

KEBUTUHAN AIR TANAMAN

dan EVAPOTRANSPIRASI



1 Apa itu Kebutuhan Air Tanaman?

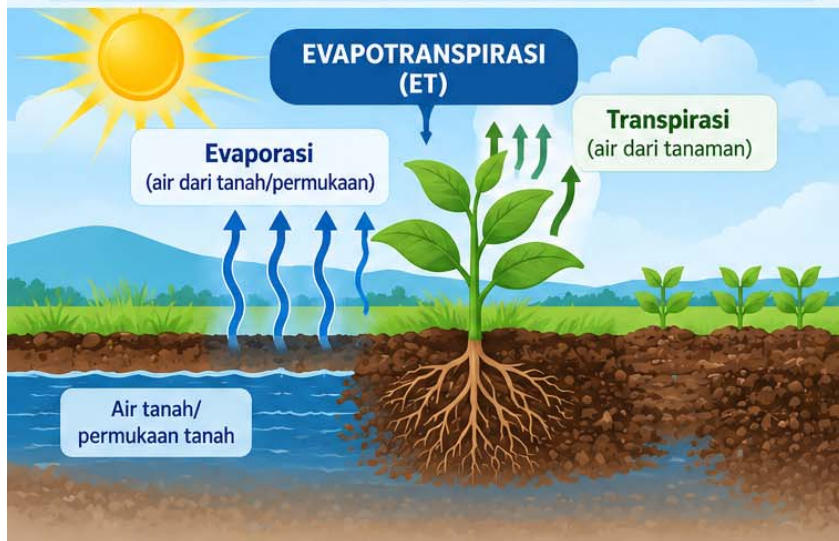
Kebutuhan air tanaman adalah sejumlah air yang dibutuhkan untuk mengganti air yang hilang akibat penguapan.

2 Apa itu Evapotranspirasi?

Bila kedua proses penguapan (evaporasi) dan transpirasi terjadi bersama-sama, maka terjadi **EVAPOTRANSPIRASI**.

3 Besarnya kebutuhan air tanaman

Dengan demikian, besar kebutuhan air tanaman adalah sebesar jumlah air yang hilang akibat proses **EVAPOTRANSPIRASI**.



FAKTOR YANG MEMPENGARUHI



Besar Evaporasi

Sangat dipengaruhi oleh keadaan iklim, meliputi:



Temperatur udara



Kecepatan angin



Kelembaban udara



Kecerahan penyinaran matahari



Besar Transpirasi

Dipengaruhi oleh:



Keadaan iklim



Jenis tanaman



Varietas tanaman



Umur tanaman

Perbedaan jenis, varietas, dan umur tanaman menyebabkan laju **transpirasi** berbeda-beda.

KESIMPULAN KONSEP

Kebutuhan air tanaman

=

Evaporasi

+

Transpirasi



HUBUNGAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KEBUTUHAN AIR TANAMAN

FAKTOR IKLIM

Mempengaruhi besarnya evapotranspirasi potensial (ET_0)



Temperatur udara



Kecepatan angin



Kelembaban udara



Kecerahan penyinaran matahari

Dihitung dengan rumus-rumus

Didapat ET_0
(evapotranspirasi potensial)

FAKTOR TANAMAN

Mempengaruhi koefisien tanaman (k)



Jenis tanaman



Varietas tanaman



Umur tanaman

Dirancang dengan pola tanam tertentu

k didapat
(koefisien tanaman)

Kebutuhan Air Tanaman
 $ET = k \times ET_0$

KEBUTUHAN AIR UNTUK PENGGUNAAN KONSUMTIF TANAMAN

Kebutuhan air untuk penggunaan konsumtif tanaman dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$ET_c = k_c \times ET_0 \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

ET_c : Kebutuhan air untuk penggunaan konsumtif tanaman, (mm/hari)

k_c : Koefisien tanaman (tanpa satuan)

ET_0 : Evapotranspirasi potensial tanaman acuan (dihitung dengan rumus Penman Modifikasi, rumus Blaney-Criddle atau rumus radiasi), (mm/hari)



Inti Konsep:

Kebutuhan air tanaman ditentukan oleh besarnya ET_0 (dipengaruhi faktor iklim) dan nilai koefisien tanaman k (dipengaruhi faktor tanaman), sehingga: $ET_c = k_c \times ET_0$

KOEFISIEN TANAMAN (k) dan Faktor yang Mempengaruhi



Koefisien tanaman (k) adalah faktor yang menggambarkan perbandingan kebutuhan air suatu tanaman terhadap evapotranspirasi tanaman acuan (ET_o).

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Koefisien Tanaman (k)

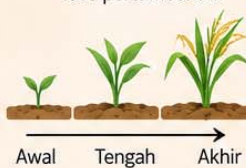
1 Jenis tanaman (padi, jagung, tebu, dll.)



2 Varietas tanaman Varietas biasa atau unggul.



3 Umur tanaman Koefisien tanaman berubah sesuai fase pertumbuhan.



Catatan

- Apabila ET_o dihitung dengan rumus **Penman Modifikasi** yang diperkenalkan oleh **Nedeco/Prosida** dan **FAO**,
- maka harga koefisien tanaman yang digunakan untuk menghitung ET_c adalah harga koefisien tanaman yang ada pada Tabel 1 (contoh untuk tanaman padi).



