

Verifikasi Kinerja Alat Automatic Weather System (AWS) dan Termometer Digital terhadap Observasi Manual di Stasiun Klimatologi Palembang

Verification of The Performance of Automatic Weather Station (AWS) and Digital Thermometer Instruments towards Manual Observation in Palembang Climatology Station

Dinda Rosyia Wibawanty^{1*}, Wandayantolis², Ishak³

^{1,2,3}Stasiun Klimatologi Palembang

Jl. Yusuf Singadekene Musi II, Palembang, Indonesia

*email: dindarosyia@gmail.com

ABSTRAK

DOI;
10.30595/jrst.v6i2.13541

Histori Artikel:

Diajukan:
07/04/2022

Diterima:
02/11/2022

Diterbitkan:
25/11/2022

Peralatan pengamatan meteorologi otomatis telah banyak digunakan untuk menggantikan peralatan pengamatan manual. Hal tersebut berkaitan dengan kemampuan peralatan otomatis dalam meningkatkan resolusi temporal dan kerapatan jaringan pengamatan. Akan tetapi, penelitian terdahulu menunjukkan adanya hasil yang beragam terkait kemampuan peralatan pengamatan otomatis dalam merepresentasikan kondisi meteorologi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan AWS dan termometer digital dalam merepresentasikan data suhu udara dan curah hujan di Stasiun Klimatologi Palembang. Data yang digunakan merupakan data harian pada bulan Agustus dan Desember 2021. Hasil analisis time series, korelasi pearson, dan analisis eror menunjukkan AWS dapat merepresentasikan data observasi lebih baik dibanding termometer digital. Berdasarkan lima parameter suhu udara yang diuji, suhu udara minimum menunjukkan simpangan yang paling tinggi. Sementara itu, data curah hujan menunjukkan adanya simpangan acak yang meliputi kondisi overvalues, undervalues, dan pengukuran curah hujan saat tidak terjadi hujan. Simpangan curah hujan menunjukkan nilai yang lebih tinggi di Bulan Desember.

Kata Kunci: AWS, Termometer Digital, Suhu Udara, Curah Hujan

ABSTRACT

Automatic meteorological observation equipment has been widely used to replace manual observation equipment. This relates to the ability of automated equipment to increase the temporal resolution and density of the observation network. However, previous studies have shown varied results regarding the ability of automated observation equipment to represent meteorological conditions. Therefore, this study aims to determine the ability of AWS and digital thermometers in representing air temperature and rainfall data at the Palembang Climatology Station. The daily data is used for the month of August and December 2021. The results of time series analysis, Pearson correlation, and error analysis show that AWS can represent observation data better than digital thermometers. Based on the 5 air temperature parameters tested, the minimum air temperature shows the highest deviation. Meanwhile, rainfall data shows random deviations which include overvalues, undervalues, and rainfall measurements when there is no rain. Precipitation deviation shows a higher value in December.

Keywords: AWS, Digital Thermometer, Air Temperature, Rainfall

1. PENDAHULUAN

Automatic Weather Station (AWS) dan termometer digital merupakan alat pengamatan meteorologi otomatis yang menggunakan sensor untuk melakukan perekaman data-data meteorologi (Ahmad *et al.*, 2017). Penggunaan sensor mampu menghasilkan data dengan resolusi temporal yang lebih tinggi dibanding pengamatan konvensional. Resolusi temporal pengukuran dan interval perekaman dapat diprogram secara independen, memungkinkan perhitungan nilai data 15 menit, per jam, dan harian dari pengukuran 1 menit atau 1 detik (Campbellsci, 2012). Peralatan pengamatan otomatis juga dapat ditempatkan di daerah yang tidak memiliki stasiun pengamatan manual atau daerah yang sulit di akses. Hal ini merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi kerenggangan jaringan pengamatan di wilayah observasi yang luas maupun wilayah dengan sumber daya manusia yang terbatas. Resolusi temporal dan kerapatan jaringan pengamatan yang tinggi dapat memperbaiki representasi data pada suatu wilayah observasi, sehingga dapat meningkatkan akurasi informasi meteorologi (Nsabagwa *et al.*, 2019).

Disamping keunggulan peralatan pengamatan otomatis dalam meningkatkan resolusi temporal dan kerapatan jaringan pengamatan, pengujian hasil pengamatan tetap diperlukan untuk mengetahui simpangan data terhadap hasil observasi manual. Meskipun peralatan otomatis telah didesain untuk mengeliminasi faktor *human error* dalam pengamatan, peralatan otomatis masih memiliki faktor kesalahan tersendiri. Faktor kesalahan (*error*) dari peralatan pengamatan otomatis umumnya berasal dari faktor elektronik dan mekanis (WMO, 2017). Gangguan kelistrikan yang tidak stabil dapat memicu adanya perubahan variabel secara cepat yang dapat menimbulkan adanya lonjakan (*spikes*). Faktor kesalahan juga dapat berasal dari sistem internal seperti algoritma yang digunakan untuk mengkonversi sinyal menjadi data meteorologi. Oleh karena itu, verifikasi peralatan otomatis sangat diperlukan untuk memastikan data hasil pengamatan relevan dan mampu merepresentasikan data observasi manual.

Pengujian data curah hujan hasil pengamatan otomatis terhadap pengamatan konvensional telah dilakukan Lawrence *et al* (2006) di Uganda. Hasilnya menunjukkan bahwa curah hujan AWOS umumnya menunjukkan nilai yang lebih rendah dibanding curah hujan konvensional. Hal tersebut dapat disebabkan oleh perbedaan ketinggian instalasi antara penakar hujan otomatis dan tradisional serta adanya jeda dari penakar hujan otomatis

(*typing bucket*) saat terjadi hujan dengan tipe *showery* yang umum di daerah tropis. Penelitian Karki *et al* (2010) di Nepal menunjukkan hasil sebaliknya. Dominasi pengukuran curah hujan AWS bernilai lebih tinggi dibanding penakar hujan tradisional. Hipotesis yang diberikan adalah adanya ketidakseimbangan dari lengan mekanik akibat adanya pengaruh angin dan pemasangan penakar hujan yang kurang tepat.

Karki *et al* (2010) juga melakukan validasi suhu minimum yang menunjukkan nilai lebih rendah dibanding pengamatan konvensional, dengan perbedaan yang tidak melebihi ± 1 °C. Perbedaan sensitivitas dan desain dari shelter cuaca (*thermoplastic* dan kayu) diduga mempengaruhi hasil perekaman suhu minimum AWS yang lebih rendah dibanding perekaman konvensional dengan termometer. Validasi suhu minimum yang bernilai lebih rendah dari observasi manual juga diperoleh dalam penelitian Allard *et al* (2016) di Georgia. Hal tersebut berkaitan dengan suhu minimum yang umumnya terjadi ketika lapisan batas atmosfer di malam hari lebih rendah dan bersifat lebih sensitif terhadap kondisi lokal.

Validasi suhu maksimum di Nepal menunjukkan adanya perbedaan yang acak (Karki *et al.*, 2010). Hal ini diasosiasikan dengan adanya pengaruh tutupan awan, hujan, angin, radiasi, orientasi shelter AWS dan ketinggiannya dari permukaan. Penelitian Allard *et al* (2016), menunjukkan adanya korelasi suhu maksimum yang lebih baik dibanding suhu minimum. Suhu maksimum umumnya tercapai saat siang hari, ketika kondisi lapisan batas atmosfer lebih rata (*well-mixed*) yang dapat mengurangi pengaruh iklim mikro.

