Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air Vol. 1 No. 2 (2021) p. 917-928
© Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

JTRESDA

Journal homepage: https://jtresda.ub.ac.id/

Analisis Evaporasi Waduk Wonorejo Kabupaten Tulungagung Menggunakan Pendekatan Empiris

Brigitta Vidia Maharani[1*], **Sri Wahyuni**[1], **Donny Harisuseno**[1]

[1] Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Jalan MT. Haryono No. 167, Malang, 65145, INDONESIA

*Korespondensi Email: gitavidia.bv@gmail.com

Abstract: Evaporation is an important thing that affects the capacity of the reservoir. However, the problems that often occur in Indonesia reservoirs lack available evaporation measurement data, less complete evaporation measurement data, sudden damage to the measuring instrument, and human error. Therefore, the purpose of this study was to analyze the evaporation of the Wonorejo Reservoir through an empirical approach using the Penman Method and Priestley-Taylor Method. The climatological data used were air temperature, wind velocity, relative humidity, and the length of the sun's radiation with monthly periods in 2004-2019. Based on the method suitability test results with the calibration of the model, evaporation used Priestley-Taylor Method has a better result than Penman Method. It could be seen from the value of NSE 0.595; MAE 0.137; R 0.783; R^2 0.613; dan KR 5.091%. Then, a verification test was carried out towards Priestley-Taylor Method to get the best results with the value of NSE -2.279; MAE 2.127; R 0.780; R^2 0.609; and KR 38.289%. According to the verification test result, it could be concluded that the best data pair is 12 years of calibration – 1 year of verification.

Keywords: evaporation, penman method, priestley-taylor method, wonorejo reservoir

Abstrak: Evaporasi merupakan faktor penting yang sangat mempengaruhi besarnya kapasitas tampungan waduk. Akan tetapi, kendala dan persoalan yang kerap terjadi pada waduk di Indonesia yaitu sedikitnya jumlah data pengukuran evaporasi, kurang lengkapnya data pengukuran evaporasi, terjadinya kerusakan secara tiba-tiba pada alat ukur, dan kesalahan yang diakibatkan oleh manusia. Tujuan penelitian ini adalah analisa evaporasi Waduk Wonorejo melalui pendekatan empiris menggunakan Metode Penman dan Priestley-Taylor. Data klimatologi yang digunakan meliputi data suhu udara, kecepatan angin, kelembaban relatif, dan lama penyinaran

Penulis korespondensi: gitavidia.bv@gmail.com

matahari dengan periode bulanan pada tahun 2004-2019. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa, berdasarkan hasil uji kesesuaian metode dengan kalibrasi model, evaporasi menggunakan Metode Priestley-Taylor memiliki hasil paling baik dibanding Metode Penman. Hal ini dapat dilihat dari nilai NSE 0,595; MAE 0,137; R 0,783; R^2 0,613; dan KR 5,091%. Kemudian dilakukan uji verifikasi terhadap Metode Priestley-Taylor dan didapatkan hasil terbaik dengan nilai NSE -2,279; MAE 2,127; R 0,780; R^2 0,609; dan KR 38,289%. Hasil uji verifikasi terbaik merupakan pasangan data 14 tahun kalibrasi dan 1 tahun verifikasi.

Kata kunci: evaporasi, metode penman, metode priestley-taylor, waduk wonorejo

1. Pendahuluan

Berkembangnya populasi penduduk yang signifikan memicu adanya kegiatan-kegiatan baru yang berpengaruh dalam pola pemanfaatan air yang tersedia, sehingga akibatnya kecenderungan yang terjadi adalah adanya ketidakseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air bersih [1]. Oleh karena itu, diperlukan suatu tampungan yang mampu menampung air pada saat kelebihan air dan menyalurkan pada saat dibutuhkan. Salah satu bentuk tampungan yang dapat dimanfaatkan berupa waduk. Menurut fungsinya, Waduk Wonorejo merupakan waduk multi purpose yang dimaksudkan sebagai salah satu penyedia air baku untuk Kota Surabaya dan sekitarnya pada musim kemarau, sarana PLTA, pengendali banjir untuk daerah Tulungagung, pengembangan perikanan darat, pariwisata, dan PLTMH. Keberadaan waduk sangat penting dalam rangka untuk mempertahankan keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan serta meminimalisir pengaruh perubahan iklim terhadap kejadian banjir dan kekeringan [2]. Ketepatan analisis volume tampungan waduk memegang peranan penting dalam mendukung efektifitas dari pemenuhan fungsi waduk untuk menjaga keseimbangan air, dimana evaporasi menjadi salah satu variabel yang mempengaruhi sangat mempengaruhi besarnya tampungan kapasitas waduk yang nantinya akan berpengaruh pada pola operasi waduk.