Tabel 1. Koefisien Tanaman Padi



Bulan (setelah tanam)	Nedeco/Prosida		FAO	
	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Varietas Biasa	Varietas Unggul
0,5	1,20	1,20	1,10	1,10
1,0	1,20	1,27	1,10	1,10
1,5	1,32	1,33	1,10	1,05
2,0	1,40	1,30	1,10	1,05
2,5	1,35	1,30	1,10	0,95
3,0	1,24	0	1,05	0
3,5	1,12		0,95	
4,0	0		0	

Keterangan:



- Nilai k berbeda menurut varietas dan fase pertumbuhan tanaman.
- Nilai pada tabel digunakan untuk perhitungan kebutuhan air tanaman (ET_c) dengan ET_o dari rumus Penman Modifikasi (Nedeco/Prosida) atau FAO.
- Tabel ini merupakan contoh untuk tanaman padi.

Evapotranspirasi Potensial Tanaman Acuan (ET₀) dengan Rumus Penman Modifikasi

Metode Perhitungan ET₀

Ada 2 metode yang dapat digunakan:

1 Metode Nedeco/Prosida



Digunakan di Indonesia pada beberapa studi hidrologi dan irigasi.

2 Metode FAO

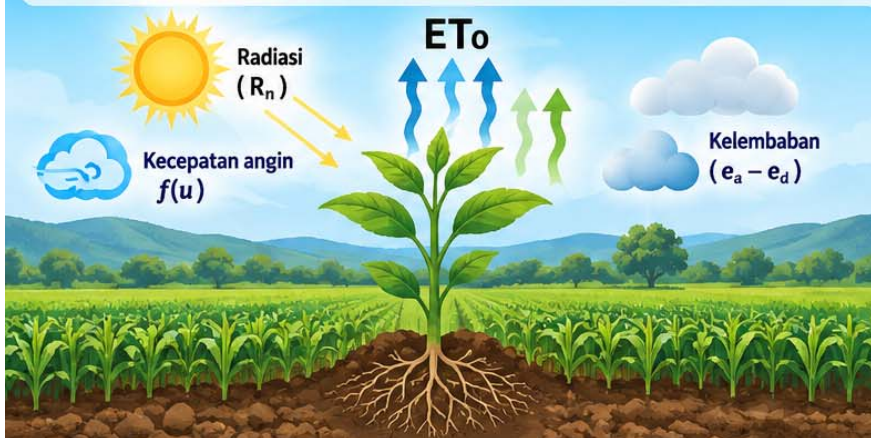
Lebih umum dipakai secara internasional (direkomendasikan FAO).



Metode FAO menggunakan rumus Penman Modifikasi yang mempertimbangkan berbagai faktor iklim secara lebih lengkap.

Rumus Penman Modifikasi (FAO)

$$ET_0 = c \times [W \times R_n + (1 - W) \times f(u) \times (e_a - e_d)] \dots\dots\dots (2)$$



Keterangan Variabel

Simbol	Keterangan	Satuan
ET ₀	Evapotranspirasi tanaman acuan	mm/hari
c	Faktor yang menunjukkan pengaruh perbedaan kecepatan angin pada siang dengan malam hari	-
W	Faktor pembobot	-
R _n	Energi radiasi bersih yang menghasilkan evaporasi	mm/hari
f(u)	Fungsi kecepatan angin rata-rata yang diukur pada ketinggian 2 m dengan satuan kecepatan angin dalam km/hari (lihat Tabel 3 untuk nilai f(u))	-
e _a - e _d	Perbedaan tekanan uap jenuh dengan tekanan uap aktual (lihat Tabel 2 untuk nilai e _a)	mbar



Catatan:

Apabila ET₀ dihitung dengan rumus Penman Modifikasi yang diperkenalkan oleh Nedeco/Prosida dan FAO, maka harga koefisien tanaman yang digunakan untuk menghitung ETC adalah harga koefisien tanaman yang ada pada Tabel 1 (contoh untuk tanaman padi).



Inti Pembelajaran

- ET₀ dapat dihitung dengan metode Nedeco/Prosida atau metode FAO.
- Rumus Penman Modifikasi (FAO) mempertimbangkan faktor radiasi, angin, dan tekanan uap.
- Parameter-parameter pada rumus memiliki satuan dan makna fisik yang jelas.

CONTOH SOAL

Menghitung Evapotranspirasi Potensial Tanaman Acuan (ET_0)

Dari sebuah stasiun meteorologi yang terletak pada posisi **30° LU** dan berada pada ketinggian **95 m**, diperoleh data meteorologi pada bulan **Juli** sebagai berikut:



Temperatur udara rata-rata (T_{mean})

28,5 °C



Kelembaban relatif (Rh)

55 %



Kecepatan angin (u)
(pada ketinggian 3 m)

250 km/hari



Penyinaran matahari (n/N)

83 %



Hitung evapotranspirasi potensial tanaman acuan (ET_0) yang terjadi pada bulan **Juli** dengan menggunakan rumus **Penman Modifikasi metode FAO**.