Penelitian serupa di Indonesia, telah dilakukan diantaranya oleh Zukhrufiana *et al* (2019) di Mempawah, Kalimantan Barat. Metode statistik sederhana digunakan untuk menguji hubungan data AWS terhadap observasi manual. Parameter curah hujan dengan kategori ringan (≤ 20 mm/hari) menunjukkan korelasi tertinggi terhadap data AWS, sedangkan curah hujan lebat hingga sangat lebat (≥ 50 mm/hari) menunjukkan hubungan korelasi terendah. Parameter suhu minimum harian menunjukkan korelasi yang lebih tinggi dibanding suhu maksimum harian.

Penelitian terdahulu menunjukkan adanya hasil yang beragam terkait kemampuan peralatan pengamatan otomatis dalam merepresentasikan kondisi meteorologi. Hal ini menegaskan pentingnya verifikasi hasil pengamatan peralatan otomatis terhadap manual, sejalan dengan instruksi WMO untuk menguji

paralel alat otomatis sebelum menggantikan peralatan manual (WMO, 2020). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji hasil pengamatan parameter cuaca dari AWS dan termometer digital pada Stasiun Klimatologi Palembang terhadap data pengamatan klimatologi untuk bulan Agustus dan Desember 2021.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari peralatan pengamatan otomatis dan konvensional di Stasiun Klimatologi Palembang. Peralatan pengamatan otomatis terdiri dari Automatic Weather Station (AWS) dan Termometer Digital, sedangkan peralatan pengamatan konvensional berupa termometer raksa dan penakar hujan observatorium, metadata sebagaimana tersaji pada Tabel 1. Adapun parameter cuaca yang dikaji adalah suhu udara rata-rata, suhu udara maksimum, suhu udara minimum, suhu udara maksimum absolut, suhu udara minimum absolut, dan curah hujan.

Verifikasi dilakukan dengan membandingkan data hasil pengamatan peralatan otomatis terhadap data pengamatan klimatologi secara konvensional. Pengamatan klimatologi dilakukan pada pukul 7, 13, dan 18 waktu setempat (WS). Data hasil pengamatan

klimatologi selanjutnya diolah dengan statistik sederhana untuk memperoleh nilai rata-rata harian (persamaan 1).

Suhu maksimum diperoleh dengan mencari nilai suhu tertinggi dari periode pengamatan klimatologi harian (pukul 7, 13, dan 18 WS). Sedangkan suhu maksimum absolut diperoleh dari pembacaan termometer maksimum selama periode pengamatan 24 jam. Sama seperti suhu maksimum, suhu minimum diperoleh melalui identifikasi nilai suhu terendah selama periode pengamatan klimatologi. Sementara itu, suhu minimum absolut diperoleh melalui pembacaan termometer minimum yang merepresentasikan suhu minimum absolut selama periode pengamatan 24 jam.

Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data curah hujan harian yakni berupa akumulasi curah hujan dalam satu hari (periode 24 jam). Data curah hujan dinyatakan dalam satuan milimeter (mm) yang merepresentasikan ketinggian hujan yang jatuh pada luasan 1 m², jika air tidak meresap, mengalir, atau menguap.

Periode penelitian mencakup data harian selama bulan Agustus dan Desember 2021. Data bulan Agustus dipilih untuk merepresentasikan musim kemarau, sedangkan data bulan Desember digunakan untuk merepresentasikan musim penghujan.

Tabel 1. Metadata peralatan yang digunakan dalam penelitian

	Termometer BK	Termometer maksimum	Termometer minimum	AWS	Termometer digital
Merek/Type				Campbell Scientific	RM Young
Tahun pemasangan					
Kalibrasi terakhir	2021	2021	2021	2021	2021
Jenis	Manual	Manual	Manual	Otomatis	Otomatis

2.2 AWS

Automatic Weather Station (AWS) melakukan pengukuran parameter meteorologi melalui sensor dalam bentuk sinyal-sinyal elektrik. Sinyal tersebut selanjutnya dikonversi menjadi data-data meteorologi (Ahmad *et al*, 2017). AWS yang digunakan di Stasiun Klimatologi Palembang merupakan produk keluaran *Campbell Scientific* dengan sensor suhu HMP155 dan *rain gauge* seri JY01040001. Sensor suhu ditempatkan di dalam *radiation shield* berbahan termoplastik. Resolusi data keluaran sensor suhu dan hujan masing-masing adalah 0.1 °C dan 0.5 mm. Perekaman data dilakukan tiap 10 menit.

2.3 Termometer Digital

Termometer Digital menggunakan sensor suhu untuk melakukan pengamatan dan perekaman data suhu udara. Sensor tersebut harus ditempatkan di dalam *radiation shield* untuk menjaga akurasi data. Termometer digital yang digunakan di Stasiun Klimatologi Palembang merupakan tipe RM Young 41382 yang ditempatkan di dalam sangkar meteorologi berbahan kayu. Resolusi data keluaran termometer digital adalah 0.1 °C dengan interval perekaman dilakukan tiap 10 menit.

2.4 Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari analisis komposit, analisis *time series*, analisis korelasi, dan analisis eror.

2.4.1. Analisis Komposit

Analisis komposit dilakukan untuk memperoleh nilai suhu rata-rata harian. Suhu rata-rata harian dihitung menggunakan persamaan yang ada pada formulir data iklim (Fklm 71) (BMKG, 2016):

$$Tr = \frac{2 \times T7 + T13 + T18}{4} \quad (1)$$

Keterangan:

Tr : Suhu rata-rata harian

$T7$: Suhu jam 7 WS

$T13$: Suhu jam 13 WS

$T18$: Suhu jam 18 WS

2.4.2. Analisis Time Series

Time series adalah setiap variabel yang terdiri dari sekumpulan data yang dicatat atau diobservasi sepanjang waktu yang berurutan (Arsyad, 1994). Analisis *time series* dapat digunakan untuk memahami atau memodelkan mekanisme stokastik yang muncul dalam suatu seri data yang diamati (Hanke et al, 2005). Dalam penelitian ini analisis *time series* digunakan untuk mengetahui pola fluktuasi data pengamatan otomatis terhadap data konvensional.

2.4.3. Analisis Korelasi

Analisis korelasi dilakukan untuk mengetahui kuat lemahnya hubungan keterkaitan antara dua variabel yang dapat diketahui melalui nilai koefisien korelasi. Dalam penelitian ini digunakan metode Korelasi Pearson untuk memperoleh nilai koefisien korelasi antara data hasil pengamatan otomatis dan konvensional. Adapun persamaan Korelasi Pearson (Supranto, 2008) adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

r : koefisien korelasi

x : variabel 1

y : variabel 2

Secara umum, nilai koefisien korelasi berkisar antara -1 hingga +1. Nilai koefisien korelasi yang semakin mendekati +/-1 menunjukkan adanya hubungan keterkaitan yang semakin kuat. Sebaliknya, nilai koefisien korelasi yang semakin mendekati nol menyatakan hubungan keterkaitan yang semakin lemah.

