

Technical Paper

Evaluasi Metode Penman-Monteith dalam Menduga Laju Evapotranspirasi Standar (ET_0) di Dataran Rendah Propinsi Lampung, Indonesia

Evaluation of Penman-Monteith Method in Estimating Standard Evapotranspiration (ET_0) in Lowland Area of Lampung Province, Indonesia

Tumiari Katarina Manik¹, R. Bustomi Rosadi² dan Agus Karyanto³

Abstract

Evapotranspiration is an important factor in estimating crops water use and then irrigation schedule. Direct measurement of evapotranspiration is difficult since it is influenced by many factors. Estimation methods are developed for estimating evapotranspiration rate from meteorological data. One method which is recommended by FAO is Penman-Monteith Method (P-M). To evaluate whether this method could be accurately used in Lampung a comparison had been conducted with evaporation measurement on two climate stations in Lampung, Branti and Masgar with data set from 2006-2008. The result for Branti showed that observation data was lower than P-M for $ET > 4$ mm and higher for $ET < 4$; while for Masgar evaporation observation always higher than P-M. In general P-M was 1.09 times higher than observation in Branti and 0.89 lower in Masgar. Correlation coefficients between P-M and observation were low ($r = 0.3$ for Branti and $r = 0.5$ for Masgar). Two possible reasons for the disagreement were first, there was an error in measuring water level on the evaporation pan, this showed by the fact that observed evaporation has low coefficient correlation with all meteorological data which have direct impact on evaporation (air temperature and humidity, wind speed and radiation); second, CROPWAT converted sunshine duration to be the radiation intensity with linear approach while field data showed that sunshine duration did not relate linearly with radiation intensity.

Key words: Irrigation, evapotranspiration, estimation, Penman-Monteith, CROPWAT

Abstrak

Evapotranspirasi adalah unsur utama dalam menghitung kebutuhan air tanaman yang kemudian menjadi dasar dalam penjadwalan irigasi. Evapotranspirasi dipengaruhi banyak faktor sehingga pengukurannya secara langsung tidak mudah, karena itu dikembangkan banyak model pendugaan untuk mengatasi hal tersebut. Salah satu model yang direkomendasikan FAO adalah metode Penman-Monteith (P-M). Untuk mengetahui apakah metode ini tepat juga digunakan di Propinsi Lampung perlu dilakukan pengujian dengan membandingkan hasil pengamatan langsung (2006-2008) yang dilakukan di dua stasiun pengamatan di Lampung yaitu Branti dan Masgar. Hasil pengamatan di Branti rata-rata lebih rendah dari hasil metode P-M pada laju $ET > 4$ mm, dan lebih tinggi untuk laju $ET < 4$ mm; sedangkan untuk stasiun Masgar menunjukkan laju ET hasil pengamatan selalu lebih tinggi dari pada hasil perhitungan metode P-M. Hasil metode P-M secara rata-rata 1.09 kali lebih tinggi dari pengamatan Branti dan 0.89 kali lebih rendah dari pengamatan Masgar. Koefisien korelasi antara metode pendugaan dan pengamatan langsung rendah ($r = 0.3$ untuk Branti dan 0.5 untuk Masgar). Ketidakcocokan ini dapat disebabkan pertama karena ketidakcermatan dalam mengukur penurunan muka air pada panci evaporasi yang terlihat dari rendahnya koefisien korelasi evaporasi pengamatan dengan semua unsur iklim yang berkaitan erat dengan evaporasi (suhu dan kelembaban udara, kecepatan angin dan intensitas radiasi); kedua karena CROPWAT menggunakan data lama penyinaran yang dikonversikan secara linier menjadi intensitas radiasi sedangkan dalam pengamatan langsung hubungan antara lama penyinaran dan intensitas radiasi tidak linier.

Kata kunci: irigasi, evapotranspirasi, pendugaan, Penman-Monteith, CROPWAT

Diterima: 05 Mei 2012; Disetujui: 10 September 2012

¹ Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Katarina.manik@gmail.com

² Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

³ Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Pendahuluan

Evaporasi adalah komponen utama penggerak siklus hidrologi, karena itu menduga laju evaporasi dengan akurat sangat penting untuk pengelolaan sumber daya air dan peningkatan produksi pertanian. Tetapi, laju evaporasi adalah unsur iklim yang sulit diukur secara langsung karena beragamnya faktor yang mempengaruhinya. Faktor-faktor yang mempengaruhi ET adalah faktor cuaca seperti radiasi matahari, suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan angin; faktor tanaman seperti jenis tanaman, fase tumbuh, keragaman dan kerapatan tanaman dan faktor pengelolaan dan kondisi lingkungan tanaman seperti kondisi tanah, salinitas, kesuburan tanah, tingkat serangan hama dan penyakit pada tanaman (Temesken, Davidov dan Frame, 2005). Karena faktor-faktor itu saling berkaitan dan beragam dalam sebaran ruang dan waktu, sulit menciptakan rumus persamaan yang menduga evapotranspirasi dari berbagai tanaman pada kondisi yang berbeda; jadi dikembangkan konsep evapotranspirasi standar.

