

Received: 18 January 2023

Revised: 16 June 2023

Accepted: 27 June 2023

Published: 30 June 2023

Model Hibrid Harmonik, ARMA dan *Outlier* Curah Hujan di Surabaya, Malang dan Banyuwangi

Heni Kusdarwati^{1, a)}, Achmad Efendi^{2, b)}, Luthfatul Amaliana^{3, c)}

^{1,2,3}Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya Malang

Email: ^{a)}hkusdarwati@ub.ac.id, ^{b)}a_efendi@ub.ac.id, ^{c)}luthfatul@ub.ac.id

Abstract

The main factors affecting the climate in Indonesia are Monsoons, El Nino Southern Oscillation (ENSO) and sunspot cycles. Another influence is local characteristics, namely the geography and topography of each region. The harmonic model is an applied statistical model of Fourier series analysis. Because the harmonic model is a deterministic model with residuals that often still have autocorrelation, it is necessary to add a stochastic Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) model. With the existence of 3 main factors that influence the climate in Indonesia with different seasonal periods, plus local influences, the bulk modeling with seasonal ARIMA, double S ARIMA is not enough so that a combination of harmonics, ARMA and Additive Outliers (AO) appears. The purpose of this study is to find the periodicity of rainfall and model rainfall time series data with hybrid harmonics, ARMA outliers. Periodogram analysis of monthly rainfall data for three cities in East Java shows a 1-year seasonal return period influenced by monsoons, an 11-year return period influenced by sunspots that cannot be detected. The monthly rainfall model for Surabaya is the 2nd order harmonic hybrid model, ARMA([1,9,11],0,0) and the outlier type AOI_t^{77} , for Banyuwangi is the 1st order harmonic hybrid model, ARMA (1,0,0) and 2 outliers of type AOI_t^{54} , AOI_t^{55} , and for Malang are first order harmonic hybrid models, ARMA([6,7],0,0) and outliers of type AOI_t^{14} . First order harmonic hybrid models, ARMA and outlier are better than ARIMA and outlier models.

Keywords: Monsoon, ENSO, sunspot, harmonics, ARMA and outliers.

Abstrak

Faktor utama yang memengaruhi iklim di Indonesia adalah Monsun, *El Nino Southern Oscillation* (ENSO) dan siklus bintik matahari (*sunspot*). Pengaruh lainnya karakteristik lokal yaitu geografis dan topografis masing-masing daerah. Model harmonik adalah model statistika terapan dari analisis deret Fourier. Karena model harmonik adalah model deterministik dengan sisaan yang sering masih ada autokorelasi maka perlu penambahan model stokastik *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Dengan adanya 3 faktor utama yang memengaruhi iklim di Indonesia

dengan periode musiman yang berbeda-beda, ditambah pengaruh lokal maka pemodelan curah dengan *Seasonal ARIMA*, *Double S ARIMA* tidaklah cukup sehingga muncul penggabungan antara harmonik, ARMA dan *Additive Outlier* (AO). Tujuan dari penelitian ini adalah mencari periodisitas curah hujan dan memodelkan data deret waktu curah hujan dengan *hybrid* harmonik, ARMA *outlier*. Analisis periodogram data curah hujan bulanan tiga kota di Jawa Timur didapatkan periode ulang musim 1 tahun yang dipengaruhi oleh Monsun, periode ulang tahun yang dipengaruhi oleh ENSO tidak terlihat dan periode ulang 11 tahun yang dipengaruhi *sunspot* juga tidak dapat terdeteksi. Model curah hujan bulanan untuk Surabaya adalah model hibrid harmonik orde 2, ARMA $([1,9,11],0,0)$ dan *outlier* tipe AOI_t^{77} , untuk Banyuwangi adalah model hibrid harmonik orde 1, ARMA $(1,0,0)$ dan 2 *outlier* tipe AOI_t^{54} , AOI_t^{55} , dan untuk Malang adalah model hibrid harmonik orde 1, ARMA $([6,7],0,0)$ dan *outlier* tipe AOI_t^{14} . Model Hibrid Harmonik orde 1, ARMA dan *outlier* lebih baik dari model ARIMA dan *Outlier*.

Kata-kata kunci: Monsun, ENSO, sunspot, harmonik, ARMA, outlier.

PENDAHULUAN

Hujan merupakan salah satu indikator klimatologi yang penting dan berhubungan dengan berbagai aktifitas kehidupan misalkan pola tanam, irigasi dan perhubungan. Faktor utama yang memengaruhi iklim di Indonesia adalah pertama Monsun, kedua adalah *El Nino Southern Oscillation* (ENSO) dan ketiga adalah bintang matahari (*sunspot*) (Sitompul dan Nurjani, 2011; Basyaruddin dan Effendy, 2007). Monsun memengaruhi iklim Indonesia melalui pergerakan titik kulminasi matahari yang mengakibatkan Indonesia mengalami dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau dengan periode musim satu tahun. Korelasi terendah untuk Jawa, Sumatera, dan Kalimantan adalah monsun Australia (100° E– 130° BT dan 5° S– 15° S) dengan prediktor Phi. Secara umum, korelasi pola spasial Pulau Jawa lebih tinggi dari yang lain, sesuai dengan tipe curah hujan monsun yang dominan di wilayah tersebut, (Wati et al., 2023). ENSO merupakan sebuah interaksi laut dan atmosfer yang berpusat di wilayah ekuator Samudra Pasifik yang menyebabkan anomaly iklim global dan menyebabkan tiga fenomena iklim yaitu normal, El Nino dan La Nina. Kemunculan El Nino dan La Nina memiliki periode ulang berbeda beda (Utami et al., 2011; Sitompul dan Nurjani, 2011). Curah hujan di Indonesia juga dipengaruhi siklus bintang matahari (*sunspot*), dengan periode ulang 11 tahun (Basyaruddin dan Effendy, 2007).

