

KOREKSI BIAS DATA CURAH HUJAN SATELIT DENGAN PENDEKATAN QUANTILE MAPPING

Ahmad Zaki Romadhoni^{1*}, Dyah Ari Wulandari², Suharyanto Suharyanto²

¹Balai Wilayah Sungai Maluku, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan

²Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

*azakiromadhoni@gmail.com

Intisari

Keberadaan Data Curah Hujan Satelit dapat bermanfaat dalam suatu analisis hidrologi. Penggunaan data curah hujan satelit sebagai alternatif apabila data stasiun pengamatan hujan yang tersedia terbatas. Namun terdapat bias antara data curah hujan satelit dan data stasiun pengamatan hujan. Sehingga perlu dilakukan koreksi bias untuk mengurangi bias antara kedua data tersebut. Salah satu pendekatan dalam melakukan koreksi bias yaitu dengan *Quantile Mapping*. Pendekatan ini dilakukan dalam tahap koreksi dan verifikasi antara data curah hujan satelit dan data stasiun pengamatan hujan pada basis bulanan berdasarkan parameter statistik yaitu R^2 , r dan RMSE. Data curah hujan satelit yang digunakan adalah data TRMM dan data stasiun pengamatan hujan di Kota Ambon. Koreksi bias dilakukan pada basis data harian dan didapatkan peningkatan nilai parameter statistik. Pada tahap koreksi bias didapatkan nilai R^2 dan r masing-masing meningkat menjadi 0,876 dan 0,936 sedangkan nilai RMSE berkurang sebesar 48,7 %. Pada tahap verifikasi didapatkan nilai R^2 dan r masing-masing meningkat menjadi 0,741 dan 0,861 sedangkan nilai RMSE berkurang sebesar 35,2 %.

Kata kunci: TRMM, *Quantile Mapping*, Koreksi Bias, Maluku

Latar Belakang

Data hidrologi sebagai salah satu informasi sumber daya air merupakan aset dalam pengelolaan sumber daya air. Kuantitas dan kualitas data hidrologi dapat mendukung dalam pembuatan kebijakan terkait pengelolaan sumber daya air. Data curah hujan sebagai salah satu data hidrologi merupakan komponen penting dalam analisis hidrologi. Data curah hujan didapatkan melalui pengamatan di stasiun hujan atau stasiun klimatologi. Data curah hujan ini dapat diolah menjadi curah hujan wilayah dengan analisis curah hujan wilayah dan menjadi data masukan dalam perhitungan debit andalan atau debit banjir rencana untuk perencanaan desain infrastruktur sumber daya air maupun rencana pengelolaan sumber daya air.

Namun seringkali data curah hujan yang tersedia terbatas, baik karena tidak adanya stasiun pengukuran curah hujan, rusak/minimnya stasiun pengamatan hujan ataupun karena panjang data yang terbatas. Penggunaan data hujan berbasis satelit merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan keterbatasan data curah hujan (Mamenun dkk., 2014).

Salah satu data curah hujan satelit yaitu *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) merupakan data yang bersifat global dan *open source*. *Tropical Rainfall*

Measuring Mission (TRMM) adalah proyek hasil kerjasama antara NASA dan JAXA. Penggunaan data hujan satelit perlu dikoreksi dan divalidasi terhadap data pengamatan curah hujan di permukaan (Mamenun dkk., 2014). Data hujan yang akan digunakan sebagai data pengamatan dalam koreksi bias data hujan satelit harus memiliki nilai koefisien korelasi lebih dari 0,6 terhadap data hujan satelit (Krisnayanti dkk., 2020).

Pada penelitian Krisnayanti (2020) digunakan faktor koreksi pada suatu interval tertentu untuk mengkoreksi data hujan TRMM. Koreksi (koreksi bias) ini dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Quantile Mapping*. *Quantile Mapping* juga dikenal dengan istilah *Distribution Mapping*, *Quantile-Quantile Method* merupakan transformasi statistik dengan menyesuaikan data model atau yang akan diestimasi terhadap distribusi kumulatif dari data observasi (Ringard dkk., 2017). Gudmundsson (2012) mengembangkan metode ini dalam *qmap package* untuk melakukan koreksi bias pada data model iklim di Norwegia. Shukla (2019) juga telah menggunakan metode ini untuk melakukan koreksi bias pada data hujan satelit TRMM di DAS Gangga Hulu.

