

EVALUASI PEMANFAATAN DATA SATELIT TRMM DALAM MEMPERKIRAKAN KESEIMBANGAN AIR DI WADUK SELOREJO

Dini D. Maulani¹ (dini.dwi.maulani@unpar.ac.id)

Doddi Yudianto² (doddi_yd@unpar.ac.id)

Albert Wicaksono³ (albert.wicaksono@unpar.ac.id)

ABSTRAK

Curah hujan merupakan data utama dalam pemodelan hidrologi, namun ketersediaan data di Indonesia masih terbatas, data hujan mempunyai rentang yang tidak terlalu panjang dan tidak lengkap. Penelitian ini ditujukan untuk mengevaluasi pemanfaatan data satelit TRMM dalam memperkirakan keseimbangan air di Waduk Selorejo dengan rentang data pada tahun 1998-2008. Metodologi dalam penelitian ini yaitu dimulai dari analisis curah hujan wilayah, koreksi data hujan satelit, model hujan limpasan dan simulasi keseimbangan air. Koreksi data hujan satelit TRMM menunjukkan hasil yang baik dan mampu menurunkan nilai RMSE sebesar 17,47. Hasil pemodelan hujan limpasan menunjukkan fungsi objektif debit sintetis TRMM terkoreksi dengan nilai RMSE 1,598 koefisien korelasi sebesar 0,685 dan NS 0,95. Selisih debit terbesar antara debit sintesis TRMM terkoreksi dengan debit pengamatan yaitu pada Q50 yang mencapai 17,2%, namun perbedaan debit sintetis pos hujan dan debit sintetis TRMM terkoreksi tidak lebih dari 0,5 m³/s. Simulasi keseimbangan air di Waduk Selorejo menunjukkan elevasi muka air pos hujan dan TRMM terkoreksi lebih besar dari elevasi muka air pengamatan, penurunan elevasi muka air debit sintetis TRMM terjadi hampir sepanjang tahun 2008. Hal ini dipengaruhi oleh curah hujan satelit pada tahun tersebut lebih rendah dari data pencatatan pos hujan, selain itu faktor koreksi TRMM sangat berpengaruh terhadap besarnya nilai debit sintetis.

Kata Kunci: Keseimbangan Air, TRMM, Waduk Selorejo

ABSTRACT

Rainfall is the main data in hydrological modelling, but in Indonesia the availability of data is limited, and the range of data is incomplete. This study is aimed to evaluate the use of TRMM satellite data in estimating the water balance of the Selorejo Reservoir with a data range of 1998-2008. The methodology in this research consists of analysis of regional rainfall, correction of satellite rainfall data, simulation of rain runoff models and simulation of water balance. Correction of the TRMM satellite rainfall data shows good result and able to lower the RMSE value 17,47. The result of the rainfall runoff modelling show that the objective function of synthetic discharge TRMM corrected with RMSE value of 1,598, correlation coefficient of 0,685 and NS of 0,95. The largest difference was in Q50 which reached 17,2% but the difference between synthetic discharge from ground station and synthetic discharge from TRMM is less than 0,5 m³/s. Simulation of water balance in Selorejo Reservoir shows the water level of the rain station and TRMM is greater than the observed water level, the decrease water level base on TRMM synthetic discharge occurred almost throughout in 2008. This is influenced by the satellite rainfall in that year which is lower than the recording data from the rain station, beside that the TRMM correction greatly affect the amount of synthetic discharge value.

Key Words: TRMM, Water Balance, Selorejo Reservoir

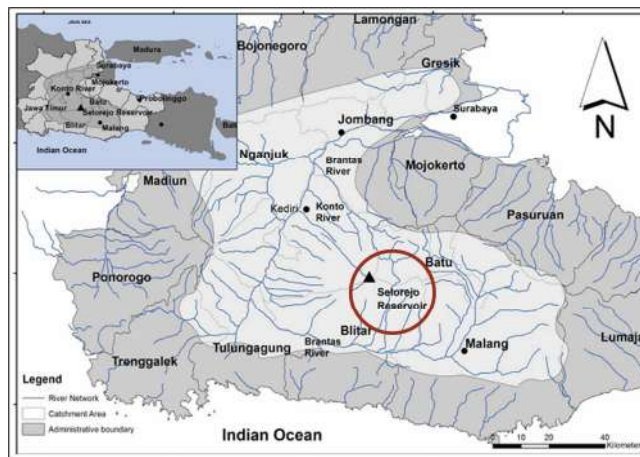
¹ Parahyangan Catholic University;

² Parahyangan Catholic University, (penulis korespondensi);

³ Parahyangan Catholic University.

PENDAHULUAN

Waduk Selorejo terletak di Desa Selorejo, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang dan selesai dibangun pada tahun 1970. Waduk Selorejo berada pada Kali Konto yang merupakan anak Sungai Brantas dengan luas DAS sebesar 236,20 km². Aliran air Waduk Selorejo berasal dari Kali Konto, Kali Pinjal dan Kali Kwanjangan. Waduk Selorejo dimanfaatkan sebagai pemenuhan kebutuhan untuk irigasi, PLTA, pengendali banjir, perikanan dan juga pariwisata. Daerah Irigasi yang dialiri oleh Waduk Selorejo yaitu daerah irigasi Srinjing dan Daerah Irigasi Konto dengan total luas irigasi sebesar 5.700 ha. Terdapat tiga PLTA yang secara paralel memanfaatkan air dari Waduk Selorejo yaitu PLTA Selorejo, PLTA Mendalan dan PLTA Siman. Waduk Selorejo dikelola oleh Perum Jasa Tirta 1, bersama Pembangkit Jawa Bali, dan Dinas Pengairan dan Irigasi tingkat Provinsi.



Gambar. 1 Lokasi Waduk Selorejo

Ketersediaan air di Waduk Selorejo dipengaruhi oleh besarnya nilai curah hujan di wilayah tersebut. Su, dkk, (2008) menyatakan bahwa dalam pemodelan hidrologi, data hujan merupakan data masukan utama dalam analisis ketersediaan air. Untuk itu data hujan haruslah akurat. Studi lainnya yaitu oleh Moron, dkk, (2009) menyatakan bahwa prediksi hujan terutama pada musim hujan merupakan hal yang sangat penting dalam penentuan masa dan pola tanam.