2.4.4. Analisis Error

Analisis eror dilakukan dengan menghitung nilai RMSE (*Root Mean Square Error*). RMSE merupakan suatu ukuran kesalahan yang didasarkan pada selisih antara dua buah nilai yang bersesuaian dan banyak digunakan dalam mengkaji performa model (Chai et al, 2014). Nilai RMSE yang semakin besar menunjukkan nilai kesalahan yang semakin tinggi atau nilai estimasi model yang semakin tidak tepat. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung RMSE (Swarinoto dan Husain, 2012):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}} \quad (3)$$

Keterangan:

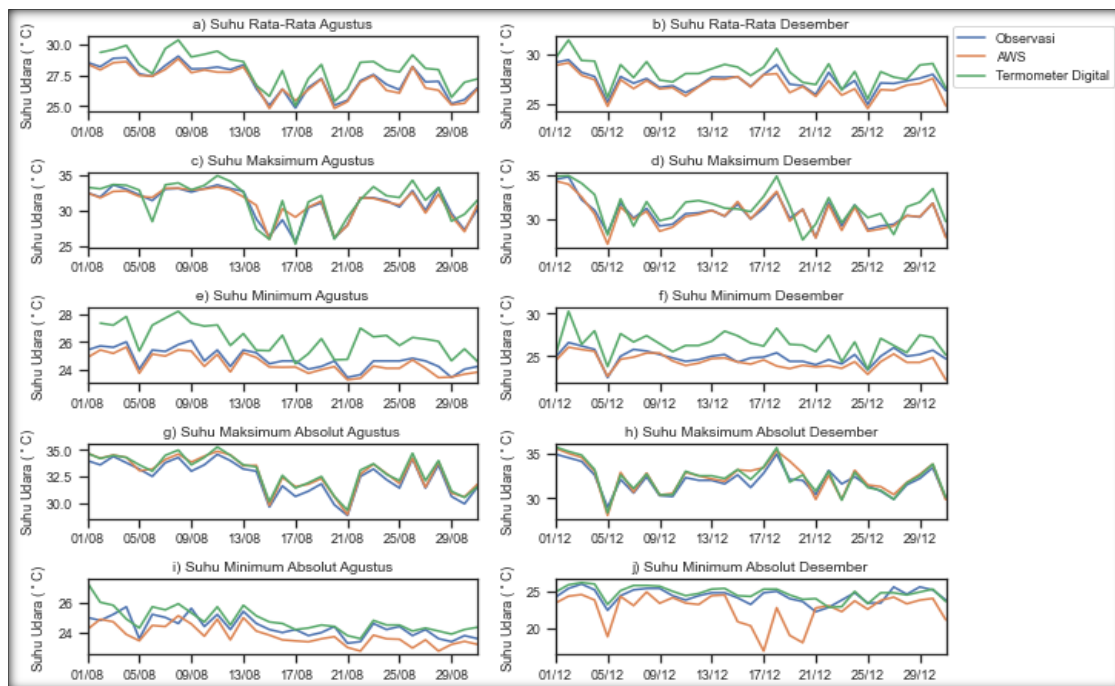
$\hat{y}_i$: Data pengamatan otomatis

y_i : Data pengamatan konvensional

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pola Time Series

Suhu rata-rata observasi konvensional di bulan Agustus berkisar antara 24 hingga 29 °C (Gambar 1a). AWS memiliki rentang suhu rata-rata yang sama dengan observasi konvensional, sedangkan termometer digital (T_D) memiliki rentang suhu yang lebih tinggi, yakni 25 hingga 30 °C. Suhu rata-rata AWS dan T_D mampu mengikuti pola suhu observasi konvensional.



Gambar 1. Time series suhu udara observasi manual, AWS, dan termometer digital:

- a)** suhu udara rata-rata Agustus, **b)** suhu udara rata-rata Desember, **c)** suhu maksimum Agustus, **d)** suhu maksimum Desember, **e)** suhu minimum Agustus, **f)** suhu minimum Desember, **g)** suhu maksimum absolut Agustus, **h)** suhu maksimum absolut Desember, **i)** suhu minimum absolut Agustus, **j)** suhu minimum absolut Desember

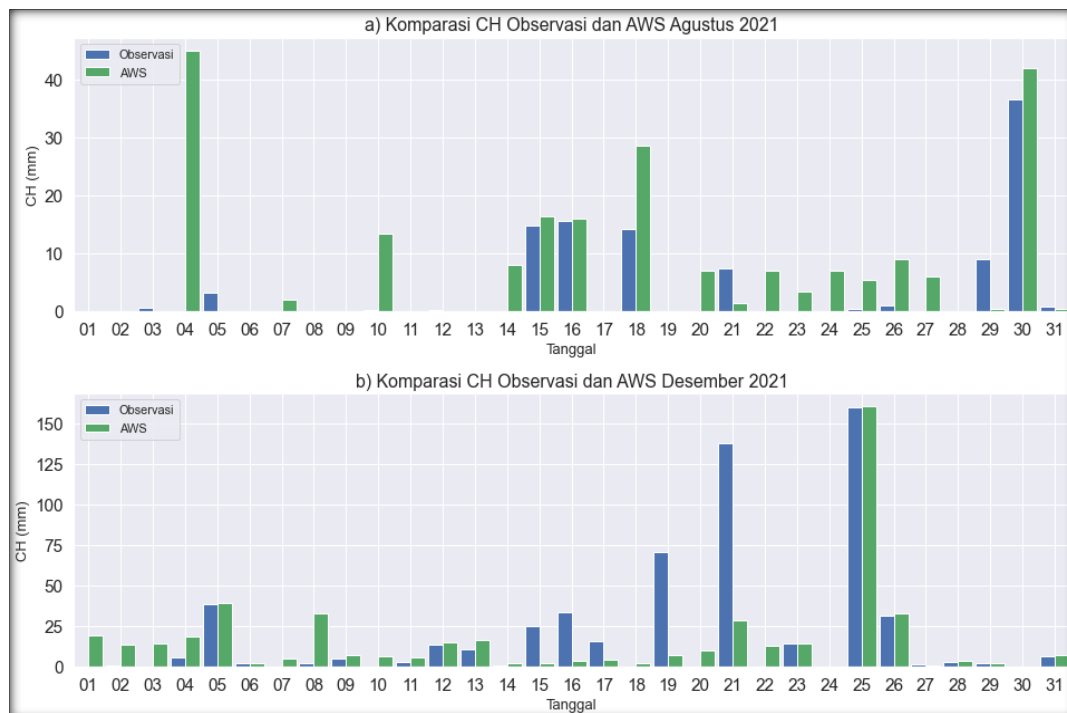
Meskipun demikian, suhu rata-rata T_D cenderung lebih tinggi dari suhu observasi konvensional. Pola yang sama juga terjadi pada bulan Desember dimana rentang suhu rata-rata T_D bernilai lebih tinggi hingga 2 °C dibanding suhu observasi konvensional (Gambar 1b). Pola sebaliknya terjadi di pertengahan hingga akhir bulan Desember, ketika suhu rata-rata AWS menunjukkan nilai yang lebih rendah dibanding suhu observasi konvensional.

Suhu maksimum harian di bulan Agustus berada pada rentang 25 hingga 33 °C (Gambar 1c). Suhu maksimum AWS dan T_D berada pada rentang yang tidak jauh berbeda yakni 26-33 °C dan 25-34 °C. Pola suhu maksimum AWS terlihat lebih mampu mengikuti pola suhu maksimum observasi, sedangkan pola suhu maksimum T_D cenderung bernilai lebih rendah atau lebih tinggi dari observasi konvensional. Di bulan Desember, suhu maksimum AWS lebih mampu merepresentasikan suhu maksimum observasi yang berada pada rentang 27-34 °C (Gambar

1d). Sementara itu, suhu maksimum T_D masih menunjukkan pola-pola *overvalues* dan *undervalues* terhadap data observasi konvensional.

