

Optimasi Konsumsi Energi: Program Peramalan untuk Memprediksi Konsumsi Listrik dan Mengurangi Pengolahan Batu Bara

Imam Akbar Nugraha
Fakultas Informatika
Data Sains
Universitas Telkom
Bandung

akbarymam@student.telkomuniversity.ac.id

Latifa Firdausi
Fakultas Informatika
Data Sains
Universitas Telkom
Bandung

latifafirdausi@student.telkomuniversity.ac.id

Luhung Fallah Firdaus
Fakultas Informatika
Data Sains
Universitas Telkom
Bandung

luhungefde@student.telkomuniversity.ac.id

Abstract— Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan konsumsi energi dengan mengembangkan program peramalan untuk memprediksi konsumsi listrik dan mengurangi pengolahan batu bara. Dengan menggunakan metode time series ARIMA, kami dapat memprediksi pola konsumsi listrik di Bandung dengan akurat. Pendekatan ini dipilih karena kemampuannya dalam menangani tren dan pola musiman pada data konsumsi energi. Dengan memprediksi konsumsi listrik, kami berharap dapat menentukan pengurangan produksi batu bara yang diperlukan tanpa mengganggu pasokan energi secara signifikan. Penelitian ini berhasil menerapkan metode ARIMA untuk peramalan konsumsi listrik, memberikan wawasan berharga bagi dalam merencanakan strategi penggunaan energi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Prediksi ini membantu mengoptimalkan operasi, mengurangi biaya energi, dan mengurangi dampak lingkungan dari pengolahan batu bara. Didapatkan juga akurasi RMSE di lima daerah di Bandung menunjukkan nilai yang bervariasi yaitu daerah Ciwidey dengan RMSE sebesar 5,25%, daerah Dago sebesar 6,49%, daerah Lembang sebesar 7,12%, daerah Banjaran sebesar 7,31%, dan daerah Cibiru sebesar 7,64%. Implementasi aplikasi berbasis web Streamlit semakin meningkatkan aksesibilitas dan kegunaan hasil peramalan, memungkinkan pengguna untuk memvisualisasikan dan mengelola data konsumsi energi secara interaktif dan real-time.

Keywords— Optimasi energi, ARIMA, peramalan konsumsi listrik, pengurangan batu bara, Streamlit.

I. PENDAHULUAN

Energi merupakan sumber daya penting bagi berbagai aktivitas manusia, termasuk produksi energi listrik. Namun, penggunaan batu bara sebagai sumber energi primer, terutama dalam pembangkit listrik, telah menimbulkan berbagai masalah lingkungan, termasuk emisi gas rumah kaca dan polusi udara. Konsumsi batu bara yang berlebihan, terutama di daerah perkotaan seperti Kota Bandung, telah menyebabkan peningkatan permintaan energi yang signifikan. Penelitian ini sangat penting memberikan peluang untuk mengelola sumber daya energi secara lebih efisien dengan prediksi konsumsi listrik yang lebih akurat, selain itu tidak hanya membantu mengurangi pemborosan energi, tetapi juga mengarah pada pengurangan pengolahan batu bara, mendukung transisi menuju energi bersih, dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan ekonomi secara keseluruhan. memprediksi konsumsi listrik sambil mengurangi pengolahan batu bara karena masih tingginya penggunaan pembangkit listrik energi fosil, yang

merupakan sumber energi utama hingga saat ini. Dengan memprediksi konsumsi listrik, kami berharap dapat mengetahui seberapa besar pengurangan produksi batu bara yang dibutuhkan tanpa mengganggu pasokan energi secara signifikan. Hal ini penting untuk mencapai efisiensi yang lebih tinggi dalam pengelolaan energi. Terlebih lagi, kebutuhan akan listrik di Indonesia terus meningkat seiring pertumbuhan jumlah penduduk. Dengan demikian, mengurangi ketergantungan pada energi fosil seperti batu bara menjadi penting dalam menjaga keberlanjutan lingkungan dan memenuhi kebutuhan energi yang terus bertambah.