Curah hujan yang terjadi di sekitar waduk akan mempengaruhi volume tampungan waduk tersebut. Studi yang dilakukan oleh Dinas Pekerjaan Umum (2010) memprediksikan bahwa pada tahun 2020 Daerah Irigasi Konto mengalami kekurangan pasokan air. Secara spesifik dinyatakan bahwa pada tahun 2020 Waduk Selorejo hanya dapat memenuhi kebutuhan air irigasi dengan tingkat keberhasilan kurang dari 80%. Dengan kata lain, volume waduk berkurang sebesar 16,2 juta m³ atau hampir mencapai 27% dari volume tampungan total. Salah satu penelitian yang mengambil lokasi studi di Wilayah Sungai Brantas ditujukan untuk mengkaji lebih lanjut mengenai efisiensi penggunaan air pada sektor irigasi dimana dalam rentang waktu yang ditinjau terjadi sejumlah bencana kekeringan. Studi yang dilakukan oleh Hidayat, (2012) menyebutkan bahwa pada tahun 2011 kapasitas tampungan efektif Waduk Selorejo sebesar 36,411 juta m³. Studi lebih lanjut yang dilakukan oleh Ferdian, (2020) melaporkan bahwa kapasitas tampungan Waduk Selorejo hanya tersisa 30,72 juta m³ pada tahun 2017.

Curah hujan yang terjadi dipengaruhi beberapa faktor salah satunya adalah perubahan iklim seperti yang disampaikan oleh Fajaryan dan Soelistyono, (2020) dalam penelitiannya yang menyatakan secara tegas bahwa sejak tahun 1998 sampai dengan 2017 telah terjadi perubahan iklim di wilayah Kabupaten Malang. Selain penurunan curah hujan, indikator perubahan iklim lain yang juga dilaporkan adalah peningkatan suhu udara, kelembaban, dan durasi penyinaran matahari, dimana hal tersebut berdampak pada kapasitas waduk untuk memenuhi berbagai kebutuhan air.

Dari studi terdahulu dapat disimpulkan bahwa curah hujan merupakan data utama dalam pemodelan hidrologi, namun ketersediaan data di Indonesia masih terbatas, data hujan mempunyai rentang yang tidak terlalu panjang dan tidak lengkap, selain itu kurangnya SDM serta pencatatan data hujan yang masih manual merupakan permasalahan yang dihadapi saat ini.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini ditujukan untuk mengevaluasi pemanfaatan data satelit TRMM untuk memprediksikan keseimbangan air di Waduk Selorejo dengan rentang data hujan dari tahun 1998-2008.

KAJIAN PUSTAKA

Curah Hujan Wilayah

Curah hujan yang digunakan dalam analisis ini adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang masuk kedalam batas DAS Selorejo. Sosrodarsono dan Takeda (1977) menjelaskan bahwa salah satu cara menghitung besarnya nilai curah hujan wilayah adalah dengan polygon Thiessen. Cara ini baik digunakan jika titik pengamatan di dalam daerah tersebut tidak tersebar merata. Metode ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Metode polygon Thiessen memberikan bobot tertentu kepada masing-masing stasiun sebagai fungsi jarak pos hujan. Hujan rata-rata daerah untuk poligon Thiessen dihitung dengan persamaan berikut:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (1)$$

Keterangan:

P : curah hujan wilayah (mm)

P_i : curah hujan di titik pos hujan(mm)

A_i : luas daerah pengaruh masing-masing data hujan (km²)

n : jumlah pos curah hujan

Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)

Pengukuran hujan satelit TRMM pertama kali diluncurkan pada tahun 1997 dan mulai pencatatan hujan pada tahun 1998 sampai dengan tahun 2019. Menurut Huffman, dkk, (2019) TRMM mempunyai grid data spasial dengan resolusi 0,25° x 0,25° atau sama dengan 28 km x 28 km dengan pencatatan hujan harian hingga hujan 3 jam-an.

Studi yang dilakukan As-Syakur, (2011) menunjukkan bahwa hujan satelit TRMM mempunyai korelasi yang baik dengan data pos hujan dalam skala hujan bulanan, namun untuk skala hujan harian, korelasi hujan satelit TRMM dan data pos hujan kurang baik. Dalam studinya As-Syakur menyatakan bahwa data hujan satelit TRMM dapat diterima selama perbedaan antara data TRMM dan data pos hujan diperhitungkan.

Studi lainnya yang dilakukan oleh Mamenun, dkk, (2014) yang membagi tiga pola hujan di Indonesia yaitu pola hujan monsoon, lokal dan equatorial. Penyimpangan paling besar adalah pada pola hujan lokal dan yang terkecil pada pola hujan monsun. Dinyatakan pula bahwa secara umum hujan satelit memberikan hasil yang lebih besar pada musim hujan terutama saat puncak hujan dan memberikan hasil kecil saat musim kering. Dalam studinya dihasilkan persamaan koreksi untuk masing-masing pola hujan.

Lebih lanjut, Wijaya, dkk, (2018) menentukan faktor koreksi, data hujan satelit TRMM dibagi menjadi 5 kelompok berdasarkan besarnya nilai hujan. yaitu <10 mm, 10-30 mm, 30-50 mm, 50-70 mm dan diatas atau >70 mm. Pembagian kelompok ini didasarkan pada data pos hujan dan

data TRMM yang terdistribusi secara acak dan besarnya terdiri dari 0 mm. Dalam studinya disimpulkan bahwa untuk basis bulanan data pos hujan lebih tinggi dari data TRMM, namun untuk basis data harian, data pos hujan lebih rendah dari TRMM untuk nilai hujan yang lebih besar dari 30 mm. Meskipun koreksi TRMM gagal digunakan dalam simulasi banjir, namun data TRMM dapat digunakan untuk prediksi desain banjir dengan menggunakan analisis frekuensi atau GEV.

Senjaya, dkk, (2020) menjelaskan bahwa penentuan koreksi TRMM dapat digunakan untuk daerah yang memiliki karakteristik curah hujan yang sama. Selain itu data TRMM dapat digunakan dalam pemodelan hujan limpasan sebagai pengganti data pos hujan yang tidak tercatat atau untuk pemanjangan data hujan dalam pemodelan hidrologi. Penggunaan koefisien koreksi TRMM harian pada curah hujan harian tahunan maksimum dalam analisis desain akan memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan TRMM yang tidak dikoreksi.

