

## **PENGUJIAN DATA CURAH HUJAN DAN TEKANAN UDARA PERMUKAAN HASIL PENGAMATAN PARALEL DARI ALAT OTOMATIS DAN KONVENSIONAL DI STASIUN KLIMATOLOGI BANTEN**

**Devi Febrianty<sup>1</sup>, Mustofa Angkie Bangun Permana<sup>2</sup> dan Arya Putra  
Pratama<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Stasiun Klimatologi Banten, Jl. Raya Kodam Bintaro No.82, Kota Tangerang Selatan,  
15221

### **ABSTRAK**

*Pada perkembangan teknologi di era digital ini terjadi peralihan sistem konvensional menjadi otomatis. Pengamatan paralel AWS terhadap peralatan konvensional telah dilakukan di Stasiun Klimatologi Banten. AWS telah digunakan untuk otomatisasi data-data meteorologi. AWS memiliki kemampuan untuk dioperasikan tanpa mekanik hingga dapat merapatkan jaringan pengamatan. Data keluaran AWS perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui keakuratannya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan AWS terhadap data pengamatan konvensional dan digital pada unsur curah hujan dan tekanan udara. Data yang digunakan adalah data curah hujan dan tekanan udara pada tahun 2022 dengan resolusi harian. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa data curah hujan keluaran AWS merepresentasikan data curah hujan observasi dengan sangat baik. Berdasarkan analisis sebaran antara data curah hujan AWS dan alat konvensional memiliki hubungan yang cukup kuat, hanya terdapat satu hari pada bulan Juni pada data AWS dengan kondisi overvalues. Sedangkan, data tekanan udara keluaran AWS cenderung lebih merepresentasikan data tekanan udara dengan alat barometer digital dibandingkan dengan alat barometer air raksa. Berdasarkan analisis sebaran, data tekanan udara AWS menunjukkan pola dengan nilai nyaris tetap dan rentang yang rendah pada bulan Januari-April. Sedangkan pada bulan Mei-Desember nilai AWS memiliki hubungan yang cukup kuat dengan kecenderungan undervalues baik dengan barometer raksa maupun digital.*

Kata kunci: Curah hujan, Tekanan Udara, Otomatis, Paralel, Digital.

### **ABSTRACT**

*In the development of technology in this digital era, there is a transition from conventional to automatic systems. AWS parallel observation of conventional equipment has been carried out at the Banten Climatology Station. AWS has been used for automation of meteorological data. AWS has the ability to operate without mechanics so that it can close the observation network. AWS output data needs to be tested to determine its accuracy. Therefore, this study aims to analyze the ability of AWS to conventional and digital observation data on the elements of rainfall and air pressure. The data used are rainfall and air pressure data in 2022 with daily resolution. The results of this study indicate that the AWS output rainfall data represents the observed rainfall data very well. Based on the analysis of the distribution between AWS rainfall data and conventional tools, there is a fairly strong relationship, there is only one day in June in AWS data with overvalued conditions. Meanwhile, AWS output air pressure data tends to represent air pressure data with a digital barometer compared to a mercury barometer. Based on distribution analysis,*

*AWS air pressure data shows a pattern with nearly constant values and low ranges in January-April. Meanwhile, in May-December the AWS value has a fairly strong relationship with the tendency to undervalue both with mercury and digital barometers.*

*Keywords: Rainfall, Air Pressure, Automatic, Parallel, Digital.*

## 1. Pendahuluan

Pengamatan unsur cuaca maupun iklim merupakan hal yang sangat penting untuk menunjang aktivitas manusia. Pengamatan unsur curah hujan sangatlah penting digunakan dalam berbagai teknik perencanaan bangunan air seperti drainase, irigasi, bendungan, dan lain sebagainya [5]. Selain itu, pengamatan unsur tekanan udara permukaan juga memiliki peranan yang cukup penting dalam menentukan sebaran curah hujan [8]. Stasiun Klimatologi Banten telah melakukan pengamatan unsur cuaca/iklim dengan menggunakan peralatan konvensional seperti penakar hujan observatorium dan barometer air raksa maupun barometer digital.

