

Pemanfaatan Koreksi Bias Data Hujan Satelit pada Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus Daerah Irigasi Pandanduri Suwangi)

Darujati Gading Prakoso¹, Heri Sulistiyono², Ery Setiawan³

^{1,2,3}Universitas Mataram

e-mail: darujatigading@gmail.com

Abstrak

Informasi tentang prakiraan cuaca yang cepat dan tepat menjadi suatu hal yang penting. Layanan informasi iklim seperti prakiraan curah hujan dengan rentan prakiraan beberapa bulan kedepan, atau dikenal sebagai prediksi musim, menjadi hal penting bagi pengguna di sektor pertanian, pengairan dan perencanaan pembangunan suatu wilayah. Walaupun prakiraan diperbaharui dan ditingkatkan kualitasnya, baik dari segi komputasi ataupun formulasi matematisnya, akan tetapi bias akan selalu ada, bias harus dikoreksi karena dapat menyebabkan kesalahan yang signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pemodelan terhadap pengaruh dan tingkat kesalahan menggunakan prakiraan hujan real-time. Tahap awal dari penelitian ini adalah melakukan pengujian statistik (uji outliers, uji ketidakadaan trend, uji stasioner dan uji presistensi) terhadap hujan realisasi di pulau Lombok. Berdasarkan hasil pengujian statistik data hujan bulanan adalah data hujan yang handal dan dapat dilanjutkan pada analisis hidrologi lanjutan. Berikutnya adalah membuat pemodelan dengan menggabungkan data hujan realisasi dan data satelit menggunakan metode regresi berganda dengan tingkat korelasi yang cukup tinggi yaitu 0.99 (sangat tinggi) dan tingkat kesalahan bervariasi yaitu 140-49 (sedang-sangat kecil). Terakhir, penelitian ini adalah menghitung kebutuhan air irigasi di daerah irigasi (DI) Pandanduri (3012 ha) dan Suwangi (3113 ha) selama periode Oktober 2021-Desember 2022. Kebutuhan air maksimum pada daerah irigasi Pandanduri – Suwangi terjadi pada pada periode Maret awal 2022 masing-masing dengan 5761,1 lt/dt dan 6615,9 lt/dt. Periode November akhir 2021 dan November awal 2022 kebutuhan air pada masing-masing DI adalah 0 lt/dt, hal ini diakibatkan oleh kebutuhan air sudah terpenuhi oleh hujan. Untuk panen (Padi-Padi-Palawija) musim tanam I-III berturut-turut adalah pertengahan Februari 2022, pertengahan Juni 2022 dan September akhir 2022.

Kata Kunci: *Hujan, Pemodelan, DI Pandanduri Suwangi, Kebutuhan Air Irigasi*

Abstract

Information about fast and accurate weather forecasting has become crucial. Climate information services such as rainfall forecasts with a forecast range of several months ahead, known as seasonal predictions, have become essential for users in the agricultural, irrigation, and regional development sectors. Despite the continuous improvement and enhancement of forecasting quality, both in terms of computational methods and mathematical formulations, biases are inevitable and must be corrected to prevent significant errors. This study aims to examine modeling for the impact and level of error using real-time rainfall forecasts. The initial phase of this research involves conducting statistical tests (outlier tests, trend absence tests, stationarity tests, and persistence tests) on realized rainfall data in Lombok Island. Based on the results of statistical testing, monthly rainfall data is considered reliable and can be further analyzed in advanced hydrological analysis. The subsequent step is to create a model by combining realized rainfall data with satellite data

using multiple regression methods, with a high correlation coefficient of 0.99 (very high) and variable error levels ranging from 140 to 49 (moderate to very small). Finally, the research involves calculating the irrigation water requirements in the Pandanduri (3012 ha) and Suwangi (3113 ha) irrigation areas during the period of October 2021 to December 2022. The maximum water requirement in the Pandanduri-Suwangi irrigation areas occurs in early March 2022, with 5761.1 mm/day and 6615.9 mm/day, respectively. In late November 2021 and early November 2022, the water requirement for each irrigation area is 0 mm/day, as it is fulfilled by rainfall. For the planting seasons I-III (Rice-Rice-Crops), the harvest dates are mid-February 2022, mid-June 2022, and late September 2022, respectively.

Keywords: *Rainfall, Modeling, Pandanduri-Suwangi Irrigation Areas, Irrigation Water Requirements*

PENDAHULUAN

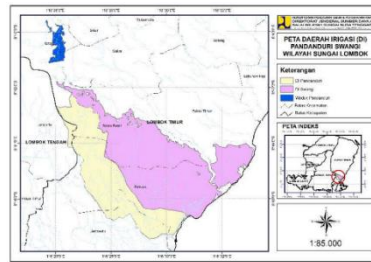
Proses penyelenggaraan pengelolaan sumber daya air terpadu yang efektif, efisien, dan berkelanjutan hendaknya dilandasi dengan analisis hidrologi yang baik. Dukungan ketersediaan data hujan observasi berupa time series yang panjang lengkap menjadi faktor yang tidak dapat dipisahkan. Akan tetapi kondisi kualitas data hujan observasi di Indonesia rata-rata kurang memadai jika digunakan dalam analisis hidrologi (Rahmani, 2015). Kurangnya tenaga pengamat, sistem pengamatan dan pemasukan data yang masih manual menyebabkan pengumpulan data dari daerah tertentu ke tingkat pusat berjalan lambat karena sumber daya manusia dan infrastruktur tiap daerah yang berbeda-beda. Kendala dan permasalahan tersebut menyebabkan data pengamatan hujan di permukaan masih sulit diperoleh dengan cepat, di sisi lain kita juga harus memeriksa kualitas data sebelum digunakan karena belum adanya metode quality control yang tepat (Mamenun et al., 2014). Layanan informasi iklim seperti prakiraan curah hujan dengan rentan prakiraan beberapa bulan kedepan, atau dikenal sebagai prediksi musim, menjadi hal penting bagi pengguna di sektor pertanian, pengairan dan perencanaan pembangunan suatu wilayah (Ratri et al., 2019). Prakiraan curah hujan yang juga berisi peringatan cuaca buruk belum diketahui tingkat kualitasnya (atau akurasinya) karena belum pernah diverifikasi dengan baik (Gustari et al., 2012). Penggunaan prakiraan cuaca dapat dijadikan sebagai alternatif untuk mengatasi permasalahan kurangnya sebaran pengamatan data hujan (Mulsandi et al., 2019). Walaupun prakiraan diperbaharui dan ditingkatkan kualitasnya, baik dari segi komputasi ataupun formulasi matematisnya, akan tetapi bias akan selalu ada, bias harus dikoreksi karena dapat menyebabkan kesalahan yang signifikan (Ratri et al., 2019). Pada sektor pertanian, curah hujan menjadi informasi yang sangat penting untuk penentuan awal tanam dan pola tata tanam. Penggunaan air irigasi secara efisien sangat diperlukan. Hasil panen dipengaruhi bukan saja oleh banyaknya tingkat pemenuhan kebutuhan air, tetapi juga cara pemberian air. Perincian perhitungan kebutuhan air irigasi secara harian juga dapat meminimalisir pemborosan pada pemberian air.