Data iklim menjadi dasar pengelolaan air yang tepat untuk pertanian.

PENYELESAIAN



Langkah demi langkah menuju hasil yang tepat

1 Hitung nilai faktor c

Karena tidak ada data yang membedakan kecepatan angin pada siang hari dan malam hari, maka nilai c dianggap 1.

Nilai c
= 1

2 Hitung nilai perbedaan tekanan uap ($e_a - e_d$)

Berdasarkan nilai temperatur udara rata-rata (T_{mean}), dari Tabel 2 di bawah ini dapat diperoleh nilai tekanan uap jenuh (e_a).

Tabel 2. Tekanan uap jenuh (e_a) menurut temperatur udara rata-rata

Temperatur (°C)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
e_a (mbar)	6,1	6,6	7,1	7,6	8,1	8,7	9,8	10,0	10,7	11,5	12,3
Temperatur (°C)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
e_a (mbar)	13,1	14,0	15,0	16,1	17,0	18,2	19,4	20,6	22,0	23,4	24,9
Temperatur (°C)	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
e_a (mbar)	26,4	28,1	29,8	31,7	33,6	35,7	37,8	40,1	42,4	44,9	47,6
Temperatur (°C)	33	34	35	36	37	38	39				
e_a (mbar)	50,3	53,2	56,2	59,4	62,8	66,3	69,9				



Langkah selanjutnya

Setelah memperoleh nilai e_a , hitung e_d berdasarkan kelembaban relatif (Rh), kemudian tentukan ($e_a - e_d$) untuk digunakan dalam rumus **Penman Modifikasi**.

Rumus Penman Modifikasi (FAO)

$$ET_0 = c \times \left[W \times R_n + (1 - W) \times f(u) \times (e_a - e_d) \right]$$

ET_0 : evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari)
 c : faktor pengaruh kecepatan angin
 W : faktor pembobot
 R_n : energi radiasi bersih (mm/hari)
 $f(u)$: fungsi kecepatan angin (km/hari)
 $e_a - e_d$: perbedaan tekanan uap jenuh dan aktual (mbar)

LANGKAH 2 Menghitung Perbedaan Tekanan Uap ($e_a - e_d$)

1 Tentukan nilai e_a dari Tmean

Jika Tmean = 28,5 °C, maka nilai tersebut berada di antara $T_1 = 28$ °C dan $T_2 = 29$ °C dengan:

$e_{a1} = 37,8$ mbar
(pada 28 °C)

$e_{a2} = 40,1$ mbar
(pada 29 °C)

Dengan interpolasi linear diperoleh:

$e_a = 39$ mbar

Contoh nilai pada Tabel 2

Temperatur (°C)	e_a (mbar)
26	33,6
27	35,7
28	37,8
29	40,1
30	42,4

(Tabel 2. Tekanan uap jenuh)



2 Hitung nilai e_d dari kelembaban relatif (Rh)

Tekanan uap aktual (e_d) dihitung dengan rumus:

$$Rh = \frac{e_d}{e_a} \times 100 \%$$

$$e_d = Rh \times e_a$$

Diketahui:

- Rh = 55 %
- $e_a = 39$ mbar



$$e_d = 0,55 \times 39 = 21,5 \text{ mbar}$$

RH
55%

3 Hitung selisih tekanan uap

Dengan diketahui nilai e_a dan e_d , maka:

$$(e_a - e_d) = 39 - 21,5 = 17,5 \text{ mbar}$$

$$(e_a - e_d) = 17,5 \text{ mbar}$$

LANGKAH 3 Menghitung Fungsi Kecepatan Angin $f(u)$

Pengaruh angin terhadap ET_0 ditunjukkan dengan rumus:

$$f(u) = 0,27 \times \left(1 + \frac{u}{100}\right) \dots\dots (3)$$

Keterangan:

- u = kecepatan angin harian rata-rata (km/hari) yang diukur pada ketinggian 2 m.
- Nilai $f(u)$ dapat diperoleh menggunakan Tabel 3.
- Apabila kecepatan angin tidak diukur pada ketinggian 2 m, maka lakukan koreksi terlebih dahulu dengan faktor pada Tabel 4, kemudian lihat nilai $f(u)$ pada Tabel 3.



Contoh nilai pada Tabel 3 (fungsi kecepatan angin $f(u)$)

u (km/hari)	0	50	100	150	200	250	300	350	400
$f(u)$	0,27	0,41	0,54	0,68	0,81	0,95	1,08	1,22	1,35

Contoh perhitungan

Diketahui:

$u = 250$ km/hari
(pada ketinggian 3 m)

Gunakan rumus:

$$f(u) = 0,27 \times \left(1 + \frac{250}{100}\right)$$

Hasil:

$$\begin{aligned} f(u) &= 0,27 \times (1 + 2,5) \\ &= 0,27 \times 3,5 \\ &= 0,945 \approx 0,95 \end{aligned}$$



Hal Penting!

- ✓ Nilai $f(u)$ dapat langsung diambil dari Tabel 3 untuk mempermudah.
- ✓ Pastikan kecepatan angin menggunakan satuan km/hari.

