

Manajemen Energi Gedung Bertingkat dengan Prediksi Keluaran Daya pada Sistem Photovoltaic menggunakan Neural Network

Yuri Tirtania*, Karimatun Nisa', Zainal Abidin

Fakultas Teknik, Universitas Islam Lamongan

E-mail Korespondensi : yuritirtania@gmail.com

History Artikel

Diterima : 18 Januari 2023 Disetujui : 03 Maret 2023 Dipublikasikan : 24 April 2023

Abstract

Solar energy is an inexhaustible source of renewable energy and is considered one of the most promising as a renewable resource. Photovoltaic is a technology that functions to convert solar energy into electrical energy. The amount of electrical energy produced by the photovoltaic module depends on the intensity of radiation (irradiance) of sunlight. This study discusses power prediction in photovoltaic based on irradiance energy using feed forward neural network. And then from the results of the convergence process, values are obtained which include the value performance, the value of mse, the value of the actual data, and the value of the optimal prediction results.

Keywords: : *Photovoltaic, Irradiance, Neural Network, Feedforward*

Abstrak

Energi matahari merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang tidak habis-habisnya dan dianggap sebagai salah satu yang paling menjanjikan sebagai sumber daya terbarukan. Photovoltaic merupakan suatu teknologi yang berfungsi untuk mengkonversikan energi matahari menjadi energi listrik. Jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh modul photovoltaic bergantung kepada intensitas radiasi (irradiance) cahaya matahari. Dalam studi penelitian ini membahas tentang prediksi daya pada photovoltaic berdasarkan energi irradiance menggunakan feedforward neural network. Yang diolah kedalam 4 layer, kemudian pembagian data untuk training sebesar 80% yaitu 6 hari sedangkan untuk proses testing adalah 20% atau sama dengan 2 hari. Data input yang telah dipilih harus terlebih dahulu dinormalisasi dengan perintah `prestd` dalam MATLAB. Dan kemudian dari hasil proses konvergensi tersebut, diperoleh nilai-nilai yang meliputi nilai performance, nilai mse, nilai data actual, serta nilai hasil prediksi secara optimal.

Kata Kunci: *fotovoltaik, Irradiance, Jaringan syaraf tiruan, Feedforward*

How to Cite: Tirtania, Yuri (2023). Manajemen Energi Gedung Bertingkat Dengan Prediksi Keluaran Daya Pada Sistem Photovoltaic Menggunakan Neural Network. *KOMPUTEK : Jurnal Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo* Vol 7 (1): Halaman 63-75

© 2023 Universitas Muhammadiyah Ponorogo. All rights reserved

ISSN 2614-0985 (Print)

ISSN 2614-0977 (Online)

1. PENDAHULUAN

Tenaga listrik mempunyai peranan berarti yang tidak hendak sempat lepas dari kehidupan manusia. Bersamaan dengan bertambahnya kebutuhan listrik yang semakin meningkat. Maka sumber energi untuk menyuplai listrik menjadi terbatas dan menipis. Oleh karena itu dibutuhkan sumber energi listrik terbarukan (RAMADHAN, 2019).

Solar Photovoltaic ataupun biasa disebut pembangkit listrik tenaga surya ialah penghasil sumber tenaga listrik yang sangat potensial digunakan di Indonesia. Disebabkan Indonesia ialah salah satu negara yang dilintasi oleh garis khatulistiwa, sehingga tenaga listrik yang dihasilkannya juga ada dalam kuantitas yang cukup besar. Pemanfaatan energi yang dihasilkan oleh PV dapat diprediksikan tujuannya adalah untuk mengetahui informasi ke depan tentang daya yang diproduksi oleh PV (Prasetyono et al., 2015).

Neural Network merupakan suatu metode dari *Artificial Intelligence* yang konsepnya meniru sistem jaringan syaraf yang ada pada tubuh manusia, dimana dibangun node – node yang saling berhubungan satu dengan yang lainnya. Node -node tersebut terhubung melalui suatu. Ide dasar dari *Neural Network* sendiri adalah dengan mengadopsi cara kerja otak manusia yang memiliki ciri – ciri *parallel processing, processing element* dalam jumlah besar dan *fault tolerance* (Daya, 2021).

Oleh karena itu penulis membuat penelitian menggunakan suatu simulasi dengan judul “Manajemen Energi Pada Gedung Bertingkat dengan Prediksi Keluaran Daya Pada Sistem *Photovoltaic* Menggunakan *Neural Network*”, yang bertujuan untuk memprediksi daya *output* dari sistem *Photovoltaic*. Alasan menggunakan metode *Neural Network* ini adalah karena metode ini cocok digunakan untuk memonitor prediksi dari daya yang dihasilkan oleh sistem PV. Diharapkan dengan penelitian tugas akhir ini adalah kita bisa mendapatkan nilai keluaran daya sesungguhnya dari sistem *Solar cell* secara tepat. Bergantung dari paparan radiasi matahari sebagai sumber energi terbarukan yang ada disekitar kita.

