

LAPORAN PENELITIAN

***“Perhitungan Evapotranspirasi Acuan untuk
Irigasi di Indonesia”***

Fransiska Yustiana, MT



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
BANDUNG - 2019**

Perhitungan Evapotranspirasi Acuan untuk Irigasi di Indonesia

FRANSISKA YUSTIANA, GABRIEL ANTONIO SITOHANG

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
Email: fransiskayustiana@yahoo.com

ABSTRAK

Sistem irigasi merupakan suatu cara mengalirkan air ke suatu lahan dimana air dialirkan sesuai kebutuhan. Debit yang dihasilkan dari sistem irigasi ditentukan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah evapotranspirasi. Nilai evapotranspirasi di Indonesia dihitung menurut Standar Perencanaan Irigasi KP-01 dengan menggunakan rumus Penman FAO Corrected sedangkan menurut SNI 7745:2012 menggunakan rumus Penman-Monteith. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui metode penghitungan evapotranspirasi acuan yang tepat dengan membandingkan metode KP-01 dan SNI dengan tanaman hidroponik berupa selada air dan seledri dengan menggunakan data klimatologi periode Januari-Agustus tahun 2018. Penelitian ini menunjukkan nilai ET_{0-SNI} sebesar 5,60 mm/hari memiliki nilai yang lebih besar dari pada nilai ET_{0-KP} sebesar 4,60 mm/hari dan nilai ET_{0-a} sebesar 4,94 mm/hari, maka dalam penelitian ini metode SNI 7745:2012 lebih disarankan untuk digunakan dalam menghitung nilai evapotranspirasi acuan karena memiliki nilai yang lebih besar dan membutuhkan data yang lebih sedikit dari metode yang lain.

Kata Kunci: Sistem irigasi, Penman FAO Corrected, Penman-Monteith

ABSTRACT

The irrigation system is a distribution of water into a crop yield. Irrigation discharge is determined by several factors, either is reference evapotranspiration. The value of reference evapotranspiration in Indonesia is calculated according to Standar Perencanaan Irigasi KP-01 using the FAO Penman Corrected formula either according to SNI 7745:2012 using the Penman-Monteith formula. This research aims to know accurate methode that calculating the accurate reference of evapotranspiration by comparing the methods of KP-01 and SNI with observed reference evaporation on hydroponic plants. Climatology data period are between the January-August 2018. This research demonstrates the value of ET_{0-SNI} is 5.60 mm/day greater than the value of ET_{0-KP} which is 4.60 mm/day and ET_{0-a} value is 4.94 mm/day. This research recommended that SNI 7745:2012 more accurate in calculating the value of reference evapotranspiration because it has a greater value and require less data than other methods.

Keywords: Irrigation systems, Penman FAO Corrected, Penman-Monteith

1. PENDAHULUAN

Sistem irigasi adalah cara terbaik untuk dapat mengalirkan air ke suatu lahan pertanian dimana air dapat dialirkan sesuai kebutuhan. Sistem irigasi memiliki peranan penting dalam bidang pertanian untuk memenuhi kebutuhan air tanaman. Salah satu faktor yang menentukan besaran kebutuhan debit irigasi yaitu evapotranspirasi.

Evapotranspirasi terjadi disebabkan oleh beberapa faktor seperti jenis tanaman, kondisi lahan, letak geografis, dan cuaca. Evapotranspirasi yang terjadi di bidang pertanian dapat disebut sebagai ET_0 . Nilai ET_0 dapat dicari dengan beberapa metode dan penelitian, tergantung dari banyaknya data yang dimiliki. Metode perhitungan evapotranspirasi acuan yang akan digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode yang mengacu ke Standar Perencanaan Irigasi KP-01 yang menggunakan rumus Penman FAO *Corrected*, Metode SNI 7745:2012 yang menggunakan rumus Penman-Monteith, dan hasil pengamatan langsung terhadap tanaman hidroponik berupa selada air dan seledri. Hasil perbandingan dari ketiga metode tersebut akan menghasilkan nilai evapotranspirasi yang berbeda-beda agar didapatkan metode yang lebih tepat untuk menghitung nilai evapotranspirasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Evapotranspirasi adalah kehilangan air yang merupakan penguapan total dari lahan dan air yang diperlukan oleh tanaman. Evapotranspirasi menentukan debit irigasi yang dibutuhkan tanaman. Penelitian ini akan membahas nilai evapotranspirasi yang akan dihitung dengan menggunakan dua metode yang berdasarkan pada Standar Perencanaan KP-01 (Departemen Pekerjaan Umum, 1986) dan SNI 7745:2012 (Badan Standar Nasional Indonesia, 2012).

