

**PERBANDINGAN PENGUKURAN CURAH HUJAN
PH OBS STANDAR WMO TERHADAP PH OBS BERBEDA
KETINGGIAN DAN MODIFIKASI DI STASIUN KLIMATOLOGI
KALIMANTAN SELATAN**

**COMPARISON OF RAINFALL MEASUREMENTS BETWEEN
WMO STANDARD RAIN GAUGE WITH DIFFERENT HEIGHTS
AND MODIFICATIONS IN SOUTH KALIMANTAN
CLIMATOLOGICAL STATION**

**Esti Kristantri^{1*}, Annisa Dwi Nopiyanti², Made Anggun Dwi U³,
Goeroeh Tjiptanto⁴**

^{1,2,3,4}Stasiun Klimatologi Kelas I Kalimantan Selatan, Jalan Trikora, Banjarbaru, 70714

*Email: esti.kristantri@bmkgo.id

ABSTRAK

Hujan merupakan salah satu unsur iklim yang sangat penting bagi kehidupan. Pengamatan curah hujan menurut World Meteorological Organization (WMO) dapat dilakukan secara langsung menggunakan penakar hujan observasi dan penakar hujan otomatis. BMKG melakukan pengamatan curah hujan langsung menggunakan penakar hujan observasi (PH Obs) ketinggian standar 1,2 meter dari permukaan tanah dan diukur setiap jam 07.00 waktu setempat. Keterbatasan alat pengukur dan topografi menjadi salah satu kendala dalam pengamatan curah hujan di Indonesia salah satunya wilayah Kalimantan Selatan dengan topografi beragam dari dataran tinggi hingga daerah tipe lahan rawa dimana pada musim hujan wilayah tersebut akan digenangi air sedangkan pada musim kemarau air akan mengering menyebabkan terjadi perbedaan ketinggian permukaan tanah di setiap musimnya. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk mengetahui nilai error/kesalahan dari hasil pengukuran jumlah curah hujan menggunakan beberapa alat penakar hujan observatorium yang dipasang dengan ketinggian mulut penakar berbeda yaitu 1; 1,5; 2 dan 2,5 meter dari permukaan tanah serta alat penakar modifikasi dengan ketinggian 1,2 meter. Penelitian dilakukan dari 12 Maret 2020 - 12 Juni 2022 dengan metode verifikasi menggunakan analisis korelasi (korelasi pearson dan Coefficient of Efficiency/CoE) dan error (Mean Absolute Percentage Error/MAPE, Mean Absolute Bias Error/MABE, Mean Absolute Deviation/MAD dan Root Mean Square Error/RMSE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa PH Obs dari berbagai ketinggian memiliki nilai korelasi >0,98 dan nilai COE >0,81 terhadap PH Obs standar WMO. Hasil analisis error menunjukkan bahwa PH Obs dengan ketinggian 2 meter memiliki nilai kesalahan terkecil. Hasil akhir penelitian menunjukkan bahwa PH Obs dengan ketinggian rentang 1,2 meter hingga 2,5 meter dan PH Obs modifikasi masih representatif untuk digunakan sebagai penakar hujan alternatif di berbagai kondisi topografi.

Kata kunci: Curah Hujan, Korelasi, COE, MAPE, MABE, MAD, RMSE

ABSTRACT

Rain is one of climatic elements that are very important for life. Rainfall observations according to WMO can be carried out directly using observational rains and automatic rain gauge. BMKG using an observation rain gauge with a standard height of 1.2 meters from ground and measured every day at 07.00 local time. Limitation of measuring devices and topography used to be an obstacle in observing rainfall in Indonesia, one of which is in South Kalimantan region with a variety of topography from highlands to swampland-

type areas where in rainy season will be inundated with water while in dry season the water will dry up causing differences in surface heights in each season. This study was carried out to determine error value of measuring rainfall using several observatories rain gauges with different heights of the anchor mouth from 1; 1,5; 2; 2.5 meters from the ground level and a modified rain gauge with a height of 1.2 meters. This study was conducted from March 12, 2020 - June 12, 2022 with a verification method using correlation analysis (Pearson correlation and CoE) and error (MAPE, MABE, MAD and RMSE). The results showed that observation rain gauge from various heights had a correlation value >0.98, COE value >0.81 to WMO standard rain gauge, while error analysis showed that rain gauge with a height of 2 meters had the smallest error value. Final results show that observation rain gauge with a height range of 1.2 to 2.5 meters and modified rain gauge are still representative to use as an alternative rain gauge in various topographic conditions.

