

Analisis Limpasan Langsung Metode *Nakayasu* Menggunakan Data TRMM Studi Kasus DAS Gendol

Analysis of Direct Runoff the Nakayasu Method Using TRMM Rain Data Case Study of Gendol watershed

Dian Kusumaningrum, Puji Harsanto

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Pentingnya air dalam analisis hidrologi perlu memanfaatkan data hujan secara optimal, namun ketidak-tersediannya alat pengukur hujan secara merata menjadi salah satu alasan sulitnya untuk mengkaji data curah hujan yang akurat dan dapat dipercaya. Sehingga beberapa peneliti melakukan penelitian untuk mencari alternatif lain untuk mendapatkan data curah hujan, salah satunya yaitu menggunakan data dari satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). TRMM merupakan satelit yang dirancang untuk memantauncurahhujan pada daerah tropis dan subtropis, serta untuk mengetahui mekanisme perubahan iklim global dan *monitoring* variasi lingkungan. Penelitian ini menerapkan Metode *Nakayasu* untuk analisis hidrograf limpasan langsung. Data curah hujan dari *Automatic Rainfall Recorder* (ARR) dan dari satelit TRMM. Lokasi penelitian adalah DAS Gendol pada bulan Februari 2017. Tujuan dari penelitian ini membandingkan hidrograf limpasan langsung dengan input data hujan dari satelit TRMM dan stasiun ARR serta dibandingkan dengan debit AWRL. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa Hasil analisis evaluasi ketelitian model dengan menggunakan model indeks kesesuaian (R^2) memiliki nilai yang cukup baik yaitu 0.41806. Berdasarkan koefisien efektif didapatkan nilai CE= 2,792 di mana optimasi sangat efisien, yang artinya ada menunjukkan bahwa hidrograf memiliki kecocokan secara keseluruhan. Namun berdasarkan nilai kesalahan gelombang dan kesalahan debit puncak memiliki data yang kurang akurat.

Kata kunci: Koefisien korelasi Satelit TRMM, Metode *Nakayasu*, Limpasan langsung,.

Abstract. *The importance of water in hydrological analysis needs to utilize rain data optimally, but the unavailability of a rain gauge evenly is one reason it is difficult to study rainfall's data that is accurately and reliably, so the researchers find alternatives to obtain rainfall, one of which is to use Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satellite. TRMM is a satellite designed to monitor rainfall in tropical and subtropical regions, as well as to know the mechanism of global climate change and monitoring environmental variations. This study applies the Nakayasu for direct runoff hydrograph analysis. data from Automatic Rainfall Recorder (ARR) and from TRMM satellites. The research location was the Gendol watershed in February 2017. The purpose of this study was to compare direct runoff hydrographs with rain data input from TRMM satellites and ARR stations and compared to AWRL discharge. The results of the study show that the results of the evaluation of the accuracy of the model using the conformity index model (R^2) have a fairly good value of 0.41806. Based on the effective coefficient, the CE value is 2.792 where optimization is very efficient, which means there is an indication that the hydrograph has an overall match. However, based on the value of wave error and peak discharge error data have the less accurate*

Keywords : *Correlation coefficient, TRMM satellite, Nakayasu method, direct runoff*

1. Pendahuluan

Sungai Opak merupakan salah satu sumber daya air yang memiliki pengaruh penting bagi kehidupan masyarakat sekitar sungai. Selain digunakan untuk memenuhi kebutuhan air dalam rumah tangga, sungai juga dimanfaatkan sebagai penyedia air untuk irigasi pada lahan pertanian, perkebunan, cadangan air pada musim kemarau, dan lain-lain. Mengetahui pentingnya air pada Sungai Opak perlu dilakukan kajian dengan melakukan pengamatan – pengamatan hidrologi agar air pada sungai Opak maupun pada sungai – sungai lain dapat dimanfaatkan dan dikelola secara optimal untuk mengurangi penggunaan air secara berlebih .

Pengamatan hidrologi membutuhkan data curah hujan yang lengkap yaitu data waktu pencatatan yang kontinyu dan jumlah stasiun pengukur hujan yang terdistribusi secara merata, sehingga dapat mewakili kondisi wilayah sungai yang ditinjau (Dasanto, 2014). Namun masalah yang sering dialami yaitu ketidakterediaan stasiun pengukur hujan yang merata terutama pada sungai – sungai pada daerah terpencil sehingga sulit untuk mendapatkan data curah hujan yang mewakili daerah tersebut. Masalah lain yang sering dialami juga yaitu tidak adanya stasiun *Automatic Water Level Recorder (AWLR)* yang mencatat tinggi muka air aliran sungai dalam waktu yang panjang. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah menggunakan data hujan simulasi atau dugaan yang diperoleh dari satelit cuaca seperti data hujan TRMM.