Seiring dengan kemajuan zaman, banyak hal mengalami kemajuan, yang paling mencolok adalah perkembangan teknologi yang semakin canggih dalam berbagai aspek di kehidupan manusia. Salah satunya adalah otomatisasi pengukuran unsur-unsur cuaca menggunakan *Automatic Weather Station (AWS)*. AWS adalah instrumen observasi meteorologi otomatis untuk merekam data-data dari pengamatan Meteorologi [1]. Berbagai kelebihan dari penggunaan AWS dari peralatan konvensional diantaranya memiliki resolusi temporal yang lebih tinggi daripada pengamatan dengan alat manual, melakukan perekaman data secara kontinyu dan sebagai solusi untuk

merapatkan jaringan pengamatan di tempat yang tidak ada pengamatan secara manual [4].

Selain keunggulan perangkat AWS ini, perlu dilakukan verifikasi data-data keluaran AWS dengan data hasil observasi manual. Hal ini merupakan salah satu bagian yang cukup penting dalam proses transisi pengamatan manual menuju pengamatan otomatis menggunakan AWS. Hal ini ditujukan untuk mengetahui seberapa besar bias atau selisih antara data pengamatan AWS dengan pengamatan konvensional. Hal ini disarankan oleh *World Meteorological Organization (WMO)* agar data AWS memenuhi syarat kendali mutu atau *quality control* dengan beberapa metode yang ada untuk memastikan bahwa performa data keluaran AWS cukup akurat untuk digunakan [10].

Berbagai kajian terdahulu telah melakukan verifikasi data AWS terhadap data hasil observasi manual seperti yang telah di Stasiun Klimatologi Kalimantan Barat pada unsur suhu udara dan curah hujan menunjukkan bahwa data AWS memiliki tingkat akurasi yang belum optimal [7]. Kajian terkait juga telah dilakukan juga di Stasiun Klimatologi Sulawesi Tenggara pada unsur suhu udara, kelembapan udara, curah hujan, dan tekanan udara dengan metode statistik sederhana. Hasil dari penelitian ini adalah data AWS di Stasiun Klimatologi Sulawesi Tenggara memiliki performa yang

cukup baik [6]. Kajian lainnya terkait verifikasi data AWS terhadap data observasi manual juga telah dilakukan di Stasiun Klimatologi Sumatra Selatan dengan menggunakan beberapa teknik statistik sederhana menghasilkan bahwa data suhu udara dan curah hujan korelasi positif terhadap data manual. Verifikasi data curah hujan di Bulan Agustus yang menggambarkan musim kemarau memberikan hasil yang lebih baik dibanding bulan Desember yang menggambarkan musim hujan [9].

Berdasarkan kajian-kajian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa data AWS memiliki hubungan yang bervariasi dengan data observasi manual. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji data hasil keluaran AWS terhadap data pengamatan konvensional pada unsur curah hujan dan tekanan udara permukaan di Stasiun Klimatologi Banten.

## 2. Automatic Weather Station (AWS)

AWS adalah sebuah stasiun meteorologi yang melakukan pengamatan dan pengiriman data meteorologi secara otomatis. Komponen AWS pada umumnya terdiri dari sensor, RTU (*Remote Terminal Unit*), komputer, *LED display*, tiang dukungan sensor, *data logger*, dan penangkal petir[2]. Sensor digunakan untuk menangkap perubahan parameter cuaca yang akan diolah menjadi data meteorologi. Sensor-sensor yang digunakan pada AWS antara lain sensor curah hujan, tekanan udara, suhu udara, kelembaban udara, arah angin, kecepatan angin, dan radiasi matahari.

AWS di Stasiun Klimatologi Banten merupakan produk keluaran *Campbell scientific* dengan sensor suhu Vaisala, barometer *Young* seri BPA12585, *rain gauge* merk *hydrological service* model TB4. Resolusi data keluaran sensor suhu adalah 0,1 °C sedangkan sensor hujan 0,2 mm. Kalibrasi terakhir AWS di Staklim Banten dilakukan pada tanggal 12 April 2022.

## 3. Data dan Metode Penelitian

### 3.1 Data

Penelitian ini menggunakan data hasil pengamatan paralel secara otomatis menggunakan alat AWS (*Automatic Weather System*) dan data hasil pengamatan konvensional dari alat-alat manual maupun digital di Stasiun Klimatologi Banten bulan Januari sampai Desember tahun 2022 yang terdiri dari penakar hujan ombrometer, barometer air raksa dan barometer digital.

