

II. LANDASAN TEORI KEBUTUHAN AIR IRIGASI

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERHITUNGAN KEBUTUHAN AIR IRIGASI

Dalam perhitungan kebutuhan air irigasi khususnya di daerah Jawa Timur, terdapat faktor-faktor yang perlu diperhatikan agar hasil perhitungan tersebut benar-benar efektif dan dapat diterapkan. Faktor-faktor tersebut bersifat spesifik dan sangat tergantung pada kondisi tiap daerah di Jawa Timur. Adapun faktor-faktor tersebut akan dibahas berikut ini.

1.1 Musim Tanam

Musim tanam ialah saat mulai pengolahan tanah untuk pembibitan sampai dengan masa tutup tanam. Musim tanam setiap tahun dapat dibagi ke dalam tiga musim, masing-masing sebagai berikut :

- a. Musim Tanam I atau Musim Hujan, antara Nopember sampai dengan Februari
- b. Musim Tanam II atau Musim Kemarau I, antara Maret sampai dengan Juni
- c. Musim Tanam III atau Musim Kemarau II, antara Juli sampai dengan Oktober

Pada musim hujan, tanaman yang diprioritaskan dalam pemberian air irigasi adalah :

- a. Tanaman padi rendeng termasuk pembibitan dan persiapannya.
- b. Tanaman padi gadu ijin sepanjang masih membutuhkan air.
- c. Tebu bibit.
- d. Semua penggunaan air dengan ijin.

Pada musim kemarau, tanaman yang diutamakan dalam pemberian air irigasi adalah :

- a. Tanaman sisa padi rendeng
- b. Tanaman padi gadu yang ada ijinnya (termasuk pembibitan dan persiapannya).
- c. Tanaman tebu muda.
- d. Tanaman palawija termasuk padi gadu tak ijin yang hak atas airnya disamakan dengan palawija.
- e. Semua penggunaan air yang telah mendapat ijin.

Bila pada musim kemarau kemampuan sumber **air** di setiap daerah irigasi kurang dari 50 % kebutuhan atau debit di setiap saluran tersier kurang dari 20 *liter/detik*, maka pelayanan air di setiap daerah irigasi yang bersangkutan harus diatur secara bergilir dengan menggunakan sistem giliran yang sesuai dengan kondisi setempat.

1.2 Pola Tanam

Pola tanam adalah gambaran rencana tanam berbagai jenis tanaman yang akan dibudidayakan dalam suatu lahan beririgasi dalam satu tahun. Pola tanam ditentukan oleh faktor-faktor berikut :

- a. Ketersediaan air dalam satu tahun

- b. Prasarana yang tersedia dalam lahan tersebut
- c. Jenis tanah setempat
- d. Kondisi umum daerah tersebut, misalnya daerah genangan
- e. Kebiasaan dan kemampuan petani setempat

Macam pola tanam :

- a. Padi - padi (monoculture)
- b. Padi - padi - palawija (multi cropping)
- c. Padi - palawija – palawija
- d. Padi - tebu - palawija (glebagan)

1.3 Rotasi

Rotasi dilakukan dengan mengelompokkan petak-petak tersier ke dalam golongan, dimana tiap golongan tersebut memulai pengolahan tanah maupun awal masa menanam dalam waktu yang tidak bersamaan. Hal tersebut dimaksudkan supaya angka puncak kebutuhan air menjadi lebih kecil daripada penanaman yang dilakukan secara serentak (bersamaan).