Estimasi distribusi spasial curah hujan dapat ditingkatkan dengan masuknya data pendukung seperti data radar, satelit dan topografi. Selain itu, resolusi tinggi perkiraan curah hujan dari satelit telah digunakan dalam banyak penelitian sebagai sumber data yang berharga untuk aplikasi hidrologi dan perencanaan sumber daya air tujuan (Masih dkk., 2011 ; Wilk dkk., 2006; Gebremichael, 2009). Akibatnya, peluang baru perkiraan curah hujan satelit terbuka untuk yang efisien peramalan di daerah aksesibilitas terbatas dan dengan pengamatan berbasis darat jarang (Moreno dkk., 2012). Ketersediaan deteksi curah hujan aktif dari ruang angkasa telah

meletakkan dasar estimasi angkasa dari radar dan radar-radiometer (Michaelides dkk., 2009). Namun, akurasi mutlak produk curah hujan satelit dipertanyakan dan membutuhkan validasi menyeluruh sebelum dapat digunakan secara luas (Tian dan Lidard, 2010)

Satelit TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) diluncurkan pada bulan November 1997 hasil kerjasama antara NASA (milik AS) dan JAXA (milik Jepang) (Zhang dkk., 2012). TRMM dibuat untuk mengukur curah hujan pada daerah tropis dan subtropis. Berbagai penelitian terkait penggunaan data TRMM yang digunakan sebagai alternatif dalam mendapatkan data curah hujan sering dilakukan. Beberapa tujuan yang ingin dicapai yaitu untuk menyediakan data curah hujan pada daerah tropis, menggambarkan kondisi kekeringan di suatu DAS, dll.

Li dkk. (2017) menjelaskan bahwa penelitian yang dilakukan di daerah sungai Tiaoxi (China) menunjukkan data curah hujan TRMM kinerja yang bagus dengan skala waktu bulanan dan tahunan. Pada penelitian Meng dkk. (2014) dijelaskan bahwa pengukuran data curah hujan dari tahun 1998 hingga 2008 menunjukkan bahwa menyimpulkan bahwa TMPA lebih cocok untuk prediksi hidrologi jangka panjang. Levinaa dkk.(2015) melakukan penelitian dengan membandingkan data dari TRMM, *Aphrodite* dan data stasiun tanah di DAS Pemali-Comal dan menunjukkan Indeks kekeringan meteorologi dihitung dari TRMM memberikan hasil yang lebih baik daripada *Aphrodite*. Penelitian yang dilakukan Adjei dkk. (2012) dengan lokasi pengamatan yaitu dilakukan di lembah Black Volta, Ghana dengan menggunakan data curah hujan bulanan menunjukkan bahwa korelasi antara debit limpasan dan data bulanan berkisar dari 0,73 ke 0,88 dengan koefisien korelasi (R) dari 0,94 dan didapatkan hasil keseluruhan tangkapan air curah hujan diwakili dengan baik oleh data TRMM, namun curah hujan stasiun tahunan diperkirakan terlalu rendah atau terlalu tinggi. Meskipun curah hujan TRMM data tidak cocok dengan pengukuran tanah, masih bisa digunakan untuk melengkapi pengukuran tanah dan untuk memperkirakan curah hujan di daerah yang tidak ada stasiun pengukur hujan.

Hal ini yang menjadi referensi bagi penulis dalam melakukan penelitian dengan

menganalisis data curah hujan dari satelit TRMM sebagai alternatif lain dalam mencari data curah hujan. Perbedaan penelitian yang dilakukan penulis dengan penelitian terdahulu yaitu data curah hujan TRMM yang diambil oleh penulis yaitu pada skala waktu jam-jaman dan lokasi penelitian yang berada pada DAS Gendol, Yogyakarta.

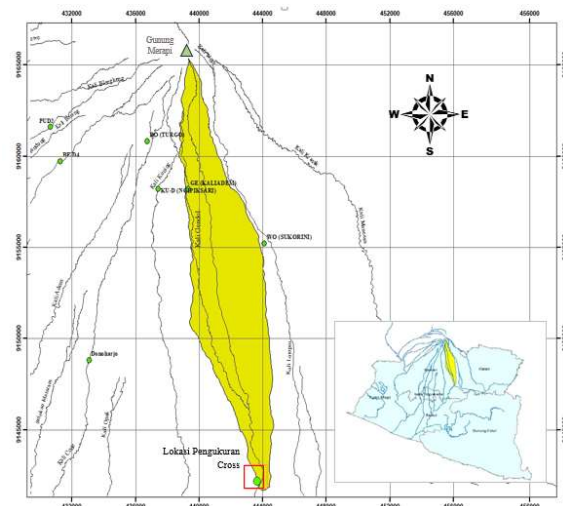
2. Metode Penelitian

Lokasi dan Data Penelitian

Lokasi penelitian yaitu berada pada Sub DAS Opak hulu berada pada $110^{\circ} 21'00''$ hingga $110^{\circ} 03'48''$ BT dan $-07^{\circ} 46'12''$ hingga $-07^{\circ} 32'24''$ dengan luas DAS yaitu $67,7 \text{ km}^2$ dan panjang sungai $25,89 \text{ km}$. Data stasiun AWLR Prambanan pada bulan Februari 2017 dan menggunakan 2 data stasiun pengukur hujan yaitu Kaliadem dan Turgo.

