

BAB II

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

2.1 Umum

2.1.1 Definisi Irigasi

Berikut ini dipaparkan definisi irigasi menurut para ahli:

“Irigasi adalah proses penambahan air untuk memenuhi kebutuhanlengas tanaman bagi pertumbuhan tanaman”(Israelsen & Hansen, 1980);

“Irigasi adalah usaha penyediaan dan pengaturan air untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi air permukaan, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa danirigasi”(PP 77/2001);

“Irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan, pemanfaatan, dan pembuangan irigasi untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa irigasi tambak”(PP Irigasi 20/2006);

“Tindakan intervensi manusia untuk mengubah aliran air dari sumbernya mengenai ruang dan waktu serta mengelola sebagian atau seluruh jumlah tersebut untuk menaikkan produksi tanaman”(Small & Svendsen, 1992).

Dari beberapa pendapat para ahli tersebut dapat disimpulkan bahwa irigasi merupakan suatu kegiatan pengairan suatu lahan untuk meningkatkan produksi suatu tanaman khususnya pertanian.

2.1.2 Fungsi Irigasi

Adapun fungsi irigasi adalah:

1. Memasok kebutuhan air tanaman;
2. Menjamin ketersediaan air apabila terjadi kemarau;
3. Menurunkan suhu tanah
4. Melunakkan lapis keras pada saat pengolahan lahan.

2.2 Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah.

Faktor- faktor yang mempengaruhi besarnya air yang perlu disediakan dengan sistem irigasi adalah:

1. Curah hujan;
2. Kontribusi air tanah;
3. Evapotranspirasi;
4. Perkolasi.

Tanaman membutuhkan air agar dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik. Air tersebut dapat berasal dari air hujan, kontribusi air tanah dan air irigasi. Sementara kehilangan air dari daerah akar tanaman adalah berupa Evapotranspirasi dan Perkolasi.

Apabila jumlah air yang diperoleh dari curah hujan dan kontribusi air tanah tidak mencukupi kebutuhan air yang diperlukan tanaman selama masa

pertumbuhannya maka penyediaan dengan sistem irigasi diperlukan sebagai alternatif penanggulangannya.

2.3 Curah Hujan

Air yang dibutuhkan oleh tanaman dapat sepenuhnya atau sebagian didapatkan dari curah hujan. Curah hujan untuk setiap periode atau dari tahun ke tahun berubah-ubah sehingga disarankan untuk menggunakan curah hujan rencana misalnya dengan probabilitas 70% atau 85% dari pada menggunakan curah hujan rata-rata. Apabila ada kemungkinan terjadinya produksi tanaman yang nyata selama musim kemarau, misalnya pada saat tanaman sangat sensitip dengan kurangnya air maka probabilitas dapat dinaikkan menjadi 90%. Metode perhitungan probabilitas tersebut dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:

1. Metode pengelompokan dan curah hujan;
2. Metode analisa Frekuensi Kumulatif.

Agar perhitungan lebih teliti biasa digunakan Metode Analisa Frekuensi Kumulatif. Adapun langkah-langkah perhitungannya sebagai berikut:

1. Tabulasikan curah hujan untuk periode yang diketahui;
2. Susun data curah hujan dengan urutan dari yang terbesar ke yang terkecil dan berikan nomor urut (m);
3. Hitung frekuensi kumulatif (f).

$$f = \frac{100 m}{n+1} \quad (\text{Gumbel, 1954}) \dots \dots \dots (2.1)$$

$$f = \frac{100 (2m-1)}{2n} \quad (\text{Hazen, 1989}) \dots \dots \dots (2.2)$$

$$f = \frac{100 (m-0,3)}{(n+0,4)} \quad (\text{Veldbock, 1973}) \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

f = frekuensi kumulatif

m = nomor urut dari curah hujan

n = jumlah tahun pengamatan

2.4 Curah Hujan Efektif

Untuk irigasi padi curah hujan efektif bulanan diambil 70% dari curah hujan minimum tengah bulanan. Cara penentuan curah hujan efektif yaitu dengan mengambil rata-rata yang paling mendekati frekuensi kumulatif (metode Gumbel, Hazen dan Veldbock).

$$Re = 0,7 \frac{1}{15} R \text{ (setengah bulan)} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana:

Re = curah hujan efektif

R (setengah bulan) = curah hujan minimum tengah bulanan

2.5 Evapotranspirasi

2.5.1 Evaporasi

Evaporasi (penguapan) merupakan peristiwa berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan tanah dan air ke udara (Sosrodarsono,1976,57). Evaporasi merupakan faktor penting dalam studi tentang pengembangan sumber-sumber daya air. Evaporasi sangat mempengaruhi debit sungai, besarnya kapasitas waduk, besarnya kapasitas pompa untuk irigasi, penggunaan konsumtif untuk tanaman dan lain-lain.

Air akan menguap dari tanah, baik tanah gundul maupun yang tertutup oleh tanaman dan pepohonan, pada permukaan yang tidak tembus air seperti atap dan jalan raya, air bebas mengalir. Laju evaporasi atau penguapan akan berubah-ubah menurut warna dan sifat pemantulan permukaan (*albedo*) dan hal lain juga akan berbeda untuk permukaan yang langsung tersinari oleh matahari dan yang terlindungi dari sinar matahari.