2.2 Perhitungan Evapotranspirasi Acuan berdasarkan Standar Perencanaan Irigasi KP-01

Perhitungan evapotranspirasi acuan dengan menggunakan rumus Penman FAO *Corrected* (Departemen Pekerjaan Umum, 1986) dapat dilihat dalam **Persamaan 1 sampai Persamaan 10.**

$$ET_0 = c * (W * Rn + (1 - W) * f(u) * (e_a - e_d)) \quad \dots(1)$$

$$Rn = R_{nl} - R_{ns} \quad \dots(2)$$

$$R_{ns} = (1 - w) * R_s \quad \dots(3)$$

$$R_s = \left(0,25 + \frac{u}{N}\right) * R_a \quad \dots(4)$$

$$R_{nl} = f(T) * f\left(\frac{n}{N}\right) * f(ed) \quad \dots(5)$$

$$f(T) = \tau T K^4 \quad \dots(6)$$

$$f\left(\frac{n}{N}\right) = 0,1 + 0,9\left(\frac{n}{N}\right) \quad \dots(7)$$

$$f(ed) = 0,34 - 0,044\sqrt{ed} \quad \dots(8)$$

$$f(u) = 0,27\left(1 + \frac{u_2}{100}\right) \quad \dots(9)$$

$$e_d = Rh \cdot ea \quad \dots(10)$$

dengan:

ET_0 = evapotranspirasi acuan [mm/hari],

W = faktor pemberat (*Weighting Factor*, tergantung temperatur dan efek radiasi),

R_n = radiasi netto tahun ekuivalen evapotranspirasi [mm/hari],

R_{ns}	= radiasi gelombang pendek yang diserap [mm/hari],
R_s	= radiasi gelombang pendek yang diterima [mm/hari],
R_a	= <i>extra terrestrial radiation</i> ,
R_{nl}	= radiasi gelombang pendek yang dipancarkan [mm/hari],
τ	= konstanta Stefan-Boltzman = $2,01 \times 10^{-9}$ [mm/hari],
TK	= temperatur [Kelvin],
n/N	= perbandingan penyinaran matahari aktual dan maksimal,
$f(u)$	= fungsi dari kecepatan angin,
U	= kecepatan angin [km/hari],
e_a	= tekanan uap jenuh sebagai fungsi rata-rata temperatur [mmbar],
R_h	= data kelembaban udara rata-rata,
c	= faktor koreksi yang tergantung kondisi cuaca pada siang atau malam hari.

2.3 Perhitungan Evapotranspirasi Acuan berdasarkan SNI 7745:2012

Pengolahan data klimatologi untuk menghitungan evapotranspirasi acuan dengan rumus Penman-Monteith perlu dilakukan mengingat pencatatan data di lapangan yang berbeda-beda. Perhitungan evapotanspirasi acuan dengan metode Penman-Monteith dapat dilakukan dengan **Persamaan 11** (Badan Standar Nasional Indonesia, 2012).

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta R_n + \gamma \frac{900}{(T+273)} U_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0,34U_2)} \quad \dots(11)$$

dengan:

ET_o	= evapotranspirasi acuan [mm/hari],
R_n	= radiasi matahari netto di atas permukaan tanaman [MJ/m ² /hari],
T	= suhu udara rata-rata [°C],
U_2	= kecepatan angin pada ketinggian 2 m dari atas permukaan tanah [m/s],
e_s	= tekanan uap air jenuh [kPa],
e_a	= tekanan uap air aktual [kPa],
Δ	= kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu [kPa/°C],
γ	= konstanta psikometrik [kPa/°C].

2.4 Pengukuran Evapotranspirasi Acuan dengan Cara Pengamatan Langsung Terhadap Tanaman Hidroponik

Pengamatan langsung dilakukan dengan menggunakan tanaman hidroponik (selada air dan seledri) setinggi 10-15 cm. Pengamatan dilakukan dengan mengukur penurunan tinggi air pada air tanaman (transpirasi) dan penguapan yang terjadi pada tanah di lokasi pengamatan dilakukan (evaporasi). Nilai evapotranspirasi acuan dihitung berdasarkan definisi bahwa evapotranspirasi aktual adalah jumlah dari evaporasi aktual dengan transpirasi aktual (Yustiana, 2008). Nilai evapotranspirasi acuan dihitung dengan **Persamaan 12 sampai Persamaan 16**.

$$ET_o = \text{transpirasi} + \text{evaporasi} \quad \dots(12)$$

$$\text{transpirasi} = \frac{\text{Rata-rata kehilangan air (tanaman I)+(tanaman II)}}{2} \quad \dots(13)$$

$$\text{Rata-rata kehilangan air} = \text{tinggi penurunan air} \times \text{luas wadah} \quad \dots(14)$$

$$\text{evaporasi} = \frac{\text{Rata-rata kehilangan air (hari ke-2)+(hari ke-3)+(hari ke-4)}}{3} \quad \dots(15)$$

$$\text{Rata-rata kehilangan air} = \text{selisih kadar air} \times \text{Berat Jenis air} \quad \dots(16)$$