2. PERHITUNGAN KEBUTUHAN AIR IRIGASI DENGAN METODE FAKTOR PALAWIJA RELATIF

Perhitungan kebutuhan air irigasi dengan metode Faktor Palawija Relatif merupakan perhitungan debit di saluran irigasi dengan menggunakan suatu faktor pemberian air yang didasarkan pada kebutuhan air untuk

tanaman palawija, mengingat kebutuhan air bagi tanaman palawija paling sedikit jika dibandingkan dengan tanaman yang lain. Faktor pemberian air ini dinamakan Faktor Palawija Relatif (FPR). Di dalam penentuan besarnya FPR ini belum termasuk kehilangan air di saluran tersier dan kuarter serta hilangnya air di lapangan karena kemiringan medan. Besaran FPR didapat dari penelitian atau pengamatan yang dilakukan oleh Dinas Pengairan setempat. Batasan nilai FPR dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1

Nilai FPR

Jenis Tanah	Contoh Jenis Tanah	FPR (l/det.ha pal)		
		Debit Cukup	Debit Sedang	Debit Kurang
Ringan	Alluvial	0,36	0,38 – 0,18	0,18
Sedang	Latosols	0,23	0,23 – 0,12	0,12
Berat	Gromosols	0,12	0,12 – 0,06	0,06

Penetapan kebutuhan air dan koefisien tanaman dalam pertumbuhan setiap jenis tanaman berbeda satu dengan yang lain. Kebutuhan air tanaman tertentu bila dibandingkan dengan kebutuhan air untuk tanaman palawija akan menghasilkan nilai atau angka-angka tetapan yang dinamakan koefisien tanaman. Koefisien tanaman ini digunakan untuk mengkonversi luas areal tanaman tertentu tersebut ke dalam luas areal tanaman palawija. Koefisien tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.2. hasil konversi ini disebut Luas Palawija Relatif (LPR).

Tabel 2.2

Koefisien Tanaman Untuk Mendapatkan LPR

Jenis Tanaman	Masa Tumbuh (\pm)	Koef.
- Persemaian/Pembibitan	20 hari	20
- Pengolahan lahan	40 hari	6
- Pertumbuhan	40 hari	4
Untuk tebu :		
- Cemplong/pengolahan lahan	30 hari	1
- Tebu Muda/bibit	150 hari	13
- Tebu Tua	300 hari	0
- Untuk Palawija atau tanaman sejenisnya	90 hari	1
Untuk padi gadu ijin sama dengan musim hujan, sedang padi gadu tak ijin disamakan dengan palawija, kecuali air berlebih maka diberi air sama dengan padi gadu ijin		

Sumber : Pengelolaan Irigasi, Dinas PU Pengairan Daerah Propinsi Dati I Jatim

Debit air yang dibutuhkan pada intake saluran primer didapat dengan persamaan :

$$Q = \frac{FPR \times LPR}{EI} \quad (2.1)$$

dimana : Q = Debit di pintu saluran, *liter detik*
 FPR = **Faktor** Palawija Relatif Tersier, *l det.ha pal*
 LPR = Luas Palawija Relatif Total Jaringan, *ha/pal*
 EI = Efisiensi Irigasi

Efisiensi Irigasi merupakan sebuah angka yang menunjukkan kehilangan atau suplesi air pada Jaringan Irigasi. Efisiensi Irigasi didapat dari persamaan :

$$EI = \frac{\sum Q_{tersier} + Q_{ijin\ air}}{Q_{intake}} \times 100\% \quad (2.2)$$

dimana : $Q_{tersier}$ = Debit pada pintu **tersier**, *l/det*

Q_{intake} = Debit pada intake saluran primer, *l/det*

$Q_{ijin\ air}$ = Debit air yang digunakan untuk bahan baku air
minum, industri, dan lain-lain (bila ada), *l/det*

3. PERHITUNGAN KEBUTUHAN AIR IRIGASI DENGAN METODE NET FIELD WATER REQUIREMENT

Pada bagian ini, akan dijelaskan konsep perhitungan kebutuhan air irigasi berdasarkan kebutuhan bersih air di sawah yang dikenal sebagai metode Net Field water Requirement (NFR). Metode ini memaparkan perhitungan kebutuhan bersih air di sawah yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman.

