

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Sistem Irigasi**

Irigasi adalah pemberian air kepada tanah untuk menunjang curah hujan yang tidak cukup agar tersedia lengas bagi pertumbuhan tanaman (*Linsley, Franzini, 1992*). Secara umum pengertian irigasi adalah penggunaan air pada tanah untuk keperluan penyediaan cairan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman (*Hansen, dkk, 1990*).

Dalam Peraturan Pemerintah (PP) No.23/1982 Ps. 1, pengertian irigasi, bangunan irigasi, dan petak irigasi telah dibakukan yaitu sebagai berikut:

1. Irigasi adalah usaha penyediaan dan pengaturan air untuk menunjang pertanian.
2. Jaringan irigasi adalah saluran dan bangunan yang merupakan satu kesatuan dan diperlukan untuk pengaturan air irigasi mulai dari penyediaan, pengambilan, pembagian, pemberian dan penggunaannya.
3. Daerah irigasi adalah kesatuan wilayah yang mendapat air dari satu jaringan irigasi.
4. Petak irigasi adalah petak tanah yang memperoleh air irigasi.

Sistem irigasi meliputi prasarana irigasi, air irigasi, manajemen irigasi, kelembagaan pengelolaan irigasi, dan sumber daya manusia. Dimana sistem irigasi itu sendiri ialah sistem yang mengatur pengambilan air dari suatu sumber guna menunjang kegiatan pertanian kemudian memberikannya secara teratur ke petak-petak sawah melalui saluran irigasi dan membuang air yang berlebih dari petak-petak sawah ke sungai-sungai melalui saluran pembuang. Untuk lahan pertanian, sawah merupakan lahan budi daya tanaman yang membutuhkan air.

Dalam perkembangannya sampai saat ini, ada 4 jenis sistem irigasi yang biasa digunakan. Keempat sistem irigasi itu adalah sebagai berikut :

### 1. Irigasi Gravitasi

Sistem ini memanfaatkan efek dari gravitasi untuk mengalirkan air. Bentuk rekayasa ini tidak memerlukan tambahan energi untuk mengalirkan air sampai ke petak sawah.

### 2. Irigasi Bawah Tanah

Tanah akan dialiri dibawah permukaannya. Saluran yang ada di sisi petak sawah akan mengalirkan air melalui pori-pori tanah. Sehingga air akan sampai ke akar tanaman.

### 3. Irigasi Siraman

Air akan disemprotkan ke petak sawah melalui jaringan pipa dengan bantuan pompa air. Penggunaan air akan lebih efektif dan efisien karena dapat dikontrol dengan sangat mudah.

### 4. Irigasi Tetesan

Sistem ini mirip dengan irigasi siraman. Hanya saja air akan langsung ditetaskan/disemprotkan ke bagian akar. Pompa air dibutuhkan untuk mengalirkan air.

## **2.2. Jaringan Irigasi**

Jaringan irigasi adalah satu kesatuan saluran dan bangunan yang diperlukan untuk pengaturan air irigasi, mulai dari penyediaan, pengambilan, pembagian, pemberian dan penggunaannya. Secara hirarki jaringan irigasi dibagi menjadi jaringan utama dan jaringan tersier. Jaringan utama meliputi bangunan, saluran primer dan saluran sekunder. Sedangkan jaringan tersier terdiri dari bangunan dan saluran yang berada dalam petak tersier.

Menurut Kriteria Perencanaan Irigasi KP-01, berdasarkan cara pengaturan pengukuran aliran air dan kelengkapan fasilitasnya, jaringan irigasi dapat dibedakan menjadi tiga tingkat, yaitu:

1. Jaringan irigasi sederhana

Dalam jaringan irigasi sederhana, pembagian air tidak diukur atau diatur, dan kelebihan air akan mengalir ke saluran pembuang. Persediaan air pada sistem ini biasanya berlimpah dengan kemiringan berkisar antara sedang sampai curam. Kelemahan dari system ini antara lain adalah pemborosan air, banyak penyadapan yang memerlukan biaya lebih mahal, dan umur saluran pendek karena bukan bangunan permanen.

1. Jaringan irigasi semi-teknis

Pada sistem ini bendung terletak di sungai, dan dilengkapi dengan bangunan pengambilan dan bangunan pengukur di hilir.

2. Jaringan irigasi teknis

Pada jaringan irigasi teknis, ada pemisahan antara jaringan irigasi dan jaringan pembuang.