Langkah 4

Menghitung Faktor Pembobot (W) dan (1 - W)

Faktor pembobot W menunjukkan bobot pengaruh perubahan tekanan dan energi radiasi terhadap ET_o , yang secara matematis dihitung dengan:



Nilai W dipengaruhi oleh posisi ketinggian tempat (z) dan temperatur udara rata-rata (T).

$$W = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \quad (4)$$

Keterangan:

- Δ = gradien perubahan tekanan uap terhadap perubahan temperatur (kPa/°C atau mbar/°C)
- γ = konstanta psychrometric (kPa/°C atau mbar/°C)

Nilai W dapat juga diperoleh langsung dari **Tabel 5** berdasarkan posisi ketinggian daerah dan temperatur udara rata-rata.

Tabel 5. Nilai Faktor Pembobot W

Temperatur (T) °C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Ketinggian (z) m										
0	0,43	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69
500	0,44	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,62	0,65	0,67	0,70
1000	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71
2000	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71	0,73

Temperatur (T) °C	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
Ketinggian (z) m										
0	0,71	0,73	0,75	0,77	0,78	0,80	0,82	0,83	0,84	0,85
500	0,72	0,74	0,76	0,78	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86
1000	0,73	0,75	0,77	0,79	0,80	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87
2000	0,75	0,77	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88



Data iklim yang tepat dari lokasi pengamatan sangat penting untuk menghasilkan nilai W yang akurat.

Setelah memperoleh nilai W ...



Hitung (1 - W) dengan rumus:

$$(1 - W) = 1 - W$$

Tips Membaca Tabel:

- ✓ Pilih tabel sesuai dengan temperatur rata-rata (T) dan ketinggian tempat (z).
- ✓ Jika nilai T atau z berada di antara dua nilai, gunakan interpolasi linear.
- ✓ Nilai W kemudian digunakan dalam perhitungan ET_o dengan rumus Penman Modifikasi.



Semakin tinggi temperatur dan ketinggian tempat, nilai W umumnya semakin besar.



Contoh Perhitungan Nilai Faktor Pembobot (W)



Diketahui:

- Ketinggian lokasi (z) = 95 m
- Temperatur rata-rata (T) = 28,5 °C
- Gunakan Tabel 5.

Karena $z = 95$ m berada di antara 0 m dan 500 m, dan $T = 28,5$ °C berada di antara 28 °C dan 30 °C, maka nilai W dicari dengan interpolasi linear 3 tahap.

1

Interpolasi terhadap temperatur pada $z = 0$ m

Dari Tabel 5, untuk $z = 0$ m:

T (°C)	28	30
W	0,77	0,78

$$W_1 = 0,77 + \left(\frac{28,5 - 28}{30 - 28} \right) \times (0,78 - 0,77) = 0,7725$$

2

Interpolasi terhadap temperatur pada $z = 500$ m

Dari Tabel 5, untuk $z = 500$ m:

T (°C)	28	30
W	0,78	0,79

$$W_2 = 0,78 + \left(\frac{28,5 - 28}{30 - 28} \right) \times (0,79 - 0,78) = 0,7825$$

3

Interpolasi terhadap ketinggian untuk $z = 95$ m

Karena $z = 95$ m berada di antara 0 m dan 500 m, gunakan W_1 dan W_2 untuk interpolasi:

$$W = 0,7725 + \left(\frac{95 - 0}{500 - 0} \right) \times (0,7825 - 0,7725) = 0,77$$



Nilai W yang diperoleh adalah 0,77



Interpolasi linear digunakan karena nilai yang dicari berada di antara dua nilai pada tabel.

Hasil dan Nilai ($1 - W$)

Nilai faktor pembobot:

$$W = 0,77$$

Maka:

$$(1 - W) = 1 - 0,77 = 0,23$$



Ringkasan Nilai W

Ketinggian (z)	W pada $T = 28,5$ °C	Keterangan
0 m	0,7725	Hasil interpolasi T (28–30 °C)
500 m	0,7825	Hasil interpolasi T (28–30 °C)
95 m	0,77	Hasil interpolasi ketinggian (0–500 m)

Langkah 5

Menghitung Nilai Radiasi Bersih (R_n)

Radiasi bersih (R_n) adalah selisih antara semua radiasi yang datang dengan semua radiasi yang pergi meninggalkan permukaan bumi.

Radiasi bersih dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus di bawah ini.





Langkah 5 Menghitung Nilai Radiasi Bersih (Rn)

Radiasi bersih (Rn) adalah selisih antara semua radiasi yang datang dengan semua radiasi yang pergi meninggalkan permukaan bumi. Rn merupakan salah satu komponen penting dalam perhitungan evapotranspirasi tanaman.



