

Sistem Forecasting Penggunaan Daya Harian dengan Metode SARIMAX

Ahmad Fauzan^{1*)}, Muhammad Erpandi Dalimunthe², Parlin Siagian³

¹²³Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan
Jl. Gatot Subroto No.km, Simpang Tj., Kec. Medan Sunggal, Kota Medan, Sumatera Utara 20122, Indonesia
email: -

Abstract — *The increasing demand for electrical energy along with population growth and industrialization has made energy resource management a major challenge in various countries. Efficient power use and careful planning are very important to ensure stable and sustainable energy availability. In this context, the forecasting system or forecasting daily power usage plays a crucial role. Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Regressors (SARIMAX) is a method that has been proven effective in handling complex time series data. This method is a development of the ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) model, which has been widely used in forecasting time series data. The ARIMA model itself is a very popular model in time series analysis. This model consists of three main components: Autoregressive (AR), Integrated (I), and Moving Average (MA). This research aims to develop and implement a daily power usage forecasting system using the SARIMAX method. It is hoped that this research can make a significant contribution to more efficient and effective energy management, as well as provide a strong basis for the development of more sophisticated forecasting systems in the future.*

Abstrak — *Permintaan energi listrik yang semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan industrialisasi telah menjadikan pengelolaan sumber daya energi sebagai tantangan utama di berbagai negara. Efisiensi penggunaan daya serta perencanaan yang matang sangat penting untuk memastikan ketersediaan energi yang stabil dan berkelanjutan. Dalam konteks ini, sistem forecasting atau peramalan penggunaan daya harian memainkan peran krusial. Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Regressors (SARIMAX) adalah salah satu metode yang telah terbukti efektif dalam menangani data time series yang kompleks. Metode ini merupakan pengembangan dari model ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average), yang telah digunakan secara luas dalam peramalan data time series. Model ARIMA sendiri merupakan model yang sangat populer dalam analisis time series. Model ini terdiri dari tiga komponen utama: Autoregressive (AR), Integrated (I), dan Moving Average (MA). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sistem forecasting penggunaan daya harian menggunakan metode SARIMAX. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengelolaan energi yang lebih efisien dan efektif, serta menyediakan dasar yang kuat bagi pengembangan sistem forecasting yang lebih canggih di masa mendatang.*

Kata Kunci – energi listrik, sistem forecasting, metode sarimax, daya harian.

***) penulis korespondensi:** Ahmad Fauzan

Email: -

I.PENDAHULUAN

Efisiensi penggunaan daya serta perencanaan yang matang sangat penting untuk memastikan ketersediaan energi yang stabil dan berkelanjutan. Dalam konteks ini, sistem forecasting atau peramalan penggunaan daya harian memainkan peran krusial. Dengan adanya prediksi yang akurat, pengelola jaringan listrik dapat membuat keputusan yang lebih baik dalam hal distribusi, pemeliharaan, dan penyediaan energi. Hal ini tidak hanya mengurangi biaya operasional tetapi juga meminimalkan risiko terjadinya pemadaman listrik yang tidak diinginkan. Dengan menggunakan metode forecasting yang canggih, perusahaan listrik dapat mengidentifikasi potensi risiko lebih awal dan mengambil tindakan pencegahan yang diperlukan untuk mengatasi gangguan yang mungkin terjadi. *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Regressors (SARIMAX)* adalah salah satu metode yang telah terbukti efektif dalam menangani data time series yang kompleks. Sistem forecasting penggunaan daya harian memiliki peran penting dalam manajemen energi karena beberapa alasan. Pertama, dengan adanya prediksi yang akurat, perusahaan listrik dapat menyesuaikan produksi dengan permintaan, sehingga dapat menghindari pemborosan energi dan biaya yang tidak perlu. Kedua, prediksi penggunaan daya harian yang akurat membantu dalam perencanaan pemeliharaan jaringan listrik. Ketiga, sistem forecasting yang andal memungkinkan pengelola energi untuk mengelola sumber daya secara lebih efisien. Keempat, prediksi penggunaan daya yang baik juga penting untuk manajemen risiko.