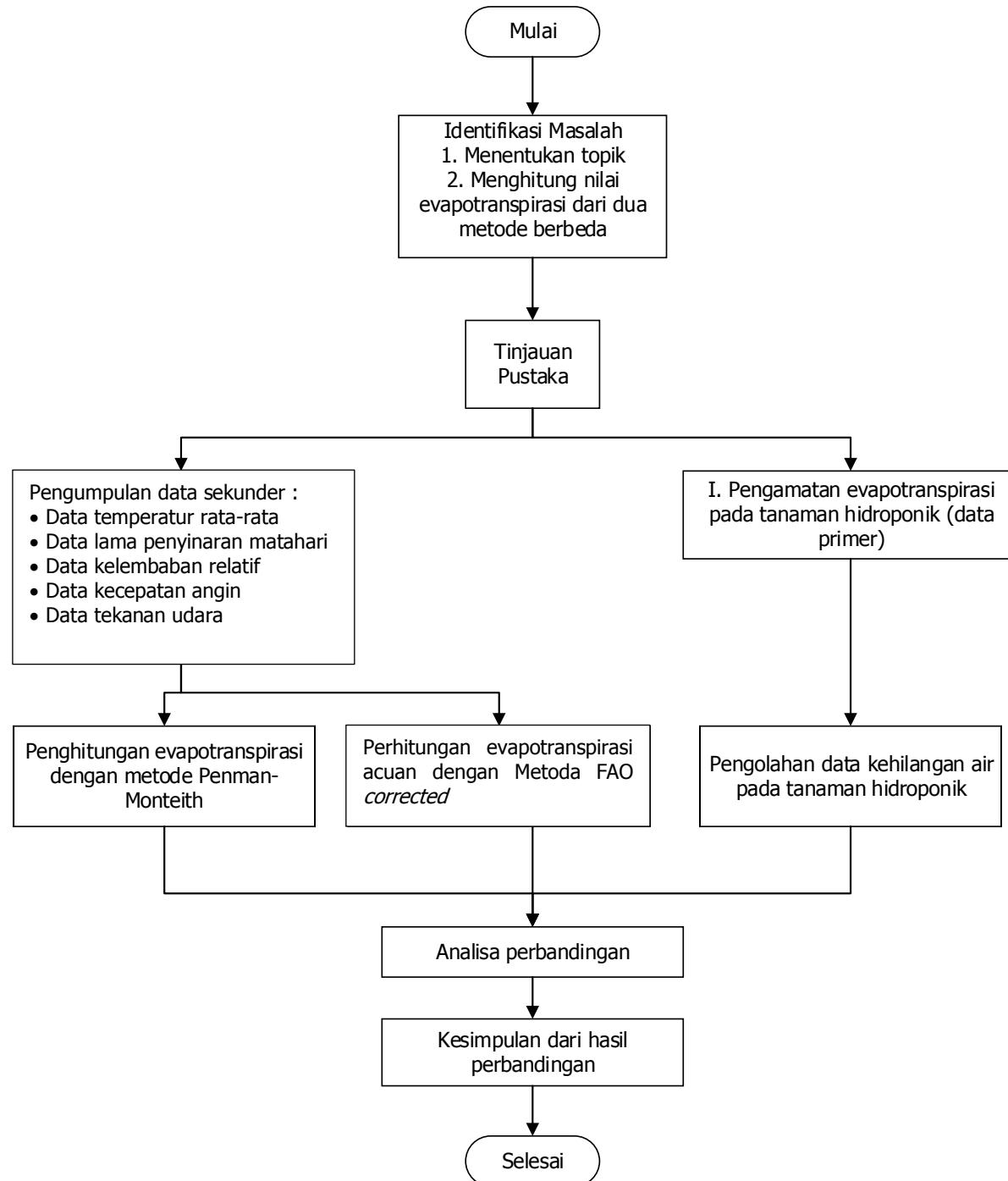
dengan:

$$ET_o = \text{evapotranspirasi tanaman acuan [mm/hari]},$$

- Transpirasi
 Rata-rata kehilangan air
 Evaporasi
 Rata-rata kehilangan air
- = kehilangan air pada tanaman [mm/hari],
 = volume air yang berkurang pada media tanam [liter/hari],
 = kehilangan air pada permukaan tanah [mm/hari],
 = volume kadar air yang berkurang dari pengukuran hari pertama ke hari berikutnya [liter/hari].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Bagan alir dari penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