Mayoritas waduk di Indonesia masih menggunakan panci evaporasi sebagai alat untuk menghitung laju evaporasi. Hal ini dikarenakan panci evaporasi dapat digunakan untuk mengestimasi laju evaporasi pada waduk dan danau dengan sangat baik [3]. Sayangnya, kendala dan persoalan yang sering terjadi pada waduk di Indonesia yaitu sedikitnya jumlah data pengukuran evaporasi, kurang lengkapnya data pengukuran evaporasi, terjadinya kerusakan secara tiba-tiba pada alat ukur, dan kesalahan yang diakibatkan oleh manusia. Maka untuk mengatasi kendala dan permasalahan tersebut, laju evaporasi dapat diestimasi dengan menggunakan pendekatan empiris yang memerlukan data klimatologi berupa lama penyinaran, kecepatan angin, kelembaban udara, dan temperatur udara [4].

Dalam studi ini digunakan dua metode empiris, yaitu metode Priestley-Taylor dan Penman di Waduk Wonorejo sebagai lokasi studi. Kedua metode ini digunakan karena Metode Penman memberikan hasil yang paling akurat dalam memprediksi laju evaporasi pada Waduk Sutami, Indonesia, sementara Metode Priestley-Taylor memberikan hasil

yang paling akurat dalam memprediksi laju evaporasi Batu Dam *Reservoir*, Malaysia [5]. Selain pada waduk beriklim tropis, Metode Penman dan Priestley-Taylor juga memiliki hasil yang baik dalam memprediksi laju evaporasi pada waduk beriklim lembab [6] maupun kering [7]. Sehingga, diharapkan dengan adanya studi ini, akan memudahkan dalam memperkirakan evaporasi pada Waduk Wonorejo dan daerah yang memiliki kondisi iklim serta karakteristik waduk yang sama. Kondisi iklim, karakteristik waduk, seperti ukuran, bentuk, kedalaman, kualitas air dan sirkulasi, serta lokasi waduk dapat mempengaruhi laju penguapan [8].

2. Bahan dan Metode

2.1 Lokasi Studi

Lokasi studi berada pada Waduk Wonorejo, Desa Wonorejo, Kecamatan Pagerwojo, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur. Waduk Wonorejo terletak pada koordinat 8°00’57,09” LS dan 111°48’00,79” BT. Secara geografis, Waduk Wonorejo merupakan waduk *multi purpose* yang terletak pada hilir pertemuan Kali Gondang dengan Kali Wangi, ±16 Km sebelah barat Kota Tulungagung. Waduk Wonorejo merupakan waduk yang berfungsi sebagai alternatif penyedia air baku untuk Kota Surabaya dan sekitarnya sebesar 8,02 m^3/detik secara terus-menerus pada waktu kemarau, pembangkit listrik sebesar 6,020 MW, pengendalian banjir untuk daerah Tulungagung, pengembangan perikanan darat dan pariwisata, serta PLTA Mini Hidro sebesar 2×100 kW yang bisa dikonsumsi untuk keperluan di dalam lokasi Bendungan Wonorejo sendiri.



Gambar 1: Waduk Wonorejo

2.2 Pengumpulan Data

Kebutuhan data dalam studi ini adalah sebagai berikut:

a. Data suhu udara tahun 2004-2019
b. Data kecepatan angin tahun 2004-2019

c. Data kelembaban relatif tahun 2004-2019
d. Data lama penyinaran tahun 2004-2019
e. Data evaporasi *pan* tahun 2004-2019
f. Data elevasi muka air waduk tahun 2004-2019