Penelitian ini melakukan forecasting dengan menggunakan metode time series ARIMA. Pemilihan metode forecasting ARIMA sangat tepat untuk prediksi konsumsi listrik dan pengurangan pengolahan batu bara karena kemampuannya dalam menangani tren dan pola musiman pada data time series industri energi. Selain itu, untuk meramalkan pada masa yang akan datang daridata masa lalu tersebut memerlukan perkiraan angka pasti terhadap jumlah konsumsi listrik setiap harinya, agar dapat mengantisipasi pada hari yang mengalami peningkatan jumlah konsumsi energi listrik. Metode ini telah terbukti efektif dalam menganalisis data bersejarah dengan fluktuasi yang berkaitan dengan musim atau faktor lainnya. Kemampuan integrasi data eksternal juga memungkinkan pertimbangan terhadap faktor-faktor tambahan yang memengaruhi konsumsi energi. Dibandingkan apabila menggunakan metode lain akan terjadi kompleksitas model yang lebih tinggi. Selain itu, metode machine learning cenderung lebih ketergantungan pada volume data yang besar dan representative. Oleh karena, itu diputuskan untuk menggunakan metode time series forecasting ARIMA

II. LANDASAN TEORI

A. Kelistrikan

Listrik merupakan aliran energi yang dapat membantu manusia dalam kehidupan sehari-hari dan disalurkan melalui alat-alat yang secara tidak langsung memperlancar segala aktivitas manusia. Listrik tidak dapat dipisahkan dengan alam semesta dan merupakan energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia saat ini. Listrik sebenarnya merupakan sumber energi sekunder, yaitu hanya pembawa energi dari sumber energi lain seperti batu bara, energi nuklir, dan energi

tata surya, yang disebut sebagai sumber energi primer dalam kehidupan manusia. Arti penting kelistrikan menjadi sangat vital bagi negara di era modern. Ketidaktersediaan akan energi listrik merupakan salah satu indikator daerah tertinggal atau kemiskinan. Kegunaan dan intensitas penggunaan tenaga listrik bertambah luas.

B. Time Series Analysis

Dalam peramalan time series dapat diketahui bagaimana proses suatu estimasi dan hasil dari peramalan dapat diperoleh dengan baik. Untuk itu dalam analisis ini dibutuhkan berbagai macam informasi atau data yang cukup banyak dan diamati dalam periode waktu yang relatif cukup panjang. analisis deret waktu digunakan untuk memahami, memodelkan, dan memprediksi pola konsumsi listrik berdasarkan data historis. Deret waktu memiliki beberapa komponen utama yang mempengaruhi pola data, yaitu tren, musiman, siklus, dan acak. Tren adalah pergerakan data dalam jangka panjang yang menunjukkan arah umum, baik naik atau turun. Komponen musiman mencakup pola berulang dalam data yang terjadi pada interval waktu tertentu, seperti bulanan atau tahunan. Untuk melakukan peramalan deret waktu, beberapa metode dapat digunakan. Model ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) adalah salah satu model yang populer dan menggabungkan komponen autoregressive, differencing, dan moving average untuk menganalisis dan meramalkan data deret waktu

C. Peramalan (Forecasting)

Peramalan (forecasting) adalah seni dan ilmu untuk memperkirakan kejadian dimasa depan. Hal ini dapat dilakukan dengan melibatkan pengambilan data historis dan memproyeksikannya ke masa mendatang dengan suatu bentuk model matematis. Hal ini bisa juga merupakan prediksi intuisi yang bersifat subjektif. Hal ini pun dapat dilakukan dengan menggunakan kombinasi model matematis yang disesuaikan dengan pertimbangan yang baik dari seorang manajerHasil peramalan yang akurat memberikan wawasan yang berharga bagi perusahaan dalam merencanakan strategi penggunaan energi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Dengan memanfaatkan prediksi ini, perusahaan dapat mengoptimalkan operasi mereka, mengurangi biaya energi, serta mengurangi dampak lingkungan dari pengolahan batu bara..

D. Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Model ARIMA adalah model yang secara penuh mengabaikan independen variabel dalam pembuatan peramalan. ARIMA menggunakan nilai masa lalu dan sekarang dari variabel dependen untuk menghasilkan peramalan jangka pendek yang akurat. Tahap identifikasi model ARIMA meliputi pengecekan stasioneritas data dan penetapan model ARIMA (p,d,q) sementara yaitu dengan mengamati pola Autocorrelation Function (ACF) dan Partial Autocorrelation Function (PACF). Selanjutnya akan dijelaskan sebagai berikut. Tujuan ARIMA adalah untuk menentukan hubungan statistik yang baik antar variabel yang diramal dengan nilai historis variabel tersebut sehingga peramalan dapat dilakukan dengan model tersebut. Dalam rangka mengoptimalkan konsumsi energi dan mengurangi penggunaan batu bara, penggunaan model ARIMA sebagai alat peramalan dapat membantu dalam meningkatkan

efisiensi energi dan mengurangi dampak lingkungan dari produksi energi listrik.

