

## **Evaluasi Metode Pendugaan Laju Evapotranspirasi Standar (ET<sub>o</sub>) Menggunakan Bahasa Pemrograman Visual Basic Microsoft Excel di Kabupaten Nagan Raya Aceh**

*(Evaluation of Standard Evapotranspiration Rate Estimation Method (ET<sub>o</sub>) Using Microsoft Excel Visual Basic Programming Language in Nagan Raya Aceh District)*

**Adlan<sup>1\*</sup>, Budi Indra Setiawan<sup>1</sup>, Chusnul Arif<sup>1</sup>, dan Satyanto Krido Saptomo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.  
Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, PO BOX 220, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

Penulis Korespondensi: adlanrusman48@gmail.com

Diterima: 28 Maret 2021

Disetujui: 25 April 2021

### **ABSTRACT**

*Estimation of evaporation rate is needed in hydrological data, especially in irrigation and drainage planning data. The method for estimating the evapotranspiration rate recommended by FAO is the Penman - Monteith method, however apart from this method there are still several methods that can be used if the data obtained in the field are different. Evaluation of the method of estimating the rate of evapotranspiration is expected to help in choosing the right method when different data is obtained, so with this evaluation, we can see the accuracy of the methods. The methods that are closest to accuracy with the Penman - Monteith method are Hargreaves, Makkink, Turc, Blaney-Cridlle and Penman. If ordered based on the ranking of the evaluation results, the method that is closest to the Penman - Monteith method is Hargreaves, because of all the evaluation variabels Hargreaves has the best evaluation value. While the closest model based on the best R<sup>2</sup> value is the Jensen-Haise model, but the error value of this model is very high.*

*Keywords: Evapotranspiration, Method, Penman - Monteith, Regression.*

### **PENDAHULUAN**

Metode pendugaan laju evapotranspirasi saat ini bisa ditentukan oleh berbagai macam model evapotraspirasi (Runtunuwu et al, 2008), sehingga dalam menentukan pendugaan laju evapotraspirasi membutuhkan metode yang tepat dan sesuai terhadap data yang didapatkan dengan melakukan sebuah evaluasi terhadap metode perhitungan komponen hidrologi, khususnya laju evapotranspirasi. Adanya evaluasi metode laju evapotraspirasi ini diharapkan bisa menjadi pertimbangan dalam penentuan penggunaan alat pengukuran yang menjadi prioritas utama untuk tingkat akurasi yang baik.

Berengena dan Gavilan (2005) menguji berbagai metode pengukuran laju evapotranspirasi yang telah dilakukan sebelumnya 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, yang diikuti dengan metode 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, sedangkan Fibriana et al. (2018) metode FAO 56 di Indonesia sangat dipengaruhi faktor suhu, radiasi matahari, dan kecepatan angin. Hal ini diperkuat oleh Saidah et al. (2020) dimana metode FAO 56 digunakan sebagai kalibrasi terhadap persamaan Thornthwaite dan Evaporasi Panci untuk wilayah terbatas di Indonesia.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan sebelumnya yang sudah di jelaskan pada paragraf di atas, metode Penman-Monteith rekomendasi FAO 56 adalah metode yang memiliki hasil terbaik (Berengena dan Gavilan 2005; Steduto et al. 2003; Temesgen et al. 2005; Fibriana et al. 2018; dan saidah et al. 2020) dalam menentukan laju evapotranspirasi, sehingga melalui pertimbangan itu maka evaluasi dalam pendugaan laju evapotranspirasi akan di evaluasi dengan metode Penman – Monteith.

Suprayogi, et al. (2003) juga pernah melakukan mengkajian data iklim di Sub DAS Ciriung Kabupaten Serang, yang luasnya sekitar 118,01 ha dengan tujuh model evapotranspirasi potensial untuk mendapatkan model yang efisien dan sederhana, yaitu Penman-Monteith, Penman, Jensen-Haise, Hargreaves, Radiasi, Turc, dan Makkink. Hasil yang didapatkan model evapotranspirasi sederhana hanya membutuhkan dua parameter data iklim seperti model Turc, Hargreaves, dan Model Jensen-Haise, sedangkan model Penman-Monteith membutuhkan minimal enam data parameter.

Kebutuhan data laju evapotranspirasi sangat dibutuhkan dalam banyak hal, bersarkan penempatan stasiun klimatologi BMKG masih memiliki keterbatasan di beberapa titik penempatan ([dataonline.bmkg.go.id](http://dataonline.bmkg.go.id)), khususnya wilayah Aceh dimana bagian tengah wilayah aceh masih belum memiliki stasiun klimatologi, sehingga jika ingin mengetahui laju evapotranspirasi dengan metode Penman – Monteith FAO 56 membutuhkan minimal enam alat pengukur parameter iklim (Suprayogi, et al. 2003) di wilayah tengah Aceh seperti Aceh Tengah, Bener Meriah, Dan Gayo Lues, jika adanya evaluasi model – model yang paling korelasi dengan model Penman – Monteith, maka untuk mendapatkan data laju evapotranspirasi bisa hanya dengan menggunakan alat pengukur iklim yang lebih sedikit sebagai parameter iklim dalam penentuan laju evapotranspirasi.

Adapun stasiun klimatologi BMKG yang paling mendekati wilayah tengah Aceh yaitu stasiun klimatologi Cut Nyak Dien yang berada di Kabupaten Nagan Raya Aceh ([dataonline.bmkg.go.id](http://dataonline.bmkg.go.id)), sehingga dengan adanya evaluasi dari data klimatologi Cut Nyak Dien ini dapat membantu pendekatan yang lebih akurat terhadap iklim di wilayah tengah Aceh seperti Aceh Tengah, Bener Meriah, dan Gayo Lues.

