

VALIDASI CURAH HUJAN HARIAN *CHIRPS PRECIPITATION SATELLITE PRODUCT* DI PROVINSI KALIMANTAN BARAT

Validation of Daily Rainfall CHIRPS Satellite Precipitation Product in West Kalimantan Province

Joko Suryanto^{1*}, Amprin¹, Anisum¹

¹Program Studi Teknik Pertanian, STIPER Kutai Timur. Jl. Soekarno-Hatta, No. 01 Sangatta, Kutai Timur, Kalimantan Timur, Indonesia

email^{*}: jokosuryanto@stiperkutim.ac.id

ABSTRACT

Rainfall data from satellite products can be used as an alternative to the limitations of measuring rainfall using a rain gauge. The accuracy of satellite rain data varies greatly between regions due to various environmental factors, so that validation of rainfall satellite data is necessary. This study aims to evaluate the accuracy of daily rainfall data from Climate Hazards Group Infrared Precipitation Stations (CHIRPS) at 7 rain gauges in West Kalimantan Province. The point to pixel method is used to compare daily rainfall observed by the Meteorology, Climatology and Geophysical Agency (BMKG) for 20 year period (2002 – 2021) with CHIRPS rainfall data which corresponds to the location of the rain gauge station. CHIRPS data validation uses two types of validation, continuous validation and categorical validation. Continuous validation obtained the average Pearson correlation (R), percent bias ($Pbias$), mean error (ME), mean absolute error (MAE), and root mean square error ($RMSE$) were 0.25, 9.92%, 0.68 mm, 12.17 mm and 19.82 mm respectively. According to average value of percent bias and Pearson correlation, the CHIRPS rainfall estimation data is very good, but has a weak correlation with observation data. Categorical validation obtained the average probability of detection (POD), false alarm ratio (FAR), critical success index (CSI), frequency bias index (FBI) and Heidke skill score (HSS) were 0.72, 0.44, 0.56, 1.01, and 0.27 respectively. Categorical validation shows that the data CHIRPS is very good at estimating rain events in West Kalimantan.

Keywords: accuracy; CHIRPS; rainfall; rain gauge; West Kalimantan

ABSTRAK

Data curah hujan produk satelit dapat digunakan sebagai alternatif keterbatasan pengukuran curah hujan menggunakan penakar hujan. Akurasi data hujan satelit sangat bervariasi antar wilayah karena faktor lingkungan yang beragam, sehingga validasi hujan data satelit sangat diperlukan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji akurasi data hujan harian *Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations* (CHIRPS) pada 7 stasiun hujan di Provinsi Kalimantan Barat. Metode *point-to-pixel* digunakan untuk membandingkan curah hujan harian pengamatan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) sepanjang 20 tahun (2002

– 2021) dengan data curah hujan CHIRPS yang bersesuaian dengan lokasi stasiun hujan. Validasi data CHIRPS menggunakan dua jenis validasi yaitu validasi kontinu dan validasi kategorial. Validasi kontinu diperoleh rata-rata korelasi Pearson (R), *percent bias* (Pbias), *mean error* (ME), *mean absolute error* (MAE), dan *root mean square error* (RMSE) adalah 0,25, 9,92 %, 0,68 mm, 12,17 mm, dan 19,82 mm. Berdasarkan nilai rata-rata *percent bias* dan korelasi Pearson, estimasi hujan data CHIRPS sangat baik, namun mempunyai korelasi lemah dengan data pengamatan. Validasi kategorial diperoleh nilai rata-rata *probability of detection* (POD), *false alarm ratio* (FAR), *critical success index* (CSI), *frequency bias index* (FBI) dan *Heidke skill score* (HSS) adalah 0,72, 0,44, 0,56, 1,01, dan 0,27. Validasi kategorial menunjukkan bahwa data CHIRPS sangat baik dalam mengestimasi kejadian hujan di Kalimantan Barat.

Kata kunci: akurasi; CHIRPS; curah hujan; Kalimantan Barat; *rain gauge*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Curah hujan merupakan komponen utama iklim yang berperan penting dalam mengendalikan siklus hidrologi dan kesetimbangan energi di bumi (Ayehu, *et al.*, 2018). Curah hujan juga mempunyai dampak yang luas dalam bidang pertanian, ekonomi dan lingkungan (Hsu, *et al.*, 2021).

Curah hujan dapat diukur menggunakan metode *rain gauge*, radar cuaca, dan citra satelit (Dingman, 2015). Pengamatan curah hujan menggunakan *rain gauge* maupun radar cuaca sangat terbatas secara spasial-temporal karena faktor biaya, infrastruktur, perawatan dan kondisi medan yang sulit (Liu, *et al.*, 2017; Wiwoho, *et al.*, 2021). Estimasi curah hujan menggunakan satelit dapat mengatasi keterbatasan resolusi spasial dan temporal pada penggunaan metode *rain gauge* dan radar, karena data hujan satelit mempunyai resolusi spasial yang tinggi, sehingga mampu menjangkau daerah terpencil dan tidak bisa diakses (Belay, *et al.*, 2019), resolusi temporal tinggi dan tersedia secara *real time* (Yeditha, *et al.*, 2022).

Berdasarkan sumbernya, data hujan produk satelit dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu berbasis satelit, *reanalysis*, dan gabungan satelit dengan hujan observasi (Degefu, *et al.*, 2022). Data hujan satelit *Climate Hazards Group Infrared*

Precipitation with Stasions (CHIRPS) merupakan jenis data satelit gabungan data multi-satelit dan hujan observasi (Degefu, *et al.*, 2022; Macharia, *et al.*, 2022) yang dikembangkan oleh United States Geological Survey dan University of California, Santa Barbara.

Data CHIRPS mencakup wilayah 50° LU-50° LS dengan resolusi spasial 0,05° tersedia dalam skala waktu harian, 5-harian, 10-harian dan bulanan. Data CHIRPS dikembangkan dengan tiga komponen yaitu, *Climate Hazards Group Precipitation Climatology* (CHPClim), *Climate Hazards Group Infrared Precipitation* (CHIRP) dan prosedur penggabungan dengan curah hujan observasi (Funk, *et al.*, 2015). Pembentukan data CHIRPS terbagi dalam 4 proses, yaitu data hujan 5 harian *infrared precipitation* (IRP) diperoleh dari kalibrasi data *cold cloud duration* (CCD) menggunakan data TMPA 3B42, hujan IRP dibagi dengan rata-rata hujan 5 harian IRP periode panjang sehingga diperoleh konstanta tak berdimensi, hujan 5 harian CHPClim dikalikan dengan konstanta IRP sehingga diperoleh hujan 5 harian CHIRP. Data 5 harian CHIRP diintegrasikan ke hujan harian menggunakan data harian *Climate Forecast System* (CFS) NOAA resolusi 0,05°. Tahap akhir yaitu penggabungan data CHIRP dengan data hujan observasi menggunakan algoritma pembobotan sehingga dihasilkan data CHIRPS (Hordofa, *et al.*, 2021).

Kelebihan CHIRPS dibandingkan dengan data satelit lainnya antara lain

mempunyai pencatatan data panjang (1981-sekarang), resolusi spasial yang tinggi, yakni $0,05^\circ$ dan latensi yang rendah yakni 1 hari hingga 3 minggu (Condom, *et al.*, 2020). Kelebihan data CHIRPS tersebut menyebabkan pemanfaatan data CHIRPS terus berkembang dari penggunaan awalnya yaitu untuk *monitoring* kekeringan di Afrika. Pemanfaatan data CHIRPS untuk analisis curah hujan ekstrem telah dilakukan di Bangka Belitung (Fadholi & Adzani, 2018), di Uganda (Ageet, *et al.*, 2022), DAS Yangtze, China (Xiao, *et al.*, 2020). Data CHIRPS digunakan sebagai *input* model hidrologi antara lain oleh Hernández-romero & Patiño-gómez (2022) sebagai *input* model HEC-HMS. Peng, *et al.*, (2021) menggunakan data CHIRPS sebagai *input* model SWAT, Usman, *et al.*, (2021) menggunakan data CHIRPS sebagai *input* model hidrologi HBV.

