



SNESTIK

Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi,
dan Teknik Informatika

<https://ejurnal.itats.ac.id/snestik> dan <https://snestik.itats.ac.id>



Informasi Pelaksanaan :

SNESTIK III - Surabaya, 11 Maret 2023

Ruang Seminar Gedung A, Kampus Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Informasi Artikel:

DOI : 10.31284/p.snestik.2023.4048

Prosiding ISSN 2775-5126

Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi-Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Gedung A-ITATS, Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya 60117 Telp. (031) 5945043
Email : snestik@itats.ac.id

Perancangan Sistem Prediksi Daya Listrik PLTB Sidrap Menggunakan Model Autoregressive

Muhammad Khamim Asy'ari, Vinar Shinta Saitama Sitanggang, Ali Musyafa'

Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
e-mail: muhammadasyari11@mhs.ep.its.ac.id

ABSTRACT

Wind energy conversion system into electrical energy can be obtained through a wind power plant (WPP). The WPP Sidrap is the first commercial-scale WPP in Indonesia. The sustainability of the WPP Sidrap needs to be maintained because the power generated is not constant. Inconstant power is caused by wind velocity that is not constant. A WPP power prediction system is needed to maintain sustainability through an autoregressive model analysis. The model was built from the data obtained for 14 days with an interval of 30 minutes for 24 hours. The data is divided into training data and test data with a ratio of 70:30. The autoregressive model uses three lags as variations. The results of the autoregressive model for the best prediction system are by using the input variable in the form of lag-1 data with the equation

$\hat{x}_t = 0.520 + 0.907x_{t-1}$. The resulting RMSE value is 2.569 for training data and 2.266 for test data.

Keywords: data; electrical; energy; rsme; velocity; wind

ABSTRAK

Sistem konversi energi angin menjadi energi listrik dapat diperoleh melalui pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB). PLTB Sidrap merupakan PLTB skala komersial pertama di Indonesia. Keberlanjutan PLTB Sidrap perlu dijaga sebab daya listrik yang dihasilkan tidak konstan. Daya listrik yang tidak konstan disebabkan kecepatan angin yang tidak konstan. Suatu sistem prediksi daya listrik PLTB diperlukan untuk menjaga keberlanjutan melalui analisis model autoregressive. Model dibangun melalui data yang diperoleh selama 14 hari dengan interval waktu pengukuran adalah 30 menit selama 24 jam. Data dibagi menjadi data latih dan data uji dengan perbandingan 70:30. Model autoregressive menggunakan tiga lag sebagai variasi. Hasil

model *autoregressive* untuk sistem prediksi terbaik adalah dengan menggunakan variabel masukan berupa data lag-1 dengan persamaan $\hat{x}_t = 0,520 + 0,907x_{t-1}$. Nilai *RMSE* yang dihasilkan sebesar 2,569 untuk data latih dan 2,266 untuk data uji.

Kata kunci: angin; data; energi; kecepatan; listrik; rsme

PENDAHULUAN

Energi angin adalah energi yang terbentuk dari dari perbedaan tekanan udara akibat proses pemanasan permukaan bumi oleh matahari yang tidak merata [1]. Energi angin dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik yang dikenal dengan sebutan Pembangkit Listrik Tenaga Angin atau Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). PLTB adalah salah satu pembangkit listrik energi terbarukan yang ramah lingkungan dan memiliki efisiensi kerja yang baik jika dibandingkan dengan pembangkit listrik energi terbarukan lainnya. Prinsip kerja PLTB adalah dengan memanfaatkan energi kinetik angin yang masuk ke dalam area efektif turbin untuk memutar baling-baling turbin angin, kemudian energi mekanik ini diteruskan ke generator untuk membangkitkan energi listrik [2].