Besarnya faktor meteorologi yang mempengaruhi besarnya evaporasi adalah sebagai berikut (Soemarto, 1986: 43):

1. Radiasi matahari

Evaporasi merupakan konversi air ke dalam uap air. Proses ini terjadi hampir tanpa berhenti di siang hari dan kerap kali juga di malam hari. Perubahan dari keadaan cair menjadi gas ini memerlukan energi berupa panas latent untuk evaporasi. Proses evaporasi akan sangat aktif jika ada penyinaran langsung dari matahari.

2. Angin

Jika air menguap ke atmosfer maka lapisan batas antara permukaan tanah dan udara menjadi jenuh oleh uap air sehingga proses evaporasi berhenti. Agar proses berjalan terus lapisan jenuh harus diganti dengan udara kering. Pergantian itu hanya dimungkinkan jika ada angin. Jadi, kecepatan angin memegang peranan penting dalam proses evaporasi.

3. Kelembaban relatif

Faktor lain yang mempengaruhi evaporasi adalah kelembaban relatif udara. Jika kelembaban relatif naik, maka kemampuan udara untuk menyerap air akan pada batas tanah dan udara yang sama kelembaban relatifnya tidak berkurang sehingga laju evaporasinya akan menurun. Penggantian lapisan udara akan menolong untuk memperbesar laju evaporasi. Ini hanya dimungkinkan jika diganti dengan udara yang lebih kering.

4. Suhu (temperatur)

Energi sangat diperlukan agar evaporasi berjalan terus. Jika suhu udara dan tanah cukup tinggi, proses evaporasi akan berjalan lebih cepat dibandingkan jika suhu udara dan tanah rendah karena adanya energi panas yang tersedia. Karena kemampuan udara untuk menyerap uap air akan naik jika suhunya naik, maka suhu udara mempunyai efek ganda terhadap besarnya evaporasi, sedangkan suhu tanah dan air hanya mempunyai efek tunggal.

2.5.2 Transpirasi

Transpirasi adalah suatu proses ada peristiwa uap air meninggalkan tubuh tanaman dan memasuki atmosfer. Fakta iklim yang mempengaruhi laju transpirasi adalah: intensitas penyinaran matahari, tekanan uap air di udara, suhu, kecepatan angin. Transpirasi dari tubuh tanaman pada siang hari dapat melampaui

evaporasi dari permukaan air atau permukaan tanah basah, tetapi sebaliknya pada malam hari lebih kecil bahkan tidak ada transpirasi.

“Hanya sebagian kecil air saja yang terserap oleh sistem akar tumbuhan yang tetap berada dalam jangkauan pohon, semuanya dilepaskan ke atmosfer sebagai uap melalui *transpirasi*. Proses ini merupakan suatu fase penting dari siklus (daur) hidrologi karena merupakan mekanisme utama dengan mana hujan yang jatuh dipermukaan tanah dikembalikan ke atmosfer” (Linsley, 1989: 145).

“Proses transpirasi berjalan terus hampir sepanjang hari dibawah pengaruh sinar matahari. Pada malam hari pori-pori daun (yang terletak di bagian bawah daun), yang disebut stomata tanaman, menutup, yang menyebabkan terhentinya proses transpirasi dengan drastis” (Soemarto, 1986: 44).

Transpirasi dari tubuh tanaman pada siang hari dapat melampaui evaporasi dari permukaan air atau permukaan tanah basah, tetapi sebaliknya pada malam hari lebih kecil bahkan tidak ada transpirasi. Besarnya transpirasi dipengaruhi oleh:

1. Iklim dan cuaca;
2. Tanaman (jenis dan pertumbuhannya);
3. Kandungan air dalam tanah.

2.5.3 Evapotranspirasi

Transpirasi (penguapan melalui tanaman) dan evaporasi (proses penguapan bebas) (Suhardjono, 1994: 11) dari permukaan tanah

bersama-sama disebut evapotranspirasi atau kebutuhan air (*consumptive-use*). Evapotranspirasi ada tiga macam yaitu:

1. Evapotranspirasi Potensial (ET_p)

Evapotranspirasi Potensial (ET_p) adalah besarnya evapotranspirasi dari suatu keadaan dimana terdapat kandungan air optimum, dan pengaturan agronomi yang optimum. ET_p dipengaruhi oleh keadaan iklim dan cuaca serta kemampuan tanaman mengabsorpsi air. ET_p selalu lebih besar atau sama dengan Evapotranspirasi Actual (ET_a).

2. Evapotranspirasi Actual (ET_a)

Evapotranspirasi Actual (ET_a) adalah evapotranspirasi yang terjadi pada kondisi yang sebenarnya dari suatu jenis tanaman. ET_a dipengaruhi oleh iklim, cuaca dan kemampuan tanaman mengabsorpsi air dalam kondisi *moisture content* tanah yang sebenarnya.

3. Evapotranspirasi Acuan (ET_o)

Doorenbos dan Pruitt (1975) mendefenisikan Eto sebagai evapotranspirasi dari suatu permukaan tanah yang ditumbuhi oleh rumput hijau homogen setinggi 8 s/d 15 cm, yang tumbuh dengan aktif menutupi tanah secara sempurna dan tidak kekurangan air.