Akurasi data hujan satelit sangat bervariasi antar wilayah, salah satu penyebabnya adalah dampak faktor lingkungan (Gebremedhin, *et al.*, 2021), seperti faktor iklim lokal, topografi dan musim hujan (Macharia, *et al.*, 2022), kondisi medan, jenis bioma, dan dominasi sistem hujan konvektif (Paredes-Trejo, *et al.*, 2017). Faktor lingkungan tersebut menjadi salah satu penyebab data CHIRPS tidak terlepas dari ketidakpastian akurasi (Nashwan, *et al.*, 2020), sehingga pemanfaatan data CHIRPS dalam bidang hidroklimatologi diperlukan validasi terlebih dahulu.

Pengujian validasi data CHIRPS telah banyak dilakukan, di antaranya oleh López-Bermeo, *et al.*, (2022) di pegunungan barat laut Columbia diperoleh bahwa data CHIRPS harian mempunyai akurasi rendah disebabkan oleh faktor geografi dan fisiografi lokasi serta distribusi spasial-temporal curah hujan. Penelitian (Anjum, *et al.*, 2022) di Provinsi Punjab, Pakistan menunjukkan bahwa *error* CHIRPS meningkat sejalan dengan meningkatnya intensitas curah hujan dan ketinggian tempat stasiun hujan. Nawaz, *et al.*, (2021) menyebutkan bahwa akurasi CHIRPS di

Pakistan lebih baik pada daerah dengan elevasi rendah dibandingkan daerah berelevasi tinggi. Hsu, *et al.*, (2021) menyebutkan bahwa akurasi data CHIRPS harian tidak lebih baik dengan data IMERG, namun data CHIRPS bulanan lebih baik dan dapat menggambarkan siklus hujan tahunan.

Studi validasi data CHIRPS harian di Indonesia telah dilakukan oleh Pratama, *et al.*, (2022) bahwa terdapat korelasi lemah antara CHIRPS dengan data AWS di Lampung Selatan dan nilai bias terendah pada musim basah. Penelitian Liu, *et al.*, (2020) di Bali menunjukkan bahwa korelasi data harian CHIRPS sangat rendah disebabkan oleh faktor topografi, jarak yang dekat antara stasiun hujan dengan laut dan pegunungan, dan sirkulasi angin lokal. Penelitian Faisal, *et al.*, (2020) pada stasiun hujan di Provinsi Jawa Timur diperoleh bahwa akurasi CHIRPS lebih rendah dibandingkan data *Global Precipitation Measurement* (GPM) disebabkan oleh perbedaan interval perekaman antara GPM setiap 2-4 jam, sedangkan CHIRPS setiap 24 jam sekali. Penelitian Rahmawati, *et al.*, (2021) menunjukkan bahwa hasil estimasi curah hujan harian data satelit CHIRPS, CMORPH, GPM IMERG, dan TRMM di daerah bergunung mempunyai perbedaan yang tinggi dengan data observasi karena pengaruh jenis hujan orografis. Namun, nilai RMSE CHIRPS terendah dibandingkan data CMORPH, GPM IMERG, dan TRMM.

Provinsi Kalimantan Barat mempunyai luas 147.307 km² didominasi tutupan lahan hutan 63,65%, lahan pertanian 1,75%, dan pemukiman hanya 0,83% dari total luas wilayah (BPS Kalimantan Barat, 2021). Wilayah Kalimantan Barat yang termasuk kelas landai mempunyai luas 29,21%, 33,34% merupakan wilayah bergelombang, 21,31% berada pada kelas kelerengan curam, dan 16,51% merupakan wilayah sangat curam. Wilayah Kalimantan Barat mempunyai pola curah hujan tipe ekuatorial dengan jenis hujan konvektif. Jenis hujan konvektif merupakan dampak dari pemanasan radiasi matahari yang

memicu pergerakan udara dan pembentukan awan hujan (Wulandari, *et al.*, 2018).

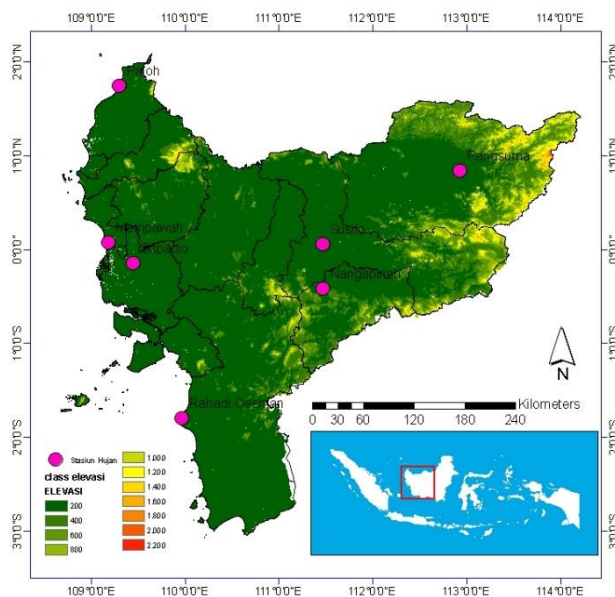
Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk menguji akurasi curah hujan harian data CHIRPS resolusi 0,05° (5,56 km) dalam mengestimasi curah hujan harian di wilayah Provinsi Kalimantan Barat periode Januari 2002 - Desember 2021.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni hingga September 2022 dengan wilayah penelitian Provinsi Kalimantan Barat yang terletak antara 02°08' LU - 03°02' LS dan di antara 108°30' - 114°10' BT (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi penelitian

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *software* microsoft Excel dan *Arc GIS 10.8*. Microsoft Excel digunakan untuk pengolahan data, sedangkan *software Arc GIS 10.8* digunakan untuk ekstraksi data CHIRPS.

Bahan penelitian berupa data sekunder di antaranya:

1. Data curah hujan harian pada stasiun pengamatan BMKG di wilayah

penelitian, yaitu stasiun Mempawah, Nangapinoh, Paloh, Pangsuma, Rahadi Oesman, Supadio dan stasiun Susilo. Rentang data tersebut antara Januari 2002 – Desember 2021 dan diunduh pada *website* <https://dataonline.bmkg.go.id>. Lokasi stasiun hujan di wilayah penelitian ditunjukkan Gambar 1. Persentase data kosong dan banyaknya data yang digunakan untuk validasi diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data stasiun hujan dan persentase data kosong periode 2002 – 2021

No	Stasiun hujan	ID WMO	Elevasi (m.dpl)	Jarak ke garis pantai (km)	Koordinat		Data kosong (%)
					Lintang (°)	Bujur (°)	
1	Mempawah	96583	2	1,03	0,08	109,19	12,81
2	Nangapinoh	96557	40	219,07	-0,42	111,47	21,26
3	Paloh	96535	15	3,62	1,74	109,30	7,64
4	Pangsuma	96565	43	429,15	0,84	112,93	20,45
5	Rahadi Osman	96615	9	3,87	-1,80	109,97	13,62
6	Supadio	96581	3	34,12	0,14	109,45	10,65
7	Susilo	96559	31	218,38	0,06	111,47	4,34

2. Data CHIRPS harian dengan resolusi 0,05° periode 2002 – 2021 yang diunduh dalam format netcdf (*.nc) pada *website* https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/global_daily/netcdf/p05/. Data CHIRPS digunakan dalam penelitian ini karena data CHIRPS telah banyak digunakan dalam bidang hidro-klimatologi, mempunyai resolusi spasial dan temporal yang tinggi, tersedia dalam periode panjang (1981-sekarang), dan dapat diakses secara gratis.

