

ANALISIS BIAS DATA OBSERVASI PARALEL DI STASIUN KLIMATOLOGI MEMPAWAH-KALIMANTAN BARAT

BIAS ANALYSIS OF PARALLEL OBSERVATION DATA AT CLIMATOLOGY STATION OF MEMPAWAH- WEST KALIMANTAN

Firsta Zukhrufiana S.^{1*}, Syf. Nadya Soraya¹, Siswanto², Wandayantolis¹

¹Stasiun Klimatologi Kelas II Mempawah, Jl Raya Pontianak-Mempawah km. 20,5 Mempawah- Kalimantan Barat

²Pusat Layanan Informasi Iklim, BMKG, Jl Angkasa 1 No. 2 Kemayoran-Jakarta

*E-mail: firstabmkg@gmail.com

Naskah masuk: 14 Januari 2018 ; Naskah diperbaiki: 28 Mei 2019 ; Naskah diterima: 19 Juni 2019

ABSTRAK

Otomatisasi pengukuran parameter cuaca menggunakan AWS (*Automatic Weather Station*) di Stasiun Klimatologi Mempawah telah dimulai sejak tahun 2006. Dalam hal otomatisasi (menggantikan pengamatan manual), WMO mensyaratkan perlunya pengujian data paralel antara pengukuran otomatis dan pengukuran manual. Dalam paper ini, metode uji statistik sederhana telah diterapkan pada tiga parameter utama cuaca yaitu suhu minimum, maksimum, dan curah hujan harian. Analisis menunjukkan data AWS dan manual berada dalam kategori homogen. Uji korelasi menunjukkan hubungan terkuat antara data AWS dan manual curah hujan ringan adalah 0.54 dan korelasi terlemah 0.19 pada curah hujan lebat, rendahnya korelasi pada curah hujan lebat dipengaruhi oleh prinsip kerja alat yang kerap kehilangan pengukuran saat terjadi hujan sedang-lebat. Tingkat kesalahan *root mean square error* (RMSE) pengukuran suhu udara minimum adalah 1.22°C, suhu udara maksimum (1.69°C), curah hujan ringan (5.1 mm); sedang (14.6 mm); lebat-sangat lebat (38.4 mm). Nilai validasi pengukuran otomatis suhu minimum 34.5%; suhu maksimum 34.0%; dan curah hujan 52.4% masih menunjukkan tingkat akurasi yang belum optimal. Berdasarkan nilai validasi tersebut menunjukkan bahwa otomatisasi belum optimal dalam menggantikan pengukuran manual.

Kata kunci : Bias, pengukuran, data paralel, uji statistik, error, akurasi

ABSTRACT

The automation of weather parameter measurement using AWS (Automatic Weather Station) has been started at Climatology Station of Mempawah since 2006. In case of automation (substitute the manual to automatic observation), WMO required the parallel data testing. In this study, a simple statistical validation method has been applied to three main parameters of weather such as minimum temperature, maximum temperature and daily rainfall. The analysis shows automatic (AWS) and manual data in the homogeneous category. Corellation test describes the strongest correlation between AWS and manual of slight rainfall is 0.54 and the weakest is 0.19 for heavy rainfall, the low correlation in heavy rainfall is influenced by the working principle of the tool that often loses measurements during moderate-heavy rainfall. The root mean square error (RMSE) measurement of minimum temperature (1.22°C); maximum temperature (1.69°C), slight rainfall (5.1 mm), moderate rainfall (14.6 mm), heavy-very heavy rainfall (38.4 mm). Validation value of automatic measurement of minimum temperature is 34.5%; maximum temperature is 34.0%; and rainfall is 52.4%. According to validation value, it represents that automation has not been optimal to replace the manual measurement.

Keyword : Bias, measurement, parallel data, statistic test, error, accuracy

1. Pendahuluan

BMKG menetapkan tahun 2016 sebagai tahun data. Penetapan itu bertujuan untuk memfokuskan BMKG pada peningkatan kuantitas dan kualitas data observasi guna menghasilkan informasi meteorologi, klimatologi, dan geofisika yang cepat, tepat, akurat serta mudah dipahami, adapun upaya peningkatan

akurasi pengamatan salah satunya adalah dengan pengujian data paralel perlu dilakukan. Data meteorologi umumnya diperoleh melalui serangkaian cara dan metode pengukuran baku baik menggunakan alat pengukur maupun pengamatan manual terstandar. Seiring dengan kemajuan teknologi pada decade (dasawarsa) terakhir terjadi peralihan dari sistem manual menuju sistem

otomatis. Pengamatan alat otomatis menurut *World Meteorological Organisation* (WMO) adalah pengamatan yang diperoleh dari peralatan yang dapat merekam dan mengirim data secara otomatis dengan menggunakan *Automatic Weather Station* (AWS). Sedangkan, pengamatan manual, seperti ombrometer adalah pengamatan pada peralatan yang data hasil pengamatannya dicatat secara manual oleh pengamat meteorologi.

Data pengukuran AWS di Stasiun Klimatologi Mempawah telah ada sejak tahun 2006. Otomatisasi menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas data pengamatan BMKG, baik spasial dan temporal. Salah satu hambatan untuk meningkatkan kualitas data secara spasial dan temporal (seperti unsur curah hujan dan suhu udara) pada umumnya adalah kemampuan sumber daya manusia yang terbatas (belum terlatih) dan sulitnya jangkauan lokasi-lokasi tertentu.

Pengamatan yang dilakukan hingga saat ini sebagian besarnya masih menggunakan alat-alat manual (seperti: ombrometer, thermometer bola kering, dan lain-lain). Pada proses pengecekan kebenaran data pengamatan (validasi) seringkali ditemukan kesalahan baca (paralaks) dan data kosong akibat kerusakan alat ataupun kelalaian pengamat yang sering terjadi pada data pos hujan kerjasama, banyak kejadian data tiba-tiba kosong karena pengamat tidak melaporkan data curah hujan. Kondisi semacam ini menjadikan hambatan bagi kegiatan analisis dan prediksi cuaca dan iklim.

Salah satu bagian penting dari proses transisi pengamatan atau pengukuran manual ke pengamatan otomatis tersebut adalah adanya dokumentasi dan deskripsi bias antara data pengamatan otomatis dengan data pengamatan manual. Hal itu sebagaimana disarankan oleh WMO bahwa dalam otomatisasi pengamatan, perlu dilakukan paralelisasi pengamatan pada periode tertentu. Seluruh data harus memenuhi syarat kendali kualitas (*quality control, QC*) dengan metode yang seragam dan teruji homogenitasnya.