Adapun parameter cuaca yang dianalisis adalah curah hujan dan tekanan udara permukaan harian. Penelitian dilakukan dengan membandingkan data hasil pengamatan peralatan otomatis AWS terhadap data pengamatan konvensional dan digital.

Data curah hujan yang digunakan adalah akumulasi curah hujan dalam 24 jam (1 hari) sejak pukul 07.00 waktu setempat (WS) hari sebelumnya sampai dengan pukul 07.00 WS di hari pencatatan. Data tekanan udara permukaan dari alat barometer air raksa maupun barometer digital yang digunakan adalah data hasil pengukuran tekanan udara permukaan (QFE) yang diukur pada pukul 07.00 WS.

### 3.2 Metode

Penelitian ini menggunakan metode statistik dengan melakukan pengujian perbandingan deret waktu data pengamatan otomatis dan konvensional diantaranya metode korelasi Pearson, metode evaluasi model regresi linear (RMSE), dan *scatter plot*.

#### 3.2.1 Korelasi Pearson

Korelasi *Pearson* digunakan untuk menentukan kemiripan hubungan antara data AWS dan data hasil pengamatan konvensional. Hasil korelasi *Pearson* disebut juga koefisien korelasi dengan besaran antara -1 dan 1. Semakin mendekati 1, koefisien korelasi menunjukkan semakin besar dua variabel searah, sebaliknya semakin mendekati -1 keterkaitannya semakin besar namun berlawanan arah dan semakin mendekati 0 kemiripan pola semakin kecil. Korelasi *Pearson* dihitung sesuai dengan persamaan 1.

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{n \sum y^2 - (\sum y)^2\}}} \quad (1)$$

Keterangan:

- $n$  adalah panjang data  $x$  dan  $y$
- $x$  adalah data pengamatan otomatis (AWS)
- $y$  adalah data pengamatan konvensional atau digital

#### 3.2.2 Root Mean Square Error (RMSE)

RMSE merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis selisih rata-rata dari dua variabel. RMSE dihitung sesuai dengan persamaan 2.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x-y)^2}{n}} \quad (2)$$

Keterangan :

- $x$  adalah data pengamatan otomatis (AWS)
- $y$  adalah data pengamatan konvensional atau digital

#### 3.2.3 Scatter Plot

*Scatter Plot* adalah sebuah grafik yang biasa digunakan untuk melihat suatu pola hubungan antara 2 variabel. *Scatter plot* dapat membentuk pola *positive correlation* dimana  $Y$  cenderung meningkat mengikuti penambahan nilai  $X$ , pola *negative correlation* dimana peningkatan nilai  $X$  seiring dengan menurunnya nilai  $Y$ , dan pola *no correlation* dimana nilai  $X$  dan  $Y$  membentuk persebaran titik secara acak.

Grafik *scatter plot* dalam penelitian ini digunakan untuk mengamati derajat korelasi dan ketepatan data antara data AWS dengan data konvensional secara visual. Analisis dengan *scatter plot* dapat memberikan penilaian data AWS, seperti data AWS yang lebih rendah dari data alat konvensional (*undervalues*) atau data AWS yang lebih tinggi dari data alat konvensional (*overvalues*). *Scatter plot* pada penelitian ini dilengkapi *line of best fit* antar 2 pengukuran dan persamaannya yaitu

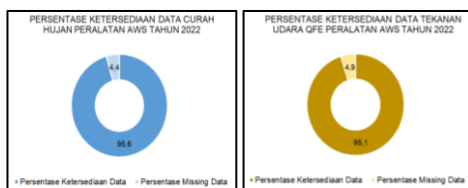
$$y = a + bx \quad (3)$$

Keterangan :

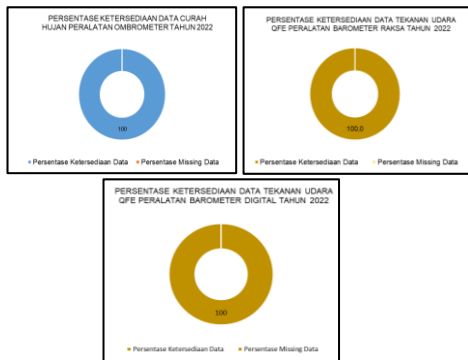
- $x$  adalah data pengamatan otomatis (AWS)
- $y$  adalah data pengamatan konvensional atau digital