2.3 Tahapan Penyelesaian Studi

1. Pengumpulan data.
2. Analisis kualitas data menggunakan:
   a. Uji Konsistensi Data (RAPS)
   b. Uji Stasioner/Homogenitas (uji-F dan uji-t)
3. Pehitungan evaporasi menggunakan metode empiris Penman dan Priestley-Taylor.
4. Uji kesesuaian metode menggunakan kalibrasi model dengan parameter:
   a. Uji *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE)
   b. Uji *Mean Absolute Error* (MAE)
   c. Uji Koefisien Korelasi (R)
   d. Uji Koefisien Determinasi (R^2)
   e. Uji Kesalahan Relatif (KR)

c. Uji verifikasi dengan parameter:
   a. Uji *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE)
   b. Uji *Mean Absolute Error* (MAE)
   c. Uji Koefisien Korelasi (R)
   d. Uji Koefisien Determinasi (R2)
   e. Uji Kesalahan Relatif (KR)

2.3.1 Analisis Kualitas Data

a. Uji Konsistensi Data (RAPS)

Perubahan lokasi stasiun klimatologi atau perubahan prosedur pengukuran dapat menyebabkan terjadinya kesalahan, sehingga diperlukan pengujian konsistensi data. Uji konsistensi dilakukan menggunakan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums***)** [9].

$$Sk^* = \sum_{i=1}^{n}(Yi - \overline{Y}) \quad \text{Pers. 1}$$

$$Dy^2 = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{Yi-\overline{Y^2}}{n}\right) \quad \text{Pers. 2}$$

$$Sk^{**} = \frac{Sk^*}{Dy} \quad \text{Pers. 3}$$

$$Q\ \text{hitung} = \frac{\text{Max } Sk^{**}}{\sqrt{n}} \quad \text{Pers. 4}$$

$$R\ \text{hitung} = \frac{\text{Max } Sk^{**} - \text{Min } Sk^{**}}{\sqrt{n}} \quad \text{Pers. 5}$$

Dengan:
Yi = data ke-i
$\bar{Y}^2$ = data rerata-i
Dy = standar deviasi
n = jumlah data

b. Uji Stasioner

Uji Stasioner berfungsi dalam menguji kestabilan nilai varian dan nilai rata-rata dari deret berkala [10]. Pengujian nilai varian dari data *time series* dilakukan dengan Uji-F.

$$F = \frac{N_1\ Sd1^2\ (N_2-1)}{N_2\ Sd2^2\ (N_1-1)} \quad \text{Pers. 6}$$

Dengan:
F = fungsi distribusi F
N_1 = jumlah sampel kelompok sampel ke-1
N_2 = jumlah sampel kelompok sampel ke-2
Sd_1 = deviasi standar kelompok sampel ke-1
Sd_2 = deviasi standar kelompok sampel ke-2

Pengujian nilai rerata dari data *time series* dilakukan dengan Uji-t.

$$\sigma = \frac{N1 \times Sd1^2 + N2 \times Sd2^2}{N1 + N2 - 2} \quad \text{Pers. 7}$$

Dengan:
σ = deviasi standar populasi
N_1 = jumlah sampel kelompok sampel ke-1
N_2 = jumlah sampel kelompok sampel ke-2
Sd_1 = deviasi standar kelompok sampel ke-1
Sd_2 = deviasi standar kelompok sampel ke-2

$$t = \left| \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma\ (\frac{1}{N1} + \frac{1}{N2})^{0,5}} \right| \quad \text{Pers. 8}$$

Dengan:
σ = deviasi standar populasi
$\bar{X}_1$ = rata-rata hitung sampel pertama
$\bar{X}_2$ = rata-rata hitung sampel kedua
N_1 = jumlah sampel kelompok sampel ke-1
N_2 = jumlah sampel kelompok sampel ke-2

2.3.2 Metode Perhitungan Laju Evaporasi

a. Metode Penman

Metode Penman (1948) menggabungkan konsep *budget* energi dengan metode pemindahan massa yang umumnya disebut sebagai metode gabungan untuk menaksir laju evaporasi potensial dari permukaan air bebas di suatu waduk atau danau [11].

