



## Peramalan Rata-Rata Temperatur Udara Tahunan di Indonesia Periode 2022 - 2031

Irmiza Putri, Putri Balqis, Dhia Uddin, Zuhra Adha, Rahmi Fadhilah, Samsul Anwar\*

Jurusan Statistika, FMIPA, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Provinsi Aceh

Email Korespondensi: [samsul.anwar@unsyiah.ac.id](mailto:samsul.anwar@unsyiah.ac.id)

**Diterima:** 24 Januari 2023

**Disetujui:** 03 April 2023

**Diterbitkan:** 28 April 2023

### **Kata Kunci:**

ARIMA, Peramalan, Temperatur Udara

### **ABSTRAK**

Pemanasan global dapat menyebabkan perubahan temperatur udara di Indonesia. Hal ini dapat menimbulkan dampak serius terhadap berbagai sektor di Indonesia, sehingga peramalan temperatur udara pada masa mendatang perlu untuk dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan rata-rata temperatur udara tahunan di Indonesia pada tahun 2022 hingga 2031. Penelitian ini menggunakan data rata-rata temperatur udara tahunan Indonesia dari tahun 1901 sampai 2021 yang diperoleh dari website *Climate Change Knowledge Portal*. Metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) akan digunakan dalam meramalkan temperatur udara pada masa yang akan datang. Model ARIMA terbaik yang digunakan dalam meramalkan rata-rata temperatur udara tahunan di Indonesia adalah ARIMA (2,1,4). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata temperatur udara tahunan di Indonesia untuk tahun 2022 sampai tahun 2031 diprediksi akan cenderung semakin meningkat. Pemerintah perlu mempersiapkan langkah antisipatif dalam upaya menekan laju kenaikan temperatur udara misalnya dengan melakukan reboisasi hutan, membuat regulasi terhadap penggunaan kendaraan bermotor dan berbagai upaya lainnya dalam rangka menekan laju kenaikan temperatur udara di Indonesia.

**Received:** 24 January 2023

**Accepted:** 03 April 2023

**Published:** 28 April 2023

### **Keywords:**

ARIMA, Forecasting, Air Temperature

### **ABSTRACT**

*Global warming can cause changes in air temperature in Indonesia. This can have a critical impact on various sectors in Indonesia, therefore forecasting air temperature in the future needs to be done. This study aims to predict the average annual air temperature in Indonesia from 2022 to 2031. The study utilized data on Indonesia's average annual air temperature from 1901 to 2021 obtained from the Climate Change Knowledge Portal website. The Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) method will be employed in forecasting air temperatures in the future. The best ARIMA model used in predicting the average annual air temperature in Indonesia is ARIMA (2,1,4). The results of the study show that the average annual air temperature in Indonesia from 2022 to 2031 is predicted to tend to increase. The government needs to prepare anticipatory steps in an effort to reduce the rate of increase in air temperature, for example by reforesting forests, making regulations on the use of motorized vehicles and various other efforts to reduce the rate of increase in air temperature in Indonesia.*

## 1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan salah satu isu lingkungan yang sangat penting yang perlu mendapat perhatian serius baik di tingkat nasional maupun internasional. Perubahan iklim yang terjadi pada saat ini memiliki dampak negatif terhadap lingkungan dan manusia. Pemanasan global merupakan penyebab utama terjadinya perubahan iklim. Perubahan iklim global diprediksi akan menyebabkan peningkatan temperatur udara sebesar 0,8°C pada tahun 2030. Selain terjadinya kenaikan temperatur udara, musim kemarau yang panjang hingga masalah kekeringan juga diprediksi akan mengalami

peningkatan terutama di sebagian wilayah Pulau Sumatra, Jawa, Madura, Bali hingga NTB dan NTT pada tahun 2030 (Oktaviani, Amaliah, Ringler, Rosegrant, & Sulser, 2011).

Menurut Breitburg et al., (2018), konsentrasi oksigen di laut terbuka dan perairan pesisir telah menurun setidaknya sejak pertengahan abad ke-20 yang salah satunya diakibatkan oleh adanya peningkatan temperatur udara global. Oksigen adalah salah satu komponen yang berperan sangat penting dalam proses biologi dan biokimia di lautan. Penurunan konsentrasi oksigen di lautan tersebut dapat mengakibatkan terganggunya mekanisme rantai makanan dalam kehidupan makhluk hidup khususnya di wilayah perairan laut. Sehingga hal ini akan

berdampak pada kehidupan manusia baik secara langsung maupun tidak langsung.

Perubahan iklim yang diakibatkan oleh terjadinya pemanasan global atau *global warming* akan berdampak negatif terhadap aktivitas kehidupan masyarakat seperti terjadinya cuaca ekstrim, kenaikan suhu permukaan air laut, pola curah hujan yang tidak menentu dan lain sebagainya. Hal ini akan berdampak serius terhadap kehidupan masyarakat khususnya yang berprofesi sebagai nelayan yang menggantungkan hidup mereka pada alam. Perubahan iklim yang menyebabkan kondisi alam menjadi tidak menentu akan menyebabkan ketidakpastian ekonomi bagi masyarakat nelayan (Nurhayati, Dhokhikah, & Mandala, 2020).

Selain berpengaruh terhadap kehidupan masyarakat yang berprofesi sebagai nelayan, kondisi cuaca dan iklim di Indonesia juga berpengaruh terhadap sektor kehidupan masyarakat lainnya. Hal ini dikarenakan hampir seluruh aktifitas masyarakat sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan iklim seperti sektor pertanian atau perkebunan, perdagangan dan bisnis, transportasi dan pembangunan serta sektor-sektor penting lainnya. Oleh sebab itu, prediksi dan prakiraan kondisi cuaca termasuk temperatur udara sangat penting untuk dilakukan sehingga dapat digunakan sebagai informasi pendukung dalam pelaksanaan kegiatan masyarakat sehari-hari. Prediksi atau prakiraan kondisi udara tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan metode peramalan. Peramalan merupakan proses memprediksi nilai atau hasil pada masa mendatang dengan menggunakan informasi atau data pada masa lalu melalui model atau persamaan matematis.

Dalam ilmu statistika, merupakan salah satu metode yang dapat digunakan dalam peramalan analisis *time series*. Salah satu metode dalam analisis *time series* yang sering digunakan adalah *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Hal ini dikarenakan metode ARIMA mempunyai beberapa kelebihan diantaranya dapat mengikuti pola data (bersifat fleksibel), memiliki akurasi hasil ramalan yang baik dan dapat digunakan untuk memprediksi hasil ramalan dengan waktu yang relatif cepat (Fejriani, Hendrawansyah, Muharni, Handayani, & Syaharuddin, 2020).

