

PERBANDINGAN CURAH HUJAN SATELIT PADA DAS TILONG NUSA TENGGARA TIMUR TERKAIT PERUBAHAN IKLIM

Azarya Bees^{1*}, Karlina¹ dan Joko Sujono¹

¹Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
Jl. Grafika, Kampus No.2, Senolowo, Kabupaten Sleman, Yogyakarta

*Email : azaryabees@mail.ugm.ac.id

Abstrak

Hujan merupakan salah satu unsur iklim penting bagi aktifitas manusia, oleh karena itu penting untuk mengetahui perubahan curah hujan yang terjadi akibat perubahan iklim. Data hujan berbasis penginderaan jauh atau teknologi satelit dikembangkan untuk membantu dalam analisis data hujan dikarenakan kurangnya ketersediaan alat pengukur hujan di beberapa wilayah. Dalam penelitian ini hujan satelit GPM dan satelit PERSIANN digunakan untuk mengetahui perubahan curah hujan pada DAS Tilong selama periode 2020-2059 menggunakan model iklim CanESM2 berdasarkan RCP2.6, RCP4.5 dan RCP8.5 dengan bantuan perangkat lunak Statistical Downscaling Model (SDSM). Sebelum melakukan proyeksi terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan keakuratan curah hujan satelit dengan curah hujan observasi dimana skala bulanan memberikan hasil yang lebih baik daripada skala harian baik untuk satelit GPM maupun PERSIANN dengan nilai korelasi skala bulanan berturut turut 0,926 dan 0,874. Hasil proyeksi menunjukkan hujan rerata tahunan satelit GPM mengalami kenaikan berkisar antara 6,0-12,4% dengan kenaikan curah hujan tertinggi pada periode 2050an skenario RCP4.5 jika dibandingkan dengan kondisi eksisting, sedangkan hujan satelit PERSIANN mengalami kenaikan berkisar antara 4,9-10,9% dengan kenaikan curah hujan tertinggi pada periode 2030an skenario RCP8.5 dibandingkan dengan kondisi eksisting.

Kata kunci : DAS Tilong, hujan satelit, model iklim, perubahan iklim, SDSM.

PENDAHULUAN

Curah hujan merupakan salah satu unsur iklim penting bagi aktifitas manusia. Curah hujan memiliki karakteristik yang beragam menurut ruang dan waktu, sehingga ketersediaan data yang memadai menjadi hal yang penting untuk memahami karakteristik curah hujan di suatu wilayah (Misnawati dkk., 2018). Namun permasalahannya beberapa daerah terkadang tidak tersedia alat untuk mengukur data curah hujan, sehingga untuk mengatasi minimnya ketersediaan data hujan dalam beberapa tahun terakhir telah dilakukan sejumlah studi tentang penggunaan data hujan berbasis penginderaan jauh atau teknologi satelit (Mutiara dkk., 2017).

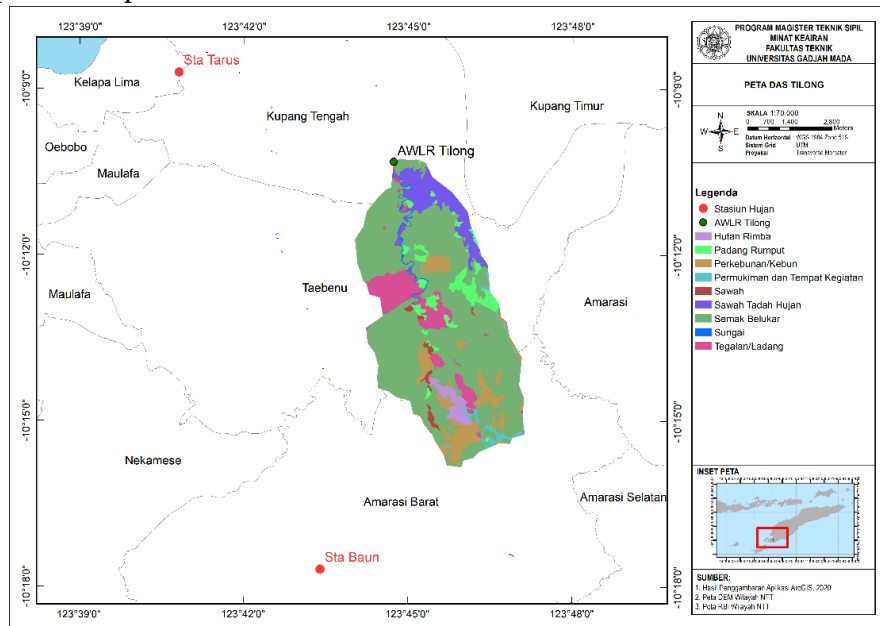
Kajian mengenai penggunaan data hujan satelit sudah banyak dilakukan, diantaranya Fang dkk., (2019), Sun dkk., (2018) menggunakan GPM untuk mengukur kejadian hujan ekstrim di daerah Cina dan Cina Utara, Ginting (2019) menggunakan GPM dan PERSIANN untuk mengetahui perkiraan debit banjir DAS Progo, Pratiwi (2017) menggunakan GPM dan PERSIANN untuk mengevaluasi hasil prediksi hujan satelit terhadap hujan yang terjadi di lapangan. Penelitian ini selanjutnya akan menggunakan satelit GPM dan PERSIANN CDR.