4. PEMBAHASAN

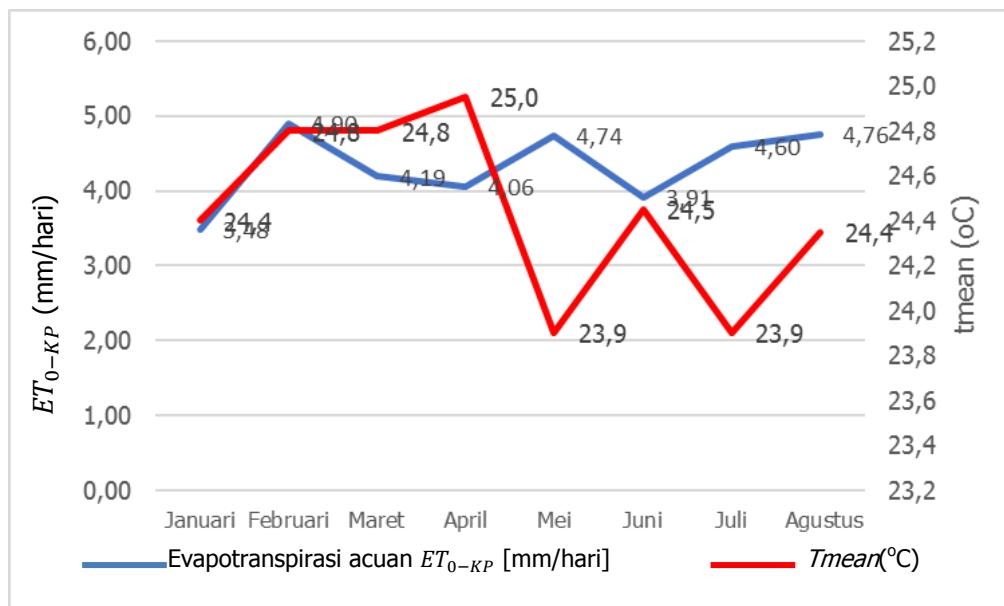
Berdasarkan metode KP-01 dengan rumus Penman FAO *Corrected*, nilai evapotranspirasi acuan yang selanjutnya disebutkan sebagai ET_{0-KP} disajikan dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Nilai ET_{0-KP}

Bulan	Temperatur Rata-rata [°C]	Kelembaban Relatif [%]	Kecepatan Angin [knot]	Lama Penyinaran Matahari [jam]	ET_{0-KP} Standar Perencanaan Irigasi KP-01 [mm/hari]
Januari	24,4	77	6	4,2	3,48
Februari	24,8	79	6	7,8	4,90
Maret	24,8	80	5	6,8	4,19
April	25,0	80	5	7,3	4,06
Mei	23,9	67	4	10,6	4,74
Juni	24,5	76	4	9,0	3,91
Juli	23,9	67	4	10,6	4,60
Agustus	24,4	69	4	9,7	4,76

(Sumber: Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika; 2018)

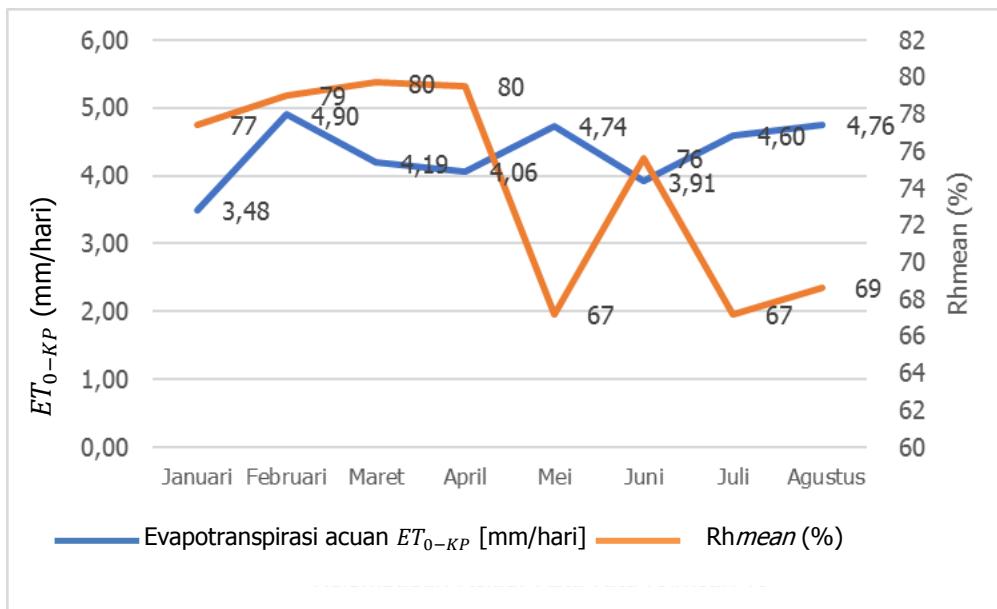
Hasil perhitungan pada **Tabel 1** menunjukkan nilai ET_{0-KP} dari Bulan Januari sampai Bulan Agustus berkisar antara 3,40 mm/hari – 5,00 mm/hari. Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa nilai ET_{0-KP} terkecil terjadi pada bulan Januari dengan nilai 3,48 mm/hari, sedangkan nilai ET_{0-KP} terbesar terjadi pada bulan Februari sebesar 4,90 mm/hari.