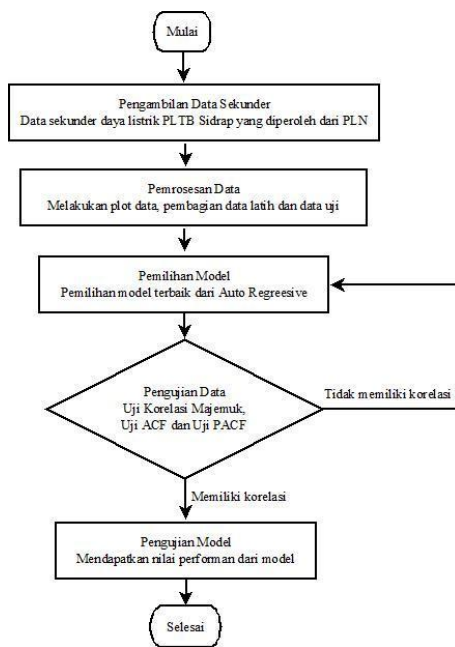
Indonesia telah membangun sebuah PLTB skala komersil pertama yaitu PLTB Sidrap yang terletak di Desa Mattirotasi dan Lainungan, Kecamatan Watangpulu, Kabupaten Sidenreng Rappang, Provinsi Sulawesi Selatan. PLTB Sidrap memiliki 30 turbin dan mampu membangkitkan listrik sebesar 75 MW dengan kapasitas masing-masing turbin adalah 2,5 MW [3]. PLTB Sidrap mampu memasok listrik ke lebih dari 70.000 pelanggan di Sulawesi Selatan dengan daya listrik 900 Volt Ampere. Daya listrik yang dihasilkan pada masing-masing turbin sebesar 2,5 MW, yang terjadi saat kecepatan angin sebesar 7 m/s. Kecepatan angin yang tidak selalu konstan, mengakibatkan daya listrik yang dibangkitkan turbin angin juga tidak konstan. Suatu sistem prediksi daya listrik PLTB diperlukan untuk menjaga keberlanjutan daya listrik yang dihasilkan PLTB melalui analisis model deret waktu. Model deret waktu dapat dipilih karena ketidakterersediaan data masukan seperti kecepatan angin untuk memprediksi daya listrik PLTB.

Model deret waktu adalah sebuah model yang dibangun dengan bantuan data deret waktu untuk mencoba mengidentifikasi pola dari data masa lalu dan memodelkan pola tersebut untuk memprediksi kejadian di masa depan. Metode deret waktu terdiri dari berbagai model deret waktu, salah satunya model *autoregressive* [4]. Model *autoregressive* merupakan model deret waktu yang sederhana dan dapat digunakan untuk data deret waktu stasioner atau memiliki kecenderungan naik atau menurun [5].

Penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian tentang prediksi daya panel surya kapasitas 50 Wp menggunakan model regresi linier majemuk [6]. Variasi yang diberikan adalah jenis variabel masukan yaitu temperatur panel surya, iradiasi surya, dan kombinasi dari keduanya. Hasil perancangan sistem prediksi terbaik adalah kombinasi temperatur panel surya dan iradiasi surya sebagai variabel masukan. Pengaplikasian *autoregressive* juga pernah digunakan untuk memprediksi pencurian sepeda motor menggunakan model *autoregressive* (AR), *moving average* (MA) dan *autoregressive integrated moving average* (ARIMA). Hasil model terbaik berupa model AR(1), model AR(3), model MA(1), ARIMA(1,1,1) dan model ARIMA (3,1,1)[7]. Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu model *autoregressive* untuk memprediksi daya PLTB listrik Sidrap.

METODE

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Metode Penelitian

Pengambilan Data Sekunder

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pengukuran daya listrik yang dihasilkan oleh PLTB Sidrap dengan menggunakan data dari PLN. Data yang digunakan diperoleh selama 14 hari dari 28 Februari sampai 13 Maret 2018. Interval waktu pengukuran adalah 30 menit selama 24 jam [8].

