

Validasi Model Pendugaan Evapotranspirasi: Upaya Melengkapi Sistem *Database* Iklim Nasional

Validation of Evapotranspiration Prediction Model: An Effort to Complete the National Climate Database System

E. RUNTUNUWU¹, H. SYAHBUDDIN², DAN A. PRAMUDIA¹

ABSTRAK

Untuk mengatasi masalah keterbatasan data evapotranspirasi, hingga saat ini banyak metode pendugaan evapotranspirasi yang telah dikembangkan. Metode tersebut umumnya dikembangkan di daerah sub tropis yang kondisi iklimnya sangat berbeda dengan Indonesia sehingga metode tersebut tidak dapat langsung diaplikasikan. Validasi terhadap metode pendugaan evapotranspirasi yaitu Blaney Criddle, Radiasi, Penman, dan evaporasi Panci telah dilakukan di Stasiun iklim Cikarawang (Bogor) dan Ciledug (Tangerang). Angka koreksi dan koefisien korelasi (r) rata-rata yang diperoleh untuk setiap metode adalah: 1,83 untuk metode Blaney Criddle ($r=0,97$); 1,90 untuk metode Radiasi ($r=0,97$); 1,10 untuk metode Penman ($r=0,96$), dan 1,81 untuk metode evaporasi Panci ($r=0,98$). Dari keempat metode tersebut, Penman merupakan metode yang terbaik karena memiliki angka koreksi terkecil. Stasiun yang memiliki data iklim lengkap sebaiknya memilih pendekatan ini sedangkan yang tidak lengkap dapat memilih metode lain sesuai dengan ketersediaan datanya karena semua metode di atas memiliki koefisien korelasi lebih dari 0,95. Angka koreksi dari metode Penman dan evaporasi Panci selanjutnya digunakan untuk menghitung evapotranspirasi aktual di Bogor dari tahun 1995-2005. Hasil penelitian ini memberikan alternatif untuk stasiun yang tidak memiliki lisimeter dapat menggunakan salah satu metode tersebut dengan mempertimbangkan data iklim yang tersedia.

Kata kunci : Blaney Criddle, Evapotranspirasi, Penman, Evaporasi panci, Radiasi, Validasi.

ABSTRACT

To cope with limited evapotranspiration data, recently, there are many evapotranspiration estimation methods have been developed. Those methods were generally developed in sub tropic region when climate is not similar with Indonesia and the methods may not be applied directly. Validation of several estimation methods including Blaney Criddle, Radiation, Penman, and Pan Evaporation have been done in Cikarawang (Bogor) and Ciledug (Tangerang). The average correction factor and correlation coefficient (r) were respectively 1.83 for Blaney Criddle method ($r = 0.97$); 1.90 for Radiation method ($r=0.97$); 1.10 for Penman method ($r=0.96$), and 1.81 for Pan Evaporation method ($r=0.98$). Penman is the best method with regard on the smallest correction factor especially for station with complete climatic data. Since all methods have correlation coefficient of more than 0.95, those methods can be used to estimate evapotranspiration based on the available climatic data. The present study used the Penman and Pan Evaporation methods to estimate evapotranspiration in Bogor for period of 1995-2005. The study provides insight into alternative to estimate the evapotranspiration for the area with no lysimeter. The method is selected by considering the available climatic data.

Keywords : Blaney Criddle, Evapotranspiration, Penman, Pan evaporation, Radiation, Validation.

PENDAHULUAN

Tiga istilah evaporasi yang sering digunakan di dalam studi agroklimatologi adalah (1) evaporasi (Epan), yang menggambarkan jumlah air menguap dari permukaan air langsung ke atmosfer (misalnya dari danau dan sungai), (2) evapotranspirasi aktual (ETA), yang menggambarkan jumlah air pada permukaan tanah yang berubah menjadi uap air pada kondisi normal, dan (3) evapotranspirasi potensial (ETp) adalah kehilangan air yang terjadi untuk memenuhi kebutuhan vegetasi yang terjadi pada saat kondisi air tanah jenuh (Xu and Chen, 2005).

Peubah iklim yang paling sering diamati di stasiun klimatologi adalah curah hujan. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi (Balitklimat) sejak tahun 2002 telah mengembangkan sistem basisdata iklim nasional (Runtunuwu *et al.*, 2005, 2006). Sampai saat ini, ada 2679 stasiun curah hujan/iklim yang telah tercatat di sistem *database* (Runtunuwu *et al.*, 2007; Runtunuwu dan Las, 2007). Namun, dari semua data tersebut, belum ada stasiun yang secara periodik mengukur evapotranspirasi potensial ataupun aktual, padahal peubah tersebut sangat penting di dalam agroklimatologi.