Berapa penelitian yang menggunakan metode ARIMA telah dilakukan sebelumnya. Ardesfira et al. (2022) menggunakan metode ARIMA dalam meramalkan nilai tukar rupiah terhadap USD, Mukron et al. (2021) dalam meramalkan Indeks Harga Konsumen (IHK) di Indonesia, Ruslan, Harahap, & Sembiring (2013) dalam memprediksi nilai ekspor Provinsi Sumatra Utara, Desvina (2014) dalam meramalkan jumlah mahasiswa baru UIN Suska Riau, Rusyida & Pratama (2020) dalam meramalkan fluktuasi harga saham Garuda Airlines dan Pamungkas & Wibowo (2018) dalam memprediksi jumlah kasus DBD di Provinsi Jawa Timur, serta beberapa penelitian lainnya dalam berbagai bidang.

Penelitian dalam bidang peramalan temperatur udara juga pernah dilakukan sebelumnya. Namun peramalan temperatur udara yang dilakukan hanya untuk wilayah tertentu seperti Kota Banda Aceh (Anwar, 2017), Bandung (Zahroh et al., 2019) dan Cilacap (Indriani et al., 2020) sehingga penelitian-penelitian tersebut belum dapat menggambarkan hasil peramalan kondisi temperatur udara di Indonesia pada tahun-tahun mendatang. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi atau meramalkan temperatur udara di Indonesia pada tahun 2022 hingga 2031 dengan menggunakan metode ARIMA.

Hasil dari peramalan yang diperoleh dalam penelitian diharapkan dapat menjadi sumber rujukan dan informasi mengenai temperatur udara di Indonesia pada masa yang akan mendatang. Informasi tersebut diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat umum serta bagi pemerintah dalam proses penyusunan poin-poin kebijakan yang berkaitan dengan kondisi cuaca dan perubahan iklim di Indonesia.

## 2. METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari *website Climate Change Knowledge Portal*. Data yang dianalisis merupakan data rata-rata temperatur udara tahunan Indonesia dari tahun 1901 sampai dengan tahun 2021 (121 observasi) yang diukur dalam satuan derajat *Celsius* ( $^{\circ}\text{C}$ ). Data tersebut dianalisis dengan metode ARIMA untuk meramalkan rata-rata temperatur udara tahunan di Indonesia pada tahun 2022 hingga 2031. Proses pengolahan atau analisis data dilakukan dengan menggunakan *software Microsoft Excel* dan *R* versi 4.1.1 *windows* dengan *package tseries* dan *forecast*.

Tahapan analisis data yang dilakukan secara umum dapat dijelaskan sebagai berikut. Analisis awal terhadap data penelitian dilakukan dengan menghitung ringkasan statistik atau *summary* data dan membuat plot *time series* untuk melihat pola atau pergerakan data penelitian. Langkah kedua adalah memisahkan data menjadi data *training* dan *testing*. Data *training* merupakan data rata-rata temperatur udara tahunan di Indonesia dari tahun 1901 sampai tahun 2010 (110 observasi) dan digunakan dalam membangun model ARIMA. Sedangkan data *testing* merupakan data rata-rata temperatur udara tahunan di Indonesia dari tahun 2011 hingga tahun 2021 (11 observasi) yang dipakai untuk melihat akurasi dari model ARIMA yang telah dibangun sebelumnya. Langkah selanjutnya adalah melakukan uji stasioneritas terhadap data dengan menggunakan pengujian secara visual (plot ACF) dan pengujian dengan statistik uji melalui uji *Box Cox Lambda* (dalam pengujian stasioneritas terhadap *mean*) dan uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF test) (dalam pengujian stasioneritas terhadap varians). Jika data penelitian terindikasi belum stasioner, maka data tersebut perlu ditransformasi atau *differencing*.

Tahapan berikutnya adalah melakukan identifikasi 6 model tentatif terhadap data *training* yang sudah stasioner dengan melihat pola pada plot ACF dan PACF. Tahapan selanjutnya yang dilakukan adalah memilih 3 model yang memiliki kriteria nilai AIC terkecil. Setelah terpilih 3 model dengan nilai AIC terkecil, kemudian dilakukan uji diagnostik model terhadap nilai *residual* dari ketiga model tersebut. Pemilihan model yang terbaik dari ketiga model terpilih sebelumnya dilakukan dengan melihat besarnya tingkat akurasi peramalan terhadap data *testing* berdasarkan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*), MAE (*Mean Absolute Error*) dan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) terkecil. Terakhir, model terbaik tersebut selanjutnya akan digunakan untuk meramalkan rata-rata temperatur udara tahunan di Indonesia untuk tahun 2022 hingga 2031.

Model ARIMA pada dasarnya adalah kombinasi dari model AR (*Autoregressive*) dengan orde  $p$  dan model MA (*Moving Average*) dengan orde  $q$  yang telah melalui proses *differencing* dengan orde  $d$ . Proses *differencing* tersebut

dilakukan terhadap data yang tidak stasioner dengan cara menghitung selisih nilai data pada periode tertentu ( $Y_t$ ) dengan data pada  $d$  periode sebelumnya ( $Y_{t-d}$ ). *Differencing* order pertama ( $d=1$ ) dapat dituliskan dalam Persamaan (1) dengan menggunakan operator *backshift* ( $B$ ).

$$\nabla^1 = Y_t - Y_{t-1} = (1 - B)Y_t \quad (1)$$

Data yang belum stasioner pada *differencing* orde pertama selanjutnya dilakukan *differencing* pada order selanjutnya hingga data tersebut menjadi stasioner. Model ARIMA ( $p,d,q$ ) secara matematis dapat dituliskan dalam Persamaan (2) (Shumway & Stoffer, 2011).

$$\Phi(B)(1 - B)^d y_t = \Theta(B)\varepsilon_t \quad (2)$$

Dimana  $\Phi(B) = 1 - \Phi_1 B - \Phi_2 B^2 - \dots - \Phi_p B^p$  merupakan polinomial model AR( $p$ ) dan  $\Theta(B) = 1 + \theta_1 B + \theta_2 B^2 + \dots + \theta_q B^q$  merupakan polinomial model MA ( $q$ ) dan  $d$  adalah parameter *differencing*.

Akurasi hasil peramalan perlu dilakukan untuk mengetahui seberapa baik performa dari model ARIMA yang telah dibangun dan merupakan bagian dari validasi model. Terdapat beberapa indikator akurasi yang dapat dipakai dalam mengevaluasi hasil peramalan dari sebuah model *time series*. Beberapa indikator tersebut diantaranya adalah MAE (*Mean Absolute Error*), RMSE (*Root Mean Squared Error*) dan MAPE (*Mean Absolute Percent Error*) yang dapat dituliskan dalam Persamaan (3), (4) dan (5) (Montgomery, Jennings, & Kulahci, 2015).