## METODOLOGI

Evaluasi metode laju evapotranspirasi standar ini menggunakan beberapa persamaan model evapotranspirasi, diantaranya model Blaney Criddle, Linacre, Kharrufa, Romanenko, Hargreaves, Makkink, Turc, Jensen-Haise, Penman, Penman-Monteith. Persamaan dari setiap model-model tersebut

dibahasakan kedalam bahasa program visual basic, sehingga menjadi sebuah model didalam software Microsoft Excel. Adapun data yang digunakan adalah data dari stasiun klimatologi Cut Nyak Dien (4.05 LS - 96.25 BT) Kabupaten Nagan Raya Aceh.

Data-data iklim (2010-2019) yang digunakan adalah data harian dari suhu maksimum dan minimum udara, kelembaban udara, kecepatan angin, lama penyinaran dan data hujan dari stasiun klimatologi Cut Nyak Dien Kabupaten Nagan Raya Aceh. Persamaan Motode Pendugaan Evapotranspirasi yang digunakan diantaranya sebagai berikut:

1. Blaney H.F., dan W. D. Criddle. (1962):

$$ET_p = p (0.457 \cdot T_a + 8.128) \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- $ET_p$  = Evapotranspirasi Potensial  $\left(\frac{mm}{hari}\right)$
- p = Mean daily percentage of total annual daytime hours
- $T_a$  = Suhu Rata -rata °C

2. Linacre, E. and Hoobs, J. (1977):

$$ET_o = \frac{\left(\frac{500 T_{mx}}{100-L}\right) + 15(T_a - T_{mn})}{80 - T_a} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- $ET_p$  = Evapotranspirasi Potensial  $\left(\frac{mm}{hari}\right)$
- L = Latitude
- $T_{mx}$  = Suhu Maksimum °C
- $T_{mn}$  = Suhu Minimum °C
- $T_a$  = Suhu Rata – rata °C

3. Kharrufa, N. (1985):

$$ET = 0.34 \cdot p T_a^{1.3} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- $ET_p$  = Evapotranspirasi Potensial  $\left(\frac{mm}{hari}\right)$
- p = Mean daily percentage of total annual daytime hours
- $T_a$  = Suhu Rata -rata °C

4. Romanenko V. A. (1961):

$$ET = 0.0018 (25 + T_a)^2 (100 - RH) \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- $ET_p$  = Evapotranspirasi Potensial  $\left(\frac{mm}{hari}\right)$
- RH = Kelembaban Udara (%)
- $T_a$  = Suhu Rata -rata °C

5. Hargreaves, G. H. (1982):

$$ET_p = K \sqrt{T_{mx} - T_{mn}} (T_a + 18.8) Ra(L, J) \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

- $ET_p$  = Evapotranspirasi Potensial  $\left(\frac{mm}{hari}\right)$
- K = 0.000939
- $T_{mx}$  = Suhu Maksimum °C
- $T_{mn}$  = Suhu Minimum °C
- $T_a$  = Suhu Rata – rata °C
- Ra = Radiation on top of the atmosfer  $\left(\frac{MJ}{m^2/hari}\right)$

6. Makkink, G. F. (Capece et.al. 2002):

$$ET = 0.61 \frac{\Delta \cdot R_s}{\Delta + \gamma \alpha} - 0.12 \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

- $ET_p$  = Evapotranspirasi Potensial  $\left(\frac{mm}{hari}\right)$

$\Delta$  = Slope Vapor Pressure curve  $\left(\frac{kPa}{^{\circ}C}\right)$   
 $\gamma$  = Psychometric Constant  $\left(\frac{kPa}{^{\circ}C}\right)$

7. Turc, L. (Capece et.al. 2002):  
 Saat RH di bawah 50% rumus yang digunakan:

$$ET = 0.013 \frac{T_a}{T_a+15} (R_s + 50) \dots \dots \dots (7)$$

Saat RH di atas 50% rumus yang digunakan:

$$ET = 0.013 \frac{T_a}{T_a+15} (R_s + 50) \left(1 + \frac{50-RH}{70}\right) \dots (8)$$

Keterangan:

$ET_p$  = Evapotranspirasi Potensial  $\left(\frac{mm}{hari}\right)$   
 $R_s$  = Radiasi Matahari  $\left(\frac{MJ}{m^2/hari}\right)$   
 $T_a$  = Suhu Rata – rata  $^{\circ}C$   
 $RH$  = Kelembaban Udara (%)

8. Jensen, M.E. and H.R, Haise. (1963):

$$ET_p = C_t(T_a - T_x)R_s \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan:

$C_t$  = Koefisien Temperature  
 $T_a$  = Suhu Rata – rata  $^{\circ}C$   
 $T_x$  =  $-2.5 - 0.14 (e_2 - e_1) - \frac{E}{550}$   
 $E$  = Elevasi  
 $R_s$  = Radiasi Matahari  $\left(\frac{MJ}{m^2/hari}\right)$

9. Penman (Doorenbos dan Pruitt. 1997):

$$ET_o = c[W_x R_n + (1 - W)f(u)(ea - ed)] \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan:

$ET_o$  = Evapotranspirasi Potensial  $\left(\frac{mm}{hari}\right)$   
 $W$  = Faktor pemberat yang berkaitan dengan suhu  
 $R_n$  = Radiasi netto ekuivalen evaporasi  $\left(\frac{MJ}{m^2/hari}\right)$   
 $f(u)$  = fungsi yang berkaitan dengan angin  
 $(ea-ed)$  = Perbedaan antara tekanan uap jenuh pada suhu udara rata – rata dengan tekanan uap aktual  
 $c$  = Faktor Koreksi