Model harmonik adalah model statistika terapan dari analisis deret Fourier. Jika digunakan model harmonik orde maksimum $(n/2)$ maka akan menghasilkan koefisien determinasi 100%. Penggunaan orde maksimum tanpa melihat periodisitas yang nyata tentunya menjadikan persamaan sangat panjang. Pemilihan berapa periode ulang yang nyata yang disebut sebagai analisis periodogram. Periode ulang musiman atau siklus dapat diketahui dengan analisis periodogram (Kokoszka and Mikoschb, 2000). Daerah selatan Jatiluhur Subang hanya mempunyai periodisitas satu tahun (Susilokarti et al., 2016). Jika satu daerah hanya memiliki satu periodisitas misalkan periode ulang 1 tahun maka pemodelan curah hujan dapat dimodelkan dengan harmonik orde satu atau S ARIMA (Caraka et al., 2019). Jika satu daerah memiliki dua periodisitas misalkan periode ulang 1 tahun dan 5 tahun maka pemodelan curah hujan dapat dimodelkan dengan harmonik orde dua atau *double S ARIMA* (Mohamed et al., 2011). Model *double S ARIMA* yang ada masih sampai dobel dua. Jika satu daerah memiliki tiga periodisitas misalkan periode ulang 1 tahun, 5 tahun dan 11 tahun maka pemodelan curah hujan dapat dimodelkan dengan harmonik orde tiga ditambah model ARIMA. Berdasarkan dekomposisi Wold's data deret waktu unsur deterministik dan stokastik. Model harmonik adalah model deterministik dimana sisaannya sering tidak memenuhi asumsi bebas autokorelasi sisaan dan model S ARIMA adalah model stokastik yang mampu memodelkan sifat autokorelasi.

Dengan adanya 3 faktor utama yang memengaruhi iklim di Indonesia dengan periode musiman yang berbeda-beda, pemodelan curah dengan S ARIMA, *double S ARIMA* tidaklah cukup sehingga dimunculkan penggabungan antara model harmonik dan ARMA (Wei, 2006; Kusdarwati et al., 2022). Karena adanya anomali cuaca maka dalam model tersebut juga akan didekati dengan penambahan model pencila tipe *Additive Outlier* (AO) (Cryer dan Chan, 2008). Tujuan dari penelitian ini adalah mencari

periodesitas curah hujan dan memodelkan data deret waktu curah hujan di Surabaya, Malang dan Banyuwangi dengan hybrid harmonik, ARMA *outlier*.

METODOLOGI

Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data curah hujan bulanan di tiga kabupaten/kota di Jawa Timur yaitu Surabaya, Malang dan Banyuwangi. Data curah hujan bulanan Surabaya dan Banyuwangi ini mencakup data harian tanggal 1 Januari 2010 sampai dengan 31 Desember 2020 bersumber dari *website* resmi BMKG. Data curah hujan bulanan Malang dari bulan Januari 2015 sampai Desember 2020 bersumber dari BPS Malang.

Metode Penelitian

Langkah langkah dalam penelitian ini adalah

1. Analisis periodesitas. Menghitung periodogram dan menguji k periodesitas yang nyata.
2. Membentuk model harmonik. Berdasarkan banyaknya k periodesitas yang nyata maka dibentuk model harmonik orde k .
3. Membentuk model ARMA *outlier*. Dihitung sisaan model harmonik orde k . Dari sisaan model harmonik dimodelkan dengan ARMA dan dilakukan deteksi *outlier* AO.
4. Menggabungkan model harmonik dan model ARMA *outlier*.

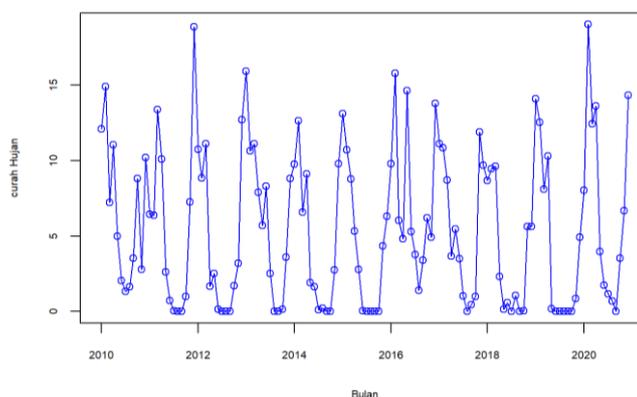
Pemodelan hibrid harmonik, ARMA dan *ourlier* dilakukan dengan menggunakan bantuan *RStudio*. Langkah pemodelan harmonik, ARMA dan *ourlier* merujuk pada Cryer (2008) dan Kusdarwati (2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Periodogram

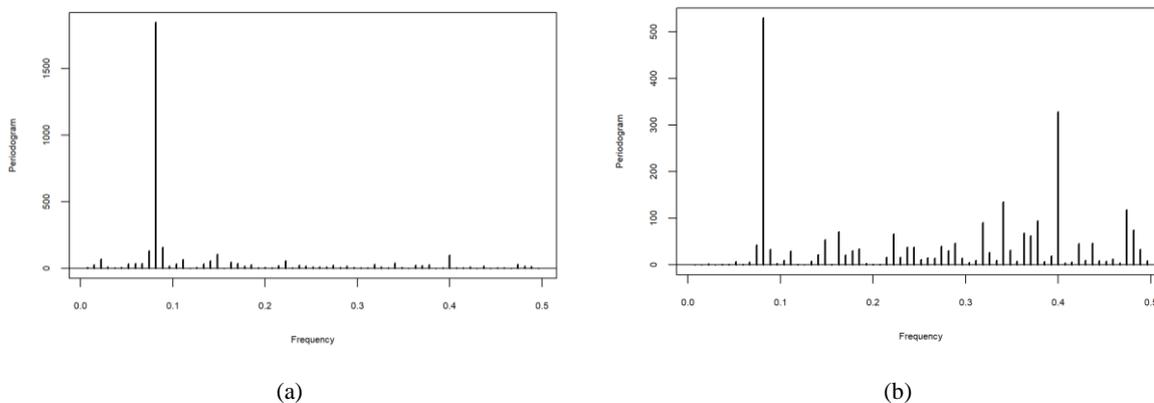
Plot data deret waktu dapat dipergunakan untuk melihat pola musiman. Analisis periodesitas akan sangat membantu untuk mengidentifikasi periode ulang jika ada musiman atau pola siklus yang tersembunyi.