Time series suhu minimum Agustus dan Desember ditunjukkan oleh Gambar 1e dan 1f. Suhu minimum T_D menunjukkan nilai yang lebih tinggi dari suhu minimum konvensional dan AWS. Suhu minimum T_D berkisar antara 24-28 °C di bulan Agustus dan 23-30 °C di bulan Desember, sedangkan suhu minimum observasi berada pada kisaran 23-26 °C dan 22-26 °C di bulan Agustus dan Desember. Kondisi sebaliknya terlihat pada suhu minimum AWS yang didominasi kondisi *undervalues* atau lebih rendah dari suhu minimum observasi.

Time series suhu maksimum absolut Agustus dan Desember ditunjukkan oleh Gambar 1g dan 1h. Dibanding parameter-parameter lain, suhu maksimum absolut AWS dan T_D memiliki pola dan rentang yang lebih dekat dengan observasi konvensional.



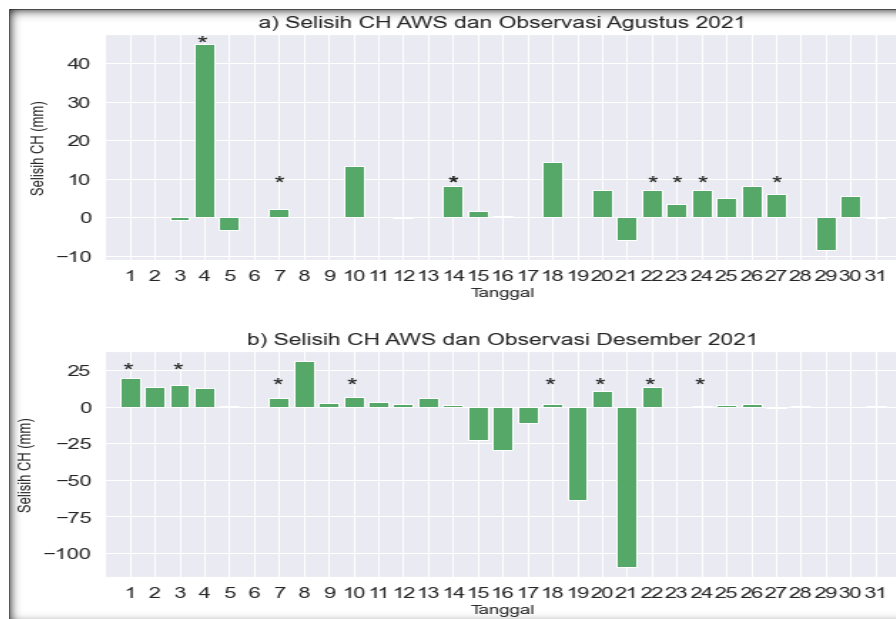
Gambar 2. Time series curah hujan observasi manual dan AWS: **a)** Komparasi CH Observasi dan AWS Agustus, **b)** Komparasi CH Observasi dan AWS Desember

Rentang suhu maksimum absolut observasi bulan Agustus dan Desember berkisar antara 28-35 °C. Meskipun pola dan rentang suhu maksimum absolut AWS dan T_D berdekatan dengan observasi, namun masih terlihat adanya kecenderungan *overvalues* suhu maksimum absolut AWS dan T_D . Kecenderungan *overvalues* dari AWS dan T_D masih terjadi di bulan Desember. Selain *overvalues*, suhu maksimum absolut T_D juga menunjukkan beberapa kondisi *undervalues*.

Pola suhu minimum absolut Agustus dijelaskan oleh Gambar 1i. Time series suhu minimum absolut menunjukkan adanya perbedaan rentang suhu yang jelas antar instrumen. Suhu minimum absolut AWS menunjukkan time series yang konsisten berada di bawah data observasi konvensional, sedangkan T_D mendominasi kondisi *overvalues* terhadap observasi konvensional. Rentang suhu minimum absolut observasi, AWS, dan T_D masing-masing adalah 23-25 °C, 22-25 °C, dan 23-27 °C. Pada bulan Desember, time series suhu minimum absolut observasi dan T_D menunjukkan pola dan rentang yang lebih dekat dibanding bulan Agustus (Gambar 1j). Suhu minimum absolut observasi dan T_D berkisar antara 22-26 °C. Sementara itu, suhu minimum absolut AWS masih konsisten pada kondisi *undervalues*, dengan rentang suhu 16-24 °C.

Time series curah hujan harian bulan Agustus dan Desember ditunjukkan oleh Gambar 2a dan 2b. Pada bulan Agustus yang masih termasuk dalam periode musim kemarau, AWS menunjukkan 8 kali perekaman curah hujan harian saat tidak terjadi hujan. Kondisi tersebut salah satunya terjadi pada tanggal 4 Agustus dimana AWS mencatat hujan setinggi 45 mm, sedangkan observasi konvensional tidak mencatat adanya hujan (CH=0) (Gambar 3a). Rentang pengukuran curah hujan AWS ketika tidak terjadi hujan (CH observasi = 0) berkisar antara 2-45 mm. Selain itu, AWS juga menunjukkan 7 kondisi *overvalues* dan 6 kali kondisi *undervalues* di bulan Agustus (Gambar 3a). Kondisi *overvalues* dan *undervalues* masing-masing berada pada rentang 0.4-14.3 mm dan 0.2-8.5 mm.

Pada bulan Desember, kondisi perekaman curah hujan AWS harian saat tidak terjadi hujan masih sama yakni 8 kali, dengan nilai pengukuran CH 0.5-19.5 mm (Gambar 3b). Sementara itu, kondisi *overvalues* dan *undervalues* menunjukkan peningkatan dibanding bulan Agustus, yakni masing-masing sebesar 13 dan 8 kali (Gambar 3b). Kondisi *overvalues* dan *undervalues* masing-masing berada pada rentang 0.5-31 mm dan 0.3-109.5 mm.



Gambar 3. Selisih curah hujan AWS dan Observasi manual: **a)** Bulan Agustus, **b)** Bulan Desember. Tanda (*) merepresentasikan pengukuran CH AWS saat CH Obs nol (tidak ada hujan)

3.2 Analisis Korelasi dan Error

Sebaran suhu rata-rata AWS dan suhu rata-rata termometer digital (T_D) terhadap suhu observasi bulan Agustus ditunjukkan oleh Gambar 4a dan 4b. Keduanya menjelaskan hubungan positif dimana peningkatan suhu rata-rata observasi diikuti oleh peningkatan suhu rata-rata AWS dan T_D . Nilai keterkaitan suhu rata-rata AWS dan T_D terhadap data observasi dijelaskan oleh nilai korelasi pearson (r). Nilai r AWS adalah 0.983, sedikit lebih tinggi dibanding nilai korelasi T_D sebesar 0.962.

Pola sebaran data AWS dan T_D menunjukkan pola yang cukup linear yakni berada di sekitar garis regresi. Simpangan data AWS terhadap data observasi sebesar 0.288 °C juga bernilai lebih rendah dibanding simpangan T_D terhadap data observasi sebesar 0.992 °C. Sebaran suhu rata-rata AWS dan T_D di bulan Desember (Gambar 5a dan 5b) menunjukkan pola yang tidak jauh berbeda dari bulan Agustus. Nilai korelasi dan RMSE AWS juga menunjukkan keterkaitan yang lebih baik terhadap data observasi dibanding T_D .