Evapotranspirasi Potensial

Menurut Sosrodarsono dan Tekeda (1977) evapotranspirasi potensial adalah ketersediaan air di dalam tanah. Faktor-faktor yang mempengaruhi evapotranspirasi adalah suhu air, suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, tekanan udara, dan sinar matahari. Evapotranspirasi adalah faktor dasar dalam menentukan kebutuhan air dalam perencanaan irigasi dan merupakan proses yang penting dalam siklus hidrologi. Evapotranspirasi potensial dihitung menggunakan persamaan Penman-Monteith dengan bantuan program CROPWAT. Masukan data untuk analisis adalah data temperatur minimum, temperatur maksimum, kelembaban udara, kecepatan angin, lama sinar matahari, dan radiasi. Dalam penelitian ini data iklim yang tersedia adalah data bulanan dari Januari 1998 sampai dengan Desember 2008.

FAO (1990) Metode Penman-Monteith memberikan nilai yang lebih konsisten dengan penggunaan air tanaman yang sebenarnya di seluruh dunia. Besarnya nilai evapotranspirasi dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \tag{2}$$

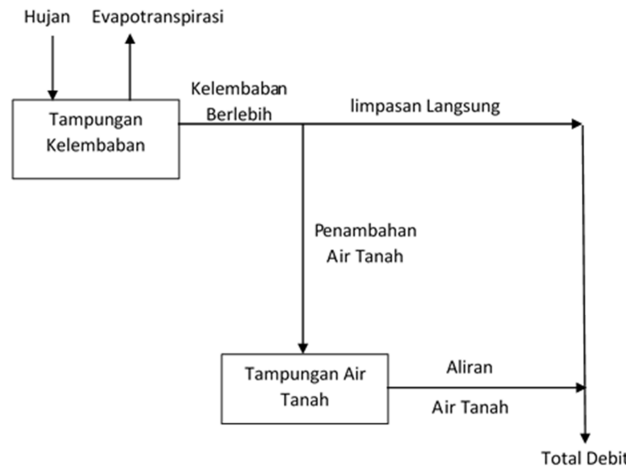
Keterangan:

- ET_o : evapotranspirasi (mm/hari)
- R_n : jumlah radiasi setara dengan evaporasi (mm/hari)
- G : kerapatan flux (mm/hari)
- T : suhu rata-rata pada ketinggian 2 m (°C)
- Δ : tekanan uap (kPa/°C)
- γ : konstanta psikometri (kPa/ °C)
- U₂ : kecepatan angina pada ketinggian 2 m (m/s)
- e_s : tekanan uap jenuh (mbar)
- e_a : tekanan uap sebenarnya di udara (mbar)

Model NRECA

Debit aliran pada sungai perlu diperkirakan selama tidak tersedia pencatatan atau pengamatan aliran di sungai. Salah satu cara memperkirakan debit adalah dengan bantuan model hujan-limpasan NRECA. Model NRECA dikembangkan oleh Normal H. Crawford (USA) pada tahun 1985 untuk memperkirakan debit bulanan dari hujan bulanan. Model ini merupakan model konsepsi yang bersifat deterministik, artinya model ini didasarkan pada teori dasar lalu disesuaikan dengan keadaan di lapangan yang sesungguhnya.

Fritz, (1984) konsep model NRECA ini memerlukan input utama data hujan dan evapotranspirasi aktual yang diilustrasikan pada Gambar 2. Kandungan air dalam tanah atau kelengasan tanah (*Soil Moisture*) dihitung setiap bulan dan merupakan fungsi dari evapotranspirasi aktual dan curah hujan. Evapotranspirasi aktual dihitung dari evapotranspirasi potensial dan hujan dengan bantuan persamaan empiris. Bagian dari kelebihan hujan yang tidak teruapkan dapat menjadi aliran permukaan dan bawah permukaan atau menjadi imbuan ke tampungan air tanah.



Gambar 2. Skema Konsep NRECA

Dalam pemodelan NRECA, terdapat dua parameter yang perlu dikalibrasi, yaitu PSUB dan GWF. PSUB adalah parameter model yang menggambarkan bagian dari kelebihan air yang menjadi imbuan. Sisanya mengalir sebagai aliran langsung yang terdiri dari aliran permukaan dan bawah permukaan. Tampungan air tanah menampung air imbuan tersebut yang dikeluarkan menjadi aliran dasar di sungai. Besarnya aliran dasar yang dikeluarkan adalah GWF kali jumlah tampungan, dengan sendirinya GWF nilainya lebih kecil dari satu. Semakin besar nilai GWF maka semakin banyak air yang dikeluarkan dari tampungan sehingga air tampungan akan cepat habis, begitu pula sebaliknya. Kombinasi parameter PSUB dan GWF memegang peranan penting dalam menentukan hidrograf aliran di sungai yang merupakan penjumlahan antara debit aliran langsung dan aliran dasar.

Debit Andal

Debit andal merupakan suatu besaran debit tertentu yang terjadi dengan suatu tingkat keandalan atau probabilitas tertentu terhadap waktu. Dalam SNI 6738:2015 dinyatakan tingkat keandalan suatu debit adalah sebesar 80%, maka artinya ada kemungkinan sebesar 20% selama jangka waktu yang ditentukan nilai debit yang terjadi tidak mencapai nilai debit andal tersebut. Rumus yang digunakan untuk perhitungan debit andal adalah rumus Weibull seperti berikut:

$$P = \frac{m}{n + 1} \tag{3}$$

Keterangan:

- P : probabilitas debit aliran yang terjadi dilampaui (%)
- m : nomor urut dari nilai besar hingga nilai kecil
- n : jumlah data

Keseimbangan Air Waduk

Untuk mendapatkan hasil yang baik, simulasi waduk perlu dilakukan dalam jangka waktu yang panjang. Studi yang dilakukan oleh Wu dan Chen (2012) dalam kajiannya di Waduk Xinfengjiang dilakukan kalibrasi dengan panjang data 20 tahun untuk mengetahui perilaku

model pada berbagai kondisi. Simulasi yang dilakukan pada jangka waktu pendek tidak akan dapat menggambarkan variasi dalam operasi pada berbagai kondisi.