Plot data curah hujan bulanan kota Surabaya di GAMBAR 1. Terlihat jelas ada musiman satu tahu yang dipengaruhi Monsun. Musim hujan terpanjang ada di tahun 2017 dengan curah hujan maksimum di bulan Februari 2020 sebesar 19.032 mm. Musim kemarau terpanjang ada di tahun 2019. Periode ulang lebih dari satu tahun dan *outlier* tidak terlihat jelas sehingga perlu dilakukan analisis periodogram dan deteksi *outlier*.



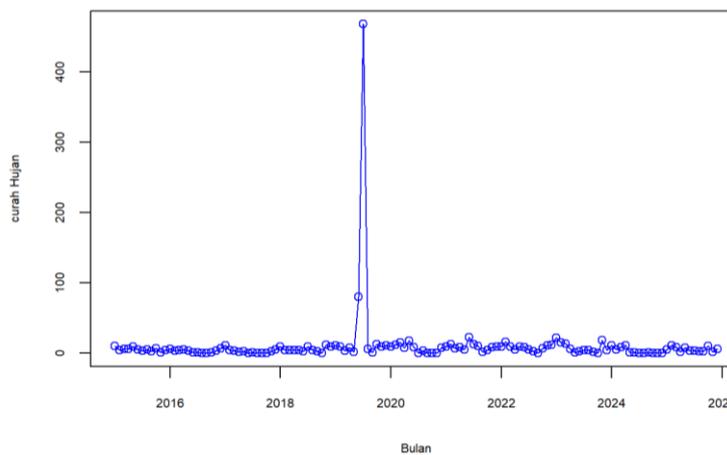
GAMBAR 1. Plot data curah hujan bulanan (mm) Kota Surabaya

Periodogram curah hujan bulanan (mm) kota Surabaya di GAMBAR 2. Terdapat satu dengan periode 1 tahun . Dilakukan differensi pada lag 12 untuk mengetahui periodesitas tersembunyi dan masih didapatkan periode 1 tahun, yang dipengaruhi Monsun. Pengaruh ENSO dan *sunspot* tidak terlihat di periodogram.



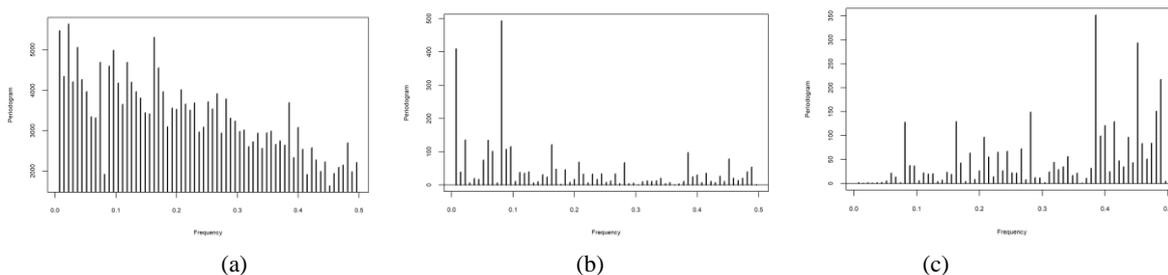
GAMBAR 2. Periodogram curah hujan Surabaya dari (a) Y_t dan (b) $(Y_t - Y_{t-12})$

Plot data curah hujan bulanan kota Banyuwangi di GAMBAR 3. Tidak begitu jelas ada pola musiman satu tahu karena ada pencilan yang tinggi sekali yaitu pada Juni sebesar 80.32mm dan Juli sebesar 468.08 mm tahun 2014 yang kemungkinan disebabkan badai dari pengaruh global.



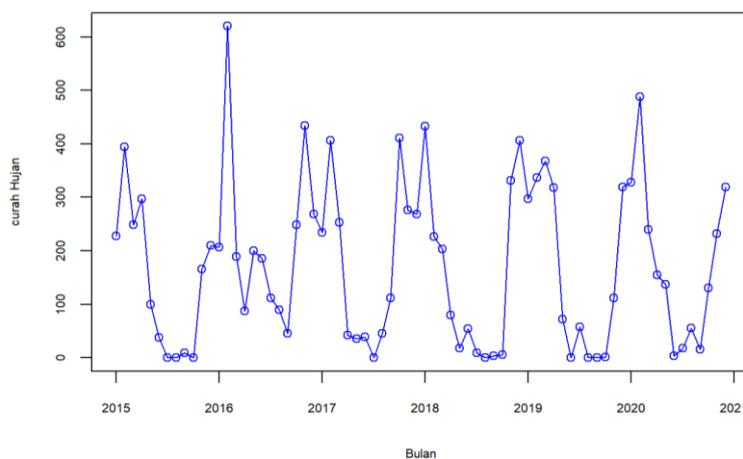
GAMBAR 3. Plot data curah hujan bulanan (mm) kota Banyuwangi

Periodogram curah hujan bulanan (mm) kota Banyuwangi di GAMBAR 4.a dengan pola turun eksponensial yang merupakan karakteristik dari model stasioner ARMA dan tidak ada periodogram yang menonjol berbeda nyata. Pola musiman tidak jelas terlihat karena adanya pengaruh *outlier* yang sangat besar. Jika dilakukan modifikasi dimana nilai pada *outlier* diperkecil dan hasil periodogram modifikasi baru akan terlihat periode ulang satu tahun dan 11 tahun di GAMBAR 4.b. Kemunculan periode 11 tahun tersebut juga disebabkan adanya pencilan yang dianggap seperti hanya satu gelombang *cosinus*. Dilakukan differensi pada lag 12 untuk mengetahui periodesitas tersembunyi dan didapatkan periodogram di GAMBAR 4.c Terlihat periode 1 tahun walaupun pengaruhnya tidak menonjol.