Di Kota Ambon Provinsi Maluku terdapat 7 pos stasiun hujan yang dikelola Balai Wilayah Sungai Maluku namun tidak semua pos stasiun hujan memiliki seri data hujan yang panjang. Sesuai pendapat Savitri dkk. (2019) bahwa Kawasan Indonesia Timur memiliki jumlah pos pengamatan hujan lebih sedikit dari Kawasan Indonesia Barat. Oleh karena itu dapat digunakan data satelit untuk mendukung dalam perencanaan maupun pengelolaan sumber daya air namun perlu melalui tahap koreksi. Dalam penelitian ini koreksi data hujan TRMM dilakukan dengan Metode *Quantile Mapping*.

Metodologi Studi

Lokasi penelitian

Lokasi dalam penelitian ini adalah Kota Ambon. Data curah hujan pengamatan yang digunakan adalah data dari Stasiun Hujan Gunung Nona yang dikelola oleh Balai Wilayah Sungai Maluku sebagai stasiun hujan yang memiliki data cukup panjang. Stasiun Gunung Nona terletak pada koordinat 3°43'25,89" LS - 128°9'57,27" BT.

Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa data sekunder. Data Curah Harian Stasiun Hujan Gunung Nona yang digunakan sepanjang 10 tahun yaitu periode tahun 2009 - 2018. Data hujan ini penggunaannya dibagi menjadi dua yaitu untuk koreksi bias data sepanjang 5 tahun periode tahun 2009-2013 dan untuk verifikasi data sepanjang 5 tahun periode tahun 2014-2018.

Data hujan satelit TRMM diunduh melalui *website* <https://giovanni.gsfc.nasa.gov> dengan grid sesuai lokasi penelitian (128E, 3.75S, 128.25E, 3.5S) berupa data harian sesuai seri data hujan observasi. Data hujan satelit tersedia dari tanggal 1 Januari 1998 hingga 31 Desember 2019 dalam bentuk hujan harian hingga 3 jam-an dengan resolusi grid sebesar 0,25° x 0,25°. Data hujan yang dihasilkan oleh

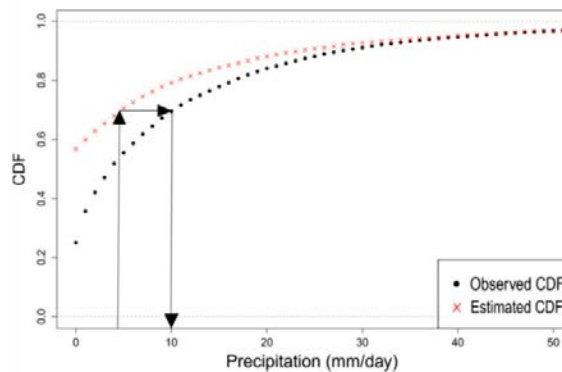
TRMM ada tiga yaitu 3B42RT, 3B42, dan 3B43. Data yang digunakan dalam studi ini adalah 3B42 dengan resolusi temporal 1 harian.

Quantile Mapping

Quantile Mapping sebagai suatu transformasi statistik memetakan variabel model terhadap variabel observasi yang diketahui distribusinya sebagaimana pada Gambar 1 dengan persamaan berikut (Gudmundsson dkk., 2012).

$$P_o = F_o^{-1}(F_m(P_m)) \quad (1)$$

Dimana P_m adalah data hujan model, F_m adalah *Cumulative Distribution Function* (CDF/*quantile function*) dari P_m , P_o adalah data hujan observasi dan F_o^{-1} adalah CDF *invers* dari data hujan observasi.



(sumber: Ringard dkk., 2017)

Gambar 1. Skema metode *quantile mapping*

Transformasi statistik dalam *qmap package* terdiri dari beberapa metode *quantile mapping* dan salah satu yang menunjukkan hasil baik yaitu *non-parametric quantile mapping using empirical quantiles* (QUANT) (Gudmundsson dkk., 2012; Katiraie-Boroujerdy dkk., 2020; Sarvina dkk., 2019). Untuk menyelesaikan persamaan (1), metode ini menggunakan CDF empiris yang dibuat dari persentil empiris dan dihitung nilai diantara persentil-persenti tersebut dengan interpolasi linear (Boé dkk., 2007).

