

PERAMALAN DAYA LISTRIK JANGKA PENDEK PADA SMART GRID PHOTOVOLTAIC MENGGUNAKAN METODE AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE (ARIMA) DENGAN PENGARUH SENSOR SUHU PADA MODE HYBRID

Ilham Amarulloh

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
email: ilhamamarulloh.19075@mhs.unesa.ac.id

Unit Three Kartini, Subuh Isnur Haryudo, Widi Aribowo

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: unitthree@unesa.ac.id, subuhisnur@unesa.ac.id, widiaribowo@unesa.ac.id

Abstrak

Listrik merupakan suatu kebutuhan yang sangat berperan penting pada era sekarang. Tanpa listrik konsumen tidak bisa melakukan aktifitas sehari-hari. Di berbagai daerah, pemakaian listrik berbeda-beda sehingga konsumen membutuhkan tambahan penyediaan tenaga listrik dan pembangkit listrik terbarukan. Peramalan ini dimaksudkan untuk membantu para konsumen agar daya yang dihasilkan lebih optimal dan stabil serta memiliki peranan penting dalam perencanaan yang efektif dan efisien. Metode peramalan yang paling umum digunakan adalah runtun waktu (time series). Runtun waktu (time series) merupakan metode peramalan untuk menganalisa dan mempertimbangkan penggunaan waktu secara beruntun. Peramalan ini juga membutuhkan suatu metode untuk menganalisa daya yang akan dihasilkan untuk kedepannya. Pada penelitian ini dilakukan peramalan daya listrik jangka pendek dengan menggunakan metode *Autoregressive Integrated Moving Average* dengan adanya pengaruh sensor suhu pada mode *Hybrid*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya listrik yang dihasilkan pada panel surya selama 1 jam kedepan. Kebaharuan pada penelitian ini adalah peramalan beban listrik jangka pendek dengan menggunakan metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dengan pengaruh sensor suhu pada mode *Hybrid*. Hasil penelitian peramalan daya listrik jangka pendek menggunakan metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) didapatkan hasil untuk jenis kesalahan error paling kecil sebesar MAPE = 6.315%. Sehingga dengan menggunakan metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) didapatkan hasil yang baik dan peramalan yang lebih akurat selama 1 jam kedepan. Hasil peramalan dalam penelitian ini menggunakan model ARIMA (2,1,2) dengan nilai *Mean Square* (MS) sebesar 82.0017. Untuk perbedaan antara data sebelum peramalan dan sesudah peramalan bahwa hasil dari data peramalan lebih tinggi daripada sebelum peramalan

Kata Kunci: Peramalan, *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), *Mean Absolute Percent Error* (MAPE), *Mean Square* (MS)

Abstract

Electricity is a necessity that plays an important role in today's era. Without electricity consumer cannot do our daily activities. In various regions, the use of electricity varies so that consumer need additional electricity supply and renewable power plants. Forecasting is intended to help consumers so that the power produced is more optimal and stable and has an important role in effective and efficient planning. The most commonly used forecasting method is time series. Time series is a forecasting method to analyze and consider the use of time in a row. This forecasting also requires a method to analyze the power that will be generated in the future. In this study, short-term electrical power forecasting was performed using the method *Autoregressive Integrated Moving Average* with the influence of the temperature sensor in mode *Hybrid*. This study aims to determine the electrical power generated by solar panels for the next 1 hour. The novelty in this research is short-term electrical load forecasting using the method *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) with the influence of the temperature sensor in mode *Hybrid*. The results of the short-term electrical power forecasting research using the method, the *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) results for the smallest error type are MAPE = 6.315%. So that by using the method *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), good results and more accurate forecasts are obtained for the next 1 hour. Forecasting results in this study using the ARIMA model (2,1,2) with a *Mean Square* (MS) value of 82.0017. For the difference between data before forecasting and after forecasting that the results of forecasting data are higher than before forecasting

Keywords: Forecasting, *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), *Mean Absolute Percent Error* (MAPE), *Mean Square* (MS)

PENDAHULUAN

Listrik merupakan suatu kebutuhan yang sangat berperan penting pada era sekarang. Tanpa listrik konsumen tidak bisa melakukan aktifitas sehari-hari. Di berbagai daerah, pemakaian listrik berbeda-beda sehingga konsumen membutuhkan tambahan penyediaan tenaga listrik dan pembangkit listrik terbarukan. Dengan melihat dari kenyataan bahwa listrik mengalami peningkatan yang cukup tinggi sehingga perlu meminta ke penyedia listrik untuk menyalurkan kebutuhan listrik ke konsumen untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Maka dari itu dibuatlah sistem PLTS untuk mengurangi biaya penggunaan listrik harian dari PLN serta dapat memenuhi kebutuhan sehari-hari. Dan untuk PLTS sendiri berasal dari energi matahari yang bisa digunakan sebelum menggunakan energi listrik PLN sehingga tagihan PLN ini bisa lebih murah dengan adanya sistem PLTS. Dengan adanya *Photovoltaic* ini memungkinkan konsumen dapat menggunakan energi matahari dan PLN secara bersamaan atau sendiri-sendiri. Sehingga listrik dapat berjalan terus ketika listrik padam karena adanya baterai yang berfungsi sebagai cadangan listrik ketika PLN mati. Selain itu, untuk menghindari penggunaan daya yang berlebihan maka dilakukan peramalan daya listrik. Peramalan ini dimaksudkan untuk membantu para konsumen agar daya yang dihasilkan lebih optimal dan stabil serta memiliki peranan penting dalam perencanaan yang efektif dan efisien. Metode peramalan yang paling umum digunakan adalah runtun waktu (*time series*).

Runtun waktu (*time series*) merupakan metode peramalan untuk menganalisa dan mempertimbangkan penggunaan waktu secara teratur. Data yang digunakan pada runtun waktu berupa jam, hari, minggu, bulan, dan lain-lain [1]. Peramalan ini juga membutuhkan suatu metode untuk menganalisa daya yang akan dihasilkan untuk kedepannya. Metode yang dipakai untuk peramalan sehari-hari adalah metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). Metode ARIMA ini merupakan metode penggabungan antara metode *Autoregressive* (AR) dengan metode *Moving Average* (MA). Selain itu, metode ARIMA merupakan suatu metode berdasarkan pada nilai suatu peubah dengan memperhatikan waktu lampau, lalu digunakan untuk menentukan data historis serta digunakan juga untuk mengidentifikasi pola tersebut pada masa yang akan datang [3]. Selain melakukan peramalan, suhu juga sangat berpengaruh pada pembangkit listrik tenaga surya ini. Suhu yang panas akan membuat *Photovoltaic* bekerja lebih maksimal karena energi yang dihasilkan dari matahari lebih banyak. Maka dari itu, peramalan dengan memperhatikan suhu sangatlah penting untuk melihat perkembangan daya yang dihasilkan dimasa datang [6].

Pada penelitian ini, akan dijelaskan tentang peramalan (*Forecasting*) daya listrik jangka pendek pada *Photovoltaic* menggunakan metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dengan pengaruh suhu pada mode *Hybrid*. Sebelumnya penelitian sudah pernah dilakukan Hung [1] yang membahas tentang *Short-term Electricity Load Forecasting with Time Series Analysis*. dengan menggunakan metode ARIMA. Kemudian Ginna dkk [3] yang membahas tentang Peramalan Jumlah Konsumsi Energi Listrik di PT PLN (Persero) Rayon Bukittinggi Menggunakan Metode ARIMA. Selanjutnya Isop dkk [4] yang membahas tentang Implementasi Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) untuk Peramalan Jumlah Kereta Api di Pulau Sumatera. Serta Subrina [5] membahas tentang *Analysis and Application of seasonal ARIMA model in Energy Demand Forecasting: A case study of small scale agricultural load*.