Evapotranspirasi standar didefinisikan sebagai laju evapotranspirasi dari permukaan yang luas, rapat ditumbuhi rumput hijau dengan ketinggian yang seragam antara 8 – 15 cm dan dalam kondisi tidak kekurangan air (Allen, 1998). Untuk menduga nilainya beberapa metode diturunkan berdasarkan proses fisik yang mengatur laju evapotranspirasi, tetapi kebanyakan didasarkan pada hasil empiris yang didasarkan pada hubungan statistik antara evapotranspirasi dan satu atau lebih variabel iklim (Berengena and Gavilan, 2005). Pendugaan laju evapotranspirasi banyak dikembangkan dalam 30 tahun terakhir ini seperti yang berdasarkan suhu udara (Hargraeves and Sumani, 1985); yang berdasarkan radiasi matahari (Priestly and Taylor, 1972) dan yang berdasarkan kombinasi antara neraca radiasi dan perpindahan uap air secara aerodinamik (Penman, 1948). Pendekatan dengan metode Penman juga mengalami beberapa perkembangan seperti metode Penman yang dimodifikasi oleh Monteith dikenal sebagai metode Penman-Monteith (Monteith, 1965), pendekatan versi FAO 24 (Doorenbos and Pruitt, 1977), dan FAO 56 (Allen, 1998) dan terakhir ada pendekatan Matt-Shuttleworth (2009).

CROPWAT adalah *decision support system* yang dikembangkan oleh Divisi *Land and Water Development* FAO berdasarkan metode Penman-Monteith, untuk merencanakan dan mengatur irigasi. CROPWAT dimaksudkan sebagai alat yang praktis untuk menghitung laju evapotranspirasi standar, kebutuhan air tanaman dan pengaturan irigasi tanaman (Marica, 2000).

Dari beberapa studi didapatkan bahwa model Penman-Monteith memberikan pendugaan yang akurat sehingga FAO merekomendasikan penggunaannya untuk pendugaan laju

evapotranspirasi standar dalam menduga kebutuhan air bagi tanaman (Itenfisul.et.al., 2003; Berengena dan Gavilan, 2005). Meskipun model Penman-Monteith diterima sebagai pendugaan yang akurat, secara lokal tetap perlu dilakukan pengujian apakah hasilnya mendekati laju evapotranspirasi yang diamati pada stasiun klimatologi/meteorologi setempat. Berengena dan Gavilan (2005) menguji berbagai metode pengukuran laju evapotranspirasi di bagian Selatan Spanyol, daerah dengan adveksi yang kuat. Hasilnya menunjukkan metode Penman dengan menyesuaikan fungsi angin menurut kondisi lokal menghasilkan pendekatan terbaik terhadap laju evapotranspirasi hasil lisimeter, kemudian diikuti dengan Penman-Monteith versi FAO 56. Steduto et.al. (2003) menguji metode FAO 56 di bagian Selatan Italia yang memiliki iklim Mediterania semi-arid hasilnya menunjukkan metode FAO 56 paling baik dalam menduga laju evapotranspirasi harian, tetapi cenderung *over estimate* di musim dingin ketika laju evapotranspirasi rendah dan *under estimate* di musim panas ketika laju evapotranspirasi tinggi. Temesgen et.al. (2005) juga menguji metode FAO 56 di California, USA dan hasilnya menunjukkan korelasi yang baik dengan laju evapotranspirasi yang diukur pada 37 stasiun iklim di wilayah ini.

Pengukuran langsung laju evapotranspirasi sebaiknya menggunakan lisimeter, tetapi hanya sedikit stasiun iklim yang memiliki lisimeter, karena itu pengukuran dilakukan dengan panci evaporasi yang disebut Panci Klas-A dengan dilengkapi data-data iklim yang lain. Tetapi sebuah penelitian oleh Fontenot (2004) menunjukkan bahwa laju evapotranspirasi standar yang diukur dengan Panci Klas-A tidak cocok dengan hasil dari metode Penman-Monteith. Xing et.al.(2008) mendapatkan laju evapotranspirasi dengan menggunakan data panci lebih rendah daripada yang diduga dengan metode Penman-Monteith maupun Priestley-Taylor. Untuk mendapatkan laju evapotranspirasi standar, hasil pengukuran dengan panci harus dikonversikan dengan menggunakan koefisien panci dan dengan metode Cuenca dan Snyder didapatkan koefisien panci untuk iklim maritim Canada bervariasi antara 0.78 – 0.94.