Kajian ini dilakukan pembuatan model matematik dengan menggunakan data satelit untuk perhitungan kebutuhan air pada daerah irigasi Pandanduri dan daerah irigasi Suwangi.

METODE

Lokasi Penelitian

Daerah irigasi Pandanduri (3012 ha) dan Suwangi (3113 ha) terletak di Kab. Lombok Timur, Pulau Lombok. Sumber air utama pada daerah irigasi tersebut berasal dari Bendungan Pandanduri.



Gambar 1. Peta daerah irigasi Pandanduri Suwangi



Gambar 2. Skema daerah irigasi Pandanduri Suwangi

Permodelan

1. Ketersediaan Data

a. Curah Hujan Terukur

Pada penelitian ini menggunakan data curah hujan dari pos hujan sebagai berikut:

Tabel 1. Koordinat Pos Hujan Realisasi

No	Nama Pos Hujan	LS	BT
1	Gunung Sari	8°32'25"	116°05'52"
2	Sesaot	8°32'06"	116°14'12"
3	Jurang Malang	8°31'28.05"	116°16'33.73"
4	Jengguar	8°42'34.75"	116°17'36.96"
5	Pengadang	8°40'46"	116°19'43"
6	AAWS Pengga	8°45'9.73"	116°11'36.04"
7	Rembitan	8°50'45"	116°17'23"
8	Dasan Cermen	8°35'33"	116°17'14"
9	Lingkok Lime	8°33'57"	116°20'51"
10	Perian	8°33'06"	116°23'23"
11	Kopang	8°37'32"	116°21'20"

Sumber: Unit Hidrologi dan Kualitas Air

b. Data Satelit

Data satelit yang digunakan adalah GPM-IMERG dengan produk IMERG-Late (GPM 3IMERGDL) dengan latensi waktu 12 jam. Data satelit yang digunakan berupa hujan. Penelitian ini juga menambah data satelit lain berupa kelembapan, dan suhu menggunakan produk AIRS3STD v7.0.

2. Penyaringan Data

a. Uji Ketidak-adaan trend metode Spearman

Trend dapat dipandang sebagai korelasi antara waktu dengan variat dari suatu variabel hidrologi. Oleh karena itu koefisien korelasinya dapat digunakan untuk menentukan ketidak-adaan trend dari suatu deret berkala (Soewarno, 1995).

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (dt)^2}{n^3 - n}$$

$$t = KP \left[\frac{n-2}{1-KP^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

dengan:

- KP = koefisien korelasi peringkat dari Spearman
N = jumlah data
dt = Rt - Tt
Tt = peringkat dari waktu
Rt = peringkat dari variabel hidrologi
t = nilai t hitung pada derajat kebebasan 5%

b. Uji Stasioner metode Uji-F dan Uji-T

Uji stasioner dimaksudkan untuk menguji kestabilan nilai varian (pengujian menggunakan Uji-F) dan kestabilan rata-rata (pengujian menggunakan Uji-T) dari deret berkala (Soewarno, 1995).

Uji F

$$F = \frac{(N_1 - 1) S_1^2}{(N_2 - 1) S_2^2}$$

dk1 = N1 - 1
dk2 = N2 - 1

dengan:

- F = fungsi distribusi F
S1 = deviasi standar kelompok sampel ke 1
S2 = deviasi standar kelompok sampel ke 2
N1 = jumlah sampel kelompok ke 1
N2 = jumlah sampel kelompok ke 2

Uji T

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) / \left[\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2} \right]^{1/2}}{\sigma}$$

dengan:

- t = variabel -t terhitung
 \bar{X}_1 = rata-rata hitung sampel set ke 1
 \bar{X}_2 = rata-rata hitung sampel set ke 2
N1 = jumlah sampel set ke 1
N2 = jumlah sampel set ke 2

c. Uji Presistensi metode Spearman

Uji Presistensi adalah ketidakergantungan dari setiap nilai dalam deret berkala (Soewarno, 1995).