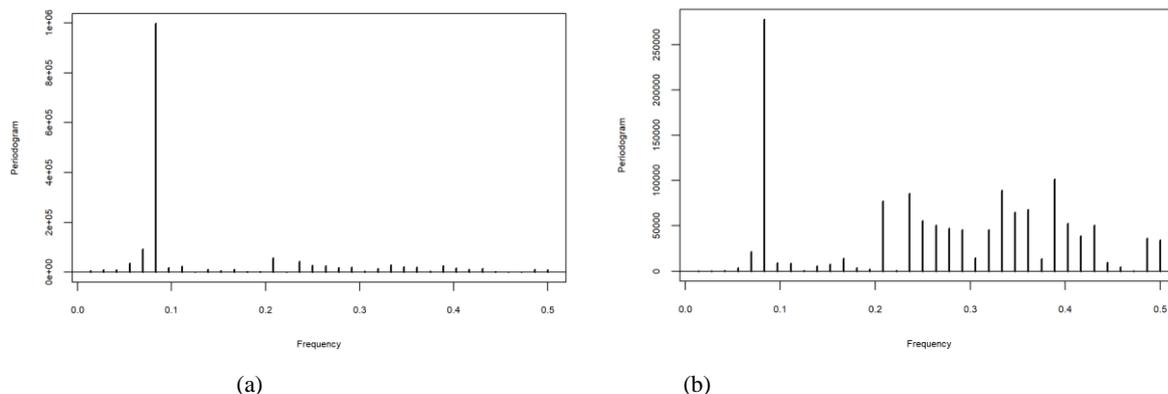
GAMBAR 4. (a) Periodogram data curah hujan dari Y_t , (b) modifikasi dan (c) diff 12 modifikasi

Plot data curah hujan bulanan kota Malang di GAMBAR 5. Terlihat jelas ada musiman satu tahun yang dipengaruhi Monsun. Musim hujan terpanjang ada di tahun 2016 dengan curah hujan maksimum di bulan Februari 2016 sebesar 434 mm. Musim kemarau terpanjang ada di tahun 2019.



GAMBAR 5. Plot data curah hujan bulanan (mm) kota Malang

Periodogram curah hujan bulanan (mm) kota Malang di GAMBAR 6. Terdapat satu dengan periode satu tahun yang dipengaruhi Monsun. Dilakukan differensi pada lag 12 untuk mengetahui periodesitas tersembunyi dan didapatkan periodesitas dengan periode ulang 1 tahun.



GAMBAR 6. Periodogram data curah hujan Malang (a) Y_t dan (b) $(Y_t - Y_{t-12})$

Berdasarkan analisis periodogram data curah hujan bulanan di tiga kota didapatkan periode ulang musim 1 tahun yang dipengaruhi oleh Monsun, periode ulang tahun yang dipengaruhi oleh ENSO tidak terlihat dan periode ulang 11 tahun yang dipengaruhi *sunspot* tidak dapat terdeteksi karena data curah hujan bulanan yang dipergunakan kurang panjang. Penelitian Sitompul dan Nurjani (2011) pengaruh ENSO menggunakan data selama 45 tahun (1960-2004). Penelitian siklus bintik matahari (*sunspot*), dengan periode ulang 11 tahun, Basyaruddin dan Effendy (2007) menggunakan data selama 25 tahun (1980-2004). Semua wilayah dipengaruhi musim 1 tahun. Hasil analisis periodesitas terhadap data curah hujan diringkas di TABEL 1.

TABEL 1. Karakteristik periode ulang curah hujan tiga kota di Jawa Timur

Kabupaten/Kota	Periode ulang (tahun)		
	Monsun	ENSO	<i>Sunspot</i>
Surabaya	1	-	-
Banyuwangi	1	-	-
Malang	1	-	-

Model Hibrid Harmonik ARMA *Outlier*

Pemodelan Hibrid Harmonik ARMA *outlier* dimulai dengan analisis periodesitas. Periode ulang yang ada dari TABEL 1 akan membantu dalam menentukan banyaknya harmonik yang akan dipergunakan dalam model dan dicoba dilakukan penambahan satu orde. Sisaan dari model harmonik dimodelkan dengan ARMA dan dilakukan deteksi *outlier* tipe AO. Model ARMA pengaruh karakteristik wilayah dan pencilaan AO pengaruh dari anomaly cuaca. Dilakukan penggabungan model harmonik, ARMA dan *outlier* AO.

Surabaya

Pemodelan harmonik terbaik adalah orde dua dengan dua fungsi cos. Parameter harmonik satu keduanya nyata dan parameter sin harmonik dua tidak nyata.

Dari ACF dan PACF sisaan model harmonik dilakukan identifikasi model AR(1) special atau ARMA([1,9,11],0,0). Pendugaan parameter model AR(1) special nyata. AR special lag 11 menandakan bahwa model harmonik setara dengan S ARIMA aditif.