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t| \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2} \quad (4)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \times 100 \quad (5)$$

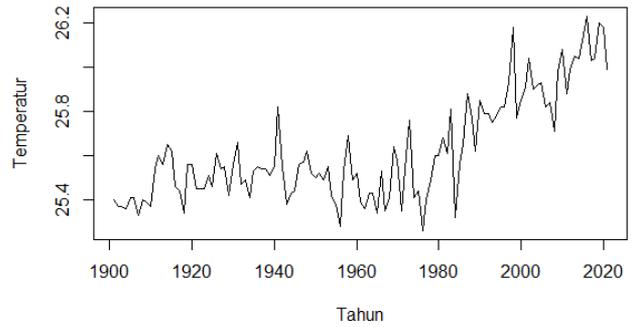
Dimana  $y_t$  dan  $\hat{y}_t$  masing-masing adalah nilai data asli dan nilai ramalannya pada periode ke- $t$  dan  $n$  adalah jumlah periode yang diramalkan. MAE dan RMSE digunakan untuk mengukur variabilitas dalam kesalahan peramalan, sedangkan MAPE digunakan untuk mengetahui persentase kesalahan peramalan relatif. Oleh karena itu, variabilitas dalam kesalahan peramalan dan persentase kesalahan peramalan relatif diharapkan sekecil mungkin untuk meningkatkan keakuratan dari hasil peramalan. Ketiga indikator tersebut sering digunakan dalam mengevaluasi kinerja sebuah model peramalan seperti yang dilakukan oleh Deng, Fan, & Wu (2020) dalam meramalkan kunjungan rawat jalan di rumah sakit Hanxi Medical University dan penelitian Makkhan, Singh, Parmar, Kaushal, & Soni (2022) dalam meramalkan kadar karbon di udara di sekitar tambang batu bara di India.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Eksplorasi Data Penelitian

Eksplorasi data penelitian perlu dilakukan untuk mendapatkan gambaran awal mengenai data penelitian.

Melalui eksplorasi data penelitian, dapat diketahui kecenderungan data, nilai minimum dan maksimum, penyimpangan (deviasi) serta statistik lainnya yang dapat digunakan untuk menggambarkan keadaan data penelitian secara umum. Selain melalui ringkasan statistik, eksplorasi data juga dapat dilakukan melalui diagram maupun plotting data. Gambar 1 menyajikan plot data temperatur tahunan di Indonesia mulai tahun 1901 hingga 2021.



**Gambar 1.** Pola Data Rata-Rata Temperatur Udara Tahunan Indonesia Periode 1901-2021

Gambar 1 menunjukkan bahwa secara visual data temperatur udara di Indonesia selama tahun 1901 hingga tahun 2021 tidak stasioner. Hal ini terlihat dari pola data yang membentuk trend naik terutama setelah tahun 1980, dimana temperatur udara cenderung mengalami kenaikan seiring berjalannya waktu. Selain itu, terlihat juga secara visual bahwa nilai rata-rata temperatur udara tahunan di Indonesia tidak konstan. Tabel 1 menyajikan beberapa ringkasan statistik dari data temperatur udara di Indonesia selama periode waktu penelitian.

**Tabel 1.** Statistik Deskriptif Temperatur Udara Tahunan Indonesia 1901-2021

Statistik	Nilai
Jumlah Data	121
Minimum	25,26°C
Maksimum	26,23°C
Rata-rata	25,62°C
Standar Deviasi	0,23°C

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa bahwa rata-rata temperatur udara tahunan di Indonesia selama periode penelitian yang berjumlah sebanyak 121 observasi adalah sebesar 25,62°C. Selama periode tahun 1901 hingga 2021, nilai terendah temperatur tercatat pada angka 25,26°C yang terjadi pada tahun 1976. Sedangkan temperatur tertinggi tercatat pada tahun 2016 yang mencapai 26,23°C.

#### 3.2 Pembagian Data *Training* dan *Testing*

Pada tahapan ini, data temperatur udara tahunan di Indonesia dari tahun 1901 sampai dengan tahun 2021 dibagi menjadi data *training* dan *testing*. Data temperatur pada tahun 1901 sampai 2010 dikelompokkan sebagai data *training* dan data temperatur pada tahun 2011 sampai dengan 2021 dikelompokkan sebagai data *testing*. Kelompok data *training* digunakan untuk membangun model ARIMA tentatif yang diidentifikasi dari penilaian terhadap plot ACF (*Autocorrelation Function*) dan PACF (*Partial*

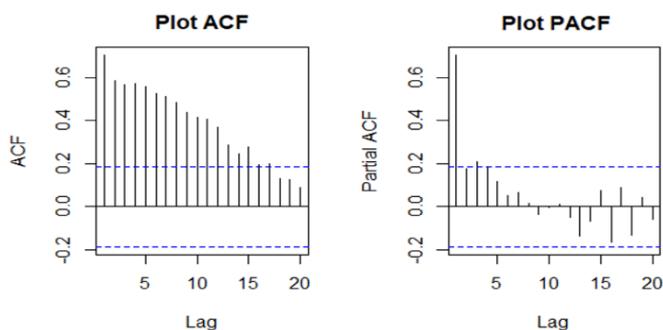
Autocorrelation Function) dari data penelitian. Adapun kelompok data *testing* digunakan untuk mengukur tingkat akurasi dari model ARIMA yang telah dibentuk sebelumnya. Model ARIMA terbaik yang diperoleh selanjutnya akan dipakai untuk meramalkan temperatur udara di Indonesia untuk tahun 2022 hingga 2031.

### 3.3 Stasioneritas Data Penelitian

Pengujian stasioneritas data merupakan langkah awal yang perlu dilakukan dalam analisis *time series*. Terdapat dua cara yang dapat dilakukan untuk menguji stasioneritas data yaitu melalui pengujian secara visual dan statistik uji. Pengujian secara visual dilakukan dengan mengevaluasi pola pada plot ACF dari data penelitian. Sedangkan pengujian melalui statistik uji dilakukan melalui uji *Box Cox Lambda* untuk melihat apakah rata-rata dari data penelitian bernilai konstan atau tidak dan *Augmented Dickey-Fuller (ADF) test* untuk memeriksa apakah data yang akan dianalisis memiliki varians yang konstan atau tidak. Data penelitian yang belum stasioner terhadap *mean* dan varians masing-masing perlu dilakukan *differencing* dan transformasi agar data tersebut menjadi stasioner.