Metode

Metode *point to pixel* digunakan untuk membandingkan data CHIRPS dengan data pengukuran BMKG, yaitu dengan membandingkan data pada titik pengukuran BMKG dengan nilai piksel data satelit yang bersesuaian lokasi (Ageet, *et al.*, 2022; Budiyo & Faisal, 2021; Liu, *et al.*, 2020; López-Bermeo, *et al.*, 2022). Metode *point to pixel* dipilih daripada metode interpolasi curah hujan ke dalam bentuk *grid* karena jumlah stasiun di wilayah penelitian hanya 7 stasiun yang menyebar pada luasan 147.307 km². Metode *point to pixel* sangat sesuai untuk jumlah stasiun hujan yang terbatas (Saemian, *et al.*, 2021) dan lokasinya yang menyebar (López-Bermeo, *et al.*, 2022).

Akurasi CHIRPS

Validasi data CHIRPS dilakukan dengan membandingkan curah hujan harian data CHIRPS dengan data pengukuran periode Januari 2002 – Desember 2021. Data kosong rentang periode tersebut tidak diikuti dalam validasi. Validasi statistik yang digunakan adalah validasi kontinu dan validasi kategorial.

Validasi Kontinu

Validasi kontinu menilai akurasi data CHIRPS dalam mengestimasi jumlah air hujan. Indikator validasi kontinu yang digunakan di antaranya Pearson *correlation coefficient* (R), *mean error* (ME), *mean absolute error* (MAE), *root mean square error* (RMSE), dan *percent bias* (Pbias).

Persamaan indikator validasi tersebut dapat dilihat pada persamaan 1 – 5 sebagai berikut (Bai, *et al.*, 2018; Belay, *et al.*, 2019; Geleta & Deressa, 2021):

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (Obs_i - \overline{Obs})(CHIRPS_i - \overline{CHIRPS})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Obs_i - \overline{Obs})^2 \sum_{i=1}^n (CHIRPS_i - \overline{CHIRPS})^2}} \quad (1)$$

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^n (Obs_i - CHIRPS_i)}{n} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Obs_i - CHIRPS_i|}{n} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Obs_i - CHIRPS_i)^2}{n}} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$Pbias = \frac{\sum_{i=1}^n (CHIRPS_i - Obs_i) \times 100}{\sum_{i=1}^n Obs_i} \quad \dots\dots\dots(5)$$

keterangan:

- Obs_i = curah hujan pengukuran (mm)
- \overline{Obs} = rerata curah hujan pengukuran (mm)
- CHIRPS_i = curah hujan CHIRPS (mm)
- \overline{CHIRPS} = rerata curah hujan CHIRPS (mm)

Koefisien korelasi (R) menunjukkan tingkat keeratan data CHIRPS dan pengamatan, mempunyai rentang -1 – 1 dengan nilai optimal 1. Sugiyono (2013) membagi tingkat keeratan hubungan dua variabel berdasarkan nilai koefisien korelasi, yaitu sangat kuat (0,80-1,00), kuat (0,60-0,79), sedang (0,40-0,59), lemah (0,20-0,39), dan tidak ada korelasi (0,00 - 0,19). Pbias dapat mengidentifikasi rata-rata bias estimasi CHIRPS, mempunyai rentang -∞ - ∞ dengan nilai optimal 0. Menurut Ibarra-Zavaleta, *et al.*, (2017) akurasi berdasarkan Pbias dikelompokkan sangat baik (Pbias < ± 10), baik (± 10 < Pbias < ± 15), cukup (± 15 < Pbias < ± 25), dan tidak memenuhi (Pbias > ± 25).

Validasi Kategorial

Validasi kategorial merupakan indikator kualitatif untuk mengukur kesesuaian jumlah kejadian hujan antara data CHIRPS dengan data pengukuran yang didasarkan pada tabel kontingensi ya/tidak terjadinya hujan. Nilai ambang batas untuk

terjadinya hujan ditentukan > 0 mm/hari (Mazzoglio, *et al.*, 2019; Rahmawati, *et al.*, 2021; Rivera, *et al.*, 2018; Wiwoho, *et al.*, 2021).

Tabel 2. Tabel kontingensi

		hujan pengamatan	
		R > 0 mm/hr	R = 0 mm/hr
data satelit	R > 0 mm/hr	<i>hits</i> (a)	<i>false</i> (b)
	R = 0 mm/hr	<i>misses</i> (c)	<i>correct no rain</i> (d)

Nilai *hits* (a) pada Tabel 2 adalah jumlah hari hujan yang terjadi pada data pengamatan maupun satelit, *false* (b) adalah jumlah hari pada saat hujan diestimasi oleh satelit namun tidak terjadi pada pengamatan, *miss* (c) merupakan jumlah hari pada saat hujan tidak diestimasi oleh satelit namun terjadi pada data pengamatan, *correct no rain* (d) adalah jumlah hari hujan yang tidak diestimasi oleh satelit dan tidak terjadi pada data pengamatan.

Indikator kesesuaian kejadian hujan antara data CHIRPS dan data pengamatan dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$POD = \frac{a}{a+c} \dots\dots\dots(6)$$

$$FAR = \frac{b}{a+b} \dots\dots\dots(7)$$

$$CSI = \frac{a}{a+b+c} \dots\dots\dots(8)$$

$$FBI = \frac{a+b}{a+c} \dots\dots\dots(9)$$

$$HSS = \frac{2(ad-bc)}{(a+c)(c+d)+(a+b)(b+d)} \dots\dots\dots(10)$$

Parameter *probability of detection* (POD) adalah fraksi kejadian hujan yang terestimasi oleh satelit dan terjadi. *False alarm ratio* (FAR) menunjukkan fraksi data satelit mengestimasi kejadian hujan namun tidak terjadi. *Critical success index* (CSI)

merupakan kombinasi POD dan FAR yang menunjukkan kemampuan data satelit mengestimasi kejadian hujan secara menyeluruh. *Frequency bias index* (FBI) adalah perbandingan frekuensi kejadian hujan data satelit dengan data pengamatan. *Heidke skill score* (HSS) merupakan ukuran akurasi estimasi data satelit dengan memperhitungkan peluang acak kejadian hujan. Nilai rentang dan optimal parameter statistik validasi kategorial dapat dilihat pada Tabel 3.