Pemrosesan Data

Sistem prediksi daya listrik PLTB Sidrap dirancang dengan menggunakan model *autoregressive*. Data yang diperoleh akan dibuat grafik berdasarkan waktu. Data dibagi menjadi dua bagian yaitu data latih dan data uji dengan perbandingan 70:30. Data latih digunakan untuk mendapatkan model atau persamaan matematik dari model *autoregressive* dan data uji digunakan untuk menguji model yang diperoleh [5]. model atau persamaan *autoregressive* lag ke- p dari deret waktu, x_t ditampilkan pada persamaan (1) .

$$x_t = \varphi_1 x_{t-1} + \varphi_2 x_{t-2} + \dots + \varphi_p x_{t-p} + \varepsilon_t \tag{1}$$

Pengujian Data

Pengujian data dilakukan dengan uji korelasi majemuk serta uji ACF dan PACF. Uji korelasi bertujuan untuk mendapatkan nilai dari hubungan antara dua variabel bebas atau lebih dengan satu variabel terikat. Persamaan uji korelasi majemuk berdasarkan penelitian [9], [10]. ACF atau *autocorrelation function* adalah hubungan linear antara data runtun waktu x_t dengan x_{t-1} dengan tujuan mengidentifikasi model dan kestasioneran data dalam rata-rata dan kovariansi. PACF atau *partial autocorrelation function* adalah korelasi x_t dengan x_{t-1} setelah menghapus setiap ketergantungan linear [11]. Persamaan ACF dan PACF berdasarkan penelitian [12].

Pengujian Model

Pengujian model dilakukan untuk melihat perbedaan selisih antara hasil model yang dipilih dengan data pengukuran. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Root Mean Square Error*

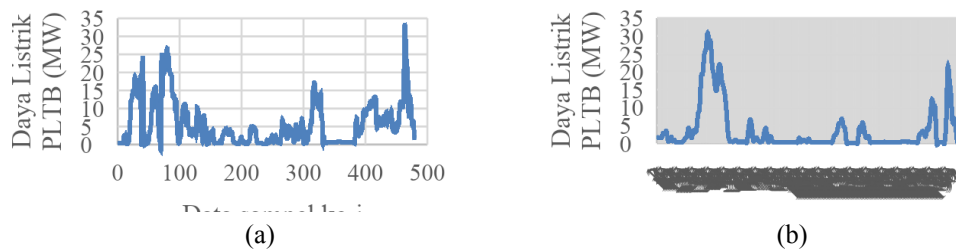
(RMSE). RMSE didefinisikan sebagai sebuah teknik untuk mengevaluasi sistem prediksi yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi dari hasil prakiraan suatu model. RMSE ditunjukkan dalam persamaan (2).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2}{n}} \tag{2}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

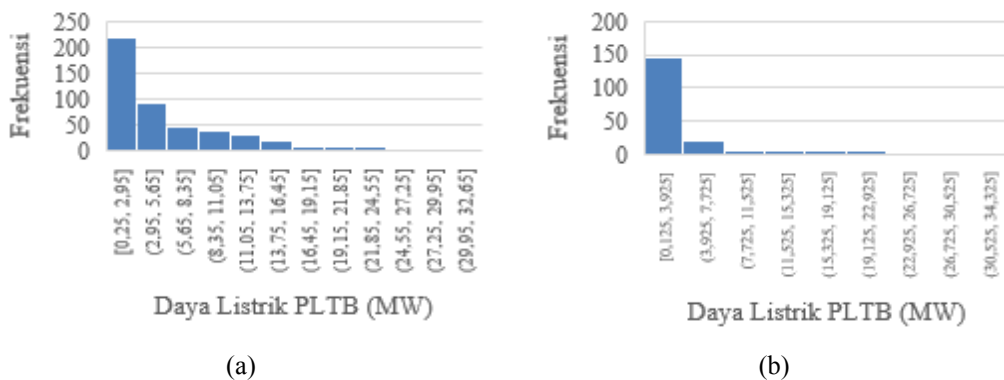
Hasil Pengambilan Data

Hasil pembagian data untuk data latih dan data uji ditampilkan pada Gambar 2. Gambar 2 (a) merupakan grafik dari data latih yang akan digunakan untuk mencari persamaan model *autoregressive* sebagai sistem prediksi. Gambar 2 (b) merupakan grafik dari data uji yang digunakan untuk menguji persamaan model *autoregressive*.