Kementerian PUPR (2016) menjelaskan bahwa perhitungan keseimbangan air dilakukan untuk mengetahui air yang tersedia mencukupi untuk kebutuhan air pada lokasi tersebut. Dalam perhitungan keseimbangan air pada suatu waduk perlu diketahui besarnya debit inflow dan outflow waduk, volume tampungan waduk dan elevasi muka air waduk.

Rumus dasar yang digunakan dalam perhitungan keseimbangan air adalah

$$S_{t+1} = S_t + I_t - O_t - E_t - R_t \tag{4}$$

Dimana:

- S_{t+1} : Volume tampungan pada periode t+1 (m^3)
- S_t : Volume tampungan pada periode t (m^3)
- I_t : Volume aliran yang masuk ke dalam waduk pada periode t (m^3)
- O_t : Volume aliran yang keluar dari waduk pada periode t (m^3)
- E_t : Volume evaporasi di waduk pada periode t (m^3)
- R_t : Volume rembesan di waduk pada periode t (m^3)

Uji Validasi

Suhartanto,dkk (2012) validasi merupakan proses evaluasi terhadap model untuk mendapatkan gambaran tentang tingkat ketidakpastian yang dimiliki oleh suatu model dalam memprediksi proses hidrologi. Menurut Indarto, (2012) pada umumnya validasi dilakukan dengan menggunakan data diluar periode data yang digunakan untuk kalibrasi. Uji validasi dilakukan dengan beberapa metode diantaranya yaitu:

1. Root Mean Squared Error (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - Y)^2}{n}} \tag{5}$$

- RMSE : nilai *Root Mean Square Error*
- Y : nilai pemodelan
- X : nilai pengamatan
- n : jumlah data

2. Koefisien Korelasi

Sugiono, (2007) Uji korelasi bertujuan untuk melihat hubungan antar kedua variable berdasarkan kriteria yang disajikan pada Tabel. 1

$$Corel = \frac{n \sum_{i=1}^n XY - \sum_{i=1}^n X \sum_{i=1}^n Y}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n X^2 - (\sum_{i=1}^n X)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n Y^2 - (\sum_{i=1}^n Y)^2}} \tag{6}$$

- Corel : nilai korelasi antara variable x dan y
- Y : nilai pemodelan
- X : nilai pengamatan
- n : jumlah data

Tabel 1. Kriteria Nilai Koefisien Korelasi

Nilai Korelasi	Interpretasi
0-0,19	Sangat Rendah
0,20-0,39	Rendah
0,40-0,59	Sedang
0,60-0,79	Kuat
0,8-1	Sangat Kuat

3. Nash-Sutcliffe Effisency (NSE)

Motovilov, dkk (1999) Uji efisiensi Nash-Sutcliffe bertujuan untuk mengevaluasi keshahihan pada model dengan menggunakan kriteria yang disajikan pada Tabel 2.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X - Y)^2}{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2} \tag{7}$$

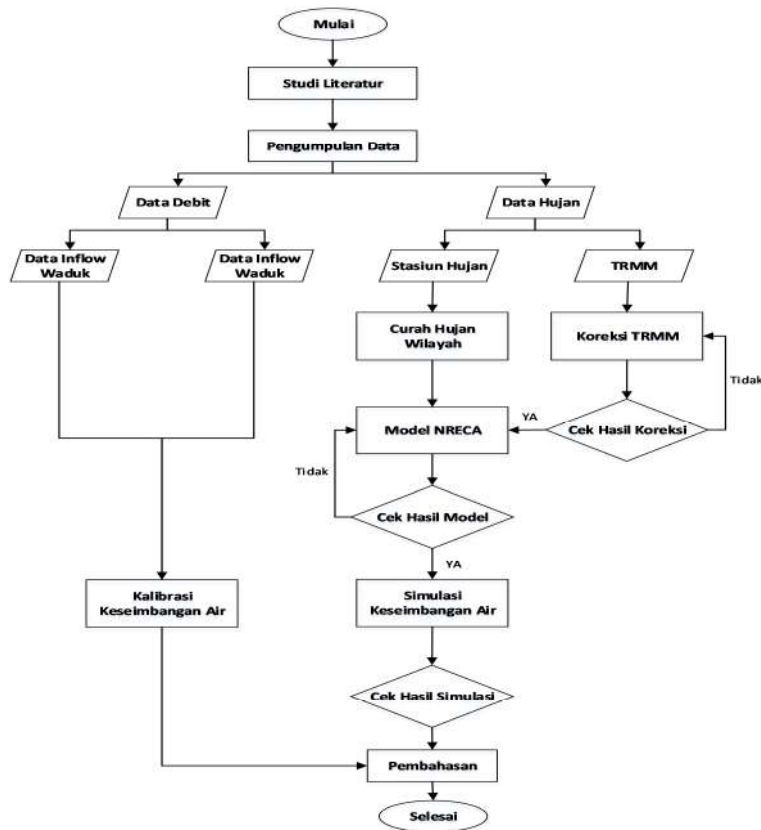
- NSE : nilai koefisien Nash-Sutcliffe
- Y : nilai pemodelan
- X : nilai pengamatan
- \bar{X} : rata-rata hasil pengamatan

Tabel 2. Kriteria Nilai Nash-Sutcliffe Effisency (NSE)

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

METODOLOGI PENELITIAN

Secara umum metodologi yang digunakan dalam studi ini dapat dilihat pada Gambar 3. Kegiatan penelitian ini dimulai dengan mempelajari literatur yang terkait dengan topik penelitian kemudian dilakukan pengumpulan data yang diperlukan untuk mendukung analisis dan pemodelan yang direncanakan. Analisis data yang dilakukan meliputi analisis curah hujan, analisis hujan satelit, pemodelan hujan limpasan menggunakan model NRECA dan simulasi keseimbangan air waduk. Data pos hujan yang mewakili DAS Selorejo ini yaitu pos hujan Selorejo, Sekar, Pujon, Ngantang dan Kedungrejo. Analisis curah hujan dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai hujan yang mewakili wilayah DAS Selorejo. Hujan satelit di lokasi studi diwakili oleh koordinat grid 112.625, -7.875. Sebelum digunakan dalam pemodelan hujan limpasan, data hujan satelit dikoreksi terlebih dahulu. Dalam pemodelan hujan limpasan menggunakan model NRECA terlebih dahulu dilakukan kalibrasi dengan data debit inflow hasil pengamatan yaitu dari tahun 1998 – 2008, kemudian parameter model yang didapat selanjutnya digunakan untuk memprediksi besarnya debit sintetis pada DAS Selorejo, kemudian dilakukan simulasi keseimbangan air untuk mengetahui besarnya elevasi muka air berdasarkan nilai debit sintetis pos hujan dan nilai debit sintetis TRMM.