Evapotranspirasi adalah faktor dasar untuk menentukan kebutuhan air dalam rencana irigasi dan merupakan proses yang penting dalam siklus hidrologi (Sosrodarsono, 1976: 60). Satuan

daripada evapotranspirasi pada umumnya dinyatakan dalam mm/hari atau mm/masa pertumbuhan.

$$\begin{aligned} 1 \text{ mm/hari} &= 10.000 \text{ liter/ha.hari} \\ &= 1 \text{ liter/m}^2 \cdot \text{hari} \\ &= 10 \text{ m}^3/\text{ha.hari} \\ &= 0,11574074 \text{ liter/detik.hari} \end{aligned}$$

Evapotranspirasi sering disebut sebagai kebutuhan konsumtif tanaman yang merupakan jumlah air untuk evaporasi dari permukaan areal tanaman dengan air untuk transpirasi dari tubuh tanaman. Jumlah kadar air yang hilang dari tanah oleh evapotranspirasi tergantung pada (Soemarto, 1986: 44):

1. Adanya persediaan air yang cukup;
2. Faktor-faktor iklim ;
3. Tipe dan cara kultivasi tumbuh-tumbuhan tersebut.

Dengan faktor iklim yang mempengaruhi besarevapotranspirasi, berikut disajikan gambaran data iklim yang diperlukan untuk perhitungan evapotranspirasi daerah Indonesia (Suhardjono, 1994: 30):

1. Temperaur udara rata-rata bulanan (I);

Suhu udara merupakan data yang terpenting yang harus tersedia bila akan menggunakan rumus Blaney-criddle. Radiasi maupun penman. Rata-rata suhu bulanan di Indonesia berkisar antara 24-

29°C dan tidak terlalu berbeda dari bulan yang satu dengan bulan yang lain;

2. Kelembaban relatif rata-rata bulanan (RH);

Kelembaban relatif dan humidry (RH) (bersatuan %) merupakan perbandingan antara tekanan uap air dengan uap air jenuh. Data pengukuran di Indonesia, menunjukkan besarnya kelembaban relatif antara 65% sampai 85%. Hal tersebut menempatkan Indonesia sebagai daerah dengan tingkat kelembaban yang relatif tinggi. Pada musim penghujan (Oktober – Maret) kelembababn relatif rata-rata lebih tinggi dari pada musim kemarau (April – September).

3. Kecepatan angin rata-rata bulanan (U);

Data kecepatan angin diukur berdasar tiupan angin pada ketinggian 2.00 m diatas permukaan tanah. Data kecepatan angin dari delapan daerah di Indonesia menunjukkan kecepatan angin rata-rata bulanan berkisar antara 0.5– 4,5 mm/det atau berkisar 15 km/jam (1 km/hr – 0,0 116 m/det sedangkan 1 km/jam -0,2278 m/det);

4. Kecerahan matahari rata-rata bulanan (n/N));

Data pengukuran kecerahan matahari (satuan %), dibutuhkan pada penggunaan rumus Radiasi dan Penman. Kecerahan matahari merupakan perbandingan antara n dengan N atau disebut rasio keawanan. Nilai n merupakan jumlah jam nyata matahari bersinar cerah dalam sehari. Besarnya n sangat

berhubungan dengan keadaan awan, makin banyak awan makin kecil nilai n . Sedangkan nilai N merupakan jumlah jam potensial matahari yang bersinar dalam sehari. Untuk daerah di sekitarnya khatulistiwa besar N adalah sekitar 12 jam setiap harinya, dan tidak jauh berbeda antara bulan yang satu dengan bulan yang lainnya. Harga rata-rata bulanan kecerahan matahari (n/N) di beberapa daerah di Indonesia berkisar antara 30 – 85%. Dimusim kemarau harga (n/N) lebih tinggi dibanding di musim hujan.

Dalam teknik irigasi pada umumnya digunakan 4 rumus untuk menghitung besarnya evapotranspirasi yang didasarkan atas korelasi antara evapotranspirasi yang diukur dengan faktor-faktor meteorologi yang mempengaruhinya, yaitu Thurlow, Blaney-Criddle, Penman, Truog-Langbein-Wundt (Soemarto, 1986:59). Dasar utama yang harus diperhatikan dalam memilih metode yang dipergunakan adalah jenis data yang tersedia dan tingkat ketelitian yang diperlukan untuk menentukan kebutuhan air. Metode Penman yang sudah dimodifikasi merupakan metode dengan tingkat ketelitian yang tinggi dengan kemungkinan kesalahan hanya 10% dimusim panas dan sampai 20% pada saat evaporasi rendah. Metode terbaik berikutnya adalah metode evaporasi (*Pan Method*) yang mempunyai tingkat kesalahan kira-kira 15% dan tergantung kepada lokasi dari pada Pan tersebut. Metode Blaney-Criddle dapat mencapai tingkat kesalahan 20% dimusim panas, dan metode ini hanya cocok dipergunakan untuk periode 1

bulan atau lebih sedikit. Pada daerah yang mempunyai angin kencang, humid dan sub tropis tingkat kesalahan metode ini dapat mencapai 25%.