Lisimeter merupakan instrumen penting yang digunakan untuk mengukur real penggunaan air oleh tanaman. Namun demikian, alat tersebut sangat mahal sehingga tidak mungkin mengukur evapotranspirasi di setiap lahan pertanian, apalagi

1. Peneliti pada Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Bogor.
2. Peneliti pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor.

dalam jangka waktu yang sangat panjang. Oleh karena itu, banyak metode pendugaan ETp yang dikembangkan berdasarkan peubah iklim lain yang relatif lebih mudah diamati setiap hari, seperti suhu, kecepatan angin, lama peyinaran, dan radiasi matahari. Hasil penentuan ETp ini selanjutnya dikalikan dengan koefisien tanaman (Kc) untuk memperoleh Eta:

$$ETa = Kc * Etp \dots\dots\dots(1)$$

Koefisien tanaman diperoleh baik secara empiris berdasarkan fase pertumbuhan, tanah, dan karakteristik iklim (Testi, *et al.* 2004; Williamsa and Ayarsb, 2005.) maupun dengan merujuk tabel Kc seperti yang telah dicatat oleh Doorenbos dan Pruitt (1977) dan Allen *et al.* (1998).

Beberapa metode pendugaan ETp yang sering digunakan adalah metode Thornthwaite (1948, 1951), Priestly-Taylor (1972), Radiasi, Blaney Criddle, Penman, evaporasi Panci (Doorenbos and Pruitt, 1977), Brutsaert dan Stricker (1979), Morton (1983), dan Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998). Kendala utama penggunaannya di negara kita adalah metode tersebut dirumuskan berdasarkan parameter iklim daerah sub tropis yang sangat berbeda dengan kondisi di Indonesia.

Kondoh (1994) dan Salazar dan Poveda (2006) telah mengaplikasikan beberapa model tersebut pada berbagai ekosistem. Xu dan Chen (2005) mengaplikasikan metode Thornthwaite di China dan memperoleh formula sebagai berikut:

$$Eo^* = 1,04X + 0,92 \dots\dots\dots(2)$$

Dimana Eo^* adalah evapotranspirasi yang sudah dikoreksi (mm), X adalah evapotranspirasi berdasarkan metode Thornthwaite (mm), 0,92 adalah titik potong dan 1,04 adalah angka koreksi.

Jensen *et al.* (1990) telah mengujicobakan dua puluh persamaan pendugaan ETp berdasarkan peubah iklim dan menyatakan bahwa metode

Penman-Monteith merupakan yang terbaik. Metode inipun belum dapat sepenuhnya diaplikasikan di Indonesia, karena hanya sedikit stasiun pengamatan cuaca di Indonesia yang mengamati peubah iklim secara lengkap dan kontinyu.

Sehubungan dengan masalah tersebut telah dilakukan validasi terhadap metode pendugaan evapotranspirasi, agar metode tersebut dapat diaplikasikan di daerah tropis, khususnya Indonesia. Tujuan penelitian ini adalah untuk: (a) mendapatkan angka koreksi formula pendugaan evapotranspirasi (metode Blaney Criddle, Radiasi, Penman, dan evaporasi Panci), (b) mengaplikasikan angka koreksi untuk perhitungan ETa tahun 1995-2005, sebagai upaya untuk melengkapi sistem basisdata yang dikembangkan Balitklimat. Dengan demikian, daerah yang belum memiliki lisimeter, dapat memiliki data ETa dengan menggunakan pendekatan di atas.

BAHAN DAN METODE

Tempat penelitian

Pengamatan cuaca dilakukan di dua stasiun klimatologi di Jawa Barat, yaitu Stasiun Klimatologi Cikarawang, Bogor (St. Cikarawang) pada posisi geografis 6,67° LS dan 106,75° BT dengan ketinggian 260 m dpl, dan Stasiun Klimatologi Ciledug, Tangerang (St. Ciledug) pada posisi geografis 6,219° LS dan 106,417° BT dengan ketinggian 190 m dpl.

Data yang digunakan

Data iklim yang digunakan merupakan data pengamatan lisimeter bulan Juni sampai dengan November 1996 dari St. Cikarawang dan bulan Juli sampai dengan Desember 1996 dari St. Ciledug dan data iklim periode 1995-2005. Selain data iklim tersebut, penelitian ini juga menggunakan data pendukung dari Doorenbos dan Pruitt (1977).

Metodologi

Penelitian dilakukan dalam empat tahap, yaitu (1) pengamatan cuaca dan evapotranspirasi, (2) analisis pendugaan evapotranspirasi, (3) validasi model, dan (4) aplikasi hasil analisis berdasarkan data iklim St. Cikarawang.