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (dt)^2}{n^3 - n}$$

$$t = KP \left[\frac{n-2}{1-KP^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

dengan:

- KP = koefisien korelasi peringkat dari Spearman
n = jumlah data
dt = Rt - Tt
Tt = peringkat dari waktu
Rt = peringkat dari variabel hidrologi
t = nilai t hitung pada derajat kebebasan 5%

3. Analisis Regresi

Hubungan antara dua atau lebih variabel hidrologi dapat dinyatakan dalam rumus matematik (persamaan) sehingga merupakan suatu model, yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan analisis hidrologi (Soewarno, 1995). Persamaan yang mewakili masing-masing variabel memiliki variasi, oleh karena itu pemakaian persamaan tersebut sangat terbatas (Triatmodjo & Terapan, 2008). Meskipun penggunaan hubungan seperti dalam persamaan tersebut terbatas, namun cara ini dapat digunakan untuk mengetahui hubungan antara hujan satelit dan hujan observasi. Dengan demikian, analisis regresi

adalah untuk mengkuantifikasi bentuk hubungan antara dua variabel atau lebih yang menjadi kajian (Asdak, 2023)

$$\hat{Y} = a_0 + A_1 X_1 + A_2 X_2$$

dengan:

- \hat{Y} = persamaan garis lurus Y atas X
- \hat{X} = persamaan garis lurus X atas Y
- a1, a2 = koefisien regresi merupakan koefisien arah dari garis regresi
- b1, b2 = koefisien yang merupakan titik potong dari garis regresi

4. Analisis Korelasi Model

Apabila dalam analisis regresi telah dapat ditentukan model persamaan matematik yang cocok, persoalan berikutnya adalah mentukan berapa kuatnya hubungan antara variabel-variabel tersebut (Soewarno, 1995). Metode statistik yang umum digunakan untuk menguji derajat kepercayaan koefisien penentu regresi berganda adalah Uji-F.

$$F = \frac{RM^2 (n-m)}{(1-RM^2)(m-1)}$$

$$RM^2 = 1 - \frac{SEY^2}{SY^2}$$

$$SEY = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n-1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$SY = \left[\frac{\sum_{i=1}^n dY^2}{n-1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

dengan:

- t = nilai F terhitung
- RM² = koefisien penentu
- n = jumlah pengamatan
- m = jumlah total variabel bebas dan variabel tak bebas
- SEY = kesalahan standar perkiraan nilai Y
- SY = deviasi standar dari variabel Y

Tabel 2. Interpretasi Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,80 - 1,00	Sangat Tinggi
0,6 - 0,80	Kuat
0,40 - 0,60	Cukup
0,20 - 0,40	Rendah
0,00 - 0,20	Sangat Rendah

Sumber: Riduwan, 2003

5. Verifikasi Tingkat Kesalahan Model

Verifikasi prakiraan adalah menilai kualitas prakiraan dengan membandingkannya terhadap hasil yang bersesuaian (Gustari et al., 2012). Menurut Ramage, 1993 Verifikasi prakiraan cuaca memberi manfaat, bukan saja pada saat prakiraan itu benar, tetapi prakiraan yang salah juga dapat dimanfaatkan untuk memahami bagaimana memperbaiki prakiraan. Analisa statistik dilakukan untuk menghitung nilai korelasi, koefisien determinasi, Root Mean Square Error (RMSE) dan Mean Absolute Error (MAE).

Root Mean Square Error (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=0}^n \frac{(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}}$$

dengan:

$RMSE$ = nilai $RMSE$
 Y = nilai hasil observasi
 \hat{Y} = nilai hasil prediksi
 i = urutan data pada database
 n = jumlah data

Tabel 3. Pembagian Kelas Berdasarkan Hasil Root Mean Square Error

Nilai RMSE	Keterangan
0-100	Sangat Kecil
100-200	Kecil
200-300	Sedang
300-400	Besar
400-500	Sangat Besar

Sumber: Nomnafa, 2022

Mean Absolute Error (MAE)

$$MAE = \frac{\sum_{i=0}^n |Y_i - \hat{Y}_i|}{n}$$

dengan:

MAE = nilai *mean absolute error*
 Y = nilai data aktual
 \hat{Y} = nilai data prediksi
 i = urutan data pada database
 n = jumlah data

Kebutuhan Air Irigasi

1. Hujan Kawasan

Metode isohyet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan curah hujan yang sama. Pada metode isohyet, dianggap bahwa hujan dalam suatu wilayah diantara dua garis isohyet adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis isohyet tersebut

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_{i=1} + d_i + A}{2}}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

dengan:

R = Curah hujan daerah
 $A_1, A_2...A_3$ = Luas daerah curah hujan isohyet yang berdekatan (km²)
 $d_1, d_2...d_3$ = Curah hujan di garis isohyet (mm)

2. Evapotranspirasi

Menurut (Triatmodjo & Terapan, 2008) evapotranspirasi adalah evaporasi dari permukaan lahan yang ditumbuhi tanaman. Rumus Penman mendapat rekomendasi dari badan pangan dan pertanian PBB (Perserikatan Bangsa Bangsa) yaitu FAO (Food & Agricultural Organization) (Limantara, 2010)

$$ET_o = C ET_o^*$$

$$ET_o^* = W (0,75 R_s - R_n1) + (1 - W) f(U) (e_g - e_d)$$

$$R_s = (0,25 + 0,54 \frac{n}{N}) R_r$$

$$R_n1 = f(t) f(\epsilon d) f(\frac{n}{N})$$

$$F(e_d) = 0,34 - 0,44 \sqrt{\epsilon d}$$

$$\epsilon d = \epsilon d RH$$

$$f(\frac{n}{N}) = 0,1 + 0,9 \frac{n}{N}$$

$$f(U) = 0,27 (1 + 0,864 U)$$

dengan:

W = faktor hubungan suhu dan elevasi daerah

R_s = radiasi gelombang pendek (mm/jam)

R_r = radiasi gelombang pendek yang memenuhi batas luar atmosfer (mm/hari)

R_n = radiasi bersih gelombang Panjang (mm/jam)

$f(t)$ = fungsi suhu

$f(e_d)$ = fungsi tekanan uap

$f(n/N)$ = fungsi kecerahan matahari

$f(U)$ = fungsi kecepatan angin pada ketinggian 2,00 m

e_d = tekanan uap sebenarnya

RH = kelembapan relatif (%)