Penggunaan metode-metode penduga laju evapotranspirasi juga telah dilakukan di beberapa tempat di Indonesia. Usman (2004) melakukan analisa membandingkan metode Thornthwaite, Blaney-Cridle, Samani-Hargreaves, Priestley-Taylor, Jansen-Haise, Penman dan Penman-Monteith di lima stasiun iklim di Jawa Barat. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa secara umum metode Priestley-Taylor menghasilkan nilai rata-rata ETp tahunan tertinggi, sedangkan nilai terendah didapatkan pada perhitungan dengan metode Blaney-Cridle. Juga didapatkan bahwa pendugaan dengan metode P-M secara umum hasilnya lebih tinggi daripada dengan menggunakan panci Klas-A. Penelitian juga dilakukan di stasiun lain di Jawa

Barat yaitu Bogor dan Tangerang dengan metode Blaney Criddle, Radiasi, Penman, dan evaporasi Panci. Dari keempat metode tersebut, Penman merupakan metode yang terbaik karena memiliki angka koreksi terkecil. Stasiun yang memiliki data iklim lengkap sebaiknya memilih pendekatan ini, yang tidak lengkap dapat memilih metode lain sesuai dengan ketersediaan datanya karena semua metode di atas memiliki koefisien korelasi lebih dari 0.95 (Runtunuwu, Syahbudin dan Pramudia (2008)).

Pengukuran laju evapotranspirasi masih memerlukan banyak penelitian di Indonesia, karena penting untuk menentukan jadwal pemberian irigasi. Penentuan metode pendugaan yang tepat akan sangat membantu karena sebagian besar Stasiun Iklim di Indonesia tidak memiliki lisimeter sebagai pengukur langsung laju evapotranspirasi. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi apakah pendekatan Penman-Monteith dapat digunakan dalam menduga laju evapotranspirasi standar di dataran rendah Lampung.

Bahan dan Metode

Sumber Data:

Data-data iklim (2006-2008) yang digunakan adalah data harian dari suhu maksimum dan minimum udara, kelembaban udara, kecepatan angin, lama penyinaran dan data laju penguapan (Panci Klas A) dari stasiun BMKG Branti dan Stasiun Klimatologi Pertanian, Masgar Kabupaten Pesawaran, Lampung.

Analisa data

Laju evapotranspirasi dihitung dengan pendekatan Penmann-Monteith menggunakan program CROPWAT. Hasil perhitungan kemudian dibandingkan secara grafik dan statistik dengan laju evaporasi yang diukur langsung dengan Panci Klas A pada kedua stasiun.

Evaluasi secara statistik dilakukan dengan menghitung koefisien regresi, korelasi dan beberapa indikator lain. Wilmort (1982) berpendapat bahwa koefisien korelasi dan regresi bukan alat statistik yang tepat untuk menguji perbandingan dua model tetapi menyarankan menggunakan nilai rata-rata antara model yang dibandingkan, simpangan baku, intersepsi dan sudut kemiringan pada regresi linier, MAE (*mean absolut error*), RMSE (*root mean square error*) untuk menduga rata-rata kesalahan, dan RMSEs dan I.A. (*indicator of Agreement*) untuk mengetahui sumber kesalahan.

Metode perbandingan dua model dilakukan dengan rumus:

$$MSE_a = N^{-1} \sum (P_i - O_i)^2$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (P_i - O_i)^2}{N}}$$

$$RMSE_s = \sqrt{\frac{\sum (\hat{P}_i - O_i)^2}{N}}$$

$$RMSE_u = \sqrt{\frac{\sum (P_i - \hat{P}_i)^2}{N}}$$

$$I.A = 1 - \frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum [|P_i'| + \|O_i'\|]^2}$$

$$\hat{P}_i = a + bO_{.i}$$

$$P_i' = P_i - \bar{O}$$

$$O_i' = O_i - \bar{O}$$

P = laju evapotranspirasi yang diduga dengan sebuah model, dalam hal ini Penman-Monteith model

O = laju evapotranspirasi yang diamati di Stasiun BMKG Branti atau SKP Masgar.

Jika nilai Index of Agreement (I.A) = 1 berarti antara model penduga dan hasil pengamatan terjadi kesesuaian yang sempurna, sebaliknya jika = 0 berarti tidak ada kesesuaian. MSE dan RMSE adalah rata-rata perbedaan antara dua variabel, jika nilainya makin rendah maka hal itu menunjukkan makin baiknya kesesuaian antara dua nilai rata-rata yang dibandingkan. Sebuah model yang baik akan memiliki RMSEs mendekati nol dan RMSEu mendekati RMSE.

Hasil dan Pembahasan

Contoh perhitungan ET_0 dengan metode Penman-Monteith menggunakan CROPWAT dengan data dari stasiun BMKG Lampung dan ET_0 yang diamati pada Panci Klas A untuk Bulan Januari 2006 dapat dilihat pada Tabel 1. Evaluasi hasil perhitungan laju evapotranspirasi dengan metode Penman-Monteith (PM) dibandingkan hasil observasi panci Klas A (OB; 2006-2008) dengan menggunakan regresi dan beberapa indikator seperti RMSE baik yang terjadi secara sistematis (RMSEs) maupun yang tidak (RMSEu) dan juga *Indicator of Agreement (IA)* ditampilkan dalam Tabel 2. Sedangkan plot sebaran antara perhitungan dan hasil pengamatan (2006-2008) dapat dilihat pada Gambar 1. Gambar 1 menunjukkan bahwa hasil pengamatan BMKG Branti rata-rata lebih rendah dari hasil metode P-M pada laju $ET > 4$ mm, dan lebih tinggi untuk laju $ET < 4$ mm; sedangkan

Tabel 1. Contoh Laju Evaporasi Standar hasil perhitungan CROPWAT dan pengukuran yang diamati pada Stasiun BMKG Branti pada Januari 2006.