Besarnya evapotranspirasi potensial (Eto) dapat dihitung dengan menggunakan metode Penman modifikasi yang telah disesuaikan dengan keadaan daerah Indonesia (Suhardjono, 1994:54) dengan rumus sebagai berikut:

$$Eto = c [W. Rn + (1 - W). f (u). (ea - ed).....(2.5)$$

dimana:

Eto = Evapotranspirasi acuan (mm/hari);

w = Faktor koreksi terhadap temperatur;

Rn = Radiasi netto (mm/hari);

F(u) = Fungsi angin;

(ea-ed) = Perbedaan antara tekanan udara uap air lembab pada temperatur udara rata-rata dan tekanan uap air aktual rata-rata (mbar);

C = Angka koreksi Penman.

Uraian tentang metode perhitungan variabel-variabel yang digunakan dalam metode Penman:

1. Tekanan uap air (ea-ed);

Kelembababan relatif udara rata-rata udara mempengaruhi Eto. Dalam hal ini dinyatakan dalam bentuk tekanan uap air (ea-ed) yaitu perbedaan dari tekanan uap air lembab rata-rata (ea) dan tekanan uap air aktual rata-rata (ed). Kelembababn udara rata-rata dicatat dalam bentuk relatif (Rhmax dan Rhmin dalam persen). Ssebenarnya tekenan uap air aktual

adalah konstan dan pengukuran 1 kali dalam suatu hari sudah cukup untuk suatu areal penyelidikan. Tekanan uap air harus dinyatakan dalam mbar; jika ed diberikan dalam mmHg maka dikalikan dengan 1n33 untuk mendapatkan mbar.

Formula-formula yang digunakan;

a. Tekanan uap air basah (ea);

Tekanan uap air basah (ea) adalah kemungkinan tekanan uap air maksimum untuk temperatur udara;

$$ea = 6,11e^{(17,4.t/(t+239))} \text{ mbar} \quad (\text{Gondrian,1977})\dots\dots\dots(2.6)$$

dimana:

t = temperatur udara dalam °C

b. Tekanan uap air aktual (ed);

Tekanan uap air aktual (ed) adalah tekanan yang disebabkan oleh tekanan uap air diudara;

$$ed = ewet - a.Pa (Tdry - Twet) \text{ mbar} \quad (\text{Dorenbos, 1976.})(2.7)$$

dimana:

ewet = tekanan udara basah pada *WET bulb temperature*;

Tdry, Twet = temperatur kering dan basah °C;

Pa = tekanan barometer dari udara pada tinggi tertentu.

$$Pa = (10130-1055 E) \text{ mbar}\dots\dots\dots(2.8)$$

E = elavasi dari muka laut (m);

a = konstanta psychometric tergantung kepada type dari ventilasi wet bulb;
 = 0,000662 untuk psychometric dengan ventilasi model Asman,
 = kecepatan pertukaran udara 5m/dtk;
 = 0,0008 ventilasi alam, 1m/dtk;
 = 0,0012 tanpa ventilasi.

c. Kelembaban relatif rata-rata (RH);

Kelembaban relatif rata-rata adalah jumlah uap air sebenarnya yang ada pada udara relatif terhadap jumlah uap udara pada saat dimana udara dalam keadaan lembab (*saturated*) pada temperatur yang sama (dinyatakan dalam %).

$$RH = (ea/ed) \times 100\% \dots\dots\dots(2.9)$$

Catatan:

- 1 cm Hg pada °C = 13,33 mbar
- 1 bar = 75,01 cm Hg

2. Fungsi Angin (F(u))

Fungsi angin dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$F(u) = 0,27 (1 + U/100) \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

U = kecepatan angin berhembus dalam 24 jam (km/hari) pada ketinggian 2 m. Formula diatas dapat dipergunakan apabila (ea-ed) dalam mbar.

Kecepatan angin (U_x) pada ketinggian x meter dari permukaan tanah dapat dikonversikan menjadi kecepatan angin pada ketinggian 2 meter dengan menggunakan hubungan di bawah ini:

$$U_2 = U_x \cdot (2/x)^{0,15} \dots\dots\dots(2.11)$$

3. Faktor Koreksi (1-w)

(1-w) merupakan faktor koreksi daripada pengaruh angin dan kadar lengas terhadap ET₀. Besar (1-w) sehubungan dengan temperatur dan ketinggian dapat dihitung dengan rumus:

$$w = \frac{\delta}{\delta + \beta} \dots\dots\dots(2.12)$$

dimana:

β = konstanta *psychrometric* = (0,386 Pa)/L mbar/°C

L = *latent heat* = 595-0,51t cal/ °C

Pa = tekanan atmosfer

$$= 1013-0,1055.E \text{ (E= elevasi permukaan laut).}$$

δ = sudut dari kurva hubungan antara tekanan uap air dan temperatur

$$\delta = 2 \times (0,00738 t + 0,8072)^7 - 0,00116 \text{ mbar} \dots\dots\dots(2.13)$$

dimana;

t = temperatur udara dalam °C

$$= (T_{\max} + T_{\min})/$$

4. Radiasi Netto (Rn)

Radiasi netto adalah perbedaan antara semua radiasi yang masuk dan radiasi yang kedua dari permukaan bumi. Rn dapat dihitung dengan radiasi matahari atau dari lamanya penyinaran matahari, temperatur dan kadar lengas (RH).