#### 4. Hasil Dan Pembahasan

Ketersediaan data unsur hujan dan tekanan udara hasil pengukuran alat AWS dapat dilihat pada gambar 1 sedangkan hasil pengukuran alat barometer air raksa dan barometer digital dapat dilihat pada gambar 2. Data curah hujan dan tekanan udara tahun 2022 dari AWS menunjukkan ketersediaan yang tinggi yaitu di atas 95% sedangkan dari alat konvensional dan digital ketersediaan data 100%.



**Gambar 1.** Ketersediaan data unsur cuaca harian dari AWS tahun 2022.



**Gambar 2.** Ketersediaan data unsur cuaca harian dari alat konvensional dan digital tahun 2022.

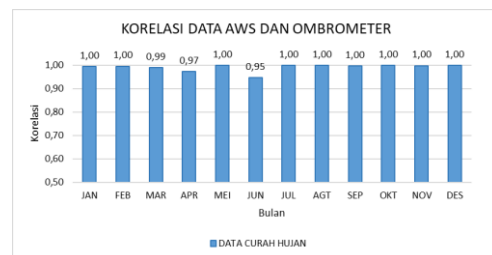
##### 4.1 Analisis Unsur Curah Hujan

Data curah hujan yang dianalisis merupakan akumulasi hujan 24 jam dimana data AWS diperoleh dari AWS Center (AWS Staklim Banten) dan data hujan konvensional dari pengamatan manual terhadap alat ombrometer. Nilai korelasi *Pearson* dan RMSE diantara data otomatis dan konvensional dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Nilai korelasi *Pearson* dan RMSE data curah hujan.

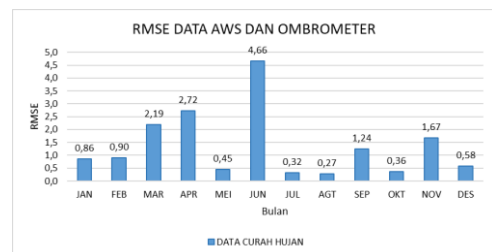
Metode Pengujian	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Korelasi	1,00	1,00	0,99	0,97	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
RMSE	0,86	0,90	2,19	2,72	0,45	4,66	0,32	0,27	1,24	0,36	1,67	0,58

Korelasi data curah hujan harian AWS dan konvensional pada gambar 3 menunjukkan hasil yang sangat baik dimana koefisien korelasi sepanjang tahun 2022 mayoritas bernilai 1,0 dan setiap bulan memiliki nilai koefisien  $\geq 0,95$ .



**Gambar 3.** Grafik korelasi *Pearson* data curah hujan AWS dan konvensional tahun 2022.

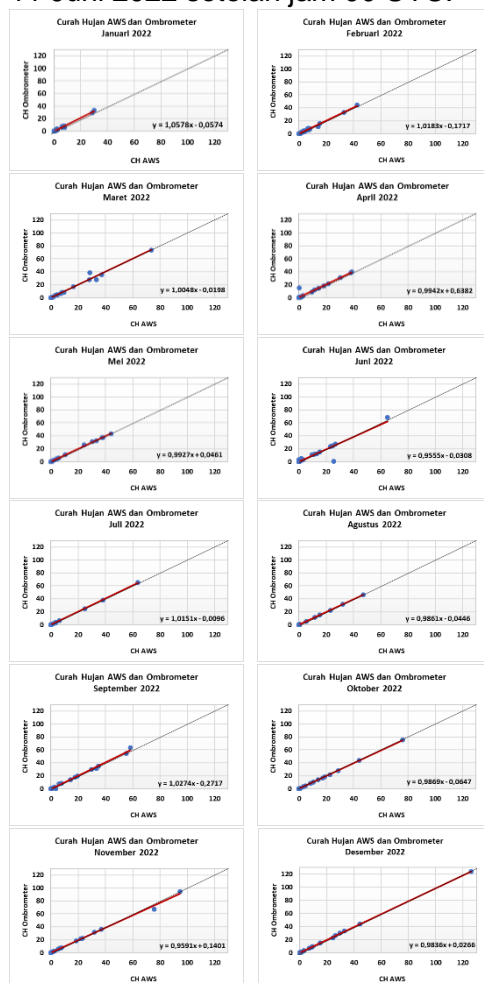
Nilai RMSE data curah hujan harian AWS dan konvensional pada gambar 4 menunjukkan hasil yang kecil pada beberapa bulan. Nilai RMSE  $< 1,0$  diperoleh pada bulan Januari, Februari, Mei, Juli, Agustus, Oktober dan Desember 2022. Sedangkan nilai RMSE terbesar diperoleh pada bulan Juni 2022.



