup memadai untuk memenuhi kebutuhan air irigasi pada daerah irigasi yang bersangkutan. Apabila debit sungai melimpah, maka luas daerah proyek

irigasi adalah tetap karena luas maksimum daerah layanan (*command area*) dan proyek akan direncanakan sesuai dengan pola tanam yang dipakai. Bila debit sungai tidak berlimpah dan kadang-kadang terjadi kekurangan debit maka ada 3 pilihan yang bisa diperhitungkan (KP-03, 2013):

1. Luas daerah irigasi dikurangi, bagian-bagian tertentu dari daerah yang bisa diairi (luas maksimum daerah layanan) tidak akan diairi.
2. Melakukan modifikasi dalam pola tanam, dapat diadakan perubahan dalam pemilihan tanaman atau tanggal tanam untuk mengurangi kebutuhan air irigasi di sawah agar ada kemungkinan untuk mengairi areal yang lebih luas dengan debit yang tersedia.
3. Rotasi teknik golongan, untuk mengurangi kebutuhan puncak air irigasi, rotasi teknis atau golongan mengakibatkan eksploitasi yang lebih kompleks dan dianjurkan hanya untuk proyek irigasi yang luasnya sekitar 10000 ha atau lebih

## 2.6 Faktor K

Dasar-dasar untuk menentukan tindakan dalam perencanaan irigasi adalah dengan menganalisis faktor k yang persamaannya sebagai berikut (Aprizal & Yuniar, 2017):

$$Faktor\ k = \frac{Debit\ Andalan\ 80\%}{Debit\ Kebutuhan\ Air} \quad (2.23)$$

Berdasarkan nilai faktor k tersebut diatas, didapatkan beberapa kondisi sebagai berikut:

1. Harga faktor k = 1

Air yang ada dibangun utama mampu mencukupi seluruh areal sawah setiap waktu dan air dapat dialirkan secara terus menerus.

2. Harga faktor k  $0,8 < k < 1$

Dalam keadaan ini dapat dipertahankan aliran air yang terus menerus, namun pemberian air harus disesuaikan sebanding dengan faktor  $k$ . Pengurangan sampai dengan 20% atau  $k = 0,8$  masih memungkinkan tanaman bertahan hidup, namun debit pada setiap pintu bangunan bagi atau sadap dikurangi sesuai dengan nilai faktor  $k$  tersebut.

3. Harga  $0,5 < k < 0,8$

Bila hal ini terjadi, air yang tersedia tidak mencukupi. Tindakan diatas bila dilaksanakan atau dengan melakukan pemberian air secara bergilir.

4. Harga faktor  $k > 0,5$

Keadaan ini tanaman akan mengalami kesulitan dalam pertumbuhan. Oleh karena itu tindakan pengoptimalisasian perlu dilakukan.

Pemberian air secara terus menerus dapat dilakukan selama debit ketersediaan air  $> 65\%$  debit kebutuhan air (S.K, 2001). Yang berarti selama faktor  $k > 0,65$  maka pemberian air secara terus menerus dapat dilakukan.