E. Streamlit

Penerapan Streamlit dimulai dengan pemodelan dan analisis data menggunakan metode peramalan seperti AutoRegressive Integrated Moving Average (ARIMA). Langkah-langkah implementasi mencakup pengumpulan dan preprocessing data konsumsi energi listrik, pembuatan model ARIMA, dan integrasi model ke dalam aplikasi Streamlit. Aplikasi yang dikembangkan memungkinkan pengguna untuk memasukkan data aktual, melihat visualisasi hasil peramalan, dan mengevaluasi alternatif strategi pengelolaan energi.

III. METODE

A. Dataset

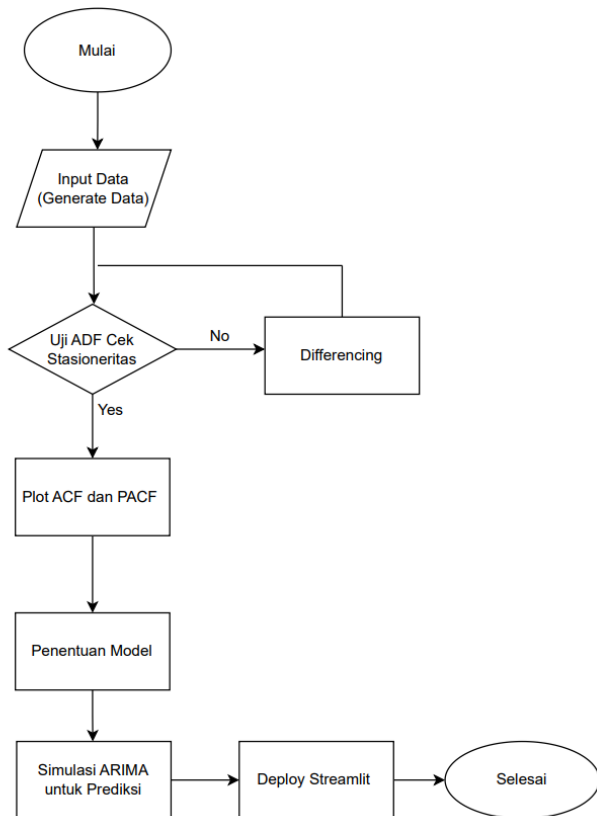
Tanggal	Ciwidey	Dago	Lembang	Banjaran	Cibiru
2014	205	320	353	430	427
2015	212	243	352	417	467
2016	194	323	324	366	487
2017	201	313	356	363	442
2018	196	305	356	424	446
2019	189	305	374	394	422
2020	205	315	370	380	432
2021	200	279	361	409	420
2022	198	289	328	367	500
2023	198	317	388	391	444
2024	204	307	353	387	438

Dataset yang diperoleh mempunyai 6 kolom dan 3650 baris data. Dataset yang kami gunakan berfokus pada data konsumsi listrik dari beberapa daerah di Bandung, yaitu Ciwidey, Dago, Lembang, Banjaran, dan Cibiru, dari tahun 2014 hingga 2024. Dataset ini berisi mengenai penggunaan energi listrik di daerah-daerah tersebut. Data ini mencakup informasi terkait konsumsi listrik tahunan di setiap daerah tersebut selama sepuluh tahun. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Berisi data konsumsi listrik dari daerah Ciwidey, Dago, Lembang, Banjaran, dan Cibiru. Kolom-kolom mencakup tahun, total konsumsi listrik, konsumsi listrik per kapita, sektor pengguna (residensial, komersial, industri), dan tren konsumsi listrik.
2. Berisi informasi tentang karakteristik masing-masing daerah di Bandung yang termasuk dalam dataset. Kolom tersebut mencakup berbagai nama daerah di Bandung.

Data ini diambil dari laporan resmi lembaga terkait dan diolah menggunakan metode scrapping dan pengumpulan data langsung. Dataset ini memberikan informasi untuk melakukan analisis deteksi pola konsumsi listrik dan analisis

B. Tahapan Pengerjaan



1. Generate Data

Menghasilkan data (Generate data) adalah istilah yang merujuk pada proses pembuatan data secara sintetik atau buatan untuk berbagai tujuan, seperti pengujian model, pelatihan algoritma pembelajaran mesin, atau simulasi kondisi tertentu. Proses ini dapat melibatkan berbagai metode dan teknik tergantung pada jenis data yang diperlukan dan tujuan penggunaannya.