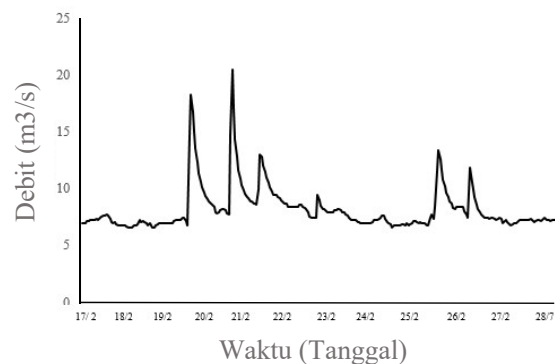


Gambar 1 Lokasi pengukuran hidrometri



Gambar 2 Sebaran stasiun pengukur hujan di sekitar DAS Gendol

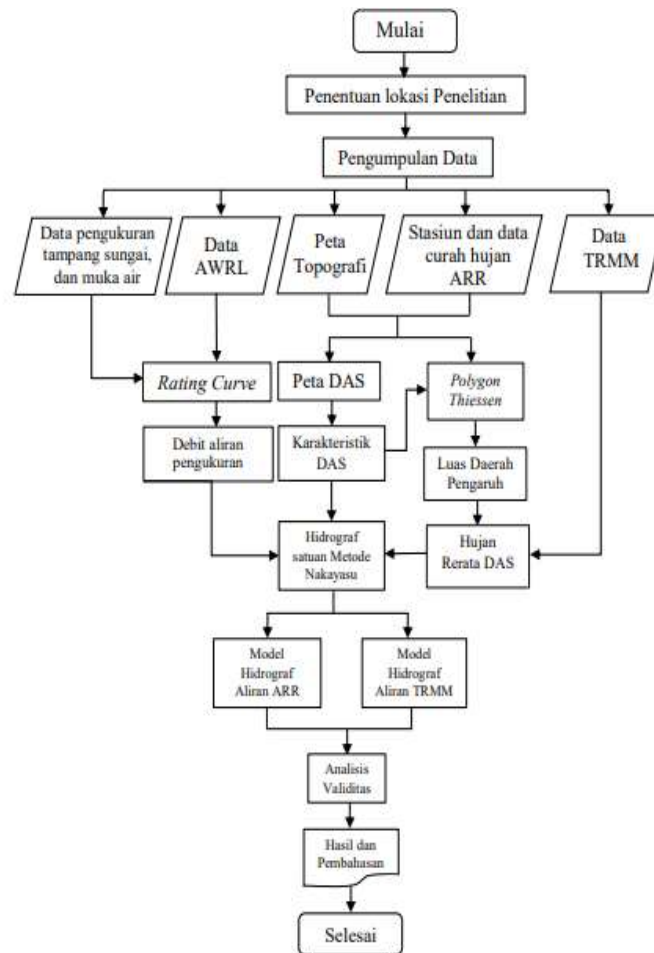
Stasiun AWRL Prambanan berada pada koordinat $110^{\circ} 29'16,8''$ BT dan $-7,756$ LS. Data debit pengukuran stasiun AWLR Prambanan didapatkan dari UGM. Data AWRL Prambanan yang dipakai untuk penelitian ini merupakan data pengalihragaman muka air yang tercatat pada 17 - 28 Februari 2017.



Gambar 3 Debit air yang tercatat pada stasiun hujan AWRL pada 17-28 Februari 2017

Bagan Alir Penelitian

Tahapan – tahapan penelitian disajikan pada gambar 4 sebagai berikut :



Gambar 4 Bagan alir tahapan – tahapan pelaksanaan

Pembuatan Batas DAS

Data yang digunakan dalam pembuatan batas Sub DAS Prambanan hulu adalah peta kontur wilayah Sub DAS Prambanan hulu dengan koordinat lokasi stasiun *AWLR* Prambanan sebagai titik *outlet* DAS. Pembuatan DAS dilakukan dengan menghubungkan punggung-punggung bukit atau gunung di sekeliling Sungai Opak hulu dengan titik outlet pada stasiun *AWLR* Prambanan hingga membentuk garis utuh.