Kebutuhan air irigasi pada intake saluran primer diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q = DR \cdot A \quad (2.3)$$

dimana : Q = Debit di pintu saluran, liter *detik*

A = Luas tanaman, *ha*

$$DR = \frac{NFR}{e \cdot 8,64} \quad (2.4)$$

DR = Diversion Requirement, *liter detik.ha*

NFR = Kebutuhan bersih air di sawah, *mm/hari*

e = Efisiensi irigasi

Perhitungan Net Field water Requirement (NFR) melibatkan faktor curah hujan efektif, dengan persamaan sebagai berikut :

$$NFR = ET_c + P - R_e + WLR \quad (2.5)$$

dimana :

ET_c = Evapotranspirasi tanaman ,*mm/hari*

P = Perkolasi, *mm/hari*

R_e = Curah hujan efektif, *mm/hari*

WLR = Penggantian Iapisan air, *mm/hari*

Berikut ini akan dijelaskan bagian-bagian dalam perhitungan kebutuhan air irigasi berdasarkan metode Net Field water Requirement.

3.1 Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan

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

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

3.1.1 Kebutuhan air untuk penyiapan lahan tanaman padi. Untuk perhitungan kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan tanaman padi, digunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra (1968). Metode tersebut didasarkan pada laju air konstan dalam **liter detik** selama periode penyiapan lahan dengan rumus .

$$IR = \frac{M \cdot e^k}{e^k - 1} \quad (2.6)$$

dimana : IR = Kebutuhan air irigasi untuk penyiapan lahan di tingkat persawahan, *mm hari*

M = Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan, *mm/hari*.

$$M = E + P \quad (2.7)$$

E_o = Evaporasi air terbuka yang diambil $1,1x ET_o$ selama penyiapan lahan, *mm/hari*

P = Perkolasi, *mm/hari*

e = Bilangan eksponen = **2.71828182846**

k = Perbandingan kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi dikali jangka waktu penyiapan lahan dengan kebutuhan air untuk penjenuhan.

$$k = \frac{M \cdot T}{S} \quad (2.8)$$

T = jangka waktu penyiapan lahan, *hari*

S = kebutuhan air, untuk penjenuhan ditambah dengan

lapisan air 50 *mm*. Untuk tanah bertekstur berat tanpa **retak-retak** dan belum lama **bero**, $S = 250 \text{ mm}$. Sedangkan untuk tanah yang sudah lama dibiarkan **bero** (lebih dari 2,5 bulan), $S = 300 \text{ mm}$.

3.1.2 Kebutuhan air untuk penyiapan lahan tanaman tadang dan tebu.

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan tanaman ladang, berkisar antara **50 - 100 mm**. Sedangkan untuk tanaman tebu, berkisar antara 100 - 120 *mm*.

3.2 Evapotranspirasi Tanaman

Evapotranspirasi tanaman merupakan penggunaan konsumtif tanaman dengan persamaan :

$$ET_c = k_c \cdot ET_0 \quad (2.9)$$

dimana ET_c = Evapotranspirasi tanaman, *mm hari*

k_c = Koefisien tanaman

ET_0 = Evapotranspirasi tanaman acuan, *mm hari*

3.2.I Evapotranspirasi tanaman acuan. Evapotranspirasi tanaman acuan adalah kehilangan air total **akibat** penguapan dari muka tanah dan transpirasi tanaman yang dijadikan acuan, yakni rerumputan pendek. ET_0 adalah kondisi evaporasi berdasarkan keadaan-keadaan meteorologi seperti :

- temperatur
- sinar matahari
- kelembaban
- angin

ET_0 dihitung dengan menggunakan **rumus** Penman yang sudah dimodifikasi, dengan persamaan :

$$ET_0 = c[W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (ea - ed)] \quad (2.10)$$

- dimana : ET_0 = Evapotranspirasi tanaman acuan, **mm hari**
- c = Faktor penyesuaian untuk mengimbangi pengaruh cuaca **sehari** dan semalam
- W = Faktor hubungan antara temperatur dan ketinggian medan
- R_n = Radiasi netto, **mm hari**
- $1 - W$ = Faktor pengaruh angin dan kelembaban
- $f(u)$ = Fungsi kecepatan angin
- $ea - ed$ = Pengurangan tekanan uap