Pengamatan cuaca

Peubah iklim (Tabel 1) diamati setiap hari pada Pkl. 07.00, 12.00, dan 17.00 WIB. Peubah iklim curah hujan, suhu udara, kelembaban udara, radiasi, lama penyinaran, dan kecepatan angin diamati setiap hari secara kontinyu. Selama pengamatan berlangsung, alat lisimeter sempat mengalami kerusakan sehingga periode pengamatannya menjadi terbatas. Selain itu, panci klas A yang mengukur evaporasi hanya ada di St. Cikarawang.

Tabel 1. Peubah iklim yang diamati di stasiun Cikarawang dan stasiun Ciledug

Table 1. The observed climatic variable of Station Cikarawang and Station Ciledug

No.	Peubah iklim	Alat pengukur	Satuan
1.	Evapotranspirasi	Lisimeter	mm
2.	Evaporasi	Panci klas A	mm
3.	Curah hujan	Ombrometer	mm
4.	Suhu udara	Termometer	°C
5.	Kelembaban udara	Hygrometer	%
6.	Radiasi	Solarimeter	cal cm ⁻² min ⁻¹
7.	Lama penyinaran	Cambell stokes	%
8.	Kecepatan angin	Anenometer	km jam ⁻¹

Analisis pendugaan evapotranspirasi

Data pengamatan lisimeter selanjutnya dibandingkan dengan data evapotranspirasi hasil perhitungan yang menggunakan keempat metode pendugaan yang dipublikasikan oleh Doorenbos dan Pruitt (1977). Analisis difokuskan untuk validasi keempat metode pendugaan evapotranspirasi tersebut.

a. Metode Blaney Criddle

Data utama yang diperlukan dalam metode ini adalah suhu udara. Persamaan umum yang digunakan:

$$ETa = c [p (0,46 T + 8)] \text{ mm hari}^{-1} \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

- ETa = Evapotranspirasi tanaman (mm hari⁻¹)
- T = Suhu harian rata-rata per bulan (°C)
- p = Persentase harian rata-rata dari jumlah panjang hari setahun, yang besarnya tergantung pada posisi lintang
- c = Faktor koreksi yang tergantung pada kelembaban relatif minimum, panjang hari, dan kondisi angin pada siang hari

Selain data suhu udara, metode radiasi juga membutuhkan data pendukung berupa letak lintang, dan besaran angka koreksi (c).

b. Metode radiasi

Metode ini dipakai terutama untuk stasiun yang memiliki pengamatan suhu udara, panjang hari, dan keawanan atau radiasi. Persamaan umum yang digunakan adalah:

$$ETa = c (W. Rs) \text{ mm hari}^{-1} \dots\dots\dots (4)$$

dimana:

- ETa = Evapotranspirasi tanaman (mm hari⁻¹)
- Rs = Radiasi gelombang pendek yang diterima bumi, dalam satuan evaporasi ekuivalen (mm hari⁻¹)
- W = Faktor pembobot yang bergantung pada suhu udara dan ketinggian
- C = Faktor koreksi yang bergantung pada kelembaban relatif dan kondisi angin pada siang hari

Penggunaan rumus Radiasi selain menggunakan data yang disebutkan di atas, juga membutuhkan posisi geografis dan faktor koreksi.

c. Metode Penman

Metode Penman membutuhkan data suhu, kelembaban, kecepatan angin, lama penyinaran dan intensitas radiasi. Selain itu juga membutuhkan data posisi geografis dan faktor koreksi (c). Bila dibandingkan dengan metode yang lain, metode Penman dianggap paling banyak membutuhkan *input* data. Bentuk persamaan yang dikembangkan:

$$ETa = c [W.Rn + (1-W).f(u).(ea-ed)] \dots\dots\dots(5)$$

radiasi aerodinamik

dimana:

- ETa = Evapotranspirasi tanaman (mm hari⁻¹)
- W = Suhu udara yang dihubungkan dengan faktor pembobot
- Rn = Radiasi neto yang disepadankan dengan evaporasi (mm hari⁻¹)
- f(u) = Fungsi angin
- (ea-ed) = Perbedaan antara tekanan uap air jenuh pada suhu udara rata-rata dan tekanan uap air aktual di udara (mbar)
- c = Faktor koreksi untuk mengimbangi pengaruh kondisi cuaca pada siang dan malam hari

d. Metode evaporasi Panci

Metode evaporasi Panci merupakan pengukuran yang melihat pengaruh radiasi, angin, suhu udara, dan kelembaban terhadap evaporasi di tempat terbuka. Evapotranspirasi tanaman dapat diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$ETa = Kp . Epan \dots\dots\dots(6)$$

dimana:

- Eta = Evapotranspirasi tanaman (mm hari⁻¹)
- Kp = Koefisien panci

Validasi model

Validasi model dilakukan dengan meregresikan data evapotranspirasi hasil pengamatan dengan pendugaan melalui persamaan sederhana:

$$Y = mX + c \dots\dots\dots(7)$$

dimana:

- Y = Mewakili ETa hasil pendugaan (mm bulan⁻¹)
- X = ETa hasil pengamatan (mm bulan⁻¹)
- m = Merupakan konstanta yang mewakili gradien (*slope*)
- c = Titik potong (*intercept*) dari persamaan regresi. Dalam kajian ini, titik potong c adalah nol, sehingga m menjadi angka koreksi antara data evapotranspirasi hasil pengamatan dengan pendugaan

Aplikasi

Metode Penman dan metode evaporasi Panci selanjutnya diaplikasikan untuk menghitung evapotranspirasi bulanan St. Cikarawang, Bogor, untuk periode 1995-2005. Hal ini merupakan salah satu upaya untuk melengkapi sistem *database* iklim nasional yang dikelola oleh Balitklimat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode Blaney Criddle, Radiasi, Penman, dan Evaporasi Panci menggunakan rumput sebagai tanaman di dalam proses penyusunan formula (Doorenbos and Pruitt, 1977 dan Allen *et al.* 1998). Demikian juga pengamatan lisimeter yang dilakukan di kedua lokasi. Oleh karena itu, evapotranspirasi yang diperoleh dari pengamatan lisimeter dan pendugaan merupakan evapotranspirasi aktual (ETa) sehingga dapat langsung dikorelasikan. Setiap metode di bawah ini membutuhkan tabel pendukung dari Doorenbos dan Pruitt (1977).

Perhitungan evapotranspirasi

a. Metode Blaney Criddle

Tabel 2 memuat hasil perhitungan ETa dengan menggunakan metode Blaney Criddle di St. Cikarawang maupun St. Ciledug.

Tabel 2. Data *input* dan hasil perhitungan Eta dengan metode Blaney Criddle di stasiun Cikarawang dan stasiun Ciledug

Table 2. The input data and simulated Eta based on Blaney Criddle method at station Cikarawang and station Ciledug

Peubah	St. Cikarawang						St. Ciledug					
	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
p	0,27	0,27	0,27	0,27	0,218	0,28	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28
Rhmin	65	63	61	58	71	71	55	57	61	68	66	70
n N ⁻¹	0,73	0,43	0,88	0,83	0,42	0,56	0,69	0,72	0,65	0,42	0,44	0,37
U	1,5	1,6	1,7	1,8	1,5	1,6	2,6	2,6	21	1,7	2,2	2,1
T	26,9	26,8	26,8	27	26,18	26,6	27,7	27,4	27,3	26,7	26,9	26,1
F	5,5	5,5	5,5	5,5	5,7	5,66	5,6	5,6	5,55	5,7	5,68	4,4
C	0,7	0,75	0,75	0,8	0,8	0,83	0,5	0,75	0,8	0,8	0,83	0,83
ETa (mm hr ⁻¹)	2,2	2,30	3,40	3,60	2,80	2,60	3,50	3,50	3,70	2,60	3,20	3,20
ETa (mm bln ⁻¹)	66	71	105	108	84	78	108	108	115	81	96	99

Tabel 3. Data *input* dan hasil perhitungan Eta dengan metode Radiasi di stasiun Cikarawang dan stasiun Ciledug

Table 3. The input data and simulated ETa based on Radiation method at station Cikarawang and station Ciledug

Peubah	St. Cikarawang						St. Ciledug					
	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
n	5,9	6,7	7	6,6	3,8	4,5	5,55	5,76	5,2	3,35	3,51	2,95
N	11,8	11,8	11,9	12	12,2	12,3	11,8	11,9	12	12,2	12,3	12,4
n/N	0,5	0,57	0,59	0,55	0,31	0,37	0,90	0,85	0,80	0,78	0,78	0,79
Ra	12,8	13,1	14	15	15,7	15,8	13,1	14	15	15,7	15,8	15,7
Rh rata-rata	85	84	82	83	87	88	76	77	77	84	82	85
U	1,5	1,6	1,7	1,8	1,5	1,6	2,6	2,6	2,1	1,7	2,2	4,4
T	26,9	26,8	26,8	27	26,8	26,6	27,7	27,4	27,3	26,7	26,9	26,7
Rs	6,4	6,97	7,62	7,88	6,37	6,84	6,35	6,86	6,98	6,04	6,24	5,81
W	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,76	0,76	0,76	0,76	0,75
Rs.W	4,9	5,3	5,8	6	4,9	5,23	4,89	5,21	5,30	4,59	4,74	4,36
c	0,7	0,75	0,75	0,8	0,8	0,83	0,75	0,75	0,8	0,8	0,83	0,83
Eta (mm hr ⁻¹)	2,50	2,70	3,10	3,6	2,80	3,20	2,90	3,0	3,3	2,5	2,7	2,6
ETa (mm bln ⁻¹)	75	84	96	108	87	96	90	93	99	78	81	81

Metode Radiasi

Dengan menggunakan data hasil pengamatan di kedua lokasi, dilakukan perhitungan ETa berdasarkan metode Radiasi (Tabel 3).