Keywords: Rainfall, Correlation, COE, MAPE, MABE, MAD, RMSE

1. Pendahuluan

Hujan merupakan salah satu bentuk presipitasi yang berbentuk air cair yang jatuh sampai ke permukaan tanah. Wilayah tropis termasuk Indonesia merupakan salah satu penyumbang hujan terbesar [1]. Dua pertiga jumlah curah hujan global terjadi di daerah tropis [2]. Curah Hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) di atas permukaan horizontal [3].

Curah hujan di benua maritim Indonesia sangat penting salah satunya sebagai sumber kehidupan, namun juga dapat menjadi sumber bencana alam seperti banjir dan kekeringan. Jumlah curah hujan dicatat dalam satuan milimeter dimana jumlah curah hujan 1 mm berarti dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi 1 (satu) milimeter atau tertampung air sebanyak 1 (satu) liter atau 1000 ml dengan asumsi tidak ada air mengalir, meresap ataupun menguap [4].

Pengamatan curah hujan sebagai salah satu unsur cuaca dapat dilakukan dengan dua cara yaitu pengamatan secara langsung atau berbasis stasiun cuaca dan pengamatan secara tidak langsung

atau pengamatan berbasis penginderaan jauh seperti satelit dan radar cuaca [5]. Jenis alat pengukur curah hujan yang umum digunakan di Indonesia ada dua yaitu tipe manual dan otomatis. Salah satu penakar hujan manual adalah tipe observatorium, atau yang biasa disingkat PH Obs. Penakar hujan ini hanya mengukur curah hujan harian yang diukur setiap jam 07.00 waktu setempat/*local time* [5].

Terdapat berbagai ukuran dan bentuk lubang dengan ketinggian berbeda yang digunakan setiap negara sebagai alat penakar hujan observatorium. Ketinggian yang paling banyak digunakan di lebih dari 100 negara yaitu antara 0,5 - 1,5 m [6]. Masalah paling umum dalam pengukuran curah hujan adalah tingkat kesensitifannya terhadap radiasi matahari, angin dan topografi (WMO, 2008). Data pengamatan curah hujan yang representatif (baik kualitas maupun kuantitas) di suatu tempat sangatlah sulit didapatkan, hal ini dikarenakan keterbatasan alat ukur/penakar terutama di daerah yang terpencil dengan topografi yang berbeda di setiap wilayah.

Beberapa wilayah di Kalimantan Selatan mempunyai tipe lahan rawa dimana pada musim hujan wilayah tersebut akan digenangi air dan pada musim kemarau air akan mengering

sehingga terdapat perbedaan ketinggian permukaan tanah di setiap musimnya. Oleh karena itu penelitian ini dibuat untuk mengetahui nilai *error*/kesalahan dari hasil pengukuran jumlah curah hujan menggunakan beberapa alat penakar hujan observatorium yang dipasang dengan ketinggian mulut penakar berbeda yaitu 1 meter, 1,5 meter, 2 meter dan 2,5 meter dari permukaan tanah serta alat pengukur curah hujan modifikasi dengan ketinggian 1,2 meter. Hasil penelitian ini nantinya diharapkan dapat dijadikan salah satu bahan pertimbangan dalam memasang alat penakar hujan observatorium sehingga dapat diaplikasikan sebagai alternatif lain untuk mengukur curah hujan di berbagai tempat dengan topografi yang beragam.

2. Data dan Metode

2.1. Data

Penelitian ini menggunakan data primer yaitu data curah hujan yang diamati dari Penakar Hujan Observatorium (PH Obs) dengan 5 ketinggian yang berbeda serta menggunakan 1 penakar hujan modifikasi. PH Obs dipasang pada ketinggian 1 meter; 1,2 meter; 1,5 meter, 2 meter; 2,5 meter, sedangkan PH Obs modifikasi yang didalamnya telah terdapat gelas ukur bawaan dari alat dengan diameter yang lebih kecil, dengan ketinggian 1,2 meter seperti yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Penempatan Alat Percobaan PH Obs modifikasi; 1,5 meter; 2,5 meter; 1,2 meter; 2 meter dan 1 meter (dari kiri ke kanan)