**Gambar 4.** Grafik RMSE data curah hujan AWS dan konvensional tahun 2022.

*Scatter plot* curah hujan antara data AWS dengan data alat konvensional ditunjukkan pada gambar 5.

Berdasarkan gambar 5, diketahui bahwa titik sebaran curah hujan data AWS terhadap data alat konvensional sebagian besar berhimpitan dengan garis diagonal, termasuk garis linear curah hujan dan *slope* yang mendekati nilai 1 dan konstanta yang mendekati nol (0). Beberapa titik menyimpang terhadap garis diagonal diantaranya terdapat 1 titik pada Juni yang menyimpang dengan perbedaan nilai yang cukup besar antara data AWS sebesar 1 mm dan data alat konvensional 25,4 mm. Setelah dianalisis kondisi tersebut terjadi karena alat AWS tidak secara otomatis melakukan reset data curah hujan pada tanggal 11 Juni 2022 setelah jam 00 UTC.



**Gambar 5.** Scatter plot data curah hujan AWS dan konvensional bulan Januari-Desember tahun 2022.

## 4.2 Analisis Unsur Barometer

Data tekanan udara yang dianalisis merupakan tekanan udara permukaan dimana data AWS diperoleh dari AWS Center (AWS Staklim Banten), data konvensional dari pengamatan manual terhadap alat barometer air raksa dan data digital dari pengamatan terhadap alat barometer digital pada pukul 07.00 WS. Nilai korelasi Pearson dan RMSE diantara data otomatis, konvensional dan digital dapat dilihat pada tabel 2.

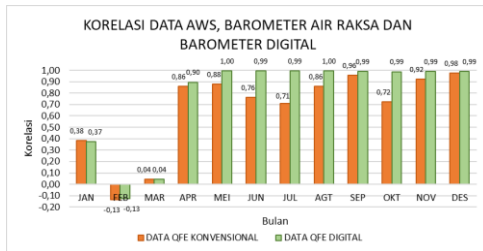
**Tabel 2.** Nilai korelasi *Pearson* dan RMSE data tekanan udara permukaan.

Metode Pengujian	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
	TEKANAN UDARA Korelasi	0,38	-0,13	0,04	0,86	0,88	0,76	0,71	0,86	0,96	0,72	0,92
BAROMETER RAKSA RMSE	1,47	2,74	2,96	0,83	0,70	0,63	0,93	0,89	0,63	0,89	0,65	0,56
TEKANAN UDARA Korelasi	0,37	-0,13	0,04	0,90	1,00	0,99	0,99	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99
BAROMETER DIGITAL RMSE	1,46	2,71	2,96	0,83	0,24	0,18	0,23	0,22	0,24	0,22	0,27	0,26

Berdasarkan grafik korelasi data tekanan udara AWS, konvensional dan digital pada gambar 6, hasil yang sangat baik diperoleh dari korelasi antara data AWS dan barometer digital antara bulan Mei-Desember 2022 dimana nilai koefisien korelasinya  $\geq 0,99$ . Pada bulan Januari-Maret 2022 nilai koefisien korelasi sangat rendah yaitu  $< 0,5$ . Peningkatan koefisien korelasi pada Mei hingga Desember dimungkinkan karena adanya kalibrasi AWS yang dilakukan pada April 2022. Hal ini menunjukkan pentingnya kalibrasi AWS sebagai kendali mutu unsur cuaca.