2. Differencing

Differencing merupakan salah satu teknik yang digunakan dalam analisis data deret waktu untuk menghilangkan tren atau pola yang tidak diinginkan sehingga membuat data menjadi stasioner. Suatu data yang tidak stasioner bisa diubah menjadi data stasioner dengan melakukan differencing. Yang dimaksud dengan differencing adalah menghitung perubahan atau selisih nilai observasi. Nilai selisih yang diperoleh diceklagi apakah stasioner atau tidak.

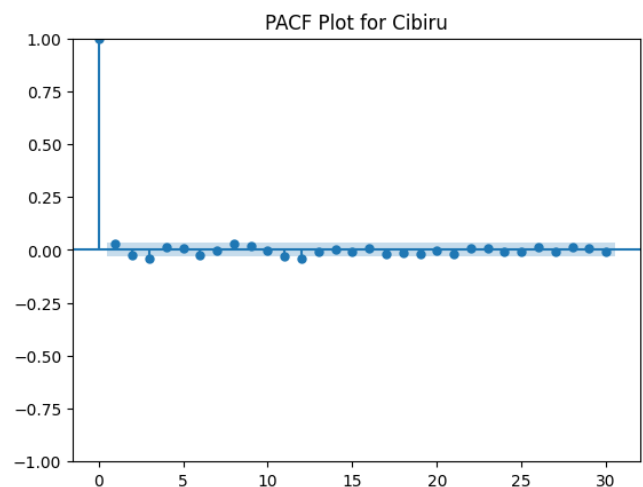
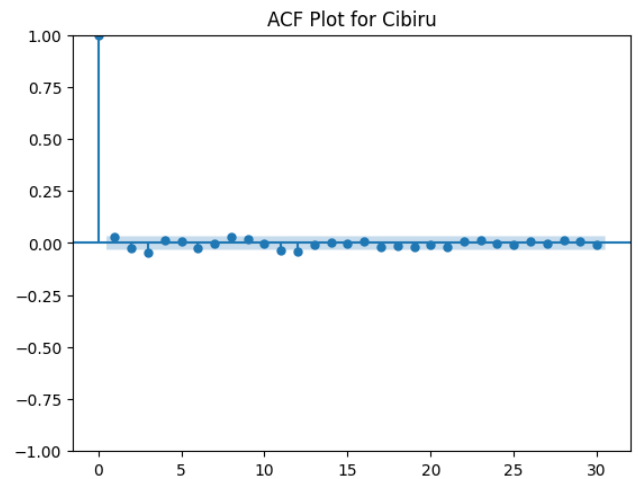
3. Uji ADF Cek Stasioneritas Data

Stasioneritas data mengasumsikan bahwa analisis time series harus terpenuhi. Pemeriksaan stasioneritas data dapat dilakukan dengan menggunakan plot time series antara nilai Z_t dengan waktu ke t . Sifat statistik dari data, seperti rata-rata, varians, dan autokorelasi, konstan sepanjang waktu. Data yang stasioner tidak memiliki tren yang meningkat atau menurun, dan fluktuasinya berada dalam kisaran yang tetap. Apabila data yang dianalisis menghasilkan data tidak stasioner maka akan dilakukan proses *differencing*. Jika data yang di analisis menghasilkan data yang stasioner maka akan lanjut ke proses ACF dan PACF.

```
Hasil uji ADF untuk kolom 'Cibiru':
Nilai statistik uji: -36.62274124299903
Nilai p-value: 0.0
Nilai Kritis:
1%: -3.4321428506483365
5%: -2.8623321816453267
10%: -2.5671916902983676
Data cenderung stasioner
```

4. Penentuan Model

Penentuan model pada penelitian ini yaitu menentukan Analisis Autocorrelation Function (ACF) dan Partial Autocorrelation Function (PACF) penting dalam pengembangan model peramalan, terutama dalam konteks optimasi konsumsi energi. ACF mengukur korelasi antara nilai-nilai dalam deret waktu dengan lag-nya sendiri, sementara PACF mengukur korelasi antara nilai-nilai tersebut setelah menghilangkan pengaruh lags yang lebih pendek. Tujuannya untuk menggambarkan bagaimana ACF dan PACF digunakan untuk memilih orde model yang tepat dalam ARIMA, serta memahami struktur dan pola dalam data konsumsi listrik dan pengolahan batu bara. Berdasarkan plot ACF dan PACF, akan dipilih nilai p (orde AR) dan q (orde MA) yang optimal untuk model ARIMA. Disini kita akan visualisasi acf pacf nya, trs penjelasan grafiknya)