Gambar 2. Grafik hubungan nilai ET_{0-KP} dengan temperatur rata-rata

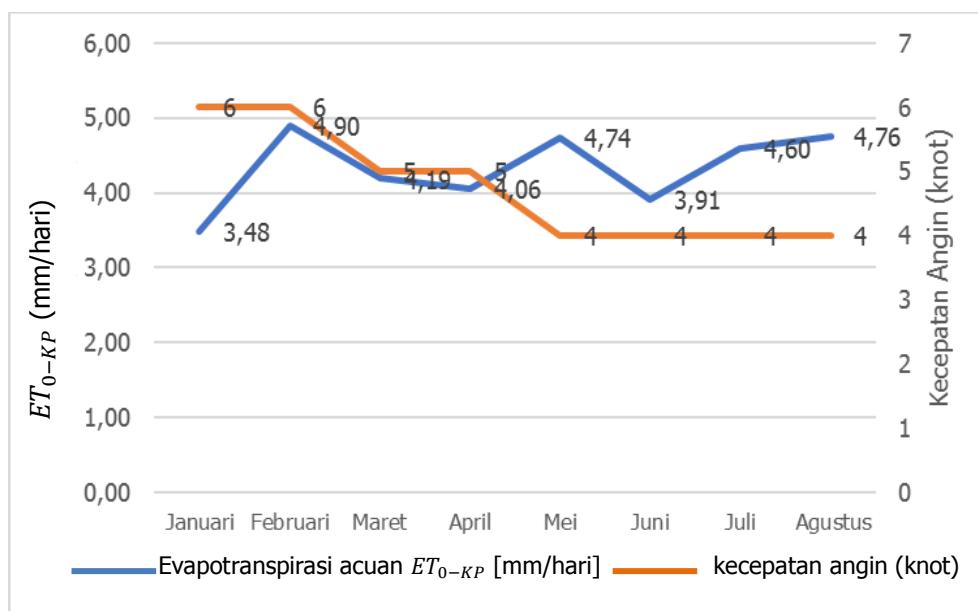
Gambar 2 menunjukkan bahwa pada saat temperatur tinggi, maka nilai ET_{0-KP} pun akan mengalami peningkatan, dengan kata lain nilai temperatur dan nilai ET_{0-KP} memiliki perbandingan lurus. Semakin tinggi suhu di suatu daerah, maka semakin tinggi nilai evapotranspirasi di daerah tersebut. Pada bulan 5 terjadi penurunan suhu namun nilai ET_{0-KP} justru mengalami kenaikan. Ini menunjukkan bahwa yang mempengaruhi nilai

ET_{0-KP} bukan hanya temperatur/suhu melainkan juga terdapat kelembaban relatif, kecepatan angin, dan juga lama penyinaran matahari.

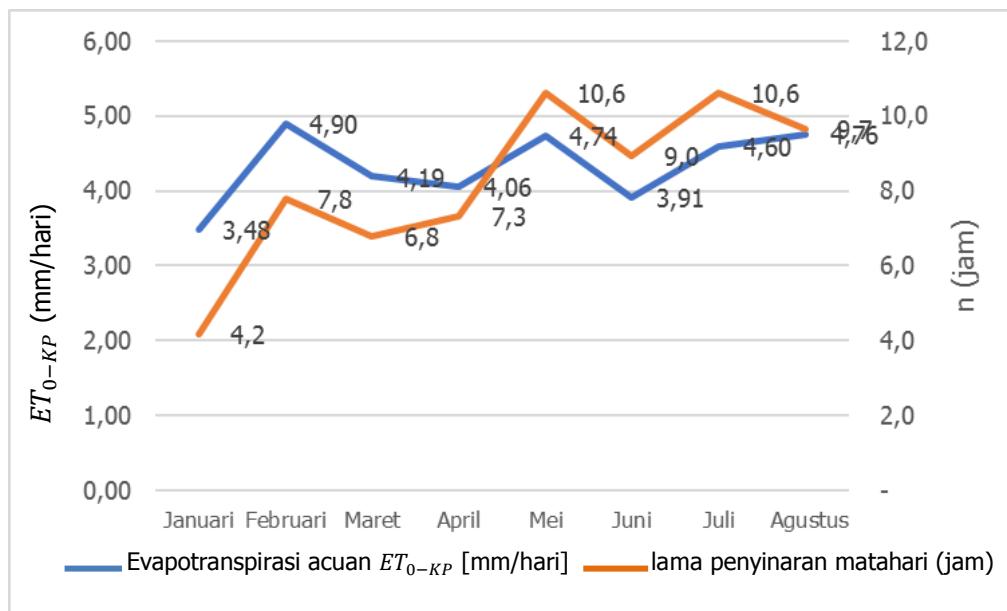


Gambar 3. Grafik hubungan nilai ET_{0-KP} dengan Kelembaban Relatif

Gambar 3 menunjukkan tingginya nilai kelembaban relatif dapat membuat udara menjadi jenuh dengan uap air sehingga menghambat laju evapotranspirasi. Semakin tinggi nilai kelembaban relatif di udara maka semakin tinggi pula kandungan air dalam udara yang akan membuat suhu di udara menjadi semakin rendah. Hal tersebut membuat udara menjadi jenuh akan uap air sehingga dapat membuat laju evapotranspirasi menurun atau bahkan terhenti. Hal ini sejalan dengan apa yang terjadi pada bulan Maret sampai Juli.