Gambar 3. Bagan alir metodologi penelitian

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam analisis ini yaitu data hujan yang terdiri dari pos hujan Selorejo (1998-2016), pos hujan Pujon (1998-2016), pos hujan Sekar (1998-2016), pos hujan Kedungrejo (1998-2017) dan pos hujan Ngantang (1998-2017). Selain itu digunakan juga data hujan satelit TRMM (1998-2019). Data pengamatan debit inflow dan outflow Waduk Selorejo dari tahun 1998-2008.

Analisis Curah Hujan Wilayah

Analisis curah hujan wilayah dilakukan dengan metode polygon Thiessen yang dapat dilihat pada Gambar. 4 dengan hasil bobot luas wilayah tiap pos hujan yang dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 4. Polygon Thiessen DAS Selorejo

Tabel. 3 Persentase Bobot Wilayah tiap Sub DAS

Sub DAS	Luas Area (km ²)	Bobot (%)
Pujon	70.19	0.296
Ngantang	52.64	0.223
Selorejo	12.50	0.054
Kedungrejo	53.59	0.227
Sekar	47.31	0.200

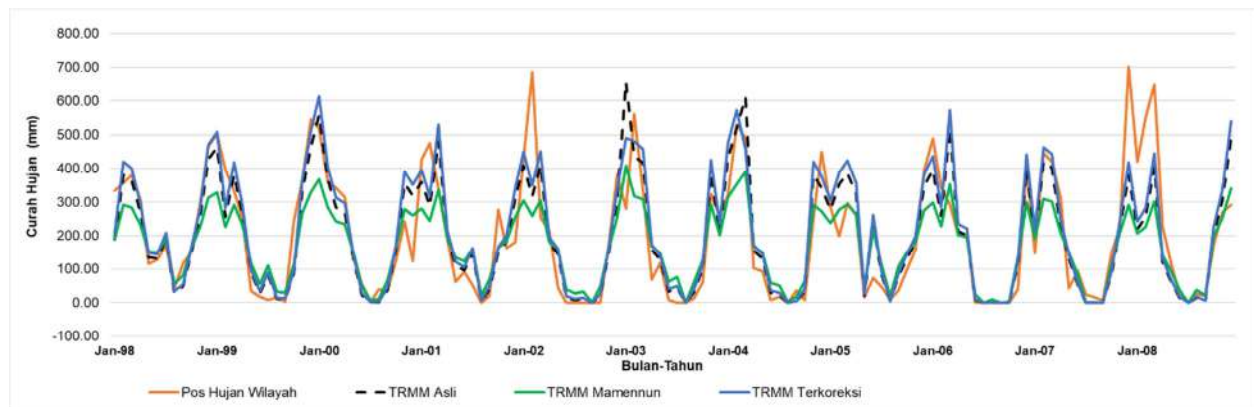
Koreksi Data Hujan Satelit TRMM

Sebelum digunakan dalam pemodelan hujan limpasan, data hujan satelit TRMM terlebih dahulu dilakukan koreksi TRMM dengan dua pendekatan metode yaitu dengan metode mamenun dan pendekatan probabilitas. Besarnya penyimpangan hasil koreksi TRMM tersaji pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Perbandingan Fungsi Objektif RMSE hasil koreksi TRMM

Pos Hujan	RMSE sebelum dikoreksi	Koreksi Mamenun		Koreksi Probabilitas	
		RMSE	Korelasi	RMSE	Korelasi
Selorejo	140.31	169.17	0.82	147.07	0.83
Kedungrejo	111.20	186.52	0.80	115.82	0.82
Pujon	121.61	155.23	0.76	121.20	0.77
Sekar	119.13	224.83	0.86	120.39	0.87
Ngantang	192.05	292.56	0.82	141.76	0.83
Average	136.86	205.66	0.81	129.25	0.82

Dari hasil analisis, koreksi trmm dengan metode mamenun menghasilkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan metode probabilitas. Hal ini dikarenakan metode mamenun membagi wilayah Indonesia menjadi 3 zonasi, sehingga pada saat dilakukan koreksi data satelit dengan persamaan regresi, cakupan luas wilayahnya terlalu luas. Sedangkan dalam metode probabilitas penentuan nilai faktor koreksi berdasarkan pengelompokkan besarnya nilai hujan. Hal ini merujuk pada studi yang telah dilakukan oleh Wijaya, dkk, (2018) dan Senjaya, dkk, (2020). Dalam studi ini koreksi TRMM menggunakan metode probabilitas karena hasil koreksi TRMM lebih medekati nilai curah hujan wilayah.



Gambar 5. Pos Hujan wilayah, TRMM dan TRMM terkoreksi

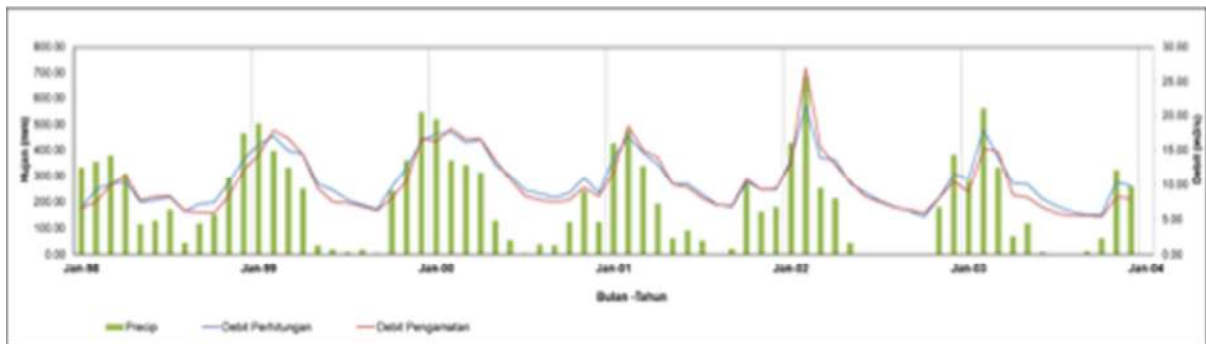
Dalam studi ini faktor koreksi TRMM dibagi dalam tiga kelompok berdasarkan besarnya nilai hujan yaitu untuk hujan < 40 mm faktor koreksi sebesar 1,250 untuk hujan 40 mm sampai dengan 600 mm faktor koreksi sebesar 1,025 dan untuk hujan > 600 mm faktor koreksi sebesar 0,75. Dari hasil koreksi tersebut, dapat menurunkan nilai RMSE sebesar 17,47.