2006		Januari						
Day	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ET _o mm/day	ET _o (observed)
1	20.4	32.6	74	192	4.8	15.3	4.01	2.5
2	23.8	32.4	84	192	0	8.4	2.56	6.0
3	23	32.8	84	192	4.4	14.7	3.56	3.1
4	23	30.4	88	216	6.5	17.7	3.68	0.4
5	23.2	31.4	84	144	3.7	13.7	3.21	3.1
6	23.2	32.6	88	216	4.6	15	3.46	13.5
7	23.2	31	84	240	8.9	21.2	4.45	2.7
8	23.6	30.8	88	120	8	20	4.03	5.2
9	23	31	88	336	11	24.3	4.7	6.8
10	23	31.4	86	264	10.1	23.1	4.67	7.3
11	23	32.4	81	240	6.2	17.4	4.19	4.3
12	23.6	32.6	85	144	10.6	23.8	4.9	7.3
13	23.8	32	85	192	10.6	23.9	4.89	4.2
14	23.4	31.4	82	240	8.3	20.6	4.5	5.2
15	23.1	31	89	192	0.3	9	2.35	3.6
16	23.5	30.4	88	120	5.4	16.4	3.43	3.6
17	23.4	30.8	82	144	8	20.2	4.24	4.4
18	23.5	31.4	80	144	8.2	20.5	4.4	2.6
19	23.6	30.6	86	192	5.4	16.5	3.6	3.7
20	23.8	31.8	75	192	7.3	19.3	4.56	4.1
21	23.8	31.6	80	48	10.6	24.1	4.8	1.3
22	24	32	82	120	7.5	19.6	4.23	2.9
23	23	31.8	88	192	3.6	13.9	3.21	5.2
24	22.6	31	89	144	7.4	19.5	3.96	2.4
25	22.6	28.2	89	144	10.2	23.7	4.36	1.4
26	22.6	30	87	192	4.5	15.3	3.33	4.3
27	22.8	30	82	240	10	23.5	4.78	2.9
28	24.2	30.2	85	264	6.4	18.2	3.97	0.6
29	24.6	31.4	83	288	6.3	18.1	4.22	5.5
30	24.4	31.4	86	144	7.2	19.5	4.12	1.7
31	23.4	31.4	86	216	8	20.7	4.34	4.3
Average	23.3	31.3	84	190	6.9	18.6	4.02	

untuk stasiun Masgar menunjukkan laju ET hasil pengamatan selalu lebih tinggi dari hasil perhitungan metode P-M. Secara rata-rata metode P-M 1.09 kali lebih tinggi dari hasil pengamatan Branti dan 0.89 kali lebih rendah dari hasil pengamatan Masgar, hal ini juga terlihat pada persamaan regresi antara metode PM dan hasil pengamatan.

MAE dan RMSE yang adalah rata-rata penyimpangan menunjukkan perbedaan 1.74 mm antara metode P-M dan pengamatan di Branti dan 1.45 mm untuk pengamatan di Masgar. Perlu diperhatikan bahwa sebagian besar dari penyimpangan tersebut adalah bersumber dari kesalahan sistematik, terlihat dari nilai RMSEs yang besar (1.74 dan 1.45); sedangkan RMSEu yang

menunjukkan potensi untuk akurasi sebaliknya rendah (0.53 dan 0.48). Sebuah model yang baik akan memiliki RMSEs mendekati nol dan RMSEu mendekati RMSE. Dapat dikatakan akan selalu terjadi ketidakcocokan antara metode P-M dan pengukuran yang juga terlihat pada koefisien korelasi yang rendah ($r= 0.3$ untuk Branti dan 0.5 untuk Masgar).

Metode P-M adalah metode yang direkomendasikan FAO untuk pendugaan kebutuhan air tanaman dan kemudian pemberian irigasi, seperti dikatakan diatas metode ini sudah dicoba di berbagai negara. Jika diasumsikan bahwa metode P-M tepat, maka perlu dilakukan pengujian apakah data hasil pengamatan adalah

Tabel 2. Hasil perhitungan statistik perbedaan evaporasi hasil metode Penman-Monteith dan hasil observasi di Stasiun Branti dan Stasiun Klimatologi Pertanian Masgar.