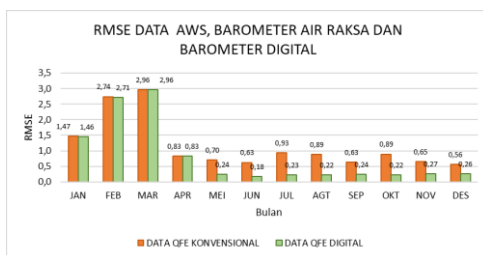
Sedangkan koefisien korelasi antara data AWS dan data konvensional dari alat barometer air raksa pada bulan April-Desember 2022 yaitu hasil pengamatan manual menggunakan barometer air raksa menunjukkan nilai yang lebih kecil dimana nilainya  $< 0,95$ . Pada bulan Januari-Maret

2022, sebelum dilakukan kalibrasi sensor nilai koefisien korelasinya sangat rendah yaitu  $<0,5$ .



**Gambar 6.** Grafik korelasi *Pearson* data tekanan udara AWS, barometer raksa dan barometer digital tahun 2022.

Nilai RMSE data tekanan udara AWS dan konvensional serta AWS dan digital pada gambar 7 menunjukkan pada bulan Mei-Desember 2022 nilai RMSE data AWS dan barometer digital lebih kecil yaitu  $<0,5$  sedangkan nilai RMSE data AWS dan barometer raksa  $>0,5$ . Hal ini bisa disebabkan efek *parallax* saat pembacaan secara manual. Nilai RMSE pada bulan Januari-Maret 2022 cukup tinggi dimana nilainya  $>1,0$ .



**Gambar 7.** Grafik RMSE data tekanan udara AWS, barometer raksa dan barometer digital tahun 2022.

*Scatter plot* tekanan udara QFE harian antara data hasil pengukuran AWS terhadap alat konvensional maupun digital ditunjukkan pada gambar 8.

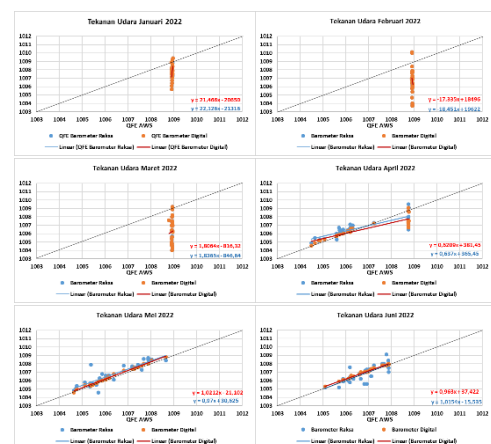
Berdasarkan gambar 8, dapat diketahui bahwa pada Januari hingga April 2022 sebaran data cenderung

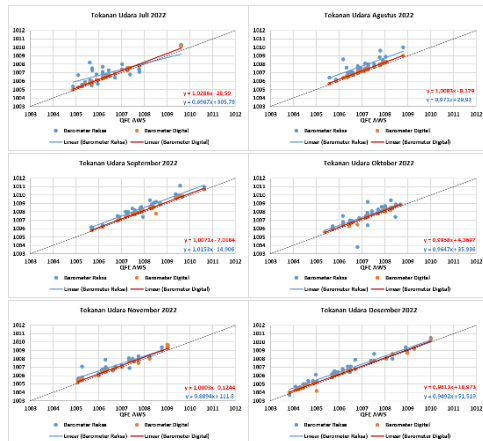
memiliki pola dimana nilai AWS nyaris tetap dengan rentang yang rendah. Hal tersebut menunjukkan adanya masalah pada sensor AWS. Pada Mei hingga Desember 2022 hal tersebut tidak terjadi lagi.

*Scatter plot* antara data AWS dengan data konvensional pada bulan Mei-Desember menunjukkan garis linear hampir berhimpit dengan garis diagonal yang ditandai juga dengan slope yang mendekati 1 kecuali pada bulan Juli, Agustus dan September dimana sebaran data konvensional memiliki kecenderungan *overvalues* dan garis linear yang tidak sejajar dengan garis diagonal serta nilai *slope* yang cukup jauh dari 1.

*Scatter plot* antara data AWS dengan data barometer digital pada bulan Mei-Desember menunjukkan garis linear berhimpit dengan garis diagonal dengan *slope* yang mendekati 1.

Secara keseluruhan *scatter plot* dengan nilai *slope* yang lebih baik dan garis linear lebih berhimpit dengan garis linear adalah scatter plot antara data AWS dengan barometer digital.