Sebaran suhu maksimum AWS dan T_D di bulan Agustus dijelaskan oleh Gambar 4c dan 4d. Hubungan positif terlihat antara suhu maksimum AWS dan T_D terhadap suhu maksimum observasi konvensional. Nilai korelasi AWS dan T_D bernilai cukup tinggi terhadap data observasi yakni 0.935 dan 0.913. Nilai RMSE T_D sebesar 1.191 °C, bernilai lebih tinggi dibanding RMSE AWS. Hal tersebut terlihat dari pola sebaran data T_D yang lebih bervariasi, khususnya pada rentang suhu

maksimum 27-30 °C. Pada bulan Desember, sebaran suhu maksimum AWS terhadap observasi konvensional menunjukkan pola yang lebih linear dibanding T_D (Gambar 5c dan 5d). Sebaran suhu maksimum T_D terhadap observasi konvensional menunjukkan nilai yang lebih bervariasi pada rentang 29-31 °C.

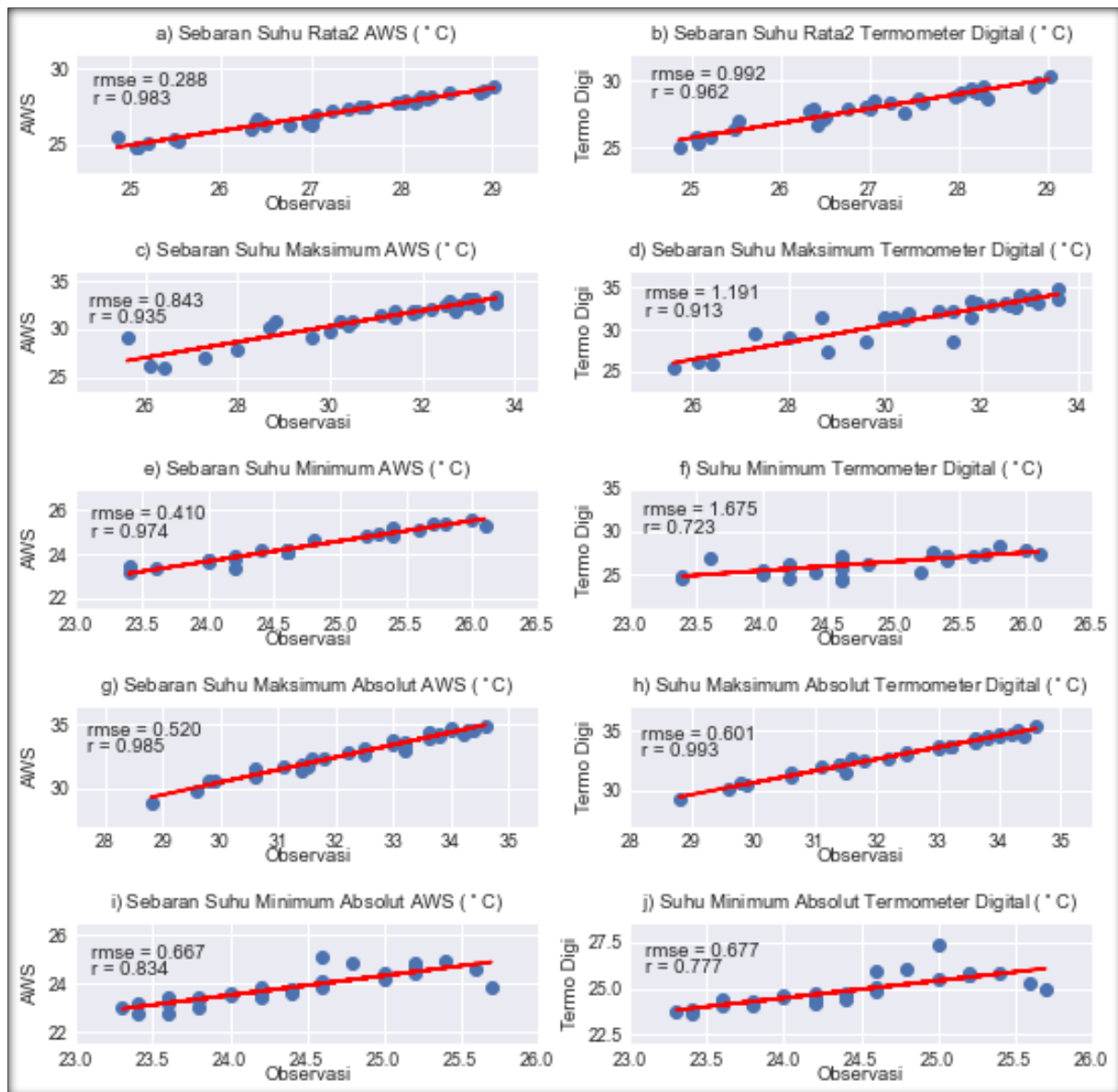
Sebaran suhu minimum AWS dan T_D di bulan Agustus ditunjukkan oleh Gambar 4e dan 4f. Suhu minimum AWS memiliki sebaran yang linear terhadap observasi konvensional. Nilai korelasi pearson AWS menunjukkan nilai yang tinggi yakni 0.974 dan RMSE yang rendah yaitu 0.41 °C. Sementara itu, sebaran suhu minimum T_D kurang mampu merepresentasikan suhu observasi, khususnya pada rentang 24-25 °C. Nilai korelasi suhu minimum dan RMSE T_D masing-masing sebesar 0.723 dan 1.675 °C. Pada bulan Desember, sebaran suhu minimum AWS dan T_D menunjukkan variasi yang lebih tinggi dibanding bulan Agustus. Meskipun sebaran suhu minimum AWS terhadap observasi masih cukup linear, nilai r mengalami penurunan dan nilai RMSE meningkat (Gambar 5e dan 5f). Hal tersebut menunjukkan simpangan suhu minimum AWS yang lebih tinggi di bulan Desember. Simpangan data yang lebih tinggi juga terlihat pada sebaran suhu minimum T_D terhadap suhu minimum konvensional dengan nilai RMSE sebesar 1.834 °C dan nilai korelasi 0.719.

Sebaran suhu maksimum absolut bulan Agustus ditunjukkan oleh Gambar 4g dan 4h. Suhu maksimum absolut merupakan suhu tertinggi dalam periode satu hari. Secara

konvensional, suhu maksimum absolut diamati dengan termometer khusus yakni termometer maksimum dan hanya dibaca satu kali dalam periode pengamatan 24 jam. Sebaran suhu maksimum absolut AWS dan T_D menunjukkan pola linear positif terhadap suhu observasi dengan nilai korelasi masing-masing adalah 0.985 dan 0.993. Nilai korelasi yang tinggi juga diikuti oleh RMSE yang rendah dimana nilai RMSE AWS dan T_D masing-masing adalah 0.52 dan 0.601 °C. Kondisi serupa juga terjadi di bulan Desember dengan korelasi AWS dan T_D