	BMKG Branti	SKP Masgar
Rata-rata ET PM (mm)	4.69 ± 1.12	3.87 ± 0.91
OB (mm)	4.32 ± 1.82	4.34 ± 1.58
Rata-rata PM/OB	1.09	0.89
MBE	0.4	-0.4
Simpangan baku	2.9	2.11
MAE	1.4	1.13
RMSE (mm)	1.74	1.45
RMSEs (mm)	1.66	1.37
RMSEu (mm)	0.53	0.48
IA	0.61	0.64
a (intersepsi)	1.17	0.97
b (kemiringan)	0.67	0.87
r ²	0.17	0.25
r	0.30	0.50

data yang berkualitas. Rendahnya kualitas data dapat disebabkan kurang telitinya pengamat, kurang terpeliharanya instrumen pengamatan atau kurang terpeliharanya lingkungan sekitar stasiun atau karena beragamnya unsur-unsur iklim yang saling mempengaruhi laju evapotranspirasi. Dengan menghitung koefisien korelasi antar unsur iklim terhadap laju evapotranspirasi, didapat gambaran tentang unsur iklim mana diantara suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin dan radiasi yang paling berpengaruh terhadap laju evapotranspirasi.

Nilai korelasi antara berbagai unsur iklim dan Evapotranspirasi ditampilkan dalam Tabel 3. Dari tabel tersebut terlihat bahwa laju ET₀ dalam metode Penman Monteith berkaitan erat dengan intensitas radiasi (rata-rata koefisien korelasi r = 0.92) kemudian berturut-turut, kelembaban relatif

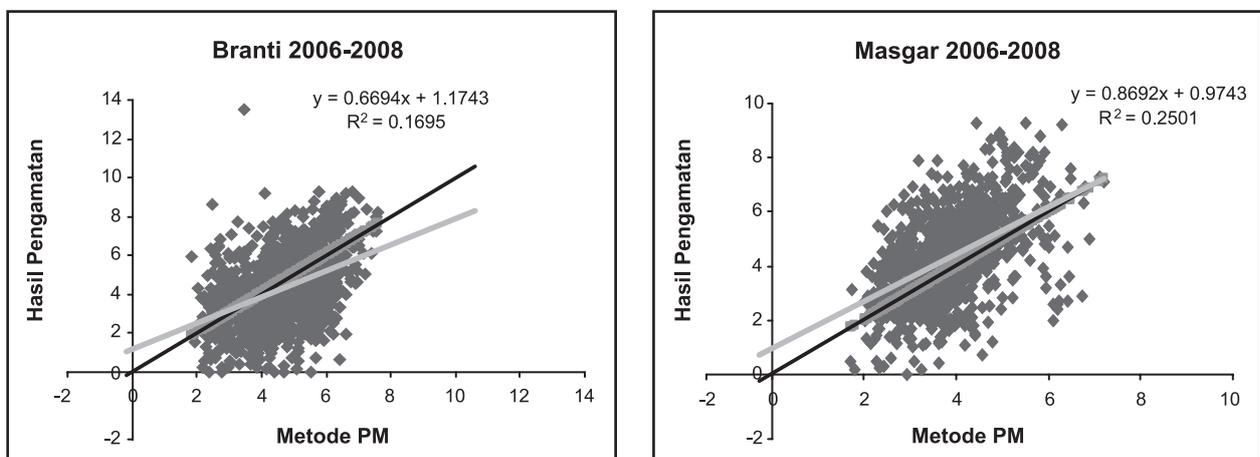
(r = 0.6) kemudian kecepatan angin (r = 0.45) dan terakhir suhu udara (r = 0.23). Sedangkan hasil pengukuran laju evaporasi dengan panci Klas A pada kedua stasiun menunjukkan bahwa intensitas radiasi hanya sedikit lebih tinggi korelasinya dengan laju evapotranspirasi (r = 0.4) dibanding tiga unsur lainnya: kelembaban udara, suhu udara dan kecepatan angin dengan masing-masing nilai korelasi r = 0.24, 0.23 dan 0.2. Rendahnya nilai korelasi dan tidak adanya korelasi yang erat antara evaporasi dengan salah satu unsur iklim dapat menjadi indikator kemungkinan kurang cermatnya pengamatan.

Dalam menghitung laju evapotranspirasi CROPWAT menggunakan lama penyinaran (jam) sebagai parameter radiasi matahari. Data lama penyinaran dikonversikan menjadi intensitas radiasi dengan rumus:

$R_{sa} = (a + b \frac{n}{N}) * R_a$ dengan nilai a = 0.25 dan b = 0.5 (nilai a dan b yang disarankan untuk tempat-tempat yang belum mempunyai penelitian empiris)

Karena menggunakan rumus diatas maka lama penyinaran memiliki hubungan yang linear dengan intensitas radiasi. Untuk mengevaluasi rumus ini dilakukan perhitungan koefisien korelasi antara data harian lama penyinaran dengan intensitas radiasi. Stasiun Klimatologi Pertanian Masgar tidak memiliki data intensitas radiasi sehingga untuk pengujian ini data hanya didapat dari stasiun BMKG Branti, hasil korelasi dapat dilihat pada Gambar 2.