Metode Penman

Hasil perhitungan ETa dengan metode ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Metode evaporasi Panci

Hasil perhitungan ET dengan metode evaporasi Panci tertera pada Tabel 5.

Validasi model

Tabel 6 memuat rekapitulasi hasil pengamatan dan perhitungan evapotranspirasi dari semua metode yang digunakan. Data hasil pengamatan di Ciledug sempat terhenti pada bulan September karena kerusakan alat.

Data pengamatan dan hasil pendugaan evapotranspirasi yang tertera pada Tabel 6 selanjutnya diregresikan untuk mendapatkan angka koreksi. Koefisien korelasi dan angka koreksi masing-masing metode di kedua lokasi dicantumkan pada Tabel 7.

Tabel 4. Data input dan hasil perhitungan Eta dengan metode Penman di stasiun Cikarawang dan stasiun Ciledug

Table 4. The input data and simulated ETa based on Penman method at station Cikarawang and station Ciledug

Peubah	St. Cikarawang						St. Ciledug					
	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
Tmax	31,3	31,6	31,6	31,8	30,9	30,7	33,7	33,3	33,1	32,7	32,5	32
Tmin	22,4	21,9	21,8	22,1	22,6	22,5	23,4	23	23,8	23,2	22,2	23
T	26,9	26,8	26,8	27	26,8	26,6	27,7	27,4	33,1	26,7	26,9	26,1
Rhmax	96	95	95	94	95	95	88	89	87	89	89	91
Rhmin	65	63	61	61	71	71	55	57	61	68	66	70
Rh	85	84	82	83	87	88	76	77	77	84	82	85
U	130	138	147	156	130	138	225	225	181	147	190	380
n/N	0,5	0,57	0,59	0,55	0,31	0,37	0,47	0,48	0,43	0,27	0,29	0,24
Ea-ed	6,74	7,41	6,43	6,07	4,64	4,28	37,8	8,21	8,21	5,71	6,43	5,04
F(u)	0,62	0,64	0,67	0,69	0,62	0,64	0,88	0,88	0,76	0,67	0,78	1,30
1-W	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,25
Wf	0,76	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,76	0,76	0,76	0,76	0,75
Rn	4,99	4,72	4,66	4,88	4,14	4,54	5,11	5,45	5,50	4,58	4,80	4,48
c	0,95	1	1	1,10	1,10	1,15	1	1	1,10	1,10	1,15	1,15
ETo (mm hr ⁻¹)	4,07	4,71	4,58	5,19	4,22	6,81	5,03	5,15	5,43	4,30	4,98	5,21
ETo (mm bln ⁻¹)	122	146	142	156	131	204	156	160	163	133	149	162

Tabel 5. Data input dan hasil perhitungan ETa dengan metode Evaporasi panci di stasiun Cikarawang*

Table 5. The input data and simulated ETa based on Panci Evaporation method at station Cikarawang

Peubah	Cikarawang					
	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov
ET panci	3,3	3,8	4,1	4,6	4,80	3,2
c	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
ET (mm hr ⁻¹)	2,81	3,23	3,49	3,91	4,08	2,72
ET (mm bln ⁻¹)	84	100	108	117	126	82

* tidak ada data pengamatan evaporasi di stasiun Ciledug

Tabel 6. Evapotranspirasi hasil pengamatan dan pendugaan di stasiun Cikarawang (1) dan Ciledug (2)

Table 6. The observed and simulated Evapotranspiration at Cikarawang (1) and Ciledug (2) station

Bulan	ETa pengamatan		ETa pendugaan							
			Blaney		Radiasi		Penman		Evaporasi	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	
	mm hr ⁻¹									
Juni	4,7	--	2,2	--	2,5	--	4,07	--	2,81	
Juli	5,5	3,6	2,3	3,5	2,7	2,9	4,71	5,03	3,23	
Agt	7,6	4,4	3,4	3,5	3,1	3	4,58	5,15	3,49	
Sep	8,4	--	3,6	3,7	3,6	3,3	5,19	5,43	3,91	
Okt	5,3	6,7	2,8	2,6	2,8	2,5	4,22	4,30	4,08	
Nov	5,3	4,9	2,6	3,2	3,2	2,7	6,81	4,98	2,72	
Des	--	3,5	--	3,2	--	2,6	--	5,21	--	

Tabel 7. Koefisien korelasi dan angka koreksi untuk setiap metode di stasiun Cikarawang dan Ciledug

Table 7. The correlation coefficient and correction factor of each method at Cikarawang and Ciledug station