Informasi dari pengukuran paralel sangat penting dalam menghasilkan dataset yang realistis dan tervalidasi untuk metode homogenisasi dan dengan demikian dapat diperkirakan kontribusi perubahan non-iklim terhadap ketidakpastian pada data. Data historis iklim yang panjang dari pengukuran instrumental biasanya dipengaruhi oleh perubahan non-iklim, misalnya, relokasi dan perubahan instrumentasi, tinggi instrumen atau proses pengumpulan data dan prosedur pengolahan data lanjutan. Ini disebut *inhomogeneity* yang dapat mendistorsi sinyal perubahan iklim dan dapat menghambat penilaian lebih obyektif terhadap tren dan variabilitas iklim pada suatu tempat.

Inhomogeneity juga penting untuk mempelajari perubahan ekstrem dan variabilitas cuaca menggunakan data harian. Data harian yang sudah teruji statistik homogenitas masih sangat terbatas, seperti misalnya untuk suhu, perubahan non-iklim pada distribusi ekstrem (bagian dari ujung kiri dan kanan dari distribusi normal) dimungkinkan lebih kuat daripada perubahan pada keadaan rata-rata. Cara langsung untuk mempelajari pengaruh perubahan non-iklim pada distribusi dan bias data tersebut adalah analisis data pengukuran paralel yaitu perbandingan dua atau lebih deret waktu hasil pengamatan manual dan otomatis.

Dalam hal perbandingan pengukuran otomatis dan manual tersebut penelitian yang pernah dilakukan oleh Ying et.al. [1] untuk data di Tiongkok menemukan perbedaan antara data hasil pengamatan otomatis dengan manual yang bervariasi pada masing-masing unsur iklim (curah hujan dan suhu udara), namun masih dalam batas yang bisa ditoleransi. Pada penelitian lain, Ying et.al. [2] menyatakan bahwa perbedaan data yang terjadi pada data manual dengan otomatis karena adanya pergantian alat yang digunakan dalam pengamatan di Tiongkok.

Guttman and Baker [3] dalam sebuah studi di North Carolina menemukan bahwa terdapat bias antara pengamatan manual dan otomatis pada unsur suhu maksimum, suhu minimum, dan curah hujan. Dalam penelitiannya, Guttman menyampaikan bahwa hal terpenting sebelum melakukan perbandingan adalah mengidentifikasi homogenitas antara data otomatis dan manual. Brandsma [4] dalam laporan penelitian Badan Meteorologi Belanda (KNMI) tahun 2011 tentang paralelisasi pengukuran otomatis dan manual untuk suhu udara periode 2003-2005 melaporkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata klimatologis yang signifikan pada unsur suhu udara.

Penelitian sejenis juga pernah dilakukan oleh Aldrian [5] dalam laporan tahunan hasil penelitian Puslitbang BMKG tahun 2014 tentang perbandingan data pengamatan parameter meteorologi antara metode manual dan otomatis melalui otomatisasi instrument cuaca dan iklim menggunakan *Agroclimate Automatic Weather Station* di Stasiun Dramaga, Stasiun Sicincin, Stasiun Banyuwangi, dan Stasiun Kediri melaporkan bahwa rata-rata error suhu udara sebesar $(-3.2) - 0.69$ °C; curah hujan sebesar $0.02 - 1.29$ mm; dan kelembapan udara sebesar $(-4.9) - 2\%$.

Sejalan dengan program WMO terkait data paralel tersebut, BMKG melalui instruksi Kepala BMKG No. 02/II/2014 memerintahkan setiap unit pelaksana teknis di daerah untuk melakukan perbandingan data hasil pengukuran alat otomatis dengan pengukuran manual. Dalam dokumen regulasi teknis WMO [6]

dinyatakan bahwa jika pengamatan otomatis melalui AWS akan menggantikan pengamatan manual maka hal yang harus dipenuhi antara lain adalah terpenuhinya pengamatan paralel (*overlapping*) dalam waktu tertentu bergantung pada unsur yang diamati yaitu: (a) arah dan kecepatan angin : 12 bulan; (b) suhu udara, kelembapan, penyinaran matahari, penguapan : 24 bulan; (c) hujan : 24 bulan.

Oleh karenanya, Stasiun Klimatologi Mempawah Kalimantan Barat, yang telah melaksanakan pengamatan manual sejak tahun 1982, dan telah memiliki stasiun data otomatis (AWS) pada tahun 2015 melakukan validasi data hasil pengamatan paralel untuk data pada tahun tersebut.

Telah terdapat penelitian serupa [5] kajian yang membahas perbandingan data AWS dan data manual melalui metode ilmiah yang dapat digunakan sebagai referensi untuk pemanfaatan peralatan cuaca otomatis lebih lanjut. Umumnya data AWS dan manual diasumsikan terdapat sejumlah error akibat banyak faktor, seperti kondisi alat pengukuran otomatis (AWS), adanya kesalahan paralaks pada pengamatan manual, waktu pengamatan yang tidak seragam antara kedua stasiun tersebut. Oleh karena itu paper ini mengkaji bias dan validasi data hasil pengamatan AWS dengan data hasil pengamatan manual yang ada di Stasiun Klimatologi Mempawah Kalimantan Barat, sehingga dapat diketahui apakah alat pengamatan otomatis dapat menggantikan alat pengamatan manual berdasarkan nilai validasinya.

Paper ini terbagi dalam lima bagian, yaitu, pendahuluan, yang merangkum latar belakang dan tujuan dari pengkajian ini. Metodologi, pada bagian 2 menyajikan metode statistik sederhana yang dipakai dalam analisis. Lalu bab berikutnya adalah hasil dan pembahasan, ditutup dengan bagian kesimpulan dan saran.

2. Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam tulisan ini adalah data pengamatan manual dari alat-alat manual dengan data hasil pengamatan otomatis dari alat AWS di Stasiun Klimatologi Mempawah selama tahun 2015 (data terlengkap adalah tahun 2015) meliputi suhu minimum harian, suhu maksimum harian, dan curah hujan harian dengan kategori hujan ringan (≤ 20 mm/hari), hujan sedang (21 – 50 mm/hari, hujan lebat dan sangat lebat (>51 mm/hari). Dalam penelitian ini menggunakan data tahun 2015 dengan pertimbangan data paling lengkap adalah data tahun 2015 walaupun terdapat beberapa data kosong namun masih dalam satuan menit, yang berarti data kosong tidak panjang. Prosentase data yang digunakan adalah sekitar 85%-90% terhadap seluruh data termasuk data kosong.

Idealnya penggunaan data per jam akan menjadikan penelitian lebih obyektif, namun dalam penelitian ini digunakan data harian dengan pertimbangan kelengkapan data harian yang lebih baik. Dalam persiapan data, penulis mengambil data AWS dengan prinsip yang sama dengan pengamatan manual (waktu pengukuran yang sama). AWS dan peralatan manual di Stasiun Klimatologi Mempawah terakhir dikalibrasi pada tahun 2015.