Menentukan nilai Curve Number (CN)

Menurut Triatmodjo (2008) nilai *curve number* didapatkan dari karakteristik DAS seperti jenis tataguna tanah dan tipe tanah. Di setiap daerah memiliki nilai CN yang berbeda – beda.

Hujan Efektif

Hujan efektif perjam (Pe/jam) didapat dari pengurangan hujan efektif kumulatif jam sekarang dan 1 jam sebelum hujan, sedangkan Hujan efektif kumulatif didapatkan dari hujan total dikurangi dengan abstraksi awal (I_a) kumulatif dan aliran dasar (f_a) kumulatif. Dimana nilai $I_{a\text{kumulatif}}$ dan $f_{a\text{kumulatif}}$ dapat ditentukan dengan syarat sebagai berikut :

$$I_{a\text{kom}} > I_a (CN), I_{a\text{kom}} = I_a (CN) \quad (1)$$

$$I_{a\text{kom}} < I_a (CN), I_{a\text{kom}} = I_{a\text{kom}} \quad (2)$$

$$f_{a\text{kom}} < I_a (CN), f_{a\text{kom}} = 0 \quad (3)$$

$$P_{\text{kom}} > I_a (CN), f_{a\text{kom}} \quad (4)$$

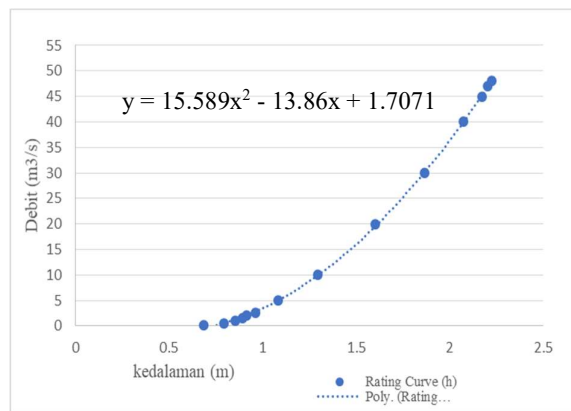
$$f_{a\text{kom}} = \frac{S(CN) \times (P - I_a(CN))}{(P - I_a(CN)) + S(CN)} \quad (4)$$

Nilai Koreksi Hujan Efektif

Nilai koreksi data hujan efektif perlu dilakukan, jika volume yang dihitung dari stasiun pengukur hujan baik ARR maupun TRMM memiliki perbedaan dengan data yang tercatat oleh stasiun AWR, sehingga perhitungan nilai koreksi dibutuhkan untuk mengetahui perbandingan hasil volume dari stasiun pengukur hujan baik ARR maupun TRMM dengan stasiun AWRL

Rating Curve

Data hasil pengukuran pada sungai tinjauan yang diolah dengan *software HECRAS* didapatkan tinggi elevasi muka air dan debit yang digunakan untuk membuat grafik *rating cuve*.



Gambar 5. Rating Curve

Analisis Debit Baseflow / Aliran Dasar

Analisis dilakukan dengan seolah-olah menarik garis lurus dari nilai debit aliran sungai saat mulai terjadi hujan hingga nilai debit aliran saat hujan berhenti. Nilai aliran dasar diperoleh dengan metode mencari nilai antara mulai hujan hingga akhir hujan. Berdasarkan debit *baseflow* kemudian dapat dicari nilai limpasan langsung /*direct runoff* dengan persamaan :

$$Direct\ Runoff = Q_{total} - Q_{baseflow} \quad (5)$$

Evaluasi Ketelitian Model

a. Indeks Kesesuaian

Menurut Hambali (2008) koefisien korelasi memiliki beberapa kriteria seperti berikut.

Tabel 1 Nilai Koefisien Korelasi (R) Interpretasi

0.7 < R < 1.0	Derajat asosiasi tinggi
0.4 < R < 0.7	Hubungan substansial
0.2 < R < 0.4	Korelasi rendah
R < 0.2	Diabaikan

b. Koefisien efisiensi (CE)

Menurut Hambali, (2008) Koefisien efisiensi (CE) adalah nilai yang menunjukkan efisiensi model terhadap debit terukur, cara objektif yang paling baik dalam mencerminkan kecocokan hidrograf secara keseluruhan. Perhitungan koefisien efisiensi (CE) dirumuskan sebagai berikut :

$$CE = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs_i} - Q_{cal_i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs_i} - Q_{obs_{rata}})^2} \quad (6)$$

dengan :

CE = koefisien efisiensi,

Q_{cal} = debit terhitung (m³ /detik),

Q_{obs_i} = debit terukur (m³ /detik), dan

$Q_{obs_{rata}}$ = debit terukur rerata (m³ /detik).