10. Penman-Monteith (Capece et.al. 2002):

$$ET_o = \frac{0.408 \cdot \Delta (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T_{mean} + 273}\right) u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)} \dots \dots \dots (11)$$

$ET_o$  = Evapotranspirasi Potensial  $\left(\frac{mm}{hari}\right)$   
 $\Delta$  = Slope Vapor Pressure curve  $\left(\frac{kPa}{^{\circ}C}\right)$   
 $R_n$  = Radiasi netto ekuivalen evaporasi  $\left(\frac{MJ}{m^2/hari}\right)$   
 $\gamma$  = Psychometric Constant  $\left(\frac{kPa}{^{\circ}C}\right)$   
 $(es-ea)$  = Perbedaan antara tekanan uap jenuh pada suhu udara rata – rata dengan tekanan uap actual  
 $u$  = Kecepatan angin  $\left(\frac{m}{detik}\right)$

Masing-masing dari nilai laju evapotranspirasi akan di bandingkan (dievaluasi) dengan metode Penman – Monteith, seperti kita ketahui bahwa metode pendugaan yang direkomendasi oleh FAO- adalah Penman-Monteith. Evaluasi juga dinilai berdasarkan R<sup>2</sup>, RMSE (Root Mean Squared Error),

MAE (*Mean Absolute Error*), COVARIANCE, dan LOG sebagai parameter evaluasi. Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$R^2 = 1 - \left[ \frac{\sum(ETpai - ETpmi)^2}{\sum(ETpai - ETpa)^2} \right]$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (ETpai - ETpmi)^2}$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |ETpai - ETpmi|$$

$$COV = \frac{\sum(Xi - Xa)(Yi - Ya)}{n - 1}$$

$$LOG = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\log ETpai - \log ETpmi)^2}$$

Kemudian berdasarkan parameter evaluasi tersebut dilakukan pembobotan yang penulis rumuskan sebagai berikut:

$$Overall = An \times \frac{1}{Bn}$$

Keterangan:

- An = nilai yang semakin tinggi nilai nya maka semakin baik
- Bn = nilai yang semakin rendah nilai nya semakin baik semakin baik

Maka didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$Overall = \left( \frac{R^2 + R_{intercept}^2}{2} \right) \times \frac{1}{RMSE + MAE + COV + LOG}$$

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Data pendugaan laju evapotranspirasi yang dihasilkan dari masing – masing metode memiliki nilai berbeda, namun dari beberapa metode juga memiliki hasil yang mendekati. Adapun hasil perhitungan laju evapotraspirasi harian dalam satu bulan dapat dilihat pada Tabel 1. Pada data tersebut metode yang paling mendekati adalah metode Hargreaves, Makkink, Turc, Penman dan Blaney-Cridlle. Hasil evaluasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil evaluasi dilakukan berdasarkan beberapa khusus yaitu berdasarkan konsistensi hasil data di priode tahun tertentu, serta evaluasi ditahun kering dan tahun basah. Gambar-gambar berikut merupakan hasil dari pendugaan laju evapotraspirasi yang telah di evaluasi antara model - model dengan metode Penman – Monteith.

Tabel 1. Laju Evapotranspirasi Januari 2019

J	ET <sub>o</sub> (mm/hari)									
	Blaney-Cridlle	Linacre	Kharrufa	Romanenko	Hargreaves	Makkink	Turc	Jensen-Haise	Penman	Penman-Monteith
1	5.2	3.5	6.7	5.3	4.4	3.2	3.3	8.6	2.9	4.1
2	5.2	3.7	6.8	5.3	4.4	4.9	4.7	12.9	4.6	5.4
3	5.3	3.7	7.0	6.4	4.5	4.4	4.3	11.5	4.1	5.0
4	5.1	3.6	6.5	6.6	4.6	5.5	5.2	15.7	5.4	6.1
5	5.2	3.9	6.9	5.9	4.7	4.9	4.7	13.5	4.6	5.7
6	5.3	3.9	7.0	7.9	4.7	5.3	5.1	14.2	4.9	6.2
7	5.2	4.2	6.9	5.4	4.8	4.8	4.6	14.0	4.4	5.4
8	5.3	3.7	7.0	6.4	4.4	4.4	4.3	11.4	4.0	5.0
9	5.3	3.8	7.2	6.6	4.5	4.0	4.0	10.4	3.6	5.0
10	5.3	3.5	7.0	5.5	3.8	4.9	4.8	12.1	4.5	5.0
11	5.2	3.6	6.7	2.9	4.0	4.2	4.1	11.2	3.9	4.4
12	5.1	3.2	6.5	2.8	4.1	3.7	3.7	9.4	3.4	4.3
13	5.2	4.2	6.8	4.8	4.8	3.8	3.8	12.1	3.5	5.0
14	5.2	3.5	6.9	4.9	4.1	5.4	5.2	13.8	5.1	5.6
15	5.2	3.3	6.8	5.3	4.1	4.3	4.2	10.7	4.0	4.9
16	5.2	3.4	6.8	5.8	3.9	2.0	2.3	5.3	1.7	3.1
17	5.2	3.6	6.9	5.9	4.3	3.1	3.2	8.2	2.8	4.3
18	5.2	3.5	6.9	4.9	4.0	5.4	5.2	13.8	5.2	5.4
19	5.3	4.2	7.0	5.9	4.8	2.8	2.9	8.4	2.4	4.3
20	5.0	2.6	6.2	1.8	3.3	3.9	3.8	9.1	3.6	4.1
21	4.9	2.4	5.9	1.7	3.5	2.0	2.2	5.0	1.8	3.0
22	5.2	3.9	6.8	9.1	4.7	2.2	2.4	6.6	2.0	3.6
23	5.2	4.0	6.9	4.4	4.9	5.3	5.1	15.4	5.0	5.9
24	5.3	3.7	7.0	5.4	4.4	5.2	5.1	13.6	4.9	5.7
25	5.2	3.4	6.8	5.8	4.3	4.9	4.8	12.7	4.7	5.3
26	5.3	3.8	7.1	6.5	4.3	4.2	4.2	11.1	3.9	4.7
27	5.2	3.2	6.7	2.4	4.1	3.6	3.6	9.1	3.3	4.2
28	5.3	3.8	7.0	8.4	4.5	2.3	2.5	6.4	2.0	3.8
29	5.2	3.5	6.8	6.3	4.2	3.2	3.3	8.5	2.9	4.2
30	5.3	3.7	7.0	5.9	4.4	4.6	4.5	12.1	4.3	5.2
31	5.3	3.8	7.1	7.0	4.2	4.7	4.7	12.5	4.5	5.0