Dari referensi penelitian yang ditemukan, ada beberapa penelitian yang masih membahas mengenai peramalan beban dan peramalan daya listrik jangka pendek dengan menggunakan berbagai metode yang dimana metode yang digunakan juga berbeda-beda seperti contoh metode ARIMA-ANFIS. Pada penelitian kali ini memiliki kebaruan dilakukannya proses peramalan jangka pendek yaitu melakukan peramalan 1 jam kedepan pada *Photovoltaic* selama 3 hari menggunakan metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dengan pengaruh suhu mode hybrid. Jadi, peneliti melakukan peramalan pada panel surya dengan mempertimbangkan suhu pada *Photovoltaic*.

Dari teori yang peneliti buat maka akan mendapatkan perumusan masalah dari penelitian yaitu bagaimana cara menganalisa perhitungan peramalan daya listrik *smart grid photovoltaic* dalam jangka waktu pendek dengan metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dengan adanya pengaruh suhu pada mode *hybrid*.

Setelah membuat perumusan masalah langkah selanjutnya membuat tujuan penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya listrik yang dihasilkan pada panel surya selama 1 jam ke depan serta mencari rata-rata nilai error terkecil atau *Mean Absolute Percentage* (MAPE) dalam peramalan daya *photovoltaic*.

Data daya listrik dengan satuan WATT yang digunakan untuk mendukung penelitian ini yaitu dengan jenis alat. Pengambilan data untuk penelitian dilakukan dengan pengoperasian pada alat yang dibuat serta dilaksanakan di rumah. Dasar teori pembentuk artikel ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

TEORI

Smart Grid

Smart Grid [SG] merupakan suatu teknologi yang memanfaatkan kemajuan teknologi seperti komunikasi, computer, dan cyber untuk dapat dilakukan pengendalian dan pengoperasian sistem tenaga listrik dengan jarak jauh. Dengan adanya sistem *Smart Grid* ini memudahkan para konsumen dalam menggunakan listrik untuk kebutuhan sehari-hari serta dapat mengoperasikan semua bagian sistem secara efisien dan meminimalisir biaya dan efek rumah kaca. Pengimplementasian *Smart Grid* dalam semua aspek memberikan keuntungan yang besar karena jumlah pembangkit terbarukan dan unit penyimpanan yang terdistribusi dan terintegrasi meningkat serta emisi CO₂ menurun [14].

Sistem Hybrid

Sistem listrik bertengas surya merupakan sistem hybrid yang bekerja dengan sistem ongrid dan offgrid. Sistem listrik tenaga surya ongrid menggunakan baterai sebagai cadangan sementara apabila sumber listrik dari PLN mati dapat dibackup melalui baterai ini. Dengan kemampuannya ini memungkinkan sistem hybrid bisa digunakan dengan efisien dan efektif. Prinsip kerja sistem hybrid adalah melalui solar panel yang berfungsi untuk mengambil sumber dari sinar matahari yang akan digunakan sebagai listrik dikonversikan menjadi listrik DC, kemudian kita ubah listrik DC itu menjadi listrik AC dengan menggunakan inverter. Dan daya listrik akan dikirim ke panel atau MCB untuk digunakan [17].

Sensor Suhu DHT

Pada penelitian ini, kita menggunakan sensor suhu untuk mendeteksi suhu yang berada di sekitar panel surya. Sensor suhu ini berfungsi untuk mengetahui objek suhu dan kelembaban yang terdapat output tegangan analog serta diolah lebih menggunakan mikrokontroler. Sensor DHT11 ini memiliki suatu kelebihan dimana sensor ini bisa mengkalibrasi nilai pembacaan suhu dan kelembaban dengan cukup akurat. Kelebihan dari module sensor ini dari segi pembacaan data sensing lebih cepat dan akurat serta dalam hal sensing objek suhu dan kelembaban lebih cepat juga [18].

Peramalan (Forecasting)

Peramalan bertujuan untuk mengetahui keadaan di masa datang dengan cara menghitung dari data-data yang diambil sebagai acuan sehingga kita bisa meramalkan daya listrik. Model peramalan beban yang akurat memiliki peranan penting dalam melakukan rencana dan operasi pada sistem tenaga listrik. Peramalan beban listrik ini membantu untuk mengetahui seberapa banyak pemakaian

beban yang digunakan agar nanti pemakaian selanjutnya bisa berkurang secara efisien [16].

Peramalan listrik dibagi menjadi 3 macam dalam pengelompokannya diantaranya:

1. Peramalan Beban Listrik Jangka Panjang

Peramalan jangka Panjang ini meramalkan beban listrik dalam rentan waktu yang lama yaitu satu tahun atau lebih. Peramalan jangka panjang ini efektif digunakan dalam masalah-masalah makro ekonomi yang merupakan masalah eksternal perusahaan listrik. Untuk jenis beban yang digunakan peramalan jangka panjang meliputi beban komersial yang merupakan beban listrik untuk menunjang suatu kegiatan usaha, seperti kantor, pusat pertokoan, hotel, dan lain-lain.

2. Peramalan Beban Listrik Jangka Menengah

Peramalan jangka menengah ini dilakukan dalam rentan waktu yang cukup lama yaitu dalam bentuk bulan. Dalam peramalan jangka menengah ini, data yang digunakan tidak cukup banyak seperti jangka panjang sehingga kita lebih mudah dalam meramalkan beban listrik. Tujuan dari peramalan jangka menengah ini untuk mempersiapkan jadwal untuk rencana dan operasional pembangkitan. Untuk jenis beban listrik yang digunakan jangka menengah adalah beban industri untuk menunjang suatu proses produksi seperti, pabrik sepatu, pabrik rokok, pabrik makanan dan minuman, dan lain-lain.

3. Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek

Peramalan jangka pendek ini dilakukan dalam rentan waktu yang cukup singkat yaitu dalam bentuk jam atau hari. Data-data yang digunakan juga sedikit sehingga kita bisa meramalkannya dengan mudah. Untuk jenis beban yang digunakan pada peramalan jangka pendek ini meliputi kegiatan di rumah seperti lampu penerangan, kipas angin, pompa air, televisi, dan lain-lain [13].

Daya Listrik

Daya listrik merupakan jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam suatu rangkaian [15]. Sumber energi listrik akan menghasilkan suatu daya listrik sedangkan untuk beban akan menyerap daya listrik tersebut. Maka dari itu daya listrik ialah tingkat konsumsi energi listrik pada suatu rangkaian. Penggunaan daya listrik tiap konsumen berbeda-beda dikarenakan hal ini berhubungan dengan pola konsumen energi listrik pada masing-masing konsumen tersebut. Yang dimana bahwa semakin nilai tinggi daya yang dipakai semakin tinggi juga biaya pemakaian listrik. Ini akan membuat biaya listrik semakin mahal jika penggunaan dayanya melebihi yang diinginkan. Maka dari itu, untuk mengurangi biaya listrik lakukan dengan peramalan daya listriknya.

Peramalan ini akan membantu konsumen untuk menentukan daya yang harus dikurangi sehingga konsumen tidak terkena biaya yang terlalu mahal [9].

Photovoltaic

Photovoltaic merupakan suatu teknologi yang menggunakan energi matahari sebagai sumber listrik [2]. *Cell photovoltaic* adalah suatu peralatan non mekanik yang terbuat dari campuran silicon. Komponen penting dari sistem PLTS adalah *photovoltaic* itu sendiri yang dimana merupakan rakitan dari beberapa sel surya. Penggunaan tenaga matahari ini masih dalam tahap pengembangan. Dengan demikian melonjaknya harga minyak menjadi suatu ide untuk mengembangkan *photovoltaic* menjadi semakin tinggi. Dan saat ini di beberapa negara, *photovoltaic* sudah bisa digunakan menjadi pembangkit listrik energi terbarukan [8].