2. TINJAUAN PUSTAKA DAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Studi yang dilakukan oleh Luki Mahendra, Jauharotul Maknunah, Bagiyo Herwono, Yussi Anggraini, dan Karimatun Nisa’, pada tahun 2021 yang bertema judul “Prediksi Daya Keluaran PV Berbasis Jaringan Saraf Tiruan Pada Pusat Perbelanjaan Tangerang”. Penelitian tersebut menghasilkan prediksi daya keluaran PV bertarget. Dan hasil prediksi akan dibandingkan dengan data pengukuran daya keluaran PV. Dari hasil testing prediksi daya keluaran telah mendekati daya aktualnya. Dan mendapatkan nilai performa MSE yang baik yaitu 0,1695 (Daya, 2021).

Kemudian studi yang kedua adalah dilakukan oleh R. Y. Adhitya, Sryang T. Sarena, Rachmad A. Atmoko, Dana Hartono pada tahun 2016 dengan tema judul “*Smart PV Solar Tracking System* Menggunakan Metode BP-NN (*Back Propagation Neural Network*)”. Penelitian tersebut menghasilkan Aplikasi jaringan syaraf tiruan telah berhasil diterapkan untuk kendali pergerakan *smart solar tracker* dengan tingkat efisiensi kapasitas daya rata – rata yang dihasilkan 6,79% lebih optimal jika dibandingkan dengan *static solar panel*. Parameter standar deviasi daya dengan perbedaan 2,076736 watt antar kedua alat serta dominasi sebaran pola data yang sangat dominan menjadikan teknologi *smart solar tracker* sangat berpotensi untuk dikembangkan di tahun berikutnya (Adhitya et al., 2016).

Kemudian studi yang ketiga dilakukan oleh Hasnira, Novie Ayub Windarko, Anang Tjahjono, Mochammad Ari Bagus Nugroho, Mentari Putri Jati pada tahun 2020 dengan bertema judul “*Efficient Maximum Power Point Estimation Monitoring Of Photovoltaic Using Feed Forward Neural Network*”. Dari penelitian simulasi tersebut menghasilkan kurva karakteristik P-V dari panel surya membuktikan bahwa metode FFBP *Neural Network* telah mampu mengestimasi nilai *Maximum Power Point Estimation* (MPPE) pada beberapa kondisi iradiasi, neuron dan epoch yang berbeda. Hasil dari simulasi MPPE dan MPP aktual didapatkan galat yang sangat kecil yaitu rata rata sebesar 0.04 point antara daya aktual dan daya estimasi (Hasnira et al., 2020).

Lalu kemudian studi yang keempat dilakukan Eka Prasetyono, Ragil Wigas Wicaksana, Novie A Windarko, Moh. Zaenal Efendi pada tahun 2015 dengan bertemakan

judul “Pemodelan Dan Prediksi Daya *Output Photovoltaic* Secara *Real Time* Berbasis Mikrokontroler”. Penelitian tersebut menghasilkan pengukuran lapangan yang dapat dilihat bahwa prediksi daya untuk jam 08.40 sampai jam 14.00 memiliki akurasi yang tinggi terhadap hasil pengukuran PV dengan rata-rata *error* 4.72%. Sedangkan untuk pagi hari sejak matahari terbit hingga jam 08.40 dengan rata-rata *error* sebesar 29.89 %. Pada sore hari sejak jam 14.00 sampai matahari terbenam memiliki selisih daya yang sangat besar dengan rata-rata *error* sebesar 15.40 % (Prasetyono et al., 2015).

Yang keenam merupakan studi yang dilakukan oleh penulis, yaitu Yuri Tirtania, pada tahun 2022, dengan judul “Manajemen Energi Pada Gedung Bertingkat Dengan Prediksi Keluaran Daya Pada Sistem Photovoltaic menggunakan Neural Network”. Pada penelitian kali ini tujuannya menunjukkan pentingnya prediksi daya output pada PV dengan mencoba beberapa metode dalam jaringan syaraf. Serta menghitung efisiensi daya yang dihasilkan oleh jaringan Photovoltaic pada gedung dengan memperoleh hasil prediksi yang real.

2.2. Peramalan atau Prediksi

Peramalan atau Forecasting merupakan bagian terpenting bagi setiap perusahaan ataupun organisasi bisnis dalam setiap pengambilan keputusan manajemen. Peramalan itu sendiri bisa menjadi dasar bagi perencanaan jangka pendek, menengah maupun jangka panjang suatu perusahaan. Di dalam sebuah peramalan (*forecasting*) dibutuhkan sedikit mungkin kesalahan (*error*) di dalamnya. Agar dapat meminimalisir tingkat kesalahan tersebut, maka akan lebih baik jika peramalan tersebut dilakukan dalam satuan angka atau kuantitatif (Sikumbang et al., 2020).

2.3. Photovoltaic System

Sistem *photovoltaic* (PV) adalah sistem pembangkit listrik yang mengubah energi matahari langsung menjadi energi listrik. Unit utama adalah modul panel surya PV untuk mengumpulkan sinar matahari beserta beberapa komponen seperti inverter, plat distribusi untuk menghasilkan listrik yang dapat digunakan langsung untuk penerangan, elektronik rumah, AC, mesin cuci, computer, serta perangkat papan distribusi yang menghasilkan listrik.

Solar photovoltaic atau biasa disebut pembangkit listrik tenaga surya merupakan salah satu sumber energi listrik yang

potensial di Indonesia. Karena Indonesia merupakan salah satu negara yang terletak di seberang garis khatulistiwa, maka energi listrik yang dihasilkan juga sangat besar. Penggunaan energi yang dihasilkan oleh PV dapat diprediksi, tujuannya untuk mencari informasi masa depan tentang energi yang dihasilkan oleh PV.

