

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Hidrologi

Siklus hidrologi menunjukkan gerakan air di permukaan bumi. Selama berlangsungnya Siklus hidrologi, yaitu perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah habis, air akan tertahan (sementara) di sungai, danau/waduk, dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk lain (Asdak, 1995:7). Siklus hidrologi merupakan konsep dasar tentang keseimbangan air secara global di bumi. Siklus ini juga menunjukkan semua hal yang berhubungan dengan air. (Kodoatie dan Roestam Sjarief, 2005).

Evapotranspirasi merupakan salah satu mata rantai proses dalam siklus hidrologi yang dapat didefinisikan sebagai penguapan di semua permukaan yang mengandung air dari seluruh permukaan air, permukaan tanah, permukaan tanaman, permukaan yang tertutup tanaman. Evapotranspirasi dapat diartikan sebagai proses perubahan molekul air dari permukaan bumi, tanah dan vegetasi menjadi uap dan kembali lagi ke atmosfer. (Soewarno, 2000).

B. Irigasi

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). Jaringan irigasi adalah saluran, bangunan, dan bangunan pelengkap yang merupakan satu kesatuan

yang diperlukann untuk penyediaan, pembaginan, pemberian, penggunaan dan pembuangan air irigasi. Saluran irigasi merupakan infrastruktur yang mendistribusikan air yang berasal dari bendungan, bendung, embung kepada lahan pertanian yang dimiliki oleh masyarakat. Dengan adanya saluran irigasi ini, kebutuhan air akan sawah/ ladang para petani akan terjamin. (Soewarno 2000).

Sistem irigasi yang dipilih, dirancang dan dioperasikan untuk memasok kebutuhan irigasi individu masing-masing bidang tanaman di pertanian sambil mengontrol perkolasi, limpasan, penguapan dan kerugian operasional untuk mendirikan sebuah proses produksi yang berkelanjutan.

C. Evapotranspirasi

Kebutuhan air atau yang sering disebut dengan evapotranspirasi adalah gabungan dari dua sistim yaitu evaporasi dan transpirasi. Evaporasi ialah peristiwa berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan tanah dan permukaan air ke udara. Transpirasi ialah proses penguapan dari tanaman atau tumbuhan ke atmosfer. Jadi proses penguapan dari permukaan air, permukaan tanah dan dari tumbuhan disebut evapotranspirasi. Faktor-faktor yang mempengaruhi evapotranspirasi ialah temperatur, sinar matahari, kelembaban udara, kecepatan angin, tekanan udara dan lain-lain, yang saling berhubungan satu dengan lainnya.

Untuk perhitungan evapotranspirasi digunakan rumus Penman Modifikasi adalah sebagai berikut:

$$f(u) = 0,27 \times \frac{1+U}{100} \dots\dots\dots (1)$$

$$e_d = \frac{RH}{100} \times e_a \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$R_s = (0,25 + 0,5(n/N)) \times R_a \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$R_{ns} = (1 - 0,25) \times R_s \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$f(e_d) = 0,34 - (0,044 \times \sqrt{e_d}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$f(n/N) = 0,1 + (0,9 \times (n/N)) \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$R_{n1} = f(T) \times f(e_d) \times f(n/N) \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$R_n = R_{ns} - R_{n1} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$E_{to} = C [(w \times R_n) + ((1 - w) \times f(u) \times (e_a - e_d))] \quad \dots\dots (9)$$

Keterangan :

T = Temperatur rata-rata (°C)

U = Kecepatan Angin (km/hr)

f(u) = fungsi kecepatan angin

n/N = Penyinaran Matahari (%)

RH = Kelembaban Relatif (%)

E_a = Tekanan Uap Jenuh (mbar)

E_d = Tekanan Uap Aktual (mbar)

W = faktor bobot yang di pengaruhi temperatur dan ketinggian lokasi stasiun

R_a = Penyinaran Radiasi Matahari Teoritis (mm/hr)

R_s = Penyinaran Radiasi Matahari yang dikorekso (mm/hr)

R_{ns} = Radiasi gelombang pendek yang diserap bumi (mm/hr)