Perubahan iklim adalah kondisi beberapa unsur iklim (curah hujan) yang intensitasnya cenderung berubah atau menyimpang dari dinamika dan kondisi rata-rata, menuju ke arah tertentu (meningkat atau menurun) (Rejekiingrum, 2014). Penyebab utama perubahan iklim adalah kegiatan manusia (antropogenik) yang berkaitan dengan meningkatnya emisi gas rumah kaca (GRK) yang mendorong terjadinya pemanasan global dan telah berlangsung sejak hampir 100 tahun terakhir (Balitbangtan 2011). Data luaran *Global Climate Model* (GCM) merupakan alat utama untuk memprediksi iklim global. Salah satu GCM yang ada pada *Assesment Report 5* adalah CanESM2 yang dikembangkan oleh lembaga *Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis* (CCCma) (Chim dkk., 2020). Pada penelitian ini selanjutnya akan menggunakan model iklim CanESM2 dengan 3 skenario masa depan yaitu RCP2.6, RCP4.5, dan RCP8.5. Resolusi spasial GCM masih cukup kasar namun bisa didekati ke skala lokal dengan menggunakan teknik *downscaling*, pada penelitian kali ini akan menggunakan teknik *statistical downscaling* dengan bantuan perangkat lunak *Statistical Downscaling Model* (SDSM).

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi dan data penelitian

Lokasi penelitian berada pada DAS Tilong, yang terletak di Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur. DAS Tilong dipilih sebagai daerah penelitian karena terdapat waduk yang difungsikan untuk memenuhi kebutuhan air baku masyarakat, sehingga penting untuk mengetahui perubahan curah hujan terkait perubahan iklim agar bisa dilakukan upaya terkait dengan operasional waduk untuk memenuhi fungsinya dimasa depan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan data hujan satelit yang sudah divalidasi dengan dua stasiun hujan yang berada dekat dengan DAS Tilong yaitu stasiun hujan Baun, dan stasiun hujan Tarus. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data curah hujan harian dari Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II, data curah hujan satelit GPM, data curah hujan satelit PERSIANN-CDR, dan data GCM CanESM2. Peta lokasi penelitian beserta lokasi stasiun hujan dan tata guna lahan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Analisis curah hujan wilayah

Curah hujan rerata dari hasil pengukuran hujan di beberapa stasiun pengukuran dapat dihitung dengan metode Poligon Thiessen. Metode ini dipandang cukup baik karena memberikan koreksi terhadap kedalaman hujan sebagai fungsi luas daerah yang dianggap mewakili (Triatmodjo, 2008). Curah hujan rerata dengan cara Poligon Thiessen dihitung dengan Persamaan 1 sebagai berikut.

$$R = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (1)$$

Dimana R merupakan hujan rerata kawasan, A_n merupakan luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, ... dst, R_n merupakan hujan pada stasiun 1, 2, ... dst.

Keakuratan hujan satelit

Dalam penelitian Chen dkk., (2018) untuk mengkomparasi data hujan satelit GPM di area Cina menggunakan beberapa indikator statistik untuk menguji konsistensi hubungan antara data hujan satelit dan data hujan terukur. Koefisien korelasi yang dikenal luas dan paling sering digunakan adalah koefisien korelasi momen hasil kali Pearson yang dinotasikan dengan r , dimana rumus r adalah pada Persamaan 2. Selain koefisien korelasi, keakuratan data hujan satelit dapat dilihat dari nilai *root mean square error* (RMSE) dan *BIAS*.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n PG - (\sum P)(\sum G)}{\sqrt{n \sum P^2 - (\sum P)^2} \sqrt{n \sum G^2 - (\sum G)^2}} \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - G_i)^2} \quad (3)$$

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - G_i)}{\sum_{i=1}^n G_i} \quad (4)$$

Dimana P dan G merupakan data hujan satelit (mm) dan data hujan terukur di lapangan (mm) sedangkan n merupakan jumlah hari atau bulan dalam analisis.