Metode Penman menggunakan data klimatologi berupa data kelembaban relatif, suhu udara, lama penyinaran matahari, kecepatan angina, dan data topografi [12]. Besarnya laju evaporasi potensial dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$E = \frac{0,408\Delta Rn}{\Delta+\gamma} + \frac{\gamma f(u)(e_s - e_a)}{\Delta+\gamma} \quad \text{Pers. 9}$$

Dengan:

E = laju penguapan permukaan air bebas (mm/hari)
Δ = kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu udara (kPa/ ^{o}C)
Rn = radiasi bersih (MJ/m^2/hari)
γ = konstanta psikrometrik (kPa/ ^{o}C)
f(u) = fungsi kecepatan angin

Dengan fungsi kecepatan angin sebagai berikut:

$$f(u) = 0{,}27\ (1\ +\ u \times 0{,}864) \qquad \text{Pers. 10}$$

Dengan:
u = kecepatan angin (m/det)
e_s = tekanan uap jenuh (kPa)
e_a = tekanan uap aktual (kPa)

b. Metode Priestley-Taylor

Metode Priestley-Taylor (Priestley dan Taylor, 1972) merupakan modifikasi dan penyederhanaan dari metode Penman [13]. Evaporasi pada metode Priestley-Taylor hanya mengestimasi persamaan energi dari metode Penman. Persamaan aerodinamis merupakan fraksi tetap dari evaporasi total selama periode rata-rata.

Data klimatologi yang dibutuhkan untuk menghitung laju evaporasi potensial adalah lama penyinaran matahari, suhu udara, kelembaban udara relatif, serta data topografi [14]. Untuk mencari laju evaporasi potensial Priestley-Taylor dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$E = \beta \frac{\Delta}{\Delta+\gamma} E_r \qquad \text{Pers. 11}$$

Dengan:
E = laju penguapan permukaan air bebas (mm/hari)
β = koefisien Priestley-Taylor = 1,26 (*open water*, *wetland*, *reservoir*)
Δ = kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu udara (kPa/ ^{o}C)
γ = konstanta psikrometrik (kPa/ ^{o}C)
E_r = evaporasi metode *balance* (mm/hari)

Evaporasi metode *balance* dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$E_r = \frac{Rn}{l_v\ \rho w} \qquad \text{Pers. 12}$$

Dengan:
Rn = radiasi bersih (W/m^2)
l_v = perubahan panas laten akibat suhu (kJ/kg)
ρw = massa jenis air = 997 kg/m^3

2.3.3 Uji Kesesuaian Metode Perhitungan Evaporasi

Analisis kesesuaian metode dilakukan untuk menganalisis besarnya perbedaan antara perhitungan tiap metode dengan hasil pengamatan riil di lapangan [15]. Berikut merupakan beberapa analisis kesesuaian metode dengan kalibrasi model:

a. Uji *Nash-Sutcliffe Efficiency*

$$\mathrm{NSE} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Y_{obs} - Y_{sim})^2}{\sum_{i=1}^{n}(Y_{obs} - Y_{rerata\ obs})^2} \qquad \text{Pers. 13}$$

Dengan:
NSE = koefisien Nash-Sutcliffe
n = jumlah data
Y_{sim} = nilai hasil pemodelan (mm/hari)
Y_{obs} = nilai pengamatan (mm/hari)
Y_{rerata} = rata-rata nilai pengamatan (mm/hari)

Koefisien *Nash-Sutcliffe* berkisar antara 1 dan negatif tak terhingga. Jika nilai koefisien *Nash-Sutcliffe* mendekati 1, model performanya semakin baik [16].

Tabel 1: Nilai parameter *nash-sutcliffe efficiency*

Nilai NSE	Interpretasi
NSE > 0,75	Baik
0,36 < NSE < 0,75	Memenuhi
NSE < 0,36	Tidak Memenuhi

b. Uji Mean Absolute Error (MAE)

Mean Absolute Error (MAE) berfungsi untuk mengetahui kesalahan rata-rata dari kesalahan absolut suatu permodelan. Semakin kecil nilai MAE yang didapatkan suatu model, maka semakin kecil kesalahan antara permodelan dengan nilai pengamatan.

$$e = |P - O| \qquad \text{Pers. 14}$$

$$\mathrm{MAE} = n^{-1} \sum_{i=1}^{n} |ei| \qquad \text{Pers. 15}$$

Dengan:
MAE = nilai *Mean Absolute Error* (*MAE*)
Pi = nilai hasil pemodelan (mm/hari)
Oi = nilai pengamatan (mm/hari)
n = jumlah data

c. Koefisien Korelasi (R)