$f(T)$ = Faktor koreksi akibat Temperatur

$f(e_d)$ = Faktor koreksi akibat tekanan air

$f(n/N)$ = Faktor penyinaran matahari

R_{n1} = Radiasi gelombang panjang yang dipancarkan (mm/hr)

R_n = Radiasi Netto (mm/hr)

E_{to} = Evapotranspirasi Potensial Harian (mm/hr)

D. Metode FJ. Mock

Dr. F.J Mock, memperkenalkan cara perhitungan simulasi aliran sungai dari data hujan, evapotranspirasi dan karakteristik hidrologi daerah aliran sungai. Model ini dihasilkan dari penelitian empiris dengan memasukan data hujan bulanan, evapotranspirasi potensial bulanan dan parameterparameter fisik lainnya yang sifatnya juga bulanan, sehingga menghasilkan debit aliran simulasi bulanan. Dalam aplikasinya hasil perhitungan simulasi hujan aliran sungai model Dr. FJ Mock, perlu dilakukan kalibrasi dengan data pengamatan debit jangka pendek minimal 1 tahun untuk mengetahui ketepatan nilai parameter sebagai input pada model. Adapun prosedur perhitungan model Dr.F.J Mock sebagai berikut:

1. Hujan

Nilai hujan bulanan (P_1) didapat dari pencatatan data hujan bulanan (mm) dan jumlah hari hujan pada bulan yang bersangkutan (h).

2. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi terbatas adalah evapotranspirasi aktual dengan mempertimbangkan kondisi vegetasi dan permukaan tanah sehingga persamaannya sebagai berikut:

$$E_a = E_t - \Delta E \quad \dots \dots \dots (10)$$

$$\Delta E = E_a \times \frac{m_1}{20} \times (18 - n) \quad \dots \dots \dots (11)$$

Dimana:

E : Evapotranspirasi aktual (mm)

E_a : Evapotranspirasi terbatas (mm)

n : Jumlah hari hujan

m_1 : presentase lahan yang tidak tertutup vegetasi, ditaksir dari tata guna lahan diambil:

$m_1 = 0 \%$ untuk lahan dengan hutan lebat

$m_1 = 0 \%$ pada akhir musim hujan, dengan penambahan 10 % setiap bulan kering untuk lahan dengan hutan sekunder.

$m_1 = 10 \%$ - 40 % untuk lahan yang terisolasi

$m_1 = 20 \% - 50 \%$ untuk lahan pertanian yang diolah
(sawah, ladang, perkebunan)

3. Keseimbangan air dipermukaan tanah

Keseimbangan air dipermukaan tanah dihitung berdasarkan besarnya curah hujan bulanan dikurangi nilai evapotranspirasi terbatas rata – rata bulanan sehingga diperoleh persamaan:

$$DS = P_1 - E_a \dots\dots\dots (12)$$

Dimana:

DS : Air hujan yang mencapai permukaan air tanah (mm)

P_1 : Curah hujan (mm)

E_a : Evapotranspirasi terbatas

DS nilainya positif apabila $P_1 > E_a$, air masuk kedalam tanah.

Nilainya negatif apabila $P_1 < E_a$, sebagian air tanah akan keluar sehingga terjadi deficit

Aliran permukaan (hujan lebat) : PF (Faktor aliran hujan lebat) x
Curah hujan.

Soil storage (Perubahan kandungan air tanah) tergantung dari harga D_s . Bila harga D_s negatif maka kapasitas kelembaban tanah akan berkurang dan bila D_s positif akan menambah kekurangan kapasitas kelembaban tanah bulan sebelumnya. Soil moisture capacity (SMC) adalah volume air yang diperlukan untuk mencapai kapasitas kelengasan tanah. Biasanya diambil 50 s/d 250 mm.

Water surplus adalah volume air yang akan masuk kepermukaan tanah, yaitu water surplus = $(P_1 - E_a) - \text{soil storage}$, dan 0 jika $(P_1 - E_a) < \text{soil storage}$.

Simpanan awal (initial storage) didefinisikan sebagai besarnya volume pada saat permulaan mulainya perhitungan. Ditaksir sesuai dengan keadaan musim, untuk musim hujan nilainya bisa sama dengan Soil moisture capacity, tetapi untuk musim kemarau pada umumnya dipakai data kadar air tanah.