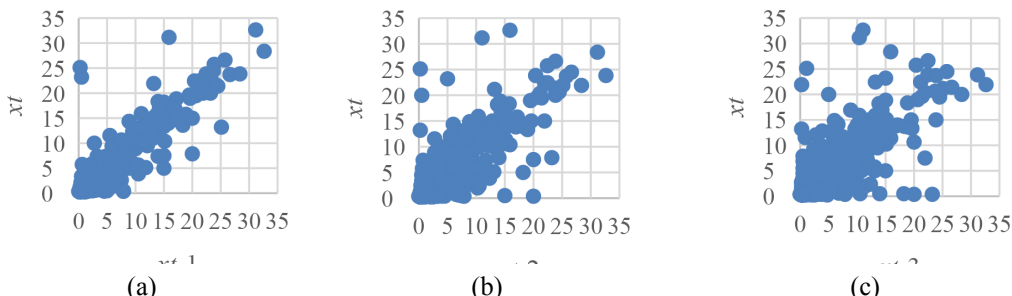
Gambar 2 Grafik (a) data latih (b) data uji

Gambar 2 (a)-(b) menunjukkan pergerakan daya listrik PLTB yang fluktuatif dalam waktu 10 hari dan 4 hari. Gambar 2(a) menunjukkan daya listrik minimum, maksimum, rata-rata, dan variansi berturut-turut sebesar 0,250; 32,640; 5,550; dan 37,270 MW. Gambar 2(b) menunjukkan daya listrik minimum, maksimum, rata-rata, dan variansi berturut-turut sebesar 0,125; 30,770; 3,493; dan 39,475 MW. Data latih mempunyai nilai *kurtosis* sebesar 2,348 dan nilai *skewness* sebesar 1,560, sedangkan data uji mempunyai nilai *kurtosis* sebesar 5,914 dan nilai *skewness* sebesar 2,528. Nilai *kurtosis* dari data latih menunjukkan lebih kecil dari 3, sehingga masuk ke dalam kategori *platykurtis* sedangkan nilai *kurtosis* untuk data uji menunjukkan lebih besar dari 3, sehingga masuk ke dalam kategori *leptokurtis*. Nilai *skewness* dari kedua data menunjukkan lebih dari 1 sehingga masuk ke dalam kategori *positive skewed*. Grafik histogram untuk masing-masing data ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Histogram (a) data latih (b) data uji

Analisis Korelasi



Gambar 4 Plot pencar (*scatter plot*) Daya PLTB, x_t terhadap (a) lag-1, (b) lag-2 (c) lag-3

Gambar 4 menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara daya listrik PLTB saat ini, x_t dengan daya listrik pada waktu sebelumnya, x_{t-k} . Nilai koefisien korelasi antara daya listrik saat ini x_t terhadap lag-1 (x_{t-1}), lag-2 (x_{t-2}), dan lag-3 (x_{t-3}) berturut-turut sebesar 0,907, 0,827, dan 0,766. Nilai korelasi sebesar 0,907 dan 0,827 masuk dalam kategori sangat kuat sedangkan nilai sebesar 0,766 masuk dalam kategori kuat. Nilai korelasi majemuk sebesar 0,907 yang sama dengan nilai korelasi tunggal antara data x_t terhadap data lag-1 namun lebih tinggi daripada nilai korelasi tunggal lag-2 dan lag-3. Nilai determinasi dan korelasi dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Perhitungan signifikansi regresi linear majemuk hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 1. Koefisien determinasi