Koreksi data satelit

Penggunaan data hujan satelit sering mengalami kendala karena terdapat inkonsistensi (bias) terhadap data observasi, sehingga perlu dilakukan koreksi bias terlebih dahulu sebelum digunakan dalam kajian (Misnawati dkk., 2018). Metode *Linear Scaling* (LS) adalah metode koreksi bias paling sederhana, metode ini hanya mengoreksi rata-rata *raw* curah hujan satelit terhadap rata-rata observasi (satu momen statistik) (Kurnia dkk., 2020), berikut persamaan dari koreksi bias *Linear Scaling*.

$$P_{cor,m} = P_{raw,m} \times \frac{\mu(P_{obs,m})}{\mu(P_{raw,m})} \quad (5)$$

Dimana $P_{cor,m}$ adalah curah hujan satelit terkoreksi, $P_{raw,m}$ adalah curah hujan satelit, $\mu(P_{obs,m})$ adalah rerata bulanan observasi, $\mu(P_{raw,m})$ rerata bulanan curah hujan satelit. Selanjutnya hasil koreksi akan dinilai kembali menggunakan 3 parameter statistik yaitu koefisien korelasi, RMSE dan BIAS.

Model iklim

Dalam kebanyakan studi tentang dampak perubahan iklim, GCM telah menjadi sarana utama yang digunakan untuk simulasi iklim global dan regional (Reshmidevi dkk., 2018). Salah satu model iklim yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *The Second Generation Canadian Earth System Model* (CanESM2), model ini dikembangkan oleh CCCma. CanESM2 menyediakan tiga skenario RCP masa depan yaitu RCP2.6, RCP4.5, dan RCP8.5 dimulai dari tahun 2006 hingga 2100 (Chim dkk., 2020). Maksud dari masing masing skenario ini adalah, RCP2.6 dikembangkan untuk merepresentasikan skenario yang mengarah pada tingkat konsentrasi gas rumah kaca yang sangat rendah, RCP4.5 adalah skenario konsentrasi CO₂ tingkat menengah dimana total pencemaran radiasi stabil pada 4,5 Wm⁻², RCP8.5 merupakan penstabilan tekanan radiasi yang tumbuh pada 8,5 Wm⁻² (Thomson dkk., 2011; Vuuren dkk., 2011). Selain data luaran GCM, data *reanalysis* dari NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*) dan NCAR (*National Center for Atmospheric Research*) juga diperlukan untuk keperluan metode *downscaling*. Dataset NCEP mulai dari tahun 1961 hingga 2015. CanESM2 memiliki ensambel variabel *predictor* hingga sejumlah 25 variabel dasar serta jumlah curah hujan total. Variabel ini disajikan dalam bentuk grid yang memudahkan untuk pemilihan lokasi terdekat.

SDSM merupakan perangkat lunak yang dikembangkan untuk menghasilkan skenario perubahan iklim beresolusi tinggi (Wilby dkk., 2004). Selama *downscaling* menggunakan SDSM, sebuah model regresi linier berganda dikembangkan antara beberapa variabel *predictor* skala besar yang dipilih dan *predictand* skala lokal seperti suhu dan curah hujan (Khan dkk., 2006).

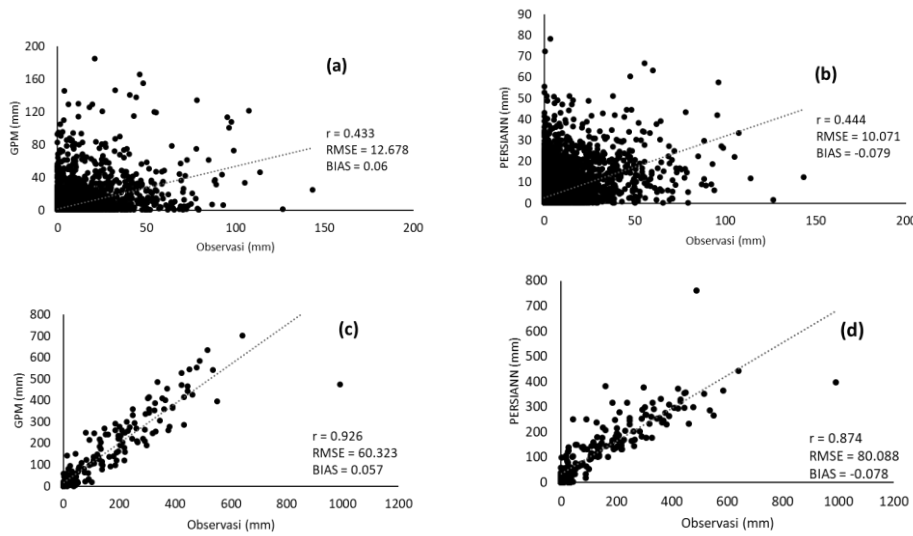
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis keakuratan data satelit