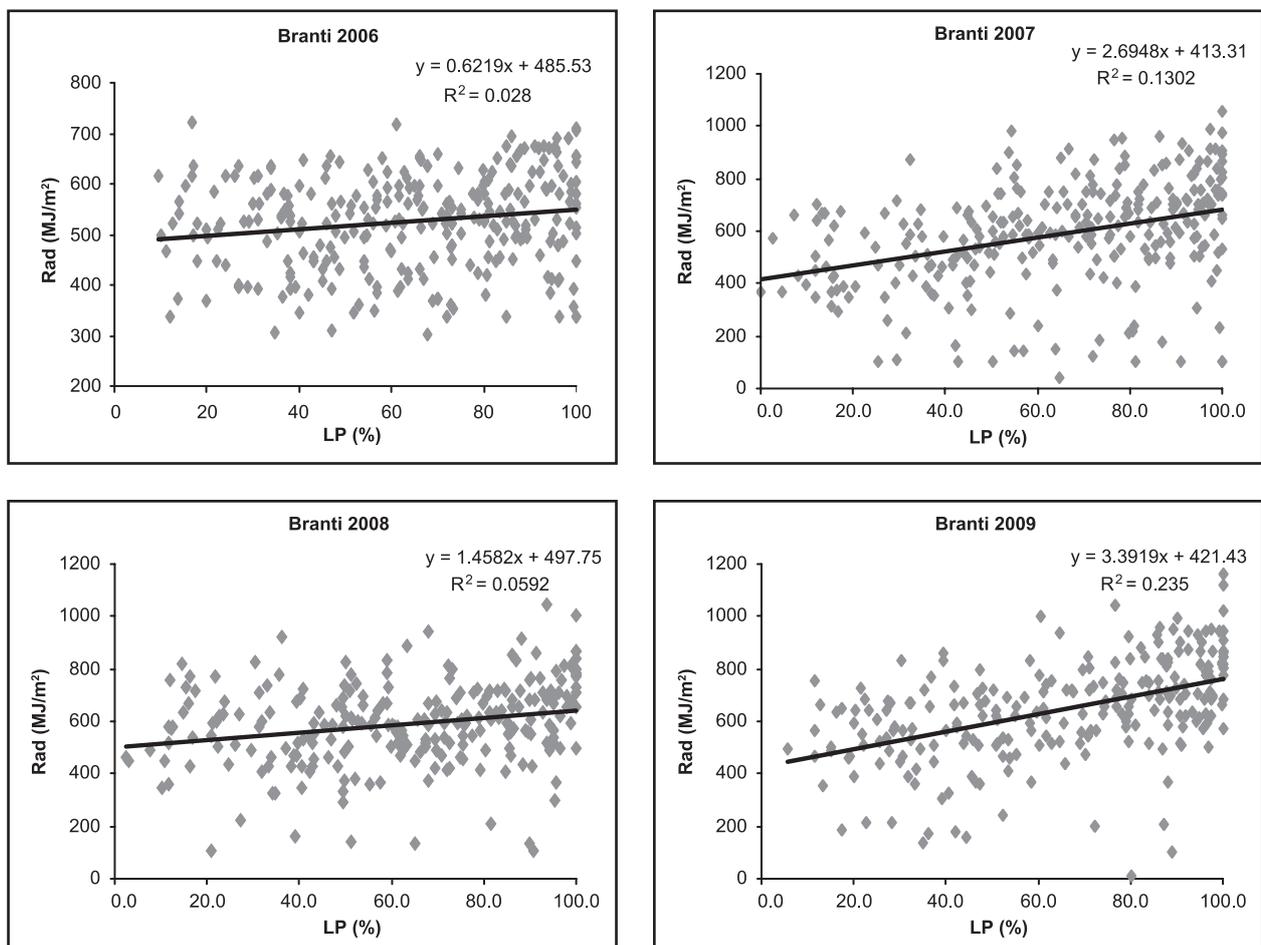
Data stasiun BMKG Branti, kedua parameter energi radiasi tersebut menunjukkan koefisien korelasi yang rendah yaitu r = 0.17, 0.36, 0.24 dan 0.48 untuk masing-masing tahun 2006, 2007, 2008 dan 2009. Secara teoritis hal ini janggal karena lama penyinaran memiliki keterkaitan yang erat dengan jumlah radiasi yang diterima permukaan bumi. Hal ini sudah dibuktikan di banyak negara, meskipun nilai a dan b berbeda tetapi lama penyinaran memiliki hubungan yang erat dengan jumlah radiasi yang diterima permukaan bumi. Di Libya koefisien



Gambar 1. Plot sebaran antara laju evapotranspirasi metode P-M dan hasil pengukuran di Stasiun BMKG Branti dan Stasiun Klimatologi Pertanian Masgar

Tabel 3. Koefisien korelasi unsur-unsur iklim yang mempengaruhi laju evapotranspirasi