Variabel	Analisa korelasi tunggal			Analisa korelasi majemuk	
	x_{t-1}	x_{t-2}	x_{t-3}	x_{t-1} dan x_{t-2}	$x_{t-1}, x_{t-2},$ dan x_{t-3}
x_t	0,823	0,684	0,587	0,823	0,823

Tabel 2. Koefisien korelasi

Variabel	Analisa korelasi tunggal			Analisa korelasi majemuk	
	x_{t-1}	x_{t-2}	x_{t-3}	x_{t-1} dan x_{t-2}	$x_{t-1}, x_{t-2},$ dan x_{t-3}
x_t	0,907	0,827	0,766	0,907	0,907
Keterangan	Sangat kuat	Sangat kuat	Kuat	Sangat kuat	Sangat kuat

Tabel 3. Analisis Variansi

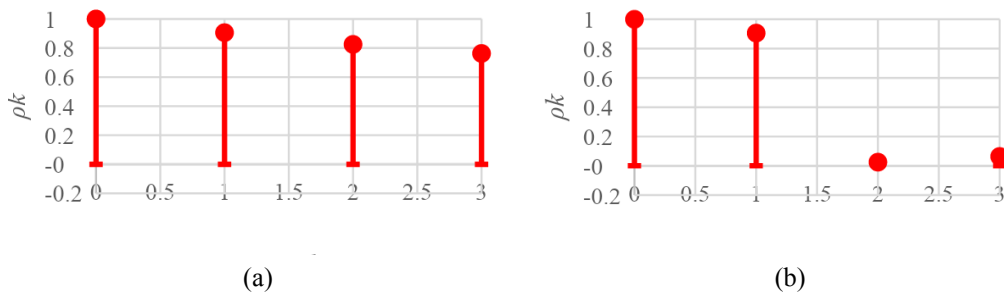
Variabel Masukan	ANOVA	df	SS	MS	F	Significance F
1	Regression	1	14664,715	14664,715	2213,109	$2,7 \times 10^{-181}$
	Residual	477	3160,743	6,626		
	Total	478	17825,458			
2	Regression	2	14639,391	7319,696	1100,579	$4,794 \times 10^{-179}$
	Residual	475	3159,115	6,651		
	Total	477	17798,507			
3	Regression	3	14625,537	4875,179	733,003	$2,3 \times 10^{-177}$
	Residual	473	3145,906	6,651		

Total	476	17771,443
-------	-----	-----------

Tabel 3 merupakan tabel ANOVA (*analysis of variance*) yaitu tabel yang menguji penerimaan model dari perspektif dalam bentuk analisis ragam (*variance*). *Degree of Freedom* (df) adalah derajat bebas dari total yaitu $n-1$, dengan n adalah banyaknya observasi. *Sum of Square* (SS) diperoleh dari penjumlahan kuadrat dari prediksi variabel terikat dikurangi dengan nilai rata-rata permintaan dari data sebenarnya. *Mean of Square* (MS) merupakan rata-rata jumlah kuadrat diperoleh dengan membagi nilai pada kolom SS dengan kolom df. Nilai F diperoleh dengan membagi MS regression dengan MS residual.

Hasil ACF dan PACF

Penentuan orde (lag) pada model *autoregressive* dapat ditentukan menggunakan grafik ACF dan PACF. Grafik ACF dan PACF dari data daya listrik masing-masing ditampilkan pada Gambar 5 (a) dan (b).



Gambar 5 Grafik (a) ACF dan (b) PACF dari data daya listrik PLTB

Gambar 5 (a) terlihat bahwa tidak ada *cut off* pada grafik ACF. Grafik ACF terlihat menurun mengikuti bentuk eksponensial. Gambar 5 (b) terlihat bahwa terjadi *cut off* pada lag-2 pada grafik PACF. Hal ini menunjukkan bahwa model yang direkomendasikan adalah *autoregressive* dengan lag-1 untuk data daya listrik PLTB[13].