Data hujan observasi dan data satelit PERSIANN berupa data hujan titik sedangkan data hujan satelit GPM menggunakan data hujan wilayah. Untuk keperluan evaluasi data hujan observasi dan satelit harus menggunakan data hujan yang sama yaitu data hujan rata-rata wilayah. Oleh karena itu data hujan observasi dan PERSIANN harus diubah menjadi curah hujan rata-rata wilayah dengan menggunakan Persamaan 1.

Gambar 2 menunjukkan *scatterplot* dari curah hujan satelit GPM dan PERSIANN terhadap curah hujan observasi pada skala harian dan bulanan dari tahun 2000-2019 pada DAS Tilong. Hasil evaluasi menunjukkan kedua satelit memiliki akurasi yang rendah pada skala harian dengan nilai r 0,444 untuk satelit PERSIANN dan 0,433 untuk satelit GPM. Namun terjadi peningkatan nilai r dari skala harian menjadi skala bulanan dengan nilai r 0,874 untuk satelit PERSIANN dan 0,926 untuk satelit GPM. Untuk

nilai RMSE terjadi peningkatan dari skala harian ke skala bulanan. Nilai positif pada hasil BIAS menunjukkan curah hujan yang ditunjukkan satelit cenderung lebih besar dari curah hujan observasi, sedangkan sebaliknya jika nilai BIAS negatif.



Gambar 2. Scatterplot curah hujan satelit terhadap curah hujan observasi pada DAS Tilong (a) curah hujan harian GPM, (b) curah hujan harian PERSIANN, (c) curah hujan bulanan GPM, (d) curah hujan bulanan PERSIANN

Data satelit terkoreksi

Untuk mendapat nilai korelasi yang lebih baik antara data curah hujan satelit dan data curah hujan observasi perlu dilakukan koreksi. Koefisien koreksi bulanan untuk setiap satelit dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 5. Tabel 1 menunjukkan nilai koreksi bulanan untuk satelit GPM dan PERSIANN.

Tabel 1. Koefisien bias koreksi curah hujan satelit

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Juli	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
GPM	0,900	0,966	0,893	1,048	1,022	1,323	1,268	1,296	0,571	0,874	0,778	1,027
PERSIANN	1,219	1,371	1,081	1,053	0,749	0,964	0,729	0,842	0,381	0,555	0,742	1,177

Nilai koreksi pada satelit GPM menunjukkan bahwa nilai curah hujan GPM cenderung lebih besar pada musim hujan (November s/d Maret) sedangkan pada satelit PERSIANN menunjukkan nilai curah hujan PERSIANN cenderung lebih besar pada musim kemarau (April s/d Oktober). Tabel 2 menunjukkan nilai hasil evaluasi curah hujan satelit GPM dan PERSIANN terhadap curah hujan observasi pada DAS Tilong sebelum dan sesudah koreksi

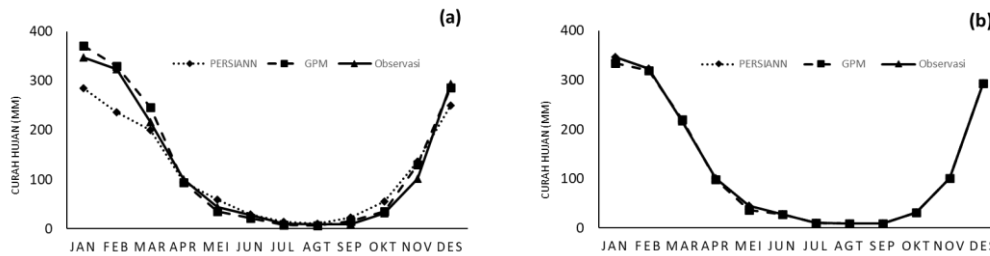
Tabel 2. Hasil evaluasi data curah hujan satelit dan curah hujan observasi pada DAS Tilong