No.	Metode	Lokasi	Korelasi		Angka koreksi	
			Rata-rata		Rata-rata	
		 %			
1.	Blaney Criddle	Cikarawang	99,7	96,88	2,19	1,83
		Ciledug	94,3		1,47	
2.	Radiasi	Cikarawang	99,0	97,40	2,07	1,90
		Ciledug	95,8		1,73	
3.	Penman	Cikarawang	96,2	96,00	1,21	1,10
		Ciledug	95,8		0,99	
4.	Evaporasi panci	Cikarawang	98,3	98,30	1,81	1,81
		Ciledug*	--		--	

* panci evaporasi tidak tersedia

Tabel 8. Hasil pendugaan evapotranspirasi periode 1995-2005 dengan menggunakan metode Penman

Table 8. The estimated evapotranspiration period of 1995-2005 based on Penman method

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	Tahunan
 mm bulan ⁻¹												mm tahun ⁻¹
1995	131	134	160	173	185	161	195	234	203	201	162	156	2095
1996	138	125	180	186	196	173	190	212	217	177	177	148	2120
1997	137	143	210	155	191	204	203	233	245	265	217	211	2415
1998	203	163	188	181	190	154	144	172	208	176	152	170	2100
1999	160	132	164	181	184	187	185	226	240	202	179	149	2189
2000	138	145	168	170	180	160	192	222	233	203	169	213	2193
2001	160	129	179	190	180	156	192	225	218	190	179	202	2198
2002	150	127	209	183	182	169	184	236	226	246	197	188	2298
2003	204	136	191	183	187	199	213	231	225	226	203	164	2363
2004	192	135	191	202	179	182	192	235	227	258	208	165	2364
2005	152	162	201	192	184	168	189	219	218	220	208	162	2275

Kisaran angka koreksi rata-rata yang diperoleh adalah 1,10 sampai dengan 1,90, sehingga metode yang terbaik adalah metode Penman, yang diikuti metode evaporasi Panci dan Blaney Criddle. Metode Penman dalam hal ini merupakan metode yang terbaik, tetapi konsekuensinya adalah data yang harus dilengkapi lebih banyak dibandingkan dengan metode lain. Koefisien korelasi keempat metode lebih besar dari 95%, sehingga semuanya pada dasarnya dapat digunakan tergantung pada data iklim yang tersedia.

Metode Penman-Monteith yang diunggulkan FAO (Allen *et al.*, 1998) memiliki akurasi lebih tinggi tetapi menuntut data *input* yang lebih banyak. Kondisi ini memang agak sulit dipenuhi oleh instansi-

instansi pengelola stasiun iklim di Indonesia. Tetapi kerjasama antar instansi tersebut dapat meningkatkan kerapatan distribusi stasiun dan kelengkapan instrumen pengamatan peubah iklim. Adanya teknologi satelit cuaca juga merupakan salah satu cara untuk mendapatkan peubah iklim secara spasial dan temporal yang lebih detail.

Aplikasi penggunaan model

Angka koreksi untuk masing-masing metode selanjutnya dapat digunakan untuk menduga evapotranspirasi. Tabel 8 dan 9 secara berturut-turut menyajikan hasil pendugaan evapotranspirasi yang menggunakan metode Penman dan Metode

Tabel 9. Hasil pendugaan evapotranspirasi periode 1995-2005 dengan menggunakan metode evaporasi Panci

Table 9. Estimated evapotranspiration for period of 1995-2005 based on Pan evaporation method

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	Tahunan
	mm bulan ⁻¹												mm tahun ⁻¹
1995	134	148	176	191	176	148	172	215	229	196	162	153	2099
1996	148	138	176	234	186	157	172	91	224	167	167	153	2013
1997	129	167	210	148	172	162	176	224	229	253	234	219	2323
1998	172	172	148	181	162	134	148	157	191	176	153	186	1979
1999	143	134	186	181	172	162	157	215	224	191	167	148	2079
2000	129	157	167	181	176	143	167	200	224	205	162	229	2141
2001	181	138	181	172	181	167	181	200	196	167	162	205	2132
2002	134	105	1913	167	176	162	148	200	243	234	191	176	3849
2003	215	138	181	181	181	167	176	219	205	210	200	162	2237
2004	200	157	205	224	191	167	167	205	224	224	200	167	2332
2005	143	181	200	196	172	167	172	196	210	224	210	157	2227

Tabel 10. Kebutuhan data iklim minimum yang dibutuhkan untuk pendugaan evapotranspirasi

Table 10. Minimum data requirement of evapotranspiration estimation

No.	Metode	Data iklim							
		Suhu udara	Panjang hari	Lama penyinaran	Keawanan	Radiasi	Kelembaban udara	Kecepatan angin	Penguapan panci
1.	Blaney-Criddle	√							
2.	Radiasi	√	√		√	√			
3.	Penman	√	√	√		√	√	√	
4.	Evaporasi panci								√

Evaporasi Panci yang diaplikasikan dengan menggunakan data iklim Stasiun Cikarawang, Bogor, Periode 1995-2005.