Akurasi Peramalan

1. *Mean Squared Error* (MSE)

Mean Squared Error (MSE) adalah sebuah metode untuk menentukan akurasi peramalan dari sebuah kesalahan (*error*). dari *error* tersebut nantinya akan dikuadratkan, dan dijumlahkan kemudian dibagi dengan jumlah data yang digunakan. Metode ini melakukan proses kesalahan peramalan yang besar karena kesalahan (*error*) dikuadratkan. Persamaan 1 merupakan rumus untuk menghitung MSE [10]:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \{Y_t - Y'_t\}^2 \tag{1}$$

Keterangan:

n = jumlah keseluruhan data
Yt = data aktual periode waktu t.

2. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error merupakan ukuran kesalahan relative. Metode ini berfungsi apabila variabel peramalan itu sangat penting dalam melakukan akurasi ramalan. Metode ini menggunakan perhitungan dengan menggunakan kesalahan di setiap periode terbagi menjadi nilai aktual pada periode tersebut. Lalu, melakukan proses rata-rata hasil kesalahan persentase tersebut. Pengukuran dengan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dapat digunakan oleh umum karena informasi dari MAPE ialah seberapa banyak penyimpangan nilai dari peramalan jika membandingkannya dengan nilai asli dari rangkaian tersebut. Persamaan 2 merupakan rumus perhitungan dari MAPE [10]:

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^n \frac{Y_t - y'}{y'} \times 100\% \tag{2}$$

Dengan:

n = jumlah keseluruhan data
Yt = data aktual waktu t.

Terdapat analisa tentang nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebagaimana tertulis dalam tabel dibawah ini [11]:

Tabel 1. Jangkauan Nilai MAPE.

Range MAPE	Arti Nilai
<10%	Peramalan sangat baik
10-20%	Peramalan baik
20-50%	Peramalan layak
>50%	Peramalan buruk

Sumber: https://www.researchgate.net/figure/MAPE-CRITERIA-FOR-MODEL-EVALUATION_tbl1_27219891

Pada Tabel 1 menjelaskan tentang range MAPE dari perhitungan rata-rata peramalan. Untuk <10%, peramalannya sudah sangat bagus dan tidak perlu adanya peramalan ulang. Lalu, untuk jangkauan nilai MAPE 10%-20% dikatakan bahwa kemampuan peramalan sudah baik. Kemudian untuk 20%-50% kemampuan peramalan layak untuk dipertimbangkan. Dan untuk >50% kemampuan peramalan buruk sehingga perlu dilakukan peramalan ulang sampai mendapatkan hasil MAPE terkecil.

Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Metode ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) merupakan suatu metode umum yang digunakan untuk meramalkan suatu kejadian di masa datang. Metode ARIMA ini dikembangkan oleh *Box-Jenkin* [12]. ARIMA juga merupakan penggabungan antara dua metode berbeda menjadi satu yaitu metode *Autoregressive* (AR) dengan metode *Moving Averages* (MA). Menurut *Box-Jenkins* metode ARIMA terdapat empat tahap diantaranya adalah identifikasi metode plot *time series*, menentukan parameter yaitu dengan cara mencari ACF dan PACF, pengujian metode, dan memperkirakan nilai dari *time series* [4].

Pemodelan ARIMA sendiri terdapat 2 bentuk yang dimana terdapat model ARIMA non musim yaitu model yang tidak terlalu bergantung dengan musim, bentuk umumnya sebagai berikut: yaitu model ARIMA tanpa musim dan model ARIMA musim. Berikut adalah bentuk umum dari pemodelan ARIMA non musim dinyatakan persamaan berikut [7]:

$$(1 - B)(1 - \varphi_1 B)Y_t = \mu' + (1 - \theta_1 B)e_t \quad (3)$$

Keterangan:

Y_t = Variabel pertama ARIMA

μ' = Konstanta

e_t = Error pada t

B = Koefisien variabel b

φ_1, θ_1 = parameter SARIMA

Dan untuk mode ARIMA selanjutnya adalah model ARIMA musim yang merupakan model ARIMA yang bergantung pada faktor musim, model ini bisa disebut dengan *season ARIMA* (SARIMA), bentuk umumnya seperti di bawah ini [7]:

$$(1 - B)(1 - B^{12})Y_t = (1 - \theta_1 B)(1 - \varphi_1 B^{12})e_t \quad (4)$$

Keterangan:

Y_t = Variabel pertama ARIMA

μ' = Konstanta

e_t = Error pada t

B = koefisien variabel b

φ_1, θ_1 = parameter SARIMA

Autoregressive (AR)

Autoregressive adalah model yang digambarkan dengan variabel dependen serta dipengaruhi oleh variabel itu sendiri pada periode-periode tertentu. Model *Autoregressive* ini mirip dengan persamaan regresi pada umumnya, hanya yang membedakan variabel yang digunakan independent tidak berbeda dengan variabel dependen melainkan nilai sebelumnya dari variabel dependen itu sendiri.

Dalam peramalan *time series*, Y_t disebut juga sebagai *first order autoregressive*, dengan persamaan berikut:

$$Y_t = \mu' + \varphi_1 Y_{t-1} + \varphi_2 Y_{t-2} + \dots + \varphi_p Y_{t-p} + e_t \quad (5)$$

Dimana:

Y_t = *first order autoregressive* / variabel pertama

Y_{t-1} = data periode t-1

e_t = error pada periode t

μ' = konstanta.

Moving Average (MA)

Moving Average adalah suatu indikator yang menghitung rata-rata dalam periode tertentu. *Moving Average* ini salah satu metode peramalan yang sederhana untuk meramalkan kondisi dimasa datang dengan data yang didapatkan dari masa lalu. Metode ini merupakan dasar metode yang digunakan untuk mengukur musiman. (Mason, 1999:328).

Secara aljabar, rata-rata *Moving Average* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y_t = \mu' + e_t - \varphi_1 e_{t-1} - \varphi_2 e_{t-2} - \dots - \varphi_q e_{t-k} \quad (6)$$

Keterangan:

μ' = konstanta.

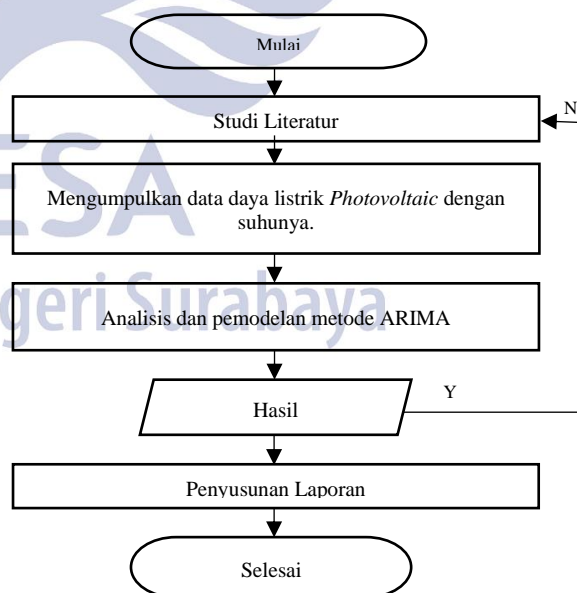
$\varphi_1 - \varphi_q$ = parameter *moving average*

E_{t-k} = nilai kesalahan pada saat t-k

METODE PENELITIAN

Jenis dari penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dikarenakan penelitian dilakukan dengan peramalan daya listrik yang berupa angka-angka. Mulai dari pengumpulan data, estimasi, serta perhitungan hasil yang disajikan. Pada metode penelitian ini, peneliti menggunakan metode ARIMA untuk menyelesaikan masalah dalam peramalan.

Dalam penelitian ini, untuk menyelesaikan permasalahan langkah yang dilakukan pertama adalah dengan melakukan ACF dan PACF untuk menentukan apakah data itu stasioner atau tidak. Apabila data itu stasioner maka didalam perhitungan ARIMA pada bagian *differencingnya* ditulis 0, sebaliknya jika data itu tidak stasioner maka dilakukan *differencing* dan perhitungan ARIMA pada bagian *differencingnya* ditulis 1. Setelah menentukan data stasioner dan tidak stasioner, kemudian kita lakukan *trial&error* yaitu melakukan uji coba pada metode ARIMA agar mendapatkan model dengan MS atau *Mean Square* kecil. Setelah itu, lakukan peramalan daya *photovoltaic*.