Manik, et al. (2012) rendahnya kualitas data dapat disebabkan beberapa faktor seperti kurang telitinya pengamat, kurang terpeliharanya instrumen pengamatan atau kurang terpeliharanya lingkungan sekitar stasiun atau karena beragamnya unsur-unsur iklim yang saling mempengaruhi laju

evapotranspirasi. Adanya pemilihan metode yang dapat menjadi pembanding hasil pengamatan sebagai evaluasi kesalahan maka kesalahan-kesalahan tersebut dapat diminimalisir dengan data hasil evaluasi dengan mempertimbangkan variabel data yang didapatkan.

Tabel 2. Nilai R<sup>2</sup> antara Model – model dengan Model Penman – Monteith di Hujan 4200 – 4600 mm/tahun

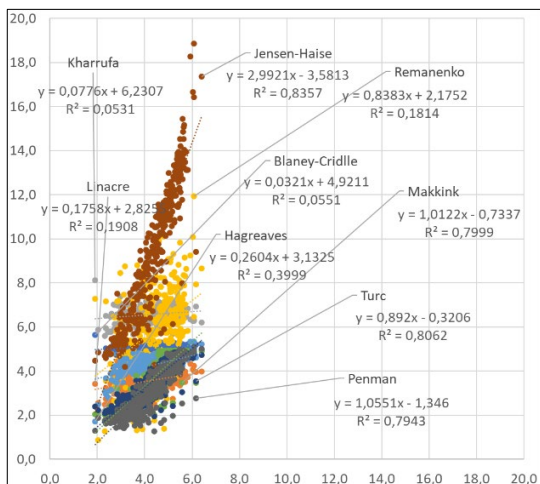
YY	Blaney-Cridlle	Linacre	Kharrufa	Romanenko	Hargreaves	Makkink	Turc	Jensen-Haise	Penman
2014	0,055	0,191	0,053	0,181	0,400	0,800	0,806	0,836	0,794
2015	0,061	0,103	0,050	0,085	0,199	0,801	0,812	0,843	0,789
2016	0,214	0,266	0,254	0,124	0,303	0,789	0,804	0,881	0,776
2017	0,081	0,177	0,074	0,117	0,235	0,762	0,754	0,801	0,708
2018	0,153	0,216	0,165	0,074	0,314	0,740	0,760	0,829	0,727

Nilai R<sup>2</sup> menunjukkan pengaruh variabel terikat terhadap variabel bebas

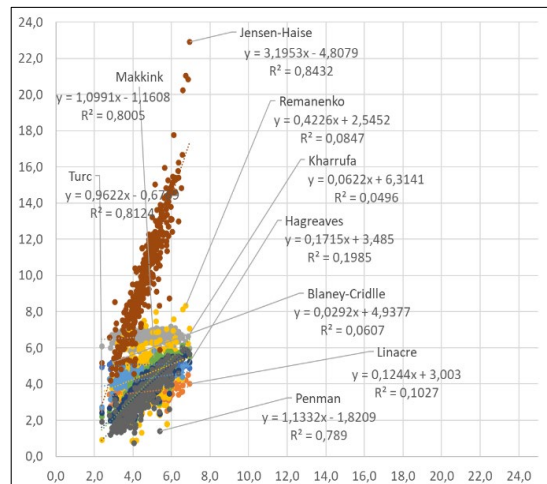
yang di pengaruhi oleh nilai “a” pada persamaan linier  $y = a + bx$  dimana nilai

$R^2$  yang mendekati 1 yaitu pada model Makkink, Turc, Jensen- Haise, dan Penman. Adapun curah hujan rata – rata di stasiun Cut Nyak Dien Kabupaten Nagan Raya Aceh yaitu 4200 mm/tahun,

sehingga nilai  $y = a + bx$  kita dapat lihat pada gambar 1 – 2, dimana hujan dengan curah hujan rata – rata 4200 mm/tahun ini terjadi di tahun 2014, 2015, dan 2017.