Untuk mengukur hasil koreksi bias perlu dilakukan uji kinerja model berdasarkan parameter-parameter statistik yaitu koefisien determinasi (R^2), koefisien korelasi dan (*Root Mean Square Error*) RMSE. R^2 mendeskripsikan proporsi dari total varian dalam data observasi yang dapat dijelaskan oleh model sebagaimana dalam persamaan berikut (Legates and McCabe, (1999)).

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (Obs_i - \overline{Obs})(Sim_i - \overline{Sim})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Obs_i - \overline{Obs})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Sim_i - \overline{Sim})^2}} \right)^2 \quad (2)$$

Dimana Obs adalah data observasi, Sim adalah data hasil simulasi, \overline{Obs} adalah rerata data observasi dan \overline{Sim} adalah rerata data hasil simulasi

Koefisien korelasi adalah nilai yang menunjukkan kuat atau tidaknya hubungan linier antar variabel. Jika nilai mendekati angka 1 maka menunjukkan bahwa kedua variabel memiliki hubungan yang kuat. Koefisien korelasi dihitung dengan persamaan berikut.

$$r = \left(\frac{n \sum xy - \sum x - \sum y}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2)}} \right) \quad (3)$$

Dimana x adalah data variabel simulasi dan y adalah data variabel model.

Root Mean Square (RMSE) untuk menunjukkan besarnya bias dari hasil simulasi terhadap data observasi secara statistik dengan persamaan berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (F - O)^2} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana F adalah hasil simulasi, O adalah data observasi dan n adalah jumlah data.

Kriteria kinerja suatu model dapat ditinjau berdasarkan nilai R^2 dan nilai r . sebagaimana pada Tabel 1 dan Tabel 2, nilai R^2 menunjukkan tingkat hubungan kuat jika nilainya minimal sebesar 0,60 dan nilai r menunjukkan keeratan hubungan kuat jika nilainya minimal 0,50.

Tabel 1. Tingkat Hubungan berdasarkan Koefisien Determinasi (R^2)

Interval Nilai	Keeratan hubungan
0,00 – 0,199	Sangat Rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat Kuat

(sumber: Sugiyono, 2006)

Tabel 2. Tingkat keeratan hubungan berdasarkan koefisien korelasi (r)

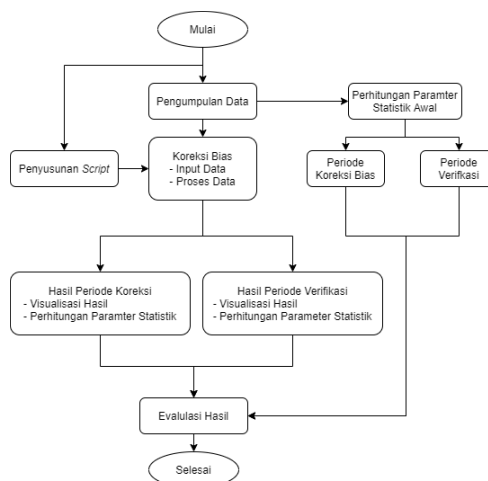
Interval Nilai	Keeratan hubungan
0	Tidak ada korelasi
>0 – 0,25	Korelasi sangat lemah
>0,25 - 0,5	Korelasi cukup
>0,50 - 0,75	Korelasi kuat
>0,75 - 0,99	Korelasi sangat kuat
1,00	Sempurna

(sumber : Krisnayanti dkk., 2020)

Tahapan analisis

Tahapan analisis dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1, dengan penjelasan sebagai berikut:

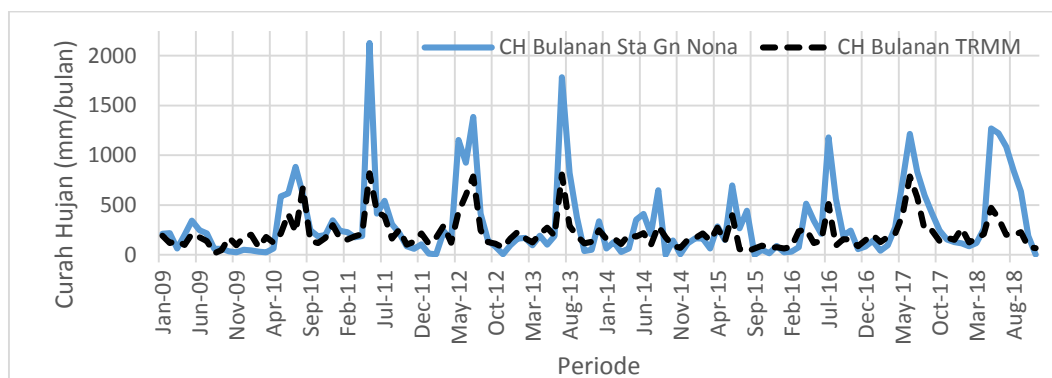
1. Pengumpulan data hujan harian dari stasiun pengamatan dan data satelit TRMM sesuai lokasi penelitian dan panjang data hujan stasiun pengamatan. Data hujan tersebut dikonversi menjadi data bulanan untuk dihitung nilai parameter statistiknya
2. Perhitungan nilai parameter statistik awal antara data hujan stasiun pengamatan dan data hujan satelit pada basis bulanan untuk koreksi bias dan verifikasi.
3. Penyusunan *script* bahasa R dan *running* dengan *software RStudio*. *Script* menggunakan menggunakan fungsi utama yang terdapat dalam *package qmap* yaitu fungsi *fitQmapQUANT* untuk mengestimasi nilai CDF dari data observasi dan TRMM dengan jarak quantil tertentu dan fungsi *doQmapQUANT* untuk mentransformasi TRMM berdasarkan transformasi yang didapatkan dari fungsi *fitQmapQUANT* (untuk penjelasan rinci dapat dilihat dokumentasi dalam Gudmundsson (2016)).
4. Berdasarkan *script* yang telah disusun dilakukan koreksi bias dengan memasukkan data hujan harian ke dalam *software R* dan *running* fungsi *qmap* untuk masing-masing bulan. Hasil *running* berupa nilai TRMM yang telah terkoreksi pada periode koreksi dan periode verifikasi. Nilai tersebut di-*export* dan divisualisasikan dalam bentuk grafik. Dari nilai terkoreksi tersebut dihitung nilai parameter statistik setelah koreksi bias dengan basis bulanan untuk dievaluasi terhadap nilai awal.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

Hasil Studi dan Pembahasan

Data curah hujan Stasiun Gunung Nona dan data hujan Satelit TRMM tahun 2009-2018 divisualisasi dalam grafik dan dihitung nilai parameter statistiknya. Grafik data curah hujan Stasiun Gunung Nona dan data hujan Satelit TRMM dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik curah hujan bulanan data Stasiun Gunung Nona dan Satelit TRMM tahun 2009-2018.

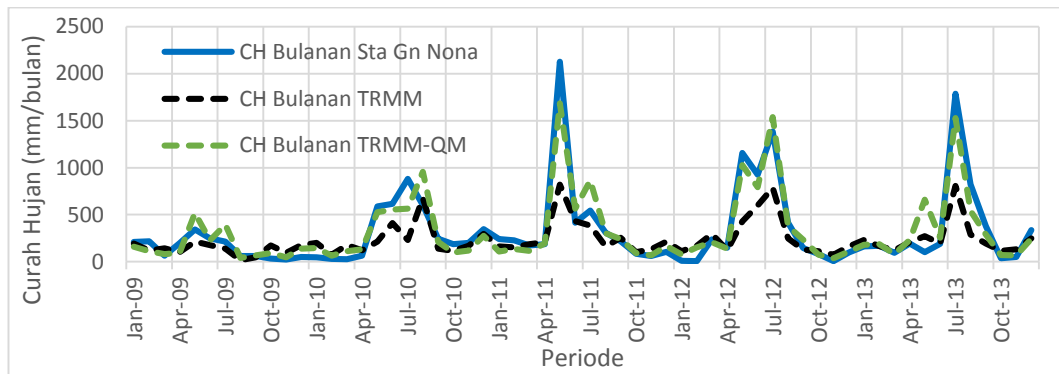
Berdasarkan Gambar 2 curah hujan bulanan TRMM cenderung *under-estimated* terhadap curah hujan Stasiun Gunung Nona, namun masih memiliki pola naik turun yang relatif sama. Nilai parameter statistik antara data hujan stasiun pengamatan dan data hujan satelit dihitung berdasarkan dua periode yaitu periode koreksi bias tahun 2009-2013 dan periode verifikasi tahun 2014-2018. Hasil perhitungan parameter statistik kedua data tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai parameter statistik antara data curah hujan bulanan Stasiun Gunung Nona dan data Satelit TRMM.