4. Simpanan air tanah

Nilai run off dan ground water besarnya tergantung dari keseimbangan air dan kondisi tanahnya. Data yang diperlukan adalah:

Koefisien infiltrasi (i) = 0 - 1

Faktor resesi aliran air tanah (k) = 0 - 1

Persamaan :

$$I_n = \text{Water surplus} \times i \quad \dots \quad (13)$$

$$V_n = k \cdot V_{(n-1)} + 0,5 \times (1 + k) I_n \quad \dots \quad (14)$$

$$DV_n = V_n - V_{(n-1)} \quad \dots \quad (15)$$

Dimana:

I_n : infiltrasi volume air yang masuk kedalam tanah

V_n : volume air tanah

A_2 : volume tampungan perbulan

$V_{(n-1)}$: volume air tanah bulan ke n-1

I : koefisien infiltrasi

DVn : perubahan volume air tanam

5. Aliran Sungai

Aliran Dasar

= infiltrasi tanah – volume air tanah (mm)

Limpasan Langsung

= water surplus – infiltrasi (mm)

Limpasan

= aliran dasar + limpasan langsung (mm)

E. Debit andalan

Debit andalan (defendable flow) adalah debit aliran sungai yang dapat diandalkan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi pada suatu areal rencana. Debit andalan untuk perencanaan irigasi adalah debit yang mempunyai probabilitas kejadian 80%. Untuk menghasilkan debit ini yang paling baik adalah dengan menggunakan suatu urutan data debit. Debit andalan untuk satu bulan adalah debit dengan kemungkinan terpenuhi adalah 80% atau tidak terpenuhi 20% dari waktu bulan itu.

Tingkat keandalan debit dapat terjadi berdasarkan probabilitas kejadian, mengikuti rumus Weibull (Sri Harto, 1993):

$$P = \frac{m}{(n+1)} \times 100\% \dots\dots\dots (16)$$

dimana :

P : probabilitas (%)

m : nomor urut data

n : jumlah data

F. Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi adalah banyaknya air yang tersedia dan dibutuhkan untuk mengelola suatu daerah irigasi, untuk mengairi areal persawahan.

Banyaknya air yang diperlukan untuk sistim jaringan irigasi juga ditentukan oleh berbagai faktor diantaranya pola tanam dan jenis tanaman. Perkiraan banyaknya air untuk irigasi didasarkan pada faktor-faktor jenis tanaman, jenis tanah, cara pemberian air nya, cara pengolahan tanah, banyak turun curah hujan, waktu penanaman, iklim, pemeliharaan saluran dan bangunan bendung dan sebagainya. Kebutuhan air irigasi dihitung dengan persamaan:

$$NFR = Etc + P + WLR - Re \quad \dots \dots \dots (17)$$

Dengan :

NFR : kebutuhan air irigasi di sawah (lt/dt/Ha)

Etc : penggunaan konsumtif (mm/hari)

WLR : penggantian lapisan air (mm/hari)

P : perkolasi (mm/hari)

Re : curah hujan efektif

G. Penggunaan Konsumtif (Etc)

Penggunaan konsumtif adalah jumlah air yang dipakai oleh tanaman untuk proses fotosintesis dengan menggunakan data iklim, koefisien tanaman pada tahap pertumbuhan. Prediksi besaran penggunaan konsumtif dilakukan dengan menggunakan persamaan seperti berikut :

$$ET_c = k \cdot E_t \quad \dots\dots\dots (18)$$

dengan :

E_t = Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

E_o = Evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari)

K_c = Koefisien tanaman

Nilai koefisien pertumbuhan tanaman tergantung jenis tanaman yang ditanam. Untuk tanaman yang jenisnya sama juga berbeda menurut varietasnya pada Tabel 2.1 disajikan harga-harga koefisien tanaman padi dengan varietas unggul dan varietas biasa menurut Nedeco/Prosida dan FAO.