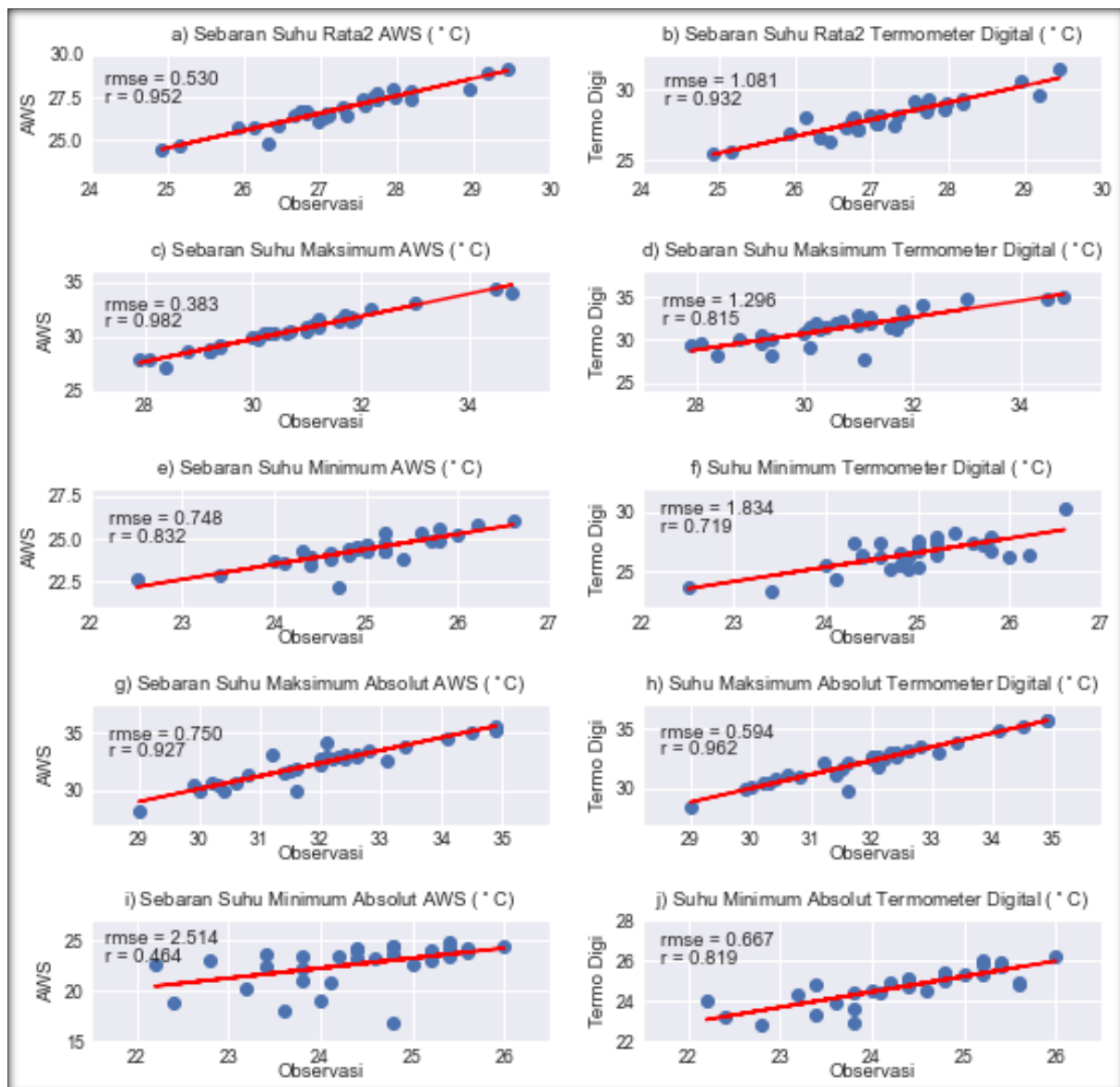
terhadap suhu observasi konvensional masing-masing adalah 0.927 dan 0.962 dan RMSE bernilai 0.75 dan 0.594 °C (Gambar 5g dan 5h).

Sebaran suhu minimum absolut bulan Agustus dijelaskan oleh Gambar 4i dan 4j. Suhu minimum absolut merepresentasikan suhu terendah dalam periode satu hari. Sama seperti suhu maksimum absolut, secara konvensional suhu minimum absolut juga diamati sekali dalam periode 24 jam menggunakan termometer minimum.



Gambar 4. Sebaran suhu udara AWS dan termometer digital terhadap observasi manual bulan Agustus:

a) suhu udara rata-rata AWS, **b)** suhu udara rata-rata termometer digital, **c)** suhu maksimum AWS, **d)** suhu maksimum termometer digital, **e)** suhu minimum AWS, **f)** suhu minimum termometer digital, **g)** suhu maksimum absolut AWS, **h)** suhu maksimum absolut termometer digital, **i)** suhu minimum absolut AWS, **j)** suhu minimum absolut termometer digital



Gambar 5. Sebaran suhu udara AWS dan termometer digital terhadap observasi manual bulan Desember:

a) suhu udara rata-rata AWS, **b)** suhu udara rata-rata termometer digital, **c)** suhu maksimum AWS, **d)** suhu maksimum termometer digital, **e)** suhu minimum AWS, **f)** suhu minimum termometer digital, **g)** suhu maksimum absolut AWS, **h)** suhu maksimum absolut termometer digital, **i)** suhu minimum absolut AWS, **j)** suhu minimum absolut termometer digital

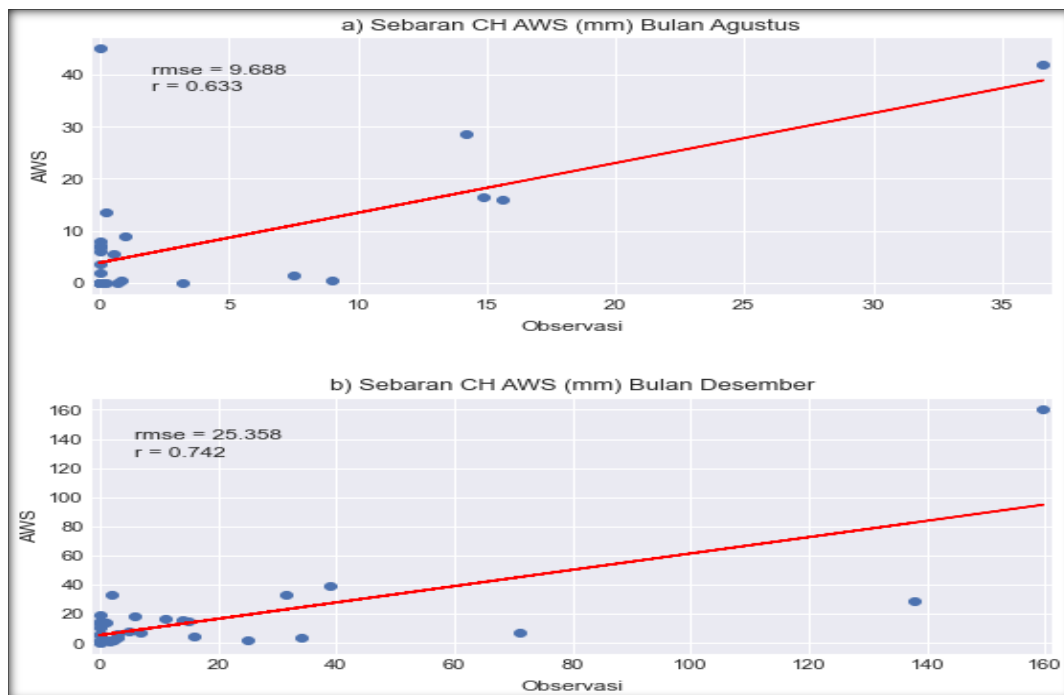
Tidak seperti variabel suhu lainnya, suhu minimum absolut AWS pada bulan Agustus menunjukkan sebaran data yang cukup tinggi dengan nilai RMSE 0.667 °C dan korelasi 0.834. Simpangan tersebut semakin meningkat di Bulan Desember dimana nilai RMSE mencapai 2.514 °C dan korelasi 0.464. Terlihat adanya kecenderungan *undervalues* yang jelas untuk suhu minimum dibawah 25 °C (Gambar 5i). Suhu minimum absolut T_D juga menunjukkan sebaran data yang cukup tinggi seperti suhu minimum absolut AWS pada bulan Agustus, yakni dengan RMSE 0.677 °C dan korelasi 0.777. Meskipun demikian, simpangan dan korelasi

suhu minimum absolut T_D mampu merepresentasikan observasi konvensional lebih baik dibanding AWS di bulan Desember, yakni dengan RMSE 0.667 °C dan korelasi 0.819 (Gambar 5j).