Koefisien korelasi (R) digunakan untuk mencari hubungan antara 2 variabel serta membuktikan hubungan 2 variabel bila data kedua variabel berasal dari sumber data yang sama [17].

$$r_{xy} = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 (n\sum yi^2 - (\sum y_i)^2)}} \qquad \text{Pers. 16}$$

Dengan:

Xi = nilai hasil pemodelan (mm/hari)
Yi = nilai pengamatan (mm/hari)
n = jumlah data

Tabel 2: Nilai koefisien korelasi (R)

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00-0,199	Sangat Rendah
0,20-0,399	Rendah
0,40-0,599	Sedang
0,60-0,799	Kuat
0,80-1,000	Sangat Kuat

d. Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien determinasi merupakan kuadrat dari koefisien korelasi. Uji koefisien determinasi dimaksudkan untuk mengetahui besarnya variabel independen yang dapat menjelaskan hubungan dengan variabel dependen [18].

$$R^2 = (R)^2 \qquad \text{Pers. 17}$$

Dengan:
R^2 = koefisien determinasi

e. Kesalahan Relatif (KR)

Kesalahan relatif merupakan uji untuk menghitung persentase perbedaan antara model dengan nilai pengamatan.

$$KR = \frac{Xa - Xb}{Xa} \times 100\% \qquad \text{Pers. 18}$$

Dengan:
K_r = kesalahan relatif (%)
X_a = nilai pemodelan (mm/hari)
X_b = nilai hasil pemodelan (mm/hari)

2.3.4 Uji Verifikasi

Verifikasi model merupakan proses yang dilakukan setelah tahap kalibrasi selesai dan berfungsi untuk menguji kinerja model menggunakan data di luar periode kalibrasi. Uji verifikasi dilakukan dengan parameter yang telah ditentukan melalui periode uji yang berbeda. Misalnya, kalibrasi dilakukan selama periode 2004 – 2015, maka verifikasi dapat dilakukan untuk periode 2016 – 2019. Parameter yang digunakan dalam uji verifikasi sama dengan parameter pada uji kalibrasi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Kualitas Data

a. Uji Konsistensi (RAPS)

Berdasarkan uji RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) yang telah dilakukan, didapatkan bahwa data suhu udara dan kecepatan angin bersifat tidak konsisten pada derajat

kepercayaan 1%. Terdapat banyak cara untuk menguji kesamaan jenis data hidrologi, diantaranya adalah analisis grafis, kurva massa ganda, dan statistik [19]. Dalam analisis statistik dapat menggunakan uji-F dan uji-t. Sehingga, dalam studi ini digunakan uji-F dan uji-t untuk menguji kesamaan jenis data.

Tabel 3: Hasil perhitungan Uji RAPS

Data	Keterangan
Suhu Udara	Tidak Konsisten
Kelembaban Relatif	Konsisten
Kecepatan Angin	Tidak Konsisten
Lama Penyinaran	Konsisten
Evaporasi Waduk	Konsisten
Elevasi Muka Air Waduk	Konsisten

b. Uji Stasioner

Berdasarkan uji-F yang telah dilakukan, didapatkan bahwa data yang digunakan bersifat homogen pada derajat kepercayaan 5%.

Tabel 4: Hasil perhitungan Uji-F

Data	Keterangan
Suhu Udara	Homogen
Kelembaban Relatif	Homogen
Kecepatan Angin	Homogen
Lama Penyinaran	Homogen
Evaporasi Waduk	Homogen
Elevasi Muka Air Waduk	Homogen

Berdasarkan uji-t yang telah dilakukan, didapatkan bahwa data yang digunakan bersifat stabil pada derajat kepercayaan 2,5%.