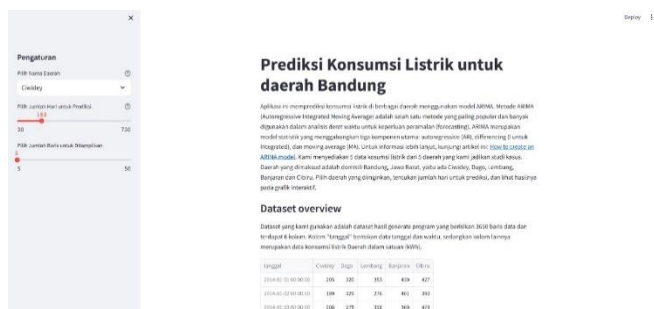
Hasil diatas mengambil satu sample dari 5 daerah, yaitu menggunakan sample daerah Cibiru. Plot ACF dan PACF untuk data konsumsi energi di Cibiru menunjukkan bahwa model ARIMA (1,0,0) mungkin adalah model yang paling

5. Simulasi ARIMA Untuk Prediksi

Penelitian ini menggunakan model ARIMA untuk memprediksi konsumsi listrik dan mengurangi pengolahan batu bara. Data konsumsi energi dikumpulkan, dibersihkan, dan diuji stasioneritasnya menggunakan uji Augmented Dickey-Fuller. Setelah itu, analisis ACF dan PACF dilakukan untuk menentukan parameter model ARIMA yang tepat. Model kemudian dibangun, diestimasi, dan dievaluasi menggunakan Root Mean Square Error (RMSE) untuk memastikan akurasi. Prediksi dilakukan untuk proyeksi konsumsi energi masa depan dan divisualisasikan dalam grafik. Hasil prediksi digunakan untuk mengoptimalkan konsumsi energi dan operasi pengolahan batu bara. Model terus dimonitor dan diperbarui untuk mempertahankan akurasi. Simulasi ARIMA ini membantu mengelola energi secara efisien.

Dalam penelitian ini, aplikasi berbasis web menggunakan Streamlit dikembangkan untuk mempermudah visualisasi dan penggunaan hasil peramalan konsumsi energi. Streamlit adalah framework open-source yang memungkinkan pembuatan aplikasi web interaktif dengan cepat menggunakan Python. Aplikasi ini dirancang untuk menampilkan hasil prediksi konsumsi listrik dan pengurangan pengolahan batu bara secara intuitif dan real-time. Aplikasi Streamlit ini memberikan kemudahan akses bagi pengguna untuk melihat visualisasi data konsumsi energi dan hasil peramalan dalam bentuk grafik yang mudah dipahami, mengakses prediksi terbaru secara real-time, dan memfasilitasi pengambilan di daerah Bandung.

Akurasi model ARIMA untuk prediksi konsumsi listrik di Bandung diukur menggunakan Root Mean Square Error (RMSE), yang menunjukkan seberapa baik model memprediksi nilai aktual dibandingkan dengan data historis. Hasil RMSE dari prediksi di lima daerah di Bandung menunjukkan nilai yang bervariasi yaitu daerah Ciwidey dengan RMSE sebesar 5,25%, daerah Dago sebesar 6,49%, daerah Lembang sebesar 7,12%, daerah Banjaran sebesar 7,31%, dan daerah Cibiru sebesar 7,64%.



Dataset overview

Dataset yang kami gunakan adalah dataset hasil generate program yang berisikan 3650 baris data dan terdapat 6 kolom. Kolom "tanggal" berisikan data tanggal dan waktu, sedangkan kolom lainnya merupakan data konsumsi listrik Daerah dalam satuan (kWh).

tanggal	Ciklady	Dago	Lembang	Bogor	Cibitu
2014-01-01 00:00:00	205	300	353	430	427
2014-01-02 00:00:00	199	329	276	401	390
2014-01-03 00:00:00	206	379	318	369	479
2014-01-04 00:00:00	215	281	331	444	368
2014-01-05 00:00:00	198	291	357	381	450

Plot Data Konsumsi Listrik

Plot Prediksi Simulasi ARIMA

Data Prediksi Konsumsi Listrik dengan Simulasi ARIMA dengan Forecasting 180 Hari

The figure is a line chart titled 'Plot Prediksi Simulasi ARIMA'. The subtitle is 'Data Prediksi Konsumsi Listrik dengan Simulasi ARIMA dengan Forecasting 180 Hari'. The chart displays two data series: 'Data Asli' (Actual Data) represented by a blue line and 'Simulasi ARIMA' (ARIMA Simulation) represented by a green line. The x-axis represents time in years, ranging from 2018 to 2024. The y-axis represents electricity consumption in kilowatt-hours (kWh), ranging from 180 to 240. The actual data shows a highly volatile time series with a clear daily and weekly pattern. The ARIMA simulation is applied to the data starting in early 2024, showing a slight downward trend compared to the actual data.