Tabel 2.1 Harga Koefisien Tanaman

Periode 15 hari ke	Nedeco / Prosida		FAO	
	Varitas biasa	Varitas Unggul	Varitas biasa	Varitas Unggul
1	1,20	1,20	1,10	1,10
2	1,20	1,27	1,10	1,10
3	1,32	1,33	1,10	1,05
4	1,40	1,30	1,10	1,05
5	1,35	1,30	1,10	0,95
6	1,25	0,00	1,05	0
7	1,12	-	0,95	0
8	0,00	-	0	-

H. Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan umumnya menentukan kebutuhan air maksimal suatu proyek irigasi dan besarnya dipengaruhi oleh

jangka waktu penyelesaian pekerjaan penyiapan lahan serta jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan. Waktu yang diperlukan untuk penyiapan lahan ditentukan oleh kondisi sosial budaya yang ada di daerah penanaman padi. Untuk daerah yang baru, jangka waktu penyiapan lahan dapat ditentukan berdasarkan kebiasaan yang ada di daerah terdekat yang sudah mempunyai jaringan irigasi teknis. Jumlah air yang dibutuhkan selama penyiapan lahan, tergantung dari kondisi tanah dan pola tanam yang ditetapkan. Van de Goor dan Zilstra (1968), membuat suatu metode untuk penyiapan lahan yang dapat digunakan pada kondisi dan keadaan tanah yang berbeda-beda. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$IR = \frac{M \cdot e^k}{e^k - 1} \dots\dots\dots (19)$$

$$M = E_0 + P \dots\dots\dots (20)$$

Dengan :

IR = Kebutuhan air di tingkat pesawahan (mm/hari)

M = E₀+P, yaitu kebutuhan air untuk mengganti / mengkompensasi kehilangan akibat evaporasi dan perkolasi yang telah di jenuhkan,

Dimana :

E₀ = Evaporasi air terbuka nilainya dipakai 1.1 x Etc (mm/hari)

E = Bilangan nafier (2.71828182846)

$$K = \frac{M \cdot T}{S} \dots\dots\dots (21)$$

Dengan :

T = Jangka waktu penyiapan lahan

S = Kebutuhan air untuk penjemuran di tambah lapisan air
yaitu : $200 + 50 = 250$ mm.

Tabel 2.2 Kebutuhan air pada penyiapan lahan untuk sawah (mm/hr)

Evaporasi +	T = 30 hari				T = 25 hari			
	S = 300 mm		S = 250 mm		S = 300 mm		S = 250 mm	
Perkolasi	I	I	I	I	I	I	I	I
M	mm/h	mm/lt/	mm/h	mm/lt/	mm/h	mm/lt/	mm/h	mm/lt/
Mm/hr	r	dt	r	dt	r	dt	r	dt
5,0	12,7	1,47	11,1	1,28	9,05	1,10	8,4	0,97
5,5	13,0	1,50	11,4	1,32	9,08	1,13	8,8	1,02
6,0	13,3	1,54	11,7	1,35	10,1	1,17	9,1	1,05
6,5	13,6	1,57	12,0	1,39	10,4	1,20	9,4	1,09
7,0	13,9	1,61	12,3	1,43	10,8	1,25	9,8	1,13
7,5	14,2	1,64	12,6	1,46	11,1	1,28	10,1	1,17
8,0	14,5	1,68	13,0	1,50	11,4	1,32	10,5	1,22
8,5	14,8	1,71	13,3	1,54	11,8	1,36	10,8	1,25

9,0	15,2	1,76	13,6	1,57	12,1	1,41	11,2	1,30
9,5	15,5	1,79	14,0	1,62	12,5	1,45	11,6	1,34
10,0	15,8	1,83	14,3	1,65	12,9	1,48	12,0	1,39
10,5	16,2	1,88	14,7	1,70	13,2	1,53	12,4	1,44
11,0	16,5	1,91	15,0	1,73	13,6	1,57	12,8	1,48

I. Kebutuhan air untuk mengganti lapisan air

Ditetapkan berdasarkan standar Perencanaan Irigasi 1986, KP – 01. Besar kebutuhan air untuk penggantian lapisan air adalah 50 mm/bulan (atau 3,3 mm/hari selama ½ bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi.