C = angka korelasi

3. Analisis Kebutuhan Air Irigasi

a. Penyiapan Lahan

$$IR = M \frac{e^K}{(e^K - 1)}$$

$$M = E_0 + P$$

$$E_0 = 1,1 \times Et_0$$

$$K = \frac{M \times T}{S}$$

dengan:

IR = kebutuhan air irigasi ditingkat persawahan (mm/hari)

M = penggantian kehilangan air akibat E_0 dan P (mm/hari)

E_0 = evaporasi air terbuka (mm/hari)

Et_0 = evapotranspirasi (mm/hari)

e = koefisien

P = perkolasi (mm/hari)

T = jangka waktu penyiapan lahan (hari)

S = kebutuhan air (mm)

b. Penggunaan Konsumtif

$$ET_c = K_c ET_0$$

dengan:

K_c = koefisien tanaman

ET_0 = evapotranspirasi potensial

c. Analisis Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan bersih air di sawah

$$NFR = ET_c + P + WLR - Re$$

$$DR = \frac{NFR}{8,64 \times ei} \times A$$

dengan:

DR = Kebutuhan air irigasi (lt/dt)

NFR = Kebutuhan air irigasi di sawah, (mm/hari)

ET_c = Evaporasi tanaman (mm/hari)

P = Perkolasi (mm/hari)

WLR = Penggantian lapisan air (mm/hari)

Re = Curah hujan efektif (mm/hari)

ei = Efisiensi irigasi (%)

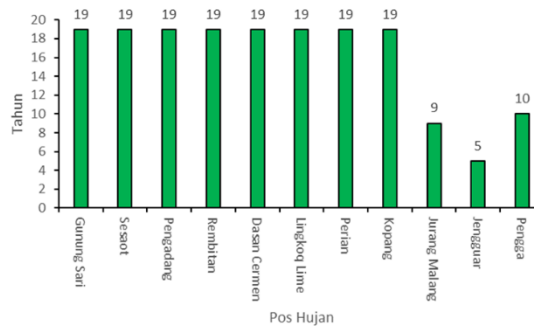
A = Luas daerah irigasi (ha)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Permodelan

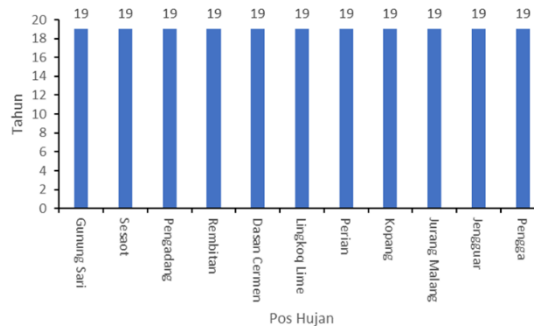
1. Ketersediaan Data

a. Data Observasi



Gambar 3. Ketersediaan Data Hujan Realisasi

2) Data Satelit



Grafik 4. Ketersediaan Data Satelit

Penyaringan Data

1. Uji Ketidak-adaan trend metode Spearman

Data yang tidak memiliki trend diartikan sebagai hipotesis nol (H_0), apabila data memiliki trend diartikan menolak H_0 dan hipotesis alternatif (H_1) diterima (Soewarno, 1995). Dengan melaksanakan pengujian dua sisi untuk derajat kepercayaan 5% ditolak pada derajat kepercayaan $dk = n - 2$.

Tabel 4. Rekapitulasi uji Ketidak-adaan Trend

No	Pos Hujan	t	t_c	Hipotesis
1	Gunung Sari	-0.09	1.97	H_0 diterima
2	Sesaot	-1.11	1.97	H_0 diterima
3	Pengadang	0.56	1.97	H_0 diterima
4	Rembitan	1.40	1.97	H_0 diterima
5	Dasan Cermen	0.67	1.97	H_0 diterima
6	Lingkoq Lime	0.90	1.97	H_0 diterima
7	Perian	1.49	1.97	H_0 diterima
8	Kopang	1.09	1.97	H_0 diterima
9	Jurang Malang	-0.62	1.98	H_0 diterima
10	Jengguar	0.30	2.00	H_0 diterima

No	Pos Hujan	t	t _c	Hipotesis
11	Pengga	0.43	1.98	H0 diterima

2. Uji Stasioner metode Uji-F dan Uji-T

a. Uji F

Apabila hasil pengujian H0 ditolak, berarti nilai varian tidak stabil atau tidak homogen, dan tidak perlu dilakukan pengujian lanjutan (Soewarno, 1995). Jika $f_c > f$ maka H0 diterima dengan derajat kebebasan $dk_1 = N_1 - 1$ dan $dk_2 = N_2 - 1$ dan derajat kepercayaan (dk) 5%.

Tabel 5. Rekapitulasi uji F

No	Pos Hujan	f	f _c	Hasil uji-f
1	Gunung Sari	0.72	1.36	H0 diterima
2	Sesaot	0.72	1.36	H0 diterima
3	Pengadang	0.73	1.36	H0 diterima
4	Rembitan	0.72	1.36	H0 diterima
5	Dasan Cermen	0.69	1.36	H0 diterima
6	Lingkoq Lime	0.72	1.36	H0 diterima
7	Perian	0.72	1.36	H0 diterima
8	Kopang	0.72	1.36	H0 diterima
9	Jurang Malang	0.62	1.57	H0 diterima
10	Jenggar	0.52	1.86	H0 diterima
11	Pengga	0.64	1.54	H0 diterima

b. Uji T

Apabila H0 diterima maka pengujian selanjutnya adalah menguji kesetabilan nilai rata-ratanya (Uji T). Jika H0 ditolak, berarti rata-rata setiap dua kelompok tidak stabil atau tidak stasioner pada derajat kepercayaan tertentu (Soewarno, 1995). Dengan melaksanakan pengujian dua sisi untuk derajat kepercayaan (dk) 5% ditolak, H0 diterima apabila $-t_c < t < t_c$.