Data curah hujan diamati setiap pagi hari pukul 07.21 WITA dan ditakar menggunakan gelas ukur standardisasi WMO dengan satuan mm (milimeter). PH Obs berbagai ketinggian dan PH Obs modifikasi diletakkan dalam lingkup yang sama dan berdekatan dengan jarak antar PH Obs $\pm 0,5$ meter. Tujuannya adalah untuk memperoleh keseragaman kondisi terhadap fisis atmosfer di tempat yang sama dan pengaruh lingkungan yang sama pula. Pengamatan curah hujan berbagai ketinggian ini dilakukan dari 12 Maret 2020 hingga 12 Juni 2022. *Quality control* pada data hasil pengamatan dilakukan dengan menghilangkan curah hujan 0 mm serta curah hujan tidak terukur (TTU).

2.2. Metode

Hasil dari pengukuran curah hujan PH Obs berbagai ketinggian dan PH Obs modifikasi memerlukan verifikasi dengan analisis korelasi dan error. Analisis korelasi dilakukan untuk melihat seberapa kuat hubungan antara data curah hujan yang dihasilkan oleh PH Obs berbagai ketinggian maupun PH Obs modifikasi dengan data curah hujan hasil penakaran dari PH Obs dengan ketinggian sesuai standar WMO (1,2 meter) yang disebabkan pengaruh lingkungan sekitar pengamatan, sedangkan analisis *error* pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui seberapa baik data curah hujan dari PH Obs berbagai ketinggian dan PH Obs modifikasi dengan PH Obs sesuai ketinggian standar WMO. Analisis *error* dilakukan dengan menggunakan 4 metode statistik yaitu *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), *Mean Absolute Bias Error* (MABE), *Mean Absolute Deviation* (MAD) dan *Root Mean Square Error* (RMSE).

Analisis korelasi menggunakan metode statistik korelasi *pearson* dan

Coefficient of Efficiency (CoE). Korelasi digunakan untuk mengetahui kekuatan dan arah hubungan linier dari dua variabel dependen (Y) dan independen (X). Variabel independen adalah variabel bebas, sedangkan variabel yang dependen adalah variabel terikat. Pada penelitian ini variabel X merupakan data curah hujan PH Obs berbagai ketinggian maupun PH Obs modifikasi, sedangkan variabel Y adalah data curah hujan hasil penakaran dari PH Obs dengan ketinggian sesuai standar WMO (1,2 meter). Semakin kuat korelasinya, maka akan semakin baik suatu alat percobaan dalam merepresentasikan hasil percobaan sesuai dengan standar yang digunakan [7]. Nilai koefisien korelasi berada pada rentang -1 dan 1. Semakin mendekati 1 atau -1, maka hubungan kedua variabel semakin kuat. Jika r adalah nilai koefisien korelasi maka nilai dari koefisien korelasi *pearson* dirumuskan sebagai berikut:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2}} \quad (1)$$

Keterangan:

r_{xy} = korelasi antara variabel x dan y,
n = banyak data,
x = variabel bebas, dan
y = variabel terikat

Metode statistik lainnya yang digunakan untuk menghitung hubungan atau korelasi antar PH Obs yaitu dengan COE. *Coefficient of Efficiency* (COE) merupakan suatu ukuran yang dapat menyatakan suatu model dapat memprediksi observasi dengan baik atau tidak, dalam hal ini apakah pengukuran yang dilakukan oleh PH Obs juga diikuti fluktuasi dinamis yang sama oleh alat ukur lain disekitarnya. Nilai sempurna untuk COE adalah 1 [8]. Apabila nilai COE lebih besar dari 0,75 maka data pendugaan termasuk dalam kategori

sangat efisien, nilai COE 0,37 - 0,75 menunjukkan data pendugaan termasuk dalam kategori cukup efisien sedangkan nilai COE kurang dari 0,36 menunjukkan data pendugaan termasuk dalam kategori tidak efisien [9].

$$COE = 1.0 - \frac{\sum_{i=0}^n [F_i - Q_i]}{\sum_{i=0}^n [Q_i - Q_i]} \quad (2)$$

Keterangan:

F_i = Nilai parameter data CH dari PH Obs berbagai ketinggian dan modifikasi

Q_i = Nilai parameter data CH dari PH Obs standar WMO

n = Banyaknya data

Metode perhitungan nilai *error* pertama yang dihitung adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk menghitung kesalahan dengan menggunakan kesalahan absolut pada setiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata. MAPE adalah salah satu metode perhitungan *error* yang paling banyak digunakan karena memiliki keunggulan dalam skala independensi dan interpretasinya [10]. MAPE digunakan untuk mengetahui kemampuan diferensiasi antara PH obs berbagai ketinggian dan PH Obs modifikasi terhadap PH Obs Standar [11]. Kemampuan peramalan sangat baik jika memiliki nilai MAPE kurang dari 10% dan mempunyai kemampuan peramalan yang baik jika nilai MAPE kurang dari 20% [12]. Nilai MAPE dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$MAPE = ABS \left[\frac{\sum (\frac{Q_i - F_i}{Q_i} \times 100)}{n} \right] \quad (3)$$

Keterangan:

F_i = Nilai parameter data CH dari PH
Obs berbagai ketinggian dan
modifikasi
 Q_i = Nilai parameter data CH dari PH
Obs standar WMO
 n = Banyaknya data

Mean Absolute Bias Error (MABE) digunakan untuk menggambarkan tingkat ketepatan data pendugaan, semakin kecil nilai MABE maka semakin baik suatu data pendugaan tersebut [13]. MABE tidak hanya mampu untuk menilai data pendugaan berdasarkan stabilitas waktu tertentu tetapi juga dapat untuk menggambarkan estimasi kesalahan rata-rata dari data pendugaan [14].

$$MABE = ABS \left[\frac{\sum(Q_i - F_i)}{n} \right] \quad (4)$$

Keterangan:

F_i = Nilai parameter data CH dari PH
Obs berbagai ketinggian dan
modifikasi
 Q_i = Nilai parameter data CH dari PH
Obs standar WMO
 n = Banyaknya data

Mean Absolute Deviation (MAD) adalah metode yang dapat digunakan untuk menghitung selisih *error* dari metode data kuadrat terkecil dari data yang dibandingkan [15]. MAD berfungsi untuk mengukur keakuratan data dengan merata-ratakan *error* (nilai *absolute* tiap *error*) dan juga mengukur kesalahan ramalan dalam unit yang sama sebagai deret asli. Semakin kecil nilainya maka peramalan tersebut semakin akurat. Rumus untuk menghitung MAD adalah sebagai berikut :

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Q_i - F_i| \quad (5)$$

Keterangan:

F_i = Nilai parameter data CH dari PH
Obs berbagai ketinggian dan
modifikasi
 Q_i = Nilai parameter data CH dari PH
Obs standar WMO
 n = Banyaknya data

Root Mean Square Error (RMSE) merupakan nilai rata-rata dari jumlah kuadrat kesalahan atau menyatakan ukuran besarnya kesalahan suatu model data. RMSE telah banyak digunakan sebagai standar metrik statistik untuk mengukur kinerja model dalam penelitian meteorologi, kualitas udara dan iklim [16]. RMSE digunakan untuk melihat seberapa bagus data curah hujan yang dihasilkan dari PH Obs berbagai ketinggian dan PH Obs modifikasi serta untuk mengetahui besarnya penyimpangan yang terjadi antara nilai curah hujan dari PH Obs berbagai ketinggian dan PH Obs modifikasi. Salah satu kelebihan RMSE dibandingkan metode lainnya adalah untuk menghindari penggunaan nilai *absolute* yang tidak diinginkan dalam perhitungan matematis. Secara matematis formula RMSE sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (F_i - Q_i)^2}{n}} \quad (6)$$

Keterangan:

F_i = Nilai parameter data CH dari PH
Obs berbagai ketinggian dan
modifikasi
 Q_i = Nilai parameter data CH dari PH
Obs standar WMO
 n = Banyaknya data

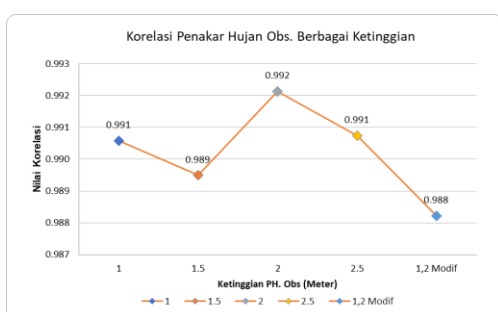
3. Hasil dan Pembahasan

Verifikasi PH Obs berbagai ketinggian dilakukan dengan melakukan analisis korelasi dan analisis *error*. Analisis korelasi digunakan metode korelasi *pearson* dan COE, sedangkan