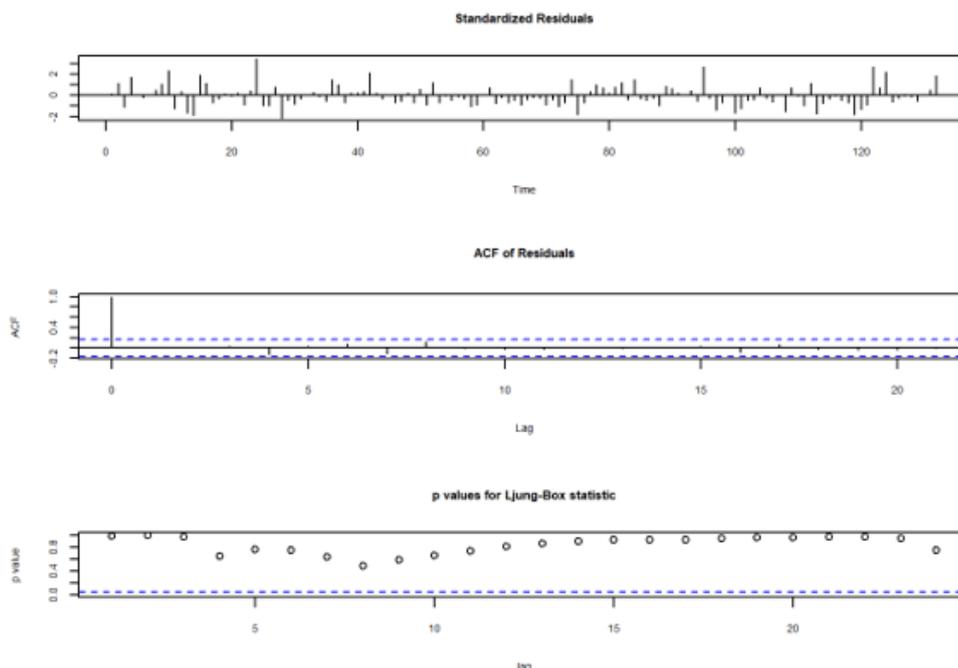
Model hibrid harmonik orde 2 dan ARMA([1,9,11],0,0) Kota Surabaya:

$$Y_t = 5.4336 + 5.3200 \cos(2\pi ft) + 2.2779 \sin(2\pi ft) + 0.9196 \cos(4\pi ft) + 0.1257 \sin(4\pi ft) + 0.1272Y_{t-1} - 0.1363Y_{t-9} - 0.1778Y_{t-11} + e_t \tag{1}$$

Pedektersian *outlier* didapatkan hasil satu *outlier* tipe AO pada pengamatan ke 77 yaitu pada Mei 2015. Model hibrid harmonik orde 2, ARMA([1,9,11],0,0) dan *outlier* tipe AO kota Surabaya adalah:

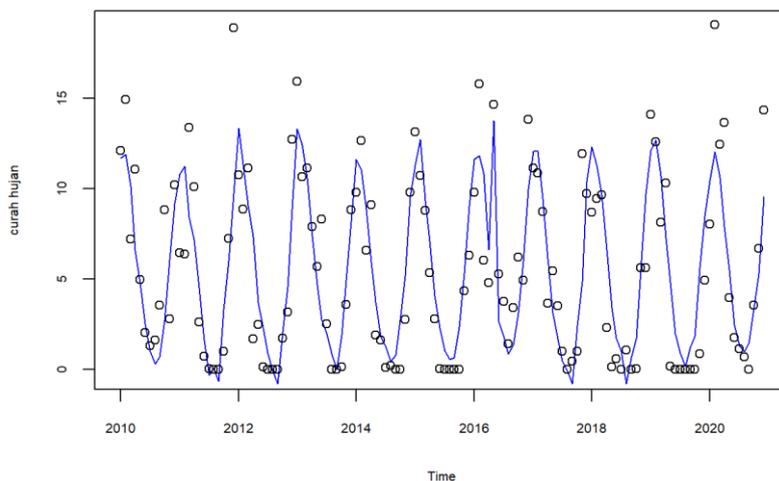
$$Y_t = 5.4336 + 5.3200 \cos(2\pi ft) + 2.2779 \sin(2\pi ft) + 0.9196 \cos(4\pi ft) + 0.1257 \sin(4\pi ft) + 0.1435Y_{t-1} - 0.1481Y_{t-9} - 0.1393Y_{t-11} + 9.5072I_t^{77} + e_t \tag{2}$$

Dianostik model dilakukan dengan menghitung standarisasi sisaan, ACF sisaan dan *p value* dari statistic Ljung Box. Standarisasi sisaan dalam kisaran $-2 < \check{e}_t < 2$. ACF sisaan bersifat *white noise* dan *p-value* dari statistic Ljung Box > 0.05 menunjukkan model layak dipergunakan, GAMBAR 7.



GAMBAR 7. Standarisasi sisaan, ACF sisaan dan *p value* dari statistic Ljung Box

Plot kesesuaian antara data curah hujan (lingkaran) dan nilai duga dari model di GAMBAR 8. Plot kesesuaian antara data curah hujan dan nilai duga dari model sudah baik karena sudah menunjukkan pola musiman, pengaruh stokastik dan outlier. Model sudah dapat menjangkau nilai curah hujan rendah tetapi belum mampu menjangkau nilai curah hujan yang tinggi.



GAMBAR 8. Plot data curah hujan dan nilai duga model

Banyuwangi

Pemodelan harmonik dengan satu fungsi cos menunjukkan parameter intersep nyata dan parameter cos, sin yang tidak nyata karena pengaruh outlier yang sangat besar sehingga gelombang cos gagal dibentuk.

Dari ACF dan PACF sisaan model harmonik diidentifikasi model AR(1). Dilakukan pendugaan model AR(1) dan didapatkan hasil parameter duga nyata.