Metode dalam penelitian ini, perbandingan dua atau lebih deret waktu hasil pengamatan konvensional dan otomatis dilakukan dengan menguji kedua data tersebut dengan beberapa metode statistik, diantaranya: metode korelasi dan regresi (RMSE), *homogeneity test* menggunakan uji *Levene*, dan tabel kontingensi (*contingency table*). Metode ini dijadikan pilihan karena metode ini cukup mudah dilakukan dan dapat memberikan hasil yang mudah diinterpretasikan.

Analisis Regresi Campbell et. al [9] menjelaskan analisis regresi melalui perhitungan berikut :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X$$

Dimana :

β_0 = parameter intercept

β_1 = parameter slope

Campbell et. al [9] menjelaskan bahwa pada nilai β_1 menunjukkan nilai perubahan yang terjadi pada variabel X. Sedangkan, β_0 menunjukkan nilai dan arah dari hubungan antar variabel.

Pearson's correlation merupakan salah satu ukuran korelasi yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan linier dari dua variabel. Hall [8] dalam sebuah kajian menjelaskan perhitungan r sebagai berikut :

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\{\sum(x_i - \bar{x})^2\} \{\sum(y_i - \bar{y})^2\}}}$$

dimana :

x = Data AWS

y = Data manual

Nilai r tergantung pada sebaran data pada variabel-variabel yang digunakan. Nilai r selalu terletak pada -1 s/d +1; r digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan linier.

RMSE Chai and Draxler [9] menjelaskan bahwa RMSE merupakan parameter yang digunakan untuk mengevaluasi nilai hasil pengamatan terhadap nilai sebenarnya, yang dihitung dengan formula berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_1 - y_2)^2}$$

dimana :

y_1 = Data AWS ; n = jumlah data

y_2 = Data manual

Tabel Kontingensi (*contingency table*) Chan and Shun [10] menyatakan uji homogenitas varians sebagai berikut :

$$F = S_1^2 / S_2^2$$

dimana :

S_1^2 = Varians kelompok 1

S_2^2 = Varians kelompok 2

Hipotesis pengujian :

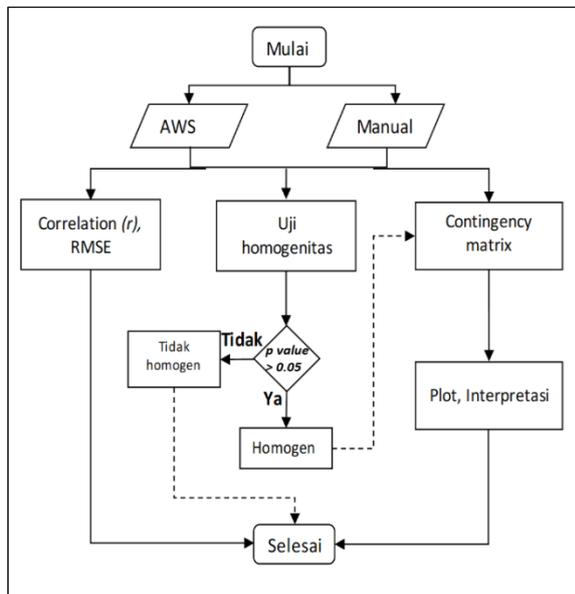
$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ (variens data homogen)

$H_a : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ (variens data tidak homogen)

Sari et.al [11] uji homogenitas diinterpretasikan dengan menginterpretasikan *p-value* Fisher dan Levene (homogen jika *p-value* > 0.05) sehingga dapat disimpulkan apakah kedua data tersebut homogen atau tidak.

Untuk mendapat nilai akurasi pengukuran AWS dan manual, metode *contingency table* digunakan dalam penelitian ini. Chan et. al. [10] melakukan perbandingan pengukuran alat otomatis dan manual dengan menyusun matriks kontingensi antara kedua varian data, kemudian mempresentasikannya pada boxplot rasio kedua varian data (data pengukuran alat otomatis dan manual).

Berikut adalah langkah – langkah kerja yang secara sistematis dapat digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil uji homogenitas dan perhitungan RMSE terhadap data AWS dengan data manual .

Suhu Minimum harian. Hasil uji homogenitas antara pengukuran AWS dan manual suhu minimum harian sebagaimana tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Uji homogenitas suhu minimum

	N	Lower	StDev	Upper
AWS	365	0.723021	0.783222	0.853919
manual	365	0.769028	0.833060	0.908255

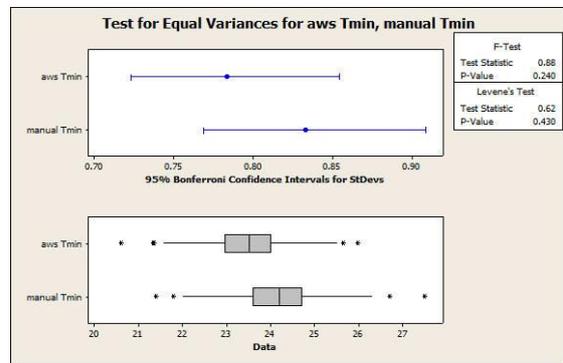
F-Test

Test statistic = 0.88, p-value = 0.240

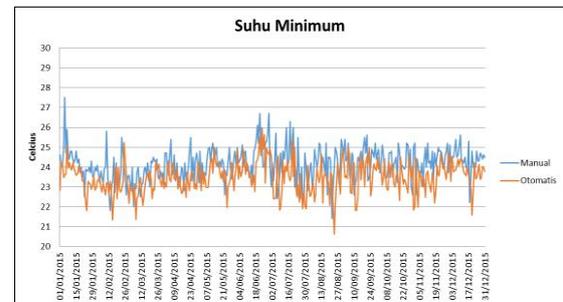
Levene's Test

Test statistic = 0.62, p-value = 0.430

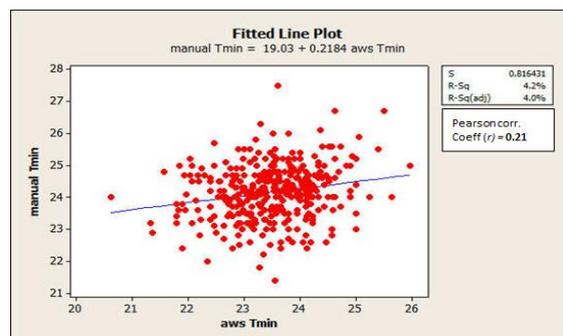
Tabel 1 dan Gambar 2 menunjukkan beberapa parameter nilai yang dapat diinterpretasikan melalui *probability value* atau *p-value* sebesar 0,430. Menurut kriteria uji *Levene* [11], *p-value* > 0.05 menunjukkan varian yang homogen, sehingga kedua varian data (AWS dan manual) tersebut adalah homogen.