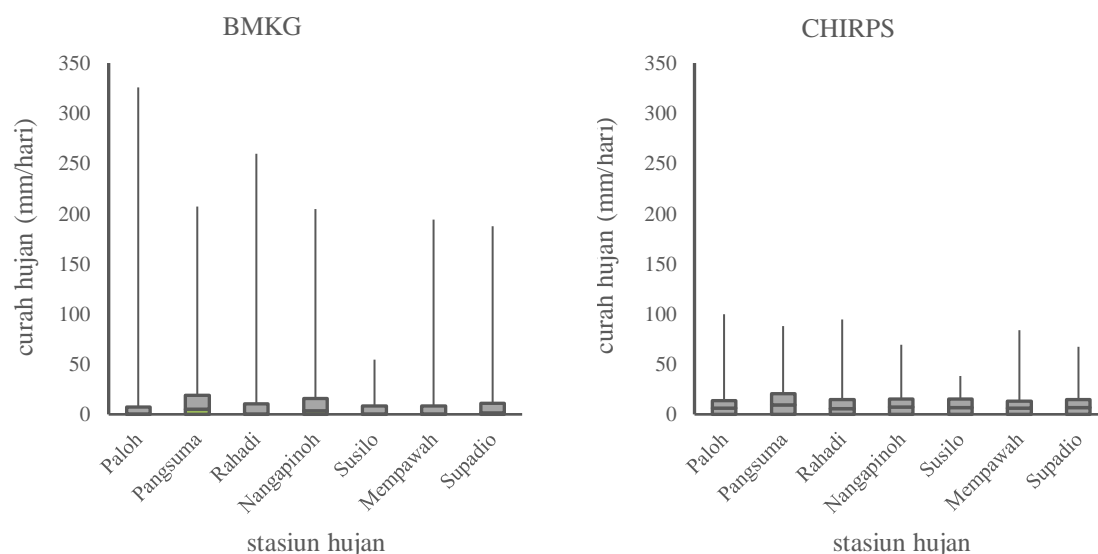
Tabel 3. Parameter statistik validasi kategorial (Belay, *et al.*, 2019; Girma & Berhanu, 2021; Mazzoglio, *et al.*, 2019)

Parameter statistik	Rentang nilai	Nilai optimal
<i>Probability of detection</i> (POD)	0 – 1	1
<i>False alarm ratio</i> (FAR)	0 – 1	0
<i>Critical success index</i> (CSI)	0 - 1	1
<i>Frequency bias index</i> (FBI)	0 - ∞	1
<i>Heidke skill score</i> (HSS)	-∞ - 1	1

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Data BMKG dan CHIRPS

Stasiun hujan di lokasi penelitian berada pada kelas ketinggian yang sama yaitu dataran rendah (< 400 m.dpl) dengan rentang ketinggian 2 – 43 m. Stasiun Mempawah mempunyai jarak ke garis pantai paling pendek 1,03 km dan jarak terjauh adalah stasiun Pangsuma 429,15 km. Banyaknya data hujan harian selama periode 2002 – 2021 adalah 7.305 data, data kosong pada periode tersebut tidak digunakan untuk menguji akurasi data CHIRPS. Stasiun Susilo mempunyai data terbanyak yaitu 6.988 (4,34 % data kosong), sedangkan stasiun Nangapinoh mempunyai jumlah data paling sedikit yaitu 5.752 data atau data kosong sebesar 21,26 % (Tabel 1).



Gambar 2. Box plot data curah hujan harian (mm) pengamatan BMKG dan estimasi CHIRPS

Sebaran data curah hujan harian pada semua stasiun sangat heterogen dengan nilai koefisien variansi (cv) antara 1,51 – 2,09 dan rata-rata 1,92. Sebaran data CHIRPS lebih homogen bila dibandingkan dengan data pengamatan BMKG yang ditunjukkan oleh nilai rata-rata cv data CHIRPS 1,18 dan mempunyai rentang 1,13 – 1,25. Rata-rata curah hujan pengamatan BMKG lebih tinggi 4,7% dibandingkan data CHIRPS, sedangkan rata-rata curah hujan maksimum lebih tinggi 162% dibandingkan dengan data CHIRPS (Gambar 2).

Validasi Data CHIRPS

Data pengamatan BMKG di wilayah penelitian dibandingkan dengan data CHIRPS harian periode Januari 2002 – Desember 2021 (20 tahun) menggunakan metode *point to pixel*. Penggunaan metode tersebut bertujuan untuk menghindari *error* data ketika menggunakan metode interpolasi stasiun hujan karena jumlah stasiun yang sedikit dan menyebar.

Validasi Kontinu

Nilai rata-rata *mean absolute error* (MAE) diperoleh 12,17 mm dengan rentang 9,9 mm (Paloh) dan 15,27 mm (Pangsuma). Berdasarkan nilai MAE, akurasi CHIRPS

Nilai koefisien korelasi (R) mempunyai rentang 0,09 (Nangapinoh) hingga 0,43 (Paloh) dan nilai rata-rata 0,25 dengan hubungan linier positif lemah. Hal ini menunjukkan CHIRPS kurang tepat dalam menggambarkan variabilitas curah hujan harian. Hasil yang sama juga diperoleh di beberapa wilayah Indonesia bahwa korelasi CHIRPS dengan data pengamatan berada pada rentang sangat lemah – lemah. Korelasi CHIRPS di Lampung Selatan antara 0,35 – 0,39 (Pratama, *et al.*, 2022), (Wiwoho, *et al.*, 2021) di DAS Brantas, Jawa Timur (0,23 – 0,36), (Faisal, *et al.*, 2020) Provinsi Jawa Timur (0,33 – 0,47) dan (Liu, *et al.*, 2020) di pulau Bali diperoleh rata-rata koefisien korelasi 0,23. Hasil validasi kontinu CHIRPS diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4 memperlihatkan bahwa nilai *mean error* (ME) terbaik 0,49 mm (Mempawah) dan tertinggi 3,68 mm (Nangapinoh). Nilai ME negatif menunjukkan *underestimate* terjadi pada stasiun Paloh dan Susilo, stasiun yang lain menunjukkan *overestimate*.

tergolong rendah bila dibandingkan dengan yang diperoleh di Papua Barat (4,33 – 6,33 mm) dan di Brantas, Jawa Timur (5,56 – 11,2 mm).

Tabel 4. Hasil validasi kontinu curah hujan harian estimasi CHIRPS di wilayah penelitian

Stasiun	R	Keterangan	ME (mm)	MAE (mm)	RMSE (mm)	Pbias (%)	Keterangan
Mempawah	0,11	Sangat Lemah	0,49	11,43	19,68	-5,6	Sangat Baik
Nangapinoh	0,09	Sangat Lemah	3,68	15,03	22,55	-23,2	Cukup
Paloh	0,43	Sedang	-0,55	9,90	18,43	6,5	Sangat Baik
Pangsuma	0,16	Sangat Lemah	0,81	15,27	23,20	-6,0	Sangat Baik
Rahadi O.	0,38	Lemah	0,90	10,72	18,89	-5,2	Sangat Baik
Supadio	0,27	Lemah	0,82	11,25	17,63	-3,7	Sangat Baik
Susilo	0,28	Lemah	-1,38	11,62	18,39	14,8	Baik
<i>rata-rata</i>	0,25	Lemah	0,68	12,17	19,82	-3,20	Sangat Baik