Gambar 1. Flowchart Rancangan Penelitian

Langkah-langkah pada gambar 1 penelitian dari *flowchart* di atas adalah:

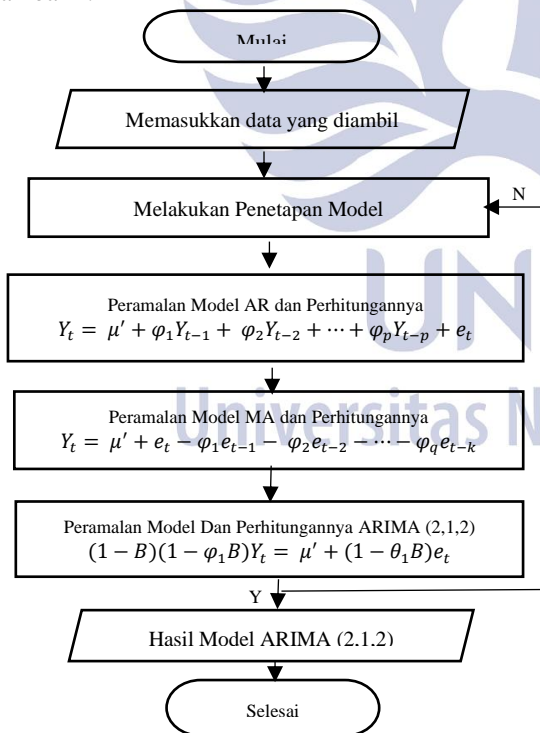
1. Studi literatur disini berguna untuk mengumpulkan informasi dari berbagai buku atau jurnal sebagai bentuk dukungan dalam proses penyusunan penelitian ini.
2. Berikutnya adalah mengumpulkan data daya listrik *Photovoltaic* serta suhu dari alat yang telah dibuat.
3. Kemudian lakukan analisis dan pemodelan matematis (ARIMA) dengan data yang sudah kita ambil dari alat yang telah dibuat.
4. Hasil dari pemodelan ini dalam bentuk simulasi peramalan daya listrik konsumen jangka pendek satu jam kedepan pada waktu 07:00 WIB – 12:00 WIB tanggal 25 Juni 2021.
5. Kemudian tahap terakhir adalah penyusunan laporan. Pada tahap ini dilakukan dengan mencatat hasil pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan.

Metode ARIMA untuk Peramalan Daya *Photovoltaic*

Pada tahap ini peneliti akan membahas tahapan untuk melakukan peramalan dengan ARIMA. Dalam melakukan peramalan ini kita menggunakan software MINITAB20. Berikut adalah tahap-tahap dalam menganalisis data:

1. Rancangan *Flowchart* Metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA).

Flowchart perhitungan daya listrik konsumen menggunakan metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dapat ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. *Flowchart* Metode ARIMA

2. Setelah membuat *flowchart*, langkah selanjutnya lakukan pengidentifikasian model. Identifikasi

model ini berguna dalam menentukan model yang tepat untuk peramalan nanti. Berikut adalah langkah-langkahnya:

- a. Membuat plot *time series*
Membuat plot *time series* menggunakan software Minitab. Plot *time series* ini digunakan untuk mengetahui *trend* suatu runtun waktu. Cara membuatnya dengan memasukan data-data yang sudah diambil kemudian klik pada *trend analysis*, akan muncul grafik dari data yang kita ambil apakah itu turun atau naik.
- b. Membuat ACF dan PACF
Membuat ACF dan PACF setelah lakukan pembuatan plot *time series*. Membuat ACF dan PACF ini dengan memasukkan data yang kita ambil kemudian klik *Autocorrelation*.
- c. Stasioner dan Non Stasioner Data.
Apabila hasil dari ACF dan PACF belum membentuk grafik yang diinginkan maka hasilnya masih belum stasioner. Agar hasil stasioner dilakukan dengan cara melakukan differensiasi. Data yang telah diambil, kemudian lakukan dengan metode differensiasi setelah dapat differensiasinya maka kita lakukan lagi ACF dan PACF jika grafiknya terbentuk maka data itu telah stasioner apabila masih belum dilakukan differensiasi hingga membentuk grafik yang diinginkan.

3. Estimasi/Taksiran Model

Estimasi ini bertujuan untuk menentukan manakah model yang cocok untuk peramalan sementara. Cara melakukan estimasi dengan melihat dari hasil ACF dan PACF. Apabila ACF nyata pada membentuk pola gelombang sinus, maka estimasi model bernilai adalah MA(q) dengan metode ARIMA (0,0,1). Sedangkan untuk model AR(p) yaitu apabila PACF nyata pada lag -p serta *cuts off* setelah lag ke-p maka untuk pemodelannya nanti adalah ARIMA (1,0,0). Dan apabila melakukan *differencing* maka nilai pada d bernilai 1 sehingga untuk model peramalannya dengan ARIMA (0,1,0).

4. Verifikasi

Setelah peneliti lakukan estimasi, langkah selanjutnya adalah melakukan verifikasi model yang digunakan. Apabila model itu memiliki distorsi yang cukup serius maka harus merancang model baru lagi kemudian melakukan estimasi kembali. Apabila sudah tidak ada distorsi maka lanjut ke langkah berikutnya yaitu peramalan

5. Peramalan/*Forecasting*

Peramalan/*Forecasting* adalah suatu kegiatan untuk memperkirakan kejadian yang terjadi di masa datang. Langkah-langkah dalam melakukan peramalan dengan menggunakan ARIMA ialah:

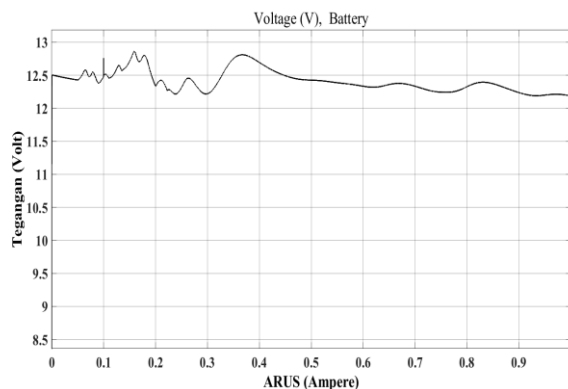
- Melihat dari hasil estimasi/taksiran manakah yang cocok untuk pemodelannya dan manakah yang memiliki kesalahan error terkecil itu yang diambil.
- Setelah itu, mencari nilai independent dengan waktu t pada *Autoregressive* (AR) dan ACFnya.
- Setelah itu kita cari nilai dari waktu t pada model *Moving Average* (MA).
- Setelah dapatkan AR, MA, dan ACFnya langkah selanjutnya ialah lakukan peramalan dengan metode ARIMA.
- Langkah terakhir adalah melakukan peramalan dengan memasukkan hasil daya dari solar panel. Data yang dimasukkan adalah data asli (*original data*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

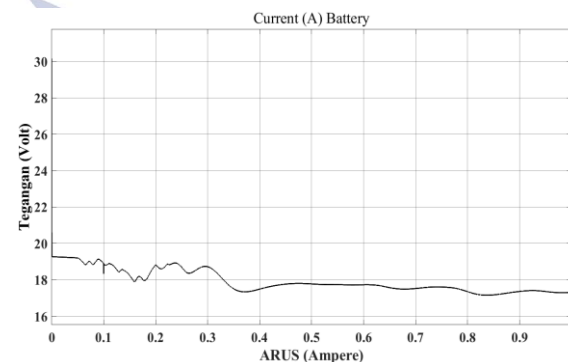
Hasil penelitian dari “Peramalan daya listrik jangka pendek pada *Smart Grid Photovoltaic* menggunakan metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dengan pengaruh sensor suhu pada mode *Hybrid*” berupa grafik keluaran peramalan beban listrik yang dihasilkan melalui alat dengan waktu pengambilan pukul 07:00-12:00 WIB selama 3 hari serta satuan untuk daya listriknya adalah WATT. Berikut adalah hasil data yang diambil selama 3 hari:

Tabel 2. Pengambilan Daya Solar Panel Hari-1

WP (WATT PEEK)	Waktu	SUHU	OUTPUT (A)	OUTPUT (V)	DAYA (WATT)
500	07.00	30°C	17.78	12,50	222.25
500	08.00	30°C	17.31	12,45	215.50
500	09.00	30°C	17.70	12,58	222.66
500	10.00	30°C	17.60	12,56	221.18
500	11.00	30°C	17.38	12,35	214.76
500	12.00	30°C	18.4	12,70	233.68



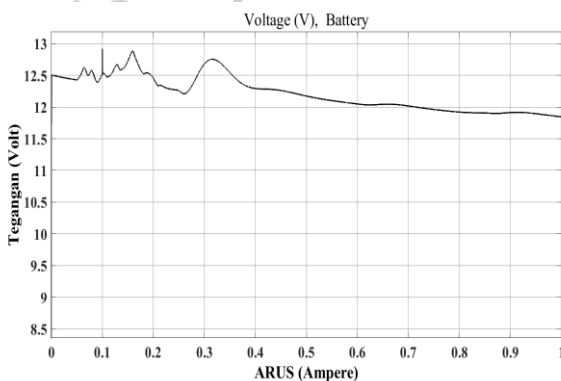
Grafik 1. Hasil Tegangan Yang Diambil Dari Baterai dengan suhu 30°C



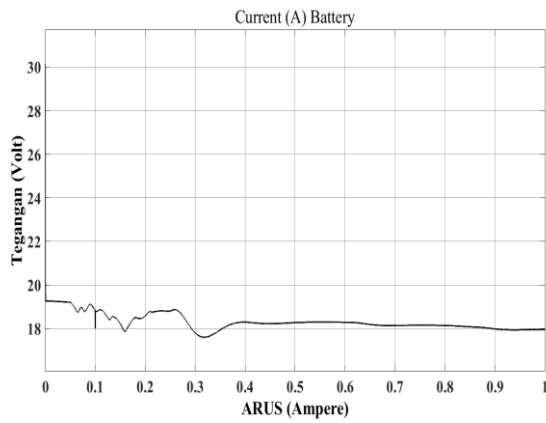
Grafik 2. Hasil Arus yang diambil dari baterai dengan suhu 30°C

Tabel 3. Pengambilan Daya Solar Panel Hari-2

WP (WATT PEEK)	Waktu	SUHU	OUTPUT (A)	OUTPUT (V)	DAYA (WATT)
1000	07.00	28,8°C	18.05	12,48	225,26
1000	08.00	28,58°C	18.09	11,46	207,31
1000	09.00	27,53°C	18.30	12,39	226,86
1000	10.00	27,56°C	18.20	11,80	214,76
1000	11.00	28,59°C	18.13	11,75	213,02
1000	12.00	29,40°C	18.05	12,72	229,72



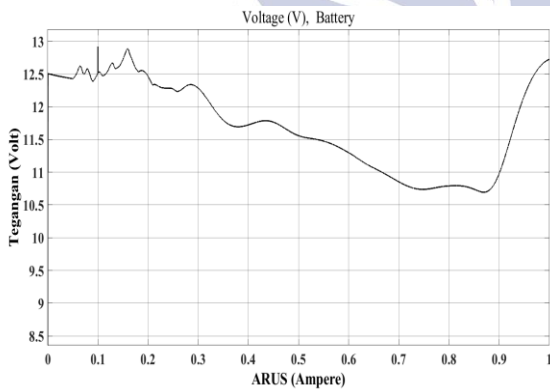
Grafik 3. Hasil dari tegangan baterai yang diambil dengan suhu kisaran 28°C-29.40°C



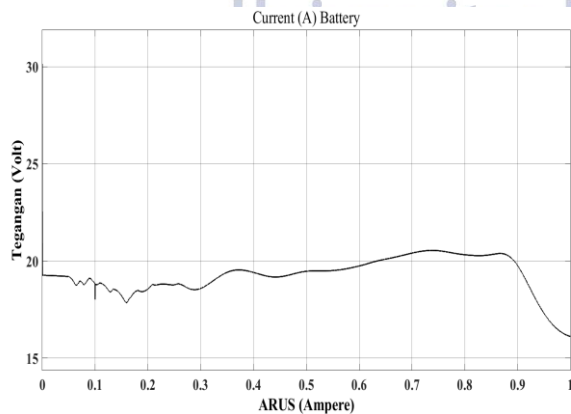
Grafik 4. Hasil arus dari baterai dengan suhu kisaran 28°C-29.40°C.

Tabel 4. Pengambilan daya solar panel hari-3

WP (WATT PEEK)	Waktu	SUHU	OUTPUT (A)	OUTPUT (V)
1000	07.00	27°C	19.23	12,48
1000	08.00	27°C	18.59	12,44
1000	09.00	27°C	18.07	12,43
1000	10.00	27°C	19.54	11,71
1000	11.00	27°C	20.10	10,79
1000	12.00	27°C	20.22	12,70



Grafik 5. Hasil tegangan baterai yang diambil dengan suhu 27°C

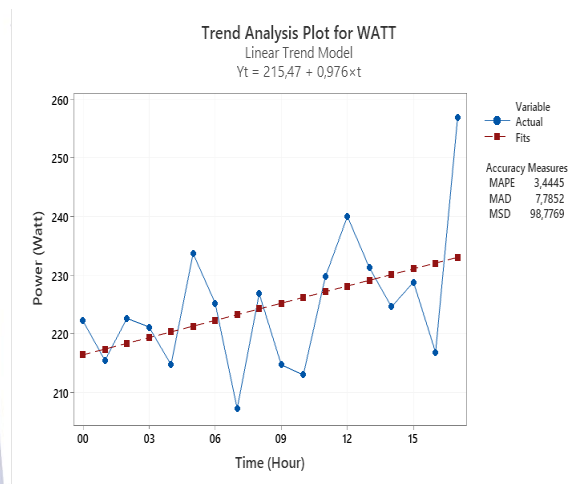


Grafik 6. Hasil Arus dari baterai dengan suhu 27°C

Peramalan Data Historis

Setelah melakukan pengambilan data, langkah berikutnya adalah melakukan peramalan data historis. Peramalan data historis dilakukan dengan metode *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*. Peramalan data historis sendiri terdapat tahapannya diantaranya yaitu dengan mengidentifikasi model berdasarkan data yang telah diambil. Tujuan dari identifikasi model ini untuk melihat grafik dari data yang ambil itu naik atau turun, musiman atau tidak. Identifikasi model ini dilakukan dengan membuat plot *time series*. Berikut tahapan dalam peramalan data historis:

1. Identifikasi Model

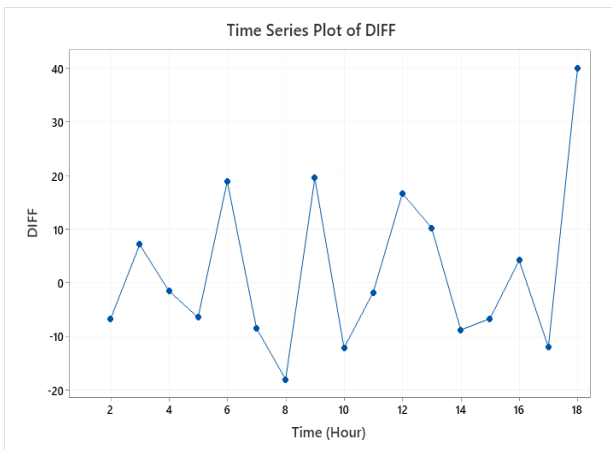


Grafik 7. Trend Analisis berdasarkan Data yang diambil.