3.3 Koefisien Tanaman (k_c)

Angka koefisien tanaman merupakan angka tetapan suatu tanaman yang menggambarkan kebutuhan air tanaman tersebut. Angka k_c , ini sangat bervariasi antara satu tanaman dengan tanaman lainnya dalam hal tahap-tahap perkembangan, lama pertumbuhan tanaman, serta kondisi cuaca yang mempengaruhinya. Untuk mempermudah penentuan k_c suatu tanaman pada **tabel** yang bersifat umum berlaku untuk seluruh dunia, maka diberikan nomenklatur iklim sebagai batasan variabel-variabel iklim yang mempengaruhi tanaman tersebut (lihat lampiran 2). Variabel-variabel iklim tersebut antara lain temperatur, kelembaban udara, kecepatan angin.

3.3.1 Tanaman padi. Di Indonesia, tanaman padi biasanya ditanam pada musim hujan. Padi yang ditanam pada musim kemarau disebut padi gadu, sedangkan yang ditanam pada musim hujan disebut padi rendeng. Pertumbuhan padi dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti letak geografis, musim, kondisi angin dan kelembaban relatif. Menurut lamanya pertumbuhan, tanaman padi dapat dibedakan ke dalam dua golongan, yaitu padi varietas biasa dan varietas unggul. Padi varietas biasa memiliki masa tumbuh yang lebih lama dibandingkan padi varietas unggul. Koefisien tanaman padi dapat dilihat pada lampiran 3, dimana sudah disesuaikan dengan kondisi geografis Indonesia.

3.3.2 Tanaman jagung. Jagung merupakan salah satu tanaman palawija yang biasanya ditanam pada musim kemarau. Secara garis besar jenis jagung ada dua yaitu sweet dan *grain*. Di Jawa Timur sebagian besar menanam jenis sweet yang memiliki masa tumbuh rata-rata 80 – 110 hari. Koefisien tanaman jagung dipengaruhi oleh kelembaban relatif dan kecepatan angin (lihat lampiran 3).

3.3.3 Tanaman tebu. Koefisien tanaman tebu sangat bervariasi (lihat lampiran 3), bergantung pada iklim dan **varietas** batang. Variabel iklim yang mempengaruhi adalah kecepatan angin dan kelembaban relatif minimum. Semakin kencang angin yang mempengaruhi tanaman tebu maka semakin besar angka k_c . Kelembaban relatif minimum (RH_{min}) dibedakan atas RH_{min}>70% dan RH_{min}<20%. Harga k_c sehubungan dengan RH_{min} tergantung pada tahap-tahap pertumbuhannya. Berdasarkan umur tanaman, tanaman tebu dapat dibedakan menjadi dua golongan, yaitu tebu dengan masa tumbuh 12 bulan dan 23 bulan.

3.3.3 Tanaman kedelai. Kedelai merupakan salah satu tanaman palawija, dimana koefisien tanamannya dipengaruhi oleh kelembaban relatif dan kecepatan angin (lihat lampiran 3).

Masa tumbuh tanaman kedelai sangat bervariasi antara 60 – 150 hari. Untuk kondisi Indonesia lebih banyak ditanam kedelai dengan umur **85** hari.

3.3.5 Tanamanjeruk. **Koefisen** tanaman jeruk bergantung pada jumlah tanaman dewasa dan pengontrolan terhadap pertumbuhan semak di sekitarnya (lihat lampiran 3). Untuk kondisi dengan banyak tanaman dewasa, harga k , relatif lebih besar khususnya jika dilakukan pengontrolan terhadap pertumbuhan semak di sekitarnya. Pada umumnya masa tumbuh tanaman jeruk selama 1 tahun.

3.3.6 Tanaman apel. Koefisien tanaman apel dipengaruhi oleh kelembaban udara, angin dan pengontrolan semak-semak di sekitarnya (lihat lampiran 3). Untuk daerah-daerah kering, harga k_c diperhitungkan lebih **besar** bila dibanding daerah-daerah lembab. Masa tumbuh tanaman apel kurang lebih 9 bulan.