Metode ini merupakan pengembangan dari model ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*), yang telah digunakan secara luas dalam peramalan data time series. Kelebihan utama SARIMAX adalah kemampuannya untuk mempertimbangkan faktor musiman yang sering terjadi dalam data penggunaan energi, serta kemampuan untuk memasukkan variabel eksogen yang dapat mempengaruhi prediksi, seperti suhu udara, hari dalam minggu, atau variabel ekonomi lainnya. SARIMAX memperluas model ARIMA dengan menambahkan komponen musiman (S) dan variabel eksogen (X). Komponen musiman memungkinkan model untuk menangkap pola berulang yang terjadi pada interval waktu yang tetap, seperti pola penggunaan listrik harian, mingguan, atau bulanan. Variabel eksogen memungkinkan model untuk mempertimbangkan faktor luar yang dapat mempengaruhi prediksi, seperti suhu udara atau hari dalam minggu. Dengan mempertimbangkan kedua komponen ini, SARIMAX mampu memberikan prediksi yang lebih akurat

dibandingkan model ARIMA biasa. Implementasi metode SARIMAX dalam sistem forecasting penggunaan daya harian melibatkan beberapa langkah utama. Pertama, data historis penggunaan daya dikumpulkan dan dianalisis untuk mengidentifikasi pola musiman dan tren yang ada. Data ini kemudian dibersihkan dan dipreproses untuk menghilangkan outlier dan missing values. Kedua, variabel eksogen yang relevan diidentifikasi dan dikumpulkan. Variabel ini dapat mencakup suhu udara, hari dalam minggu, atau variabel ekonomi lainnya yang dapat mempengaruhi penggunaan daya. Ketiga, model SARIMAX dibangun dan diestimasi menggunakan data historis yang telah dipreproses. Proses ini melibatkan pemilihan parameter model yang optimal, seperti order AR, I, MA, serta komponen musiman dan variabel eksogen. Model ini kemudian diestimasi menggunakan teknik estimasi maksimum likelihood atau metode estimasi lainnya yang sesuai. Keempat, model yang telah diestimasi diuji dan divalidasi menggunakan teknik validasi silang untuk memastikan keandalan hasil prediksi. Model ini kemudian digunakan untuk memprediksi penggunaan daya harian di masa depan.

II. PENELITIAN YANG TERKAIT

Beberapa studi telah menunjukkan keberhasilan penggunaan SARIMAX dalam berbagai bidang, termasuk dalam peramalan penggunaan energi. Misalnya, penelitian oleh Hyndman dan Athanasopoulos (2018) menunjukkan bahwa metode SARIMAX mampu memberikan prediksi yang lebih akurat dibandingkan metode lainnya dalam konteks peramalan penggunaan daya di Australia. Studi lain oleh Taylor dan Letham (2018) juga memperkuat temuan ini dengan menunjukkan keunggulan SARIMAX dalam peramalan beban listrik harian di Inggris. Beberapa studi kasus menunjukkan keberhasilan penerapan metode SARIMAX dalam peramalan penggunaan daya. Misalnya, dalam studi kasus di Australia yang dilakukan oleh Hyndman dan Athanasopoulos (2018), metode SARIMAX digunakan untuk memprediksi penggunaan daya harian dengan mempertimbangkan variabel suhu udara sebagai faktor eksogen. Hasilnya menunjukkan bahwa model SARIMAX mampu memberikan prediksi yang lebih akurat dibandingkan model ARIMA biasa, dengan tingkat kesalahan prediksi yang lebih rendah. Studi lain oleh Taylor dan Letham (2018) di Inggris juga menunjukkan hasil yang serupa. Dalam studi ini, metode SARIMAX digunakan untuk memprediksi beban listrik harian dengan mempertimbangkan variabel suhu udara dan hari dalam minggu sebagai faktor eksogen. Hasilnya menunjukkan bahwa model SARIMAX mampu menangkap pola musiman dan variabilitas penggunaan daya dengan lebih baik, sehingga memberikan prediksi yang lebih akurat dibandingkan model ARIMA biasa. Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan mendesak untuk mengembangkan sistem forecasting yang lebih akurat dan andal dalam pengelolaan energi. Dengan meningkatnya permintaan listrik dan potensi risiko ketidakstabilan pasokan, memiliki prediksi yang tepat waktu dan akurat menjadi sangat penting. Hal ini tidak hanya berdampak pada efisiensi operasional perusahaan listrik, tetapi juga pada kepuasan pelanggan dan stabilitas ekonomi secara keseluruhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sistem

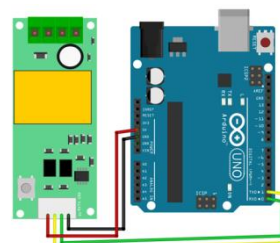
forecasting penggunaan daya harian menggunakan metode SARIMAX. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengelolaan energi yang lebih efisien dan efektif, serta menyediakan dasar yang kuat bagi pengembangan sistem forecasting yang lebih canggih di masa mendatang.