Tabel 5: Hasil perhitungan Uji-t

Data	Keterangan
Suhu Udara	Stabil
Kelembaban Relatif	Stabil
Kecepatan Angin	Stabil
Lama Penyinaran	Stabil
Evaporasi Waduk	Stabil
Elevasi Muka Air Waduk	Stabil

3.2 Perhitungan Evaporasi Waduk Menggunakan Metode Empiris

Perhitungan laju evaporasi Waduk Wonorejo dengan metode empiris dilakukan dengan membagi data yang terdiri dari 12 tahun kalibrasi—4 tahun verifikasi, 13 tahun kalibrasi—3 tahun verifikasi, 14 tahun kalibrasi—2 tahun verifikasi, dan 15 tahun kalibrasi—1 tahun verifikasi. Berdasarkan hasil perhitungan laju evaporasi waduk Wonorejo menggunakan Metode Penman, didapatkan hasil evaporasi maksimum terjadi pada bulan Oktober tahun 2015 sebesar 3,262 mm/hari dan evaporasi minimum terjadi pada bulan Juli tahun 2017 sebesar 1,576 mm/hari. Sementara, perhitungan laju evaporasi Waduk Wonorejo dengan Metode Priestley-Taylor didapatkan hasil evaporasi maksimum terjadi pada bulan Oktober tahun 2015 sebesar 4,101 mm/hari dan evaporasi minimum terjadi pada bulan Juli tahun 2017 sebesar 1,943 mm/hari.

3.3 Uji Kesesuaian Metode dengan Kalibrasi Model

Tabel 6: Rekapitulasi uji kesesuaian metode

Periode 12 Tahun					
	NSE	MAE	R	R^2	KR
Penman	-3,815	0,547	0,791	0,625	19,250
Priestley-Taylor	0,595	0,137	0,783	0,613	5,091
Periode 13 Tahun					
	NSE	MAE	R	R^2	KR
Penman	-5,424	0,651	0,795	0,633	22,159
Priestley-Taylor	0,494	0,154	0,788	0,621	5,363
Periode 14 Tahun					
	NSE	MAE	R	R^2	KR
Penman	-6,230	0,778	0,777	0,604	25,523
Priestley-Taylor	0,010	0,251	0,767	0,589	8,102
Periode 15 Tahun					
	NSE	MAE	R	R^2	KR
Penman	-6,633	0,904	0,762	0,581	28,422
Priestley-Taylor	-0,537	0,353	0,750	0,563	10,776

Berdasarkan Tabel 6, Metode Priestley-Taylor menujukkan hasil yang lebih baik dibanding Metode Penman dari berbagai parameter NSE, MAE, R, R^2, dan KR serta dengan periode data yang digunakan.

3.5 Uji Verifikasi

Tahap uji verifikasi merupakan proses yang dilakukan untuk membuktikan keakuratan laju evaporasi waduk dari metode yang telah dipilih. Pada studi ini, metode yang dipilih adalah Metode Priestley-Taylor.

Tabel 7: Rekapitulasi uji verifikasi

Periode 4 Tahun Verifikasi							
	NSE	Keterangan	MAE	R	Keterangan	R^2	KR
4 Tahun	-4,608	Tidak Memenuhi	1,889	0,542	Sedang	0,294	39,052
3 Tahun	-3,680	Tidak Memenuhi	2,070	0,579	Sedang	0,335	40,782
2 Tahun	-3,198	Tidak Memenuhi	2,124	0,701	Kuat	0,492	39,955
1 Tahun	-2,279	Tidak Memenuhi	2,127	0,780	Kuat	0,609	38,289

Berdasarkan Tabel 7, ditunjukkan bahwa hasil terbaik pada uji verifikasi merupakan pasangan data 14 tahun kalibrasi dan 1 tahun verifikasi. Hal ini dikarenakan adanya penggunaan data satelit GLDAS-2.1 sebagai pengganti data evaporasi pengamatan lapangan tahun 2015-2019.

4. Kesimpulan

Metode Priestley-Taylor merupakan metode terpilih untuk menghitung evaporasi di Waduk Wonorejo, hal ini dikarenakan evaporasi hasil dengan Metode Priestley-Taylor memiliki nilai yang paling baik dibandingkan Metode Penman. Metode Priestley-Taylor terbaik didapatkan nilai NSE 0.595, nilai MAE 0.137, nilai R 0.783, nilai R^2 0.613, dan nilai KR 5.091%. Sedangkan untuk metode Penman mendapatkan nilai NSE -3.815, nilai MAE 0.547, nilai R 0.791, nilai R^2 0.625, dan nilai KR 19.250%.