Berdasarkan Grafik 7 terlihat bahwa data yang diambil membentuk grafik naik turun setiap jamnya selama 3 hari. Pada grafik 7 terlihat bahwa terdapat garis biru dan garis merah yang dijelaskan pada keterangan bahwa untuk yang garis biru menandakan bahwa data aktual atau data asli yang diambil langsung dari alat, sedangkan untuk garis merah itu menunjukkan hasil trend analisis dari data aktual. Maksudnya adalah pada data aktual terlihat bahwa grafik selalu mengalami peningkatan yang signifikan sehingga hasil dari trend analisisnya adalah membentuk grafik keatas atau selalu naik. Untuk rata-rata ketepatan nilai dari kesalahan error atau *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* data aktualnya yaitu sebesar 3,445, kemudian keakuratan nilai pendugaan model dalam bentuk rata-rata mutlak dari kesalahan atau *Mean Absolute Deviation (MAD)* sebesar 7,7852 dan untuk keakuratan nilai dugaan model dalam rata-rata kuadrat dari kesalahan atau *Mean Square Deviation (MSD)* sebesar 96,7769. Melihat dari grafik ini menandakan bahwa data masih belum stasioner sehingga perlu melakukan proses *differencing* untuk mendapatkan hasil yang stasioner. Berikut adalah hasil dari proses *differencing* dari data yang diambil.

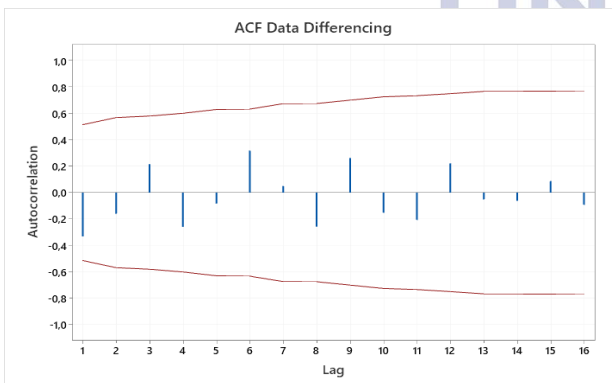
Tabel 5. Hasil Differensiasi dari Data yang diambil / data asli.

PUKUL	HARI-1		HARI-2		HARI-3	
	DAYA	DIFF	DAYA	DIFF	DAYA	DIFF
07:00	222,25	*	225,26	-8,42	239,99	10,27
08:00	215,50	-6,75	207,31	-17,95	231,25	-8,74
09:00	222,66	7,16	226,86	19,55	224,61	-6,64
10:00	221,18	-1,48	214,76	-12,10	228,81	4,20
11:00	214,76	-6,42	213,02	-1,74	216,87	-11,94
12:00	233,68	18,92	229,72	16,70	256,79	39,92



Grafik 8. Hasil *Differencing* dari data yang diambil membentuk data stasioner.

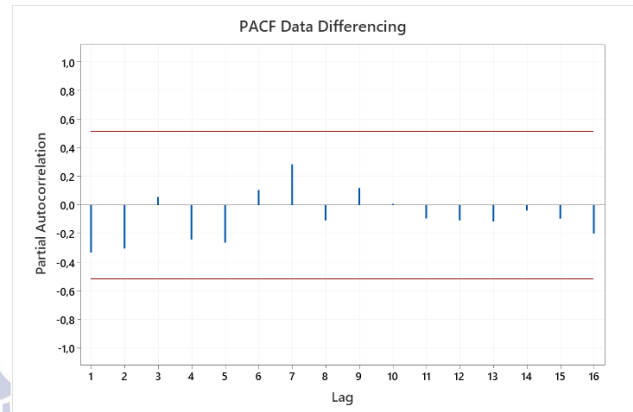
Setelah melakukan differensiasi akan terlihat Grafik 8 seperti di atas yang dimana data yang differensiasi telah menjadi stasioner sehingga tidak perlu melakukan dua kali untuk mendapatkan hasil stasioner. Dengan demikian, kita sudah bisa melakukan peramalan dengan metode ARIMA. Sebelum itu, kita lakukan terlebih dahulu mencari ACF dan PACF. Hasilnya sebagai berikut:



Grafik 9. *Autocorrelation Function* (ACF) data asli yang telah didifferensiasi.

Pada Grafik 9 terlihat bahwa sebelum lagging 1 terjadi *cut off*, kemudian setelah lagging 2 terpotong dan lagging 3 terjadi signifikan kembali. Sehingga pada grafik ACF ini

menggunakan model ARIMA dengan AR (2) artinya pada ACF dengan *Autoregressive* lag 1 dan lag 2.



Grafik 10. *Partial Autocorrelation Function* (PACF) data asli yang telah didifferensiasi.

Pada Grafik 10 terlihat bahwa PACF membentuk *dies down* pada lag pertama dan lag kedua, kemudian untuk lag ketiga terlihat mendekati 0 sehingga pada grafik PACF mendapatkan model ARIMA dengan MA (2) yang artinya model ARIMA dengan MA(q) pada lagging 1 dan lagging 2. Jadi, untuk model ARIManya adalah ARIMA MA (2).

Melihat dari grafik 9 dan grafik 10, dijelaskan bahwa PACF dan ACF terdapat garis berwarna merah, hal ini menerangkan bahwa diatas batas korelasi dari deret waktu tersebut tidak keluar dari garis berwarna merah tersebut. Pada ACF terlihat bahwa garis merah membentuk grafik ke atas yang menandakan bahwa datanya telah stasioner dan pada PACF terlihat garis merah konstan atau tidak berubah menandakan bahwa data juga telah stasioner. Apabila data tidak stasioner ACF dan PACF akan membentuk garis merah naik turun tidak jelas sehingga perlu dilakukannya proses *differencing* untuk mendapatkan hasil yang jelas/stasioner. Pada grafik tercatat lag sampai 16 itu maksudnya bahwa data yang diambil itu total ada 16 data dari hari-1 hingga hari-3. Sehingga pada perhitungan nanti bahwa metode *Autoregressive* (AR) ditentukan dengan p bernilai 2, dan untuk parameter *Moving Average* (MA) ditentukan dengan q bernilai 2. Sedangkan untuk *differencing*nya dengan d bernilai 1. Jadi dalam penelitian ini model ARIMA (P,D,Q)³ yang digunakan adalah ARIMA (2,1,2)³.

Hasil Peramalan

Berdasarkan model yang telah ditentukan bahwa model yang digunakan adalah model ARIMA (2,1,2) yang dimana hanya melibatkan model *Moving Average* (MA), maka dapat dilakukan peramalan dengan bantuan MINITAB20 dan diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil *Forecasting* metode ARIMA (2,1,2) Per Hari.

Hari/Waktu	Forecast	Lower	Upper	
Hari-1	07:00	239,029	221,277	256,782
	08:00	221,949	204,181	239,716
	09:00	241,502	218,297	264,706
	10:00	231,404	208,081	254,727
	11:00	235,072	210,652	259,492
Hari-2	12:00	235,828	211,036	260,620
	07:00	235,138	210,022	260,254
	08:00	236,412	210,795	262,030
	09:00	236,505	210,530	262,480
	10:00	237,007	210,626	263,389
Hari-3	11:00	237,505	210,732	264,279
	12:00	237,894	210,743	265,046
	07:00	238,372	210,839	265,905
	08:00	238,808	210,904	266,713
	09:00	239,253	210,981	267,526
Hari-3	10:00	239,703	211,067	268,339
	11:00	240,146	211,152	269,141
	12:00	240,594	211,244	269,943

Berdasarkan Tabel 6 dijelaskan bahwa hasil dari daya peramalan dibandingkan dengan daya asli yang diambil sangat jauh. Untuk hasil *forecast* perjam di atas didapatkan dari penjumlahan antara batas bawah dengan batas atas kemudian dibagi dua sehingga mendapatkan hasil *forecast*nya. Setelah mendapatkan data-data peramalan, langkah selanjutnya yaitu mencari *Percentage Error* (PE). *Percentage Error* (PE) adalah suatu analisa dalam peramalan untuk mencari persentase kesalahan error setiap waktunya. Kesalahan error ini akan digunakan untuk mencari rata-rata secara keseluruhan sehingga kita mendapatkan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Berikut adalah hasil dari *Percentage Error* (PE):

$$PE = \frac{|daya\ real - hasil\ ARIMA|}{daya\ real} \times 100\% \quad (7)$$

Tabel 7. Perhitungan dari *Percentage Error* (PE) Per Hari.