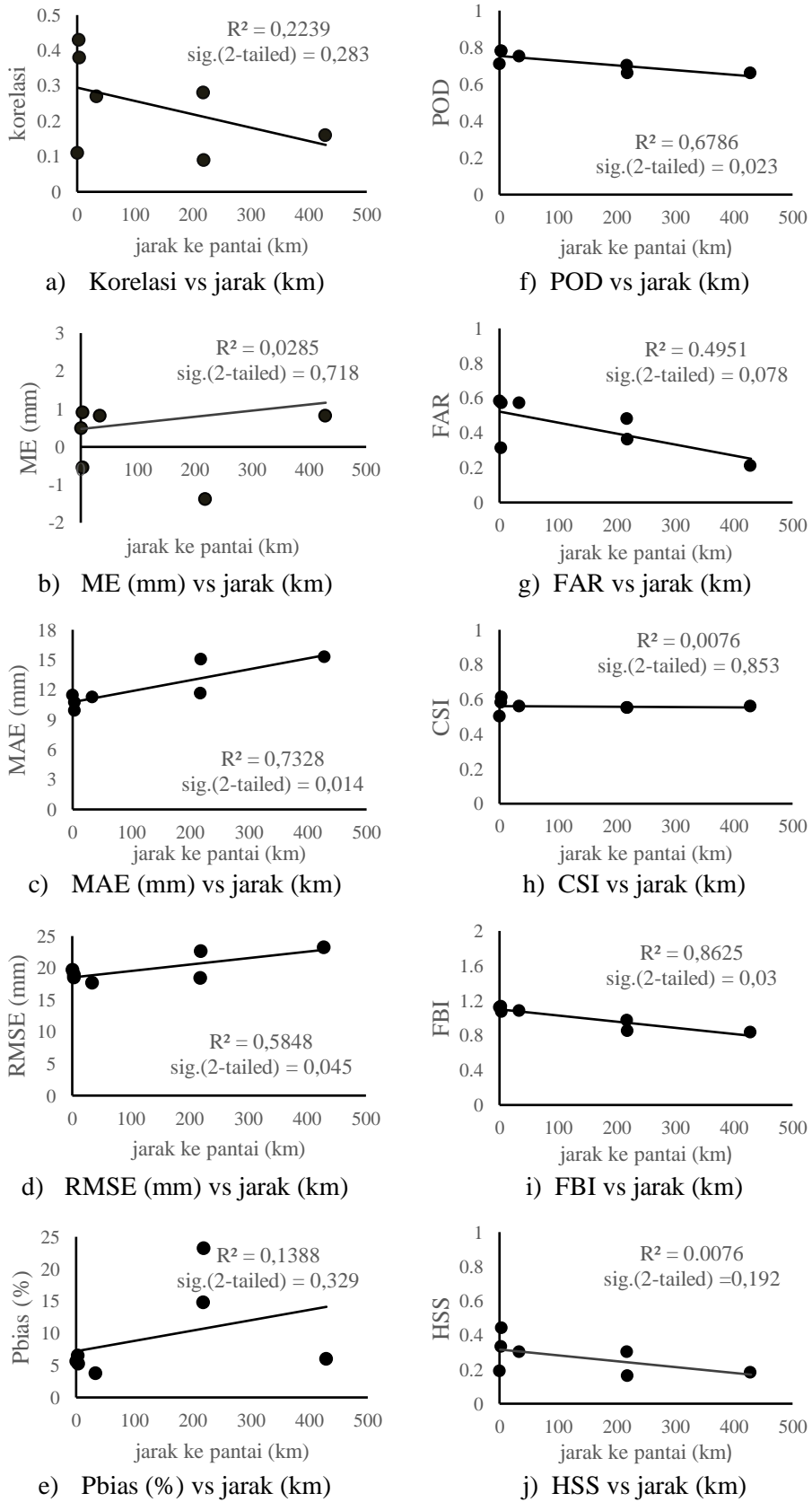
Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai *root mean square error* (RMSE) terendah 17,63 mm (Supadio), dan tertinggi 23,2 mm (Pangsuma), dengan nilai rata-rata 19,82 mm. Nilai RMSE semua stasiun mendekati standar deviasi data pengamatan (rata-rata standar deviasi 19,18 mm), sehingga nilai RMSE tergolong sangat tinggi. RMSE stasiun Paloh terlihat tidak konsisten dengan nilai indeks MAE, nilai MAE stasiun Paloh terendah yaitu 9,9 mm namun diperoleh RMSE yang tinggi 18,43 mm. Hal ini disebabkan nilai indeks *error* RMSE sangat sensitif terhadap data *outlier* dibandingkan dengan MAE (Gebremedhin, *et al.*, 2021). Nilai RMSE tidak jauh berbeda dengan akurasi CHIRPS di Bali sebesar 18,56 mm, namun rentang RMSE di wilayah penelitian lebih tinggi dibandingkan akurasi CHIRPS di DAS Brantas, Jawa Timur (11,8 – 21,93 mm) dan di Lampung (8,65 – 14,06 mm).

Nilai *percent bias* (Pbias) berada di antara -23,2 % (Nangapinoh) – 14,8 % (Susilo). Hasil estimasi CHIRPS *underestimate* diperoleh di stasiun Nangapinoh (-23,2 %), Mempawah (-5,6 %), Pangsuma (-6,0 %), Rahadi Oesman (-5,2%), dan Supadio (-3,7 %). Sedangkan stasiun Paloh dan Susilo diperoleh hasil estimasi CHIRPS *overestimate* dengan nilai Pbias 6,5 % dan 14,8 %. Estimasi CHIRPS di lokasi penelitian cenderung *underestimate* di 5 stasiun dan hanya 2 stasiun yang menunjukkan *overestimate*.

Indikator Pbias (Tabel 4) berlawanan dengan indeks *error* ME pada semua stasiun hujan. Berdasarkan indeks *error* ME, estimasi CHIRPS di stasiun

Mempawah *overestimate*, sedangkan indikator Pbias diperoleh *underestimate*, demikian juga dengan stasiun lainnya yang memperlihatkan indikator ME dan Pbias saling berkebalikan. Hal ini disebabkan pada indikator ME nilai *error* positif dan negatif dalam rata-rata data deret waktu dapat saling membatalkan. Berdasarkan nilai rata-rata absolut Pbias diperoleh 9,92 %, menunjukkan estimasi CHIRPS di lokasi penelitian sangat baik.