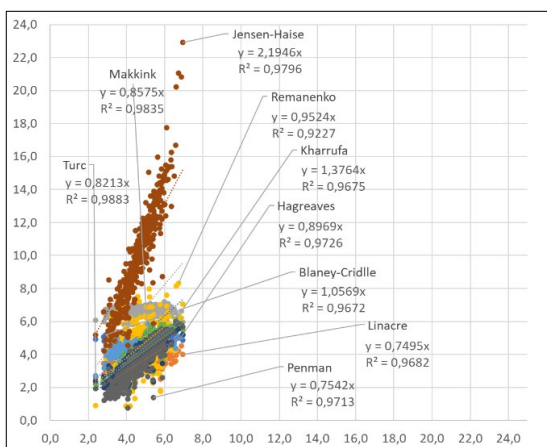
Gambar 1. Axis X Data Penman-Monteith Axis Y Data Model Tahun 2014 (mm/hari)



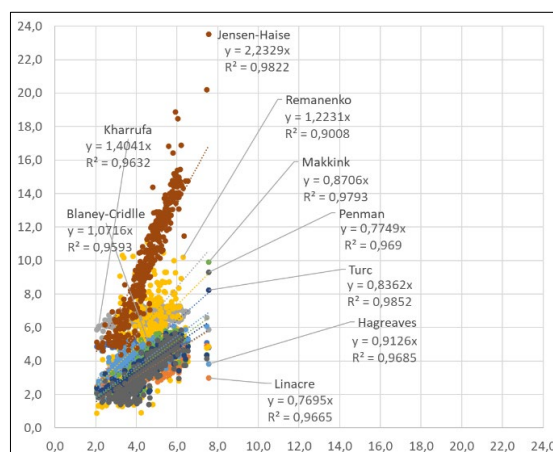
Gambar 2. Axis X Data Penman-Monteith –Axis Y Data Model Tahun 2015 (mm/hari)

Dari gambar 1 dan 2 kita dapat melihat nilai “a” dan “b” pada nilai  $y = a + bx$  yang mempengaruhi  $R^2$  dari masing – masing model, disini nilai “a” sangat mempengaruhi nilai dari regresi antara model – model dan model penman – monteith. Jika kita melakukan *set intercept* dengan nilai (x,y) dengan nilai (0,0), maka nilai “a” diabaikan atau sama dengan 0, maka pengaruh data antara x dan y tidak dipengaruhi oleh nilai “a”, sehingga hubungan antara data model – model dengan model penman – monteith hanya berpengaruh antara sesama data model.

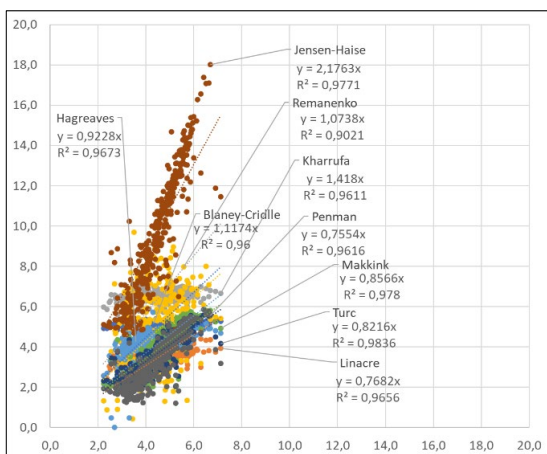
Jika nilai  $R^2$  memiliki *intercept* (x,y) adalah (0,0) maka didapatkan nilai dari  $R^2$  yang lebih baik, karena regresi hanya bersarkan nilai antara x dan y. Kita dapat melihat nilai berikut pada gambar 3-6 dimana  $R^2$  pada model dengan *intercept* 0,0 di tahun 2015 – 2018 yang memiliki nilai konstan. Data  $R^2$  dengan *set intercept* (0,0) dapat kita lihat pada tabel 3 yang dimana keseragaman regresi lebih baik jika hubungan antar model tidak dipengaruhi oleh nilai lain pada  $y = a + bx$ .



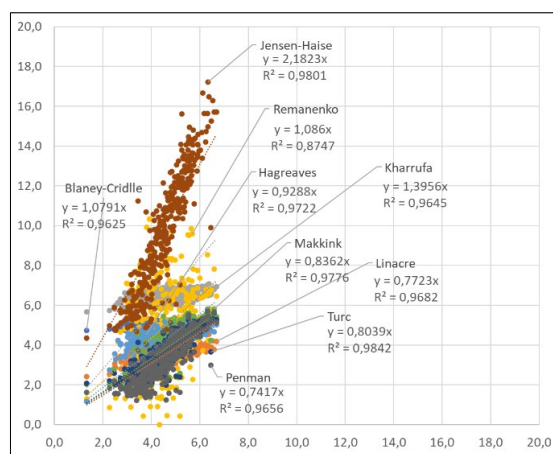
Gambar 3. Axis X Data Penman-Monteith – Axis Y Data Model Tahun 2015 (mm/hari) set intercept (0,0)



Gambar 4. Axis X Data Penman-Monteith – Axis Y Data Model Tahun 2016 (mm/hari) set intercept (0,0)



Gambar 5. Axis X Data Penman-Monteith – Axis Y Data Model Tahun 2017 (mm/hari) set intercept (0,0)



Gambar 6. Axis X Data Penman-Monteith – Axis Y Data Model Tahun 2018 (mm/hari) set intercept (0,0)

Tabel 3. Nilai R2 antara Model – model dengan Model Penman – Monteith di Hujan 4200 mm/tahun set intercept (0,0)

YY	Blaney-Cridlle	Linacre	Kharrufa	Romanenko	Hargreaves	Makkink	Turc	Jensen-Haise	Penman
2015	0,967	0,968	0,967	0,922	0,972	0,983	0,988	0,979	0,971
2016	0,959	0,966	0,963	0,901	0,968	0,979	0,985	0,982	0,969
2017	0,960	0,965	0,961	0,902	0,967	0,978	0,983	0,977	0,961
2018	0,962	0,968	0,964	0,874	0,972	0,977	0,984	0,980	0,965

Data harian dari masing-masing variabel pada waktu 10 tahun (2010 – 2019) telah di olah dengan pemodelan pada *software Microsoft Excel* dengan bahasa program *visual basic*. Hasil yang didapatkan dari setiap metode -metode

yang memiliki nilai R<sup>2</sup> yang paling tinggi yaitu Makkink, Turc, Jensen-Haise, dan Penman (pada tabel 2), sedangkan R<sup>2</sup> dengan *set intercept* (0,0) model yang memiliki nilai paling tinggi yaitu model Hargreaves, Makkink, Turc,



Jensen-Haise, dan Penman (pada tabel 3).