Parameter Statistik	Periode Koreksi Bias (Tahun 2009-2013)	Periode Verifikasi (Tahun 2014-2018)
R^2	0,774	0,5848
r	0,879	0,765
RMSE	288,006	284,256

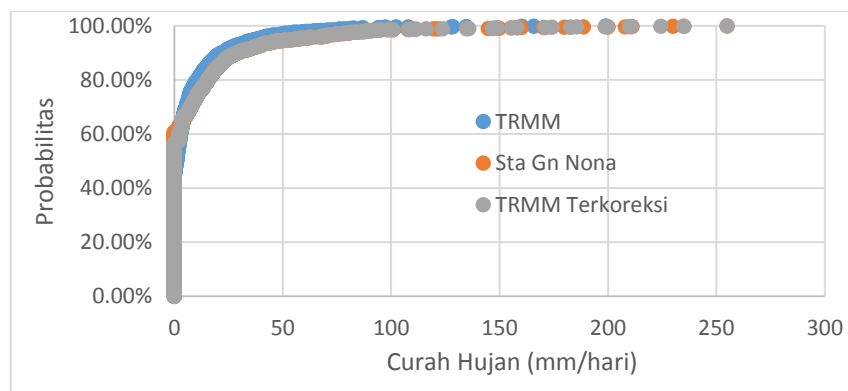
Berdasarkan Tabel 3 jika ditinjau dari nilai R^2 maka pada periode koreksi bias menunjukkan hubungan kuat dan pada periode verifikasi menunjukkan hubungan sedang (sugiyono, 2006). Jika ditinjau berdasarkan koefisien korelasi baik pada periode koreksi bias maupun pada periode verifikasi menunjukkan hubungan yang sangat kuat (Krisnayanti dkk., 2020). Namun jika dilihat dari nilai RMSE-nya pada kedua periode menunjukkan nilai penyimpangan yang besar.

Oleh karena nilai koefisien korelasi stasiun pengamatan hujan dengan data satelit lebih dari 0,6 maka data dapat digunakan untuk koreksi bias, sesuai pendapat Krisnayanti (2020). Koreksi bias diproses dengan *software* R menggunakan *package* *qmap* yang dikembangkan Gudmundsson (2016). Sebagaimana dijelaskan sebelumnya bahwa metode yang digunakan adalah metode *non-parametric quantile mapping using empirical quantiles* (QUANT). Curah hujan bulanan TRMM setelah terkoreksi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik curah hujan bulanan data Stasiun Gunung Nona dan data Satelit TRMM setelah koreksi bias periode tahun 2009-2013.

Berdasarkan Gambar 3, curah hujan bulanan TRMM setelah dikoreksi menunjukkan nilai semakin mendekati data stasiun pengamatan. Jika dilihat berdasarkan CDF-nya, data TRMM satelit setelah koreksi juga menunjukkan nilai yang semakin berimpit dengan data stasiun pengamatan (Gambar 4).



Gambar 4. *Cumulative Distribution Function* (CDF) data hujan harian Stasiun Gunung Nona dengan data satelit TRMM sebelum dan setelah koreksi bias periode tahun 2009-2013.

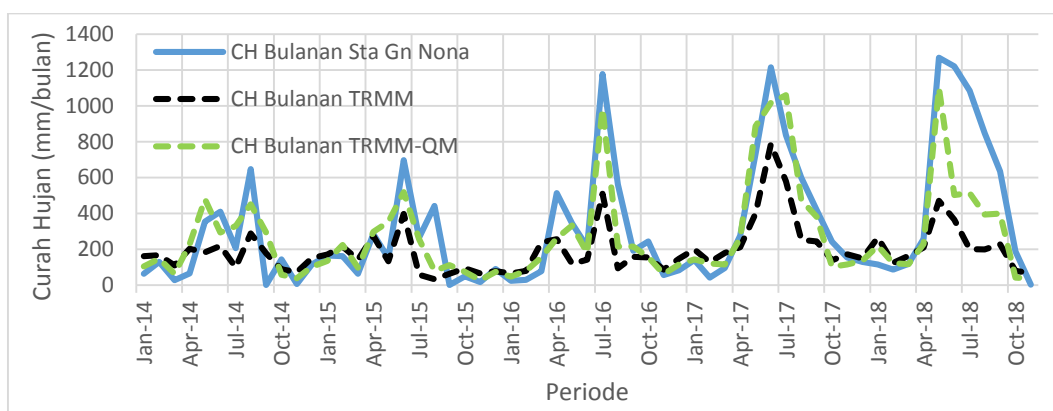
Hasil perhitungan nilai parameter statistik yaitu R^2 , r dan RMSE setelah koreksi bias dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai parameter statistik antara data curah hujan bulanan Stasiun Gunung Nona dan data Satelit TRMM sebelum dan setelah koreksi periode tahun 2009-2013.