Jumlah radiasi yang diterima oleh lapisan atas atmosfer (Ra) adalah tergantung ketinggian letak lintang dan waktu. Sebagian dari Ra diabsorpsi dan terputus-putus ketika melintasi atmosfer, sisanya termasuk sebagian dari radiasi yang terputus-putus mencapai permukaan bumi dikenal dengan solar radiasi (Rs).

Rs tergantung pada Ra dan perjalanan melalui atmosfer yang mana sangat dipengaruhi oleh keadaan awan. Sebagian dari pada Rs dipantulkan kembali oleh panas dan tanaman dan hilang di atmosfer. Pemantulan tergantung pada keadaan permukaan bumi dan kira-kira 5 s/d 7% untuk permukaan air dan kira-kira 15 s/d 25% untuk sebagian besar tumbuh-tumbuhan. Besaran-besaran ini bervariasi tergantung kepada persentase penutupan permukaan tanah oleh daun tumbuhan, kandungan air tanah yang diekspose. Radiasi yang tertinggal adalah disebut dengan solar radiasi netto gelombang pendek (Rns).

Sebagai kehilangan radiasi tambahan adalah berupa pelepasan kembali energi yang telah diserap oleh bumi sebagai radiasi gelombang panjang. Kehilangan ini biasanya lebih besar dari pada radiasi gelombang panjang yang diterima oleh permukaan bumi.

Selisih dari pada radiasi gelombang panjang yang hilang dan radiasi yang diterima oleh bumi disebut dengan radiasi gelombang panjang netto (R_{nl}). Selama energi yang keluar lebih besar dari pada energi yang diterima maka R_{nl} merupakan kehilangan energi netto. Untuk menghitung R_n maka ada beberapa langkah perhitungan yang diperoleh yaitu sebagai berikut:

$$R_n = (R_{ns} - R_{nl}) \text{ mm/hari} \dots \dots \dots (2.14)$$

dimana:

R_{ns} = solar radiasi netto = $(1 - a) R_s$ mm/hari;

= koefisien pantul permukaan bumi dalam pecahan:

R_s = solar radiasi gelombang pendek (shortwave);

= $(a + b \frac{n}{N}) R_a \dots \dots \dots$ (Augustuom);

Secara umum ;

$$R_s = (0.25 + 0.5 \frac{n}{N}) R_a \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana ;

n = Lamanya penyinaran matahari/hari;

N = kemungkinan penyinaran matahari maksimum;

R_a = total radiasi yang diterima pada lapisan atas atmosfer,

Koefisien pantul permukaan bumi (a) diketahui berubah dengan sudut matahari tetapi sering diambil berkisar antara 0.23 s/d 0.25 untuk tanaman yang ditanam pada area pertanian yang mendapatkan air irigasi.

Radiasi gelombang panjang netto (R_{nl}) menurut hukum Stefan-Boltzman adalah σT^4 dimana T = temperatur absolut dalam

derajat kelvin dan σ = konstanta radiasi yang diperkenalkan oleh Stefan-Boltzman.

Radiasi gelombang panjang netto lebih kecil dari pada radiasi yang dipancarkan, karena uap air, karbondioksida dan debu menyerap radiasi yang dipancarkan oleh gelombang panjang penyerapan dari energi yang dikeluarkan oleh bumi ini sebagian akhirnya akan kembali lagi ke bumi dari atmosfer sehingga radiasi gelombang panjang netto dapat dituliskan sebagai berikut:

$$R_{nl} = C (\sigma T_4^4) (0.34 - 0.044 \sqrt{e_d}) (0.1 + 0.9 n/N) \dots \dots \dots (2.16)$$

dimana:

C = Faktor reduksi = 0.95 s/d 0.98.

Untuk mendapatkan total radiasi netto (R_n) adalah dengan menjumlahkan aljabar dari gelombang pendek netto (R_{nS}) dan radiasi gelombang panjang netto (R_{nl}) yang dihitung R_{nl} selalumerupakan mewakili kehilangan netto sehingga $R_n = R_{nS} - R_{nl}$.