Tabel 6. Rekapitulasi uji T

No	Pos Hujan	t	t _c	Hasil uji-t
1	Gunung Sari	0.47	1.97	H0 diterima
2	Sesaot	1.04	1.97	H0 diterima
3	Pengadang	0.29	1.97	H0 diterima
4	Rembitan	0.01	1.97	H0 diterima
5	Dasan Cermen	0.14	1.97	H0 diterima
6	Lingkoq Lime	0.33	1.97	H0 diterima
7	Perian	1.33	1.97	H0 diterima
8	Kopang	1.49	1.97	H0 diterima
9	Jurang Malang	0.06	1.98	H0 diterima
10	Jenggar	0.24	2.00	H0 diterima
11	Pengga	0.24	1.98	H0 diterima

3. Uji Presistensi metode Spearman

Untuk melaksanakan pengujian presistensi harus dihitung besarnya koefisien korelasi serial, salah satunya dengan metode Spearman (Soewarno, 1995). Berdasarkan uji satu sisi pada derajat kepercayaan 5% H0 ditolak apabila apabila $t > 0.95$ atau $t < -t_{0.95}$, dengan derajat kebebasan $m-2$.

Tabel 7. Rekapitulasi uji Presistensi

No	Pos Hujan	t	t _c	Hasil uji-t
1	Gunung Sari	1.44	-1.65	Independen
2	Sesaot	1.53	-1.65	Independen
3	Pengadang	1.13	-1.65	Independen
4	Rembitan	1.53	-1.65	Independen
5	Dasan Cermen	1.53	-1.65	Independen
6	Lingkoq Lime	1.31	-1.65	Independen
7	Perian	1.39	-1.65	Independen
8	Kopang	1.47	-1.65	Independen
9	Jurang Malang	1.11	-1.65	Independen
10	Jenggar	1.30	-1.67	Independen
11	Pengga	1.50	-1.65	Independen

Dari pengujian ketidakadaan trend, stasioner dan presistensi pada proses penyaringan data diatas, dapat disimpulkan bahwa nilai hujan realisasi/deret berkala yang digunakan pada penelitian ini ternyata:

- tidak menunjukkan adanya trend
- stasioner, varian rata-ratanya homogen/stabil
- bersifat acak (randomnes) dan independent

Data hujan realisasi/deret berkala yang sudah memiliki kriteria diatas dapat dikatakan sebagai data hidrologi yang cukup handal.

Analisis Regresi

Analisis regresi pada penelitian menggabungkan anatara data hujan realisasi dan data satelit pada hujan, suhu dan kelembapan dengan rincian sebagai berikut:

- Y = hujan realisasi
- X1 = hujan satelit
- X2 = suhu satelit
- X3 = kelembapan satelit

Untuk merubah rangkaian deret berkala menjadi persamaan menggunakan bantuan microsoft excel dengan formula =LINEST([known_ys],[known_xs],[const],[stats]).

Tabel 8. Rekapitulasi Persamaan Regresi Semua Pos Hujan

No	Pos Hujan	Persamaan	Kode
1	Gunung Sari	$\hat{Y} = -7.651 + 0.549 X_1 + 1.359 X_2 - 1.524 X_3$	4.1
		$\hat{Y} = -8.774 + 0.551 X_1 + 0.829 X_2$	4.2
		$\hat{Y} = -6.968 + 0.557 X_1 + 2.189 X_2$	4.3
2	Sesaot	$\hat{Y} = -15.404 + 0.791 X_1 + 9.839 X_2 - 23.579 X_3$	4.4
		$\hat{Y} = -32.218 + 0.836 X_1 + 1.511 X_2$	4.5

No	Pos Hujan	Persamaan	Kode
		$\hat{Y} = -10.159 + 0.851 X_1 + 3.256 X_2$	4.6
		$\hat{Y} = -2.557 + 0.626 X_1 + 8.339 X_2 - 21.865 X_3$	4.7
3	Pengadang	$\hat{Y} = -18.844 + 0.665 X_1 + 0.643 X_2$	4.8
		$\hat{Y} = 1.644 + 0.675 X_1 + 0.944 X_2$	4.9
		$\hat{Y} = 1.048 + 0.781 X_1 + 4.747 X_2 - 12.635 X_3$	4.10
4	Rembitan	$\hat{Y} = -8.102 + 0.811 X_1 + 0.291 X_2$	4.11
		$\hat{Y} = 3.295 + 0.816 X_1 + 0.344 X_2$	4.12
		$\hat{Y} = -13.159 + 0.745 X_1 + 3.925 X_2 - 8.296 X_3$	4.13
5	Dasan Cermen	$\hat{Y} = -19.168 + 0.764 X_1 + 0.999 X_2$	4.14
		$\hat{Y} = -11.302 + 0.774 X_1 + 2.436 X_2$	4.15
		$\hat{Y} = -10.044 + 0.881 X_1 + 6.977 X_2 - 16.137 X_3$	4.16
6	Lingkoq Lime	$\hat{Y} = -22.064 + 0.911 X_1 + 1.297 X_2$	4.17
		$\hat{Y} = -6.528 + 0.922 X_1 + 2.947 X_2$	4.18
		$\hat{Y} = -5.064 + 0.655 X_1 + 1.591 X_2 - 2.233 X_3$	4.19
7	Perian	$\hat{Y} = -6.636 + 0.659 X_1 + 0.801 X_2$	4.20
		$\hat{Y} = -4.216 + 0.665 X_1 + 2.104 X_2$	4.21
		$\hat{Y} = -7.542 + 0.558 X_1 + 8.906 X_2 - 23.051 X_3$	4.22
8	Kopang	$\hat{Y} = -24.712 + 0.600 X_1 + 0.793 X_2$	4.23
		$\hat{Y} = -3.054 + 0.611 X_1 + 1.311 X_2$	4.24
		$\hat{Y} = -10.945 + 0.978 X_1 + 9.455 X_2 - 22.918 X_3$	4.25
9	Jurang Malang	$\hat{Y} = -25.444 + 1.047 X_1 + 1.337 A_2$	4.26
		$\hat{Y} = -6.162 + 1.066 X_1 + 2.874 X_2$	4.27
		$\hat{Y} = -19.764 + 1.011 X_1 + 10.733 X_2 - 25.322 X_3$	4.28
10	Jenggar	$\hat{Y} = -39.058 + 1.117 X_1 + 1.830 X_2$	4.29
		$\hat{Y} = -11.894 + 1.147 X_1 + 3.957 X_2$	4.30
		$\hat{Y} = 1.880 + 0.693 X_1 + 2.069 X_2 - 5.212 X_3$	4.31
11	Pengga	$\hat{Y} = -1.672 + 0.711 X_1 + 0.224 X_2$	4.32
		$\hat{Y} = 2.978 + 0.715 X_1 + 0.427 X_2$	4.33