Setelah mengetahui nilai  $R^2$  dari masing-masing metode maka diketahui bahwa metode Hargreaves, Makkink, Turc, Jensen-Haise, dan Penman memiliki pengaruh besar terhadap metode Penman-Monteith, akan tetapi disini penulis juga melakukan pengambilan data perbandingan lain yaitu nilai RMSE, MAE, COVARIANCE, dan LOG sebagai nilai penentuan model yang paling mendekati

dengan Panman - Monteith rekomendasi FAO.

Data RMSE dan MAE yang mendekati nilai 0 adalah data yang memiliki peluang kesalahan terkecil dengan akurasi yang baik. Adapun metode yang memiliki nilai error mendekati 0 dapat kita lihat pada tabel 4 dan 5. Pada tabel menunjukkan bahwa model yang mendekati penman – monteith adalah model yang memiliki nilai RMSE dan MAE terkecil.

Tabel 4. Nilai RMSE antara Model – model dengan Model Penman – Monteith di Hujan 4200 mm/tahun

YY	Blaney-Cridlle	Linacre	Kharrufa	Romanenko	Hargreaves	Makkink	Turc	Jensen-Haise	Penman
2015	0,957	1,346	2,140	1,321	0,862	0,853	0,944	5,835	1,312
2016	1,081	1,261	2,273	2,157	0,867	0,843	0,900	5,901	1,231
2017	1,165	1,242	2,298	1,641	0,846	0,875	0,943	5,552	1,305
2018	1,042	1,226	2,191	1,925	0,791	0,949	1,013	5,605	1,347

Tabel 5. Nilai MAE antara Model – model dengan Model Penman – Monteith di Hujan 4200 mm/tahun

YY	Blaney-Cridlle	Linacre	Kharrufa	Romanenko	Hargreaves	Makkink	Turc	Jensen-Haise	Penman
2015	0,050	0,070	0,112	0,069	0,045	0,045	0,049	0,305	0,069
2016	0,057	0,066	0,119	0,113	0,045	0,044	0,047	0,309	0,064
2017	0,061	0,065	0,120	0,086	0,044	0,046	0,049	0,291	0,068
2018	0,055	0,064	0,115	0,101	0,041	0,050	0,053	0,293	0,071

Berdasarkan evaluasi nilai RMSE dan MAE metode yang paling baik yaitu metode Hargreaves, Makkink, Turc, Blaney-Cridlle dan Penman. Melalui evaluasi ini kita juga dapat menyimpulkan bahwa setiap metode juga memiliki kekurangan dan kelebihan seperti

metode Jensen-Haise. Metode Jensen-Haise memiliki nilai  $R^2$  terbaik, tetapi memiliki nilai error yang tinggi. Selanjutnya evaluasi yang kita lakukan berdasarkan nilai *COVARIANCE* dan *LOG* dapat kita lihat pada tabel 6 dan 7.

Tabel 6. Nilai *COVARIANCE* antara Model – model dengan Model Penman – Monteith di Hujan 4200 mm/tahun

YY	Blaney-Cridlle	Linacre	Kharrufa	Romanenko	Hargreaves	Makkink	Turc	Jensen-Haise	Penman
2015	0,022	0,095	0,048	0,323	0,131	0,840	0,736	2,443	0,866
2016	0,062	0,241	0,173	0,675	0,275	1,056	0,931	3,009	1,052
2017	0,023	0,139	0,064	0,523	0,248	0,914	0,775	2,507	0,905
2018	0,040	0,161	0,100	0,474	0,240	0,865	0,757	2,512	0,878

Tabel 7. Nilai LOG antara Model – model dengan Model Penman – Monteith di Hujan 4200 mm/tahun

YY	Blaney-Cridlle	Linacre	Kharrufa	Romanenko	Hargreaves	Makkink	Turc	Jensen-Haise	Penman
2015	0,095	0,134	0,180	0,151	0,080	0,105	0,109	0,329	0,177
2016	0,113	0,125	0,198	0,182	0,084	0,106	0,106	0,335	0,166
2017	0,120	0,126	0,201	0,168	0,122	0,113	0,113	0,327	0,182
2018	0,109	0,124	0,192	0,195	0,077	0,120	0,121	0,328	0,185