Model hibrid harmonik orde 1 dan ARMA (1,0,0) daerah Banyuwangi adalah

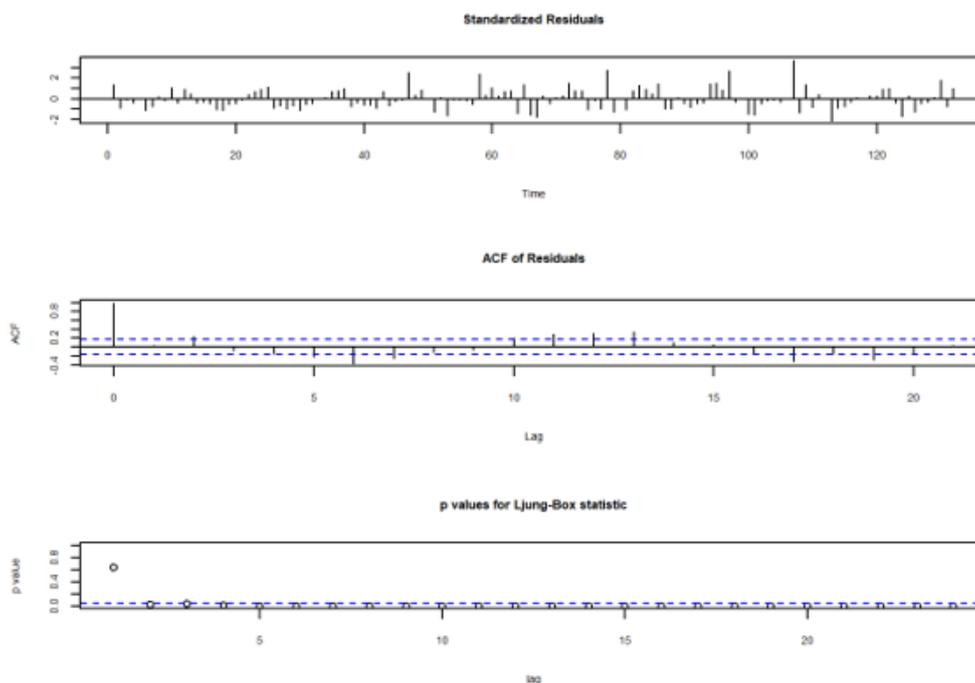
$$Y_t = 6.1021 - 5.486 \cos(2\pi ft) + 2.091 \sin(2\pi ft) + 0.1421Y_{t-1} + e_t \tag{3}$$

Pedekteksian *outlier* didapatkan satu outlier tipe AO pada pengamatan ke 54 dan 55 yaitu pada Juni dan Juli 2014. Model hibrid harmonik orde 1, ARMA (1,0,0) dan 2 *Outlier* tipe AO daerah Banyuwangi adalah

$$Y_t = 6.1021 - 5.486 \cos(2\pi ft) + 2.091 \sin(2\pi ft) + 0.6776Y_{t-1} + 74.8310I_t^{54} + 461.3980I_t^{55} + e_t \tag{4}$$

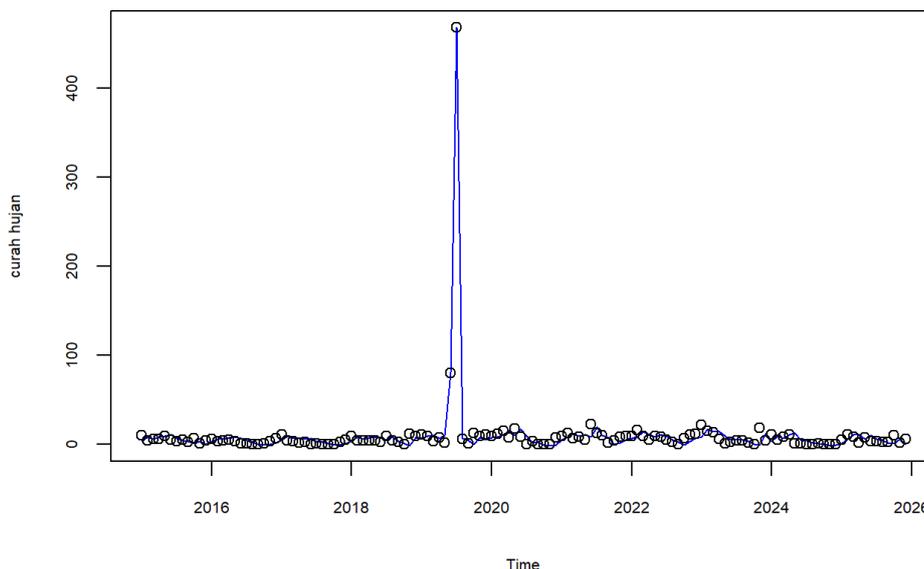
Model hibrid harmonik orde 1, ARMA (1,0,0) setara dengan S ARIMA (1,0,0)(0,1,0) atau S ARIMA (1,0,0)(1,0,0).

Dianostik model dilakukan dengan menghitung standarisasi sisaan, ACF sisaan dan *p value* dari statistic Ljung Box di GAMBAR 9. Standarisasi sisaan dalam kisaran $-2 < \check{e}_t < 3.5$. ACF sisaan belum bersifat *white noise* karena masih nyata pada lag 11,12 dan 13 yang menandakan masih adanya pola musiman dan *p value* dari statistic Ljung Box < 0.05 menunjukkan model belum layak dipergunakan, karena parameter model harmonik tidak nyata.



GAMBAR 9. Standarisasi sisaan, ACF sisaan dan *p value* dari statistic Ljung Box

Plot kesesuaian antara data curah hujan (lingkaran) dan nilai duga dari model di GAMBAR 10. Plot kesesuaian antara data curah hujan dan nilai duga dari model sudah baik karena sudah menunjukkan pola musiman, pengaruh stokastik dan *outlier*.



GAMBAR 10. Plot data curah hujan dan nilai duga dari model (lingkaran)

Malang

Pemodelan harmonik dengan dua fungsi cos menunjukkan harmonik ke dua tidak nyata yang kemungkinan disebabkan faktor daerah sehingga pengaruh ENSO dapat diredam sehingga model harmonik terbaik adalah dengan satu fungsi cos.