3.3.7 Tanaman tembakau. Masa tumbuh tanaman tembakau berkisar antara 90 – 120 hari. Koefisien tanaman tembakau dipengaruhi oleh kelembaban **udara** dan kecepatan angin (lihat lampiran 3).

3.4 Perkolasi

Perkolasi merupakan gerakan air dalam tanah dengan arah vertikal ke bawah. Laju perkolasi sangat bergantung kepada sifat-sifat tanah. Pada tanah-tanah lempung berat, laju perkolasi relatif rendah. Sedangkan pada tanah-tanah yang lebih ringan, laju perkolasi dapat lebih tinggi.

3.4.1 Perkolasi untuk tanaman padi. Dalam perhitungan NFR untuk tanaman padi, perkolasi **perlu** diperhatikan mengingat adanya penggenangan dalam proses pertumbuhan tanaman padi. Besar laju perkolasi dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3

Besar Laju Perkolasi

Tanah	(mm/hari)
Sandy loam	3-6
Loam	2-3
Clay loam	1-2

Sumber : Rice Irrigation in Japan, OTCA 1973

3.4.2 Perkolasi untuk tanaman ladang dan tebu. Untuk tanaman ladang dan tebu, perkolasi tidak diperhitungkan dalam perhitungan kebutuhan air irigasi. Hal ini disebabkan kebutuhan

air irigasi untuk tanaman ladang dan tebu sangat sedikit bila dibandingkan dengan tanaman padi yang membutuhkan penggenangan.

3.5 Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif dipandang dari segi kebutuhan air tanaman adalah bagian dari curah hujan yang dapat digunakan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam produksi tanaman pada daerah hujan tersebut tanpa pemompaan.

3.5.1 Curah hujan efektif untuk perhitungan kebutuhan air padi.

Untuk menghitung kebutuhan air padi, digunakan curah hujan efektif sepuluh-harian. Curah hujan efektif sepuluh-harian ini diambil 70 persen dari curah hujan minimum sepuluh-harian dengan periode ulang lima tahun, dengan persamaan sebagai berikut :

$$R_e = 0.7 \times \frac{1}{10} \times R_5(\text{sepuluh hari}) \quad (2.11)$$

dimana : R_e = Curah hujan efektif, *mm hari*

$R_5(\text{sepuluh hari})$ = Curah hujan minimum sepuluh-harian dengan periode ulang 5 tahun, *mm*

Curah hujan minimum sepuluh harian dengan periode ulang lima tahun, diperoleh dengan analisa frekuensi. Analisa ini menggunakan cara kurva (plotting position) dengan **metode** Weibull dengan persamaan sebagai berikut :

$$T = \frac{(N+1)}{m} \quad (2.12)$$

dimana : T = periode ulang, *tahun*
 N = total nomor kejadian
 m = urutan nomor kejadian.

Hubungan antara curah hujan dengan periode ulang digambarkan dalam kertas skala log untuk mendapatkan perkiraan curah hujan yang diinginkan.

3.5.2 Curah hujan efektif untuk perhitungan kebutuhan air tanaman ladang dan tebu. Curah hujan efektif untuk tanaman ladang dan tebu, ditentukan dengan metode yang diperkenalkan oleh USDA Soil Conservation Service. Pada metode ini, curah hujan efektif ditentukan dengan periode bulanan yang dihubungkan dengan curah hujan rata-rata bulanan (terpenuhi 50 %) serta evapotranspirasi tanaman rata-rata bulanan (Tabel 2.4).