Setiap tingkat jaringan irigasi mempunyai karakter tersendiri, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1 dibawah ini. (Sumber: KP-01)

**Tabel 2.1.** Klasifikasi Jaringan Irigasi

No.	Jaringan Irigasi	Klasifikasi Jaringan Irigasi		
		Teknis	Semi teknis	Sederhana
1	Bangunan Utama	Bangunan permanen	Bangunan permanen atau semi permanen	Bangunan sementara
2	Kemampuan bangunan dalam mengukur dan mengatur debit	Baik	Sedang	Jelek
3	Jaringan saluran	Saluran irigasi dan pembuang terpisah	Saluran irigasi dan pembuang tidak sepenuhnya terpisah	Saluran irigasi dan pembuang jadi satu
4	Petak tersier	Dikembangkan sepenuhnya	Belum dikembangkan atau densitas bangunan tersier jarang.	Belum ada jaringan terpisah yang dikembangkan
5	Efisiensi secara keseluruhan	Tinggi 50% - 60% (Ancar-ancar)	Sedang 40% – 50% (Ancar-ancar)	Kurang < 40% (Ancar-ancar)

No.	Jaringan Irigasi	Klasifikasi Jaringan Irigasi		
		Teknis	Semi teknis	Sederhana
6	Ukuran	Tak ada batasan	Sampai 2.000 ha	Tak lebih dari 500 ha
7	Jalan Usaha Tani	Ada ke seluruh areal	Hanya sebagian areal	Cenderung tidak ada
8	Kondisi O&P	Ada instansi yang menangani. Dilaksanakan teratur	Belum teratur	Tidak ada O&P

Sumber: Standar Perencanaan Irigasi KP-01,2013

### 2.3. Ketersediaan Air irigasi

Ketersediaan air irigasi baik di lahan maupun di bangunan pengambilan diharapkan dapat mencukupi kebutuhan air irigasi yang diperlukan pada daerah irigasi yang ditinjau sesuai dengan luas areal dan pola tanam yang ada. Informasi ketersediaan air di bangunan pengambilan atau sungai diperlukan untuk mengetahui jumlah air yang dapat disediakan pada lahan yang ditinjau berkaitan dengan pengelolaan air irigasi.

#### 2.3.1. Ketersediaan Air di Lahan

Ketersediaan air di lahan adalah air yang tersedia di suatu lahan pertanian yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi di lahan itu sendiri. Ketersediaan air di lahan yang dapat digunakan untuk pertanian terdiri dari dua sumber, yaitu kontribusi air tanah dan hujan efektif. Sering kali ketersediaan air irigasi di lahan pada saat musim hujan sudah mencukupi, sehingga tidak diperlukan lagi suplai dari saluran irigasi. Kontribusi air tanah sangat dipengaruhi oleh karakteristik tanah, kedalaman akuifer, dan jenis tanaman (kedalaman zona perakaran).

Curah hujan yang tercatat tidak semua merupakan curah hujan efektif (*Re*). Curah hujan dikatakan efektif apabila curah hujan yang jatuh selama masa pertumbuhan tanaman dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air oleh

tanaman. Besarnya pemanfaatan curah hujan efektif tergantung pada pola pemberian air, laju pengurangan air genangan di sawah, kedalaman lapisan air (*water layer*) yang harus dipertahankan di sawah, cara pemberian air ke petak sawah, jenis tanaman dan tingkat ketahanan tanaman terhadap kekurangan air.

Curah hujan efektif tengah bulanan untuk tanaman padi ditentukan sebesar 70% dari curah hujan rata-rata tengah bulanan dengan kemungkinan tidak terpenuhi 20%, dan kemungkinan terpenuhi hujan andalan 80% (Anonim KP-01, 1986). Banyak metode yang dapat dilakukan untuk menghitung probabilitas hujan andalan diantaranya adalah dengan metode *Weibull*. Persamaan yang digunakan dengan metode *Weibull* adalah :

$$P = \frac{m}{(n+1)} \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan:

P = probabilitas

m = nomor urut data dari besar ke kecil

n = jumlah data

Untuk tanaman padi, curah hujan efektif dihitung dengan persamaan 2.2 (Anonim KP-01, 1986) sebagai berikut:

$$Re = 0,7 \times \frac{1}{15} R_{80} \dots\dots\dots (2.2)$$

Untuk tanaman palawija, curah hujan efektif dihitung dengan persamaan (Anonim KP-01, 1986) sebagai berikut:

$$Re = 0,7 \times \frac{1}{15} R_{50} \dots\dots\dots (2.3)$$

Tahapan perhitungan curah hujan efektif dengan metode *Weibull* sebagai berikut:

1. Urutkan data hujan pada setengah bulanan tertentu dari data yang bernilai besar ke data yang bernilai kecil.

2. Hitung probabilitas kejadian untuk masing-masing urutan dengan menggunakan persamaan Weibull
3. Nilai data hujan dengan keandalan 80% dan 50% dapat ditentukan, yakni besaran hujan yang paling mendekati probabilitas kejadian sebesar 80% dan 50 %.
4. Besaran hujan yang mendekati probabilitas tersebut selanjutnya dikalikan seperlima belas dan 70% untuk mendapatkan nilai hujan efektif harian.