Adapun evaluasi ini dilakukan pada data stasiun klimatologi Cut Nyak Dien Kabupaten Nagan Raya Aceh yang memiliki iklim tropis, maka kita dapat dikatakan secara garis besar bahwa metode – metode terbaik yang dapat digunakan di iklim tropis khususnya wilayah Aceh selain metode yang direkomendasi oleh FAO (Metode Penman – Monteith) adalah metode Hargreaves, Makkink, Turc, Blaney-Cridlle dan Penman. Jika diurutkan berdasarkan ranking hasil evaluasi maka metode yang paling mendekati dengan metode Penman – Monteith yaitu Hargreaves, karena dari semua variabel evaluasi Hargreaves memiliki nilai evaluasi terbaik.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Karo (2020) di Desa Semangat Kecamatan Merdeka, Kabupaten Karo, Sumatra Utara hasil laju evapotranspirasi menggunakan metode Hargreaves sebaran data yang didapatkan tidak seragam, sehingga regresi data yang tidak dilakukan *set intercept* memiliki nilai rendah, akan tetapi pada penelitian yang dilakukan Suprayogi, et al. (2003), metode Hargreaves sangat baik digunakan pada daerah aliran sungai, sebagai prediksi peluang kehilangan air, karena faktor yang ditekankan pada penelitian tersebut adalah variabel temperatur udara dan radiasi matahari. Hal ini menunjukkan kesamaan pada

pemodelan yang dilakukan oleh penulis saat ini.

Penggunaan metode pendugaan laju evapotranspirasi sangat bergantung pada data yang didapatkan, dimana banyak sekali wilayah yang tidak memiliki stasiun klimatologi BMKG dari luasnya wilayah suatu daerah, ini dapat kita lihat pada peta stasiun klimatologi BNKG ([dataonline.bmkg.go.id](http://dataonline.bmkg.go.id)) terkadang banyak sekali faktor kejadian yang tidak dapat mewakili variabel data, sehingga kita perlu melakukan pengukuran di wilayah tersebut. Akan tetapi dengan keterbatasan alat pengukuran kita perlu suatu metode yang sesuai dengan alat yang digunakan.

Prediksi nilai laju evapotranspirasi dalam suatu wilayah harus kita lakukan dengan sebaik mungkin agar kesalahan pengambilan keputusan dari hasil pendugaan laju evapotranspirasi tidak terjadi (Manik, et al. 2012). Hasil pendugaan laju evapotranspirasi adalah suatu hal yang harus digaris bawahi sebagai hal yang penting. Hal ini terkait kerugian yang bisa ditimbulkan akibat kesalahan didalam prediksi nilai dari laju evapotranspirasi. Sehingga disini kita juga akan melakukan evaluasi pada kondisi ekstrem seperti pada musim panas dan hujan tinggi. Hasil evaluasi dapat dilihat pada tabel 8 dan 9.

Tabel 8. Evaluasi antara Model – model dengan Model Penman – Monteith di Tahun Kering (2019)

	Blaney-Cridlle	Linacre	Kharrufa	Romanenko	Hargreaves	Makkink	Turc	Jensen-Haise	Penman
R2	0,171	0,209	0,191	0,051	0,254	0,735	0,752	0,830	0,695
MAE	0,048	0,070	0,111	0,116	0,043	0,045	0,050	0,312	0,067
COV	0,038	0,143	0,100	0,371	0,182	0,761	0,675	2,198	0,762
RMSE	0,920	1,332	2,121	2,218	0,831	0,864	0,955	5,961	1,288
LOG	0,091	0,132	0,177	0,177	0,078	0,101	0,106	0,338	0,164

Tabel 9. Evaluasi antara Model – model dengan Model Penman – Monteith di Tahun Basah (2010)

	Blaney-Cridlle	Linacre	Kharrufa	Romanenko	Hargreaves	Makkink	Turc	Jensen-Haise	Penman
R2	0,085	0,223	0,150	0,129	0,303	0,583	0,570	0,607	0,477
MAE	0,068	0,051	0,130	0,138	0,051	0,065	0,067	0,302	0,087
COV	0,035	0,203	0,120	0,702	0,201	0,788	0,671	2,445	0,708
RMSE	1,290	0,983	2,492	2,631	0,978	1,242	1,275	5,764	1,658
LOG	0,150	0,111	0,233	0,217	0,119	0,152	0,151	0,357	0,222

Pada kondisi ekstrem model Hargreaves, Makkink, Turc, dan Penman masih konsisten dengan hasil yang baik. Hasil model Hargreaves di saat tahun kering dengan hujan 3530 mm/tahun memiliki nilai MAE, RMSE, COV, dan LOG terbaik yaitu 0,043; 0,182; 0,831; dan 0,078. Sedangkan di musim hujan dengan hujan 5015 mm/tahun yaitu 0,051; 0,201; 0,978; dan 0,119.

Kita dapat melihat dari sepuluh metode pendugaan laju evapotraspirasi dengan data dan alat pengukuran yang sama tidak sepenuhnya memiliki nilai yang sama, bahkan memiliki nilai yang

beragaman di setiap waktunya, hal ini menunjukkan setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangannya masing – masing, sehingga peneliti harus cermat didalam mengambil keputusan didalam penggunaan suatu metode pendugaan laju evapotranspirasi.

Pembuktian dari hasil model yang telah dievaluasi tersebut dapat dilihat pada kondisi normal di tabel 10 dan kondisi ekstrem pada tabel 11. Disana telah terdapat hasil dari pembobotan keseluruhan variabel yang menjadi parameter evaluasi.