Pemodelan Hujan Limpasan menggunakan NRECA

Analisis hujan limpasan dilakukan dengan menggunakan model NRECA yang sebelumnya dilakukan kalibrasi hujan wilayah terhadap data inflow pengamatan. Kalibrasi dilakukan menggunakan data inflow dari tahun 1998 sampai dengan tahun 2003, kemudian divalidasi terhadap data inflow tahun 2004 sampai dengan tahun 2008. Parameter kalibrasi dan hasil validasi hujan limpasan tersaji pada Tabel 5, Gambar 6 dan Gambar. 7.

Tabel 5. Parameter kalibrasi model

Parameter	Value
C	0,25
Nominal	688,40
Initial Begin Moist Storage (mm)	1.350,00
Begin Storage GW (mm)	100,00
PSUB	0,78
GWF	0,11
Precipitation Factor (PF)	0,65



Gambar. 6 Kalibrasi model hujan limpasan

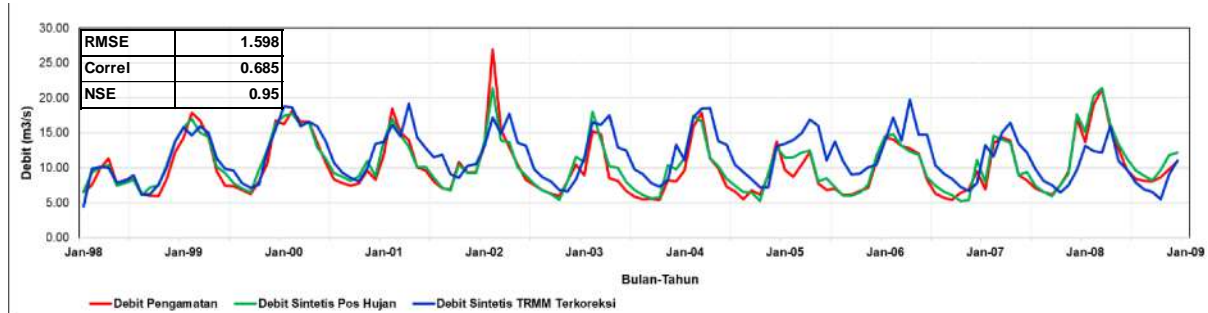


Gambar. 7 Validasi model hujan limpasan

Berdasarkan hasil kalibrasi pada Gambar. 6 dapat disimpulkan bahwa parameter yang digunakan dalam kalibrasi sudah cukup baik dengan hasil kalibrasi menunjukkan bahwa debit inflow yang dihasilkan dari model NRECA mendekati debit inflow pengamatan. Hal ini dibuktikan dengan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) pada fungsi objektif yang kurang dari 1, artinya

penyimpangan yang terjadi sangat kecil, selain itu fungsi objektif lainnya adalah koefisien korelasi yang menunjukkan hasil yang baik yaitu dibawah nilai 1.

Dengan parameter yang sama dilakukan juga pemodelan hujan limpasan dengan menggunakan data hujan satelit yang telah dikoreksi untuk mendapatkan nilai debit sintesis TRMM terkoreksi sepanjang tahun 1998 sampai dengan tahun 2008. Hasil pemodelan hujan limpasan tersaji pada Gambar 8.

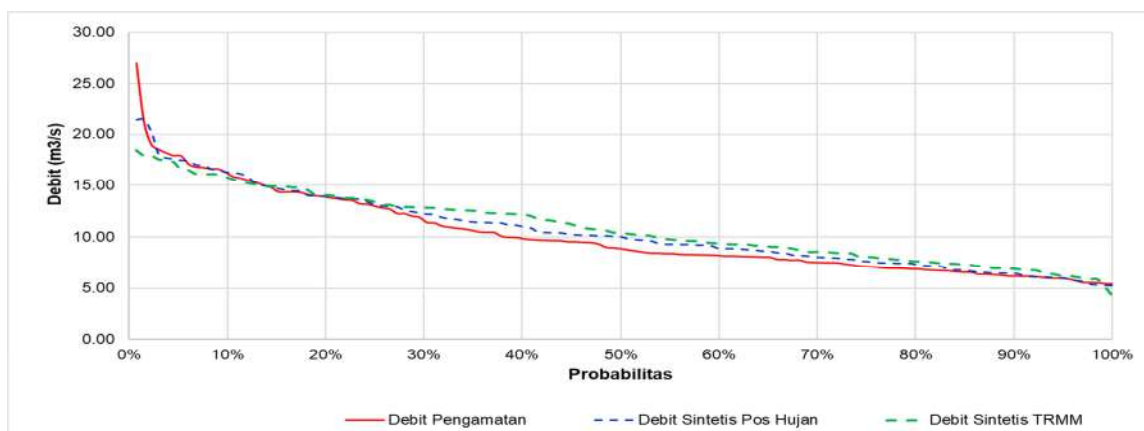


Gambar 8. Hasil pemodelan hujan limpasan TRMM terkoreksi tahun 1998-2008

Gambar 8 menunjukkan bahwa debit sintesis TRMM terkoreksi yang dihasilkan lebih tinggi dari debit pengamatan dengan korelasi sebesar 0,685, penyimpangan yang ditunjukkan oleh nilai RMSE sebesar 1,598 dan NS sebesar 0,95. Tingginya debit sintesis yang dihasilkan dipengaruhi oleh besarnya curah hujan yang terjadi. Dari kedua hasil pemodelan tersebut didapatkan nilai debit andal seperti yang tersaji pada Tabel 6.