Hasil Pemodelan

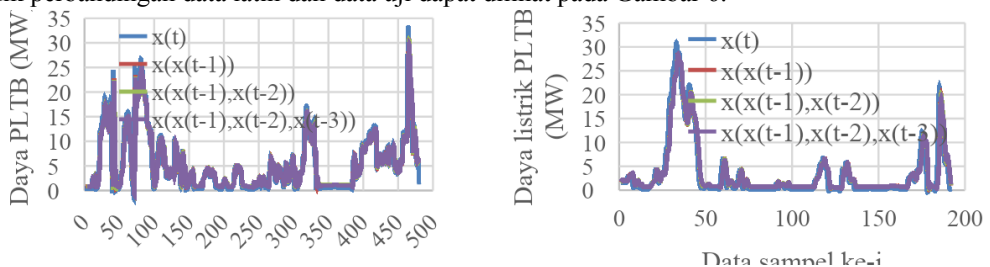
Hasil pemodelan *autoregressive* dengan mempertimbangkan data lag-1, lag-2, dan lag-3 dapat ditunjukkan dalam persamaan (3)-(5) berikut.

$$\hat{x}_t = 0,520 + 0,907x_{t-1} \tag{3}$$

$$\hat{x}_t = 0,888x_{t-1} + 0,021x_{t-2} + 0,511 \tag{4}$$

$$\hat{x}_t = 0,886x_{t-1} - 0,036x_{t-2} + 0,064x_{t-3} + 0,482 \tag{5}$$

Hasil persamaan (3)-(5) dibandingkan menggunakan data latih dan data uji. Hasil grafik perbandingan data latih dan data uji dapat dilihat pada Gambar 6.



(a) (b)
Gambar 6 Grafik perbandingan (a) data latih (b) data uji

Gambar 6 (a) menunjukkan perbandingan grafik perbandingan menggunakan data latih sedangkan Gambar 6(b) menggunakan data uji. Grafik x_t adalah grafik daya listrik PLTB yang sebenarnya. Gambar 6 (a)-(b) diperoleh bahwa grafik dengan persamaan (3)-(5) terlihat mendekati grafik x_t . Nilai *RMSE* dari hasil perbandingan ketiga grafik untuk data latih dan data uji dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai *RMSE*

Data latih		Data uji	
Variabel masukan	Nilai <i>RMSE</i>	Variabel masukan	Nilai <i>RMSE</i>
x_{t-1}	2,569	x_{t-1}	2,266
x_{t-1} dan x_{t-2}	2,571	x_{t-1} dan x_{t-2}	2,279
x_{t-1} , x_{t-2} , dan x_{t-3}	2,568	x_{t-1} , x_{t-2} , dan x_{t-3}	2,309

Nilai *RMSE* terkecil untuk model dengan menggunakan data latih sebesar 2,568, saat variabel masukan berupa x_{t-1} , x_{t-2} , dan x_{t-3} . Nilai *RMSE* pada data latih untuk setiap variasi variabel masukan tidak jauh berbeda, berada pada rentang 2,568-2,571. Nilai *RMSE* terkecil untuk model dengan menggunakan data uji sebesar 2,266, saat variabel masukan berupa x_{t-1} . Nilai *RMSE* pada data latih untuk setiap variasi variabel masukan tidak jauh berbeda, berada pada rentang 2,266-2,309.

KESIMPULAN

Perancangan sistem prediksi daya listrik PLTB Sidrap dapat dibuat menggunakan model *autoregressive* sebagai model runtun waktu. Data pada masa lampau menjadi variabel masukan dapat digunakan untuk memprediksi nilai daya listrik yang akan dihasilkan oleh PLTB Sidrap. koefisien korelasi terbesar adalah 0,907 yang diperoleh antara daya listrik saat ini x_t terhadap lag-1 (x_{t-1}). Hasil model *autoregressive* untuk sistem prediksi terbaik adalah dengan menggunakan variabel masukan berupa data lag-1 dengan persamaan $\hat{x}_t = 0,520 + 0,907x_{t-1}$. Nilai *RMSE* yang dihasilkan sebesar 2,569 untuk data latih dan 2,266 untuk data uji.