Menurut Hambali (2008) koefisien efisiensi memiliki beberapa kriteria seperti terlihat pada Tabel 2 berikut ini :

Tabel 2 Kriteria Nilai Koefisien Efisiensi Nilai Koefisien Efisiensi (CE) Interpretasi

CE > 0.75	Optimasi sangat efisien
0.36 < CE < 0.75	Optimasi cukup efisien
CE < 0.36	Optimasi tidak efisien

c. Evaluasi ketelitian suatu model

Menurut Aziz dan Tanaka (2011), menguji ketelitian suatu model ada beberapa indikator penilaian menyatakan simulasi model IFAS dapat dievaluasi oleh tiga indikator yaitu, kesalahan bentuk gelombang (E_w), kesalahan volume (E_v), dan kesalahan debit puncak (E_p) yang diterjemahkan oleh *Jepang Institute of Construction Engineering (JICE)*.

Tabel 3 Indikator kesalahan untuk analisis program IFAS

Kesalahan bentuk gelombang (E_w)	kesalahan volume (E_v)	kesalahan debit puncak (E_p)
$E_w = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_{o(i)} \cdot Q_{c(i)}}{Q_{o(i)}} \right)$	$E_p = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{o(i)} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{c(i)}}{\sum_{i=1}^n Q_{o(i)}}$	$E_p = \frac{Q_{o(i)} \cdot Q_{c(i)}}{Q_{o(i)}}$

dengan:

$Q_{c(i)}$ = debit terhitung (m³ /s)

$Q_{o(i)}$ = debit terukur (m³/s).

3. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Sub DAS

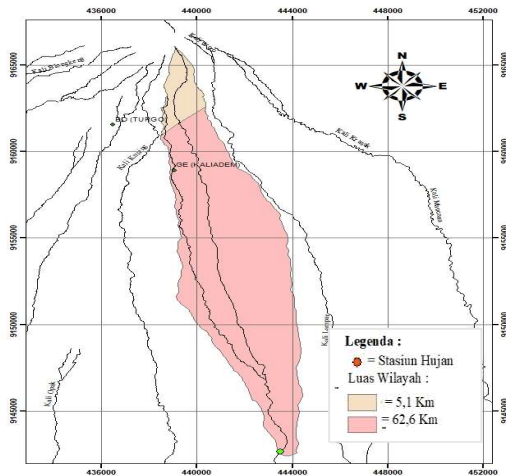
Data karakteristik DAS Gendol didapatkan dengan bantuan *software ArcMap 10.2* ditunjukkan pada tabel

Tabel 4 Data karakteristik sub DAS Prambanan hulu

No	Karakteristik	Nilai
1.	Luas sub DAS	67,7 km ²
2.	Panjang sungai utama	25,89 km
3.	Elevasi hulu	0.366 km
4.	Elevasi hilir	0.181 km
3	Kemiringan / Slope sub DAS	0.007149

Hasil Polygon Thiessen

Hasil pembuatan *Polygon Thiessen* dengan bantuan *software ArcMap 10.2* ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 6 . Poligon Thiessen DAS Gendol

Hasil Analisis Hidrograf Banjir Metode Nakayasu

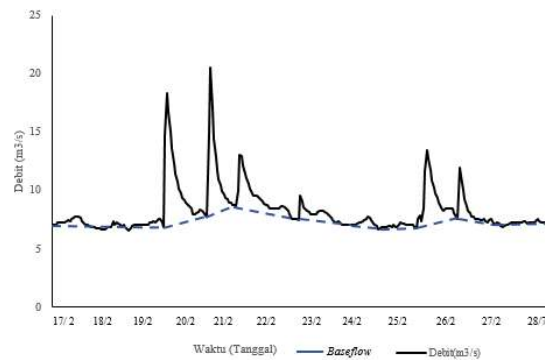
Penelitian ini merupakan analisis perbandingan hidrograf antara data hasil pemodelan hidrograf banjir dengan menggunakan data curah hujan dari stasiun ARR dan satelit TRMM menggunakan Metode *Nakayasu* dengan data debit limpasan langsung di DAS Gendol dengan titik *outlet* di stasiun *AWLR* Prambanan. Hasil persamaan metode *Nakayasu* yang digunakan ditunjukkan sebagai berikut (Triatmodjo, 2008).