J. Perkolasi

Perkolasi adalah proses meresapnya air permukaan ke dalam tanah melalui pori-pori tanah. Laju perkolasi sangat bergantung kepada sifat-sifat tanah. Pada tanah lempung berat dengan karakteristik pengolahan yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1 s/d 3 mm/hari. Pada tanah-tanah yang lebih ringan, laju perkolasi bisa lebih tinggi.

K. Curah Hujan Andalan (R_{80})

R_{80} didapat dari urutan data dengan rumus Harza:

$$R_{80} = \frac{N}{5} + 1 \quad \dots\dots\dots (22)$$

Dengan :

R_{80} : curah hujan andalan dengan probabilitas 80%

N : jumlah data / pengamatan (tahun)

L. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif didefinisikan sebagai porsi curah hujan yang berguna secara langsung dan / atau tidak langsung untuk produksi tanaman di tempat di mana ia jatuh. Pertimbangan hujan efektif dapat membantu dalam memprediksi lebih tepatnya kebutuhan air tanaman. (S.S.Wane & M.B. Nagdeve, 2014)

Curah hujan efektif didefinisikan sebagai bagian dari keseluruhan curah hujan yang secara efektif tersedia untuk kebutuhan air bagi tanaman. Untuk tanaman padi biasanya curah hujan efektif diprediksikan sebesar 70% dari curah hujan tengah bulanan dengan probabilitas 80%, dengan bentuk persamaan:

$$Re = 0,7 \times R_{80} \quad \dots\dots\dots (23)$$

Dengan :

Re : hujan efektif tanaman padi (mm)

R_{80} : curah hujan yang kemungkinan tidak terpenuhi

sebesar 20% (mm)

M. Efisiensi Irigasi (Et)

Efisiensi irigasi adalah angka perbandingan dengan jumlah air irigasi nyata yang terpakai untuk kebutuhan pertumbuhan tanaman dengan jumlah air yang keluar dengan pengambilan (intake). Efisiensi irigasi merupakan faktor penentu utama dari unjuk kerja suatu sistem jaringan irigasi. Efisiensi irigasi terdiri atas efisiensi pengairan yang pada umumnya terjadi pada jaringan utama dan efisiensi di jaringan sekunder yaitu bangunan pembagi sampai petak sawah (Suroso, dkk. 2006).

Efisiensi irigasi didasarkan asumsi sebagai dari jumlah air yang diambil akan hilang, baik di saluran maupun di petak sawah. Kehilangan air yang diperhitungkan untuk operasi irigasi meliputi kehilangan air di petak tersier, sekunder, dan kuarter. Besarnya masing-masing kehilangan air tersebut dipengaruhi oleh panjangnya saluran, luas permukaan tanah, keliling basah saluran, dan kedudukan air tanah. Mengacu pada Direktorat Jendral Pengairan (1986) maka efisiensi irigasi secara keseluruhan diambil 65 % dengan tingkat primer 90 %, tingkat sekunder 90 %, dan tingkat tersier 80 %. Angka efisiensi irigasi keseluruhan tersebut dihitung dengan cara mengkonversi efisiensi dimasing-masing tingkat yaitu $0,9 \times 0,9 \times 0,8 = 0,648 \approx 65 \%$ (Suroso, dkk. 2006)

N. Luas Daerah Irigasi

Luas areal irigasi dapat diperkirakan dengan cara mempertimbangkan potensi daerah irigasi yang masih dikembangkan (Suroso, dkk. 2006).

Besar kebutuhan air irigasi pada areal dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$KAI = \frac{(Etc+Ir+Wlr+P-Re)}{Ei} \times A \dots\dots\dots (24)$$

Dengan :

- Kai : kebutuhan air untuk irigasi
- Etc : penggunaan air konsumtif (mm / hari)
- Ir : kebutuhan air untuk penyiapan lahan (mm / hari)
- Wlr : kebutuhan air untuk penggantian lapisan air (mm / hari)
- P : kehilangan air (Perkolasi)
- Re : curah hujan efektif (mm/hari)
- Ei : efisiensi irigasi
- A : luas areal irigasi (ha)