Gambar 2. Jangkauan standar deviasi antar varian dalam uji homogenitas suhu minimum harian



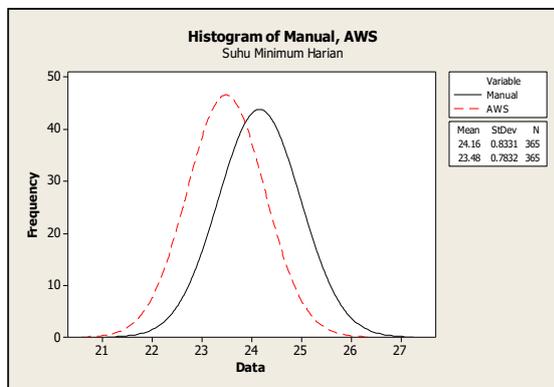
Gambar 3. Grafik deret waktu suhu minimum harian AWS dan manual



Gambar 4. Scatter Plot dan regresi data AWS dan manual untuk suhu minimum harian.

Pearson's correlation coefficient (r) data AWS dan manual suhu minimum harian (Gambar 4) adalah 0.21 yang dapat dikatakan hubungan antar kedua variabel tidak cukup kuat ($range -1$ s/d $+1$); β_1 sebesar 0.2184 maka data AWS menaikkan data manual sebesar 0.2184 kali; β_0 sebesar 19.03 maka data manual memiliki nilai ketergantungan yang hilang sebesar 19.03°C dari data pengukuran AWS (setiap data AWS memiliki kehilangan pengukuran sebesar 19.03 °C).

Hasil perhitungan RMSE menunjukkan deviasi suhu minimum AWS dengan manual adalah sebesar 1.22°C. Pada Gambar 3, hasil pengukuran suhu minimum dengan AWS menunjukan tren yang hampir sama dengan hasil pengukuran manual, sehingga data AWS bisa digunakan untuk pengukuran suhu udara minimum. Deviasi tersebut dapat dilihat juga pada histogram Gambar 5.



Gambar 5. Kurva Distribusi normal suhu minimum harian AWS dan manual

Berdasarkan histogram pada Gambar 5 terlihat bahwa rata – rata suhu minimum pengukuran manual lebih besar dari AWS, sehingga terdapat perbedaan antara data AWS dan pengukuran manual. Hal ini menjadi hipotesis awal bahwa perlu dilakukan pengujian paralel antara data AWS dan manual.

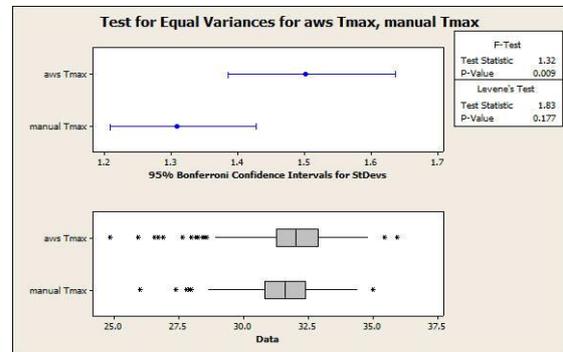
Suhu Maksimum Harian. Hasil uji homogenitas antara pengukuran AWS dan manual suhu maksimum harian sebagaimana tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji homogenitas suhu maksimum

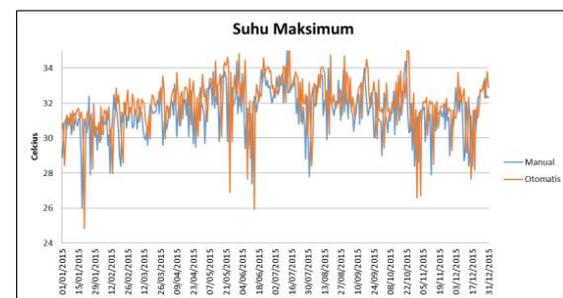
	N	Lower	StDev	Upper
AWS	365	1.38545	1.50080	1.63627
Manual	365	1.20802	1.30860	1.42672

F-Test
 Test statistic = 1.32, p-value = 0.009
 Levene's Test
 Test statistic = 1.83, p-value = 0.177

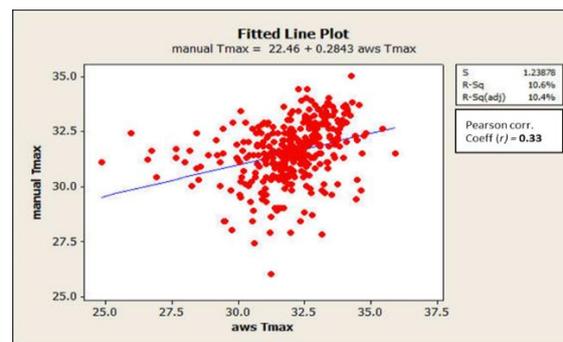
Tabel 2 dan Gambar 6 menunjukkan beberapa parameter nilai yang dapat diinterpretasikan melalui *probability value* atau *p-value* sebesar 0.177. Menurut kriteria uji *Levene*, $p-value > 0.05$ menunjukkan varian yang homogen, sehingga kedua varian data (AWS dan manual) tersebut adalah homogen.



Gambar 6. Jangkauan standar deviasi antar varian dalam uji homogenitas suhu maksimum harian



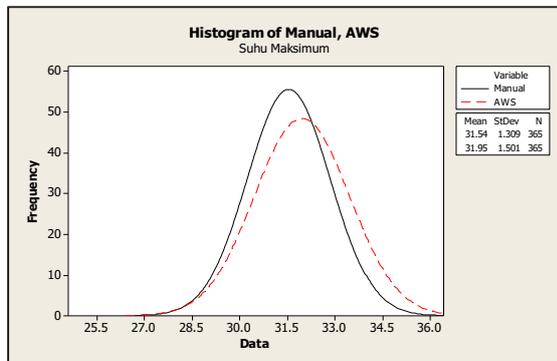
Gambar 7. Grafik deret waktu suhu maksimum harian AWS dan manual



Gambar 8. Scatter Plot dan regresi data AWS dan manual untuk suhu maksimum harian

Pearson's correlation coefficient (r) data AWS dan manual suhu maksimum harian (Gambar 8) adalah 0.33 yang dapat dikatakan hubungan antar kedua variabel tidak cukup kuat ($range -1$ s/d $+1$); β_1 sebesar 0.2843 maka data AWS menaikkan data manual sebesar 0.2843 kali; β_0 sebesar 22.46 maka data manual memiliki nilai ketergantungan yang hilang sebesar 22.46 °C dari data pengukuran AWS.