Gambar 4. Grafik hubungan nilai ET_{0-KP} dengan kecepatan angin



Gambar 5. Grafik hubungan nilai ET_{0-KP} dengan lama penyinaran matahari

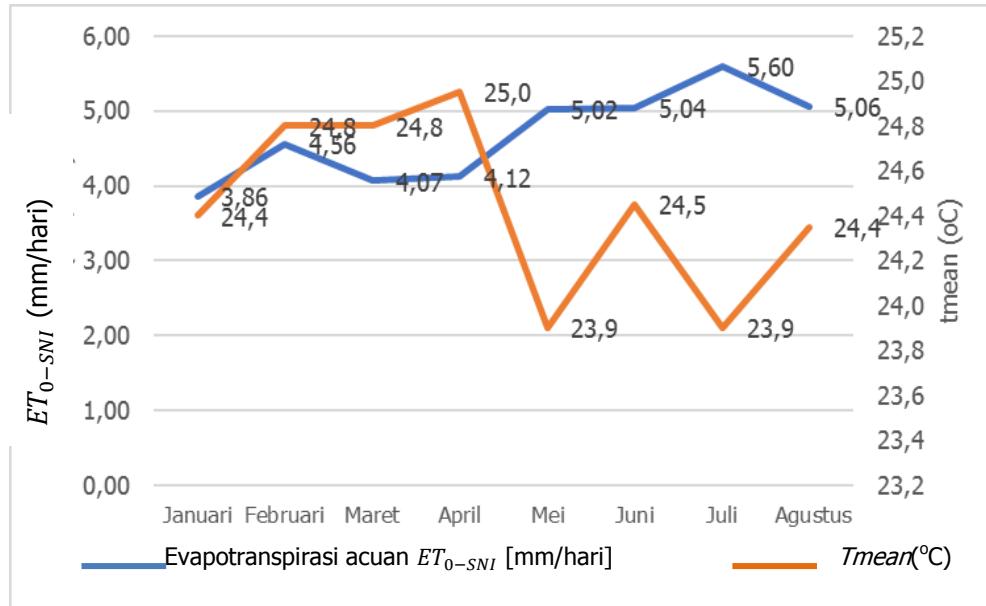
Gambar 4 memperlihatkan bahwa nilai evapotranspirasi acuan berbanding terbalik dengan kecepatan udara. **Gambar 5** menunjukkan pola yang sama antara nilai lama penyinaran matahari dengan laju evapotranspirasi. Pola perubahan nilai yang dimiliki lama penyinaran matahari dan evapotranspirasi setiap bulannya menunjukkan perbandingan kedua nilai tersebut memiliki perbandingan lurus. Pada Bulan Agustus ketika nilai ET_{0-KP} naik justru nilai n turun. Hal ini disebabkan nilai ET_{0-KP} tidak hanya dipengaruhi oleh lama penyinaran matahari.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Nilai ET_{0-SNI}

Bulan	Temperatur Rata-rata [°C]	Kelembaban Relatif [%]	Kecepatan Angin [knot]	Lama Penyinaran Matahari [jam]	ET _{0-SNI} SNI 7745:2012 [mm/hari]
Januari	24,4	77	6	4,2	3,86
Februari	24,8	79	6	7,8	4,56
Maret	24,8	80	5	6,8	4,07
April	25,0	80	5	7,3	4,12
Mei	23,9	67	4	10,6	5,02
Juni	24,5	76	4	9,0	5,04
Juli	23,9	67	4	10,6	5,60
Agustus	24,4	69	4	9,7	5,06

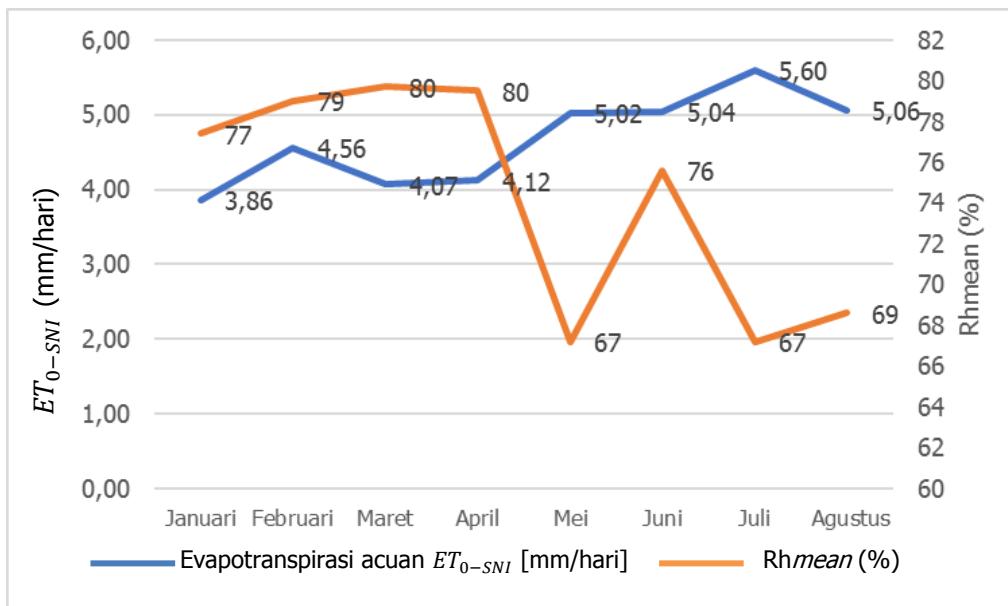
(Sumber: Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika; 2018)