#### 3.3.1 Pengujian Stasioneritas Data Secara Visual

Plot ACF dan PACF untuk data rata-rata temperatur udara tahun 1901 sampai dengan 2010 ditampilkan pada Gambar 2. Plot ACF dapat dipakai untuk mendeteksi apakah data tersebut telah bersifat stasioner atau belum. Data dikatakan belum stasioner apabila nilai autokorelasi pada plot ACF untuk setiap *lag* yang diamati menurun secara lambat dan berada di luar garis interval nilai *standard error* (garis putus-putus berwarna biru). Plot ACF dan PACF dari kelompok data *training* yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Plot ACF dan PACF dari Data *Training*

Berdasarkan Gambar 2, diketahui bahwa plot ACF dari data rata-rata temperatur udara tahun 1901 sampai dengan 2010 belum stasioner karena plot ACF cenderung menurun secara lambat pada setiap *lag*-nya dan sebagian besarnya berada di luar garis interval nilai *standard error*, sehingga perlu dilakukan transformasi ataupun *differencing* terhadap data awal penelitian.

#### 3.3.2 Pengujian Stasioneritas Data Melalui Statistik Uji

Oleh karena data awal penelitian terindikasi tidak stasioner melalui pengujian secara visual (plot ACF), maka dilakukan pengujian melalui statistik uji berupa uji stasioner terhadap varians dan *mean*. Tabel 2 menyajikan hasil pengujian

stasioneritas terhadap varians melalui uji *Box Cox Lambda*. Data penelitian dapat disimpulkan telah stasioner terhadap varians apabila memiliki nilai *Box Cox Lambda* mendekati 1.

Tabel 2. Nilai *Box Cox Lambda* Hasil Pengujian Stasioneritas Terhadap Varians

Sebelum Transformasi	Setelah Transformasi
-0,99	0,98

Berdasarkan hasil pengujian stasioneritas terhadap varians pada Tabel 2, diperoleh nilai *Box Cox Lambda* sebesar -0,99 sehingga dapat disimpulkan data awal penelitian belum stasioner terhadap varians. Hal ini sejalan dengan hasil pengujian secara visual sebelumnya. Oleh karena data tersebut belum memenuhi sifat stasioner terhadap varians, maka selanjutnya dilakukan transformasi terhadap data awal. Setelah dilakukan trial dan error, maka jenis transformasi yang digunakan adalah transformasi inverse berpangkat 6.5. Setelah data awal ditransformasi, pengujian stasioneritas terhadap varians dilakukan kembali terhadap data transformasi dan diperoleh nilai *Box Cox Lambda* setelah transformasi yang sudah mendekati 1 yaitu sebesar 0,98. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data setelah transformasi sudah bersifat stasioner terhadap varians.

Tabel 3 menyajikan hasil pengujian stasioneritas terhadap *mean* dengan menggunakan metode *ADF test*.

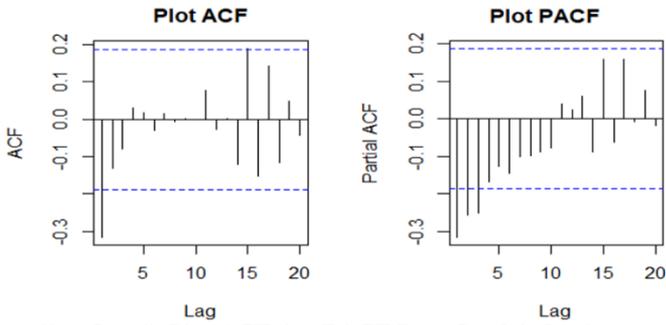
Tabel 3. *P-value* ADF Test Hasil Pengujian Stasioneritas Terhadap *Mean*

Sebelum <i>Differencing</i>	Setelah <i>Differencing</i>
0,56	0,01

Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil pengujian stasioneritas data terhadap *mean* tidak signifikan karena memiliki *p-value* pengujian yang lebih besar dari pada 0,05 yaitu sebesar 0,56. Hal ini menunjukkan bahwa data yang digunakan belum memenuhi sifat stasioner terhadap *mean*. Sehingga selanjutnya dilakukan proses *differencing* terhadap data awal agar diperoleh data yang bersifat stasioner. Setelah proses *differencing* dilakukan satu kali terhadap data, diperoleh nilai *p-value* pengujian *ADF test* sebesar 0,01. Hal ini menunjukkan bahwa kelompok data *training* setelah dilakukan *differencing* sudah bersifat stasioner terhadap *mean*. Proses pembentukan model tentatif selanjutnya dapat dilakukan setelah data bersifat stasioner terhadap *mean* dan varians.

#### 3.4 Pembentukan Model Tentatif

Penentuan model tentatif yang akan dipilih ditentukan berdasarkan pola pada plot ACF dan PACF dari data yang telah stasioner sebelumnya. Plot ACF dan PACF dari data yang sudah ditransformasi dan *differencing* sebelumnya tersebut disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Plot ACF dan PACF Data Setelah Stasioner

Selain untuk mendeteksi stasioneritas data, plot ACF dan PACF juga dapat dipakai untuk mengidentifikasi model ARIMA ( $p,d,q$ ) tentatif. Orde  $q$  dari model *Moving Average* (MA) diestimasi melalui Plot ACF, sedangkan orde  $p$  dari model *Autoregressive* (AR) di estimasi melalui plot PACF. Cara penentuan orde dari model ARIMA melalui plot ACF dan PACF secara lengkap dapat dilihat pada penelitian Anwar (2017). Berdasarkan pola pada plot ACF dan PACF pada Gambar 3, dapat ditentukan 6 model ARIMA tentatif dalam meramalkan rata-rata temperatur udara tahunan di Indonesia (Tabel 4).

Tabel 4. Enam Model ARIMA Tentatif

Model	Orde	Orde $p$	Orde $d$	Orde $q$
1	(2,1,4)	2	1	4
2	(1,1,5)	1	1	5
3	(2,1,5)	2	1	5
4	(2,1,7)	2	1	7
5	(2,1,8)	2	1	8
6	(2,1,9)	2	1	9

### 3.5 Pemilihan 3 Model ARIMA Terbaik dan Uji Diagnostik Model

Pemilihan 3 model ARIMA terbaik diantara keenam model tentatif pada Tabel 4 dilakukan dengan menggunakan kriteria nilai AIC. Sebuah model ARIMA dapat dikatakan baik apabila memiliki nilai AIC yang relatif kecil. Tabel 5 menyajikan nilai AIC dari keenam model ARIMA tentatif yang sudah ditentukan sebelumnya.

Tabel 5. Nilai AIC Pengujian Keenam Model ARIMA Tentatif

Model	Orde	Nilai AIC
1	(2,1,4)	-4988,2710
2	(1,1,5)	-4987,3740
3	(2,1,5)	-4981,1760
4	(2,1,7)	-4986,6100
5	(2,1,8)	-4985,2920
6	(2,1,9)	-4983,4000

Tabel 5 menunjukkan bahwa 3 model ARIMA dengan nilai AIC yang paling kecil adalah model 1 (ARIMA (2,1,4)) dengan AIC sebesar -4988,2710, model 2 (ARIMA (1,1,5)) dengan AIC sebesar -4987,3740 dan model 4 (ARIMA (2,1,7)) dengan AIC sebesar -4986,6100.