### **2.3.2. Ketersediaan Air di Bangunan Pengambilan**

Ketersediaan air di bangunan pengambilan adalah air yang tersedia di suatu bangunan pengambilan yang dapat digunakan untuk mengairi lahan pertanian melalui suatu sistem irigasi. Untuk sistem irigasi dengan memanfaatkan air sungai informasi ketersediaan air di sungai (debit andalan) perlu untuk diketahui. Debit andalan adalah debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk irigasi (Anonim KP-01, 1986). Debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi ditetapkan 80%, yang dapat diartikan pula bahwa kemungkinan (probabilitas) debit sungai lebih rendah dari debit andalan adalah 20%. Analisis ketersediaan air di bangunan pengambilan dilakukan dengan analisis probabilitas menggunakan metode *Weibull*. Data debit yang diamati diurutkan dari besar ke kecil.

### **2.4. Kebutuhan Air Irigasi**

Air irigasi adalah sejumlah air yang pada umumnya diambil dari sungai atau bendung yang dialirkan melalui jaringan sistem irigasi untuk menjaga keseimbangan jumlah air di dalam tanah (Suhardjono, 1994). Air yang dibutuhkan ini adalah jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi kehilangan air melalui evapotranspirasi tanaman yang sehat, tumbuh pada sebidang lahan yang luas dengan kondisi tanah yang tidak mempunyai kendala (kendala lengas tanah dan kesuburan tanah) dan mencapai potensi produksi penuh pada kondisi lingkungan tumbuh tertentu.

Dalam perencanaan irigasi terdapat terminologi penggunaan konsumtif, yaitu jumlah total air yang dikonsumsi tanaman untuk evaporasi, transpirasi, dan aktivitas metabolisme tanaman. Penggunaan konsumtif ini disebut juga sebagai evapotranspirasi tanaman (ETc). Evaporasi adalah perpindahan air dari permukaan tanah dan permukaan air bebas ke atmosfer. Sedangkan transpirasi adalah perpindahan air dari tanaman ke atmosfer melalui permukaan daun. Transpirasi merupakan proses fisiologis alamiah pada tanaman, dimana air yang dihisap oleh akar diteruskan lewat tubuh tanaman dan diuapkan kembali melalui daun.

Evapotranspirasi kumulatif selama pertumbuhan tanaman dipengaruhi antara lain oleh:

1. Jenis tanaman,
2. Radiasi surya,
3. Sistem irigasi,
4. Lamanya pertumbuhan,
5. Hujan.

Sedangkan jumlah air yang ditranspirasikan tanaman tergantung pada:

1. Jumlah lengas yang tersedia di daerah perakaran,
2. Suhu dan kelembaban udara,
3. Kecepatan angin,
4. Intensitas dan lama penyinaran,
5. Tahapan pertumbuhan,
6. Tipe dedaunan.

Besarnya evapotranspirasi yang terjadi akan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Faktor-faktor meteorologi, yang meliputi antara lain radiasi matahari, suhu udara dan permukaan, kelembaban, angin dan tekanan Barometer.
2. Faktor-faktor geografi, yaitu meliputi antara lain kualitas (warna, salinitas dan lain-lain), jeluk sumber air, ukuran dan bentuk permukaan air.

3. Faktor-faktor lainnya seperti kandungan lengas tanah, karakteristik kapiler tanah, jeluk muka air tanah, warna tanah, tipe, kerapatan dan tingginya vegetasi, serta ketersediaan air (hujan, irigasi, dan lain-lain).

#### 2.4.1. Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain lama waktu penyiapan lahan. Durasi penyiapan lahan merupakan periode waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pengolahan tanah. Durasi penyiapan lahan dipengaruhi oleh pertambahan areal pengolahan tanah dalam suatu grup petakan sawah yang sangat tergantung pada ketersediaan tenaga kerja manusia, hewan atau traktor.

Kebutuhan air irigasi untuk penyiapan lahan dapat dihitung dengan menggunakan metode *Van de Goor* dan *Zijlstra* (1986). Metode tersebut didasarkan pada laju air konstan dalam liter per detik selama periode penyiapan lahan dengan rumus sebagai berikut:

$$IR = \frac{M e^k}{(e^k - 1)} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$K = \frac{MT}{S} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$M = E_o + P \dots\dots\dots (2.14)$$

$$E_o = 1,1 \times ETo \dots\dots\dots (2.15)$$

dengan:

IR = kebutuhan air di sawah (mm/hari)

M = kebutuhan air untuk menggantikan air yang hilang akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan (mm/hari)

Eo = evaporasi air terbuka selama penyiapan lahan (mm/hari)

P = perkolasi (mm/hari)

T = jangka waktu penyiapan lahan (hari)

S = kebutuhan air untuk penjemuran sebesar 200 mm + 50 mm untuk lapisan genangan

e = bilangan dasar (2,718281828)

Untuk seluruh petak tersier, maka jangka waktu yang dianjurkan untuk penyiapan lahan adalah 1,5 bulan (45 hari). Jika penyiapan lahan terutama dilakukan dengan peralatan mesin, maka jangka waktu satu bulan (30 hari) dapat dipertimbangkan. Kebutuhan air untuk pengolahan lahan (*puddling*) bisa diambil 200 mm (untuk penjemuran/*presaturation*). Untuk keperluan penggenangan sawah pada awal transplantasi akan ditambahkan lapisan air 500 mm lagi. Angka 200 mm diatas mengandaikan bahwa tanah itu tidak ditanami selama lebih dari 2,5 bulan. Jika tanah itu dibiarkan bera lebih lama lagi, ambillah 250 mm sebagai kebutuhan air untuk penyiapan lahan.

Kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan, diberikan dalam Standar Perencanaan Irigasi KP-01 Dirjen Pengairan Dep. PU seperti pada Tabel 2.2 berikut:

**Tabel 2.2.** Kebutuhan Air Selama Penyiapan Lahan

Eo + P mm /hari	T = 30 hari		T = 45 hari	
	S = 250 mm	S = 300 mm	S = 250 mm	S = 300 mm
5,0	11,1	12,7	8,4	9,5
5,5	11,4	13	8,8	9,8
6	11,7	13,3	9,1	10,1
6,5	12	13,6	9,4	10,4
7	12,3	13,9	9,8	10,8
7,5	12,6	14,2	10,1	11,1
8	13	14,5	10,5	11,4
8,5	13,3	14,8	10,8	11,8
9	13,6	15,2	11,2	12,1
9,5	14	15,5	11,6	12,5
10	14,3	15,8	12	12,9
10,5	14,7	16,2	12,4	13,2
11,0	15,0	16,5	12,8	13,06

Sumber: Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 2013

#### 2.4.2. Penggunaan Konsumtif untuk Tanaman (*consumptive use*)

Penggunaan konsumtif adalah jumlah air yang dipakai untuk proses evapotranspirasi. Penggunaan konsumtif disebut juga sebagai evapotranspirasi aktual, yang dapat didekati dengan menghitung evapotranspirasi tanaman, besarnya dipengaruhi oleh jenis tanaman, umur tanaman, dan faktor klimatologi.

Penggunaan konsumtif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.16 sebagai berikut (Anonim, KP-01, 1986):

$$ET_c = K_c \times ET_o \dots\dots\dots (2.16)$$

dengan:

$ET_c$  = evapotranspirasi aktual tanaman (mm/hari)

$ET_o$  = evapotranspirasi potensial (mm/hari)

$K_c$  = koefisien tanaman

##### 1. Evapotranspirasi Potensial ( $ET_o$ )

Evapotranspirasi merupakan salah satu kebutuhan air untuk budidaya pertanian yang terdiri atas kehilangan air karena penguapan secara langsung melalui permukaan (evaporasi) dan kebutuhan air selama pertumbuhan tanaman (transpirasi) (Bardan, 2014). Evapotranspirasi potensial ( $ET_o$ ) adalah evapotranspirasi tanaman yang dijadikan acuan, yaitu pada rerumputan pendek.  $ET_o$  adalah kondisi evaporasi berdasarkan keadaan meteorologi seperti:

- a. Temperatur ( $^{\circ}C$ )
- b. Lama penyinaran matahari (%)
- c. Kelembaban udara (%), dan
- d. Kecepatan angin (m/s)

Lebih lanjut, untuk menghitung laju evapotranspirasi digunakan kombinasi dua metode yaitu metode aerodinamis dan metode keseimbangan energi, metode ini terutama dikembangkan oleh *Penman* pada tahun 1948 (*James*, 1988).

Perhitungan evapotranspirasi tanaman acuan dengan metode *Penman-Monteith* (Hambali, 2007) adalah:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{(T + 273)} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \dots\dots\dots (2.17)$$

dengan:

- ET<sub>0</sub> = evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari)
- R<sub>n</sub> = radiasi matahari netto di atas permukaan tanaman (MJ/m<sup>2</sup>/hari)
- G = kerapatan panas terus-menerus pada tanah (MJ/m<sup>2</sup>/hari)
- γ = konstanta psikrometrik (kPa/°C)
- T = suhu udara rata-rata (°C)
- U<sub>2</sub> = kecepatan angin pada ketinggian 2 m (m/s)
- e<sub>s</sub> = tekanan uap air jenuh (kPa)
- e<sub>a</sub> = tekanan uap air aktual (kPa)
- Δ = kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu (kPa/°C)

Persamaan Penman diatas dapat diselesaikan dengan memperoleh nilai-nilai dari variabel yang digunakan, rumus-rumus dari variabel tersebut antara lain:

a. Radiasi matahari netto (R<sub>n</sub>)

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \dots\dots\dots (2.18)$$

dimana:

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s \dots\dots\dots (2.19)$$

$$R_s = \left( a_s + b_s \frac{n}{N} \right) R_a \dots\dots\dots (2.20)$$

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_s \dots\dots\dots (2.21)$$

Bila nilai n tidak tersedia pada data klimatologi, maka rumusnya dapat diganti dengan:

$$R_s = K_{Rs} \sqrt{(T_{max} - T_{min})} R_a \dots\dots\dots (2.22)$$

$$R_{so} = (0,75 + 2 \times 10^{-5} z) R_a \dots\dots\dots (2.23)$$

$$R_a = \frac{24(60)}{\pi} G_{sc} d_r [\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s)] \dots\dots\dots (2.24)$$

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right) \dots\dots\dots (2.25)$$

$$\delta = 0,409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1,39\right) \dots\dots\dots (2.26)$$

$$\omega_s = \arccos[-\tan(\varphi) \tan(\delta)] \dots\dots\dots (2.27)$$

$$R_{nl} = \sigma \left[ \frac{T_{max} K^4 + T_{min} K^4}{2} \right] (0,34 - 0,14 \sqrt{e_a}) \left( 1,35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0,35 \right) \dots\dots\dots (2.28)$$

dengan:

$R_n$  = radiasi matahari netto (MJ/m<sup>2</sup>/hari)

$R_{ns}$  = radiasi netto gelombang pendek (MJ/m<sup>2</sup>/hari)

$\alpha$  = koefisien albedo

$R_s$  = radiasi matahari yang datang (MJ/m<sup>2</sup>/hari)

$R_{so}$  = radiasi matahari (*clear-sky*) (MJ/m<sup>2</sup>/hari)

$a_s + b_s$  = fraksi radiasi ekstraterrestrial yang mencapai bumi pada hari yang cerah (n=N)

n = durasi aktual penyinaran matahari (jam)

N = durasi maksimum yang memungkinkan penyinaran matahari (jam)

$R_a$  = radiasi ekstraterrestrial (MJ/m<sup>2</sup>/hari)

$K_{Rs}$  = koefisien tetapan = 0,16 untuk daerah tertutup dan 0,19 untuk daerah pantai ( $^{\circ}C^{-0,5}$ )

z = elevasi stasiun di atas permukaan laut(m)

$G_{sc}$  = konstanta matahari = 0,0820 (MJ/m<sup>2</sup>/hari)

$d_r$  = inverse jarak relatif bumi-matahari

$\omega_s$  = sudut jam matahari terbenam

- $\phi$  = garis lintang (rad)
- $\delta$  = deklinasi matahari (rad)
- J = nomor hari dalam tahun antara 1 (1 januari) sampai 365 atau 366 (31 Desember)
- $R_{nl}$  = radiasi netto gelombang panjang yang pergi (MJ/m<sup>2</sup>/hari)
- $\sigma$  = konstanta Stefan-Boltzman (4,903x10<sup>-9</sup> MJ/m<sup>2</sup>/hari)
- $T_{max}$  = temperatur absolut maksimum selama periode 24 jam (K = °C + 273,16)
- $T_{min}$  = temperatur absolut minimum selama periode 24 jam (K = °C + 273,16)

b. Kerapatan panas terus-menerus pada tanah (G)

$$G = c_s \frac{T_i - T_{i-1}}{\Delta t} \Delta Z \dots\dots\dots (2.29)$$

dengan:

- G = kerapatan panas terus menerus pada tanah (MJ/m<sup>2</sup>/hari)
  - $c_s$  = kapasitas pemanasan tanah (MJ/m<sup>3</sup>/hari)
  - $T_i$  = temperatur udara pada waktu i (°C)
  - $T_{i-1}$  = temperatur udara pada waktu i-1 (°C)
  - $\Delta t$  = panjang interval waktu (hari)
  - $\Delta z$  = kedalaman tanah efektif (m)
- Untuk periode harian atau 10 harian, nilai G sangat kecil (mendekati nol), sehingga nilai G tidak perlu diperhitungkan (FAO,1999)

c. Konstanta psikometrik ( $\gamma$ )

$$\gamma = \frac{c_p P}{\epsilon \lambda} = 0,665 \times 10^{-3} P \dots\dots\dots (2.30)$$

$$P = 101,3 \left( \frac{293 - 0,0065z}{293} \right)^{5,26} \dots\dots\dots (2.31)$$

dengan:

- $\gamma$  = konstanta psikometrik (kPa/°C)
- P = tekanan atmosfer (kPa)

$\lambda$  = 'laten heat of vaporization' = 2,45 (MJ/kg)

$c_p$  = pemanasan spesifik pada tekanan konstan =  $1,013 \times 10^{-3}$  (MJ/kg $^{\circ}$ C)

$\varepsilon$  = perbandingan berat molekul uap air/udara kering = 0,622

d. Temperatur rata-rata (T)

$$T_{mean} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \dots\dots\dots (2.32)$$

dengan:

$T_{mean}$  = temperatur udara harian rata-rata ( $^{\circ}$ C)

$T_{max}$  = temperatur udara harian maksimum ( $^{\circ}$ C)

$T_{min}$  = temperatur udara harian minimum ( $^{\circ}$ C)

e. Kecepatan angin pada ketinggian 2 m ( $U_2$ )

$$U_2 = U_z \frac{4,87}{\ln(67,8z - 5,42)} \dots\dots\dots (2.33)$$

dengan:

$U_2$  = kecepatan angin 2 m di atas permukaan tanah (m/s)

$U_z$  = kecepatan angin terukur z m di atas permukaan tanah (m/s)

z = ketinggian pengukuran di atas permukaan tanah (m)

f. Kelembaban relatif (RH)

$$RH = 100 \frac{e_a}{e^{\circ}(T)} \dots\dots\dots (2.34)$$

$$e^{\circ}(T) = 0,6108 \exp \left[ \frac{17,27T}{T+237,3} \right] \dots\dots\dots (2.35)$$

dengan:

RH = kelembaban relatif (%)

$e_a$  = tekanan uap aktual (kPa)

$e^{\circ}(T)$  = tekanan uap jenuh pada temperatur udara T (kPa)

T = temperatur udara ( $^{\circ}$ C)

g. Tekanan uap jenuh ( $e_s$ )

$$e_s = \frac{e^o(T_{max}) + e^o(T_{min})}{2} \dots\dots\dots (2.36)$$

dengan:

$e_s$  = tekanan uap jenuh (kPa)

$e^o(T_{max})$  = tekanan uap jenuh pada temperatur udara maksimum (kPa)

$e^o(T_{min})$  = tekanan uap jenuh pada temperatur udara minimum (kPa)

h. Tekanan uap aktual ( $e_a$ )

$$e_a = \frac{e^o(T_{min}) \frac{RH_{max}}{100} + e^o(T_{max}) \frac{RH_{min}}{100}}{2} \dots\dots\dots (2.37)$$

atau:

$$e_a = e^o(T_{min}) \frac{RH_{max}}{100} \dots\dots\dots (2.38)$$

atau:

$$e_a = \frac{RH_{mean}}{100} \left[ \frac{e^o(T_{max}) + e^o(T_{min})}{2} \right] \dots\dots\dots (2.39)$$

dengan:

$e_a$  = tekanan uap aktual (kPa)

$e^o(T_{max})$  = tekanan uap jenuh pada temperatur harian maksimum (kPa)

$e^o(T_{min})$  = tekanan uap jenuh pada temperatur harian minimum (kPa)

$RH_{max}$  = kelembaban relatif maksimum (%)

$RH_{min}$  = kelembaban relatif minimum (%)

$RH_{mean}$  = kelembaban relatif rata-rata (%)

i. Kurva kemiringan tekanan uap ( $\Delta$ )

$$\Delta = \frac{4098 \left[ 0,6108 \exp\left(\frac{17,27T}{T+237,3}\right) \right]}{(T+237,3)^2} \dots\dots\dots (2.40)$$

dengan:

$\Delta$  = kurva kemiringan tekanan uap jenuh pada temperatur udara T (kPa)

T = temperatur udara (°C)

## 2. Koefisien Tanaman (Kc)

Koefisien tanaman adalah harga konversi untuk mendapatkan nilai evapotranspirasi tanaman. Besarnya Kc dipengaruhi oleh jenis, varietas dan umur tanaman.

Koefisien tanaman menggambarkan hasil evapotranspirasi tertentu yang tumbuh dalam keadaan optimum (Wilson, 1993). Koefisien tanaman untuk masing-masing jenis tanaman sangat berbeda dan tergantung pada:

- Macam tanaman (padi, jagung, tebu, dan lainnya)
- Macam varietas dan umur tanaman
- Masa pertumbuhan

Tabel 2.3 berikut ini menunjukkan harga koefisien tanaman (Kc):

**Tabel 2.3.** Harga Koefisien Tanaman (Kc)

Periode tengah Bulanan	Padi Nedeco/ Prosida		FAO		Palawija
	Varietas biasa	Varietas Unggul	Varietas Biasa	Varietas Unggul	
0,5	1,20	1,20	1,10	1,10	0,58
1,0	1,20	1,27	1,10	1,10	0,68
1,5	1,32	1,33	1,10	1,05	1,10
2,0	1,40	1,30	1,10	1,05	1,21
2,5	1,35	1,30	1,10	0,95	1,17
3,0	1,25	0,00	1,05	0,00	1,09
3,5	1,12	0,00	0,95		
4,0	0,00	0,00	0,00		

Sumber: Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 2013

### 2.4.3. Kebutuhan Air untuk Perkolasi dan Rembesan

Perkolasi adalah proses Bergeraknya air dalam tanah secara vertikal maupun horizontal ke lapisan tanah yang lebih dalam. Perkolasi dan rembesan dipengaruhi oleh beberapa faktor (Purwanti, dkk., 2017), antara lain:

1. Tekstur tanah

Tanah dengan tekstur halus mempunyai angka perkolasi yang rendah, sedangkan tanah dengan tekstur yang kasar mempunyai angka perkolasi yang besar.