5. Faktor Koreksi (c)

Tabel 2.1 Faktor Koreksi c Rumus Penman

| Rs (mm/hr) | Rhmax = 30% | | | | Rhmax = 60% | | | | Rhmax = 90% | | | |
|----------------|-------------------|------|------|------|-------------|------|------|------|-------------|------|------|------|
| | 3 | 6 | 9 | 12 | 3 | 6 | 9 | 12 | 3 | 6 | 9 | 12 |
| Uday (m/dt) | Uday/Unight = 4,0 | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,86 | 0,9 | 1 | 1 | 0,96 | 0,98 | 1,05 | 1,05 | 1,02 | 1,06 | 1,1 | 1,1 |
| 3 | 0,79 | 0,84 | 0,92 | 0,97 | 0,92 | 1 | 1,11 | 1,19 | 0,99 | 1,1 | 1,24 | 1,32 |
| 6 | 0,68 | 0,77 | 0,87 | 0,92 | 0,85 | 0,96 | 1,11 | 1,19 | 0,94 | 1,1 | 1,26 | 1,33 |
| 9 | 0,55 | 0,65 | 0,78 | 0,9 | 0,76 | 0,88 | 1,02 | 1,14 | 0,88 | 1,01 | 1,16 | 1,27 |
| | Uday/Unight = 3,0 | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,86 | 0,9 | 1 | 1 | 0,96 | 0,98 | 1,05 | 1,05 | 1,02 | 1,06 | 1,1 | 1,1 |
| 3 | 0,76 | 0,81 | 0,88 | 0,94 | 0,87 | 0,96 | 1,06 | 1,12 | 0,94 | 1,04 | 1,18 | 1,28 |
| 6 | 0,61 | 0,68 | 0,81 | 0,88 | 0,77 | 0,88 | 1,02 | 1,1 | 0,84 | 1,01 | 1,15 | 1,22 |
| 9 | 0,46 | 0,56 | 0,72 | 0,82 | 0,67 | 0,79 | 0,88 | 1,05 | 0,78 | 0,92 | 1,06 | 1,18 |
| | Uday/Unight = 2,0 | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,86 | 0,9 | 1 | 1 | 0,96 | 0,98 | 1,05 | 1,05 | 1,02 | 1,06 | 1,1 | 1,1 |
| 3 | 0,69 | 0,76 | 0,85 | 0,92 | 0,88 | 0,91 | 0,99 | 1,05 | 0,89 | 0,98 | 1,1 | 1,14 |
| 6 | 0,63 | 0,61 | 0,74 | 0,84 | 0,7 | 0,8 | 0,94 | 1,02 | 0,79 | 0,92 | 1,05 | 1,12 |
| 9 | 0 | 0,48 | 0,68 | 0,76 | 0,59 | 0,7 | 0,84 | 0,95 | 0,71 | 0,81 | 0,96 | 1,06 |
| | Uday/Unight = 1,0 | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0,86 | 0,9 | 1 | 1 | 0,96 | 0,98 | 1,05 | 1,05 | 1,02 | 1,06 | 1,1 | 1,1 |
| 3 | 0,64 | 0,71 | 0,82 | 0,89 | 0,78 | 0,86 | 0,94 | 0,99 | 0,85 | 0,92 | 1,01 | 1,05 |
| 6 | 0,43 | 0,68 | 0,68 | 0,79 | 0,62 | 0,7 | 0,84 | 0,93 | 0,72 | 0,82 | 0,95 | 1 |
| 9 | 0,27 | 0,41 | 0,59 | 0,7 | 0,5 | 0,6 | 0,75 | 0,87 | 0,62 | 0,72 | 0,87 | 0,96 |

Sumber : KP-01

Prosedur perhitungan Eto berdasar rumus Penman Modifikasi adalah sebagai berikut (suhardjono, 1994:56):

1. Mencari data temperatur rata-rata bulanan (I);

2. Berdasar nilai (I) dari besaran (ea), (W), (I-W) dan f(u);
3. Mencari data kelembaban relatif (RH);
4. Berdasar nilai (ea) dan (RH) cari (ed);
5. Berdasar nilai (ed) dari f(u);
6. Cari letak lintang daerah yang ditinjau;
7. Berdasar letak lintang dari nilai (Ra);
8. Cari data kecerahan matahari (n/N);
9. Berdasar nilai (Ra) dan (n/N) cari besaran (Rn);
10. Kemudian cari Rns, Rnl dan Rn;
11. Cari besarnya angka koreksi (c);
12. Lalu hitung Eto.

2.6 Kebutuhan air di sawah

Tanaman membutuhkan air agar dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik. Air tersebut berasal dari air hujan maupun air irigasi. Air irigasi adalah sejumlah air yang pada umumnya diambil dari sungai atau waduk dan dialirkan melalui sistem jaringan irigasi, guna menjaga keseimbangan jumlah air lahan pertanian (suhardjono, 1994:6). Besarnya kebutuhan air di sawah dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut (KP-0), 1986:157):

1. Penyiapan lahan;
2. Penggunaan konsumtif;
3. Perkolasi;
4. Pergantian lapisan air;
5. Curah hujan efektif.

2.6.1 Penyiapan lahan untuk padi

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan umumnya menentukan kebutuhan air irigasi pada suatu proyek irigasi. Faktor-faktor penting yang menentukan besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan adalah:

1. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan penyiapan lahan;
2. Jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan.

Faktor-faktor penting yang menentukan lamanya jangka waktu penyiapan lahan adalah:

1. Tersedianya tenaga kerja dan masuk penghela atau traktor untuk menggarap tanah;
2. Perlu memperpendek jangka waktu tersebut agar tersedia cukup waktu untuk menanam padi sawah atau padi ladang kedua.

Faktor-faktor tersebut paling berkaitan, kondisi sosial, budaya yang ada di daerah penanaman padi akan mempengaruhi lamanya waktu yang diperlukan untuk penyiapan lahan. Untuk daerah irigasi baru jangka waktu penyiapan lahan akan ditetapkan berdasarkan kebiasaan yang berlaku di daerah-daerah didekatnya. Sebagai pedoman diambil jangka waktu 1.5 bulan untuk menyelesaikan penyiapan lahan diseluruh petak tersier.