Kesimpulan Hasil Prediksi

Rata-rata konsumsi listrik yang diprediksi: 200.26 kWh (kilowatt-hours).

Tren prediksi: menurun

Prediksi menunjukkan bahwa konsumsi listrik akan menurun dibandingkan dengan data historis.

Dalam penelitian ini, penerapan metode ARIMA untuk meramalkan konsumsi listrik telah berhasil. Hasil peramalan ini memberikan informasi yang berharga bagi pengguna dalam merencanakan strategi penggunaan energi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Dengan memanfaatkan prediksi ini, pengguna dapat mengoptimalkan operasi mereka, mengurangi biaya energi, dan mengurangi dampak lingkungan dari pengolahan batu bara.

Dalam penelitian ini sudah berhasil untuk menerapkan metode ARIMA untuk memprediksi konsumsi listrik. Hasil prediksi ini memberikan informasi penting bagi yang pengguna ingin merancang strategi penggunaan energi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Dengan memanfaatkan

hasil prediksi ini, dapat mengoptimalkan operasional , menekan biaya energi, dan mengurangi dampak lingkungan dari proses pengolahan batu bara. Penerapan metode peramalan sangat penting dalam industri energi. Selain itu, aplikasi Streamlit yang dikembangkan dalam penelitian ini memungkinkan pengguna untuk memasukkan data aktual, melihat visualisasi hasil prediksi, dan mengevaluasi berbagai strategi alternatif untuk pengelolaan energi. Penggunaan aplikasi ini menunjukkan potensi besar teknologi dalam mendukung upaya pengurangan konsumsi energi dan pengolahan batu bara. Dengan adanya aplikasi ini, dapat membuat keputusan yang lebih tepat berdasarkan data, meningkatkan efisiensi penggunaan energi, dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

REFERENSI

- [1] Kajian, J., dan Pengembangan Pendidikan, P., Peningkatan Jumlah Penduduk Berdasarkan Jenis Kelamin Menggunakan Metode Arima, F., Fejriani, F., Hendrawansyah, M., Muharni, L., & Fara Handayani, S. (2020a). *GEOGRAPHY*. 8(1).
<http://journal.ummat.ac.id/index.php/geography>
- [2] Sains, J., & Seni Pomits, D. (2013b). *928X Print* (Vol. 2, Issue 2).
- [3] Salwa, N., Tatsara, N., Amalia, R., Zohra, A. F., Statistika, P. S., Kuala, S., & Aceh, B. (2018a). Peramalan Harga Bitcoin Menggunakan Metode ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average). In *Journal of Data Analysis* (Vol. 1, Issue 1).
- [4] Melinda, G., & Longgom Nasution, M. (n.d.). *Peramalan Jumlah Konsumsi Energi Listrik di PT PLN (Persero) Rayon Bukittinggi Menggunakan Metode Arima*.
- [5] Pembimbing, D., Wibowo, W., Si, S., & Si, M. (n.d.). *PERAMALAN KONSUMSI LISTRIK BERDASARKAN PEMAKAIAAN KWH UNTUK KATEGORI INDUSTRI 1-4 DI PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JAWA TIMUR MENGGUNAKAN ARIMA BOX-JENKINS*.
- [3] Prasasti, W., Puji Prasetyo, A., Studi Teknik Elektro, P., Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu Jalan Kampus Ronggolawe No, S., & Indah Cepu, M. (2022). *MENGGUNAKAN METODE AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE (ARIMA)*. 16(2).
- [6] Box, G. E. P., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2015). *Time Series Analysis: Forecasting and Control* (5th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- [7] Brockwell, P. J., & Davis, R. A. (2016). *Introduction to Time Series and Forecasting* (3rd ed.). Cham: Springer International Publishing.
- [8] Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: Principles and Practice* (2nd ed.). Melbourne, Australia: OTexts. Retrieved from <https://otexts.com/fpp3/>
- [9] Montgomery, D. C., Jennings, C. L., & Kulahci, M. (2015). *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting* (2nd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.