Rumus-rumus yang digunakan

1 Radiasi matahari yang sampai ke bumi (Rs)

$$Rs = \left(0,25 + 0,50 \times \frac{n}{N} \right) \times Ra \quad \dots\dots (5)$$

2 Radiasi bersih gelombang pendek (Rns)

$$Rns = (1 - \alpha) \times Rs \quad \dots\dots (6)$$

3 Radiasi bersih gelombang panjang (Rn₁)

$$Rn_1 = f(t) \times f(ed) \times f(n/N) \quad \dots\dots (7)$$

4 Radiasi bersih (Rn)

$$Rn = Rns - Rn_1 \quad \dots\dots (8)$$

Keterangan variabel

- Ra** : radiasi yang sampai pada lapisan atas atmosfer (mm/hari)
- Rs** : radiasi matahari yang sampai ke bumi (mm/hari)
- Rns** : radiasi bersih gelombang pendek (mm/hari)
- Rn₁** : radiasi bersih gelombang panjang (mm/hari)
- Rn** : radiasi bersih (mm/hari)
- n/N** : perbandingan jam cerah aktual dengan jam cerah teoritis (dinyatakan dalam persen)
- α** : albedo atau persentase radiasi yang dipantulkan (untuk tanaman acuan Penman Modifikasi, α = 0,25)



Catatan Penting!

- ✓ Nilai Ra diperoleh dari Tabel 6 berdasarkan lintang dan bulan.
- ✓ Nilai f(T) dari Tabel 7.
- ✓ Nilai f(e_d) dari Tabel 8.
- ✓ Nilai f(n/N) dari Tabel 9.

"Radiasi matahari adalah sumber energi utama yang menggerakkan proses evapotranspirasi."

Sumber Nilai dari Tabel

Tabel 6 Nilai Ra (radiasi ekstrapetrial)

Menjelaskan nilai Ra tiap bulan untuk suatu posisi lintang (latitude) daerah pengamatan.



Tabel 7 Nilai f(T)

Diperoleh dari suhu udara rata-rata (T).



Tabel 8 Nilai f(e_d)

Diperoleh dari tekanan uap aktual (e_d).

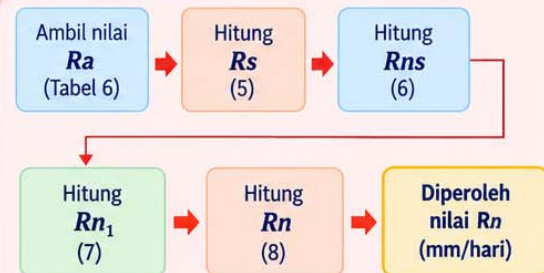


Tabel 9 Nilai f(n/N)

Diperoleh dari perbandingan lama penyinaran matahari (n/N).



Alur Perhitungan Rn





Tabel 6. Nilai Ra Ekuivalen dengan Evaporasi (mm/hari)

Berdasarkan Lintang dan Bulan

Nilai Ra menunjukkan besarnya energi radiasi matahari yang setara dengan evaporasi, digunakan dalam perhitungan evapotranspirasi tanaman.



Untuk Lintang Utara (°)

Lintang Utara (°)	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
0	15,0	15,5	15,7	15,3	14,4	13,9	14,1	14,8	15,3	15,4	15,1	14,8
2	14,7	15,3	15,6	15,3	14,6	14,2	14,3	14,9	15,3	15,3	14,8	14,4
4	14,3	15,0	15,5	15,5	14,9	14,4	14,6	15,1	15,3	15,1	14,5	14,1
6	13,9	14,8	15,4	15,4	15,1	14,7	14,9	15,2	15,3	15,0	14,2	13,7
8	13,6	14,5	15,3	15,6	15,3	15,0	15,1	15,4	15,3	14,8	13,9	13,3
10	13,2	14,2	15,3	15,7	15,5	15,3	15,3	15,5	15,3	14,7	13,6	12,9
12	12,8	13,9	15,1	15,7	15,7	15,5	15,5	15,6	15,2	14,4	13,3	12,5
14	12,4	13,6	14,9	15,7	15,8	15,7	15,7	15,7	15,1	14,1	12,8	12,0
16	12,0	13,3	14,7	15,6	16,0	15,9	15,9	15,7	15,0	13,9	12,4	11,6
18	11,6	13,0	14,6	15,6	16,1	16,1	16,1	15,8	14,9	13,6	12,0	11,1
20	11,2	12,7	14,4	15,6	16,3	16,4	16,3	15,9	14,8	13,3	11,6	10,7
22	10,7	12,3	14,2	15,5	16,3	16,4	16,4	15,8	14,6	13,0	11,1	10,2
24	10,2	11,9	13,9	15,4	16,4	16,6	16,5	15,8	14,5	12,6	10,7	9,7
26	9,8	11,5	13,7	15,3	16,4	16,7	16,6	15,7	14,3	12,3	10,3	9,3
28	9,3	11,1	13,4	15,3	16,5	16,8	16,7	15,7	14,1	12,0	9,9	8,8
30	8,8	10,7	13,1	15,2	16,5	17,0	16,8	15,7	13,9	11,6	9,5	8,3



Untuk Lintang Selatan (°)