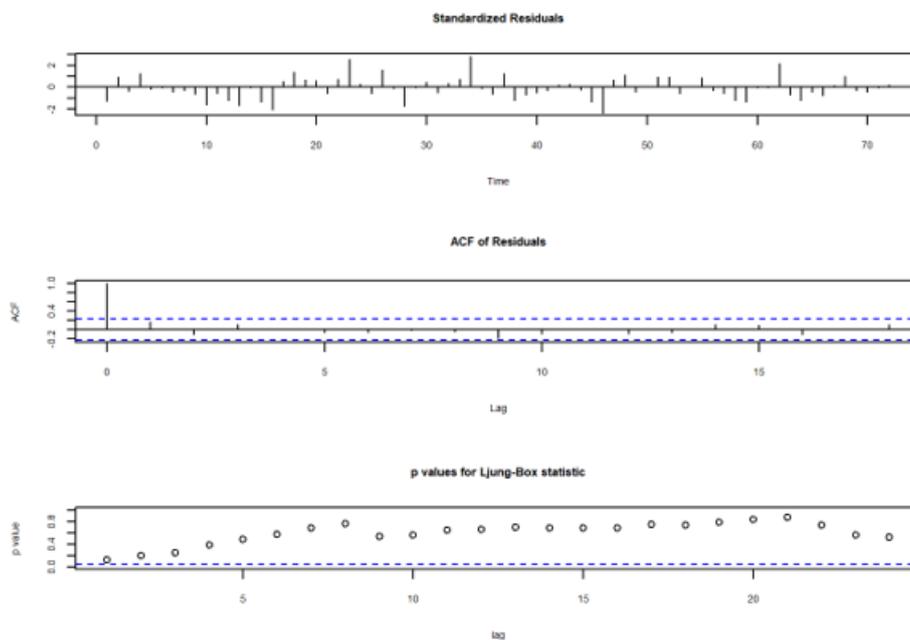
Dari ACF dan PACF sisaan harmonik diidentifikasi model ARMA spesial([6,7],0,0) dan dilakukan pendugaan model model AR(1) dan didapatkan hasil parameter duga nyata. Model hibrid harmonik orde 1 dan ARMA([6,7],0,0) daerah Malang adalah:

$$Y_t = 170.40 + 164.72 \cos(2\pi ft) + 24.11 \sin(2\pi ft) + - 0.2067Y_{t-6} - 0.2317Y_{t-7} + e_t \tag{5}$$

Pedektorsian outlier didapatkan satu outlier tipe AO pada pengamatan ke 14 yaitu pada Februari 2015. Model hibrid harmonik orde 1, ARMA([6,7],0,0) dan Outlier tipe AO daerah Malang adalah:

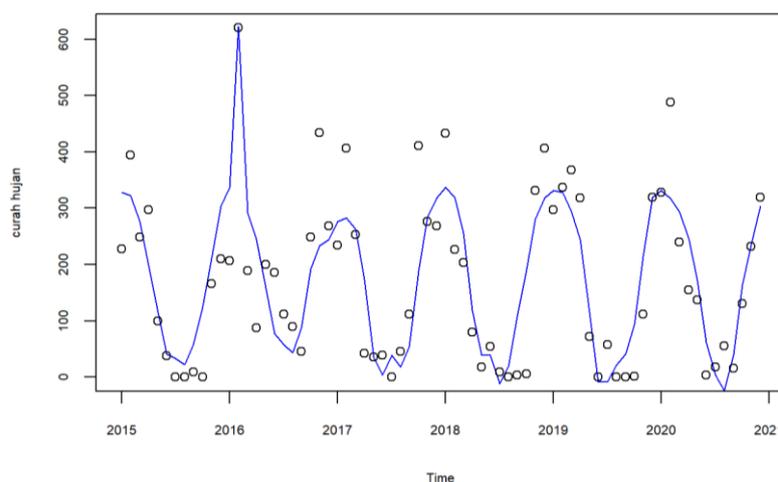
$$Y_t = 170.40 + 164.72 \cos(2\pi ft) + 24.11 \sin(2\pi ft) + - 0.25197Y_{t-6} - 0.2212Y_{t-7} + 291.9730I_t^{14} + e_t \tag{6}$$

Diagnostik model dilakukan dengan menghitung standarisasi sisaan, ACF sisaan dan p value dari statistic Ljung Box. Standarisasi sisaan dalam kisaran $-2 < \check{e}_t < 3$. ACF sisaan bersifat white noise dan p value dari statistic Ljung Box > 0.05 menunjukkan model layak dipergunakan GAMBAR 11.



GAMBAR 11. Standarisasi sisaan, ACF sisaan dan *p value* dari statistic Ljung Box

Plot kesesuaian antara data curah hujan (lingkaran) dan nilai estimasi dari model di GAMBAR 12. Plot kesesuaian antara data curah hujan dan nilai duga dari model sudah baik karena sudah menunjukkan pola musiman, pengaruh stokastik dan *outlier*.



GAMBAR 12. Plot data curah hujan dan nilai duga dari model

Data deret waktu dengan pola musiman dapat juga dimodelkan dengan S ARIMA. Karena model hibrid harmonik ARMA *outlier* daerah Banyuwangi tidak layak maka dari data curah hujan bulanan juga dimodelkan dengan model S ARIMA dan akan dilakukan kesetaraan model TABEL 2 dan dibandingkan kebaikan model dengan melihat AIC sisaan model TABEL 3. Karena data deret waktu pada pemodelan Hibrid Harmonik ARMA *Outlier* tidak dilakukan tranformasi data deret waktu maka pada pemodelan S ARMA juga tidak dilakukan tranformasi.

Kesetaraan model Hibrid Harmonik ARMA Outlier dan S ARIMA ditampilkan di TABEL 2.