PUKUL	HARI-1		HARI-2		HARI-3	
	DAYA REAL	PE	DAYA REAL	PE	DAYA REAL	PE
07:00	222,25	-7.54	225,26	-4.38	239,99	0.67
08:00	215,50	-2.99	207,31	-14.03	231,25	-3.26
09:00	222,66	-3.91	226,86	-4.25	224,61	-6.63
10:00	221,18	-8.46	214,76	-10.35	228,81	-4.76
11:00	214,76	-9.45	213,02	-11.49	216,87	-10.73
12:00	233,68	-0.92	229,72	-3.55	256,79	6.3

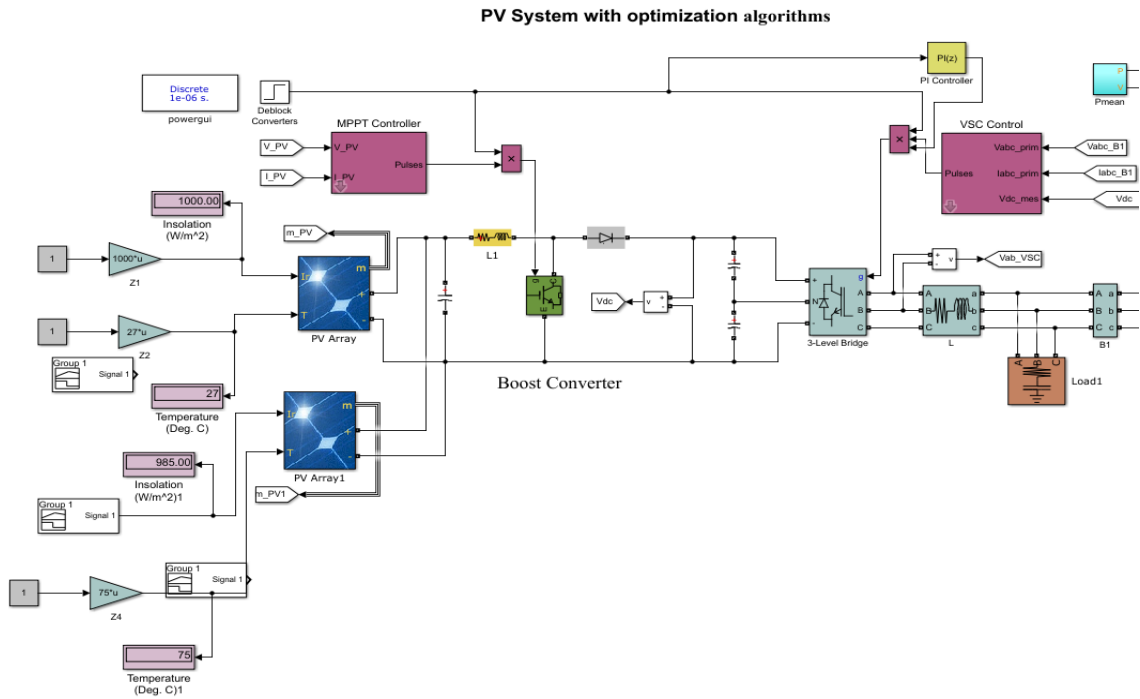
Melalui persamaan 7, hasil perhitungan dari persentase error yang nilainya diubah mutlak menjadi positif, akan membentuk *Mean Absolute Percentage Error* pada periode tersebut. Setelah mendapatkan nilai PE, langkah selanjutnya adalah mencari rata-rata dari persentase error dengan menggunakan persamaan 2:

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^{18} PE}{18} \times 100\% = 6.315\%$$

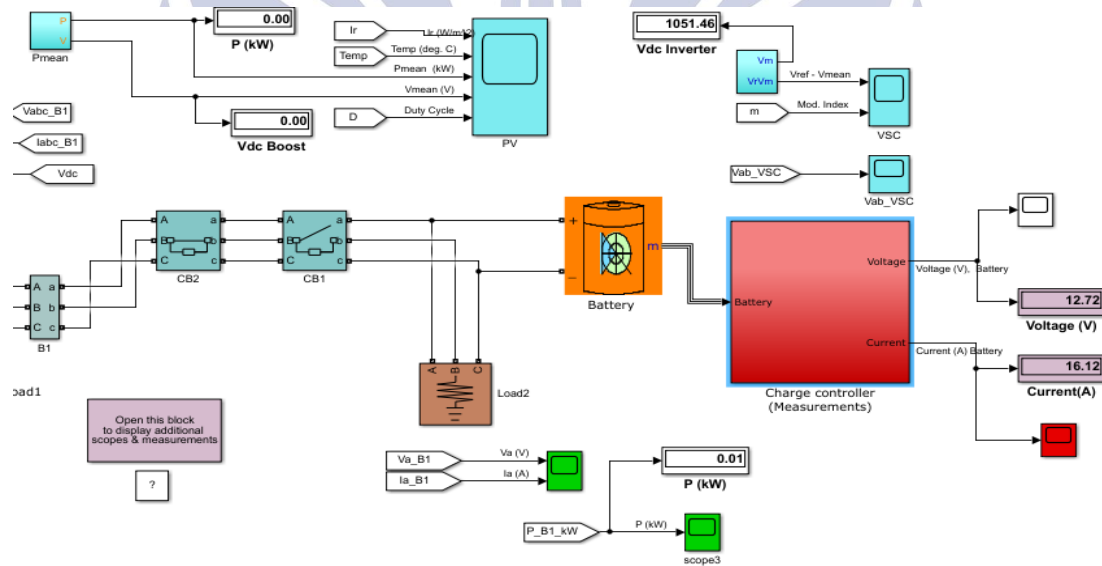
Nilai 6.315% merupakan kemampuan peramalan yang baik sehingga bisa dikatakan bahwa peramalan dengan metode ARIMA ini cukup akurat [11]. Jadi, untuk hasil peramalan daya listrik memiliki perbedaan 6.315% dengan data asli/data aktualnya.

Rangkaian sistem *photovoltaic* dengan pemodelan ARIMA

Berdasarkan gambar 3 dan gambar 4 merupakan rangkaian dari sistem *photovoltaic* yang dibagi dua bagian bagian depan dan bagian belakang dengan pemodelan ARIMA. Gambar 3 menjelaskan bahwa bagian depan rangkaian *photovoltaic* terdapat dua panel surya yang masing-masing memiliki daya sebesar 1000 WP (watt Peek) yang dibagi menjadi 2 solar panel dengan daya sebesar 1000 WP (Watt Peek) dan terdapat parameter suhu pada panel surya yang bisa diatur suhunya sebesar 25°C-30°C.



Gambar 3. Rangkaian pemodelan sistem *photovoltaic* Bagian Depan



Gambar 4. Rangkaian pemodelan sistem *Photovoltaic* Bagian Belakang

Gambar 4 menjelaskan bahwa bagian belakang dari sistem *photovoltaic* terdapat baterai yang berguna sebagai penyimpanan arus/energi listrik yang dihasilkan oleh Panel Surya. Baterai ini sendiri digunakan di saat malam hari tujuannya yaitu sebagai daya cadangan ketika daya dari sumber PLN tidak berfungsi dan bisa diganti dengan baterai serta mengurangi biaya pemakaian listrik PLN. Disini peneliti membuat perbandingan antara suhu konstan dengan suhu yang bisa berubah-ubah bertujuan untuk melihat manakah yang paling berpengaruh pada peramalan daya pada panel surya antara suhu konstan dan

tidak konstan. Untuk pengontrolan panel surya dilakukan hingga baterai dengan keluarannya tegangan dan arus.