Pengujian diagnostik model dilakukan terhadap ketiga model ARIMA terpilih tersebut (model 1, 2 dan 4). Pengujian diagnostik model dilakukan untuk memastikan bahwa *residual*

yang dihasilkan dari model ARIMA bersifat *white noise* yaitu *residual* memiliki distribusi yang normal dan bersifat saling independen antar *residualnya*. Terdapat dua uji dalam pengujian diagnostik model yaitu uji normalitas *residual* melalui uji *Shapiro-Wilk* dan uji independensi antar *residualnya* melalui metode *Ljung-Box test*.

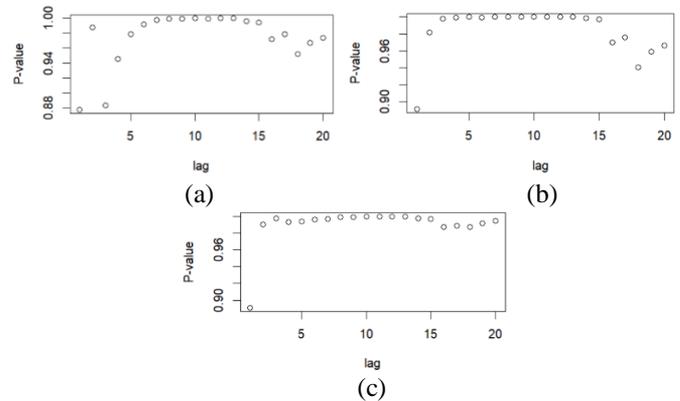
Hasil pengujian normalitas *residual* ditampilkan pada Tabel 6. Apabila uji *Shapiro-Wilk* memiliki nilai  $p$ -value yang lebih besar dari pada 0,05, maka *Residual* dikatakan telah berdistribusi normal.

Tabel 6. Hasil Pengujian Normalitas *Residual*

Model	Orde	$P$ -value	Keterangan
1	(2,1,4)	0,0850	Normalitas residual terpenuhi
2	(1,1,5)	0,1343	Normalitas residual terpenuhi
4	(2,1,7)	0,3582	Normalitas residual terpenuhi

Berdasarkan Tabel 6, dapat disimpulkan bahwa *residual* dari ketiga model ARIMA terbaik (model 1, 2 dan 4) sudah berdistribusi normal karena memiliki  $p$ -value pengujian yang lebih besar dari pada 0,05.

Selanjutnya, dilakukan uji independensi antar *residual* dengan menggunakan *Ljung-Box test* pada 20 *lag* pertama. *Residual* dikatakan saling independen apabila  $p$ -value dari pengujian *Ljung-Box test* lebih besar dari pada 0,05. Hasil pengujian independensi antar *residual* tersebut ditampilkan melalui plot pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik  $p$ -value Pengujian *Ljung Box* Model 1 (a), 2 (b) dan 4 (c)

Gambar 4 menunjukkan bahwa *residual* pada model 1, 2 dan 4 masing-masingnya sudah saling independen pada 20 *lag* pertama yang diuji. Hal ini terlihat dari plot  $p$ -value pengujian pada Gambar 4 yang bernilai lebih besar dari 0,05 pada kedua puluh *lag* tersebut. Dengan demikian, ketiga model ARIMA terpilih (model 1, 2 dan 4) sudah memenuhi uji diagnostik model atau sudah bersifat *white noise* karena memiliki *residual* yang berdistribusi normal dan bersifat saling independen. Langkah selanjutnya adalah memilih model terbaik diantara ketiga model tersebut dengan melihat tingkat akurasi hasil prediksi terhadap data *testing*. Model terbaik akan digunakan untuk meramalkan rata-rata temperatur udara tahunan di Indonesia pada tahun 2022 hingga 2031.

### 3.6 Perhitungan Tingkat Akurasi Model Terbaik Terhadap Data Testing

Tingkat akurasi peramalan terhadap data *testing* digunakan sebagai indikator untuk memilih model ARIMA terbaik dalam meramalkan rata-rata temperatur udara tahunan di Indonesia pada masa mendatang. Model ARIMA terbaik adalah model yang memiliki nilai RMSE, MAE dan MAPE yang paling kecil.

Tabel 7 menyajikan perbandingan nilai akurasi dari model 1, 2 dan 4.

**Tabel 7.** Perbandingan Nilai Akurasi Model 1, 2 dan 4

Model	Orde	RMSE	MAE	MAPE
1	(2,1,4)	0,2573	0,2359	0,9034
2	(1,1,5)	0,2681	0,2472	0,9467
4	(2,1,7)	0,2634	0,2422	0,9276

Tabel 7 menunjukkan bahwa model ARIMA dengan nilai RMSE, MAE dan MAPE yang paling kecil adalah model 1 (ARIMA (2,1,4)) dengan nilai masing-masing sebesar 0,2573; 0,2359 dan 0,9034. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa model ARIMA (2,1,4) merupakan model peramalan terbaik dalam meramal rata-rata temperatur udara tahunan di Indonesia pada periode 2022-2031.

Berdasarkan kriteria nilai MAPE, diketahui bahwa model ARIMA (2,1,4) yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki akurasi yang lebih baik dari pada model ARIMA (0,1,2) yang dikembangkan oleh Machmudin & Ulama (2012) dalam meramalkan temperatur udara di Kota Surabaya. Nilai MAPE dalam model ARIMA (0,1,2) tersebut adalah 2,305, lebih besar dari model ARIMA (2,1,4) yang dikembangkan dalam penelitian ini. Model ARIMA (2,1,4) dalam penelitian ini juga memiliki indikator nilai MAPE yang lebih baik (lebih kecil) dibandingkan model ARIMA yang dikembangkan oleh Susanti, Hasanah, & Winarni (2020) dalam meramalkan temperatur udara di 3 kota di pulau Kalimantan yaitu Kota Balikpapan (ARIMA (1,1,1) dengan MAPE sebesar 2,11), Kota Pontianak (ARIMA (1,1,1) dengan MAPE sebesar 3,02) dan Kota Berau (ARIMA (3,1,0) dengan MAPE sebesar 3,02).

Selain itu, kinerja dari model ARIMA (2,1,4) yang dikembangkan dalam penelitian ini juga terlihat lebih baik apabila dibandingkan dengan model ARIMA (0,2,5) dan ARIMA (0,2,3) yang dikembangkan oleh Anwar (2017) dalam meramalkan temperatur udara minimum dan maksimum di Kota Banda Aceh. Kedua model ARIMA pada penelitian Anwar (2017) tersebut masing-masing memiliki nilai RMSE sebesar 0,969 dan 1,289.