Parameter Statistik	Nilai Awal	Setelah Koreksi Bias
R^2	0,774	0,876
r	0,879	0,936
RMSE	288,006	147,649

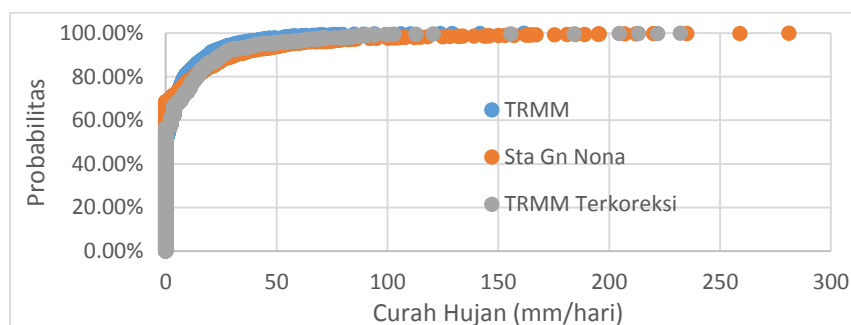
Berdasarkan Tabel 4, terjadi peningkatan cukup baik pada seluruh parameter statistik. Parameter R^2 semula masuk kriteria kuat meningkat menjadi kriteria sangat kuat sesuai Tabel 1. Untuk parameter koefisien korelasi masih dalam kriteria yang sama namun terjadi peningkatan 0,056. Pada parameter RMSE nilainya berkurang hingga 48,7% dengan kata lain adanya koreksi memperkecil penyimpangan antara data stasiun pengamatan dan data satelit TRMM.

Selanjutnya pada tahap verifikasi, hasil transformasi pada proses koreksi bias diterapkan pada data yang berbeda yaitu pada data periode tahun 2014-2018. Hasil verifikasi data hujan stasiun pengamatan dan satelit TRMM pada basis bulanan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik curah hujan bulanan data Stasiun Gunung Nona dan data Satelit TRMM tahap verifikasi periode tahun 2014-2018.

Sesuai Gambar 5 data TRMM awal yang nilainya cenderung dibawah data curah hujan Stasiun Gunung Nona, pada tahap verifikasi menjadi semakin meningkat mendekati data stasiun pengamatan. Jika ditinjau berdasarkan CDF-nya, data TRMM terkoreksi juga menunjukkan titik yang semakin berimpit dengan data stasiun pengamatan sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Cumulative Distribution Function* data hujan harian Stasiun Gunung nona dengan data satelit TRMM tahap verifikasi periode tahun 2014-2018.

Pada tahap verifikasi hasil perhitungan parameter statistik terhadap nilai awal dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai parameter statistik antara data curah hujan bulanan Stasiun Gunung Nona dan Satelit TRMM tahap verifikasi periode tahun 2014-2018.

Parameter Statistik	Nilai Awal	Setelah Koreksi Bias
R^2	0,585	0,741
r	0,765	0,861
RMSE	284,256	184,205

Berdasarkan Tabel 5, pada tahap verifikasi tetap terjadi peningkatan pada seluruh parameter statistik. Parameter R^2 semula masuk dalam kriteria sedang meningkat menjadi kriteria kuat. Untuk parameter koefisien korelasi masih dalam kriteria yang sama namun terjadi peningkatan 0,096. Pada parameter RMSE nilainya berkurang hingga 35,2% dengan kata lain adanya koreksi memperkecil penyimpangan antara data stasiun pengamatan dan data satelit TRMM.