Hasil perhitungan RMSE menunjukkan deviasi suhu maksimum AWS dengan manual adalah sebesar 1.69 °C. Pada Gambar 7, hasil pengukuran suhu maksimum dengan AWS menunjukkan tren yang hampir sama dengan hasil pengukuran manual, sehingga data AWS bisa digunakan untuk pengukuran suhu udara maksimum. Deviasi tersebut dapat dilihat juga pada histogram Gambar 9.



Gambar 9. Kurva Distribusi Normal suhu maksimum harian AWS dan manual

Berdasarkan histogram pada Gambar 9 terlihat bahwa rata – rata suhu maksimum pengukuran manual lebih kecil dari AWS, sehingga terdapat perbedaan antara data AWS dan pengukuran manual.

Curah Hujan. Perbandingan data curah hujan dari AWS dan pengukuran manual sebagaimana tersaji pada hasil Uji-F Tabel 3.

Tabel 3. Uji Homogenitas Hujan ringan

	N	Lower	StDev	Upper
AWS	29	3.90018	5.07320	7.18597
manual	29	2.95145	3.83913	5.43796

F-Test

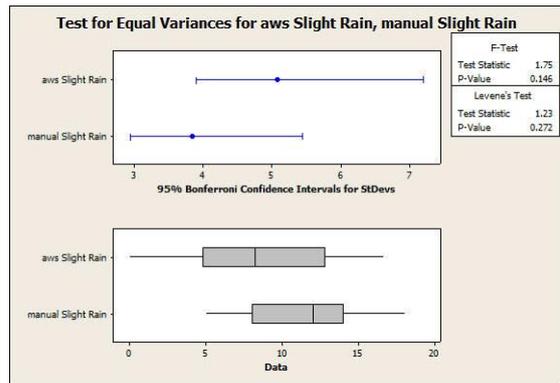
Test statistic = 1.75, p-value = 0.146

Levene's Test

Test statistic = 1.23, p-value = 0.272

Tabel 3 dan Gambar 10 menunjukkan beberapa parameter nilai yang dapat diinterpretasikan melalui *probability value* atau *p-value* sebesar 0.272. Menurut kriteria uji *Fisher*, *p-value* > 0.05 menunjukkan varian yang homogen, sehingga kedua varian data (AWS dan manual) tersebut adalah homogen.

Tabel 4 dan Gambar 11 menunjukkan beberapa parameter nilai yang dapat diinterpretasikan melalui *probability value* atau *p-value* sebesar 0.377. Menurut kriteria uji *Levene*, *p-value* > 0.05 menunjukkan varian yang homogen, sehingga kedua varian data (AWS dan manual) tersebut adalah homogen.



Gambar 10. Jangkauan standar deviasi antar varian dalam uji homogenitas curah hujan ringan

Tabel 4. Uji Homogenitas Curah Hujan sedang

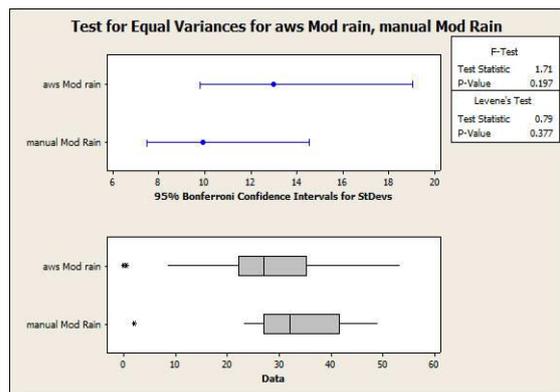
	N	Lower	StDev	Upper
AWS	25	9.79656	12.9787	18.9974
manual	25	7.49556	9.9303	14.5354

F-Test

Test statistic = 1.71, p-value = 0.197

Levene's Test

Test statistic = 0.79, p-value = 0.377



Gambar 11. Jangkauan standar deviasi antar varian dalam uji homogenitas curah hujan sedang

Tabel 5. Uji Homogenitas Curah Hujan lebat dan sangat lebat

	N	Lower	StDev	Upper
AWS	18	22.6657	31.4086	50.1667
manual	18	19.690	27.2850	43.5804

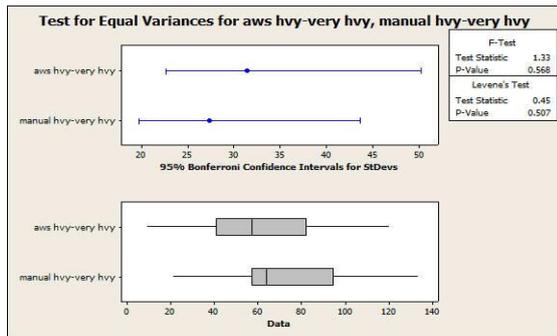
F-Test

Test statistic = 1.33, p-value = 0.568

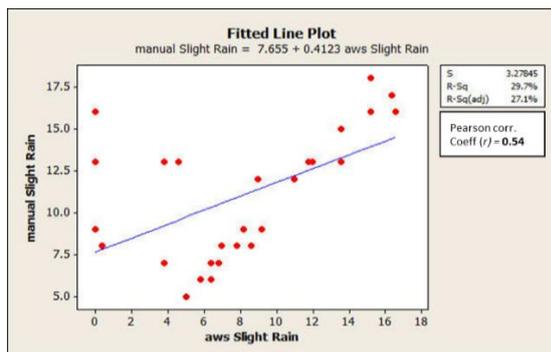
Levene's Test

Test statistic = 0.45, p-value = 0.507

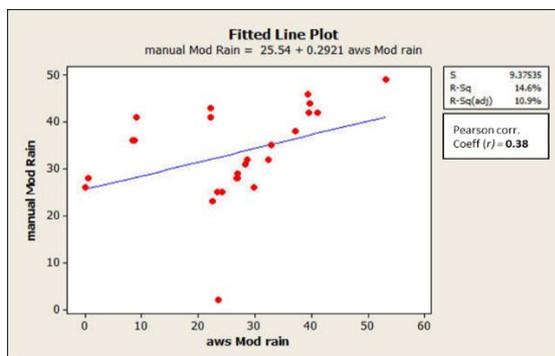
Tabel 5 dan Gambar 12 menunjukkan beberapa parameter nilai yang dapat diinterpretasikan melalui *probability value* atau *p-value* sebesar 0.507. Menurut kriteria uji *Levene*, *p-value* > 0.05 menunjukkan varian yang homogen, sehingga kedua varian data (AWS dan manual) tersebut adalah homogen.