Satelit	Sebelum dikoreksi			Setelah dikoreksi		
	r	RMSE	BIAS	r	RMSE	BIAS
GPM_d	0,433	12,678	0,060	0,436	12,175	$1,86 \times 10^{-16}$
PERSIANN_d	0,444	10,071	-0,079	0,474	10,056	$3,53 \times 10^{-16}$
GPM_m	0,926	60,323	0,057	0,932	56,349	$2,81 \times 10^{-16}$
PERSIANN_m	0,874	80,088	-0,078	0,892	71,971	$2,98 \times 10^{-16}$

Keterangan : _d skala harian; _m skala bulanan

Hasil evaluasi menunjukkan terjadi perubahan yang cukup signifikan pada curah hujan satelit PERSIANN setelah dikoreksi baik pada skala harian maupun skala bulanan dapat dilihat pada Tabel 3. Curah hujan bulanan rerata GPM dan PERSIANN setelah dikoreksi juga menunjukkan nilai yang hampir

sama dengan curah hujan observasi seperti yang terlihat pada Gambar 3. Curah hujan tahunan rerata antara satelit GPM dan PERSIANN setelah dikoreksi memiliki nilai yang hampir sama dengan curah hujan tahunan rerata observasi pada DAS Tilong yaitu berkisar pada 1400 mm/tahun.



Gambar 3. Perbandingan curah hujan bulanan rerata (a) sebelum dikoreksi, (b) setelah dikoreksi

Proyeksi curah hujan masa depan

Curah hujan satelit hasil koreksi kemudian diproyeksi dengan menggunakan bantuan perangkat lunak SDSM. Sebelum memproyeksi data hujan masa depan dilakukan pemilihan *predictor* untuk data satelit dan observasi menggunakan metode yang dipakai oleh Mahmood dan Babel (2013). Tabel 3 menunjukkan 3 *predictor* terpilih.

Tabel 3. *Predictor-predictor* terpilih

Observasi	GPM	PERSIANN
P*1_ugl	P*p1_ugl	P*p1_ugl
P*p500gl	P*ptempgl	P*p5_zgl
P*850gl	P*p500gl	P*p1zhgl

Selanjutnya dilakukan proses kalibrasi model untuk membuat hubungan bulanan dengan menggunakan metode *ordinary least square* untuk optimasi, metode *fourth-root* untuk transformasi dan skenario *conditional*. Proyeksi hujan akan dilakukan untuk 2 periode masa depan yakni periode 2030an (2020-2039) dan periode 2050an (2040-2059) dengan 3 skenario yaitu RCP2.6, RCP4.5 dan RCP8.5. Untuk kalibrasi model menggunakan data *re-analysis* NCEP/NCAR dan CanESM2 historis dengan periode 2000-2005 baik untuk curah hujan observasi maupun curah hujan satelit. Tabel 4a menunjukkan nilai RMSE pada tahap kalibrasi.

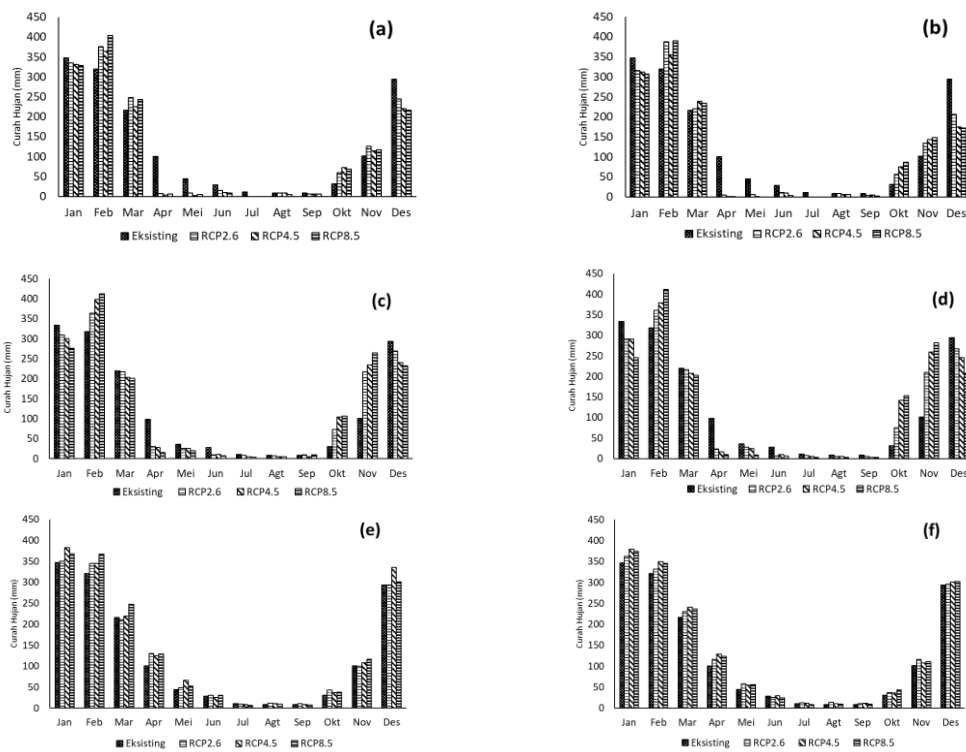
Perbedaan curah hujan harian rerata existing dengan curah hujan yang dimodelkan oleh NCEP/NCAR dan CanESM2 berkisar antara 0,17-0,70 mm/hari dan 0,14-1,05 mm/hari berturut-turut. Validasi model menggunakan periode 2006-2019 dengan data CanESM2 skenario RCP2.6, RCP4.5 dan RCP8.5. Pada tahap validasi dilakukan juga pemilihan *ensemble* yang nantinya akan digunakan berdasarkan dengan nilai RMSE terendah. *Ensemble* terpilih ditampilkan pada Tabel 4b. Pada tahap validasi curah hujan harian rerata eksisting dengan hasil pemodelan memiliki nilai lebih kecil dari hasil kalibrasi berkisar antara 0,11-0,63 mm/hari untuk RCP2.6, 0,03-0,56 mm/hari untuk RCP4.5 dan 0,10-0,63 mm/hari untuk RCP8.5. Nilai RMSE pada tahap validasi menunjukkan nilai yang cenderung lebih kecil dari nilai pada tahap kalibrasi, dikarenakan perbedaan pada periode data yang digunakan, dimana pada periode validasi data yang digunakan lebih panjang dari data pada periode kalibrasi.