Hasil perhitungan pada **Tabel 2** menunjukkan nilai ET_{0-SNI} dari Bulan Januari sampai Bulan Agustus berkisar antara 3,80 mm/hari – 5,10 mm/hari. Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa nilai ET_{0-SNI} terkecil terjadi pada bulan Januari dengan nilai 3,86 mm/hari, sedangkan nilai ET_{0-SNI} terbesar terjadi pada bulan Juli sebesar 5,60 mm/hari.



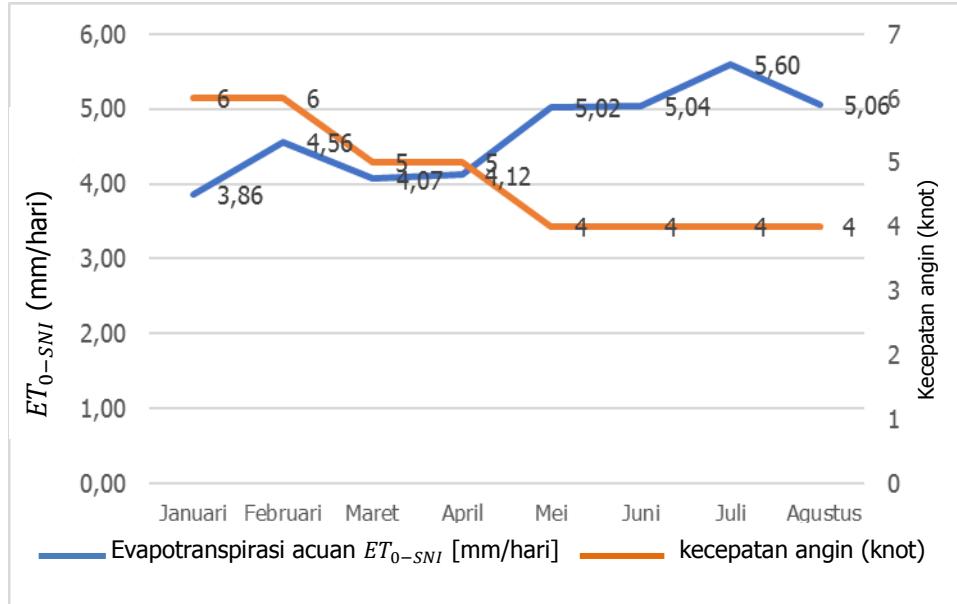
Gambar 6. Grafik hubungan Nilai ET_{0-SNI} dengan temperatur rata-rata

Gambar 6 menunjukkan pola yang tidak seragam antara nilai ET_{0-SNI} dengan nilai temperatur rata-rata, padahal seharusnya nilai temperatur memiliki perbandingan lurus dengan nilai evapotranspirasi. Hal ini menunjukkan bahwa yang mempengaruhi nilai ET_{0-SNI} bukan hanya temperatur melainkan beberapa faktor cuaca lain seperti kelembaban relatif, kecepatan angin, dan lama penirinan matahari.



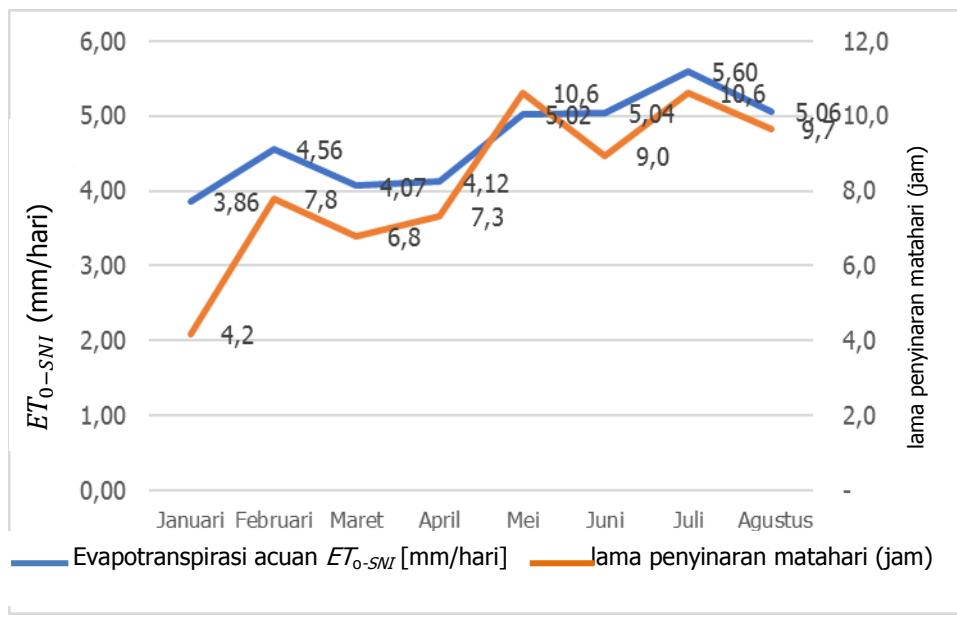
Gambar 7. Grafik hubungan nilai ET_{0-SNI} Dengan kelembaban relatif