Gambar 12. Jangkauan standar deviasi antar varian dalam uji homogenitas curah hujan lebat-sangat lebat



Gambar 13. Scatter Plot dan regresi data AWS dan manual untuk curah hujan ringan

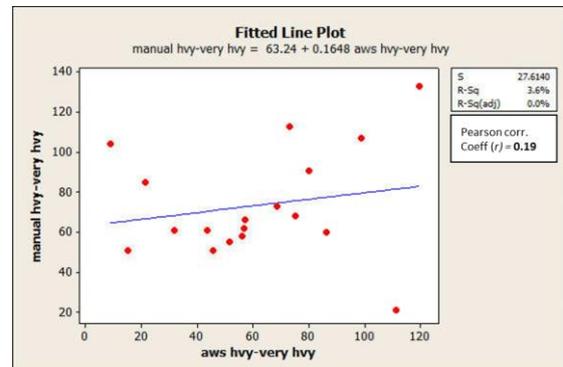


Gambar 14. Scatter Plot dan regresi data AWS dan manual untuk curah hujan sedang

Pearson's correlation coefficient (r) data AWS dan manual curah hujan ringan (Gambar 13) adalah 0.54 yang dapat dikatakan hubungan antar kedua variabel sedang dan paling kuat diantara hubungan variabel lainnya (*range -1 s/d +1*); β_1 sebesar 0.4123 maka data AWS menaikkan data manual sebesar 0.4123 kali data AWS; β_0 sebesar 7.655 maka data manual memiliki nilai ketergantungan yang hilang sebesar 7.655 mm dari data pengukuran AWS.

Pearson's correlation coefficient (r) data AWS dan manual curah hujan sedang (Gambar 14) adalah 0.38 yang dapat dikatakan hubungan antar kedua variabel

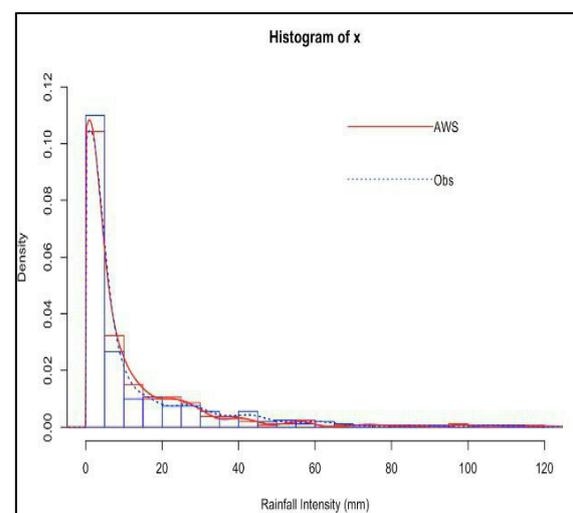
tidak cukup kuat (*range -1 s/d +1*); β_1 sebesar 0.2921 maka data AWS menaikkan data manual sebesar 0.2921; β_0 sebesar 25.54 maka data manual memiliki nilai ketergantungan yang hilang sebesar 25.54 mm dari data pengukuran AWS.



Gambar 15. Scatter Plot dan regresi data AWS dan manual untuk curah hujan lebat-sangat lebat

Pearson's correlation coefficient (r) data AWS dan manual curah hujan lebat-sangat lebat (Gambar 15) adalah 0.19 yang dapat dikatakan hubungan antar kedua variabel tidak cukup kuat (*range -1 s/d +1*); β_1 sebesar 0.1648 maka data AWS menaikkan data manual sebesar 0.1648 kali; β_0 sebesar 63.24 maka data manual memiliki nilai ketergantungan yang hilang sebesar 63.24 mm dari data pengukuran AWS.

Hasil perhitungan RMSE menunjukkan deviasi curah hujan “Ringan” AWS dengan manual adalah sebesar 5.1 mm, curah hujan “Sedang” sebesar 14.6 mm dan curah hujan “Lebat dan Sangat Lebat” sebesar 38.4 mm. Deviasi tersebut dapat dilihat juga pada histogram Gambar 16.



Gambar 16. Histogram dan kurva distribusi curah hujan harian AWS dan manual

Berdasarkan histogram pada Gambar 16 terlihat bahwa pengukuran manual lebih besar dari AWS, sehingga terdapat perbedaan antara data AWS dan pengukuran manual. Oleh karena itu, analisis bias data paralel diperlukan untuk data pengukuran AWS dan manual di Stasiun Klimatologi Mempawah.

Contingency Table. Setelah melakukan uji homogenitas dan penghitungan deviasi menggunakan metode RMSE, paralelisasi data pengukuran AWS dan manual perlu dilakukan validasi menggunakan tabel kontingensi (*contingency table*) yang selanjutnya dapat juga dianalisis melalui *boxplot* masing-masing unsur (suhu minimum harian, suhu maksimum harian, dan curah hujan).

Suhu minimum harian. Matriks kontingensi suhu minimum harian pengukuran AWS dan manual pada Tabel 6.

Tabel 6. Matriks kontingensi suhu minimum harian

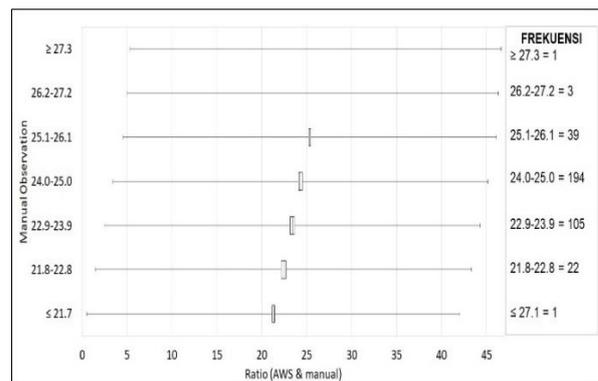
TABLE	manual							SUM	
	1	2	3	4	5	6	7		
A W S	1	0	0	0.55	0.55	0	0	0	1.10
	2	0	1.37	6.85	7.95	0.82	0	0	16.99
	3	0.27	3.01	15.6	26.8	6.03	0.27	0.27	52.33
	4	0	1.64	5.75	17	3.29	0.27	0	27.95
	5	0	0	0	0.82	0.55	0.27	0	1.64
	6	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0
SUM	0.27	6.03	28.8	53.2	10.7	0.82	0.27	100	

Pada matriks kontingensi tersebut menunjukkan nilai validitas pengukuran data melalui jumlah persentase diagonal (warna hijau). Pada matriks kontingensi suhu minimum harian ini menggunakan 7 klasifikasi suhu minimum ($^{\circ}\text{C}$), yaitu:

Klasifikasi	Kode
≤ 21.7	kode 1
21.8-22.8	kode 2
22.9-23.9	kode 3
24.0-25.0	kode 4
25.1-26.1	kode 5
26.2-27.2	kode 6
≥ 27.3	kode 7

Berdasarkan matriks kontingensi tersebut dapat pula diketahui bahwa ketepatan pengukuran AWS terhadap data manual adalah sebesar 34.5%, dengan persentase terbesar pada klasifikasi 24.0 - 25.0 $^{\circ}\text{C}$. Sehingga, pengamatan AWS belum optimal untuk menggantikan pengamatan manual.