Stasiun	Tahun		T ratahan °C	RH %	Kecepatan Angin km/day	Lama Penyinaran Jam	Rad MJ/m ² /day	ET ₀ mm/day
Branti	2006	ET ₀ Obs	0.338	-0.089	0.391	0.487	0.488	0.537
		ET ₀ PM	0.296	-0.426	0.585	0.924	0.939	
	2007	ET ₀ Obs	0.148	-0.259	0.179	0.210	0.253	0.333
		ET ₀ PM	0.475	-0.603	0.522	0.873	0.929	
	2008	ET ₀ Obs	0.208	-0.253	0.071	0.284	0.275	0.302
		ET ₀ PM	0.404	-0.623	0.344	0.938	0.960	
Tegineneng	2006	ET ₀ Obs	0.361	-0.455	0.198	0.360	0.388	0.461
		ET ₀ PM	0.463	-0.745	0.542	0.893	0.931	
	2007	ET ₀ Obs	0.177	-0.230	0.130	0.421	0.473	0.486
		ET ₀ PM	0.314	-0.582	0.372	0.795	0.881	
	2008	ET ₀ Obs	0.154	-0.176	0.226	0.501	0.526	0.529
		ET ₀ PM	0.459	-0.561	0.356	0.872	0.893	



Gambar 2. Grafik hubungan antara lama penyinaran (jam/hari) dan intensitas radiasi (MJ/M²/hari)

Tabel 4. Pendugaan intensitas radiasi yang mencapai permukaan bumi dikonversikan dari radiasi di puncak atmosfer dibandingkan dengan intensitas radiasi yang tercatat pada Stasiun BMKG Branti.

Tanggal	Lama penyinaran (%)	Radiasi di puncak atmosfer (MJ/Cm ² /hari)	Radiasi yang diterima (MJ/Cm ² /hari)	Radiasi pada stasiun BMKG Branti (MJ/Cm ² /hari)
7/1/2003	78.8	32.0	20.6	-
7/2/2003	97.5	32.0	23.6	2.86
7/3/2003	86.3	32.0	21.8	6.31
7/4/2003	73.8	32.1	19.8	9.72
7/5/2003	92.5	32.1	22.9	3.26
7/6/2003	84.6	32.1	21.6	1.63
7/7/2003	80.8	32.2	21.0	1.94
7/8/2003	78.8	32.2	20.7	5.3
7/9/2003	5.0	32.2	8.9	2.23
7/10/2003	90.4	32.3	22.6	2.26
7/11/2003	15.0	32.3	10.5	1.85
7/12/2003	18.8	32.4	11.1	7.84
7/13/2003	71.7	32.4	19.7	2.92
7/14/2003	70.6	32.4	19.6	4.2
7/15/2003	82.5	32.5	21.5	4.1
7/16/2003	71.7	32.5	19.8	-
7/17/2003	94.6	32.6	23.6	7.71
7/18/2003	85.4	32.7	22.1	7.21
7/19/2003	100.0	32.7	24.5	1.73
7/20/2003	87.9	32.7	22.6	8.71
7/21/2003	46.9	32.8	15.9	5.86
7/22/2003	97.5	32.9	24.2	2.46
7/23/2003	99.2	32.9	24.6	7.84
7/24/2003	62.1	33.0	18.5	7.21
7/25/2003	61.9	33.1	18.5	5.27
7/26/2003	73.8	33.1	20.5	-
7/27/2003	77.9	33.2	21.2	1.85
7/28/2003	89.0	33.2	23.1	6.17
7/29/2003	89.2	33.3	23.2	3.67
7/30/2003	93.5	33.4	24.0	2.73

korelasinya (r) 0.46 – 0.84 (Bannani, 2006), di Nigeria r = 0.80 (Akpabio dan Efuk, 2003) di Turkey r= 0.95 (Evrendilek dan Ertekin, 2008). Jika rumus konversi diatas digunakan maka hasilnya akan terlihat seperti pada Tabel 4 (data dipilih secara acak, hanya sebagai contoh), sangat jauh berbeda dengan hasil pengamatan di Stasiun BMKG Branti.

Kekuatiran bahwa telah terjadi kekurang-cermatan dalam melakukan pengamatan juga dikemukakan oleh Mugiharjo(2002) dalam pengujian metode Penman di Stasiun Kuro Tidur Bengkulu Utara dimana nilai koefisien korelasi antara hasil metode Penman dan hasil pengukuran dengan panci Klas A rendah (0.14) dan juga terdapatnya

hasil pengamatan evaporasi harian yang mencapai puluhan bahkan ratusan mm yang tidak mungkin terjadi untuk daerah kering sekalipun, sedangkan kelembaban relatif di stasiun ini tinggi (rata-rata > 95%) dan kecepatan angin rendah (< 2 m/s). Untuk data Lampung, laju evapotranspirasi tertinggi mencapai 13.5 mm (Branti) dan 9.3 mm (Masgar), juga terlalu tinggi untuk daerah beriklim lembab. Selain kekurang-cermatan pengamatan penurunan muka air pada panci evaporasi (atau terdapatnya kesalahan akibat hal-hal lain) pengamatan intensitas radiasi dan lama penyinaran juga memerlukan evaluasi, karena metode P-M sangat berkaitan erat dengan masukan data radiasi matahari.