### 3.7 Peramalan Rata-Rata Temperatur Udara Tahunan Indonesia Periode 2022-2031

Model ARIMA (2,1,4) merupakan model terbaik dalam meramalkan rata-rata temperatur udara tahunan di Indonesia. Model ARIMA (2,1,4) pada Persamaan (6) dapat diturunkan dengan menggunakan Persamaan (2).

$$\Phi(B)(1 - B)^d y_t = \Theta(B)\varepsilon_t \quad (2)$$

$$(1 - \Phi_1 B - \Phi_2 B^2)(1 - B)^1 y_t = (1 + \Theta_1 B + \Theta_2 B^2 + \Theta_3 B^3 + \Theta_4 B^4)\omega_t \quad (6)$$

Lebih lanjut, Persamaan (6) dapat dijabarkan menjadi lebih sederhana dan ditulis sebagai Persamaan (7).

$$y_t = y_{t-1} + \Phi_1 y_{t-1} - \Phi_1 y_{t-2} + \Phi_2 y_{t-2} - \Phi_2 y_{t-3} + \Theta_1 \omega_{t-1} + \Theta_2 \omega_{t-2} + \Theta_3 \omega_{t-3} + \Theta_4 \omega_{t-4} + \omega_t \quad (7)$$

Parameter dari model ARIMA diestimasi dengan menggunakan metode MLE dengan teknik numerik *Newton-Raphson* dan ditampilkan pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Estimasi Parameter Model ARIMA (2,1,4)

Model	Parameter AR		Parameter MA	
	Tipe	Nilai	Tipe	Nilai
ARIMA (2,1,4)	AR (1)	-0,67	MA (1)	-0,92
	AR (2)	0,24	MA (2)	-0,98
			MA (3)	0,91
			MA (4)	0,06

Model ARIMA (2,1,4) yang akan digunakan dalam meramalkan rata-rata temperatur udara tahunan di Indonesia pada masa mendatang dapat dituliskan sebagai Persamaan (8) dengan menggunakan nilai estimasi parameter yang disajikan pada Tabel 8.

$$y_t = y_{t-1} - 0,67y_{t-1} + 0,67y_{t-2} + 0,24y_{t-2} - 0,24y_{t-3} - 0,92\omega_{t-1} - 0,98\omega_{t-2} + 0,91\omega_{t-3} + 0,06\omega_{t-4} + \omega_t \quad (8)$$

Selanjutnya, Persamaan (8) tersebut dapat dituliskan dalam bentuk yang lebih sederhana sebagai Persamaan (9)

$$y_t = 0,33y_{t-1} + 0,91y_{t-2} - 0,24y_{t-3} - 0,92\omega_{t-1} - 0,98\omega_{t-2} + 0,91\omega_{t-3} + 0,06\omega_{t-4} + \omega_t \quad (9)$$

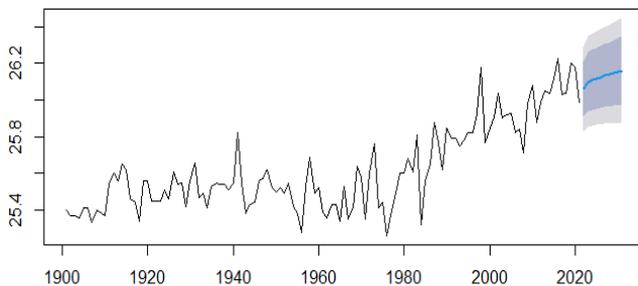
Karena model ARIMA (2,1,4) dibangun dengan menggunakan data setelah transformasi, maka hasil peramalannya juga perlu ditransformasi ulang ke bentuk awal. Tabel 9 menampilkan hasil peramalan rata-rata temperatur udara tahunan di Indonesia untuk tahun 2022 hingga 2031 yang sudah ditransformasi ulang dalam bentuk awalnya.

**Tabel 9.** Hasil Peramalan Rata-Rata Temperatur Udara Tahunan Indonesia Periode 2022-2031

Tahun	Rata-Rata	Selang Kepercayaan (95%)	
	Temperatur Udara (°C)	Batas Bawah	Batas Atas
2022	26,0595	25,8294	26,2897
2023	26,1002	25,8525	26,3479
2024	26,1096	25,8591	26,3601
2025	26,1181	25,8643	26,3719
2026	26,1260	25,8683	26,3837
2027	26,1334	25,8709	26,3959
2028	26,1404	25,8724	26,4084
2029	26,1470	25,8727	26,4213
2030	26,1532	25,8719	26,4345
2031	26,1591	25,8700	26,4481

Tabel 9 menunjukkan bahwa rata-rata temperatur udara tahunan di Indonesia pada periode 2022 hingga 2031 diprediksi akan semakin meningkat setiap tahunnya. Selain

ditampilkan dalam bentuk Tabel, hasil prediksi rata-rata temperatur udara tahunan di Indonesia untuk periode 2022 hingga 2031 juga dapat ditampilkan melalui grafik pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik Peramalan Rata-Rata Temperatur Udara Tahunan Indonesia Periode 2022-2031

Gambar 5 menunjukkan bahwa plot hasil peramalan (garis biru) rata-rata temperatur udara tahunan di Indonesia periode 2022 hingga 2031 terus mengalami peningkatan dibandingkan data sebelumnya (garis hitam). Hasil peramalan rata-rata temperatur udara tahunan maksimum diperkirakan akan terjadi pada tahun 2031 yaitu sebesar 26,1591°C. Sedangkan rata-rata temperatur udara tahunan minimum diperkirakan tahun 2022 yaitu sebesar 26,0595°C.

Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa semakin berjalannya waktu, maka rata-rata temperatur udara tahunan di Indonesia juga diprediksi akan mengalami kenaikan atau peningkatan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Utina (2009) yang menyatakan bahwa selama kurang lebih seratus tahun terakhir, temperatur rata-rata di permukaan bumi telah meningkat sebesar  $0,74 \pm 0,18^\circ\text{C}$ . Selain itu, penelitian *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) juga menunjukkan bahwa rata-rata suhu permukaan bumi telah meningkat sebesar  $1,1^\circ\text{C}$  pada periode tahun 1850 - 1990 (Sari, 2022).

Pengundulan hutan merupakan salah satu penyebab terjadinya pemanasan global (*global warming*) yang merupakan efek dari kenaikan temperatur udara. Penelitian Wolff et al. (2021) menunjukkan bahwa pengundulan hutan (deforestasi) di Berau, Kalimantan Timur dalam kurun waktu 16 tahun terakhir telah meningkatkan suhu maksimum harian di kawasan tersebut secara rata-rata sebesar  $0,95^\circ\text{C}$ . Hal ini akan berdampak pada meningkatnya angka kematian populasi satwa yang tinggal di kawasan hutan tersebut.