Tabel. 6 Perbandingan Debit Andal terhadap debit pengamatan dan debit sintesis

Debit Andal	Debit Pengamatan	Pos hujan		TRRM Terkoreksi	
		Debit Sintetik	% Beda	Debit Sintetik	% Beda
Q 20	13.932	13.925	0.1%	14.036	0.7%
Q50	8.849	10.034	13.4%	10.374	17.2%
Q75	7.096	7.623	7.4%	8.089	14.0%
Q80	6.882	7.419	7.8%	7.650	11.2%
Q95	5.956	6.026	1.2%	6.246	4.9%



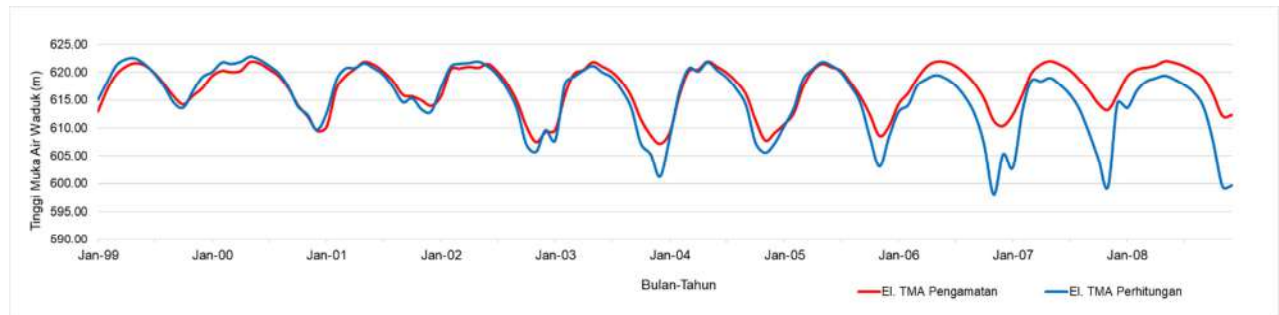
Gambar. 9 Kurva durasi debit pengamatan, debit sintesis pos hujan dan debit sintesis TRMM

Berdasarkan kurva durasi diatas, terlihat bahwa debit sintesis TRMM terkoreksi memberikan nilai yang lebih rendah untuk probabilitas tinggi atau dengan kata lain gagal mencapai puncak

hujan. Namun demikian debit sintetis TRMM terkoreksi tersebut mendekati debit sintetis pos hujan dengan perbedaan tidak lebih dari $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ artinya besarnya curah hujan satelit yang telah dikoreksi dapat digunakan dalam analisis untuk melengkapi data pos hujan yang tidak tercatat atau dapat juga digunakan untuk memperpanjang data.

Keseimbangan Air Waduk Selorejo

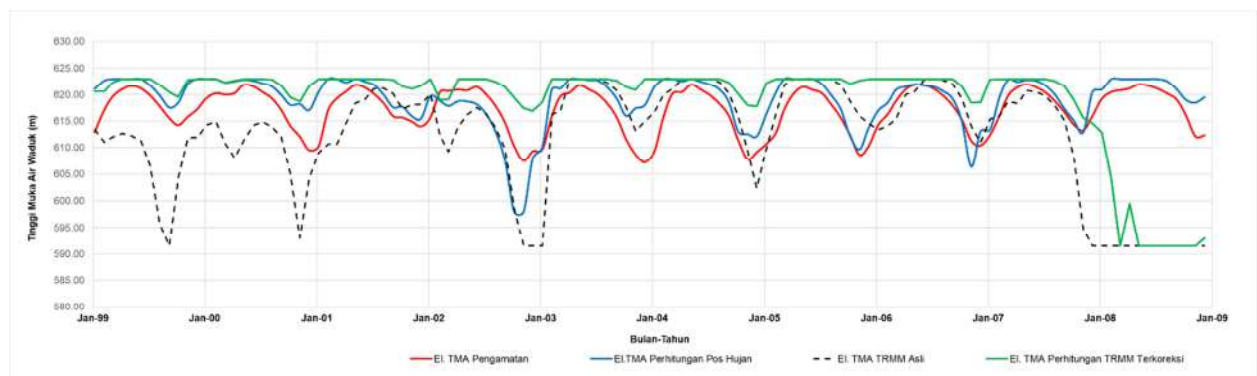
Kalibrasi keseimbangan air di Waduk Selorejo yang di tunjukkan Gambar. 10 dilakukan dengan data elevasi muka air waduk berdasarkan data pengamatan yaitu dari tahun 1999 sampai dengan tahun 2008. Kalibrasi tersebut dilakukan untuk memperoleh elevasi muka air awal yang akan digunakan dalam perhitungan keseimbangan air.



Gambar. 10 Kalibrasi Elevasi Muka Air Waduk Selorejo

Dari hasil kalibrasi dapat disimpulkan bahwa elevasi muka air awal adalah + 606.00 m. Hasil kalibrasi cukup baik terlihat dari Gambar. 10 dimana elevasi muka air waduk hasil simulasi mendekati elevasi muka air waduk hasil pengamatan.

Simulasi keseimbangan air sepanjang tahun 1999 sampai dengan 2008 dilakukan terhadap data debit sintetis pos hujan dan debit sintetis TRMM terkoreksi dengan hasil yang terlihat pada Gambar 11. Data masukan dalam melakukan simulasi keseimbangan air di waduk adalah elevasi muka air awal pada elevasi +612.91 dan elevasi muka air minimum + 598.00 m.



Gambar.11 Simulasi keseimbangan air Waduk Selorejo

Dari gambar di atas terlihat bahwa elevasi muka air hasil simulasi berdasarkan debit sintetis pos hujan lebih besar dari data pengamatan. Perbedaan elevasi muka air waduk terbesar yaitu terjadi pada tahun 2003, tinggi air hasil simulasi lebih rendah dari hasil pengamatan, hal ini terjadi karena pada tahun tersebut terjadi kekeringan di sekitar lokasi studi. Namun jika dilihat secara keseluruhan, elevasi muka air hasil simulasi lebih besar dari hasil pengamatan, ini menunjukkan bahwa nilai inflow pengamatan lebih kecil dari hasil perhitungan, kemungkinan yang terjadi adalah adanya tambahan air yang tidak tercatat. Selisih inflow yang terjadi yaitu sebesar $961.506,16 \text{ m}^3$ atau sekitar 3,46% dari rata-rata inflow yang tercatat.