Tabel 10. Overall antara Model – model dengan Model Penman – Monteith di Hujan 4200 mm/tahun

YY	Blaney-Cridlle	Linacre	Kharrufa	Romanenko	Hargreaves	Makkink	Turc	Jensen-Haise	Penman
2015	0,457	0,325	0,205	0,270	0,523	0,484	0,490	0,102	0,363
2016	0,447	0,364	0,220	0,164	0,500	0,431	0,451	0,098	0,347
2017	0,380	0,364	0,193	0,211	0,477	0,447	0,462	0,102	0,339
2018	0,448	0,376	0,217	0,176	0,559	0,433	0,449	0,104	0,341

Tabel 11. Overall antara Model – model dengan Model Penman – Monteith di Kondisi Ekstrem

YY	Blaney-Cridlle	Linacre	Kharrufa	Romanenko	Hargreaves	Makkink	Turc	Jensen-Haise	Penman
Kering	0,520	0,353	0,232	0,165	0,542	0,485	0,487	0,106	0,365
Basah	0,334	0,437	0,185	0,141	0,467	0,345	0,356	0,091	0,266

Pada hasil perhitungan *Overall* dari variabel evaluasi model didapatkan nilai pembobotan terbaik yaitu model Hargreaves, Makkink, Turc, dan Blaney-Cridlle. Melalui model evaluasi yang dilakukan oleh penulis model terbaik yang mendekati model Penman – Monteith adalah Model Hargreaves.

Berdasarkan data yang saya peroleh dari hasil evaluasi, maka setiap wilayah dengan iklim yang berbeda seperti wilayah tropis, subtropis, sedang, dan dingin pasti memiliki kecocokan tertentu didalam pendugaan laju evapotraspirasi yang ada saat ini, bahkan didalam wilayah yang miliki iklim yang sama juga masih perlu pertimbangan, khusus didalam penentuan metode pendugaan laju evapotraspirasi. Hal ini disebabkan faktor variabel dari setiap metode pendugaan laju evapotranspirasi tersebut.

### KESIMPULAN

Model-model yang paling mendekati model penman – monteith untuk studi khusus data klimatologi Cut Nyak Dien Kabupaten Nagan Raya Aceh dengan pertimbangan evaluasi nilai  $R^2$ , RMSE, MAE, *COVARIANCE*, dan *LOG* adalah model Hargreaves, Makkink, Turc, Blaney-Cridlle dan Penman. Jika diurutkan berdasarkan ranking hasil evaluasi, maka hasil perhitungan yang paling mendekati dengan model Penman – Monteith yaitu model Hargreaves, karena dari semua variabel evaluasi model Hargreaves memiliki nilai evaluasi terbaik dalam menentukan laju evapotranspirasi yang mendekati Penman - Monteith.

### DAFTAR PUSTAKA

- Berengena, J dan P. Gavilan. 2005. Reference Evapotranspiration Estimation in a Highly Advective Semiarid Environment. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 131(2):147 – 163
- Blaney H.F., dan W. D. Criddle. 1962. Determining Consumptive Use and Irrigation Water Requirements. U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
- [BMKG]  
<http://www.dataonline.bmkg.go.id>  
 (diakses 2020)
- Cepece J.C, Catteneo D, Lim Y.S, Rodriguez E.E, Upham L, Campbel K.L.2002. Comparison of Evapotranspiration Estimation Methods.
- Doorenbos J dan Pruitt W.O. 1977. Guideline for Predicting Crop Water Requirement. FAO. Rome.144 p
- Fibriana, R, Ginting, Y.S, Ferdiansyah, E, Mubarak, S. 2018. Analisis Besar Atau Laju Evapotranspirasi pada Daerah Terbuka. *Agrotekma*, 2 (2): 130 - 137
- Hargreaves, G. H. 1982. Estimation of potential evapotranspiration. *Journal of Irrigation and Drainage Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers* 108: 223-230
- Karo, V.B. Riska. 2020. Kajian Beberapa Metode Perhitungan Nilai Evapotranspirasi Potensial (Studi Kasus Desa Semangat

- Kecamatan Merdeka Kabupaten Karo). Program Studi Keteknikan Pertanian. Universitas Sumatra Utara.
- Kharrufa, N. 1985. Simplified equation for evapotranspiration in arid regions. *Beiträge Hydrol* 5: 39–47
- Manik, T K., R. B. Rosadi dan A. Karyanto. 2012. Evaluasi Metode Penman-Monteith dalam Menduga Laju Evapotranspirasi Standar (ET0) di Dataran Rendah Propinsi Lampung, Indonesia. *Jurnal Keteknikan Pertanian*. 26 (2): 121 – 128
- Romanenko, V. A. 1961. Computation of the autumn soil moisture using a universal relationship for a large area. *Proc. Ukrainian Hydrometeorological Res. Inst. (Kiev)* 3
- Runtuuwu, E, Syahbuddin, H, dan Pramudia, A. 2008. Validasi Model Pendugaan Evapotranspirasi: Upaya Melengkapi Sistem Database Iklim Nasional. *Jurnal Tanah Dan Iklim* 27: 1-8
- Suprayogi, S, Setiawan I.B., dan Prasetyo, L.B. 2003. Penerapan Beberapa Model Evapotranspirasi Di Daerah Tropika. *Buletin Keteknikan Pertanian*. 17 (2): 7-13.
- Saidah, H, Sulistyono, H, Budianto, M. B. 2020. Kalibrasi Persamaan Thornthwaite dan Evaporasi Panci Untuk Memprediksi Evapotranspirasi Potensial Pada Daerah Dengan Data Cuaca Terbatas. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan* 6 (1): 72-84
- Steduto, P., M. Todorovic, A. Caliandro, dan P. Rubino. 2003. Daily Reference Evapotranspiration Estimates by The Penman-Monteith Equation in Southern Italy. Constant Vs. Variabel Canopy Resistance. *Theor. Appl. Climatol.* 74: 217–225
- Temesken, B., S. Eching, B. Davidoff dan K. Frame. 2005. Comparison of Some Reference Evapotranspiration Equations for California. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 131 (1):73-84