Tabel 4. Nilai RMSE pada tahap kalibrasi dan validasi

(a) Kalibrasi			(b) Validasi			
Satelit	Curah Hujan		Satelit	Curah Hujan		
	CH (mm)	RMSE		Ensamble	CH (mm)	RMSE
Observasi						
Eksisting	4,21		Eksistin		3,82	
NCEP	4,84	12,8648	g			
CanESM2 Historis	4,35	12,7362	RCP2.6	59	3,93	12,3002
GPM						
Eksisting	3,58		RCP4.5	77	3,85	12,3567
NCEP	4,28	14,1124	RCP8.5	100	3,92	12,3141
CanESM2 Historis	4,63	14,4180	GPM			
PERSIANN						
Eksisting	4,08		Eksistin		3,91	
NCEP	4,25	9,1484	g			
CanESM2 Historis	4,69	8,9314	RCP2.6	46	4,52	13,8807
			RCP4.5	26	4,47	13,7898
			RCP8.5	76	4,56	14,2841
			PERSIANN			
			Eksistin		3,88	
			g			
			RCP2.6	59	4,51	9,1124
			RCP4.5	11	4,40	9,0912
			RCP8.5	58	4,47	9,2028

Analisis data hujan masa depan

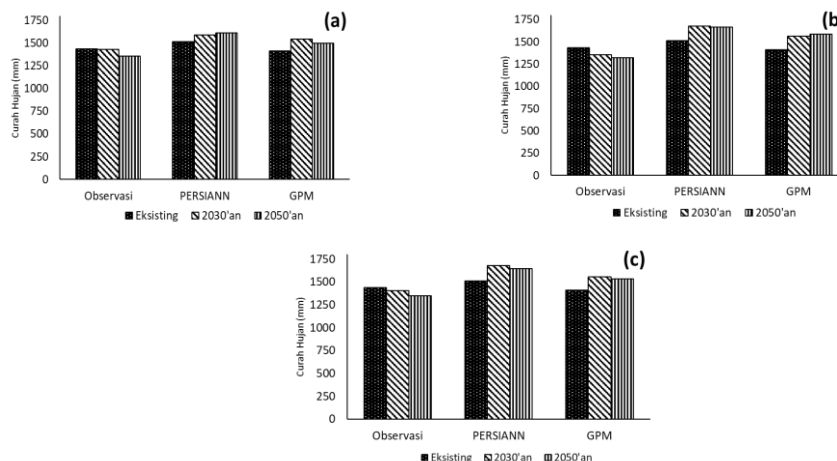
Analisis data hujan masa depan dengan model CanESM2 skenario RCP2.6, RCP4.5 dan RCP8.5 menunjukkan hasil yang bervariasi baik untuk curah hujan observasi, curah hujan satelit GPM dan PERSIANN. Curah hujan bulanan hasil prediksi periode 2030an dan 2050an ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan curah hujan bulanan rerata (a) CH observasi periode 2030an, (b) CH observasi periode 2050an, (c) CH GPM periode 2030an, (d) CH GPM periode 2050an, (e) CH PERSIANN periode 2030an, (f) CH PERSIANN periode 2050an