Berdasarkan hasil analisis di atas, koreksi bias dengan metode *quantile mapping* menghasilkan peningkatan nilai parameter-parameter statistik pada basis bulanan untuk periode koreksi maupun periode verifikasi.

Antara data hujan satelit TRMM dan data hujan pengamatan memiliki bias. Penggunaan data satelit TRMM yang memiliki bias terlalu dapat menghasilkan kesimpulan yang kurang tepat (Shukla et al., (2019). Sehingga melakukan koreksi dengan metode *quantile mapping* dari *qmap package* dapat mengurangi bias antara data hujan satelit dan data pengamatan hujan agar data hujan satelit dapat digunakan untuk analisis hidrologi lebih lanjut.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Data hujan satelit yang dibandingkan terhadap data hujan pengamatan menunjukkan adanya bias. Dalam penggunaan data hujan satelit perlu melalui proses koreksi bias dan verifikasi dengan data hujan stasiun pengamatan untuk memperkecil bias. Metode *quantile mapping* dari *qmap package* dapat meningkatkan kriteria parameter statistik R^2 satu tingkat dan mengurangi nilai RMSE hingga 48,7%. Dengan koreksi bias metode *quantile mapping* dapat memperkecil bias antara data hujan satelit dan data hujan pengamatan supaya dapat digunakan untuk analisis hidrologi lebih lanjut.

Saran

Koreksi bias data hujan satelit dapat dilakukan menggunakan data hujan satelit jenis lainnya seperti PERSIANN atau GPM yang hasilnya dapat memberikan peningkatan nilai parameter statistik yang berbeda.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Wilayah Sungai Maluku yang senantiasa mendukung dan memotivasi generasi muda di Balai Wilayah Sungai Maluku.

Daftar Referensi

- Boé, J., L. Terray, F. Habets, and E. Martin. (2007). Statistical and Dynamical Downscaling of the Seine Basin Climate for Hydro-Meteorological Studies. *International Journal of Climatology*, 27(12),1643–55.
- Gudmundsson, L., J. B. Bremnes, J. E. Haugen, and T. Engen-Skaugen. (2012). Technical Note: Downscaling RCM Precipitation to the Station Scale Using Statistical Transformations – A Comparison of Methods. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(9),3383–90.
- Gudmundsson, Lukas. (2016). Statistical Transformations for Post-Processing Climate Model Output. 36.
- Katiraie-Boroujerdy, Pari Sima, Matin Rahnamay Naeini, Ata Akbari Asanjan, Ali Chavoshian, Kuo lin Hsu, and Soroosh Sorooshian. (2020). Bias Correction of Satellite-Based Precipitation Estimations Using Quantile Mapping Approach in Different Climate Regions of Iran. *Remote Sensing*, 12(13).
- Krisnayanti, Denik Sri, Davianto Frangky B. Welkis, Fery Moun Hepy, and Djoko Legono. (2020). Evaluasi Kesesuaian Data Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Dengan Data Pos Hujan Pada Das Temef Di Kabupaten Timor Tengah Selatan. *Jurnal Sumber Daya Air*, 16(1),51–62.
- Legates, David R., and Gregory J. McCabe. (1999). Evaluating the Use of “goodness-of-Fit” Measures in Hydrologic and Hydroclimatic Model Validation. *Water Resources Research*, 35(1),233–41.
- Mamenun, Mamenun, Hidayat Pawitan, and Ardhasena Sopaheluwakan. (2014). Validasi Dan Koreksi Data Satelit Trmm Pada Tiga Pola Hujan Di Indonesia. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 15(1),13–23.
- Ringard, Justine, Frederique Seyler, and Laurent Linguet. (2017). A Quantile Mapping Bias Correction Method Based on Hydroclimatic Classification of the Guiana Shield. *Sensors (Switzerland)*, 17(6),1–17.
- Sarvina, Yeli, Thomas Pluntke, and Christian Bernhofer. (2019). Comparing Bias Correction Methods To Improve Modelled Precipitation Extremes. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 19(2),103.
- Shukla, Anoop Kumar, Chandra Shekhar Prasad Ojha, Rajendra Prasad Singh, Lalit Pal, and Dafang Fu. (2019). Evaluation of TRMM Precipitation Dataset over Himalayan Catchment: The Upper Ganga Basin, India. *Water (Switzerland)*, 11(3).
- Sugiyono. (2006). Statistik Untuk Penelitian. 1–370.