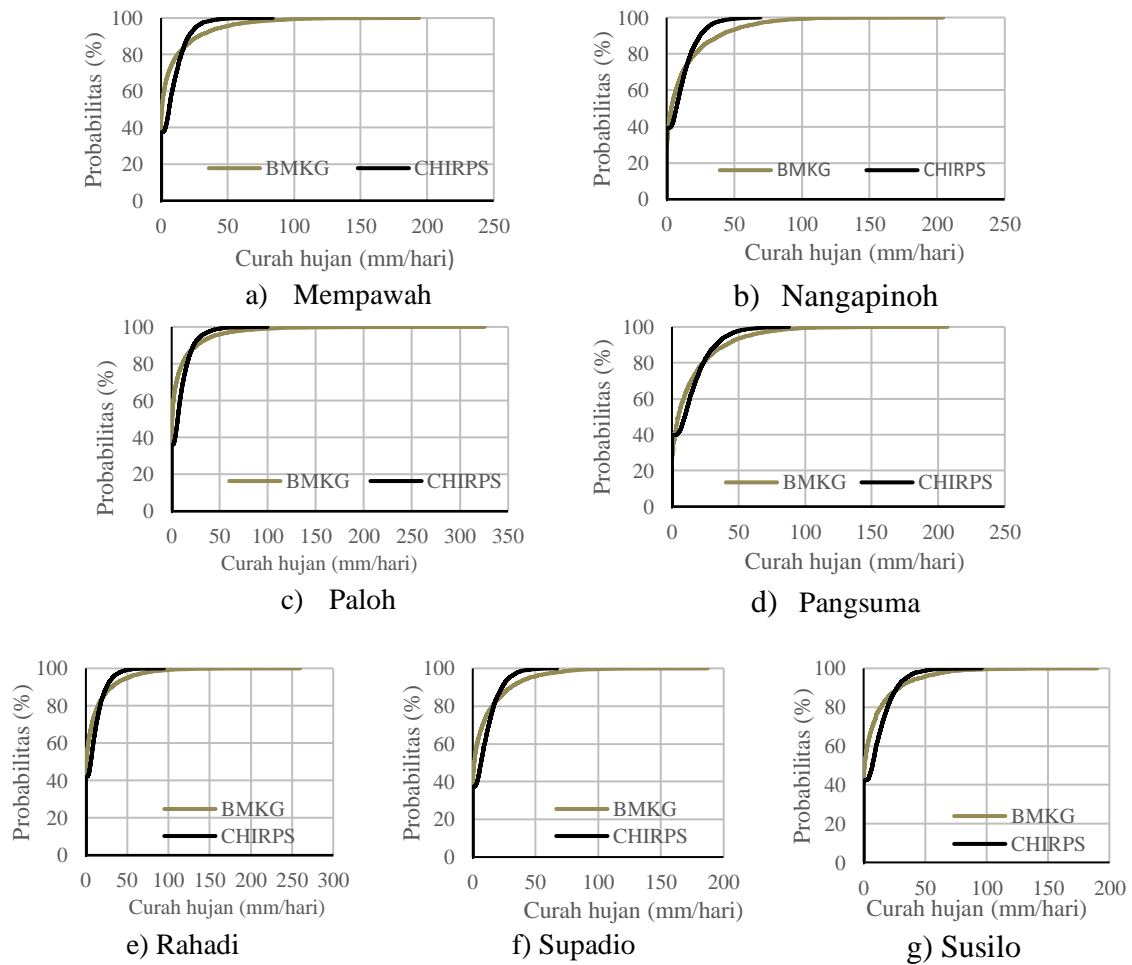
Gambar 3 menunjukkan hubungan linier antara indeks *error* dengan jarak stasiun ke garis pantai terdekat (km). Indeks MAE mempunyai korelasi sangat kuat (0,856) dan signifikan (sig.2-tailed = 0,014). Korelasi kuat diperoleh indeks RMSE (0,765) dengan signifikansi nyata (sig.2-tailed = 0,045). Korelasi nilai R sedang (0,473), korelasi lemah pada Pbias (0,373), dan sangat lemah pada indeks ME (0,169), masing-masing indeks mempunyai signifikansi tidak nyata (> 0,05). Hubungan linier positif dan signifikan tersebut dapat diartikan bahwa semakin jauh jarak stasiun dari pantai, maka *error* estimasi CHIRPS semakin tinggi. Hal ini sejalan dengan Trejo, *et al.*, (2016), bahwa stasiun hujan yang lebih dekat dengan pantai memberikan hasil akurasi numerik yang lebih baik dibandingkan stasiun hujan yang letaknya jauh dari garis pantai.



Gambar 3. Hubungan parameter validasi dengan jarak stasiun ke pantai (km)

Analisis kurva *cumulative distribution function* (CDF) digunakan untuk mendeteksi seberapa sering data CHIRPS *overestimate* atau *underestimate* dalam mengestimasi data pengamatan. Kurva CDF data CHIRPS stasiun Pangsuma berada di bawah kurva CDF data BMKG pada rentang data 2 - 23 mm/hari (Gambar 4). Hal ini menunjukkan bahwa estimasi

hujan < 23 mm/hari (hujan ringan) data CHIRPS cenderung *overestimate*. Sedangkan pada stasiun Nangapinoh kurva CDF data CHIRPS berada di bawah kurva CDF BMKG pada rentang 0 – 15,1 mm. Batas rata-rata curah hujan estimasi CHIRPS *overestimate* adalah 19,6 mm, mendekati batas atas kelas hujan ringan 20 mm/hari (BMKG, 2022).



Gambar 4. Kurva *cumulative distribution function* (CDF) hujan harian CHIRPS dan pengamatan BMKG

Hasil yang sama juga diperoleh Belay, et al., (2019); Rahmawati, et al., (2021) dan Macharia, et al., (2022) bahwa data CHIRPS *overestimate* dalam mengestimasi curah hujan ringan. Namun, terdapat tiga stasiun yang menunjukkan bahwa estimasi CHIRPS *underestimate* pada curah hujan kategori ringan, yaitu stasiun Pangsuma pada rentang curah hujan 0,1 – 2,0 mm, Nangapinoh pada rentang 0,1 – 1,3 mm, dan

stasiun Susilo pada rentang curah hujan 0,1 – 0,2 mm. Estimasi data CHIRPS terbaik terdapat pada stasiun Susilo yang ditunjukkan oleh kurva CDF hampir berimpit dengan kurva CDF data pengamatan BMKG dan lebih mendekati intensitas hujan yang tinggi.

Validasi Kategorial

Nilai *probability of detection* (POD) tertinggi pada stasiun hujan Rahadi Oesman,

0,78, sedangkan terendah terdapat pada stasiun Nangapinoh dan Pangsuma, sebesar 0,66 nilai rata-rata POD tergolong tinggi 0,72. Hal ini menunjukkan CHIRPS mampu mendeteksi 72 % kejadian hujan di wilayah penelitian. Nilai POD di daerah penelitian

lebih tinggi bila dibandingkan dengan nilai POD di Jawa Timur 0,67 (Faisol, *et al.*, 2020), DAS Brantas 0,70 (Wiwoho, *et al.*, 2021), dan di Bali 0,45 (Liu, *et al.*, 2020). Hasil perhitungan parameter validasi kategorial diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil validasi kategorial curah hujan harian estimasi CHIRPS di wilayah penelitian

Stasiun	POD	FAR	CSI	FBI	HSS
Mempawah	0,71	0,58	0,50	1,12	0,19
Nangapinoh	0,66	0,36	0,55	0,85	0,16
Paloh	0,78	0,31	0,58	1,13	0,33
Pangsuma	0,66	0,21	0,56	0,83	0,18
Rahadi Oesman	0,78	0,57	0,61	1,07	0,44
Supadio	0,75	0,57	0,56	1,08	0,30
Susilo	0,70	0,48	0,55	0,97	0,30
<i>rata-rata</i>	0,72	0,44	0,56	1,01	0,27

Tabel 5 menunjukkan nilai *false alarm ratio* (FAR) terendah terdapat pada stasiun Pangsuma 0,21, dan tertinggi stasiun Mempawah 0,58. Nilai rata-rata FAR di wilayah penelitian tergolong tinggi yaitu 0,44, dan CHIRPS *overestimate* dalam mendeteksi kejadian hujan sebesar 44 %. Nilai FAR sedikit lebih baik dibandingkan hasil penelitian Faisol, *et al.*, (2020) sebesar 0,57, dan Liu, *et al.*, (2020) di Bali 0,49. Nilai terendah *Critical success index* (CSI) di Mempawah (0,5), sedangkan tertinggi di stasiun Rahadi Oesman (0,61). Rata-rata CSI di wilayah penelitian sebesar 0,56, lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian di Jawa Timur, sebesar 0,45 (Faisol, *et al.*, 2020), DAS Brantas sebesar 0,52 (Wiwoho, *et al.*, 2021), dan di Bali 0,35 (Liu, *et al.*, 2020).

Nilai *Frequency bias index* (FBI) tertinggi 1,13 di stasiun Paloh dan terendah 0,83 di stasiun Pangsuma (Tabel 5). FBI rata-rata sebesar 1,01 dan mendekati nilai optimal FBI yaitu 1, hal ini menunjukkan bahwa CHIRPS mendeteksi kejadian hujan lebih banyak dibandingkan data pengamatan namun tidak signifikan. Berdasarkan nilai FBI, CHIRPS *overestimate* dalam mendeteksi kejadian hujan di 4 stasiun, sedangkan 3 stasiun lainnya yaitu Nangapinoh, Pangsuma dan Susilo kejadian hujan CHIRPS lebih sedikit dari data

pengamatan. Nilai rata-rata *Heidke Skill Score* (HSS) di wilayah penelitian 0,27 dengan nilai tertinggi 0,44 di stasiun Rahadi Oesman dan terendah 0,16 di stasiun Nangapinoh. Hal ini menunjukkan bahwa CHIRPS mampu mengestimasi kejadian hujan dan lebih baik daripada peluang acak. Nilai HSS masih lebih rendah dibandingkan di DAS Beles, Eithopia sebesar 0,56 (Belay, *et al.*, 2019).