Curah hujan rerata bulanan masa depan pada hujan observasi dan hujan satelit GPM menunjukkan pola yang hampir sama yaitu mengalami penurunan pada bulan April sampai dengan September, Desember dan Januari. Namun pada hujan satelit PERSIANN menunjukkan terjadinya peningkatan hampir pada setiap bulan untuk setiap skenario RCP pada periode 2030an dan 2050an. Hasil proyeksi curah hujan bulanan rerata menunjukkan bahwa satelit GPM memberikan nilai peningkatan yang cukup ekstrim dibanding hujan observasi dan satelit PERSIANN. Pada satelit GPM peningkatan curah hujan terjadi hingga 391% pada bulan Oktober periode 2050an RCP8.5 sedangkan untuk satelit PERSIANN peningkatan curah hujan sebesar 40% pada bulan Oktober dengan periode dan skenario RCP yang sama dengan satelit GPM. Berdasarkan dari hasil proyeksi diketahui bahwa peningkatan curah hujan tertinggi pada DAS Tilong terjadi pada bulan Oktober baik pada hujan observasi, GPM dan PERSIANN.

Curah hujan rerata tahunan pada hujan observasi menunjukkan adanya penurunan terhadap kondisi eksisting untuk periode 2030an dan 2050an pada tiga skenario RCP. Sedangkan hujan rerata tahunan satelit GPM dan satelit PERSIANN hasil simulasi menunjukkan pola yang sama yaitu hujan skenario RCP4.5 lebih tinggi dibandingkan RCP2.6 dan RCP8.5 pada periode 2030an dan 2050an terhadap kondisi eksisting. Hujan rerata tahunan observasi mengalami penurunan terendah pada skenario RCP4.5 periode 2050an sebesar 7,9%, hujan rerata tahunan satelit GPM mengalami kenaikan tertinggi pada skenario RCP4.5 periode 2050an sebesar 12,4% dan hujan rerata tahunan PERSIANN mengalami kenaikan tertinggi pada skenario RCP8.5 periode 2030an sebesar 10,9%. Gambar 5 menunjukkan perbandingan curah hujan rerata tahunan observasi, satelit GPM dan satelit PERSIANN untuk tiga skenario RCP dan dua periode masa depan.



Gambar 5. Perbandingan curah hujan rerata tahunan masa depan (a) RCP2.6, (b) RCP4.5, (c) RCP8.5

KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan satelit PERSIANN memiliki kinerja yang lebih baik untuk skala harian dengan nilai r 0,444, sedangkan satelit GPM menunjukkan kinerja yang lebih baik untuk skala bulanan terhadap hujan observasi DAS Tilong dengan nilai r 0,926. Curah hujan observasi dan satelit GPM menunjukkan adanya kesamaan pola penurunan curah hujan di masa depan yaitu pada bulan April sampai dengan September. Adanya kesamaan pola curah hujan rerata bulanan hujan observasi dan GPM disebabkan oleh tingginya nilai korelasi skala bulanan antara hujan observasi dan GPM sehingga menghasilkan pola yang sama meskipun dengan nilai yang berbeda, dimana satelit GPM memberikan nilai yang lebih tinggi dari nilai curah hujan observasi. Pada analisis curah hujan rerata tahunan menunjukkan bahwa curah hujan satelit GPM dan PERSIANN menunjukkan terjadi peningkatan curah hujan terhadap nilai eksisting pada periode 2030an dan 2050an dengan tiga skenario RCP, sedangkan hujan observasi menunjukkan nilai yang sebaliknya yaitu terjadi penurunan curah hujan. Berdasarkan hasil analisis dapat dikatakan bahwa satelit GPM merupakan satelit yang dapat menggambarkan nilai curah hujan pada DAS Tilong dengan baik pada kondisi eksisting maupun masa depan. Dapat dilihat dari tingginya nilai korelasi pada skala bulanan selain itu dapat dilihat juga dari kesamaan pola pada

hasil proyeksi curah hujan masa depan. Oleh karena itu satelit GPM dapat dikatakan bisa digunakan untuk menggambarkan kondisi curah hujan pada DAS Tilong.