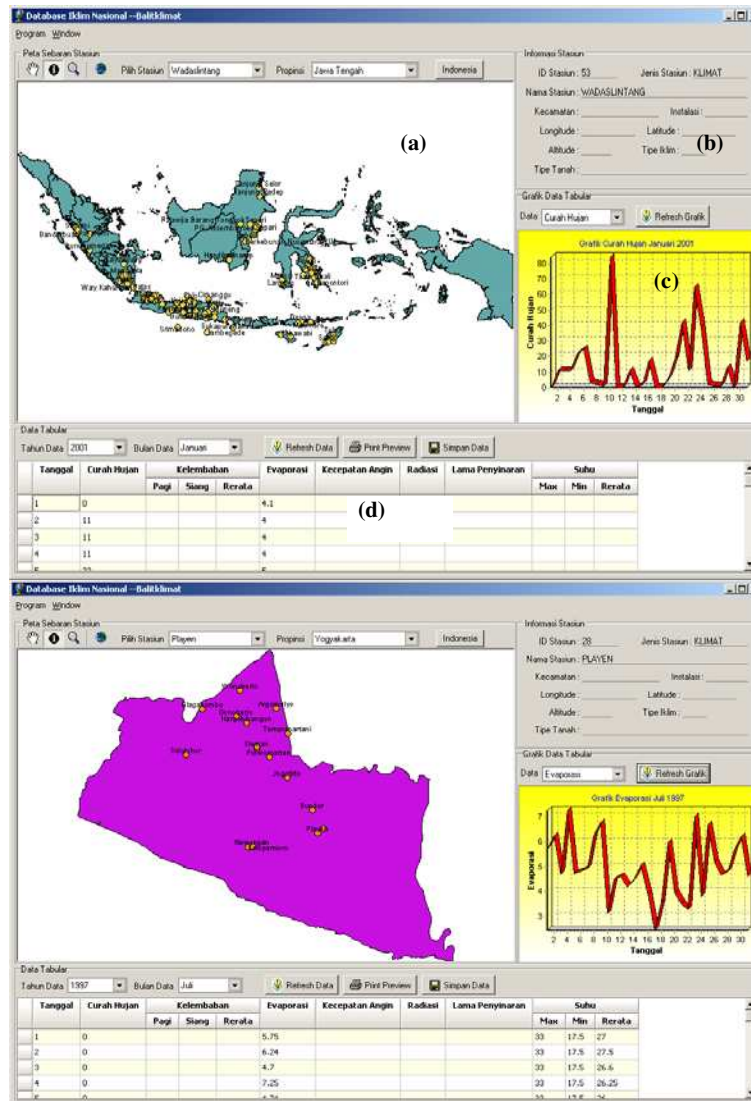
Pengembangan sistem *database* iklim nasional yang dikelola Balitklimat

Sistem *database* iklim nasional yang sedang dikembangkan Balitklimat, pada awalnya dibangun untuk menampilkan (a) data dan informasi iklim secara cepat berdasarkan jenis parameter, periode waktu, dan lokasi stasiun yang diinginkan, (b) distribusi stasiun pengamatan iklim/curah hujan, (c) hasil olahan data menurut satuan harian, dasarian, bulanan, tahunan, dan (d) tampilan olahan data dalam bentuk grafik, *print out* maupun file (Gambar 1) (Runtuuwu *et al.*, 2005, 2006, 2007).

Dengan semakin meningkatnya kebutuhan informasi iklim dewasa ini, perlu dilakukan pengem-

bangun kualitas dan kuantitas data dan informasi iklim. Hasil penelitian ini sangat bermanfaat dalam upaya melengkapi kebutuhan data evapotranspirasi. Caranya adalah dengan mengintegrasikan metode-metode pendugaan evapotranspirasi lengkap dengan angka koreksinya masing-masing ke dalam sistem *database* iklim nasional. Pengguna nanti yang akan memilih metode yang akan dipakai berdasarkan ketersediaan data iklim yang dimilikinya (Tabel 10).

Berdasarkan ketersediaan data iklim yang ada di sistem *database* Balitklimat, hanya ada 166 dari 2.679 stasiun yang menangani data iklim. Umumnya hanya data curah hujan dan suhu udara, sehingga walaupun metode Penman merupakan yang terbaik, metode Blaney Criddle akan lebih banyak dipilih karena hanya memerlukan data suhu udara yang relatif mudah didapatkan.