Tabel 2.4

Curah Hujan Efektif Rata-Rata Bulanan

		Mean Monthly Consumptive Use (mm)													
		25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350
		Mean Monthly Effective Rainfall (mm)													
Monthly Mean Rainfall (mm)	12,5	7,5	8,0	8,7	9,0	9,2	10,0	10,5	11,2	11,7	12,5	12,5	12,5	12,5	
	25	15,0	16,2	17,5	18,0	18,5	19,7	20,5	22,0	24,5	25,0	25,0	25,0	25,0	
	37,5	22,5	24,0	26,2	27,5	28,2	29,2	30,5	33,0	36,2	37,5	37,5	37,5	37,5	
	50	25	32,2	34,5	35,7	36,7	39,0	40,5	43,7	47,0	50,0	50,0	50,0	50,0	
	62,5	25	39,7	42,5	44,5	46,0	48,5	50,5	53,7	57,5	62,5	62,5	62,5	62,5	
	75	25	46,2	49,7	52,7	55,0	57,5	60,2	63,7	67,5	73,7	75,0	75,0	75,0	
	87,5	25	50,0	56,7	60,2	63,7	66,0	69,7	73,7	77,7	84,5	87,5	87,5	87,5	
	100	25	50,0	63,7	67,7	72,0	74,2	78,7	83,0	87,7	95,0	100	100	100	
	112,5	25	50,0	70,5	75,0	80,2	82,5	87,2	92,7	98,0	105	111	112	112	
	125	25	50,0	75,0	81,5	87,7	90,5	95,7	102	108	115	121	125	125	
	137,5	25	50,0	75,0	88,7	95,2	98,7	104	111	118	126	132	137	137	
	150	25	50,0	75,0	95,2	102	106	112	120	127	136	143	150	150	
	162,5	25	50,0	75,0	100	109	113	120	128	135	145	153	160	162	
	175	25	50,0	75,0	100	115	120	127	135	143	154	164	170	175	
	187,5	25	50,0	75,0	100	121	126	134	142	151	161	170	179	185	
	200	25	50,0	75,0	100	125	133	140	148	158	168	178	188	196	
	225	25	50,0	75,0	100	125	144	151	160	171	182	182	182	182	
	250	25	50,0	75,0	100	125	150	161	170	183	194	194	194	194	
	275	25	50,0	75,0	100	125	150	171	181	194	205	205	205	205	
	300	25	50,0	75,0	100	125	150	175	190	203	215	215	215	215	
325	25	50,0	75,0	100	125	150	175	198	213	224	224	224	224		
350	25	50,0	75,0	100	125	150	175	200	220	232	232	232	232		
375	25	50,0	75,0	100	125	150	175	200	225	240	240	240	240		
400	25	50,0	75,0	100	125	150	175	200	225	247	247	247	247		
425	25	50,0	75,0	100	125	150	175	200	225	250	250	250	250		
450	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	250	250	250		

Sumber : FAO Guidelines for Predicting Crop Water Requirements (1977)

Tabel tersebut dibuat berdasarkan kondisi dimana kedalaman bersih air yang dapat ditampung dalam tanah pada waktu irigasi sebesar 75 mm. Apabila kedalaman bersih air yang dapat ditampung dalam tanah tersebut lebih besar atau lebih

kecil **dari 75 mm**, harga-harga curah hujan efektif di tabel 2.4 dikoreksi dengan faktor yang dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5

Faktor Koreksi Tampung

Tampung efektif faktor	20	25	37.5	50	62,5	75	100	125	150	175	200
F tampung	0,73	0,77	0,86	0,93	0,97	1,00	1,02	1,04	1,06	1,07	1,08

Requirements(1977)

Curah hujan rata-rata bulanan diperoleh dengan analisa frekuensi melalui prosedur yang sama dengan **perkiraan** curah hujan sepuluh harian dengan periode ulang lima tahun pada perhitungan curah hujan efektif bagi tanaman padi

3.6 Penggantian Lapisan Air

Penggantian lapisan air untuk padi umumnya dilakukan setelah pemupukan. Ini dimaksudkan untuk membilas tanah dengan tujuan mengurangi reaksi kimia yang berlebihan akibat pemberian pupuk. Jika tidak dilakukan setelah pemupukan, maka penggantian lapisan air dilakukan sebanyak dua kali, masing-masing **50 mm** (**5 mm/hari** selama 10 hari) pada 1 bulan dan 2 bulan setelah transplantasi.