DAFTAR PUSTAKA

[1] H. P Dida, S. Suparman, and D. Widhiyanuriyawan, “Pemetaan Potensi Energi Angin di Perairan Indonesia Berdasarkan Data Satelit QuikScat dan WindSat,” *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 95–101, 2016, doi: 10.21776/ub.jrm.2016.007.02.7.

[2] M. B. Toriki, M. K. Asy’ari, and A. Musyafa’, “Enhanced Performance of PMSG in WECS Using MPPT – Fuzzy Sliding Mode Control,” *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, vol. 54, no. 1, pp. 85–96, 2021.

[3] A. R. Prima, “Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Sidrap 75 MW,” *Engineer Weekly*, Jakarta Pusat, 2018.

[4] M. Alkaff and N. Eko Yulianto, “Prediksi Jumlah Kejadian Titik Api Melalui Pendekatan Deret Waktu Menggunakan Model Seasonal Arima,” *Jurnal ELTIKOM*, vol. 3, no. 2, pp. 54–63, 2019.

[5] I. W. Sumarjaya, *Modul Analisis Deret Waktu*. 2016.

-
- [6] R. I. Mukromin and M. K. Asy'ari, "Prediksi Daya Panel Surya Kapasitas 50 Wp Menggunakan Model Regresi Linier Majemuk," *Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik*, vol. 10, no. 2, Dec. 2020, doi: 10.37209/jtbtt.v10i2.166.
- [7] M. Pranata, D. Anggraini, D. Makbuloh, and A. Rinaldi, "Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung, 2 Institut Teknologi Sumatera 1,3,4," *Jl. Letkol H. Endro Suratmin*, vol. 14, 2020, doi: 10.30598/barekengvol14iss3pp423-432.
- [8] M. K. Asy'ari, K. Indriawati, R. D. Noriyati, and A. Musyafa', "Evaluation of Wind Turbine Installation and Development at Sidrap Wind Farm , South Sulawesi , Indonesia," *International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering IJMME-IJENS*, vol. 20, no. 05, pp. 66–73, 2020.
- [9] M. K. Asy'Ari, A. Musyafa', R. D. Noriyati, and K. Indriawati, "Soft Sensor Design of Solar Irradiance Using Multiple Linear Regression," in *Proceedings - 2019 International Seminar on Intelligent Technology and Its Application, ISITIA 2019*, 2019, pp. 56–60. doi: 10.1109/ISITIA.2019.8937150.
- [10] R. I. Mukromin and M. K. Asy'ari, "Prediksi Daya Panel Surya Kapasitas 50 Wp Menggunakan Model Regresi Linier Majemuk," *Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik*, vol. 10, no. 2, pp. 58–65, 2020, doi: 10.37209/jtbtt.v10i2.166.
- [11] N. L. K. Dwi Murniati, I. Indwiarti, and A. A. Rohmawati, "Implementasi Model Autoregressive (AR) Dan Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (ARCH) Untuk Memprediksi Harga Emas," *Indonesian Journal on Computing (Indo-JC)*, vol. 3, no. 2, p. 29, 2018, doi: 10.21108/indojc.2018.3.2.225.
- [12] N. H. Latief, Nur'eni, and I. Setiawan, "Peramalan Curah Hujan di Kota Medan dengan Menggunakan Metode SARIMAX," *Statistika*, vol. 22, no. 1, pp. 55–63, 2022.
- [13] N. L. K. Dwi Murniati, I. Indwiarti, and A. A. Rohmawati, "Implementasi Model Autoregressive (AR) Dan Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (ARCH) Untuk Memprediksi Harga Emas," *Indonesian Journal on Computing (Indo-JC)*, vol. 3, no. 2, p. 29, Sep. 2018, doi: 10.21108/indojc.2018.3.2.225.