Hasil serupa untuk debit sintetis TRMM terkoreksi, elevasi muka air hasil simulasi lebih tinggi dari elevasi muka air berdasarkan debit sintetis pos hujan dan juga hasil pengamatan. Penurunan

elevasi muka air terjadi hampir di sepanjang tahun 2008. Hal ini terjadi karena berdasarkan data pencatatan hujan satelit di tahun tersebut curah hujan yang terjadi di sekitar lokasi studi sangat rendah. Faktor lainnya adalah, nilai hujan satelit yang dianggap merata sepanjang grid sedangkan data hujan pencatatan melalui pos hujan merupakan hujan yang terjadi pada lokasi tersebut, selain itu pengelompokan data hujan untuk menentukan faktor koreksi TRMM pun mempengaruhi besarnya nilai debit sintetis.

KESIMPULAN

Dari analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Koreksi data hujan satelit TRMM menunjukkan hasil yang baik dengan, yang terlihat dari nilai RMSE yang mencerminkan besarnya penyimpangan yang terjadi. Sebelum dilakukan koreksi nilai RMSE sebesar 136,86 namun setelah dikoreksi menjadi 119,39.
2. Berdasarkan hasil pemodelan hujan limpasan penyimpangan yang terjadi antara debit sintesis pos hujan dengan debit pengamatan relatif kecil yaitu sebesar 0,921 dengan korelasi sebesar 0,682. Sedangkan penyimpangan yang terjadi antara debit sintetis TRMM dengan debit pengamatan sebesar 1,517 dan korelasi sebesar 0,682.
3. Berdasarkan kurva durasi, debit sintetis TRMM lebih besar dibandingkan dengan debit sintetis pos hujan dan debit pengamatan, perbedaan terbesar yaitu untuk Q50 yang mencapai 17,2%, namun debit sintetis TRMM tersebut mendekati debit sintetis pos hujan dengan perbedaan tidak lebih dari 0,5 m³/s.
4. Hasil simulasi waduk berdasarkan debit sintetis pos hujan menunjukkan bahwa elevasi muka air hasil simulasi lebih besar dari hasil pengamatan, hal ini menunjukkan adanya perbedaan nilai inflow sebesar 3,46% lebih besar dari inflow pengamatan.
5. Elevasi muka air hasil simulasi debit sintetis TRMM lebih tinggi dari elevasi muka air berdasarkan debit sintetis pos hujan dan juga hasil pengamatan. Penurunan elevasi muka air terjadi hampir di sepanjang tahun 2008. Hal ini dipengaruhi oleh curah hujan satelit pada tahun tersebut lebih rendah dari data pencatatan pos hujan, selain itu faktor koreksi TRMM sangat berpengaruh terhadap besarnya nilai debit sintetis.

Daftar Pustaka

- As-syakur, A. R. (2011). “*Status of the TRMM Level 3 in Indonesia,*” *The 2nd CReSOS International Symposium*, hal. 140–142. doi: 10.1145/2808492.2808558.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). *Perhitungan Debit Andalan Sungai Dengan Kurva Durasi Debit*. Standar Nasional Indonesia 6738:2015.
- Departemen Pekerjaan Umum, (1995) *Bendungan Besar Di Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum.
- Fajaryan, C., & Soelistyono, R. (2020). *Kajian Dampak Perubahan Iklim Terhadap Produktivitas Bawang Putih (Allium sativum L.) di Kabupaten Malang*, 886–891.
- Ferdian, F. (2020). *Analisis Alternatif Pengendalian Sedimen Waduk Selorejo*.pdf.
- Fritz, J.J. (1984). *Small and Mini Hydropower Systems*. McGraw-Hill. United States of America.
- Hidayat, F. (2012). *Managing the Water-Food-Energy Securities in the Brantas River Basin, Indonesia*. Current, 1–6.
- Huffman, G. J., Pendergrass, A. & National Center for Atmospheric Research Staff (Eds). (2019) *The Climate Data Guide: TRMM: Tropical Rainfall Measuring Mission*. (Tersedia pada: <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/trmm-tropical-rainfall-measuring-mission>).

- Indarto. (2012) Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi. Jakarta: PT. Bumi Aksara
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2016). Laporan Kinerja Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. doi: 10.3406/arch.1977.1322.
- Mamenun., Pawitan, H., & Sophaheluwakan, A. (2014). “Validasi dan koreksi data satelit TRMM pada tiga pola hujan di Indonesia (*Validation and correction of TRMM satellite data on three rainfall patterns in Indonesia*).” *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 15(1), hal. 13–23. (Tersedia pada: <http://202.90.199.54/jmg/index.php/jmg/article/view/169/155>).
- Mortovilov, Y.G., Gottschalk, L., Engeland, K., dan Rodhe. A. (1999). *Validation of a Distributed Hydrological Modelling Against Spatial Observations*. *Elsier Agricultural and Forest Meteorology*, 98:257-277
- Moron,V., Robertson, A.W.,& Boer,R.(2009). *Spatial Coherence and Seasonal Predictability of Monsuun Onset Over Indonesia*. *Journal of Climate*,22, 840-850.
- Pekerjaan Umum. (2010). Pengelolaan sumber daya air wilayah sungai brantas tahun 2010.
- Sosrodarsono, S., Takeda. K. (1977). Hidrologi Untuk Pengairan, Jakarta, Pradnya Paramita.
- Senjaya, T., Yudianto, D., Xie, Y., & Adidarma, W.K. (2020). *Application of TRM in the Hydrological Analysis of Upper Bengawan Solo River Basin*. *Journal of the Civil Engineering Forum*.
- Su,F., Hong,Y.,& Lettenmaier, D.P. (2008). *Evaluation of Multi-satellite Precipitation Analysis (TMPA) and Its Utility in Hydrologic Prediction in the LA Plata Basin*. *Journal of Hydrometeorology*, 9,622-640.
- Sugiyono. (2007). Statika Untuk Penelitian. Bandung: CV. ALFABETA
- Wijaya, O.T., Adidarma. W.K., Riyanto, B.A., Yudianto.D., Ramadan.A.N.A., & Al-Mahran.R. (2018). Application of TRMM for Runoff Prediction in Ungauged Basin, Case Study Nanjung Cathcment, Proc. IAHR-APD Congr., 21, 2008, 513-520.
- Wu, Y., & Chen, J. (2012). “*An operation-based scheme for a multiyear and multipurpose reservoir to enhance macroscale hydrologic models,*” *Journal of Hydrometeorology*, 13(1), hal. 270–283. doi: 10.1175/JHM-D-10-05028.1