**Gambar 8.** Scatter plot data tekanan udara AWS, barometer raksa dan barometer digital bulan Januari-Desember tahun 2022.

### 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa data curah hujan hasil pengamatan paralel alat AWS dengan alat konvensional pada tahun 2022 memiliki korelasi yang sangat baik dengan mayoritas nilai yang bernilai 1,0. Hal tersebut diikuti juga mayoritas nilai RMSE yang kecil di beberapa bulan serta hasil scatter plot yang mempunyai nilai slope mendekati 1,0 dan nilai konstanta yang mendekati 0.

Pada data tekanan udara, data tekanan udara keluaran AWS cenderung lebih merepresentasikan data tekanan udara dengan alat barometer digital dibandingkan dengan alat barometer air raksa. Data tekanan udara digital memiliki korelasi yang sangat baik dibandingkan dengan data barometer air raksa dengan nilai korelasi sebesar  $\geq 0,99$ . Selain itu, barometer digital memiliki nilai RMSE yang dominannya bernilai kurang dari 0,5 serta hasil scatter plot yang memiliki nilai slope yang lebih baik dan garis linear lebih berhimpit dengan garis linear daripada data barometer air raksa. Sedangkan data

tekanan udara hasil pengamatan paralel AWS dan barometer air raksa menunjukkan nilai yang lebih kecil dimana nilainya  $< 0,95$ .

Data curah hujan dan tekanan udara dari sensor AWS dapat digunakan untuk menggantikan peralatan konvensional akan tetapi perlu dilakukan kalibrasi secara berkala untuk meminimalisir bias.

### Daftar Pustaka

- [1] Ahmad, L., Kanth, R. H., Parvaze, S., & Mahdi, S. S. (2017). *Experimental agrometeorology: a practical manual* (Vol. 159). Springer International Publishing.
- [2] Diani, F., Permana, H., Ibrahim, & Sarah, P. (2012). Kajian Sistem Informasi Prakiraan Cuaca BMKG pada BMKG Bandung. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2012, Yogyakarta.
- [3] Miftahuddin., Ananda Pratama., & Ichsan Setiawan. (2021). Analisis hubungan antara kelembaban relatif dengan beberapa variabel iklim dengan pendekatan korelasi Pearson di Samudera Hindia. *Jurnal Siger Matematika*, 02:01.
- [4] Nsabagwa, M., Byamukama, M., Kondela, E., & Otim, J. S. (2019). Towards a robust and affordable Automatic Weather Station. *Development Engineering*, 4, 100040.
- [5] Prawaka, F., Zakaria, A., & Tugiono, S. (2016). Analisis Data Curah Hujan yang Hilang Dengan Menggunakan Metode Normal Ratio, Inversed Square Distance, dan Cara Rata-Rata Aljabar (Studi Kasus Curah Hujan



- Beberapa Stasiun Hujan Daerah Bandar Lampung). *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 4(3), 397-406.
- [6] Risnayah, S. (2022). Uji Keakuratan Data Suhu Udara, Kelembaban Udara, Tekanan Udara, Dan Curah Hujan Dari Alat Automatic Weather Station Terhadap Pengukuran Manualnya. *Megasains*, 13(2).
- [7] Setiawati, F. Z., Soraya, S. N., Siswanto, S., & Wandayantolis, W. (2019). Analisis Bias Data Observasi Paralel Di Stasiun Klimatologi Mempawah-Kalimantan Barat. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 20(1), 55-65.
- [8] Suryatika, I. B. (2019). *Pengaruh Variabel Iklim Terhadap Curah Hujan Studi Kasus Di Bali*. Karya Ilmiah Fakultas MIPA Universitas Udayana.
- [9] Wibawanty, D. R., Wandayantolis, W., & Ishak, I. (2022). Verifikasi Kinerja Alat Automatic Weather System (AWS) dan Termometer Digital terhadap Observasi Manual di Stasiun Klimatologi Palembang. *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, 6(2), 151-163.
- [10] World Meteorological Organization. (2020). Guidelines on Homogenization No. 1245, (Publikasi), *World Meteorological Organization*: Geneva.
- [11] Ying, Wang., Liu Xiaoning., & Ju Xiaohui. (2007). Differences between Automatic and Manual Meteorological Observation. *Journal of Applied Meteorological Science*, 18:6, 849-855.