Analisis Korelasi Model

H0 ditolak apabila $f < f_c$, berarti hujan, kelembapan dan suhu satelit mempunyai pengaruh terhadap hujan realisasi.

Tabel 9. Rekapitulasi Perhitungan Uji F Pada Analisis Korelasi Model

Kode	RM ²	F	F _c	Interpretasi
4.1	0.999999851	2.6	499870351	Sangat Tinggi
4.2	0.999999851	3.0	752990362	Sangat Tinggi

Kode	RM ²	F	F _c	Interpretasi
4.3	0.999999850	3.0	751653874	Sangat Tinggi
4.4	0.999999952	2.6	1549314109	Sangat Tinggi
4.5	0.999999950	3.0	2258814963	Sangat Tinggi
4.6	0.999999949	3.0	4472145288	Sangat Tinggi
4.7	0.999999906	2.6	797156876	Sangat Tinggi
4.8	0.999999901	3.0	1132864072	Sangat Tinggi
4.9	0.999999900	3.0	2254559126	Sangat Tinggi
4.10	0.999999927	2.6	1022052843	Sangat Tinggi
4.11	0.999999925	3.0	1501900973	Sangat Tinggi
4.12	0.999999925	3.0	3008839445	Sangat Tinggi
4.13	0.999999909	2.6	819857633	Sangat Tinggi
4.14	0.999999908	3.0	1229153037	Sangat Tinggi
4.15	0.999999908	3.0	2455750249	Sangat Tinggi
4.16	0.999999947	2.6	1414536343	Sangat Tinggi
4.17	0.999999947	3.0	2108121875	Sangat Tinggi
4.18	0.999999946	3.0	4208990926	Sangat Tinggi
4.19	0.999999913	2.6	856240431	Sangat Tinggi
4.20	0.999999913	3.0	1289772753	Sangat Tinggi
4.21	0.999999913	3.0	2588399846	Sangat Tinggi
4.22	0.999999886	2.6	655411263	Sangat Tinggi
4.23	0.999999882	3.0	956276444	Sangat Tinggi
4.24	0.999999882	3.0	1907959740	Sangat Tinggi
4.25	0.999999941	2.6	589272384	Sangat Tinggi
4.26	0.999999938	3.0	1701789617	Sangat Tinggi
4.27	0.999999938	3.0	1701789617	Sangat Tinggi
4.28	0.999999834	2.7	112349309	Sangat Tinggi
4.29	0.999999829	3.1	166738243	Sangat Tinggi
4.30	0.999999827	3.1	334603238	Sangat Tinggi
4.31	0.999999792	2.6	182742087	Sangat Tinggi
4.32	0.999999791	3.0	275257969	Sangat Tinggi
4.33	0.999999791	3.0	554784065	Sangat Tinggi

Verifikasi Tingkat Kesalahan Model

Tabel 10. Rekapitulasi perhitungan RMSE dan MAE

Kode	RMSE	MAE	Hasil RMSE
4.1	80	61	Sangat Kecil
4.2	80	61	Sangat Kecil
4.3	80	61	Sangat Kecil
4.4	111	83	Sedang

Kode	RMSE	MAE	Hasil RMSE
4.5	113	84	Sedang
4.6	114	84	Sedang
4.7	82	54	Sangat Kecil
4.8	84	56	Sangat Kecil
4.9	85	56	Sangat Kecil
4.10	72	47	Sangat Kecil
4.11	73	47	Sangat Kecil
4.12	73	47	Sangat Kecil
4.13	95	70	Sangat Kecil
4.14	95	71	Sangat Kecil
4.15	96	71	Sangat Kecil
4.16	138	97	Sedang
4.17	138	99	Sedang
4.18	139	100	Sedang
4.19	113	83	Sedang
4.20	113	83	Sedang
4.21	113	83	Sedang
4.22	116	78	Sedang
4.23	118	79	Sedang
4.24	118	79	Sedang
4.25	104	75	Sedang
4.26	106	75	Sedang
4.27	107	76	Sedang
4.28	138	89	Sedang
4.29	140	95	Sedang
4.30	141	96	Sedang
4.31	77	49	Sangat Kecil
4.32	77	49	Sangat Kecil
4.33	77	49	Sangat Kecil

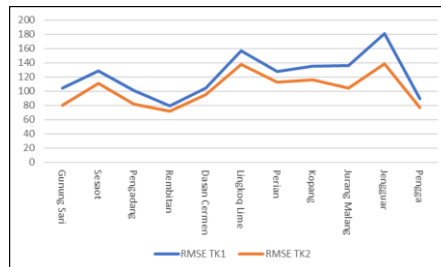
Berdasarkan perhitungan korelasi dan verifikasi terhadap model, selanjutnya persamaan yang akan digunakan pada analisis hidrologi lanjutan (analisis kebutuhan air) di penelitian ini ditentukan dengan kriteria sebagai berikut:

1. Nilai korelasi pada persamaan tiap pos hujan dipilih nilai RM2 yang paling mendekati 1.
2. Nilai Root Mean Square Error dan Mean Absolute Error pada persamaan tiap pos hujan dipilih nilai yang terkecil.