Pada *boxplot* (Gambar 17), rasio pengukuran AWS dan manual menunjukkan frekuensi kejadian terbanyak adalah 24.0 - 25.0 $^{\circ}\text{C}$ sebanyak 194 kejadian.



Gambar 17. Boxplot rasio AWS dan manual suhu minimum harian

Suhu maksimum harian. Matriks kontingensi suhu maksimum harian pengukuran AWS dan manual pada Tabel 7.

Tabel 7. Matriks kontingensi suhu maximum harian

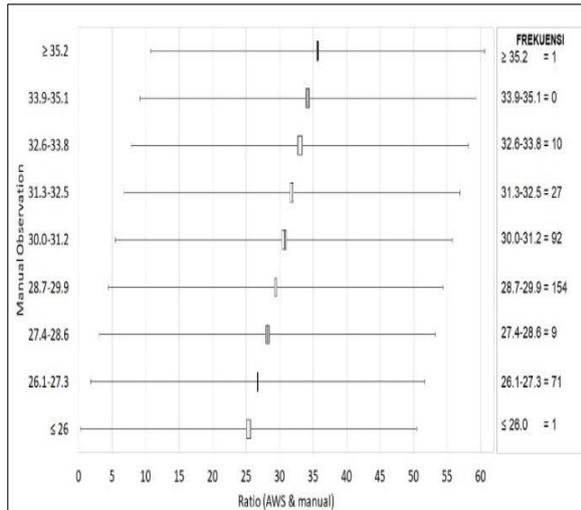
TABLE	manual									SUM	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
A W S	1	0	0	0	0.27	0.27	0	0	0	0.55	
	2	0	0	0	0	0.55	0.27	0	0	0.82	
	3	0	0	0	0	1.37	1.1	0	0	2.47	
	4	0	0	0.82	0.27	0.55	1.1	0	0.55	0	3.29
	5	0	0	0.55	2.47	5.21	6.03	0	2.19	0	16.4
	6	0.27	0	1.1	2.19	13.4	18.9	0.55	3.29	0	39.7
	7	0	0	0	0.55	0.27	3.01	0.55	4.11	0	8.49
	8	0	0	0.27	1.92	3.56	11.5	1.37	9.32	0	27.9
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0.27	0.27
SUM	0.27	0	2.74	7.4	25.2	42.2	2.47	19.5	0.27	100	

Pada matriks kontingensi tersebut menunjukkan nilai validitas pengukuran data melalui jumlah persentase diagonal (warna hijau). Pada matriks kontingensi suhu maksimum harian ini menggunakan 9 klasifikasi suhu maksimum ($^{\circ}\text{C}$), yaitu:

Klasifikasi	Kode
≤ 26.0	kode 1
26.1-27.3	kode 2
27.4-28.6	kode 3
28.7-29.9	kode 4
30.0-31.2	kode 5
31.3-32.5	kode 6
32.6-33.8	kode 7
33.9-35.1	kode 8

Berdasarkan matriks kontingensi tersebut dapat pula diketahui bahwa ketepatan pengukuran AWS terhadap data manual adalah sebesar 34.0%, dengan persentase terbesar pada klasifikasi 31.3 - 32.5 $^{\circ}\text{C}$. Sehingga, pengamatan AWS belum optimal untuk menggantikan pengamatan manual.

Pada *boxplot* (Gambar 18), rasio pengukuran AWS dan manual menunjukkan frekuensi kejadian terbanyak adalah 31.3 - 32.5 $^{\circ}\text{C}$ sebanyak 154 kejadian.



Gambar 18. *Boxplot* rasio AWS dan manual suhu maksimum harian

Tabel 8. Matriks kontingensi curah hujan

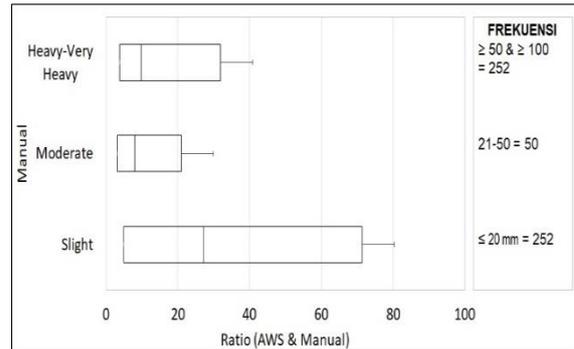
TABLE		manual			SUM
		1	2	3	
A W S	1	43.96	2.16	41.98	88.1
	2	1.26	6.49	1.44	9.19
	3	0.36	0.36	1.98	2.7
SUM		45.59	9.01	45.41	100

Curah hujan. Matriks kontingensi curah hujan pengukuran AWS dan manual pada Tabel 8. Pada matriks kontingensi tersebut menunjukkan nilai validitas pengukuran data melalui jumlah persentase diagonal (warna hijau). Pada matriks kontingensi curah hujan ini menggunakan 3 klasifikasi curah hujan (mm), yaitu :

Klasifikasi	Kode
Curah hujan ringan (<i>slight</i>) ≤ 20	Kode 1
Curah hujan sedang (<i>moderate</i>) 21-50	Kode 2
Curah hujan lebat-sangat lebat (<i>heavy-very heavy</i>) ≥ 50 dan ≥ 100	Kode 3

Berdasarkan matriks kontingensi tersebut dapat pula diketahui bahwa ketepatan pengukuran AWS terhadap data manual adalah sebesar 52.4%, dengan persentase terbesar pada klasifikasi curah hujan ringan.

Pada *boxplot* (Gambar 19), rasio pengukuran AWS dan manual menunjukkan frekuensi kejadian terbanyak adalah curah hujan ringan sebanyak 253 kejadian.



Gambar 19. *Boxplot* rasio AWS dan manual curah hujan

Tabel 9. Summary paralelisasi data AWS dan manual

Data	Levene	r	RMSE	Validity (contingency)
Tmin	0.430	0.21	1.22	34.5%
Tmax	0.177	0.33	1.69	34.0%
Slight Rain	0.272	0.54	5.1	52.4%
Mod Rain	0.377	0.38	14.6	
Heavy-Very Hvy Rain	0.507	0.19	38.4	

Dari hasil perhitungan sebagaimana telah tersaji, dapat dijelaskan melalui Tabel 9. Uji homogenitas yang diekspresikan dengan *Levene's test* menunjukkan *p-value* > 0.05 yang artinya data AWS dan manual untuk semua unsur adalah homogen.