DAFTAR PUSTAKA

- Bâ, K. M., Balcázar, L., Diaz, V., Ortiz, F., Gómez-Albores, M. A., & Díaz-Delgado, C, 2018, Hydrological evaluation of PERSIANN-CDR rainfall over Upper Senegal River and Bani River basins, *Remote Sensing*, 10(12), 1884.
- BALITBANGTAN, 2011, Pedoman Umum Adaptasi Perubahan Iklim Sektor Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. 67 p.
- Chen, C., Chen, Q., Duan, Z., Zhang, J., Mo, K., Li, Z., & Tang, G, 2018, Multiscale comparative evaluation of the GPM IMERG v5 and TRMM 3B42 v7 precipitation products from 2015 to 2017 over a climate transition area of China, *Remote Sensing*, 10(6), 944.
- Chim, K., Tunnicliffe, J., Shamseldin, A., & Kakkada, C, 2020, Identifying future climate change and drought detection using CanESM2 in the upper Siem Reap River, Cambodia, *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 101182.
- Fang, J., Yang, W., Luan, Y., Du, J., Lin, A., & Zhao, L, 2019, Evaluation of the TRMM 3B42 and GPM IMERG products for extreme precipitation analysis over China, *Atmospheric research*, 223, 24-38.
- Ginting, Jody M, 2019, Analisis Hujan Satelit PERSIANN dan GPM untuk Perkiraan Debit Banjir DAS Progo, *Tesis*, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Karlina, 2013, Analisis Kekeringan Meteorologis di Wilayah Kabupaten Wonogiri, *Tesis*, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- Kurnia, W. G., Muharsyah, R., & Widiyanto, S, 2020, Performa Koreksi Bias Prakiraan Curah Hujan Model European Centre Medium Weather Forecast (ECMWF) di Sulawesi, *Buletin GAW Bariri*, 1(2), 77-86.
- Khan, M. S., Coulibaly, P., & Dibike, Y, 2006, Uncertainty analysis of statistical downscaling methods, *Journal of Hydrology*, 319(1-4), 357-382.
- Mahmood, R., and Babel, M. S, 2013, "Evaluation of SDSM developed by annual and monthly sub-models for downscaling temperature and precipitation in the Jhelum basin, Pakistan and India", *Theoretical and Applied Climatology*, 113(1-2), 27-44.
- Misnawati, M., Boer, R., June, T., & Faqih, A, 2018, Perbandingan metodologi koreksi bias data curah hujan chirps, *Limnotek: perairan darat tropis di Indonesia*, 25(1).
- Mutiara, J., Yudianto, D., & Fitriana, F, 2017, Studi Perbandingan Curah Hujan Hasil Pengukuran Pos Hujan Dan Satelit Untuk Wilayah Bandung Comparison Study Of Rainfall Measured At Groundstation And Sattelite For Bandung Region, *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 137-144.
- Pratiwi, Destiana Wahyu, Joko Sujono and Adam Pamudji Rahardjo, 2017, "Evaluasi Data Hujan Satelit Untuk Prediksi Data Hujan Pengamatan Menggunakan Cross Correlation", *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, no. November: 1-11.
- Rejekiningrum, P, 2014, Dampak Perubahan Iklim terhadap Sumberdaya Air: Identifikasi, Simulasi, dan Rencana Aksi.
- Sun, W., Sun, Y., Li, X., Wang, T., Wang, Y., Qiu, Q., & Deng, Z, 2018, Evaluation and correction of GPM IMERG precipitation products over the capital circle in Northeast China at multiple spatiotemporal scales, *Advances in Meteorology*, 2018.
- Thomson, A. M., Calvin, K. V., Smith, S. J., Kyle, G. P., Volke, A., Patel, P., ... & Edmonds, J. A, 2011, RCP4. 5: a pathway for stabilization of radiative forcing by 2100, *Climatic change*, 109(1), 77-94.
- Triatmodjo, B, 2008, *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta : UGM Press
- Van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Rose, S. K, 2011, The representative concentration pathways: An overview, *Climatic Change*, 109(1), 5-31
- Vernimmen, R. R.E., A. Hooijer, Mamenun, E. Aldrian and A. I.J.M. Van Dijk, 2012, "Evaluation and Bias Correction of Satellite Rainfall Data for Drought Monitoring in Indonesia", *Hydrology and Earth System Sciences* 16: 133-46.
- Wilby, R. L., Charles, S. P., Zorita, E., Timbal, B., Whetton, P., & Mearns, L. O, 2004, Guidelines for Use of Climate Scenarios Developed from Statistical Downscaling Methods, *Analysis*, 27(August), 1-27.