analisis *error* didapatkan dari perhitungan MAPE, MABE, MAD dan RMSE. Langkah awal yang dilakukan sebelum pengolahan data adalah *quality control* data dengan menghilangkan curah hujan 0 mm dan curah hujan tidak terukur (TTU). Hasil *quality control* data didapatkan 303 data curah hujan harian pada periode rentang waktu penelitian. Hasil perbandingan analisis korelasi dan *error* dari PH Obs berbagai ketinggian dan modifikasi terhadap PH Obs standar WMO akan dibahas satu persatu berdasarkan metode statistik yang digunakan.

3.1. Analisis Korelasi

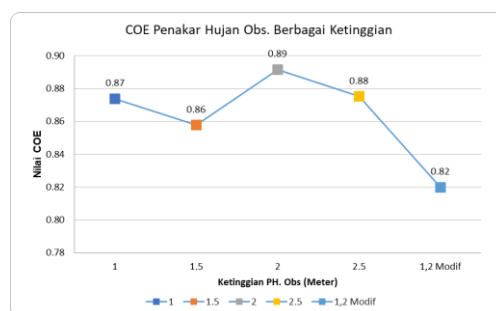
Berdasarkan gambar 2 umumnya nilai korelasi menunjukkan hasil mendekati 1 yang berarti memiliki hubungan yang tinggi antara curah hujan di berbagai ketinggian dengan curah hujan pada ketinggian 1,2 meter. Nilai korelasi tertinggi yaitu pada ketinggian 2 meter sebesar 0,992. Secara berurutan nilai korelasi tertinggi hingga terendah pada penakar hujan berbagai ketinggian adalah pada ketinggian 2 meter (0.992), 2.5 meter (0.991), 1 meter (0.991), 1.5 meter (0.989), dan 1.2 modifikasi (0.988).



Gambar 2. Nilai Korelasi Curah Hujan PH. Obs Berbagai Ketinggian dengan PH Obs. 1,2 Standar WMO.

Gambar 3 menunjukkan nilai COE pada PH Obs berbagai ketinggian terhadap PH Obs 1,2 meter dimana nilai COE tertinggi ada pada ketinggian 2 meter yaitu sebesar

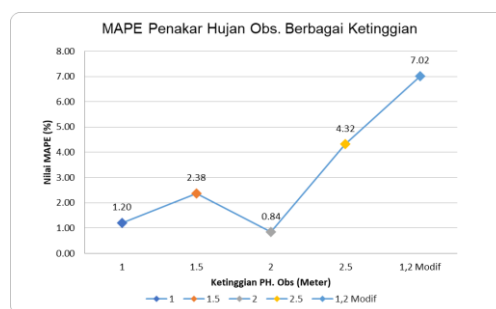
0,999 dan nilai COE terendah pada PH Obs modifikasi dengan ketinggian 1,2 meter sebesar 0,969. Hal ini menunjukkan bahwa PH Obs ketinggian 2 meter merupakan PH Obs yang mampu menunjukkan nilai curah hujan paling mendekati dengan PH Obs standar WMO.



Gambar 3. Nilai COE Curah Hujan PH Obs Berbagai Ketinggian dengan PH Obs 1,2 Standar WMO.

3.1. Analisis Error

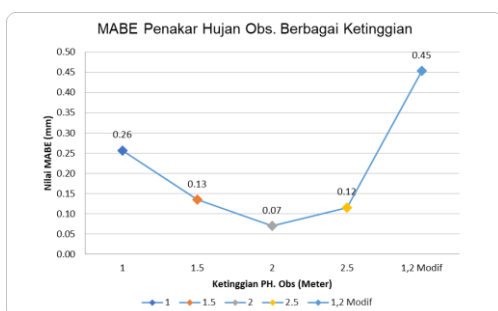
Gambar 4 menunjukkan grafik MAPE dari PH Obs berbagai ketinggian. Secara umum nilai MAPE berada pada rentang 0 - 8% sehingga seluruh ketinggian mempunyai kemampuan peramalan/ representasi yang sangat baik. Nilai MAPE tertinggi yaitu pada PH Obs modifikasi ketinggian 1,2 meter yaitu sebesar 7.02%, sedangkan nilai MAPE terendah yaitu pada PH Obs ketinggian 2 meter sebesar 0.84%.