Bilamana untuk penyiapan lahan diperkirakan akan dipakai peralatan mesin secara luas, maka jangka waktu penyiapan lahan akan diambil 1 bulan. Perlu diingat bahwa transplantasi (perpindahan

bibit ke sawah) mungkin sudah dimulai setelah 3 sampai 4 minggu di beberapa bagian petak tersier dimana pengolahan sudah selesai.

Kebutuhan bersih air di sawah (NFR) juga memperhitungkan curah hujan efektif. Kebutuhan air di sawah dinyatakan dalam mm/hari atau l/dt.ha. tidak disediakan kelonggaran untuk efisiensi irigasi di jaringan tersier dan utama.

2.6.2 Kebutuhan air untuk penyiapan lahan

Pada umumnya jumlah air yang dibutuhkan untuk penyiapan lahan dapat ditentukan berdasarkan kedalaman serta porositas tanah disawah. Rumus berikut dipakai untuk memperkirakan kebutuhan air untuk lahan.

$$PWR = \frac{(s_a - s_b)N.d}{10^4} + Pd + Fl \dots \dots \dots (2.17)$$

dimana:

PWR = Kebutuhan air untuk penyiapan lahan (mm);

S_a (%) = Derajat kejenuhan tanah setelah penyiapan lahan dimulai;

S_b (%) = Derajat kejenuhan tanah sebelum penyiapan lahan dimulai;

N = Porositas tanah dalam (%) pada harga rata-rata untuk kedalaman tanah;

D = Asumsi kedalaman tanah setelah pekerjaan penyiapan lahan (mm);

P_d = Kedalaman genangan setelah pekerjaan penyiapan lahan (mm);

F_l = Kehilangan air disawah selama 1 hari (mm).

Untuk tanah bertesktur berat tanpa retak-retak, kebutuhan air untuk penyiapan lahan diambil 200 mm , ini termasuk air untuk penjenuhan dan pengolahan tanah. Pada permulaan transplantasi tidak akan ada lapisan air yang tersisa disawah. Setelah transplantasi selesai, lapisan air disawah akan ditambah 50 mm. Secara keseluruhan ini berarti bahwa lapisan air yang diperlukan menjadi 250 mm untuk penyiapan lahan dan untuk lapisan air awal setelah transplantasi selesai.

Bila lahan dibiarkan selama dalam jangka waktu yang lama (2,5 bulan) atau lebih maka lapisan air yang diperlukan untuk penyiapan lahan diambil 300 mm, termasuk 50 mm untuk penggenangan setelah transplantasi.

Untuk tanah-tanah ringan dengan laju perkolasi yang lebih tinggi, harga-harga kebutuhan air untuk penyeledikan lahan bisa diambil lebih tinggi lagi. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan sebaliknya dipelajari dari daerah-daerah didekatnya yang kondisi tanahnya serupa dan hendaknya didasarkan pada hasil-hasil penyiapan lapangan. Walaupun pada mulanya tanah-tanah ringan mempunyai laju perkolasi tinggi, tetapi laju ini bisa berkurang setelah lahan diolah selama beberapa tahun. Kemungkinan ini hendaknya mendapat perhatian tersendiri sebelum harga-harga kebutuhan air untuk penyiapan lahan ditetapkan menurut ketentuan diatas.

2.6.3 Kebutuhan air selama penyiapan lahan

Untuk perhitungan kebutuhan irigasi selama penyiapan lahan, digunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zilystra (1968). Metode tersebut didasarkan pada laju air konstan dalam lt/dt selama periode penyiapan lahan dan menghasilkan rumus sebagai berikut:

$$IR = M e^k / (e^k - 1) \dots \dots \dots (2.18)$$

dimana

IR = Kebutuhan air irigasi ditingkat persawahan (mm/hari);

M = Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi disawah yang sudah dijenuhkan

$$M = E_o + P \text{ (mm/hari);}$$

E_o = Evaporasi air terbuka yang diambil 1,1 E_{to} selama penyiapan lahan (mm/hari)

P = Perkolasi

K = MT/S ;

T = Jangka waktu penyiapan lahan (hari);

S = Kebutuhan air, untuk penjenuhan ditambah dengan lapisan air 50, yakni $200 + 50 = 250$ mm seperti yang sudah diterangkan diatas.

Tabel 2.2 memperlihatkan kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan yang dihitung menurut rumus diatas.

Tabel 2.2 Kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan

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

Sumber : KP-01 Lampiran II halaman 32

2.7 Penggunaan konsumtif

Penggunaan konsumtif adalah jumlah air yang dipakai oleh tanaman untuk proses fotosintesis dari tanaman tersebut.

Penggunaan konsumtif dihitung dengan rumus berikut:

$$E_{tc} = c \times E_{to} \dots \dots \dots (2.19)$$

dimana:

E_{tc} = evapotranspirasi tanaman (mm/hari);

E_{to} = evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari);

c = koefisien tanaman.

2.8 Koefisien Tanaman

Harga-harga koefisien tanaman padi pada tabel 3.1 akan dipakai dengan rumus evapotranspirasi Penman yang sudah ada dimodifikasi dengan metode yang diperkenalkan oleh Nedeco/Prosida atau FAO.