Lintang Selatan (°)	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
0	15,0	15,5	15,7	15,3	14,4	13,9	14,1	14,8	15,3	15,4	15,1	14,8
2	15,3	15,7	15,7	15,1	14,1	13,5	13,7	14,5	15,2	15,5	15,3	15,1
4	15,5	15,8	15,6	14,9	13,8	13,2	13,4	14,3	15,1	15,6	14,5	15,4
6	15,8	16,0	15,6	14,7	13,4	12,8	13,1	14,0	15,0	15,7	15,8	15,7
8	16,1	16,1	15,5	14,4	13,1	12,4	12,7	13,7	14,9	15,8	16,0	16,0
10	16,4	16,3	15,5	14,2	12,8	12,0	12,4	13,5	14,8	15,9	16,2	16,2
12	16,6	16,3	15,4	14,0	12,5	11,6	12,0	13,2	14,7	15,8	16,4	16,5
14	16,7	16,4	15,3	13,7	12,1	11,2	11,6	12,9	14,5	15,8	16,5	16,6
16	16,9	16,4	15,2	13,5	11,7	10,8	11,2	12,6	14,3	15,8	16,7	16,8
18	17,1	16,5	15,1	13,2	11,4	10,4	10,8	12,3	14,1	15,8	16,8	17,1
20	17,3	16,5	15,0	13,0	11,0	10,0	10,4	12,0	13,9	15,8	17,0	17,4
22	17,4	16,5	14,8	12,6	10,6	9,6	10,0	11,6	13,7	15,7	17,0	17,5
24	17,5	16,5	14,6	12,3	10,2	9,1	9,5	11,2	13,4	15,6	17,1	17,7
26	17,6	16,4	14,4	12,0	9,7	8,7	9,1	10,9	13,2	15,5	17,2	17,8
28	17,7	16,4	14,3	11,6	9,3	8,2	8,6	10,4	13,0	15,4	17,2	17,9
30	17,8	16,4	14,0	11,3	8,9	7,8	8,1	10,1	12,7	15,3	17,3	18,1



Cara Membaca Tabel

- 1 Tentukan lintang lokasi (pilih tabel utara atau selatan).
- 2 Pilih bulan yang diinginkan.
- 3 Baca nilai Ra pada pertemuan baris lintang dan kolom bulan.



Contoh Pengambilan Nilai

Lokasi: 6° LU, bulan Juli
Dari Tabel 6 (Lintang Utara):

Ra = 14,9 mm/hari

Lokasi: 10° LS, bulan Januari
Dari Tabel 6 (Lintang Selatan):

Ra = 16,4 mm/hari



Tips Penggunaan

- ✓ Pastikan menggunakan tabel yang sesuai (utara atau selatan).
- ✓ Jika lintang berada di antara dua nilai, lakukan interpolasi.
- ✓ Nilai Ra digunakan dalam perhitungan Rs, Rns, Rn₁, dan Rn pada rumus radiasi bersih.



Penting!

Nilai Ra berbeda setiap bulan dan lintang karena sudut datang matahari dan lama penyinaran berubah sepanjang tahun.





Faktor Koreksi dalam Perhitungan Radiasi Bersih (Rn_1)

Nilai $f(T)$, $f(ed)$, dan $f(n/N)$ diperoleh dari Tabel 7, 8, dan 9.

Ketiga faktor ini digunakan untuk menghitung komponen radiasi bersih gelombang panjang (Rn_1) pada rumus Penman Modifikasi.



1

Tabel 7. Pengaruh temperatur $f(T)$ terhadap Rn_1

Nilai $f(T)$ menunjukkan pengaruh suhu udara rata-rata terhadap radiasi bersih gelombang panjang.

T (°C)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
f(T)	11,0	11,4	11,7	12,0	12,4	12,7	13,1	13,5	13,8	14,2

T (°C)	20	22	24	26	28	30	32	34	36
f(T)	14,6	15,0	15,4	15,9	16,3	16,7	17,2	17,7	18,1



Semakin tinggi suhu udara, nilai $f(T)$ semakin besar.

2

Tabel 8. Pengaruh tekanan uap $f(ed)$ terhadap Rn_1

Nilai $f(ed)$ menunjukkan pengaruh tekanan uap aktual terhadap radiasi bersih gelombang panjang.

ed (mbar)	6	8	10	12	14	16	18	20	22
f(ed)	0,23	0,22	0,20	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13

ed (mbar)	24	26	28	30	32	34	36	38	40
f(ed)	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06



Semakin besar tekanan uap aktual (ed), nilai $f(ed)$ semakin kecil.

3

Tabel 9. Pengaruh persentase penyinaran $f(n/N)$ terhadap Rn_1

Nilai $f(n/N)$ menunjukkan pengaruh lama penyinaran matahari terhadap radiasi bersih gelombang panjang.

n/N	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
f(n/N)	0,10	0,15	0,19	0,24	0,28	0,33	0,37	0,42	0,46	0,51	0,55

n/N	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
f(n/N)	0,60	0,64	0,69	0,73	0,78	0,82	0,87	0,91	0,96	1,00



Semakin besar persentase penyinaran (n/N), nilai $f(n/N)$ semakin besar.



Contoh Pengambilan Nilai dari Tabel

Diketahui:

- Posisi lokasi : 30° LU
- Persentase penyinaran matahari (n/N) = 83%
- Temperatur udara rata-rata (T) = 28,5 °C
- Tekanan uap aktual (ed) = 21,5 mbar

Data iklim yang tepat menghasilkan perhitungan ET_0 yang lebih akurat!