Gambar 4. Nilai MAPE Curah Hujan PH. Obs Berbagai Ketinggian dengan PH Obs 1,2 Standar WMO .

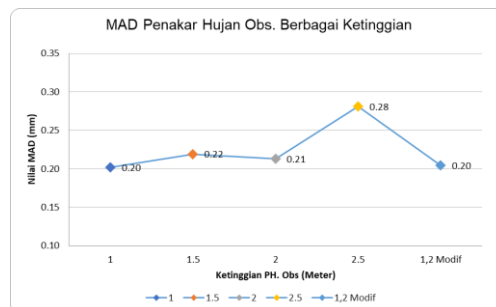
Hasil perhitungan MABE untuk PH Obs berbagai ketinggian ditunjukkan pada gambar 5. Secara umum nilai

MABE kurang dari 0,5 mm yang berarti bahwa seluruh PH Obs pada berbagai ketinggian menunjukkan kategori sangat baik untuk digunakan dalam penakaran curah hujan (persentase nilai error rendah). PH Obs dengan ketinggian 2 meter memiliki nilai MABE terkecil sebesar 0,07 mm sedangkan nilai MABE terbesar ada pada PH Obs modifikasi ketinggian 1,2 meter.



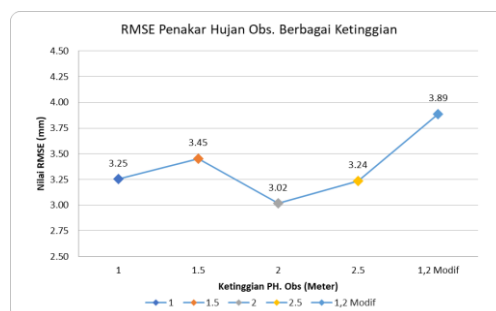
Gambar 5. Nilai MABE Curah Hujan PH. Obs Berbagai Ketinggian dengan PH Obs 1,2 Standar WMO.

Gambar 6 merupakan grafik yang menunjukkan nilai MAD penakar hujan Obs di berbagai ketinggian. Secara umum nilai MAD berada pada rentang 0,2 - 0,3 mm. Nilai MAD tertinggi yaitu pada PH. Obs ketinggian 2,5 m sebesar 0,28 mm dan nilai MAD terendah yaitu pada PH Obs ketinggian 1m serta 1,2m modifikasi sebesar 0,2 mm. MAD menunjukkan keakuratan data dalam suatu peramalan/ pendekatan, semakin kecil nilai MAD maka semakin akurat peramalan/ pendekatan tersebut sehingga berdasarkan metode MAD, PH Obs. ketinggian 1 m dan 1,2 m modifikasi memiliki tingkat keakuratan yang paling tinggi dibanding PH Obs. ketinggian lainnya.



Gambar 6. Nilai MAD Curah Hujan PH. Obs Berbagai Ketinggian dengan PH Obs 1,2 Standar WMO.

Nilai RMSE ditunjukkan pada gambar 7 dimana hasil perhitungan nilai RMSE berada di rentang 3-4 mm. Nilai RMSE tertinggi yaitu pada PH Obs modifikasi ketinggian 1,2 meter sebesar 3,89 mm, sedangkan nilai RMSE terendah yaitu pada PH Obs ketinggian 2 meter sebesar 3,02 mm. Hal ini menunjukkan PH Obs ketinggian 2 meter mempunyai penyimpangan yang paling kecil dibandingkan dengan PH. Obs ketinggian lainnya sehingga menunjukkan bahwa PH. Obs ketinggian 2 meter mempunyai tingkat akurasi yang paling baik.



Gambar 7. Nilai MAD Curah Hujan PH. Obs Berbagai Ketinggian dengan PH Obs 1,2 Standar WMO.

4. Kesimpulan

Korelasi dan COE PH Obs berbagai ketinggian secara keseluruhan termasuk kedalam kategori sangat tinggi lebih dari 0,9 (diperoleh hasil di atas 0,98) dan nilai COE tertinggi terjadi pada PH Obs ketinggian 2 meter. Hasil analisis *error* dengan

metode MAPE, MABE, MAD dan RMSE menunjukkan PH Obs ketinggian 2 meter memiliki nilai *error* terkecil dibandingkan dengan ketinggian lainnya. Secara umum berdasarkan analisis korelasi dan *error* menunjukkan bahwa PH Obs berbagai ketinggian dan PH Obs modifikasi masih representatif untuk digunakan sebagai alternatif alat penakar curah hujan karena memiliki nilai korelasi yang tinggi serta nilai *error* yang kecil terhadap PH Obs standar WMO dengan ketinggian 1,2 meter.