Hasil Analisis Hidrograf Banjir dengan data curah hujan dari stasiun ARR, satelit TRMM dan AWRL Metode Nakayasu

Waktu	Debit (m ³ /s/mm)
0.00	0.000
1.00	0.280
2.00	1.479
3.00	3.913
4.00	2.990
5.00	2.178
6.00	1.587
7.00	1.176
8.00	0.952
9.00	0.771
10.00	0.624
11.00	0.505
12.00	0.409
13.00	0.339
14.00	0.290
15.00	0.247
16.00	0.211
17.00	0.180
18.00	0.154
19.00	0.131
20.00	0.112
21.00	0.096
22.00	0.082
23.00	0.070
24.00	0.059

Hasil Analisis Debit Baseflow

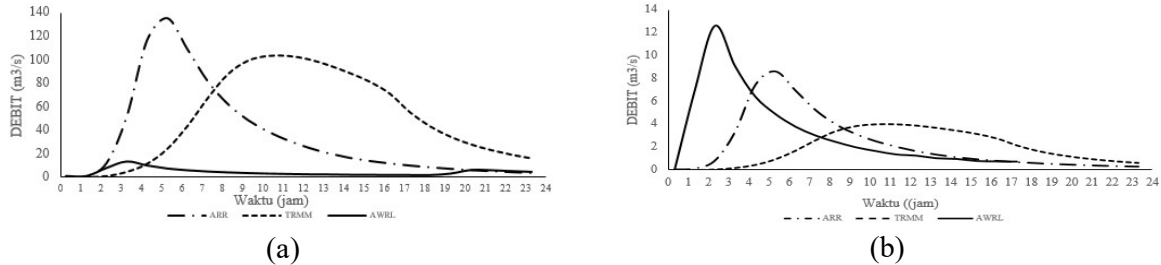
Grafik debit *AWLR* dan aliran dasar (*baseflow*) ditunjukkan pada gambar sebagai berikut :



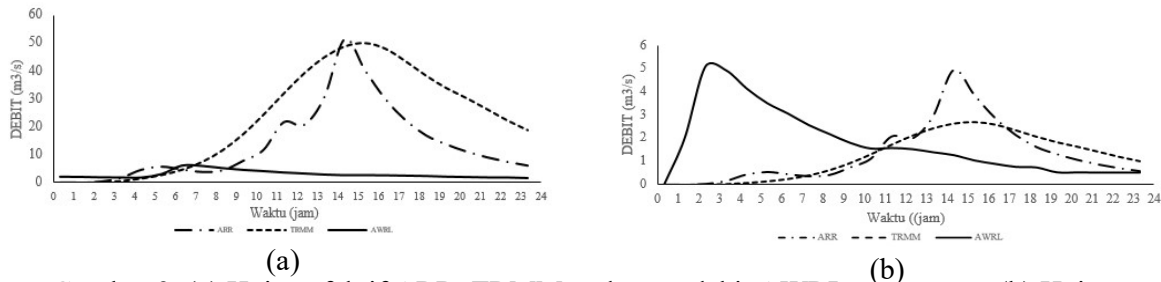
Gambar 7 Grafik debit aliran dan *baseflow* *AWLR*

Hasil perhitungan hujan efektif untuk stasiun ARR dan TRMM pada saat terjadi hujan besar yang dikalikan dengan data debit dengan metode *Nakayasu*. Data tersebut digunakan untuk membuat grafik perbandingan debit antara stasiun pengukur hujan, satelit TRMM dan stasiun AWLR.

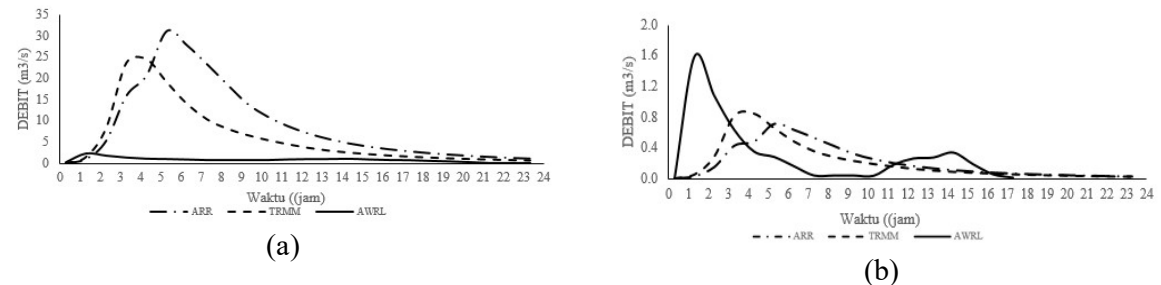
Hujan efektif terkoreksi perlu dilakukan apabila hasil hujan efektif dari stasiun pengukur hujan baik ARR maupun TRMM memiliki perbedaan dengan data yang tercatat oleh stasiun AWLR. Hasil efektif dan hujan ditunjukkan pada grafik sebagai berikut