2.4. Manajemen Energi

Sistem Manajemen Energi (SME) merupakan metode perbaikan efisiensi energi yang berkelanjutan dengan mengintegrasikan kegiatan efisiensi energi dalam sistem manajemen yang sudah ada sehingga dapat memperhitungkan faktor biaya, lingkungan, ketersediaan usaha serta beberapa hal lainnya terkait penghematan energi.

Tujuannya adalah agar energi sebagai salah satu komponen biaya perusahaan dapat ditekan serendah rendahnya. Selanjutnya manfaat dari penerapan SME yaitu menargetkan efisiensi energi yang diterapkan tercapai, spesifik energi dan intensitas energi menurun, kesinambungan program konservasi energi terjaga, menjaga keseimbangan kepentingan *stake holder* serta melestarikan lingkungan. Aplikasi SME dapat dilakukan mulai dari persiapan, pengumpulan data yang menurun menjadi tiga bagian yakni evaluasi dan analisis data, penyusunan pemantauan dan pelaporan energi serta pengembangan sistem database energi yang akhirnya menjadi sebuah laporan sistem manajemen energi (esdm.kaltimprov, 2019).

2.5. Neural Network

Neural Network atau biasa dikenal dengan jaringan syaraf tiruan adalah sebuah cabang dari kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) kategori ilmu *Soft Computing*. Cara kerja *neural network* yaitu mengadopsi dari kemampuan otak manusia yang mampu memberikan stimulasi/rangsangan, melakukan proses, dan memberikan output. *Output* diperoleh dari variasi stimulasi dan proses yang terjadi di dalam otak manusia. Kemampuan manusia dalam memproses informasi merupakan hasil kompleksitas proses di dalam otak. Misalnya, yang terjadi pada anak-anak, mereka mampu belajar untuk melakukan pengenalan meskipun mereka tidak mengetahui algoritma apa yang digunakan. Kekuatan komputasi yang luar biasa dari otak manusia ini merupakan sebuah keunggulan di dalam kajian ilmu pengetahuan.

Proses kerja jaringan syaraf terinspirasi daripada otak manusia yaitu ide dasar neural

network dimulai dari otak manusia, dimana otak memuat sekitar 10^{11} neuron. Neuron ini berfungsi memproses setiap informasi yang masuk. Satu neuron memiliki 1 akson, dan minimal 1 dendrit. Setiap sel syaraf terhubung dengan syaraf lain, jumlahnya mencapai sekitar 10^4 sinapsis. Masing-masing sel itu saling berinteraksi satu sama lain yang menghasilkan kemampuan tertentu pada kerja otak manusia.

Singkatnya, jaringan syaraf buatan ini bisa menjadi alat yang sangat berguna dalam bidang ilmu komputer dan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*). Berkat adanya *neural network*, komputer bisa dengan mudah mengenali fitur - fitur lain seperti: ucapan (*speech recognition*) atau mengenali gambar (*image recognition*) dengan cepat bahkan dalam hitungan menit (SUHARTONO, DERWIN, S.KOM., 2012).

3. METODE PENELITIAN

3.1. Proses Penelitian

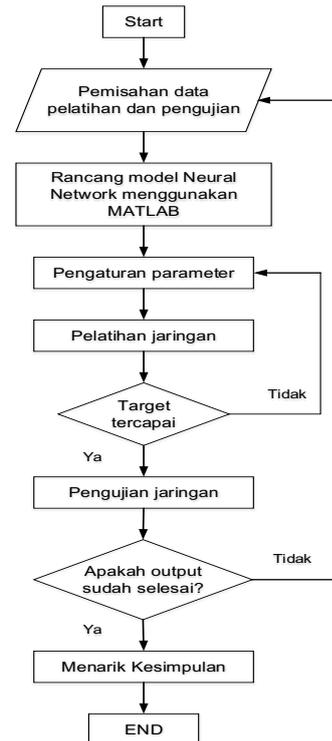
Tahap-tahap penelitian ini garis besarnya meliputi:

1. Tahap Studi Pustaka

Studi pustaka ini mengambil, membaca, memilah beberapa karya ilmiah seperti jurnal, website, tugas akhir dan juga buku referensi yang digunakan sebagai acuan dasar untuk mengolah data yang ada.

2. Tahap Pengujian Dan Analisa Sistem

Melakukan pengujian yang telah terintegrasi secara menyeluruh untuk selanjutnya dilakukan analisa sesuai dengan fungsinya. Untuk bagan pengujian sistem bisa dilihat sebagai berikut :



Gambar 1 Flowchart sistem penelitian Berdasarkan diagram alir penelitian pada Gambar 1, alur penelitian adalah sebagai berikut:

- 1.) Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan diambil dari data paper pengujian PV yang dirakit pada sebuah gedung, meliputi:

- a) Intensitas radiasi (*Irradiance*) matahari.
- b) Suhu (*Temperature*) PV.
- c) Suhu (*Temperature*) lingkungan disekitar / cuaca.
- d) Kecepatan angin.