5. Rekomendasi

Diperlukan kajian lebih mendalam terkait pengukuran curah hujan di berbagai ketinggian berkaitan dengan keterbatasan tempat untuk meletakkan alat baik karena kondisi alam (suatu tempat saat musim hujan tergenang/ rawa sehingga ketinggian menjadi kurang dari 1 meter dan di saat musim kemarau air menjadi surut sehingga ketinggian alat bisa lebih dari 1,5 meter) maupun karena keterbatasan ruang terbuka yang minim (padatnya pemukiman sehingga agar tidak terganggu obstacle maka ditempatkan di lantai dua/atap rumah hunian) sehingga dapat menghasilkan kualitas hasil pengukuran yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1] Triatmodjo, Bambang. (2008). Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Penerbit Beta Offset Yogyakarta
- [2] Tjasyono, Bayong. (2007). Mikrofisika Awan dan Hujan. Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika XXIV
- [3] Permana, R. G. (2015). Perancangan Dan Pengujian Penakar Hujan Tipe Tipping Bucket dengan Sensor Photo-Interrupter Berbasis Arduino. *Inovasi Fisika Indonesia*, 4(3).
- [4] Syaifullah, M. Djazim. (2014). Validasi Data TRMM terhadap Data Curah Hujan Aktual di Tiga DAS di Indonesia, *Jurnal Meteorologi dan Geofisika* Vol. 15 No. 2 Tahun 2014 : 109-118.
- [5] Kurniawan, Agusta. 2010. *Jurnal Geografi, Edukasi dan Lingkungan (JGEL)* Vol. 4, No. 1, Januari 2020:1-7.
- [6] World Meteorological Organization, 1989: Guide on the Global Observing System. WMO-No. 488, WMO, Geneva.
- [7] World Meteorological Organization, 2008: Guide to Hydrological Practice Volume I Hydrology – From Measurement to Hydrological Information-No. 168, WMO, Geneva.
- [8] Supranto, J. (2008). Statistik Teori dan Terapan Jilid 1 Edisi 8. *Jakarta: Erlangga*.
- [9] Ilahi, A.F. (2017). Pemodelan Radiasi Matahari Global Harian. Tesis, Sekolah Pasca Sarjana: Institut Pertanian Bogor.
- [10] Adiningrum, C. (2015). Analisis Perhitungan Evapotranspirasi Aktual Terhadap Perkiraan Debit Kontinyu dengan Metode Mock. *Jurnal Teknik Sipil*. 13(2), 135-147.
- [11] Kim, S., & Kim, H. (2016). A new metric of absolute percentage error for intermittent demand forecasts. *International Journal of Forecasting*, 32(3), 669-679.
- [12] Nabillah, I., & Ranggadara, I. (2020). Mean Absolute Percentage Error untuk Evaluasi Hasil Prediksi Komoditas Laut. *Journal of Information System*, 5(2), 250-255.

- [13] Putra, Eka Al-Rozi Hidayatullah & Sugiarto, Yon. (2015). Analisis curah hujan bulanan menggunakan metode exponential smoothing (studi kasus: Katulampa Bogor). Tesis, Fakultas MIPA: Institut Pertanian Bogor.
- [14] Akinoğlu, B. G. (1991). A Review Of Sunshine-Based Models Used to Estimate Monthly Average Global Solar Radiation. *Renewable Energy*, 1(3-4), 479-497.
- [15] Hu, W., Shao, M., & Reichardt, K. (2010). Using A New Criterion To Identify Sites For Mean Soil Water Storage Evaluation. *Soil Science Society of America Journal*, 74(3), 762-773.
- [16] Khair, U., Fahmi, H., Al Hakim, S., & Rahim, R. (2017). Forecasting Error Calculation With Mean Absolute Deviation And Mean Absolute Percentage Error. *In Journal of Physics: Conference Series* Vol. 930, No. 1, p. 012002.
- [17] Chai, Tianfeng & Draxler, R.R.. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)?– Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*. 7. 1247-1250. 10.5194/gmd-7-1247-2014.