2. Permeabilitas tanah

Semakin besar permeabilitas tanah, maka semakin kecil angka perkolasi, dan sebaliknya.

3. Tebal lapisan tanah bagian atas

Makin tipis lapisan tanah bagian atas, makin rendah/kecil angka perkolasi nya.

Perkolasi dibedakan menjadi perkolasi vertikal dan horizontal. Menurut hasil penelitian di lapangan, perkolasi vertikal lebih kecil daripada perkolasi horizontal, angkanya berkisar antara 3 sampai 10 kali, terutama untuk sawah-sawah dengan kemiringan besar. Perkolasi horizontal masih dapat dipergunakan lagi oleh petak sawah di bawahnya sehingga perkolasi horizontal tidak diperhitungkan sebagai kehilangan. Tingkat perkolasi menurut Standar Perencanaan Irigasi KP 01 ditunjukkan pada tabel berikut:

**Tabel 2.4.** Angka Perkolasi untuk Beragam Tekstur Tanah

Jenis Tanah	Angka Perkolasi	
	Padi (mm/hari)	Palawija (mm/hari)
Tekstur Berat	1	2
Tekstur Sedang	2	4
Tekstur Ringan	5	10

*Sumber: Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 1986*

#### 2.4.4. Kebutuhan Air untuk Penggantian Lapisan Air

Penggantian Lapisan Air (WLR) diberikan setelah masa pemupukan selesai, diusahakan untuk menjadwalkan dan mengganti lapisan air menurut atau sesuai kebutuhan. Apabila tidak ada penjadwalan semacam itu, dilakukan penggantian sebanyak 2 kali, masing-masing 50 mm setiap penggantian atau sebesar 3,3 mm/hari selama setengah bulan.

Penggantian air menurut masa penyiapan lahan adalah 1,7 mm/hari untuk masa penyiapan lahan 30 hari (satu bulan) dan 1,1 mm/hari untuk masa penyiapan lahan 45 hari (Anonim, KP-01, 1986).

#### 2.4.5. Curah Hujan Efektif

Hujan efektif adalah curah hujan yang secara efektif dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk irigasi padi curah hujan efektif bulanan diambil 70% dari curah hujan rata-rata tengah bulanan dengan kemungkinan tidak terpenuhi 20%. Hal di atas dilakukan dengan mengingat tidak seluruh hujan yang jatuh meresap ke dalam tanah dan dimanfaatkan oleh tanaman, tetapi menjadi air permukaan (*run off*) (Bardan, M., 2014).

Menurut Standar Perencanaan Irigasi KP 01, untuk irigasi pada curah hujan efektif bulanan diambil 70% dari curah hujan minimum tengah bulanan dengan periode ulang 5 tahun. Curah hujan efektif dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$R_e = 0,7 \times \frac{1}{15} R_{80} \dots\dots\dots (2.41)$$

dengan:

$R_e$  = curah hujan efektif (mm/hari)

$R_{80}$  = curah hujan minimum tengah bulanan dengan kemungkinan terpenuhi 80%

Sedangkan untuk irigasi tanaman palawija, curah hujan efektif ditentukan oleh curah hujan rata-rata bulanan dengan kemungkinan terpenuhi 50% yang dihubungkan dengan evapotranspirasi rata-rata bulanan.

#### 2.4.6. Efisiensi Irigasi

Efisiensi irigasi adalah perbandingan air yang dipakai dan air yang disadap, dinyatakan dalam persen. Sedangkan efisiensi total adalah perkalian efisiensi saluran tersier, saluran sekunder, dan saluran primer (Bardan, M., 2014).

Untuk tujuan perencanaan, dianggap bahwa seperempat sampai sepertiga dari jumlah air yang diambil akan hilang sebelum air itu sampai di sawah, kehilangan ini kemungkinan bisa disebabkan oleh kegiatan eksploitasi, terjadinya evaporasi di lahan dan rembesan. Kehilangan akibat evaporasi dan rembesan umumnya kecil saja jika dibandingkan dengan jumlah kehilangan air yang akibat kegiatan eksploitasi, maka perhitungan hanya dilakukan apabila kelulusan tanah cukup tinggi.

Jika mengacu pada Bagian Penunjang untuk Standar Perencanaan Irigasi, Dep. P.U., 1986, besarnya efisiensi irigasi adalah:

- a. Efisiensi pada saluran primer = 90%
- b. Efisiensi pada saluran sekunder = 90%
- c. Efisiensi pada saluran tersier = 80%

Sehingga efisiensi keseluruhan yang digunakan untuk kebutuhan irigasi adalah sebesar 65% dari sumbernya.