Kesimpulan dan Saran

Pendugaan laju evapotranspirasi dengan menggunakan metode Penman-Monteith tidak menghasilkan pendekatan yang erat dibandingkan hasil pengamatan evaporasi di dua stasiun dataran rendah Propinsi Lampung. Ada dua kemungkinan penyebab ketidak-eratan pendugaan yaitu pertama, pengamatan penurunan muka air pada panci evaporasi yang kurang teliti (atau sebab-sebab teknis lainnya) dan kedua model Penman-Monteith menggunakan lama penyinaran sebagai parameter radiasi yang kemudian dikonversikan kedalam intensitas radiasi dengan rumus linier sedangkan data pengamatan menunjukkan bahwa hubungan lama penyinaran dan intensitas radiasi tidak linier. Karena itu diperlukan penelitian lebih lanjut tentang hubungan lama penyinaran dan intensitas radiasi di Propinsi Lampung.

Karena model Penman-Monteith direkomendasikan oleh FAO, maka model ini tetap dianjurkan digunakan untuk menduga kebutuhan air tanaman pada tempat-tempat yang tidak memiliki data laju evaporasi, tetapi perlu terus dilakukan penelitian tentang pendekatan yang tepat untuk menduga laju evaporasi sehingga perencanaan irigasi dan pengaturan jadwal tanam akan lebih tepat.

Daftar Pustaka

- Akpabio, E. Luis. dan Sunday, E. Etuk. 2003. Relationship Between Solar Global Radiation and Sunshine Duration for Onne, Nigeria. *Turk. J. Phys.* 27:161-167
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M. 1998. "Crop Evapotranspiration: Guidelines For Computing Crop Requirements." Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO, Rome, Italy.
- Bannani, F.K., T.A. Sharif, dan O.R. Ben-Khalifa. 2006. Estimation Of Monthly Average Solar Radiation In Libya. *Theor. Appl. Climatol.* 83: 211–215
- Berengena, J and P. Gavilan, 2005. Reference Evapotranspiration Estimation in a Highly Advective Semiarid Environment. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering.* 131(2):147 - 163
- Doorebos, J., and W.O. Pruitt. 1977. "Guidelines for predicting crop water requirements." *Irrig. and Drain. Paper 24*, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.
- Evrendilek, F. and C. Ertekin. 2008. Assessing Solar Radiation Models Using Multiple Variables Over Turkey. *Clim Dyn* 31:131–149
- Fontenot, R.L. 2004. "An evaluation of reference evapotranspiration models in Louisiana." MSc thesis, Louisiana State Univ., Baton Rouge, La. USA.
- Hargreaves, G.L., dan Z.A. Samani. 1985. Reference Crop Evapotranspiration From Temperature. *Appl. Eng. Agric.* 1 (2): 96–99.
- Itenfisul, D., R.L. Elliot, R.G. Allen dan I.A. Walter. 2003. Comparison of Reference Evapotranspiration Calculations as Part of the ASCE Standardization Effort. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 129(6):440-448
- Marica, A., 2004. Short Description of CROPWAT Model. www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/agl/aglw/cropwat.htm
- Monteith, J. L. 1965. "Evaporation and Environment." 19th Symposium of the Society for Experimental Biology: 205-234. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Mugiharjo, S. 2002. Perbandingan Keeratan dan Bentuk Hubungan Evapotranspirasi Potensial (ETp) Harian Dengan ETp Bulanan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia* 4 (1): 42-48
- Penman, H.L. 1948. Natural Evaporation From Open Water, Bare Soil And Grass. *Proc. R. Soc. London, Ser. A*, 193: 120–146.
- Priestley, C.H.B. dan R.J. Taylor. 1972. On The Assessment Of Surface Heat Flux And Evaporation Using Large-Scale Parameters. *Mon Wea Rev* 100: 81–92
- Runtuwu, E., H. Syahbudin dan A. Pramudia. 2008. Validasi Model Pendugaan Evapotranspirasi: Upaya Melengkapi Sistem Database Iklim Nasional. *Jurnal Tanah dan Iklim* No. 27
- Shuttleworth, W.J. and J.S. Wallace. 2009. Calculating The Water Requirements of Irrigated Crops in Australia Using The Matt-Shuttleworth Approach. *Transactions of the ASABE* 52(6): 1895-1906.
- Steduto, P., M. Todorovic, A. Calciandro, and P. Rubino. 2003. Daily Reference Evapotranspiration Estimates By The Penman-Monteith Equation In Southern Italy. Constant Vs. Variable Canopy Resistance. *Theor. Appl. Climatol.* 74: 217–225
- Temesken, B., S. Eching, B. Davidoff and K. Frame. 2005. Comparison of Some Reference Evapotranspiration Equations for California. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 131 (1):73-84
- Usman. 2004. Analisis Kepekaan Beberapa Metode Pendugaan Evapotranspirasi Potensial Terhadap Perubahan Iklim. *Jurnal Natur Indonesia* 6(2): 91-98.
- Wilmort, Cort.J. 1982. Some Comments On The Evaluation Of Model Performance. *Bulletin of American Meteorological Society*, 63 (11): 1309-1313
- Xing Zisheng, Lien Chow, Fan-rui Meng, H.W. Rees, J. Monteith, and S. Lionel. 2008. Testing Reference Evapotranspiration Estimation Methods Using Evaporation Pan and Modeling in Maritime Region of Canada. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 134 (4): 417-42