Gambar 7 menunjukkan nilai kelembaban relatif memiliki perbandingan terbalik dengan nilai ET_{0-SNI} . Kelembaban relatif yang tinggi membuat udara menjadi jenuh uap air sehingga dapat menghambat laju evapotranspirasi.



Gambar 8. Grafik hubungan nilai ET_{0-SNI} dengan kecepatan angin

Gambar 8 menunjukkan hal yang sama seperti yang ditunjukkan grafik pada **Gambar 4**. Data kecepatan angin yang dimiliki penulis dibatasi hanya pada data kecepatan angin dalam bulanan dan nilai rasio kecepatan siang hari dan kecepatan malam yang diasumsikan bernilai satu dikarenakan tidak tersedianya data kecepatan siang hari dan kecepatan malam hari di BMKG Bandung.



Gambar 9. Grafik hubungan nilai ET_{0-SNI} dengan lama penyinaran matahari

Gambar 9 menunjukkan kedua nilai memiliki perbandingan lurus. Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya waktu lama pentinaran matahari sebanding dengan peningkatan laju evapotranspirasi acuan.

Tabel 3. Nilai ET_{0-a} Hasil Pengamatan Tanaman Hidroponik

Waktu	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Rata-rata
Transpirasi [mm/hari]	2,03	2,36	4,50	2,36	2,81
Evaporasi [mm/hari]	-	2,51	1,60	2,27	2,13
Evapotranspirasi [mm/hari]	-	4,87	6,10	4,64	4,94

Tabel 3 menunjukkan hasil pengamatan yang dilakukan terhadap tanaman hidroponik berupa selada air dan seledri selama empat hari berturut-turut. Rata-rata penurunan muka air yang terjadi pada kedua tanaman tersebut sebesar 2,81 mm/hari, sedangkan rata-rata hilangnya kadar air tanah yang terjadi akibat penguapan sebesar 2,13 mm/hari. Nilai ET_{0-a} yang didapatkan dari hasil pengamatan langsung sebesar 4,94 mm/hari.

Tabel 4. Nilai ET_0 dari Ketiga Metode

Bulan	Evapotranspirasi		
	ET_{0-KP} [mm/hari]	ET_{0-SNI} [mm/hari]	ET_{0-a} [m/hari]
Januari	3,48	3,86	-
Februari	4,90	4,56	-
Maret	4,19	4,07	-
April	4,06	4,12	-
Mei	4,74	5,02	-
Juni	3,91	5,04	-
Juli	4,60	5,60	4,94
Agustus	4,76	5,6	-

Tabel 4 menunjukkan hasil evapotranspirasi dari hasil perhitungan maupun dari hasil pengamatan langsung. Nilai evapotranspirasi yang dihasilkan dari pengamatan langsung hanya terbatas pada satu nilai ET_{0-a} pada bulan Juli. Hal ini disebabkan adanya keterbatasan waktu dan peralatan saat melakukan penelitian ini. Ketiga metode tersebut menunjukkan nilai evapotranspirasi terbesar dihasilkan dari metode SNI 7745:2012 sebesar 5,60 mm/hari.

5. KESIMPULAN

- Nilai ET_0 dari metode KP-01 dan SNI memiliki pola perubahan nilai yang sama yaitu memiliki nilai yang lebih kecil ketika musim penghujan (periode Januari – April) namun mengalami peningkatan pada musim kemarau (periode Mei – Agustus).
- Metode SNI 7745:2012 dengan rumus Penman-Monteith merupakan metode yang tepat digunakan untuk penelitian ini dikarenakan tidak membutuhkan data Uday dan Unight serta memiliki nilai yang paling besar untuk selanjutnya digunakan dalam menentukan debit irigasi.
- Metode pengamatan langsung perlu memasukkan faktor-faktor lain seperti air hujan, koefisien tanaman, waktu dan tempat pelaksanaan, dan alat-alat yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standar Nasional Indonesia. (2012). *Tata Cara Penghitungan Evapotranspirasi Tanaman Acuan dengan Metode Penman-Monteith*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. (2018). *Data Klimatologi Stasiun Geofisika Bandung Januari – Agustus 2018*. Bandung.

Departemen Pekerjaan Umum. (1986). *Perencanaan Irigasi, KP-01 Kriteria Perencanaan Irigasi*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
Yustiana, F. (2008). *Rekayasa Hidrologi*. Bandung: Pishon.