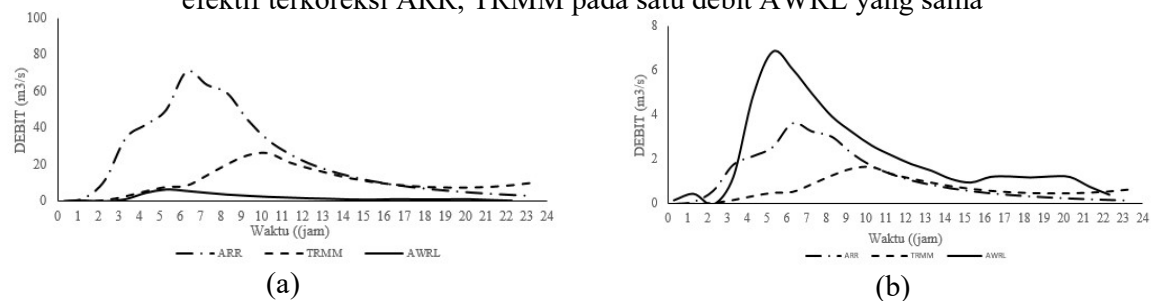
Gambar 8. (a) Hujan efektif ARR, TRMM pada satu debit AWRL yang sama, (b) Hujan efektif terkoreksi ARR, TRMM pada satu debit AWRL yang sama



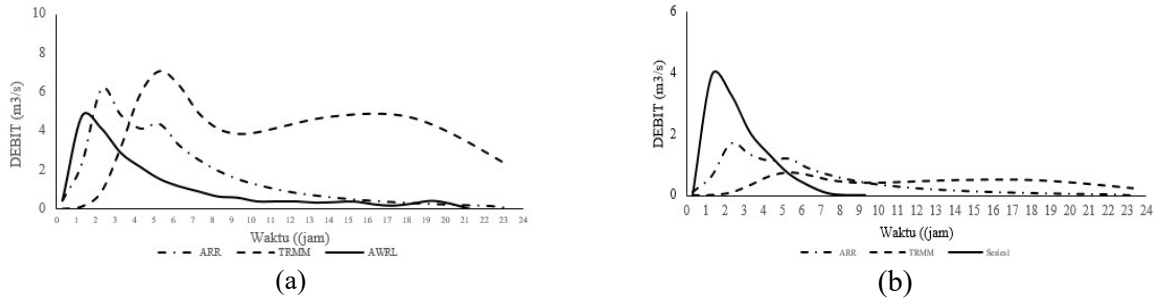
Gambar 9. (a) Hujan efektif ARR, TRMM pada satu debit AWRL yang sama, (b) Hujan efektif terkoreksi ARR, TRMM pada satu debit AWRL yang sama



Gambar 10. (a) Hujan efektif ARR, TRMM pada satu debit AWRL yang sama, (b) Hujan efektif terkoreksi ARR, TRMM pada satu debit AWRL yang sama



Gambar 11. (a) Hujan efektif ARR, TRMM pada satu debit AWRL yang sama, (b) Hujan efektif terkoreksi ARR, TRMM pada satu debit AWRL yang sama



Gambar 12. (a) Hujan efektif ARR, TRMM pada satu debit AWRL yang sama, (b) Hujan efektif terkoreksi ARR, TRMM pada satu debit AWRL yang sama

Hasil Evaluasi Ketelitian Model

Hasil analisis kesalahan bentuk gelombang (Ew) terbesar pada debit yang tercatat ARR yaitu sebesar 5.3736 dan untuk kesalahan debit puncak terbesar (Ep) yaitu pada ARR yaitu sebesar 0,716094 0.942 . berdasarkan nilai elevasi ketelitian model untuk nilai Ew, Ev, dan Ep jika nilai mendekati 0 maka hasil yang didapatkan dikategorikan baik.

Tabel 6 Data Ew dan Ep

Hidrograf	Ew		EP	
	arr	Trmm	Arr	Trmm
1	0.210	0.235	0.7160	0.94206
2	0.769	0.781	0.0340	0.47421
3	0.114	0.094	0.6521	0.58758
4	0.064	0.106	0.3385	0.69728
5	5.3735	1.1535	0.08092	0.81243

Evaluasi ketelitian model berdasarkan nilai indeks kesesuaian (R^2) rata - rata berdasarkan debit antara TRMM dan ARR yaitu 0.41806 yang artinya data tersebut cukup baik untuk digunakan sebagai analisis data.