Pearson's correlation coefficient (r) paling besar adalah pada data curah hujan ringan (0.54) sedangkan data yang lainnya < 0.50 yang berarti korelasi antara data AWS dan manual lemah. Untuk pengukuran curah hujan ringan, idealnya korelasinya akan lebih besar. Dalam penelitian Aldrian [5] digolongkan data pengukuran curah hujan saat musim kemarau dan musim hujan, korelasi lebih rendah saat musim hujan akibat adanya hujan lebat, hal ini sejalan dengan hasil korelasi pada penelitian kali ini yang mana korelasi saat hujan sedang-lebat lebih rendah.

Nilai RMSE suhu minimum harian dan suhu maksimum harian sebesar 1.22 °C dan 1.69 °C menunjukkan nilai *error* yang cukup besar. Sebagaimana tersaji dalam laporan IPCC ke 5 untuk Afrika [14], kenaikan suhu terbesar pada proyeksi suhu adalah 1.5-2.0 °C. Hal ini ditunjukkan pula oleh kecilnya persentase ketepatan pengukuran AWS dan manual pada matriks kontingensi sebesar

34.5% dan 34.0%. Nilai RMSE curah hujan dengan penggolongan kriteria curah hujan ringan, sedang dan lebat mendukung nilai ketepatan pengukuran (validitas = matriks kontingensi) AWS dan manual yang cukup besar, yaitu 52.4%. Pada nilai RMSE menunjukkan error yang relatif signifikan untuk curah hujan ringan, sedang, lebat dan sangat lebat.

Hal ini terlihat bertolak belakang dengan nilai persentase matriks kontingensi. Besarnya nilai persentase tersebut dipengaruhi oleh perbedaan frekuensi masing-masing kriteria, kriteria curah hujan ringan adalah yang paling tinggi dengan persentase 44.0%.

Dengan mempertimbangkan hasil analisis dan penelitian serupa, besarnya perbedaan atau error pada kedua jenis data pengamatan tersebut dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti kesalahan paralaks dan kondisi alat AWS (biasa terjadi pada unsur suhu udara), waktu pengamatan yang tidak tepat sama antara AWS dan manual, dan alat otomatis (AWS) kerap kehilangan pengukuran (*missing*) saat terjadi hujan sedang-lebat.

Pengukuran dengan menggunakan alat otomatis tingkat akurasi rendah sehingga pada saat hujan ringan curah hujan tidak terukur, sedangkan pada saat hujan lebat alat tersebut (*Tipping Bucket*) karena alat tersebut menggunakan prinsip kerja jungkat-jungkit sehingga tidak dapat mengukur semua butir hujan yang jatuh dengan tepat.

4. Kesimpulan

Alat pengamatan otomatis (AWS) belum memiliki kapasitas yang mampu untuk menggantikan pengamatan manual, oleh karenanya pengamatan otomatis dan manual idealnya berjalan secara paralel. Data pengukuran AWS dan manual untuk unsur suhu minimum harian, suhu maksimum harian, dan curah hujan adalah data yang homogen, dengan nilai $p\text{-value} > 0.05$.

Pearson's correlation coefficient (r) paling tinggi adalah curah hujan ringan (0.54) dan paling rendah adalah curah hujan lebat-sangat lebat (0.19). Nilai RMSE suhu minimum harian adalah 1.22 °C; suhu maksimum harian 1.69 °C; curah hujan ringan 5.1 mm; curah hujan sedang 14.6 mm; curah hujan lebat-sangat lebat 38.4 mm. (Akurasi) Ketepatan pengukuran AWS terhadap manual untuk unsur suhu minimum harian adalah 34.5%; suhu maksimum harian 34.0%; curah hujan 52.4%.

Saran. Kajian ini perlu dilanjutkan dengan perbandingan spontan dengan resolusi lebih tinggi, misalnya untuk unsur cuaca suhu perlu dilakukan perbandingan berdasarkan data sinoptik per-jam. Hal ini perlu dilakukan mengingat perhitungan rata-rata harian dengan rumus empiris data manual

dimungkinkan berbeda dengan data otomatis yang lebih kontinyu. Metode yang digunakan dalam penelitian ini juga pernah digunakan pada penelitian di lokasi lain, sehingga penggunaan metode dalam penelitian telah memadai jika digunakan di tempat lain.

Ucapan Terima Kasih. Kajian terkait paralelisasi data pengukuran AWS dan manual ini dapat tersaji secara baik dengan dukungan berbagai pihak, terutama tim *reviewer* atas koreksi yang membangun, terlebih lagi menambah wawasan penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] Wang Ying, Liu Xiaoning, Ju Xiaohui. "Differences between Automatic and Manual Meteorological Observation". TECO-2006 - WMO Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation. Geneva. 2006.
- [2] Wang Ying, Liu Xiaoning, Ren Zhihua. "Initial Analysis Of AWS-Observed Temperature". TECO-2006 - WMO Technical Conference on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation. Geneva. 2006.
- [3] R. N. B. Guttman. and C. B. Baker. "Exploratory analysis of the difference between temperature observations recorded by ASOS and conventional methods," Bull. Amer. Meteor. Soc., 1996(77): 2865-2873.
- [4] Brandsma, Theo. Parallel air temperature measurements at the KNMI-trrain in De Bilt (the Netherlands) May 2003-April 2005. Netherlands. 2011.
- [5] Aldrian, Edvin. "Perbandingan Data Pengamatan Parameter Meteorologi Antara Metode Manual dan Otomatis Melalui Otomatisasi Instrumen Cuaca dan Iklim Menggunakan Agroclimate Automatic Weather Station," Laporan Tahunan Hasil Penelitian Puslitbang 2014. Jakarta. 2014.
- [6] WMO. "Manual On The Globaldata-Processing System Volume I. Annex IV to the WMO Technical Regulations". Geneva. 1992.
- [7] D. Campbell and S. Campbell. Introduction to Regression and Data Analysis. Yale University. 2018.
- [8] Hall, G. "Pearson's correlation coefficient". Internet : http://www.hep.ph.ic.ac.uk/~hall/UG_2015/Pearsons.pdf, diakses 8 Januari 2018
- [9] Tianfeng Chai and Roland R. Draxler. Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)?-Arguments against avoiding RMSE in the literature. USA. 2014.

- [10] P.W. Chan and C. M. Shun. Comparison of manual observations and instrumental readings of visibility at the Hong Kong International Airport. Hong Kong. 2007.
- [11] Sari A.Q, Sukestiyarno Y.L., & Agoestanto A. "Batasan Prasyarat Uji Normalitas dan Uji Homogenitas pada Model Regresi Linear," Unnes Journal of Mathematics, 6(2): 168-177. 2017.
- [12] IPCC. "The IPCC's Fifth Assessment Report |What's in it for Africa?". 2014.