Buangan gas karbon monoksida dari mesin kendaraan bermotor juga merupakan salah satu pemicu terjadinya pemanasan global (Pratama, Munfarida, & Setyowati, 2022). Hal ini juga didukung oleh penelitian Mohammad, Sangkertadi, Wuisang, & Shamin (2019) yang menunjukkan bahwa suhu lingkungan akan mengalami peningkatan yang diakibatkan oleh aktifitas penggunaan kendaraan bermotor, baik pada saat kondisi diam dengan kondisi mesin menyala maupun pada saat kondisi berjalan. Selain dari buangan kendaraan bermotor, asap buangan dari pabrik pada sektor industri juga mempunyai peran yang besar dalam memicu pemanasan global. Secara umum, pertumbuhan sektor industri di Indonesia dalam beberapa dekade terakhir terlihat cukup pesat salah satunya karena dukungan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin meningkat setiap

tahunnya. Disisi lain, salah satu efek negatif yang ditimbulkan dari keberadaan pabrik-pabrik tersebut adalah adanya pencemaran udara yang terjadi apabila industri atau pabrik tersebut tidak mampu mengelola gas buangnya dengan baik (Maharani & Razif, 2020). Disamping beberapa penyebab di atas, pemanasan global juga dapat disebabkan oleh peningkatan gas rumah kaca, penggunaan CFC yang berlebihan, polusi metana karena peternakan, pertanian dan perkebunan serta berbagai penyebab lainnya (DLH Kota Semarang, 2020b).

Selanjutnya, beberapa efek yang ditimbulkan dari pemanasan global terkait dengan isu lingkungan antara lain terjadinya kebakaran hutan dan kabut asap, mencairnya es di kutub bumi, naiknya permukaan air laut, krisis air bersih, dan meningkatnya suhu air laut serta rusaknya terumbu karang (DLH Kota Semarang, 2020a). Disamping itu, juga banyak efek negatif lainnya dari kenaikan suhu yang akan menimbulkan dampak secara langsung maupun tidak langsung terhadap kehidupan manusia, baik pada sektor lingkungan, kesehatan, ekonomi, sosial, maupun sektor lainnya.

Pemerintah dapat menggunakan hasil peramalan temperatur udara pada penelitian ini sebagai salah satu bahan rujukan dalam perumusan kebijakan terkait keadaan temperatur udara di Indonesia. Pemerintah diharapkan dapat merancang dan mempersiapkan upaya antisipasi terhadap kenaikan temperatur udara pada masa mendatang. Adapun kebijakan yang dapat dilakukan diantaranya menggalakkan kegiatan reboisasi hutan yang disertai dengan penghentian kegiatan penebangan hutan secara liar atau ilegal, membuat regulasi terhadap penggunaan kendaraan bermotor, memproduksi produk-produk yang ramah lingkungan, mengelola energi alternatif, dan berbagai upaya lainnya dalam rangka menekan laju kenaikan temperatur udara di Indonesia. Berdasarkan laporan yang dikeluarkan oleh CCPI (*Climate Change Performance Index*) pada tahun 2022, Indonesia berada di peringkat 27 dalam kinerja melawan perubahan iklim dengan skor sebesar 57,17, atau turun 3 peringkat dari tahun sebelumnya (Jabar Digital Service, 2022). Hal ini menunjukkan bahwa upaya pemerintah dalam menekan laju perubahan iklim termasuk pemanasan global perlu lebih diintensifkan kedepannya.

Selain hasil analisis, keterbatasan dari sebuah penelitian juga merupakan hal yang penting untuk disampaikan. Salah satunya terkait dengan tidak dipertimbangkannya efek variasi kalender terhadap fluktuasi temperatur udara di Indonesia. Assakhyy, Anwar, & A.R. Fitriana (2019) menyatakan bahwa model peramalan yang mempertimbangkan efek dari variasi kalender pada umumnya memiliki hasil peramalan dengan tingkat akurasi yang lebih baik.

#### 4. SIMPULAN

Hasil peramalan menunjukkan bahwa rata-rata temperatur udara di Indonesia diprediksi akan semakin meningkat kedepannya. Selama periode peramalan, rata-rata temperatur udara tahunan tertinggi diperkirakan akan terjadi pada tahun 2031 yaitu sebesar  $26,16^\circ\text{C}$ . Sedangkan rata-rata temperatur udara tahunan terendah diperkirakan akan terjadi pada tahun 2022 yaitu sebesar  $26,06^\circ\text{C}$ . Pemerintah perlu mempersiapkan upaya antisipatif dalam menekan laju peningkatan temperatur udara di Indonesia. Penelitian selanjutnya disarankan untuk