Penutup Simpulan

Berdasarkan dari pembahasan yang sudah kita singgung didapatkan kesimpulan dalam penelitian ini bahwa penggunaan metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) sudah cukup efisien dalam melakukan peramalan daya listrik pada panel surya dikarenakan hasil peramalan memiliki hasil akurasi peramalan dengan bukti hasil akurasi peramalan

menggunakan metode (MS) dan (MAPE) didapatkan MS pada model ARIMA (2,1,2) = 82.0017, sedangkan hasil MAPE = 6.315%.

Selain itu, peranan suhu sangatlah penting dalam melakukan peramalan dimana tiap-tiap suhu memiliki daya yang berbeda-beda antara suhu 30°C, 29°C, 28°C, 27°C, dst. Ini bertujuan agar daya yang digunakan solar panel lebih maksimal sehingga dapat efisien dalam penggunaan listriknya.

Saran

Saran dari penulis adalah untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dari ARIMA alangkah baiknya menggunakan kombinasi antara ARIMA dengan regresi linier. Dengan menggunakan kombinasi ini perhitungan lebih detail dikarenakan adanya perhitungan suhu perjam, sehingga antara suhu dengan daya hasilnya terpisah dan menghasilkan *Mean Percentage Error* (MAPE) lebih akurat lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hung Nguyen, Christian K. Hansen(2017). *Short-term Electricity Load Forecasting with Time Series Analysis*. 2017 IEEE International Conference on Prognostics and Health Management (ICPHM). Dapat diakses: <https://sci.bban.top/pdf/10.1109/ICPHM.2017.7998331.pdf>
- [2] Can Wan. 2015. "Photovoltaic and Solar Power Forecasting for Smart Grid Energy Management". *CSEE JOURNAL OF POWER AND ENERGY SYSTEMS*. Vol. 1 (4): Hal. 38-46
- [3] Ginna Melinda, Minora Longgom Nasution, Helma. (2016). Peramalan Jumlah Konsumsi Energi Listrik di PT PLN (Persero) Rayon Bukittinggi Menggunakan Metode ARIMA. Diakses dari: <http://ejournal.unp.ac.id/students/index.php/mat/article/viewFile/6313/3219>
- [4] Isop Siti Nurjanah, Dadang Ruhiat, Dini Andiani. (2018). Implementasi Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) untuk Peramalan Jumlah Kereta Api di Pulau Sumatera. *Jurnal Teorema: Teori dan Riset Matematika* Vol.3 No.2, Hal 145-156, September 2018.
- [5] Subrina Nouren, Sharif Atique, Vishwajit Roy, Stephen Bayne (2019). *Analysis and Application of seasonal ARIMA model in Energy Demand Forecasting: A case study of small scale agricultural load*. Dept. of Electrical and Computer Engineering, Texas Tech University. Dapat diakses: <https://sci.bban.top/pdf/10.1109/MWSCAS.2019.8885349.pdf>
- [6] Pavan Kumar Mishra, Sudhakar Pandey, Sanjay Kumar Biswash (2016). *Efficient Resource Management by Exploiting D2D Communication for 5G Networks*. Department of Information, National Institute of Technology Raipur, Raipur 492010, India. Dapat diakses: <https://sci.bban.top/pdf/10.1109/UPCON47278.2019.8980042.pdf>
- [7] Hasan Al-Shaikh, Ahmed Zubair, Md. Asifur Rahman (2019). *Short-Term Electric Demand Forecasting for Power System Using Similar Months Approach Based SARIMA*. 2019 IEEE International Conference on Power, Electrical, and Electronics and Industrial Applications (PEEIACON) 29 November-01 December, 2019, Dhaka Bangladesh. Dapat diakses: <https://sci.bban.top/pdf/10.1109/PEEIACON48840.2019.9071939.pdf>
- [8] Hanna J dan Patricia (2012). "Analisis Keekonomian Kompleks Perumahan Berbasis Energi Sel Surya (Studi Kasus: Perumahan Cyber Orchid Town Houses, Depok)". Depok: Universitas
- [9] Susanto, Daman. (2009). *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Padang : Universitas Negeri Padang
- [10] Iwa Sungkawa, Ries Tri Megasari (2011). Penerapan Ukuran Ketetapan Nilai Ramalan Data Deret Waktu Dalam Seleksi Model Peramalan Volume Penjualan PT Satriamandiri Citramulia. *ComTech* Vol.2 No.2, Desember 2011:636-645 Dapat diakses: <https://media.neliti.com/media/publications/61855-ID-peramalan-beban-jangka-panjang-sistem-ke.pdf>
- [11] Muhammad Azhar Razak (2017). Peramalan Jumlah Produksi Ikan Dengan Menggunakan Backpropagation Neural Network (Studi Kasus: UPTD Pelabuhan Perikanan Banjarmasin). Tugas Akhir – KS 141501 Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017. Dapat diakses: <https://docplayer.info/storage/65/52647290/52647290.pdf>
- [12] Helmi Wibowo, Yadi Mulyadi, Ade Gafar Abdullah (2012). Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Terklasifikasi Berbasis Metode *Autoregressive Integrated Moving Average*. ISSN 1412-3762 *ELECTRANS*, VOL.11 NO.2, September 2012, 44-50. Diakses dari: <https://ejournal.upi.edu/index.php/electrans/article/download/1651/1111>

- [13] Maryanto Masarrang, Erni Yudaningsy, dan Agus Naba (2015). Peramalan Beban Jangka Panjang Sistem Kelistrikan Kota Palu Menggunakan Metode Logika Fuzzy. *Jurnal EECCIS* Vol.9, No.1, Juni 2015 Dapat diakses: <https://media.neliti.com/media/publications/61855-ID-peramalan-beban-jangka-panjang-sistem-ke.pdf>
- [14] Nur Asyik, Dirvi Eko Juliando Sudirman (2017). Desain Dan Aplikasi Internet Of Thing (IOT) Untuk *Smart Grid Power System*. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, Vol.2, No.1, April 2017, 35-44 Dapat diakses: <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/VOLT/article/download/1347/1172>
- [15] Lutfi Adi P. (2019). Analisis Pengaruh Kondisi Operasional Kapal Dan Operasi Generator Terhadap Beban Daya. Skripsi PIP, July 2019 Dapat diakses: http://repository.pip-semarang.ac.id/1926/2/52155745T_SKRIPSI_OPEN_ACCESS.pdf
- [16] Arnold J. Kastanja, Johanis Tupalessy (2017). Peramalan Beban Listrik Kota Ambon Tahun 2016-2022. *Jurnal Simetrik* Vol.7, No.1, Juni 2017. Dapat diakses: <http://www.ejournal-polnam.ac.id/index.php/JurnalSimetrik/article/view/177/92>
- [17] Maulana Ariandy, Sony Sumaryo, Estanto (2018). Perancangan Sistem Pengisi dan Penyalur Daya Baterai Pada Pembangkit Listrik Tenaga. *E-Proceeding of Engineering* : Vol.5, No.2 Agustus 2018 | Page 1871 Dapat diakses: <https://openlibrarypublications.telkomuniversit y.ac.id/index.php/engineering/article/viewFile/6549/6449>
- [18] Siswanto, Firdiansyah, M. Arif, Basuki Hari Prasetyo (2019). Kendali dan Monitoring Ruang Server dengan Sensor Suhu DHT-11, Gas MQ-2 serta notifikasi SMS. *Prosiding Seminar Nasional Sisfotek* Vol.3, No.1 2019. Dapat diakses: <http://seminar.iaii.or.id/index.php/SISFOTEK/article/download/113/99/205>