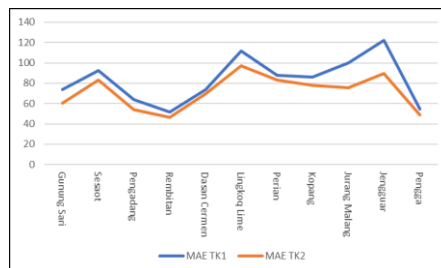
Tabel 11. Rekapitulasi Persamaan Terbaik

No	Pos Hujan	Persamaan	Kode
1	Gunung Sari	$\hat{Y} = -7.651 + 0.549 X1 + 1.359 X2 - 1.524 X3$	4.1
2	Sesaot	$\hat{Y} = -15.404 + 0.791 A1 + 9.839 X2 - 23.579 X3$	4.4
3	Pengadang	$\hat{Y} = -2.557 + 0.626 X1 + 8.339 X2 - 21.865 X3$	4.7
4	Rembitan	$\hat{Y} = 1.048 + 0.781 X1 + 4.747 X2 - 12.635 X3$	4.10
5	Dasan Cermen	$\hat{Y} = -13.159 + 0.745 X1 + 3.925 X2 - 8.296 X3$	4.13
6	Lingkoq Lime	$\hat{Y} = -10.044 + 0.881 X1 + 6.977 X2 - 16.137 X3$	4.16
7	Perian	$\hat{Y} = -6.636 + 0.659 X1 + 0.801 X2$	4.20
8	Kopang	$\hat{Y} = -7.542 + 0.558 X1 + 8.906 X2 - 23.051 X3$	4.22
9	Jurang Malang	$\hat{Y} = -10.945 + 0.978 X1 + 9.455 X2 - 22.918 X3$	4.25
10	Jengguar	$\hat{Y} = -19.764 + 1.011 X1 + 10.733 X2 - 25.322 X3$	4.28
11	Pengga	$\hat{Y} = 1.880 + 0.693 X1 + 2.069 X2 - 5.212 X3$	4.31

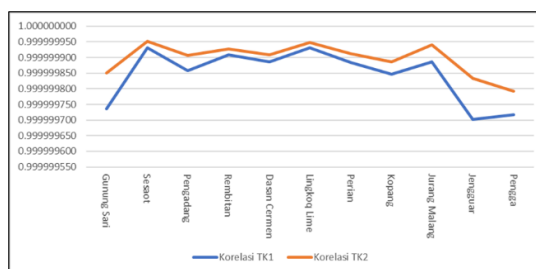
Untuk membuktikan bahwa analisis regresi dengan metode Multiple Linier Regression yang digunakan pada penelitian ini, dapat mereduksi tingkat kesalahan dan meningkatkan korelasi. Maka dilakukan perbandingan antara hujan terukur versus hujan satelit (TK1) dan hujan terukur versus model terbaik (TK2). Perhitungan tingkat kesalahan menggunakan metode Root Mean Square Error dan Mean Absolute Error, sedangkan untuk perhitungan korelasi menggunakan metode koefisien korelasi berganda (multiple correlation coefficient).



Gambar 5. Perbandingan RMSE TK1 versus TK2



Gambar 6. Perbandingan MAE TK1 versus TK2



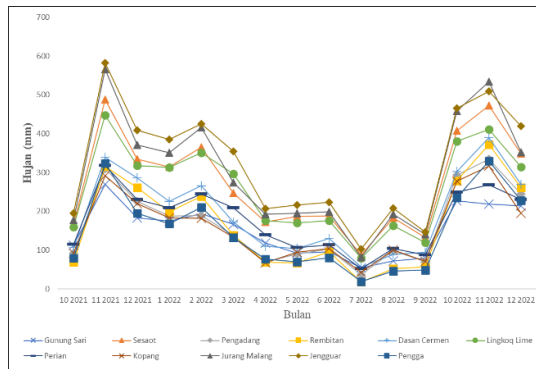
Gambar 7. Perbandingan korelasi TK1 versus TK2

Dapat disimpulkan bahwa penggunaan analisis regresi dengan metode Multiple Linier Regression dapat mereduksi tingkat kesalahan hujan satelit. Dan analisis regresi dengan metode Multiple Linier Regression dapat menaikkan tingkat korelasi hujan satelit.

Kebutuhan Air Irigasi

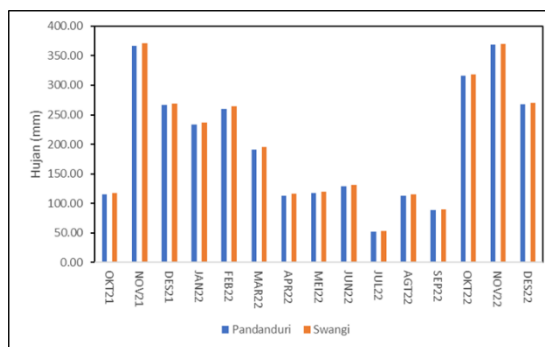
1. Hujan Kawasan

Periode hujan yang digunakan pada analisis kebutuhan air irigasi adalah Oktober 2021 sampai Desember 2022. Hujan yang didapat dari persamaan terbaik pada masing-masing pos hujan adalah sebagai berikut:



Gambar 8. Rekapitulasi hujan bulanan periode Oktober 2021-Desember 2022 untuk masing-masing pos hujan

Output dari isohyet pada penelitian ini adalah curah hujan kawasan di daerah irigasi Pandanduri Suwangi.



Grafik 9. Rekapitulasi hujan wilayah untuk daerah irigasi Pandanduri – Suwangi

2. Evapotranspirasi

Angka evapotranspirasi terbesar terjadi di bulan November dengan 5,381 sedangkan angka evapotranspirasi terkecil adalah bulan 3,353. Rata-rata angka evapotranspirasi yang terjadi di daerah Pandanduri Suwangi adalah 4,55.