Sebaran curah hujan AWS terhadap observasi konvensional ditunjukkan oleh Gambar 6. Data curah hujan AWS memiliki pola yang menyebar (sporadis) terhadap data curah hujan observasi. Setelah ditarik garis regresi (best-fit line), terlihat bahwa kedua komponen ini memiliki hubungan positif, yaitu peningkatan curah hujan observasi diikuti oleh peningkatan curah hujan AWS dan sebaliknya. Namun,

hubungan keterkaitan tersebut tidak terlalu kuat karena sebaran data yang masih jauh dari

garis regresi.



Gambar 6. Sebaran CH AWS terhadap observasi manual: a) Bulan Agustus, b) Bulan Desember

Analisis korelasi menunjukkan nilai keterkaitan curah hujan AWS terhadap observasi lebih tinggi di bulan Desember dibanding Agustus, dengan r masing-masing bulan adalah 0.742 dan 0.633. Akan tetapi, simpangan rata-rata curah hujan menunjukkan nilai yang lebih tinggi di bulan Desember yakni sebesar 25.358 mm dibanding bulan Agustus 9.688 mm. Hal tersebut dipengaruhi oleh perbedaan curah hujan dan periode musim, dimana curah hujan bulan Desember yang termasuk ke dalam musim penghujan lebih tinggi dibanding curah hujan bulan Agustus yang masih termasuk musim kemarau.

3.3 Distribusi Frekuensi Selisih Data Otomatis dan Konvensional

Distribusi frekuensi selisih data suhu udara AWS dan T_D terhadap observasi konvensional di Bulan Agustus ditunjukkan oleh Gambar 7a dan 7b. Rentang selisih suhu udara AWS berkisar antara -2 sampai 3.5 °C, rentang selisih tertinggi berasal dari suhu maksimum harian, yakni 3.5 °C lebih tinggi dari observasi konvensional. Selisih suhu udara T_D berkisar antara -3.5 hingga 3.5 °C, dengan rentang selisih tertinggi berasal dari suhu maksimum dan minimum. Persentase selisih data suhu udara pada rentang ± 0.5 °C juga disajikan pada Tabel 1. Data AWS menunjukkan proporsi data dengan

simpangan ± 0.5 °C yang lebih besar dibanding T_D .

Tabel 1. Persentase selisih suhu Bulan Agustus

Suhu Udara	Selisih ± 0.5 °C (%)
Rata2 AWS	93.5
Rata2 T_D	16.7
Maksimum AWS	77.4
Maksimum T_D	29.0
Minimum AWS	80.6
Minimum T_D	13.3
Maksimum Abs AWS	54.8
Maksimum Abs T_D	48.4
Minimum Abs AWS	45.2
Minimum Abs T_D	74.2

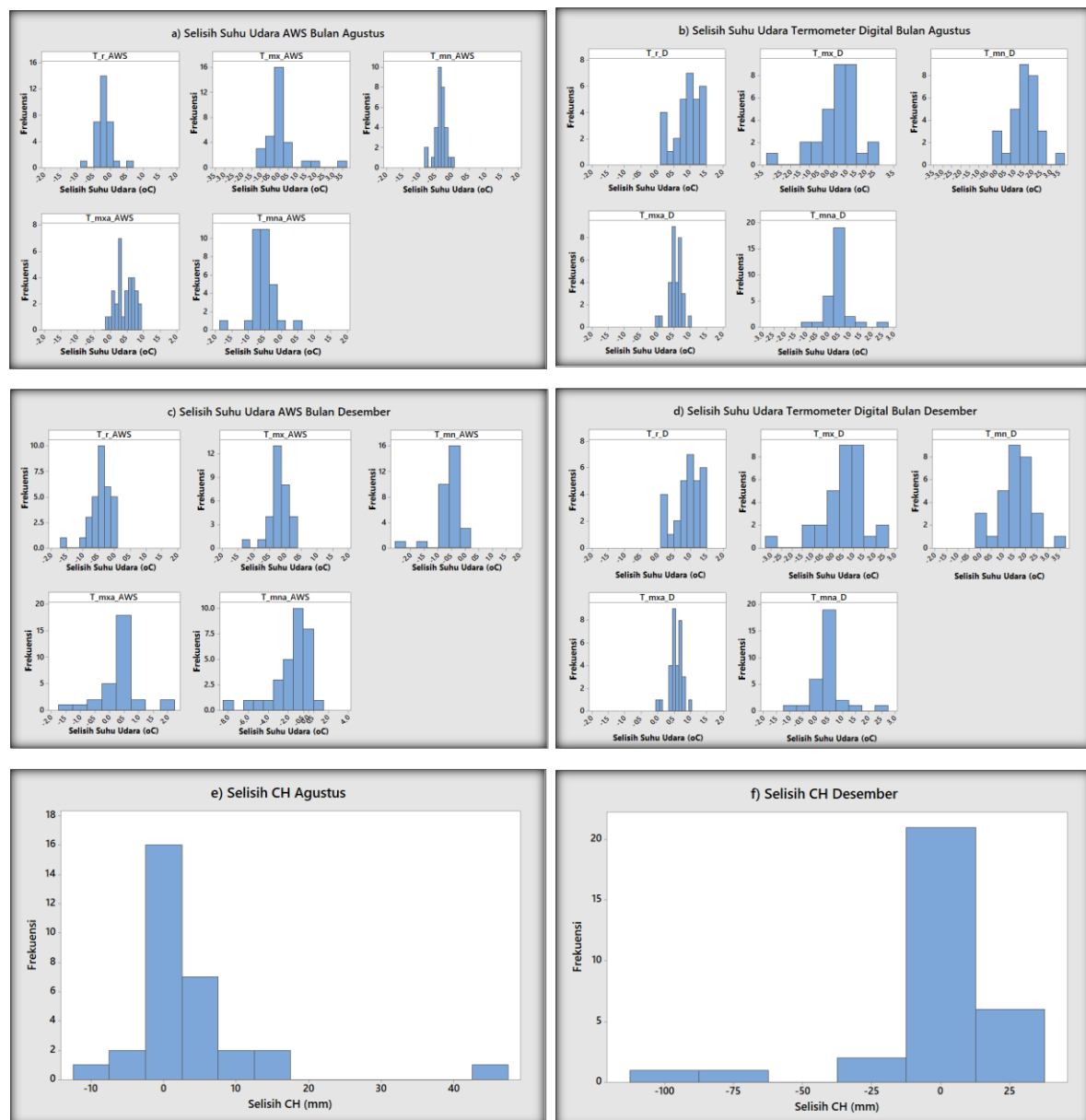
Tabel 2. Persentase selisih suhu Bulan Desember