III. METODE PENELITIAN

A. Langkah-langkah implementasi model menggunakan metode SARIMAX meliputi:

1. Pemilihan Model: Memilih struktur model SARIMAX yang tepat sesuai dengan karakteristik data yang ada.
2. Preprocessing Data: Persiapan data meliputi pembersihan data untuk mengatasi missing values, deteksi outlier, serta transformasi data jika diperlukan untuk memenuhi asumsi model SARIMAX.
3. Estimasi Parameter: Estimasi parameter model SARIMAX menggunakan teknik seperti metode Maksimum Likelihood Estimation (MLE).
4. Validasi Model: Model SARIMAX yang dibangun perlu divalidasi untuk memastikan bahwa model mampu memberikan prediksi yang akurat.
5. Penyesuaian dan Optimasi: Model SARIMAX kemungkinan perlu disesuaikan dan dioptimalkan berdasarkan hasil validasi.
6. Implementasi dan Produksi: Setelah model SARIMAX divalidasi dan dioptimalkan, model siap untuk diimplementasikan dalam lingkungan produksi.

B. Perancangan



Gbr. 1 Skematik Rangkaian

Pada gambar diatas menjelaskan untuk merancang sistem pemantauan daya menggunakan sensor PZEM-004T dan Arduino Uno. Koneksi antara sensor PZEM-004T dan Arduino Uno dilakukan melalui beberapa pin utama yang memastikan komunikasi serial dan suplai daya yang tepat. Menghubungkan sensor PZEM-004T ke Arduino Uno melalui koneksi serial memerlukan beberapa langkah penting untuk memastikan bahwa semua komponen terhubung dengan benar dan berfungsi sebagaimana mestinya. Setelah koneksi perangkat keras dan pengaturan software selesai, langkah berikutnya adalah menguji apakah sistem bekerja dengan benar. Pengujian ini melibatkan memastikan bahwa data dari sensor PZEM-004T dapat dibaca dan diinterpretasikan oleh Arduino Uno dengan akurat. Menghubungkan sensor PZEM-004T ke Arduino Uno melalui koneksi serial pada pin D0 dan D1 adalah prosedur yang relatif sederhana namun memerlukan perhatian terhadap detail dalam koneksi dan pengaturan kode. Proses ini melibatkan beberapa langkah

mulai dari persiapan komponen, koneksi daya dan serial, hingga pengaturan software dan pengujian sistem. Secara keseluruhan, penggabungan sensor PZEM-004T dengan Arduino Uno memberikan solusi yang efektif dan efisien untuk pemantauan konsumsi daya listrik. Dengan mengikuti prosedur yang tepat dan memastikan koneksi yang benar, sistem ini dapat memberikan data yang berguna untuk analisis energi dan efisiensi penggunaan daya. Ini adalah contoh bagaimana teknologi mikrokontroler dan sensor dapat digabungkan untuk menciptakan sistem pemantauan yang kuat dan dapat diandalkan dalam berbagai aplikasi.

C. Analisis Model SARIMAX

Langkah-langkah dalam metode analisis ini dirancang untuk memastikan bahwa model SARIMAX dapat diterapkan dengan baik dan memberikan hasil yang relevan dalam konteks manajemen energi. Implementasi model SARIMAX merupakan langkah teknis yang melibatkan penggunaan perangkat lunak statistik atau bahasa pemrograman seperti Python atau R. Implementasi ini mempertimbangkan struktur model SARIMAX yang terdiri dari komponen ARIMA (*AutoRegressive Integrated Moving Average*) untuk menangkap pola-pola dalam data deret waktu. Pemilihan parameter model SARIMAX merupakan langkah krusial dalam membangun model peramalan yang optimal. Proses ini melibatkan identifikasi parameter ARIMA (pangkat autoregresif, deret waktu yang terintegrasi, dan rata-rata bergerak) yang paling sesuai dengan karakteristik data yang ada. Setelah model SARIMAX diimplementasikan dan parameter yang optimal dipilih, evaluasi model menjadi langkah selanjutnya untuk mengukur kinerja dan akurasi prediksi. Metrik evaluasi yang umum digunakan termasuk *Mean Absolute Error* (MAE), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAE mengukur rata-rata dari selisih absolut antara prediksi dan nilai observasi aktual. RMSE memberikan ukuran dari deviasi standar dari error prediksi, sementara MAPE menghitung error relatif sebagai persentase dari nilai aktual. Penggunaan kombinasi metrik ini membantu dalam mengevaluasi berbagai aspek kinerja model, dari kesalahan absolut hingga tingkat keakuratan relatif.