- 2.) Pemisahan Data Pelatihan dan Pengujian Membagi data tersebut menjadi 2 (dua) bagian, yaitu:

- a) Yang pertama untuk keperluan pelatihan (training).
- b) Lalu untuk pengujian (testing) agar menjadi data input maupun target (output) yang sesuai dengan model yang dikembangkan.

- 3.) Merancang Model Pemrograman *Neural Network*

Setelah memisahkan data sesuai kebutuhan dan data *inputnya*, kemudian dilakukanlah perancangan pemrograman *neural network* menggunakan *software* MATLAB.

Dalam hal ini model yang dilakukan adalah dengan menggunakan *Feedforward* dalam bahasa pemrograman *Neural Network*.

4.) Pelatihan Model (*training*)

Pelatihan pada model dilakukan untuk meminimalkan nilai *error* agar tercipta model jaringan sesuai dengan yang akan diharapkan yang untuk selanjutnya dapat dipakai untuk melakukan prediksi.

5.) Pengujian Model (*testing*)

Pengujian pada model dilakukan untuk mengetahui ketepatan atau akurasi hasil pada model yang dibangun, dengan membandingkan dengan data yang sebenarnya. Menampilkan Hasil dan Menarik Kesimpulan. Dalam penelitian ini penulis ingin melihat keandalan dari *feed forward neural network* dalam memprediksi energi dari photovoltaic, seperti : *irradiance, temperature PV*,

Hasil yang diharapkan pada penelitian ini adalah model yang dikembangkan mendapat nilai MSE (*Mean Square Error*) yang kecil. MSE (*Mean Square Error*) merupakan ukuran ketepatan atau kemampuan model dalam mencapai target atau nilai yang diinginkan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

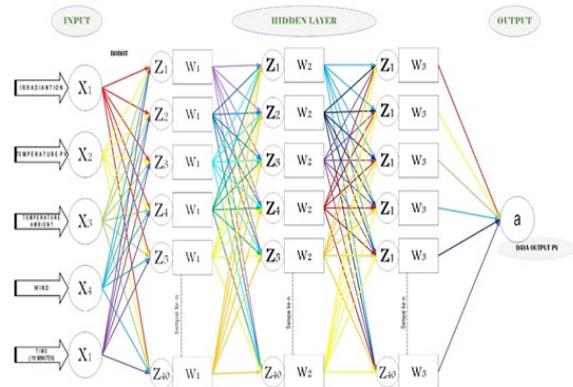
4.1. Desain Arsitektur Neural Network

Model jaringan syaraf tiruan yang digunakan dalam menyelesaikan prediksi keluaran daya PV pada gedung bertingkat ini ialah *Feed-Forward Neural Network*. *Feed-Forward Neural Network* merupakan salah satu model *neural network* yang banyak dipakai dalam berbagai bidang. Arsitektur model *Feed-Forward Neural Network* terdiri atas satu *input layer*, satu atau lebih *hidden layer*, dan satu *output layer*. Dalam model ini, perhitungan respon atau *output* y_k dilakukan dengan memproses *input* x mengalir dari satu *layer* maju ke *layer* berikutnya secara berurutan. Struktur *Neural Network* yang digunakan pada penelitian ini mempunyai empat *layer* yang disajikan sebagai berikut.

a) *Input layer*, yang digunakan adalah *irradiance*, suhu PV, suhu *ambient*, dan angin. Maka terdapat 4 data yang dimasukkan dalam *input layer*.

b) *Hidden layer*, yang digunakan adalah tiga *hidden layer* dengan masing-masing *layer* berjumlah 40 neuron.

c) *Output layer* yang digunakan adalah daya keluaran dari sistem *photovoltaic*.



Gambar 2 Diagram Artificial Neural Network Penelitian

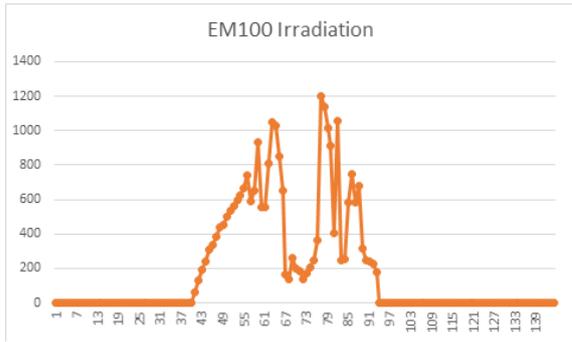
4.2. Proses Training Data

Proses selanjutnya ialah proses pembelajaran program atau yang dikenal sebagai *training data*. Proses pertama dalam *training* adalah pengambilan data *input* dan *output* yang digunakan sebagai masukan pada *layer* yang terdapat pada struktur *neural network*. Pengambilan data *input* dan *output* didapatkan dengan cara melakukan *import* data dari excel. Data yang diimport merupakan data dalam satu hari per 10 menit sehingga terdapat 144 data dalam satu hari. Total data *input* dan *output* berjumlah 8 hari. Pembagian data untuk *training* sebesar 80% yaitu 6 hari sedangkan 2 hari digunakan sebagai data *training*. Data *input* yang telah dipilih harus terlebih dahulu dinormalisasi dengan perintah *prestd* dalam MATLAB. Fungsi aktivasi yang digunakan pada *hidden layer* yaitu *sigmoid biner* (*logsig*), sedangkan pada *output layer* menggunakan fungsi aktivasi *linear* (*purelin*). Bentuk umum persamaan *feed-forward neural network* pada setiap *neuron* ialah sebagai berikut:

- Rumus dasar fungsi aktivasi:

$$Z = (\sum_{i=0}^n w_i \cdot x_i + b_i)$$

.....(1)

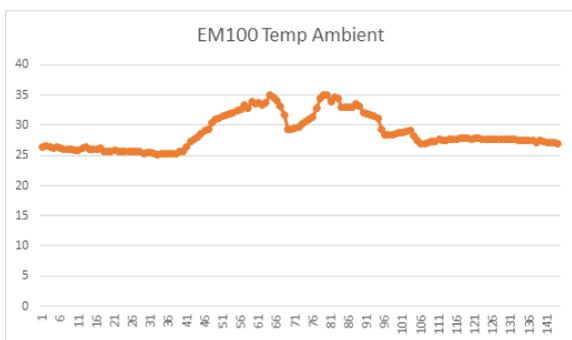


Gambar 3 Data input irradiance dalam 1 hari

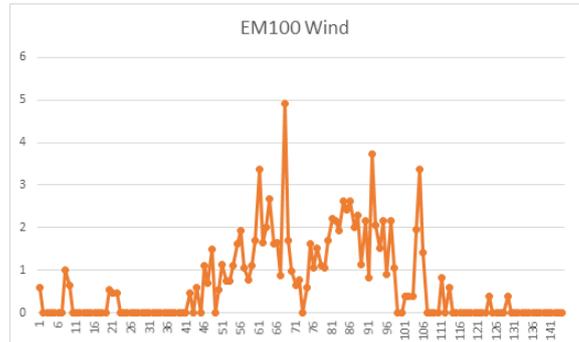
Gambar 3 menunjukkan kurva salah satu variabel, yaitu *irradiance*. Untuk memperlihatkan nominal dari banyaknya *photovoltaic* mendapat daya penyinaran langsung dari matahari dalam satu harinya. Dimulai dari pukul 00.00 hingga 24.00. Data ini merupakan variabel tetap yang dibutuhkan sebagai perhitungan utama untuk melakukan analisis prediksi.



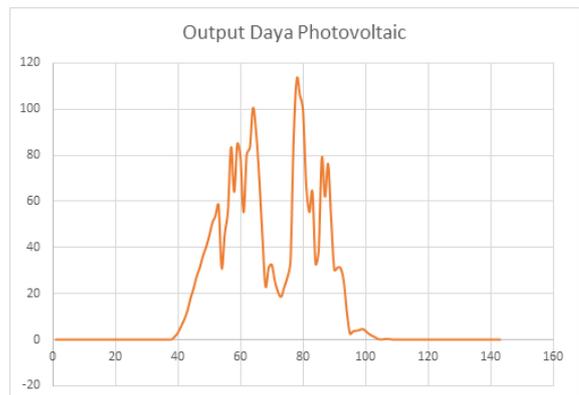
Gambar 4 Data input temperature dalam 1 hari



Gambar 5 Data input temperature ambient 1 hari



Gambar 6 Data input kecepatan angin 1 hari



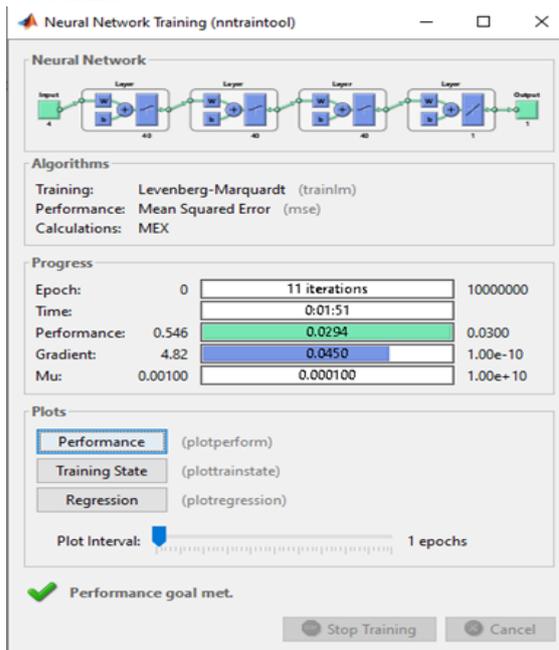
Gambar 7 Data output keluaran PV dalam 1 hari

Yang akan ditunjukkan pada gambar 4.6 di bawah ini merupakan data *output* daya yang diperoleh dari keluaran PV dalam 1 hari. Untuk pembahasan selanjutnya mengacu pada proses *training*. Di dalam proses *training* kali ini ada beberapa model *train algoritma* yang dilakukan dengan harapan, bahwa penulis bisa mengetahui perbedaan dari setiap perhitungan *algoritma training*. Lalu menemukan hasil paling *optimal* dari perhitungan peramalan (prediksi) di dalam penelitian ini. Beberapa model *algoritma* yang digunakan, yaitu:

a) Algoritma Lavernberg Marquard

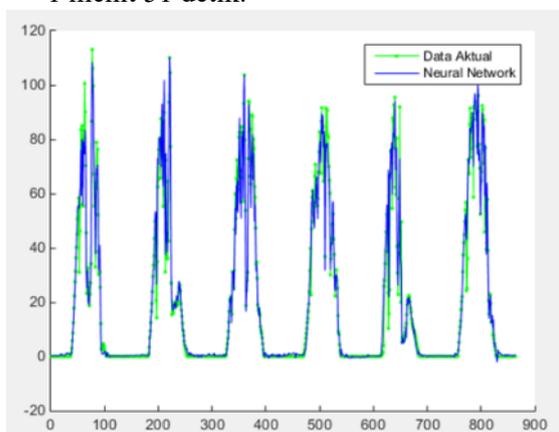
Pada proses pengambilan data untuk proses *training feedforward lavernberg marquard* dalam pemrograman *Neural Network* adalah menggunakan *syntax program* dengan kode “*trainlm*”, lalu setelah penentuan data *input* dan *output*, data yang ada perlu dilakukan normalisasi sebelum melakukan pembelajaran. Hal ini dapat dilakukan dengan meletakkan data-data *input* dan target atau *output* pada *range* tertentu. Proses normalisasi data dengan bantuan *mean* dan standar deviasi menggunakan perintah *prestd* pada

MATLAB yang akan membawa data ke dalam bentuk normal. Lalu selanjutnya, pada proses training ini disertai dengan memanfaatkan toolbox NN yang tersedia pada Matlab. Seperti: *set max epoch, goal, learning rate, momentum, show step* yang ingin dimasukkan. Untuk selanjutnya barulah dilakukan *running* untuk perhitungan. Yang kemudian hasilnya dimunculkan dalam bentuk *figure* sebagai berikut:



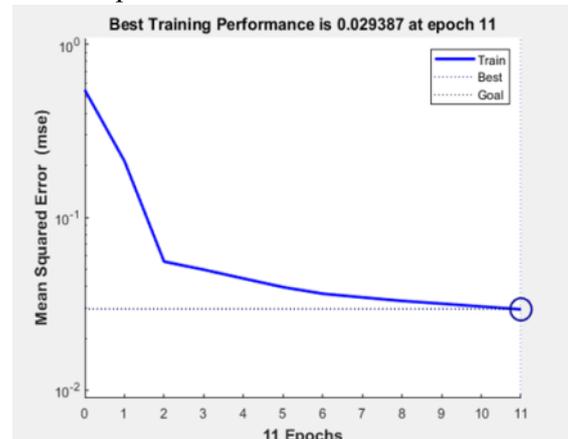
Gambar 8 Proses training lavernberg pada data

Proses konvergensi training untuk data dapat dilihat pada gambar 8, yaitu dapat diketahui bahwa proses iterasi yang dilakukan agar mencapai hasil yang konvergen sesuai dengan nilai performance 0,0294 adalah 11 iterasi. Hasil pemrosesan data bisa dilihat dalam jangka waktu hanya 1 menit 51 detik.



Gambar 9 Hasil training data daya keluaran PV

Kemudian dari hasil training tersebut dapat dilihat perbandingan daya keluaran PV aktual dengan hasil prediksi seperti yang tampak pada grafik gambar di atas. Garis hijau merupakan data aktual daya keluaran PV sedangkan garis biru merupakan data hasil prediksi oleh sistem neural network.

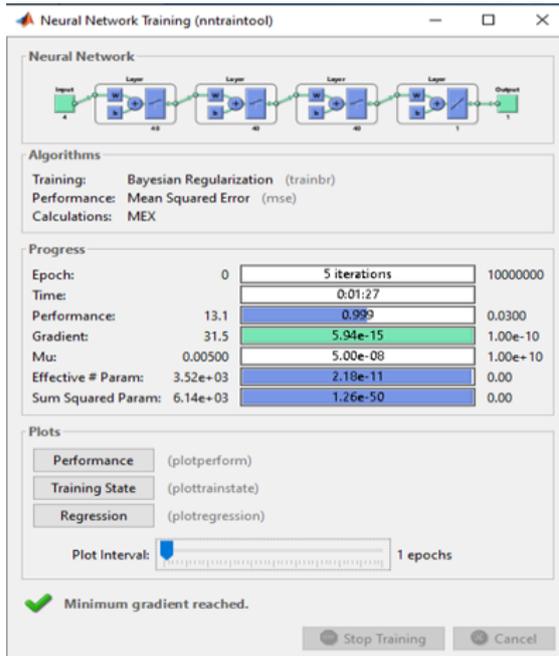


Gambar 10 Performance training data

Nilai *error* yang dihasilkan oleh proses training data ditunjukkan oleh gambar 11. Dari gambar tersebut dapat diketahui nilai *error* yang dimiliki oleh sistem *neural network* untuk proses *training* data sebesar 0.0294 dengan jumlah total iterasi sebanyak 11.