menggunakan metode peramalan lainnya seperti ARIMAX (*Autoregressive Integrated Moving Average With Exogenous*) yang dapat memodelkan efek dari variasi kalender terhadap data temperatur udara.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, S. (2017). Peramalan Suhu Udara Jangka Pendek di Kota Banda Aceh dengan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA). *Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology*, 5(1), 6–12.
- Ardesfira, G., Fitriah Zedha, H., Fazana, I., Rahmadhiyanti, J., Rahima, S., & Anwar, S. (2022). Peramalan Nilai Tukar Rupiah terhadap Dollar Amerika dengan Menggunakan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA). *Jambura Journal of Probability and Statistics*, 3(2), 71–84. <https://doi.org/10.34312/JJPS.V3I2.15469>
- Assakhiy, R., Anwar, S., & A.R. Fitriana. (2019). Peramalan Realisasi Penerimaan Zakat Pada Baitulmal Aceh Dengan Mempertimbangkan Efek Dari Variasi Kalender. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan*, 27(2), 27–45. <https://doi.org/10.14203/JEP.27.2.2019.27-45>
- Breitburg, D., Levin, L. A., Oschlies, A., Grégoire, M., Chavez, F. P., Conley, D. J., ... Zhang, J. (2018). Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science*, 359(6371), 1–11.
- Deng, Y., Fan, H., & Wu, S. (2020). A hybrid ARIMA-LSTM model optimized by BP in the forecast of outpatient visits. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 1–11. <https://doi.org/10.1007/S12652-020-02602-X/METRICS>
- Desvina, A. P. (2014). Penerapan Metode Box-Jenkins untuk Memprediksi Jumlah Mahasiswa Universitas Islam Negeri Suska Riau. *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 12(1), 80–89. <https://doi.org/10.24014/SITEKIN.V12I1.777>
- DLH Kota Semarang. (2020a, November 19). 8 Dampak Pemanasan Global Bagi Kehidupan . Retrieved March 1, 2023, from <https://dlh.semarangkota.go.id/8-dampak-pemanasan-global-bagi-kehidupan/>
- DLH Kota Semarang. (2020b, November 19). Penyebab Global Warning Serta Solusi Yang Dibutuhkan . Retrieved March 1, 2023, from <https://dlh.semarangkota.go.id/penyebab-global-warning-serta-solusi-yang-dibutuhkan/>
- Fejriani, F., Hendrawansyah, M., Muharni, L., Handayani, S. F., & Syaharuddin, S. (2020). Forecasting Peningkatan Jumlah Penduduk Berdasarkan Jenis Kelamin Menggunakan Metode ARIMA. *GEOGRAPHY : Jurnal Kajian, Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan*, 8(1), 27–36. <https://doi.org/10.31764/GEOGRAPHY.V8I1.2261>
- Indriani, R., Sugandha, A., Tripena, A., Larasati, N., Rokhman, A. F., & Bon, A. T. (2020). Forecasting of Air Temperature in Cilacap Regency with Triple Exponential Smoothing (Holt-winter) Method. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 2569–2576). Detroit: IEOM Society International.
- Jabar Digital Service. (2022, June 24). Cuaca Terasa Panas, Apa yang Sedang Terjadi dengan Iklim Kita? Retrieved February 28, 2023, from <https://opendata.jabarprov.go.id/id/infografik/cuaca-terasa-panas-apa-yang-sedang-terjadi-dengan-iklim-kita>
- Machmudin, A., & Ulama, B. S. S. (2012). Peramalan Temperatur Udara Di Kota Surabaya dengan Menggunakan ARIMA dan Artificial Neural Network. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 1(1), D118–D123. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v1i1.1295>
- Maharani, I. D., & Razif, M. (2020). ANALISA DISPERSI PM2,5 MENGGUNAKAN MODEL GAUSS POINT SOURCE DIKAWASAN INDUSTRI DAN DESAIN VENTURI SCRUBBER BESERTA IPAL UNTUK EFFLUENT VENTURI (Studi Kasus : Industri Peleburan Aluminium PT.X Kecamatan Kesamben, Jombang). *Envirotek : Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 12(2), 44–52. <https://doi.org/10.33005/ENVIROTEK.V12I2.65>
- Makkhan, S. J. S., Singh, S., Parmar, K. S., Kaushal, S., & Soni, K. (2022). Comparison of hybrid machine learning model for the analysis of black carbon in air around the major coal mines of India. *Neural Computing and Applications*, 1–20. <https://doi.org/10.1007/S00521-022-07909-8/METRICS>
- Mohammad, I., Sangkertadi, S., Wuisang, C. E. V., & Shamin, N. (2019). Analisis Kenaikan Suhu Lingkungan yang Diakibatkan oleh Aktivitas Kendaraan Bermotor di Kawasan Perdagangan dan Jasa Kota Manado. In *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Perubahan Era Disrupsi 2019* (pp. 1–7). Manado: Ideas Publishing.
- Montgomery, D. C., Jennings, C. L., & Kulahci, M. (2015). *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting* (Second Edi). New Jersey: Wiley.
- Mukron, H. M., Susianti, I., Azzahra, F., Kumala, Y. N., Widiyana, F. R., & Haris, M. Al. (2021). Peramalan Indeks Harga Konsumen Indonesia Menggunakan Autoregressive Integrated Moving Average. *Jurnal Statistika Industri Dan Komputasi*, 6(1), 20–25.
- Nurhayati, D., Dhokhikah, Y., & Mandala, M. (2020). Persepsi dan Strategi Adaptasi Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim di Kawasan Asia Tenggara . *JURNAL PROTEKSI: Jurnal Lingkungan Berkelanjutan*, 1(1), 39–44.
- Oktaviani, R., Amaliah, S., Ringler, C., Rosegrant, M. W., & Sulser, T. B. (2011). *The Impact of Global Climate Change on the Indonesian Economy*. Washington DC.
- Pamungkas, M. B., & Wibowo, A. (2018). Aplikasi Metode Arima Box-Jenkins Untuk Meramalkan Kasus DBD di Provinsi Jawa Timur. *The Indonesian Journal of Public Health*, 13(2), 181–194. <https://doi.org/10.20473/ijph.v13i1.2018.181-194>
- Pratama, D. S., Munfarida, I., & Setyowati, R. D. N. (2022). Analisis Konsentrasi Karbon Monoksida di Kawasan Aloha Sidoarjo Secara Roadside. *Envirotek : Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 14(1), 33–38.
- Ruslan, R., Harahap, A. S., & Sembiring, P. (2013). Peramalan Nilai Ekspor dDi Propinsi Sumatera Utara dengan Metode ARIMA Box-Jenkins. *Saintia Matematika*, 1(6), 579–589.
- Rusyida, W. Y., & Pratama, V. Y. (2020). Prediksi Harga

- Saham Garuda Indonesia di Tengah Pandemi Covid-19 Menggunakan Metode ARIMA. *Square : Journal of Mathematics and Mathematics Education*, 2(1), 73. <https://doi.org/10.21580/square.2020.2.1.5626>
- Sari, A. N. (2022, April 7). Solusi Berbasis Alam: Tiga Tahap Menuju Pendinginan Bumi Secara Alami. Retrieved March 1, 2023, from <https://www.djkn.kemenkeu.go.id/kanwil-suluttenggomalu/baca-artikel/14940/Solusi-Berbasis-Alam-Tiga-Tahap-Menuju-Pendinginan-Bumi-Secara-Alami.html>
- Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. (2011). *Time Series Analysis and Its Applications With R Examples*. *Revista do Hospital das Clínicas* (Third edit, Vol. 19). New York: Springer Science and Business Media LLC.
- Susanti, L., Hasanah, P., & Winarni, W. (2020). Peramalan Suhu Udara dan Dampaknya Terhadap Konsumsi Energi Listrik di Kalimantan Timur. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 14(3), 399–412. <https://doi.org/10.30598/BAREKENGVOL14ISS3PP399-412>
- Utina, R. (2009). Pemanasan Global: Dampak dan Upaya Meminimalisasinya. *Jurnal Saintek Universitas Negeri Gorontalo*, 3(3), 1–11.
- Wolff, N. H., Zeppetello, L. R. V., Parsons, L. A., Aggraeni, I., Battisti, D. S., Ebi, K. L., ... Spector, J. T. (2021). The effect of deforestation and climate change on all-cause mortality and unsafe work conditions due to heat exposure in Berau, Indonesia: a modelling study. *The Lancet Planetary Health*, 5(12), e882–e892. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00279-5](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00279-5)
- Zahroh, S., Hidayat, Y., Pontoh, R. S., Santoso, A., Sukono, S., & Bon, A. T. (2019). Modeling and Forecasting Daily Temperature in Bandung. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 406–412). Riyadh: IEOM Society International.