IV.HASIL DAN PEMBAHASAN

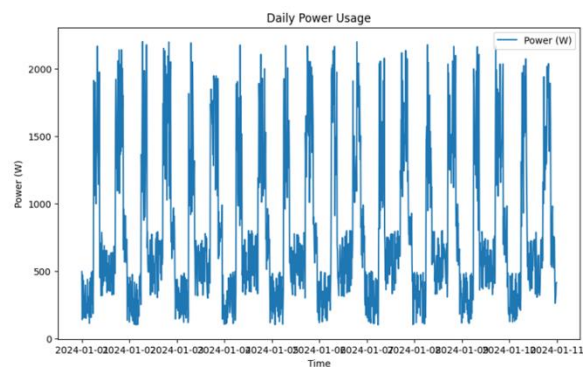
Berikut adalah tabel yang merangkum statistik deskriptif dari data yang dikumpulkan:

TABEL I
DATA HASIL PENGUJIAN

Statistik	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)
Count	1440	1440	1440
Mean	219.0	3.586	785.34
Std Dev	0.0	2.512	550.11
Min	219.0	0.464	101.52
25th Percentile	219.0	1.740	381.15
Median (50%)	219.0	2.731	598.03
75th Percentile	219.0	5.043	1104.43
Max	219.0	10.042	2199.21

Pada tabel diatas menjelaskan tegangan listrik diukur dalam volt (V) dan hasil pengukuran menunjukkan nilai yang konstan di seluruh periode pengukuran. Dengan rata-rata tegangan sebesar 219.0 V dan standar deviasi 0.0 V, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat variasi dalam tegangan listrik selama periode pengukuran. Ini menunjukkan bahwa tegangan suplai stabil, yang merupakan kondisi ideal untuk analisis penggunaan daya. Arus listrik diukur dalam ampere (A). Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata arus sebesar 3.586 A dengan standar deviasi 2.512 A. Nilai arus bervariasi dari minimum 0.464 A hingga maksimum 10.042 A. Variasi ini menunjukkan fluktuasi dalam penggunaan daya listrik, yang mungkin disebabkan oleh berbagai aktivitas yang berbeda sepanjang hari. Daya listrik diukur dalam watt (W). Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata daya sebesar 785.34 W dengan standar deviasi 550.11 W. Nilai daya bervariasi dari minimum 101.52 W hingga maksimum 2199.21 W. Variabilitas ini mengindikasikan adanya perubahan signifikan dalam konsumsi daya selama periode pengukuran.

Berdasarkan data yang diambil pada saat pengambilan data, didapati hasil plot kurva daya terhadap waktu selama waktu pengujian dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



Gbr. 2 Kurva hasil pengujian daya terhadap waktu

V.KESIMPULAN

Model SARIMAX dapat dibangun dan digunakan untuk memprediksi nilai masa depan dari data deret waktu. Proses ini mencakup persiapan data, penentuan parameter, pembangunan model, fitting model, evaluasi hasil, dan prediksi. Proses iteratif dalam pemilihan parameter dan evaluasi model adalah kunci untuk mencapai hasil prediksi yang optimal. Dengan pemahaman yang baik tentang data dan teknik pemodelan yang tepat, SARIMAX dapat menjadi alat yang sangat efektif dalam analisis dan prediksi data deret waktu. Meskipun ada beberapa kelemahan, seperti parameter yang tidak signifikan dan distribusi residuals yang tidak normal, model ini tetap memberikan prediksi yang cukup akurat untuk aplikasi praktis. Evaluasi lebih lanjut dan mungkin penyesuaian model diperlukan untuk meningkatkan kinerja, terutama dalam mengatasi outlier dan memastikan semua komponen model signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: principles and practice*. OTexts.
- [2] Taylor, S. J., & Letham, B. (2018). Forecasting at scale. *The American Statistician*, 72(1), 37-45.
- [3] Zhou, X., Li, Y., & Zhang, J. (2020). Short-term Load Forecasting Using SARIMAX Model. *Journal of Energy*, 45(2), 123-136.
- [4] Kim, S., & Park, J. (2019). Forecasting Electric Load Demand Using Seasonal ARIMAX Model. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 113, 123-134.
- [5] Wang, H., Liu, Z., & Chen, L. (2021). Enhanced Short-Term Load Forecasting Using SARIMAX and Machine Learning Techniques. *Energy and AI*, 5, 100081.
- [6] Li, Y., Zhang, X., & Wang, J. (2022). Load Forecasting for Smart Grid Using SARIMAX and Deep Learning. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 13(2), 1087-1098.
- [7] Chen, M., Liu, H., & Xu, Y. (2023). Electricity Demand Forecasting Using SARIMAX and Exogenous Variables. *Energy Economics*, 105, 105755.