## 2.5. Pola Tanam

Pola tanam dalam satu tahun harus melihat ada/tidaknya air (ketersediaan air) pada daerah irigasi, pada umumnya pola tanam diberikan seperti pada tabel berikut:

**Tabel 2.5.** Pola Tanam

<b>Ketersediaan air untuk jaringan irigasi</b>	<b>Pola tanam satu tahun</b>
Tersedia air dalam jumlah banyak	Padi – Padi – Palawija
Tersedia air dalam jumlah cukup	Padi – Padi – Bera Padi – Palawija – Palawija
Daerah yang sedang kekurangan air	Padi – Palawija- Bera Palawija – Padi - Bera

*Sumber: Edisono, dkk., 1997*

## 2.6. Kebutuhan Air Bersih di Sawah (NFR)

Perhitungan kebutuhan bersih air di sawah untuk tanaman padi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu kebutuhan pada masa pengolahan lahan dan kebutuhan air pada masa pertumbuhan, sehingga kebutuhan air untuk tanaman padi dapat ditentukan dengan persamaan berikut (Anonim, KP 01, 1986):

$$NFR = I_r - R_e \quad (\text{masa penyiapan lahan}) \dots\dots\dots (2.42)$$

$$NFR = ET_c + W_{lr} + P - R_e \quad (\text{masa pertumbuhan}) \dots\dots\dots (2.43)$$

Sementara untuk menghitung kebutuhan air di sawah untuk tanaman palawija ditentukan dengan menggunakan persamaan (Anonim, KP 01, 1986):

$$NFR = ET_c + P - R_e \dots\dots\dots (2.44)$$

dengan:

NFR = kebutuhan bersih air di sawah (mm/hari)

$I_r$  = kebutuhan air untuk masa penyiapan lahan (mm/hari)

$R_e$  = hujan efektif (mm/hari)

$ET_c$  = kebutuhan air untuk penggunaan konsumtif tanaman (mm/hari)

$W_{lr}$  = kebutuhan air untuk penggantian lapisan air (mm/hari)

$P$  = kebutuhan air untuk perkolasi dan rembesan (mm/hari)

## 2.7. Kebutuhan Pengambilan Air (DR)

Kebutuhan pengambilan air adalah jumlah debit air yang dibutuhkan oleh satu hektar sawah untuk kebutuhan tanaman. Satuan pengambilan kebutuhan air untuk tanaman adalah l/dt/ha. Kebutuhan pengambilan air dapat dihitung dengan persamaan (Anonim, KP 01, 1986):

$$DR = \frac{NFR}{EI \times 8,64} \dots\dots\dots (2.45)$$

dengan:

DR = kebutuhan pengambilan air (lt/dt/ha)

NFR = kebutuhan bersih air di sawah (mm/hari)

EI = efisiensi irigasi, biasanya diambil 65%

1/8,64 = angka konversi satuan (mm/hari) menjadi (l/dt/ha)

## 2.8. Debit *Intake*

Debit *intake* adalah debit yang disadap dan kemudian dialirkan ke dalam saluran irigasi untuk memenuhi kebutuhan air irigasi di sawah. Satuan debit *intake* untuk kebutuhan air di sawah adalah m<sup>3</sup>/dt. Besarnya debit dari *intake* dapat dihitung menggunakan persamaan 2.46 berikut (Anonim, KP 01, 1986):

$$Q = \frac{DR \times A}{1000} \dots\dots\dots (2.46)$$

dengan:

Q = debit *intake* (m<sup>3</sup>/dt)

DR = kebutuhan pengambilan (l/dt/ha)

A = luas areal irigasi (ha)

## 2.9. Imbangan Air (*Water Balance*)

Nilai imbangan air harus lebih besar atau sama dengan satu agar kebutuhan air tanaman tercukupi. Neraca air adalah gambaran potensi dan pemanfaatan sumber daya air dalam periode tertentu, dari neraca air dapat diketahui potensi sumber daya air yang masih belum dimanfaatkan dengan optimal.

Neraca air menunjukkan keseimbangan antara jumlah air yang masuk ke, yang tersedia di, dan yang keluar dari sistem atau sub-sistem tertentu. Secara sederhana, neraca air dapat dirumuskan sebagai (Harto, Sri., 2000):

$$I = O \pm \Delta S \dots\dots\dots (2.47)$$

dengan:

I = masukan (*inflow*)

O = keluaran (*outflow*)

$\Delta S$  = perubahan tampungan (*storage change*)

Masukan (*inflow*) adalah semua air yang masuk ke dalam sistem atau sub-sistem tertentu. Sedangkan keluaran (*outflow*) adalah semua air yang keluar dari sistem atau sub-sistem tertentu. Perubahan tampungan adalah perbedaan antara jumlah semua kandungan air dalam satu unit waktu yang ditinjau.