Tabel 7 Hasil nilai Koefisien Korelasi (R)

Interpretasi	
Hidrograf	Nilai Regresi (R)
1	0.2452
2	0.8195
3	0.753
4	0.0669
5	0.2057
Rata-rata	0.41806

Sedangkan berdasarkan dari koefisien efektif rata rata (CE) dari data ARR, TRMM, dan AWRL didapatkan nilai sebesar 2,792 yang artinya secara objektif mencerminkan kecocokan hidrograf secara keseluruhan

Tabel 8 Hasil perbandingan antara data ARR, TRMM dan AWRL

Hidrograf	CE
1	3.193
2	2.789
3	5.457
4	1.525
5	0.996
rata-rata	2.792

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian diperoleh beberapa kesimpulan, antara lain.

- Berdasarkan hasil analisis evaluasi ketelitian model dengan menggunakan model indeks kesesuaian (R^2) di DAS Gendol memiliki nilai kesalahan gelombang terbesar yaitu 5,373 dan kesalahan debit puncak sebesar 0.9420, sedangkan berdasarkan koefisien korelasi yaitu $R^2 = 0.41806$ (cukup baik) dan berdasarkan koefisien efektif didapatkan nilai CE= 2,792 dimana CE > 0,75 dengan keterangan optimasi sangat efisien yang artinya menunjukkan bahwa hidrograf memiliki kecocokan secara keseluruhan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data curah hujan dari TRMM dapat digunakan sebagai data hujan.
- Perbedaan waktu dan tinggi hujan antara data curah hujan dari stasiun pengukur hujan dan dari satelit TRMM merupakan pengaruh dari gesekan atmosfer yang menyebabkan perpindahan secara waktu sehingga estimasi dari satelit TRMM dapat lebih dahulu dari pada hujan dipermukaan .

5. Daftar Pustaka

- Adjei, K. A., Ren, L., Appiah-Adjei, E. K., Kankam-Yeboah, K., dan Agyapong, A. A. 2011. Validation of TRMM data in the Black Volta Basin of Ghana. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(5), 647-654.
- Aziz, A., dan Tanaka, S. 2011. Regional parameterization and applicability of Integrated Flood Analysis System (IFAS) for flood forecasting of upper-middle Indus River. *Pak. J. Meteorol*, 8, 21-38.
- Dasanto, B. D., Boer, R., Pramudya, B., dan Suharnoto, Y. 2014. Evaluasi Curah Hujan TRMM Menggunakan Pendekatan Koreksi Bias Statistik. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 38(1), 15-24.
- Gebremichael, M dan Yan, J. 2009. Estimating actual rainfall from satellite rainfall products. *Atmospheric Research*, 92(4), 481-488.
- Hambali, R. 2008. Analisis Ketersediaan Air dengan Model Mock. Bahan Ajar. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada
- Levinaa., Hatmoko, W., Seizarwati, W., dan Vernimmen, R. 2016. Comparison of TRMM satellite rainfall and APHRODITE for drought analysis in the Pemali-Comal River Basin. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 187-195
- Li,D., Christakos.G., Ding.X., dan Wu.J. 2018. Adequacy of TRMM satellite rainfall data in driving the SWAT modeling of Tiaoxi catchment (Taihu lake basin, China) *Journal of Hydrology*, 556, 1139–1152
- Zhang, Q., Li, X. H. dan Xu, C. Y. 2012. Suitability of the TRMM satellite rainfalls in driving a distributed hydrological model for water balance computations in Xinjiang catchment, Poyang lake basin. *Journal of Hydrology*, 426, 28-38.
- Masih, I., Maskey, S., Uhlenbrook, S., dan Smakhtin, V. 2011. Assessing the Impact of Areal Precipitation Input on Streamflow Simulations Using the SWAT Model 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 47(1), 179-195.
- Meng, J., Li, L., Hao, Z., Wang, J., dan Shao, Q. 2014. Suitability of TRMM satellite rainfall in driving a distributed hydrological model in the source region of Yellow River. *Journal of Hydrology*, 509, 320-332.
- Michaelides, S., Levizzani, V., Anagnostou, E., Bauer, P., Kasparis, T., dan Lane, J. E. 2009. Precipitation: Measurement, remote sensing, climatology and modeling. *Atmospheric Research*, 94(4), 512-533.
- Moreno, H. A., Vivoni, E. R., dan Gochis, D. J. 2012. Utility of quantitative precipitation estimates for high resolution hydrologic forecasts in mountain watersheds of the Colorado Front Range. *Journal of Hydrology*, 438, 66-83.
- Tian, Y., dan Peters-Lidard, C. D. 2010. A global map of uncertainties in satellite-based precipitation measurements .*Geophysical Research Letters*, 37(24).
- Triatmodjo, B., 2008, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Wilk, J., Kniveton, D., Andersson, L., Layberry, R., Todd, M. C., Hughes, D., Ringrose, S., dan Vanderpost, C. 2006. Estimating rainfall and water balance over the Okavango River Basin for hydrological applications. *Journal of Hydrology*, 331(1-2), 18-29.