Suhu Udara	Selisih ± 0.5 °C (%)
Rata2 AWS	67.7
Rata2 T_D	22.6
Maksimum AWS	90.3
Maksimum T_D	19.4
Minimum AWS	51.6
Minimum T_D	22.6

Maksimum Abs AWS	54.8
Maksimum Abs T_D	58.1
Minimum Abs AWS	25.8
Minimum Abs T_D	54.8

Selisih data suhu udara AWS dan T_D terhadap observasi konvensional di Bulan Desember ditunjukkan oleh Gambar 7c dan 7d. Rentang selisih suhu udara AWS berkisar antara

-8 sampai 2 °C, rentang selisih tertinggi berasal dari suhu minimum absolut, yakni 8 °C lebih rendah dari observasi konvensional. Selisih suhu udara T_D berkisar antara -3 hingga 3.5 °C, dengan rentang selisih tertinggi berasal dari suhu maksimum dan minimum. Persentase selisih data suhu udara pada rentang ± 0.5 °C juga disajikan pada Tabel 2. Data AWS menunjukkan proporsi data dengan simpangan ± 0.5 °C yang lebih besar dibanding T_D .



Gambar 7. Selisih Data Suhu Udara dan Curah Hujan Otomatis terhadap Data Konvensional: **a)** selisih suhu udara AWS Agustus, **b)** selisih suhu udara termometer digital Agustus, **c)** selisih suhu udara AWS Desember, **d)** selisih suhu udara termometer digital Desember, **e)** selisih CH Agustus, **f)** selisih CH Desember

Distribusi frekuensi selisih data curah hujan AWS terhadap observasi konvensional di Bulan Agustus dan Desember ditunjukkan oleh Gambar 7e dan 7f. Rentang selisih curah hujan di bulan Agustus berkisar antara -10 sampai 40 mm, sedangkan selisih curah hujan di Bulan Desember berkisar antara -100 sampai 25 mm. Sebanyak 61.3% data curah hujan AWS di Bulan Agustus memiliki selisih ± 5 mm terhadap data observasi. Presentase tersebut lebih tinggi dibanding Bulan Desember, dimana 51.6% datanya memiliki selisih ± 5 mm terhadap data observasi konvensional.

3.4 Pembahasan

Hasil analisis *time series*, korelasi dan eror terhadap suhu udara mengindikasikan adanya hubungan korelasi positif antara suhu udara AWS dan termometer digital terhadap suhu udara observasi konvensional. Nilai korelasi tinggi dan RMSE rendah diperoleh hampir di semua parameter suhu udara kecuali suhu udara minimum dan minimum absolut. Suhu udara minimum hasil pembacaan termometer digital menunjukkan karakteristik *overvalues* yang jelas terhadap suhu minimum observasi. Sementara itu, suhu minimum AWS menunjukkan kecenderungan *undervalues* tetapi masih berada pada rentang suhu yang dekat terhadap observasi.

Suhu minimum absolut dari pengukuran AWS dan termometer digital juga menunjukkan hasil yang kurang merepresentasikan suhu observasi manual. Hasil pengamatan AWS menunjukkan karakteristik *undervalues* dari suhu minimum absolut dengan simpangan eror yang lebih tinggi di bulan Desember. Sementara itu, suhu minimum absolut dari termometer digital masih menunjukkan pola *overvalues*, tetapi memiliki nilai korelasi dan RMSE yang lebih baik di bulan Desember dibandingkan data AWS. Hasil pengukuran suhu minimum yang lebih rendah dari suhu observasi sejalan dengan penelitian Kharki *et al* (2010) di Nepal. Kondisi tersebut diduga dipengaruhi oleh perbedaan sensitivitas dan desain dari shelter cuaca (*thermoplastic* dan kayu).

Analisis *time series*, korelasi, dan eror curah hujan menunjukkan simpangan acak yang cukup tinggi. Kondisi tersebut diantaranya berupa hasil pengukuran curah hujan AWS yang lebih tinggi/lebih rendah terhadap data observasi dan pengukuran curah hujan AWS saat tidak terjadi hujan (CH Observasi = 0). Kondisi tersebut umumnya disebabkan oleh kesalahan pengukuran sistematis non-linear yang sangat bergantung pada intensitas hujan

(WMO, 2006). Semakin tinggi intensitas hujan nilai eror dapat bernilai lebih tinggi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut (1) Data suhu udara dan curah hujan dari pengamatan otomatis menunjukkan hubungan korelasi positif terhadap data observasi manual. (2) Pengukuran suhu udara AWS memiliki kecenderungan *undervalues* terhadap data observasi, sedangkan termometer digital memiliki kecenderungan *overvalues*. (3) Data AWS mampu merepresentasikan data observasi manual lebih baik dibanding data termometer digital di semua parameter suhu udara kecuali suhu udara minimum absolut. (4) Verifikasi data curah hujan di Bulan Agustus yang merepresentasikan musim kemarau memberikan hasil yang lebih baik dibanding bulan Desember yang merepresentasikan musim penghujan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, L. et al. (2017). Experimental Agrometeorologi: Automatic Weather Station. *Experimental Agrometeorologi: A Practical Manual*. 83-87.
- Allard, J. et al. (2016). A Comparison of Temperature Data from Automated and Manual Observing Networks in Georgia and Impacts of Siting Characteristics. *J. Atmos. Oceanic. Technol.* 33, 1473-1494.
- Arsyad, L. (1994). Peramalan Bisnis. *BPFE-Yogyakarta: Yogyakarta*.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). (2016). Peraturan KBMKG Nomor 04 Tahun 2016 Tentang Pengambaran dan Pengelolaan Data Iklim di Lingkungan BMKG. *BMKG*: Jakarta.
- Campbellsci, (2012). *Automatic Weather Station (AWS) and Meteorologic Instruments*, Diambil dari alamat website: https://s.campbellsci.com/documents/a_u/solution-brochures/weather-system-category.pdf, Diakses pada 12 Maret 2022.
- Chai, T., Draxler, R.R., (2014), Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)?-Arguments against avoiding RMSE in the literature, *Geosci. Model Dev*, 7, 1247-1250.
- Hanke, J.E., Wichern, D.W. (2005). Business Forecasting. *Prentice Hall*: New York.

- Karki, R. (2010). Status of Automatic Weather Stations in Nepal and Comparison of Air Temperature and Precipitation Data Between Automatic Weather Station and Manual Observation. *TECO-2010-WMO Paper*.
- Lawrence, A. et al. (2006). Validation of Automatic Weather Observation System Data in Uganda. *TECO-2006-WMO Paper*.
- Nsabagwa, M. et al. (2018). Towards a Robust and Affordable Automatic Weather Station. *Development Engineering*. 1-13.
- World Meteorological Organization. (2006). WMO Laboratory Intercomparison of Rainfall Intensity Gauges. *Instruments and Observing Methods Report No. 84*.
- World Meteorological Organization. (2017). Challenges in the Transition from Conventional to Automatic Meteorological Observing Networks for Long-term Climate Records, *(Publikasi)*, World Meteorological Organization: Geneva.
- World Meteorological Organization. (2020). Guidelines on Homogenization No. 1245, *(Publikasi)*, World Meteorological Organization: Geneva.
- Zukhrufiana S, F. et al. (2019). Analisis Bias Data Observasi Paralel di Stasiun Klimatologi Mempawah-Kalimantan Barat. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 20(1), 55-65.