Tabel 2.3 .Harga-harga koefisien Tanaman Padi

| Bulan | Nedeco/Prosida | | FAO | |
|-------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------|-----------------|
| | Varietas ¹⁾ Biasa | Varietas ²⁾ Unggul | Varietas Biasa | Varietas Unggul |
| 0.5 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.1 |
| 1 | 1.2 | 1.27 | 1.1 | 1.1 |
| 1.5 | 1.32 | 1.33 | 1.1 | 1.05 |
| 2 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.05 |
| 2.5 | 1.35 | 1.3 | 1.1 | 0.95 |
| 3 | 1.24 | 0 | 1.05 | 0 |
| 3.5 | 1.12 | | 0.95 | |
| 4 | 0 ³⁾ | | 0 | |

Sumber : KP-01 Lampiran II halaman 35

Keterangan:

1. Variates padi biasa adalah varietes padi yang masa tumbuhnya lama;
2. Varietes padi unggul adalah varietes padi yang jangka waktu tumbuhnya pendek;
3. Selama setengah bulan terakhir pemberian air irigasi ke sawh dihentikan kemudian koefisien tanaman diambil “no1” dan padi akan menjadi maska dengan air yang tersedia.

2.9 Penggantian Lapisan Air (WLR)

Penggantian lapisan air dilakukan setelah permukaan. Penggantian lapisan air dilakukan menurut kebutuhan. Jika 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.

2.10 Perhitungan Kebutuhan Air Tanaman Padi di Sawah Untuk Petak Tersier

Perhitungan kebutuhan air dapat dilakukan dengan menggunakan tabel. Perhitungan dilakukan sebagai berikut:

1. Dengan rotasi (alamiah) didalam petak tersier kegiatan-kegiatan penyiapan lahan diseluruh petak dapat diselesaikan secara berangsur-angsur. Rotasi alamiah digambarkan dengan pengaturan kegiatan-kegiatan setiap jangka waktu 1/2 bulan secara bertahap;
2. Transplantasi akan dimulai pertengahan bulan kedua dan akan selesai dalam waktu 1 1/2 bulan sesudah selesainya penyiapan lahan;
3. Harga-harga evapotranspirasi tanaman acuan Eto, laju perkolasi P curah hujan efektif Re adalah harga-harga asumsi;
4. Kedua penggantian lapisan air (WLR) diasumsikan, masing-masing WLR dibuat bertahap.

2.11 Kebutuhan Air Pengambilan Untuk Padi

2.11.1 Rotasi Teknis

Keuntungan-keuntungan yang dapat diperoleh sistem rotasi teknis adalah:

1. Berkurangnya kebutuhan pengambilan puncak;
2. Kebutuhan pengambilan bertambah secara berangsur-angsur pada awal waktu pemberian air irigasi (pada periode penyiapan lahan) seiring dengan makin bertambahnya debit sungai, kebutuhan pengambilan puncak dapat ditunda.

Untuk membentuk sistem rotasi teknis, petak terbagi-bagi menjadi sejumlah golongan sedemikian rupa sehingga tiap golongan terdiri dari petak-petak tersier yang tersebar diseluruh daerah irigasi. Petak-petak tersier yang termasuk dalam golongan yang sama akan mengikuti pola penggarapan tanah yang sama. Kebutuhan air total pada waktu tertentu ditentukan dengan menambahkan besarnya kebutuhan air diberbagai golongan pada waktu itu.

Berhubung petak-petak dalam 1 golongan terletak pada posisi yang menguntungkan, maka diperkenalkan sistem rotasi tahunan. Hasil panen dari golongan ini akan pertama kali sampai dipasaran sehingga harga beras tinggi. Jika tahun ini dimulai dari golongan 1 maka tahun berikutnya dimulai dari golongan 2, tahun berikutnya lagi golongan 3 dan seterusnya. Sedangkan golongan yang pada tahun sebelumnya menempati urutan pertama, sekarang menempati urutan terakhir. Agar kebutuhan pengambilan puncak dapat dikurangi maka

areal irigasi harus dibagi-bagi menjadi sekurang-kurangnya tiga atau empat golongan. Dengan sendirinya hal ini akan memepersulit eksploitasi jaringan irigasi. Lagi pula usaha pengurangan debit puncak mengharuskan diperkenalkannya sistem rotasi. Jumlah golongan umumnya dibatasi sampai maksimum 5.

Dalam menilai apakah sistem rotasi teknis diperlukan ada beberapa pertanyaan penting yang harus terjawab, yakni:

1. Dilihat dari pertimbangan-pertimbangan sosial, apakah sistem tersebut dapat diterima dan apakah pelaksanaan dan eksploitasi secara teknis layak;
2. Jenis sumber air;
3. Sekali atau dua kali tanam;
4. Luasnya daerah irigasi.

2.11.2 Kebutuhan Pengambilan Tanpa Rotasi Teknis

Kebutuhan pengambilan dihitung dengan cara membagi kebutuhan berisi air di sawah NFR dengan keseluruhan efisiensi irigasi.

2.11.3 Kebutuhan Pengambilan dengan Rotasi Teknis

Kebutuhan pengambilan pada waktu tertentu dihitung dengan menjumlahkan besarnya kebutuhan air semua golongan.