1

Langkah 1. Ambil nilai R_a dari Tabel 6

Untuk posisi 30° LU pada bulan Juli:

$R_a = 16,8$ mm/hari



30° LU



Informasi Tambahan

- ✓ Gunakan **Tabel 7** untuk nilai $f(T)$.
- ✓ Gunakan **Tabel 8** untuk nilai $f(ed)$.
- ✓ Gunakan **Tabel 9** untuk nilai $f(n/N)$.
- ✓ Nilai-nilai ini kemudian digunakan dalam perhitungan Rn_1 pada rumus Penman Modifikasi.



Ingat!

Pastikan menggunakan satuan dan tabel yang sesuai dengan kondisi lokasi (lintang dan bulan).

Langkah Perhitungan Radiasi Bersih (Rn) – Contoh Kasus

Diketahui: posisi 30° LU, $n/N = 83\%$, $T = 28,5^\circ\text{C}$, $ed = 21,5$ mbar, $\alpha = 0,25$

Gunakan rumus dan tabel untuk memperoleh nilai R_n secara bertahap.



b Hitung radiasi matahari (R_s)

Gunakan Rumus (5):

$$R_s = \left(0,25 + 0,50 \times \frac{n}{N}\right) \times R_a$$

Substitusi nilai:

$$n/N = 0,83$$

$$R_a = 16,8 \text{ mm/hari}$$

Perhitungan:

$$R_s = (0,25 + 0,50 \times 0,83) \times 16,8$$

$$R_s = 11,2 \text{ mm/hari}$$



Semakin besar n/N , semakin besar radiasi matahari (R_s).

c Hitung radiasi bersih gelombang pendek (R_{ns})

Gunakan Rumus (6):

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

Substitusi nilai:

$$\alpha = 0,25$$

$$R_s = 11,2 \text{ mm/hari}$$

Perhitungan:

$$R_{ns} = (1 - 0,25) \times 11,2$$

$$R_{ns} = 8,4 \text{ mm/hari}$$



Nilai albedo (α) menunjukkan persentase radiasi yang dipantulkan oleh permukaan.

d Cari nilai fungsi koreksi

Gunakan tabel dan interpolasi linear.



$f(T)$ dari Tabel 7
 $T = 28,5^\circ\text{C}$

$$\rightarrow f(T) = 16,4$$



$f(ed)$ dari Tabel 8
 $ed = 21,5$ mbar

$$\rightarrow f(ed) = 0,13$$



$f(n/N)$ dari Tabel 9
 $n/N = 83\%$ (0,83)

$$\rightarrow f(n/N) = 0,85$$

e Hitung radiasi bersih gelombang panjang (R_{n1})

Gunakan Rumus (7):

$$R_{n1} = f(T) \times f(ed) \times f(n/N)$$

Substitusi nilai:

$$f(T) = 16,4$$

$$f(ed) = 0,13$$

$$f(n/N) = 0,85$$

Perhitungan:

$$R_{n1} = 16,4 \times 0,13 \times 0,85$$

$$R_{n1} = 1,8 \text{ mm/hari}$$



Hitung radiasi bersih total (R_n)

Gunakan Rumus (8):

$$R_n = R_{ns} - R_{n1}$$

Substitusi nilai:

$$R_{ns} = 8,4 \text{ mm/hari}$$

$$R_{n1} = 1,8 \text{ mm/hari}$$

Perhitungan:

$$R_n = 8,4 - 1,8$$

$$R_n = 6,6 \text{ mm/hari}$$



Hasil Akhir Perhitungan

$$R_n = 6,6 \text{ mm/hari}$$



Nilai ini merupakan radiasi bersih yang digunakan pada perhitungan evapotranspirasi potensial (ET_o) dengan rumus Penman Modifikasi.



"Radiasi bersih adalah energi yang tersedia untuk proses evapotranspirasi."



Kesimpulan:

Dengan memanfaatkan data iklim (suhu, tekanan uap, penyinaran matahari) dan nilai dari tabel, komponen radiasi bersih dapat dihitung secara sistematis dan akurat.



Langkah 6

Hitung Evapotranspirasi Potensial Tanaman Acuan (ET_0) dengan Rumus Penman Modifikasi

ET_0 menunjukkan kebutuhan air potensial tanaman acuan (rumput) pada suatu wilayah.



Data yang Diketahui



$(e_a - e_d) = 17,5$ mbar
(defisit tekanan uap)



$f(u) = 0,90$
(fungsi kecepatan angin)



$W = 0,77$
(faktor pembobot)



$(1 - W) = 0,23$



$R_n = 6,6$ mm/hari
(radiasi bersih)



$c = 1$
(faktor penyesuaian)

1

Rumus Penman Modifikasi



$$ET_0 = c [W \times R_n + (1 - W) \times f(u) \times (e_a - e_d)]$$

Keterangan:

ET_0 : evapotranspirasi potensial tanaman acuan (mm/hari)

c : faktor penyesuaian (umumnya 1)

W : faktor pembobot

R_n : radiasi bersih (mm/hari)

$f(u)$: fungsi kecepatan angin

$(e_a - e_d)$: perbedaan tekanan uap aktual (mbar)