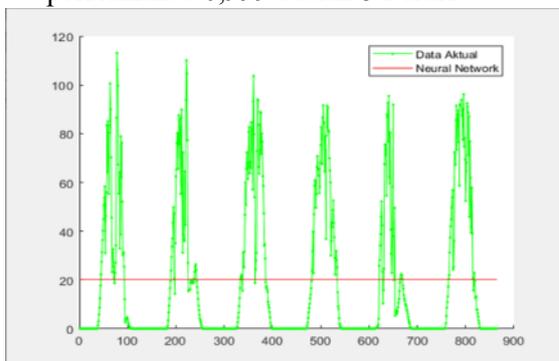
b) Algoritma Bayesian Regularization

Pada proses pengambilan data untuk proses *training feedforward bayesian regularization* dalam pemrograman *Neural Network*, adalah dengan menggunakan *syntax program* dengan penjabaran meliputi: melakukan *syntax program* untuk normalisasi sebelum melakukan pembelajaran, lalu melakukan penentuan *inputan* dan *output*, membuat perintah *input syntax program* pada *training* ini dengan memanfaatkan *toolbox NN* yang telah tersedia pada Matlab. Selanjutnya dilakukan *running* pada program, lalu hasil akan ditampilkan dalam bentuk *figure* sebagai berikut ini:



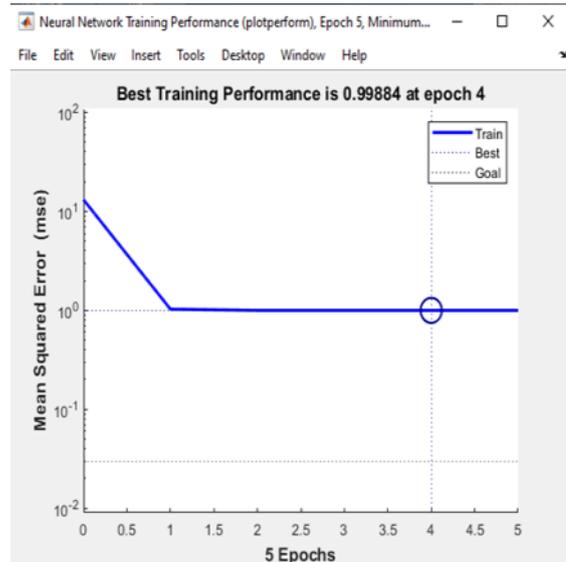
Gambar 11 Proses training bayesian pada data

Proses konvergensi training dari gambar tersebut di atas dapat diketahui bahwa proses iterasi yang dilakukan agar mencapai hasil yang konvergen sesuai dengan nilai performance 0,999 adalah 5 iterasi.



Gambar 12 Hasil training data daya keluaran PV pada Bayesian regularization

Kemudian dari hasil *training* pada gambar 12 tersebut dapat dilihat perbandingan daya keluaran PV aktual dengan hasil prediksi seperti yang tampak. Garis hijau merupakan data aktual daya keluaran PV sedangkan garis merah merupakan data hasil prediksi oleh sistem *neural network*.



Gambar 13 Performance training data menggunakan Bayesian

Pada gambar 13 diperlihatkan Nilai *error* yang dihasilkan oleh proses *training data*. Dari gambar 13 tersebut dapat diketahui nilai *error* yang dimiliki oleh sistem *neural network* untuk proses *training data* sebesar 0.9984 dengan jumlah total iterasi sebanyak 4 kali.

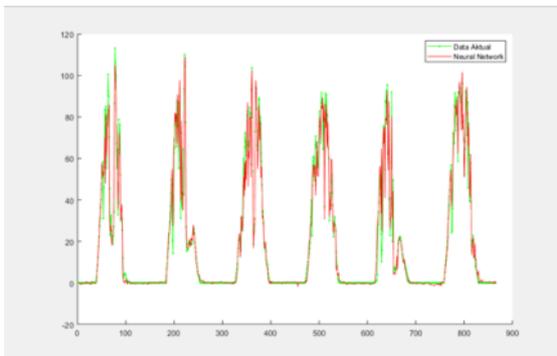
c) Algoritma Quasi Newton

Pada proses pengambilan data untuk proses *training* ini dalam pemrograman *Neural Network* dengan menggunakan *syntax program* dengan penjabaran yaitu: melakukan *syntax program* untuk normalisasi sebelum melakukan pembelajaran, lalu melakukan penentuan *inputan* dan *output*, membuat perintah *input syntax program* pada *training* ini dengan memanfaatkan *toolbox NN* yang telah tersedia pada Matlab. Selanjutnya dilakukan *running* pada program, lalu hasil akan ditampilkan dalam bentuk *figure* dengan penjabaran sebagai berikut:



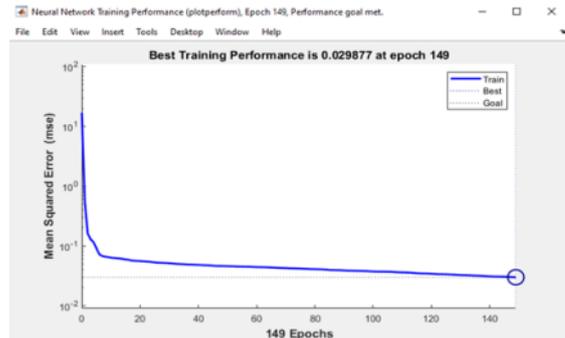
Gambar 14 Proses training data dengan quasi newton

Gambar 14 ialah proses konvergensi *training* untuk data yang dapat diketahui bahwa proses iterasi yang dilakukan agar mencapai hasil yang konvergen sesuai dengan nilai *performance* 0,0299 adalah 149 iterasi. Dengan jangka waktu 1 jam 45 menit 49 detik perhitungan proses *training* yang telah dilakukan.