Hasil uji verifikasi terbaik merupakan pasangan data 14 tahun kalibrasi dan 1 tahun verifikasi dengan nilai NSE -2.279, nilai MAE 2.127, nilai R 0.780, nilai R^2 0.609, dan nilai KR 38.289%. Semakin sedikit periode kalibrasi yang digunakan, maka hasil permodelan semakin baik sementara semakin sedikit periode verifikasi yang digunakan, hasil permodelan semakin baik. Hal ini disebabkan adanya penggunaan data satelit GLDAS-2.1 untuk melengkapi data evaporasi Waduk Wonorejo yang hilang.

Daftar Pustaka

[1] D. Harisuseno, "*Comparative Study of Meteorological and Hydrological Drought Characteristics in the Pekalen River Basin , East Java , Indonesia*," *Journal of Water and Land Development* , vol. 45, no. 4–6, pp. 29–41, 2020.

[2] D. Harisuseno, "*Meteorological Drought and Its Relationship with Southern Oscillation Index (SOI)*," *Civil Engineering Journal*, vol. 6, no. 10, pp. 1864–75. 2020.

[3] S. Irmak and D. Z. Haman, "Evaluation of Five Methods for Estimating Class A Pan Evaporation in a Humid Climate," *Horttechnology*, vol. 13, no. 3, pp. 500–508, 2018.

[4] Soewarno, "Klimatologi; Pengukuran dan Pengolahan Data Curah Hujan, Contoh Aplikasi Hidrologi dalam Pengelolaan Sumber Daya Air [Seri Hidrologi]". Yogyakarta: GRAHA ILMU, 2015.

[5] M. A. Benzaghta, "Prediction of evaporation in tropical climate using artificial neural network and climate based models," *Sci. Res. Essays*, vol. 7, no. 36, 2012.

[6] S. Irmak and D. Z. Haman, "Evaluation of Five Methods for Estimating Class A Pan Evaporation in a Humid Climate," *Horttechnology*, vol. 13, no. 3, pp. 500–508, 2018.

[7] M. M. A. M. Hussein, "Evaporation and Evaluation of Seven Estimation Methods: Results from Brullus Lake, North of Nile Delta, Egypt," *Hydrology*, vol. 5, no. 4, p. 58, 2017.

[8] V. Z. Antonopoulos, S. K. Gianniou, and A. V. Antonopoulos, "Artificial neural networks and empirical equations to estimate daily evaporation: application to Lake Vegoritis, Greece," *Hydrol. Sci. J.*, vol. 61, no. 14, pp. 2590–2599, 2016.

[9] S. Harto, "Analisis Hidrologi," Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 1993.

[10] Soewarno, "Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data [Jilid 2]," Bandung: NOVA, 1995.

[11] S. Halimatussadiah, D. Harisuseno, and R. Haribowo, "Analisis Evapotranspirasi Rujukan Dengan Rumus Empiris Di Stasiun Klimatologi Klas II Karangploso Malang," *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan*, vol. 2, 2019.

[12] A.V. Murpratiwi, D. Harisuseno, and W. Soetopo, "Analisa Perhitungan Evapotranspirasi Rujukan (ETo) Dengan Beberapa Pendekatan Empiris Di Stasiun Meteorologi Klas I Juanda Surabaya," *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan*, vol. 2, no. 2, 2019.

[13] D. D. Rachmawati, D. Harisuseno, and E. Suhartanto, "Analisa Evapotranspirasi Rujukan (ETo) Dengan Rumus Empiris Di Stasiun Meteorologi Klas I Juanda Surabaya," *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan*, vol. 2, no. 2, 2019.

[14] S. R. Jannah, D. Harisuseno, and V. Dermawan, "Analisa Evapotranspirasi Rujukan (ETo) Dengan Rumus Empiris Di Stasiun Meteorologi Klas II Maritim Perak II Surabaya," *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan*, vol. 2, no. 2, 2019.

[15] F. T. D. V. Adjit, D. Harisuseno, and R. Haribowo, "Analisa Evapotranspirasi Rujukan Dengan Rumus Empiris Di Stasiun Geofisika Karangkates Malang," *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan*, vol. 2, no. 2, 2019.

[16] Indarto, "Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi," Jakarta: Bumi Aksara. 2010.

[17] Sugiyono, "Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D," Bandung: Alfabeta, 2007.

[18] Soewarno, "Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data [Jilid 2]," Bandung: NOVA, 1995.

[19] Soewarno, "Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data [Jilid 1]," Bandung: NOVA, 1995.