Jumlah kejadian hujan (POD) berkorelasi sangat kuat (0,82) dan signifikan (0,023) antara kejadian hujan estimasi CHIRPS dengan data pengamatan terhadap jarak stasiun ke garis pantai (Gambar 3). Korelasi sangat kuat (0,929) dan signifikan (sig.2-tailed = 0,031) diperoleh antara indikator FBI dengan jarak ke pantai. Korelasi kuat (0,70) diperoleh pada hubungan FAR dengan jarak stasiun ke garis pantai (km), namun tidak signifikan (sig.2-tailed = 0,078). Koefisien korelasi CSI dengan jarak stasiun ke pantai sangat lemah (0,09) dan tidak signifikan (sig.2-tailed = 0,853). Koefisien korelasi HSS dengan jarak stasiun ke pantai sangat lemah (0,087) dan tidak signifikan (sig.2-tailed = 0,192).

Gambar 3 memperlihatkan bahwa semakin jauh dengan garis pantai, nilai indikator validasi POD, dan CSI akan semakin rendah. Hal ini diartikan bahwa

semakin dekat dengan garis pantai estimasi kejadian hujan data CHIRPS semakin baik, kebalikannya semakin jauh jarak stasiun dengan garis pantai, nilai *false* CHIRPS dalam estimasi kejadian hujan semakin tinggi. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh Paredes-Trejo, et al., (2021) bahwa estimasi CHIRPS lebih akurat pada daerah datar yang dekat dengan pantai.

KESIMPULAN

Estimasi data CHIRPS terhadap curah hujan harian periode 2002 – 2021 pada 7 stasiun hujan di wilayah Kalimantan Barat cenderung *underestimate* pada 5 stasiun hujan dan *overestimate* pada 2 stasiun hujan lainnya. Akurasi data CHIRPS tergolong sangat baik (rata-rata *percent bias* = 9,92%, MAE = 12,17 mm, RMSE = 19,82 mm), namun memiliki korelasi lemah (R= 0,25). Nilai POD, FAR dan CSI berturut-turut 0,72; 0,44; dan 0,56 menunjukkan bahwa data CHIRPS mampu mengestimasi kejadian hujan di Kalimantan Barat dengan baik. Estimasi CHIRPS lebih tinggi pada curah hujan ringan (< 20 mm), dan lebih rendah pada curah hujan lebat hingga sangat lebat. Secara umum, hasil validasi kontinu dan kategorial menunjukkan estimasi CHIRPS mempunyai akurasi lebih tinggi pada daerah dekat garis pantai. Pemanfaatan data CHIRPS dapat dilakukan dengan terlebih dahulu meningkatkan akurasi data CHIRPS dengan menerapkan faktor koreksi pada dua kelompok kategori curah hujan harian, yaitu kategori ringan dan kelompok kategori sedang hingga kategori sangat lebat di wilayah penelitian.

DAFTAR REFERENSI

Ageet, S., Fink, A. H., Maranan, M., Diem, J. E., Hartter, J., Ssali, A. L., & Ayabagabo, P. (2022). Validation of satellite rainfall estimates over equatorial east Africa. *Journal of Hydrometeorology*, 23(2), 129–151.

<https://doi.org/10.1175/JHM-D-21-0145.1>

Anjum, M. N., Irfan, M., Waseem, M., Leta, M. K., Niazi, U. M., Rahman, S. U., Ghanim, A., Mukhtar, M. A., & Nadeem, M. U. (2022). Assessment of PERSIANN-CCS, PERSIANN-CDR, SM2RAIN-ASCAT, and CHIRPS-2.0 rainfall products over a semi-arid subtropical climatic region. *Water (Switzerland)*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/w14020147>

Ayehu, G. T., Tadesse, T., Gessesse, B., & Dinku, T. (2018). Validation of new satellite rainfall products over the Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Atmospheric Measurement Techniques*, 11, 1921–1936. <https://doi.org/https://doi.org/10.5194/amt-11-1921-2018>

Bai, L., Shi, C., Li, L., Yang, Y., & Wu, J. (2018). Accuracy of CHIRPS satellite-rainfall products over mainland China. *Remote Sensing*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/rs10030362>

Belay, A. S., Fenta, A. A., Yenehun, A., Nigate, F., Tilahun, S. A., Moges, M. M., Dessie, M., Adgo, E., Nyssen, J., Chen, M., Van Griensven, A., & Walraevens, K. (2019). Evaluation and application of multi-source satellite rainfall product CHIRPS to assess spatio-temporal rainfall variability on data-sparse western margins of Ethiopian highlands. *Remote Sensing*, 11(22), 1–22. <https://doi.org/10.3390/rs11222688>

BMKG. (2022). *Probabilistik curah hujan 20 mm (tiap 24 jam)*. Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika. <https://www.bmkg.go.id/cuaca/probab-istik-curah-hujan.bmkg>

BPS Kalimantan Barat. (2021). Provinsi

- Kalimantan Barat dalam angka 2021. *BPS Provinsi Kalimantan Barat*.
- Budiyono, B., & Faisol, A. (2021). Evaluasi data climate hazards group infrared precipitation with station (CHIRPS) dengan data pembanding automatic weather stations (AWS) dalam mengestimasi curah hujan harian di provinsi Papua Barat. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 10(1), 64–72. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v10i1.64-72>
- Condom, T., Martínez, R., Pabón, J. D., Costa, F., Pineda, L., Nieto, J. J., López, F., & Villacis, M. (2020). Climatological and hydrological observations for the South American Andes: In situ stations, satellite, and reanalysis data sets. *Frontiers in Earth Science*, 8, 92. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00092>
- Degefu, M. A., Bewket, W., & Amha, Y. (2022). Evaluating performance of 20 global and quasi-global precipitation products in representing drought events in Ethiopia I: Visual and correlation analysis. *Weather and Climate Extremes*, 35, 100416. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2022.100416>
- Dingman, S. L. (2015). *Physical Hydrology*. Waveland Press Inc.
- Fadholi, A., & Adzani, R. (2018). Analisis frekuensi curah hujan ekstrem Kepulauan Bangka Belitung berbasis data climate hazards group infra-red precipitation with stations (CHIRPS). *Jurnal Pendidikan Geografi*, 18(1), 22–32. <https://doi.org/10.17509/gea.v18i1.9504>
- Faisol, A., Indarto, I., Novita, E., & Budiyono, B. (2020). Komparasi antara climate hazards group infrared precipitation with stations (CHIRPS) dan global precipitation measurement (GPM) dalam membangkitkan informasi curah hujan harian di provinsi Jawa Timur. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 24(2), 148–156. <https://doi.org/10.25077/jtpa.24.2.148-156.2020>
- Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A., & Michaelsen, J. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations — a new environmental record for monitoring extremes. *Scientific Data*, 2(1), 1–21. <https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66>
- Gebremedhin, M. A., Lubczynski, M. W., Maathuis, B. H. P., & Teka, D. (2021). Novel approach to integrate daily satellite rainfall with in-situ rainfall, Upper Tekeze Basin, Ethiopia. *Atmospheric Research*, 248, 105135. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105135>
- Geleta, C. D., & Deressa, T. A. (2021). Evaluation of climate hazards group infrared precipitation station (CHIRPS) satellite-based rainfall estimates over Finchaa and Neshe Watersheds, Ethiopia. *Engineering Reports*, 3(6), 1–16. <https://doi.org/10.1002/eng2.12338>
- Girma, D., & Berhanu, B. (2021). Evaluation of the performance of high-resolution satellite based rainfall products for stream flow simulation. *Journal of Civil & Environmental Engineering*, 11(4).
- Hernández-romero, P., Patiño-gómez, C., Martínez-Austria, P., & Corona-Vasquez, B. (2022). Rainfall / runoff hydrological modeling using satellite precipitation information. *Water*