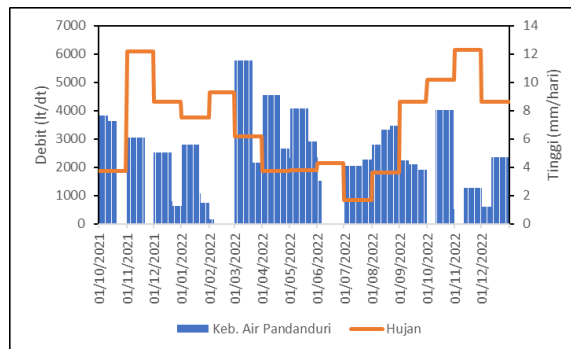
Tabel 12. Rekapitulasi Perhitungan Nilai Evapotranspirasi

Bulan	ETo*	Eto
1	4.150	4.564
2	4.519	4.971
3	4.478	4.926
4	4.682	4.214
5	4.226	3.803
6	3.726	3.353
7	3.897	3.507
8	4.558	4.558
9	4.845	5.330
10	4.858	5.343
11	4.892	5.381
12	4.246	4.671

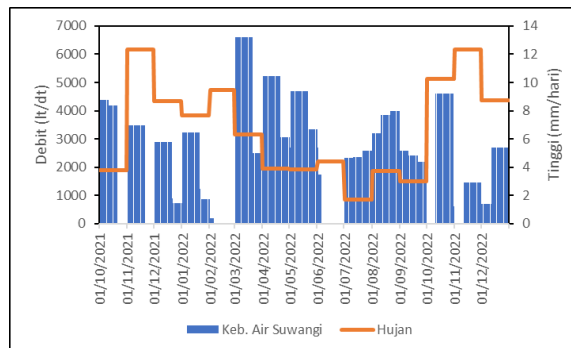
3. Analisis Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air maksimum pada daerah irigasi Pandanduri – Suwangi terjadi pada pada periode Maret awal 2022 (Mar I 2022) masing-masing dengan 5761,1 lt/dt dan 6615,9 lt/dt. Periode November akhir 2021 (Nov III 2021) dan November awal 2022 (Nov I 2022) kebutuhan air pada masing-masing DI adalah 0 lt/dt, hal ini diakibatkan oleh

kebutuhan air sudah terpenuhi oleh hujan. Pada pola tata tanam Padi-Padi-Palawija, terjadi pada periode berturut-turut adalah pertengahan Februari 2022 (Feb II 2022), pertengahan Juni 2022 (Jun II 2022) dan September akhir 2022 (Sep III 2022).



Grafik 10. Hubungan kebutuhan air irigasi, koefisien tanam, pergantian lapisan air dan hujan di daerah irigasi Pandaduri



Grafik 11. Hubungan kebutuhan air irigasi, koefisien tanam, pergantian lapisan air dan hujan di daerah irigasi Suwangi

SIMPULAN

1. Data hujan realisasi yang digunakan pada penelitian ini merupakan data yang cukup handal, berdasarkan penyaringan data dengan pengujian: I) uji Outlier metode Grubbs-Beck II) uji Ketidakadaan Trend metode Spearman III) uji Stasioner metode uji-F dan uji-T IV) uji Presistensi metode Spearman.
2. Tingkat korelasi model dengan hujan realisasi pada semua pos hujan yaitu sangat tinggi, dibuktikan dengan pengujian dengan metode uji-F pada nilai RM2 diatas 0,9.
3. Tingkat kesalahan model dengan hujan realisasi pada semua pos bervariasi. Terdapat 15 model dengan tingkat kesalahan sangat kecil, selanjutnya terdapat 18 model dengan tingkat kesalahan sedang.
Kebutuhan air maksimum pada daerah irigasi Pandanduri – Suwangi terjadi pada pada periode Maret awal 2022 (Mar I 2022) masing-masing dengan 5761,1 lt/dt dan 6615,9 lt/dt. Periode November akhir 2021 (Nov III 2021) dan November awal 2022 (Nov I 2022) kebutuhan air pada masing-masing DI adalah 0 lt/dt, hal ini diakibatkan oleh kebutuhan air sudah terpenuhi oleh hujan.
4. Pada pola tata tanam Padi-Padi-Palawija, terjadi pada periode berturut-turut adalah pertengahan Februari 2022 (Feb II 2022), pertengahan Juni 2022 (Jun II 2022) dan September akhir 2022 (Sep III 2022)

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. (2023). *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai*. UGM PRESS.
- Gustari, I., Hadi, T. W., Hadi, S., & Renggono, F. (2012). Akurasi prediksi curah hujan harian operasional di Jabodetabek: Perbandingan dengan model WRF. *Jurnal Meteorologi*

Dan Geofisika, 13(2).

- Mamenun, M., Pawitan, H., & Sopaheluwakan, A. (2014). Validasi dan koreksi data satelit trmm pada tiga pola hujan di indonesia. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika, 15(1).*
- Mulsandi, A., Mamenun, M., Fitriano, L., & Hidayat, R. (2019). Perbaikan Estimasi Curah Hujan Berbasis Data Satelit Dengan Memperhitungkan Faktor Pertumbuhan Awan. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca, 20(2), 67–78.*
- Rahmani, R. N. (2015). *Transformasi hujan harian ke hujan jam-jaman menggunakan metode mononobe dan pengalihragaman hujan aliran (studi kasus di DAS Tirtomoyo).*
- Ratri, D. N., Whan, K., & Schmeits, M. (2019). A comparative verification of raw and bias-corrected ECMWF seasonal ensemble precipitation reforecasts in Java (Indonesia). *Journal of Applied Meteorology and Climatology, 58(8), 1709–1723.*
- Soewarno, S. (1995). *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data. Bandung: Nova.*
- Triatmodjo, B., & Terapan, H. (2008). *Beta Offset. Yogyakarta.*