TABEL 2. Orde Harmonik ARMA model curah hujan

Kabupaten/Kota	Orde	
	Harmonik, ARMA, Outlier	S ARIMA Outlier
Surabaya	(2); ([1,9,11],0,0); AOI_t^{77}	(1,0,0)(1,1,0)
Banyuwangi	(1); (1,0,0) ; AOI_t^{54}, AOI_t^{55}	(0,0,0)(1,0,0) ; AOI_t^{54}, AOI_t^{55}
Malang	(1); ([6,7],0,0) ; AOI_t^{14}	([1,2,5,6],0,0)(0,1,0)

Semua model hibrid harmonik ARMA outlier dapat mendeteksi outlier adanya dan hanya satu model S ARIMA yang menghasilkan dapat mendeteksi outlier. Model harmonik setara dengan S ARIMA aditif. Jika ada satu pola musiman maka pola tersebut akan diwakili model harmonik orde 1 dan setara dengan orde P=1 atau D=1 pada model S ARIMA. Orde P=1 setara dengan ΦY_{t-12} atau D=1 setara dengan $(1 - B^{12})$ yang keduanya dapat mewakili musiman periode 1 tahun. Jika ada dua pola maka pola musiman tersebut akan diwakili harmonik orde 2 dan setara dengan orde P=1 dan D=1. Perkalian antara orde tersebut adalah $\Phi Y_{t-12}(1 - B^{12}) = \Phi Y_{t-12} - \Phi Y_{t-24}$. Deret waktu lag 12 (Y_{t-12}) mewakili musiman periode 1 tahun dan Y_{t-24} mewakili musiman periode 2 tahun. Jika periode musiman ada tiga atau empat masih dapat terwakili dengan double S ARIMA, tetapi jika lebih dari 4 maka hanya model hibrid harmonik ARMA yang dapat dipergunakan.

Perbandingan kebaikan model hibrid harmonik ARMA outlier dan S ARIMA dengan membandingkan nilai AIC antara kedua model didapatkan TABEL 3.

TABEL 3. Perbandingan AIC model hibrid harmonik ARMA outlier dengan S ARIMA Outlier

Kabupaten/Kota	AIC	
	Hibrid Harmonik ARMA Outlier	S ARIMA Outlier
Surabaya	636.36	656.15
Banyuwangi	818.8	762.9
Malang	838.54	885.77

AIC model hibrid harmonik ARMA Outlier daerah Surabaya dan Malang lebih kecil. Daerah Banyuwangi mempunyai AIC lebih besar karena besarnya nilai outlier yang sangat besar sehingga didapatkan model harmonik orde satu dengan nilai parameter duga tidak nyata.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Analisis periodogram data curah hujan bulanan di Surabaya, Malang dan Banyuwangi didapatkan periode ulang musim 1 tahun yang dipengaruhi oleh Monsun, periode ulang tahun yang dipengaruhi oleh ENSO tidak terlihat dan periode ulang 11 tahun yang dipengaruhi sunspot juga tidak dapat terdeteksi.

Model curah hujan bulanan untuk Surabaya adalah model hibrid harmonik orde 2, ARMA([1,9,11],0,0) dan outlier tipe AOI_t^{77} , model untuk Banyuwangi adalah model hibrid harmonik orde 1, ARMA (1,0,0) dan 2 outlier tipe AOI_t^{54}, AOI_t^{55} , model untuk Malang adalah model hibrid harmonik orde 1, ARMA ([6,7],0,0) dan outlier tipe AOI_t^{14} . Model hibrid harmonik orde 1, ARMA dan outlier lebih baik dari model ARIMA dan outlier.

Saran

Perlu dilakukan simulasi S ARMA ganda untuk dibandingkan dengan orde harmonik tiga untuk daerah yang mempunyai periode musim lebih dari tiga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan ini didanai oleh dana (DIPA BLU) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam melalui hibah penelitian DPP/SPP tahun 2021, Nomor: 1529 /UN10.F09/ PN/2021.

REFERENSI

- Basyaruddin1 dan S.Effendy. (2007). Keterkaitan Cuaca di Indonesia dengan Fenomena Bintik Matahari (Sunspot). *J.Agromet Indonesia* 21(1):36-46
- Caraka,R.E. , S. A. Bakar and M.Tahmid, (2019). *Rainfall Forecasting Multi Kernel Support Vector Regression Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (MKSVR-SARIMA)*. AIP Conference Proceedings 2111, 020014 (2019)
- Cryer, J. D. and Chan, K. S. 2008. *Time series Analysis with Application in R Second Edition*. USA. Springer.
- Kokoszkaa, P. and T. Mikoschb. (2000). *The Periodogram at the Fourier Frequencies*. Stochastic Processes and their Applications 86 (2000) 49-79. Elsevier
- Kusdarwati, H. U. Effendi dan S. Handoyo. 2022. Analisis Data Deret Waktu Univariat Linier. Teori dan terapannya dengan RStudio. UB Press. Malang.
- Mohamed, N M. H. Ahmad, Suhartono and Z. Ismail. (2011). *Improving Short Term Load Forecasting Using Double Seasonal Arima Model*. World Applied Sciences Journal 15 (2): 223-231, 2011. ISSN 1818-4952. © IDOSI Publications, 2011
- Sitompul, Z. dan E. Nurjani. (2011). Pengaruh El Nino Southern Oscillation (ENSO) Terhadap Curah Hujan Musiman dan Tahunan di Indonesia. (Diakses dari <https://media.neliti.com/media/publications/77463-ID-none.pdf> pada tanggal 19 Maret 2021.)
- Susilokarti, D, S. S. Arif, S. Susanto dan L. Sutiarmo. (2016). Analisis Spektral dalam Penentuan Periodositas Siklus Curah Hujan di Wilayah Selatan Jatiluhur, Subang, Jawa Barat. AGRITECH, Vol. 36, No. 1, Februari 2016
- Utami, A. W. Jamhari, dan S. Hardyastuti. (2011). El Nino, La Nina, dan Penawaran Pangan di Jawa, Indonesia. Jurnal Ekonomi Pembangunan Volume 12, Nomor 2, Desember 2011, hlm.257-271
- Wati,T., Hadi, T.W., Sopaheluwakan, A., Hutasoit, L. (2023). The Study of Wind Field ERA-20C in Monsoon Domains for Rainfall Prediktor in Indonesia (Java, Sumatra and Borneo). *Agromet* 37 (1): 34-43, 2023
- Wei, W.W.S. 2006. *Time Series Analysis. Univariate and Multivariate Methods Second Edition*. Pearson Addison Wesley Education, Inc. California.