- Practice & Technology*, 17(5), 1082–1098.
<https://doi.org/10.2166/wpt.2022.048>
- Hordofa, A. T., Leta, O. T., Alamirew, T., Kawo, N. S., & Chukalla, A. D. (2021). Performance evaluation and comparison of satellite-derived rainfall datasets over the Ziway Lake Basin, Ethiopia. *Climate*, 9. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/cli9070113>
- Hsu, J., Huang, W. R., Liu, P. Y., & Li, X. (2021). Validation of CHIRPS precipitation estimates over Taiwan at multiple timescales. *Remote Sensing*, 13(2), 1–18. <https://doi.org/10.3390/rs13020254>
- Ibarra-Zavaleta, S. P., Landgrave, R., Romero-López, R., Poulin, A., & Arango-Miranda, R. (2017). Distributed hydrological modeling: Determination of theoretical hydraulic potential & streamflow simulation of extreme hydrometeorological events. *Water (Switzerland)*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/w9080602>
- Liu, C. Y., Aryastana, P., Liu, G. R., & Huang, W. R. (2020). Assessment of satellite precipitation product estimates over Bali Island. *Atmospheric Research*, 244, 105032. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105032>
- Liu, X., Liu, F. M., Wang, X. X., Li, X. D., Fan, Y. Y., Cai, S. X., & Ao, T. Q. (2017). Combining rainfall data from rain gauges and TRMM in hydrological modelling of Laotian data-sparse basins. *Applied Water Science*, 7, 1487–1496. <https://doi.org/10.1007/s13201-015-0330-y>
- López-Bermeo, C., Montoya, R. D., Caro-Lopera, F. J., & Díaz-García, J. A. (2022). Validation of the accuracy of the CHIRPS precipitation dataset at representing climate variability in a tropical mountainous region of South America. *Physics and Chemistry of the Earth*, 127, 103184. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2022.103184>
- Macharia, D., Fankhauser, K., Selker, J. S., Neff, J. C., & Thomas, E. A. (2022). Validation and intercomparison of satellite-based rainfall products over Africa with TAHMO in situ rainfall observations. *Journal of Hydrometeorology*, 23(7), 1131–1154. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-21-0161.1>
- Mazzoglio, P., Laio, F., Balbo, S., Boccardo, P., & Disabato, F. (2019). Improving an extreme rainfall detection system with GPM imerg data. *Remote Sensing*, 11(6), 1–24. <https://doi.org/10.3390/rs11060677>
- Nashwan, M. S., Shahid, S., Dewan, A., Ismail, T., & Alias, N. (2020). Performance of five high resolution satellite-based precipitation products in arid region of Egypt: An evaluation. *Atmospheric Research*, 236, 104809. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.104809>
- Nawaz, M., Iqbal, M. F., & Mahmood, I. (2021). Validation of CHIRPS satellite-based precipitation dataset over Pakistan. *Atmospheric Research*, 248, 105289. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105289>
- Paredes-Trejo, F., Barbosa, H. A., Kumar, T. V. L., Thakur, M. K., & Buriti, C. de O. (2021). Assessment of the CHIRPS-based satellite precipitation estimates. *Inland Waters - Dynamics and Ecology*, 1–18. <https://doi.org/10.5772/intechopen.914>

- Paredes-Trejo, F. J., Barbosa, H. A., & Lakshmi Kumar, T. V. (2017). Validating CHIRPS-based satellite precipitation estimates in Northeast Brazil. *Journal of Arid Environments*, 139, 26–40. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.12.009>
- Peng, J., Liu, T., Huang, Y., Ling, Y., Li, Z., Bao, A., Chen, X., Kurban, A., & De Maeyer, P. (2021). Satellite-based precipitation datasets evaluation using gauge observation and hydrological modeling in a typical arid land watershed of central asia. *Remote Sensing*, 13(2), 1–26. <https://doi.org/10.3390/rs13020221>
- Pratama, A., Agiel, H. M., & Oktaviana, A. A. (2022). Evaluasi satellite precipitation product (GSMaP, CHIRPS, dan IMERG) di Kabupaten Lampung Selatan. *Journal of Science and Applicative Technology*, 6(1), 32–40. <https://doi.org/10.35472/jsat.v6i1.702>
- Rahmawati, N., Rahayu, K., & Yuliasari, S. T. (2021). Performance of daily satellite-based rainfall in groundwater basin of Merapi Aquifer System, Yogyakarta. *Theoretical and Applied Climatology*, 146(1–2), 173–190. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03731-9>
- Rivera, J. A., Marianetti, G., & Hinrichs, S. (2018). Validation of CHIRPS precipitation dataset along the Central Andes of Argentina. *Atmospheric Research*, 213, 437–449. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.06.023>
- Saemian, P., Hosseini-Moghari, S. M., Fatehi, I., Shoarinezhad, V., Modiri, E., Tourian, M. J., Tang, Q., Nowak, W., Bárdossy, A., & Sneeuw, N. (2021). Comprehensive evaluation of precipitation datasets over Iran. *Journal of Hydrology*, 603, 127054. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127054>
- Sugiyono, S. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. ALFABETA.
- Trejo, F. J. P., Barbosa, H. A., Penaloza-Murillo, M. A., Moreno, M. A., & Farias, A. (2016). Intercomparison of improved satellite rainfall estimation with CHIRPS gridded product and rain gauge data over Venezuela. *Atmósfera*, 29(4), 323–342. <https://doi.org/10.20937/ATM.2016.29.04.04>
- Usman, M., Ndehedehe, C. E., Ahmad, B., Manzanas, R., & Adeyeri, O. E. (2021). Modeling streamflow using multiple precipitation products in a topographically complex catchment. *Modeling Earth Systems and Environment*, 8(2), 1875–1885. <https://doi.org/10.1007/s40808-021-01198-1>
- Wiwoho, B. S., Astuti, I. S., Alfarizi, I. A. G., & Suchayo, H. R. (2021). Validation of three daily satellite rainfall products in a humid tropic watershed, Brantas, Indonesia: Implications to land characteristics and hydrological modelling. *Hydrology*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/hydrology8040154>
- Wulandari, A., Muliadi, M., & Apriansyah, A. (2018). Pengaruh sebaran uap air terhadap curah hujan di Kalimantan Barat. *Prisma Fisika*, 6(3), 160–166. <https://doi.org/10.26418/pf.v6i3.28709>
- Xiao, S., Xia, J., & Zou, L. (2020). Evaluation of multi-satellite

precipitation products and their ability in capturing the characteristics of extreme climate events over the Yangtze River Basin, China. *Water (Switzerland)*, 12(4).
<https://doi.org/10.3390/W12041179>

Yeditha, P. K., Rathinasamy, M., Neelamsetty, S. S., Bhattacharya, B., & Agarwal, A. (2022). Investigation of satellite precipitation product driven rainfall-runoff model using deep learning approaches in two different catchments of India. *Journal of Hydroinformatics*, 24(1), 16–37.
<https://doi.org/10.2166/HYDRO.2021.067>