$(1 - W)$: komplemen faktor pembobot

2

Substitusi Nilai ke Rumus

$$ET_0 = 1 [0,77 \times 6,6 + 0,23 \times 0,90 \times 17,5]$$

Langkah 1 $0,77 \times 6,6 = 5,082 \approx 5,1$

Langkah 2 $0,23 \times 0,90 \times 17,5 = 3,6225 \approx 3,6$

Langkah 3 Jumlahkan hasilnya
 $5,1 + 3,6 = 8,7$

Langkah 4 Kalikan dengan c ($c = 1$)
 $ET_0 = 1 \times 8,7 = 8,7$ mm/hari



Visual Perhitungan

Radiasi bersih

$$W \times R_n \\ 0,77 \times 6,6 \\ = 5,1$$

+

Pengaruh angin dan defisit uap

$$(1 - W) \times f(u) \times (e_a - e_d) \\ 0,23 \times 0,90 \times 17,5 \\ = 3,6$$

$$ET_0 = 1 \times (5,1 + 3,6) \\ = 8,7 \text{ mm/hari}$$



Hasil Akhir

$$ET_0 = 8,7 \text{ mm/hari}$$

Jadi, evapotranspirasi potensial tanaman acuan untuk kondisi contoh (bulan Juli) adalah **8,7 mm/hari**.



Makna Nilai ET_0

Nilai $ET_0 = 8,7$ mm/hari menunjukkan besarnya kehilangan air dari permukaan tanaman acuan akibat proses evaporasi dan transpirasi pada kondisi iklim yang diberikan. Nilai ini digunakan sebagai dasar dalam perencanaan kebutuhan air irigasi.



"Semakin besar ET_0 , semakin tinggi kebutuhan air tanaman."



SOAL TERINTEGRASI

Data Iklim untuk Perencanaan Irigasi dan Perhitungan ET_0
(Metode Penman Modifikasi)



Kasus

Anda diminta sebagai perencana irigasi untuk menghitung nilai evapotranspirasi potensial tanaman acuan (ET_0) di suatu lokasi persawahan sebagai dasar penyusunan kebutuhan air irigasi. Berikut data hasil pengamatan dari Badan Meteorologi pada bulan April:



Data Meteorologi

No.	Variabel	Nilai	Satuan	Keterangan
1	Lintang lokasi	26° LS	°	Untuk menentukan radiasi ekstraterestrial (R_a)
2	Ketinggian tempat (z)	1.300	m	Untuk koreksi tekanan udan dan $f(u)$
3	Temperatur udara rata-rata (T)	18,72	°C	Untuk $f(T)$
4	Kecepatan angin pada ketinggian 4 m (u_4)	325	km/hari	Perlu dikoreksi ke 2 m
5	Kelembaban relatif (RH)	47	%	Untuk menghitung tekanan uap aktual (e_a)
6	Persentase penyinaran matahari (n/N)	64	%	Untuk $f(n/N)$



Tujuan Soal

CPMK 1

Memahami data yang dibutuhkan dalam perencanaan irigasi.

CPMK 2

Mampu menghitung dan menggunakan metode Penman Modifikasi untuk analisis evapotranspirasi potensial tanaman.



Pertanyaan

1

CPMK 1 – Pemahaman Data

- Sebutkan dan jelaskan fungsi masing-masing data meteorologi yang tersedia pada tabel untuk perencanaan irigasi dan perhitungan ET_0 dengan metode Penman Modifikasi.
- Data apa saja yang belum tersedia namun diperlukan jika ingin menghitung kebutuhan air irigasi tanaman di lapangan? Jelaskan alasannya.

2

CPMK 2 – Perhitungan ET_0

Hitung nilai evapotranspirasi potensial tanaman acuan (ET_0) pada bulan April menggunakan metode Penman Modifikasi dengan langkah-langkah berikut:

- Tentukan nilai R_a berdasarkan lintang dan bulan April.
- Hitung tekanan uap jenuh (e_s) dan tekanan uap aktual (e_a).
- Koreksi kecepatan angin ke ketinggian 2 m dan tentukan nilai $f(u)$.
- Tentukan faktor pembobot W.
- Tentukan faktor koreksi $f(T)$, $f(e_a)$, dan $f(n/N)$ menggunakan interpolasi jika diperlukan.
- Hitung radiasi bersih (R_n) dengan rumus (5)–(8).
- Hitung nilai ET_0 menggunakan rumus Penman Modifikasi dan berikan kesimpulan hasilnya.



Petunjuk Pengerjaan

- ✓ Gunakan tabel-tabel yang relevan (Tabel 3 s.d. 9) dalam modul.
- ✓ Lakukan interpolasi linear jika nilai tidak tersedia secara langsung.
- ✓ Tampilkan langkah perhitungan secara sistematis dan satuan yang jelas.
- ✓ Berikan kesimpulan dan interpretasi hasil ET_0 terhadap kebutuhan air irigasi.



Pertanyaan Reflektif

Bagaimana pengaruh perubahan salah satu variabel iklim (misal kelembaban atau kecepatan angin) terhadap nilai ET_0 ? Jelaskan secara singkat.