Gambar 1. Sistem *database* iklim nasional yang dikelola Balitklimat : (a) distribusi stasiun secara spasial, (b) informasi nama dan lokasi stasiun, (c) tampilan data dalam bentuk grafik, dan (d) tampilan data dalam bentuk tabular

Figure 1. The national climatic database system of IAHR : (a) spatial distribution of climatic station, (b) information of the name and location of the station, (c) graphical data, and (d) tabular data

KESIMPULAN

1. Angka koreksi dan koefisien korelasi (r) rata-rata yang diperoleh untuk setiap metode adalah: 1,83 untuk metode Blaney Criddle ($r=0,97$); 1,90 untuk metode Radiasi ($r=0,97$); 1,10 untuk metode Penman ($r=0,96$), dan 1,81 untuk metode evaporasi Panci ($r=0,98$). Karena angka koreksi ini diperoleh melalui perhitungan

data bulanan, maka hanya berlaku untuk perhitungan data bulanan.

2. Dari keempat metode tersebut, Penman merupakan metode yang terbaik karena memiliki angka koreksi terkecil. Stasiun yang memiliki data iklim lengkap sebaiknya memilih pendekatan ini sedangkan yang tidak lengkap dapat memilih metode lain karena semua metode tersebut memiliki koefisien korelasi lebih dari 0,95.

3. Dengan mengintegrasikan formula pendugaan dan angka koreksi ke sistem *database* iklim nasional yang dikelola Balitklimat, data evapotranspirasi dapat dihitung berdasarkan data iklim yang tersedia.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998.** Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 300 p.
- Brutsaert, W. and H. Stricker. 1979.** An advection-aridity approach to estimate actual regional evapotranspiration. *Water Resource* 15: 443-450.
- Doorenbos, J. and W.O. Pruitt. 1977.** Guidelines for predicting crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper 24 Rev. Rome. 156 p.
- Jensen, M.E., R.D. Burman, and R.G. Allen. 1990.** Evaporation and irrigation water requirement. ASCE Manual No. 70. American Society of Civil Engineers, New York. P. 332.
- Kondoh, A. 1994.** Comparison of the evapotranspiration in Monsoon Asia estimated from different methods. *J. of Japanese Assoc. Hydrol. Sci.* 24:11-30.
- Morton, F.I. 1983.** Operational estimates of areal evapotranspiration and their significance to the science and practical hydrology. *J. Hydrol* 66:1-76.
- Priestley, C.H.B. and R.J. Taylor. 1972.** On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly Weather Review* 100(2):81-92.
- Runtunuwu, E., E. Surmaini, W. Estiningtyas, dan Suciantini. 2005.** Sistem Basis Data Sumberdaya Iklim dan Air. Hlm 39-54. *dalam* Buku Sistem Informasi Sumberdaya Iklim dan Air. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Bogor.
- Runtunuwu, E., B Kartiwa, N. Pujilestari, Suciantini, dan K. Sari. 2006.** Penyusunan Alat Bantu Pengambil Keputusan Pendayagunaan Sumberdaya Iklim dan Air untuk Perencanaan Pertanian. Laporan akhir penelitian. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Bogor.
- Runtunuwu, E., H. Syahbuddin, B. Kartiwa, dan K. Sari. 2007.** Pemutakhiran dan Pendayagunaan Sistem Informasi Sumberdaya Iklim dan Air Nasional untuk Perencanaan Pertanian. Laporan akhir penelitian. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Bogor.
- Runtunuwu, E. dan I. Las. 2007.** Penelitian Agroklimat dalam Mendukung Perencanaan Pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan Pertanian* 1(3):33-42. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.
- Salazar, L.F. and G. Poveda. 2006.** Validation of Diverse Evapotranspiration Estimation Methods using the Long-term Water Balance in the Amazon River Basin. Pp. 815-820. *In* Proceedings of 8 ICSHMO, Foz do Iguaçu, Brazil, April 24-28, 2006, INPE.
- Xu, C-Y. and D. Chen. 2005.** Comparison of seven models for estimation of evapotranspiration and groundwater recharge using lysimeter measurement data in Germany. *Hydrol. Processes.* 19:3717-3734.
- Testi, L., F.J. Villalobosa, and F. Orgaza. 2004.** Evapotranspiration of a young irrigated olive orchard in southern Spain. *Agricultural and Forest Meteorology* 121(1-2):1-18.
- Thorntwaite, C.W. 1948.** An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review* 38:55-94.
- Thorntwaite, C.W. 1951.** The water balance in tropical climates. *Bulletin American Meteorological Society* 32(5):166-173.
- Williamsa, L.E. and J.E. Ayarsb. 2005.** Water use of thompson seedless grapevines as affected by the application of gibberellic acid (GA3) and trunk girdling-practices to increase berry size. *Agricultural and Forest Meteorology* 129(1-2):85-94.