Gambar 15 Hasil training data daya keluaran PV menggunakan Quasi newton

Kemudian dari hasil *training* tersebut dapat dilihat perbandingan daya keluaran PV aktual dengan hasil prediksi seperti yang telah diperlihatkan pada grafik gambar di atas. Garis hijau merupakan data aktual daya keluaran PV sedangkan garis merah ialah data hasil prediksi oleh sistem *neural network*.

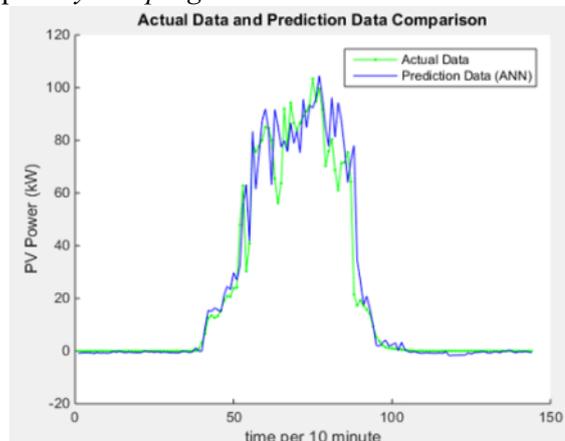


Gambar 16 Hasil performance training data menggunakan quasi newton

Gambar 16 merupakan nilai *error* yang dihasilkan oleh proses *training* data yang telah ditunjukkan. Dapat diketahui nilai *error* yang dimiliki oleh sistem *neural network* untuk proses *training* data sebesar 0.029877 dengan jumlah total iterasi (*epoch*) sebanyak 149 kali.

4.3. Proses Testing Data

Tahapan selanjutnya yang harus dilakukan adalah melakukan *testing* terhadap program *Artificial Neural Network* yang telah dibuat. Tujuan dari proses *testing* adalah agar dapat mengetahui performa program *neural network* yang telah dibuat dapat digunakan untuk memprediksi data target yang diinginkan dengan melihat kesesuaian data aktual dan data prediksi. Seperti yang telah dijelaskan bahwa data yang digunakan untuk proses *testing* adalah 20% atau sama dengan 2 hari. Prosedur pertama yang harus dilakukan adalah menentukan data *input* dan *output* yang akan dimasukkan ke dalam sistem *neural network*. Setelah itu dilakukan *run* pada *syntax program*.

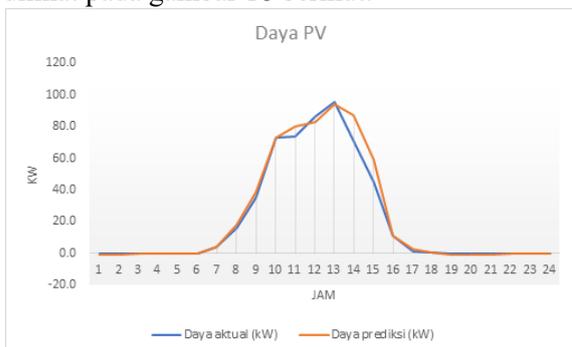


Gambar 17 Hasil forecast daya photovoltaic 1 hari

Pada gambar 17 di atas dapat dilihat pada garis berwarna hijau adalah garis data aktual daya PV dan garis biru adalah data prediksi daya PV menggunakan Neural Network. Data yang digambarkan oleh gambar di atas merupakan tampilan hasil prediksi data daya PV dalam 1 hari. Dapat dilihat bahwa pada hasil prediksi yang dilakukan oleh ANN memiliki data yang naik turun sesuai dengan data aktual yang diberikan. Walau ada beberapa garis daya prediksi yang tidak sesuai dengan data aktual, namun hasil prediksi tersebut mampu menggambarkan kondisi daya PV yang dimiliki oleh gedung tersebut.

4.4. Manajemen Energi

Sistem Manajemen energi merupakan suatu program perencanaan sistematis agar dapat memanfaatkan energi secara efektif dan efisien untuk menghasilkan keluaran yang maksimal melalui tindakan teknis secara terstruktur dan ekonomis untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi. Manajemen energi pada penelitian ini bertujuan untuk melihat seberapa efektifnya pemasangan PV pada tempat penelitian yang dituju dengan cara menghitung *error* antara hasil prediksi dengan data aktual. Hasil *testing* yang ditunjukkan oleh gambar 17 merupakan data daya PV dengan interval waktu per 10 menit selama 1 hari. Untuk memudahkan perhitungan, maka hasil data daya PV akan diubah menjadi per jam dengan menghitung rata-rata daya yang dihasilkan per 10 menit tersebut. Grafik data daya PV dengan interval waktu per jam dapat dilihat pada gambar 18 berikut:



Gambar 18 Perbandingan daya rata-rata perjam

Pada gambar 18 menunjukkan hasil tampilan pada MATLAB dari prediksi daya PV yang telah dilakukan dengan menunjukkan daya aktual PV, daya prediksi PV, dan persentase error. Pada gambar di atas bisa dilihat bahwa garis berwarna jingga merupakan daya hasil prediksi sedangkan garis berwarna biru

merupakan daya aktual PV. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa daya PV mulai muncul pada jam 07.00 sampai dengan 16.00 WIB. Daya puncak terdapat pada jam 13.00 WIB yaitu dengan daya rata-rata data aktual sebesar 95.7 kW dan data prediksi sebesar 94.5 kW.

Untuk mencari nilai *error* antara data aktual dengan data prediksi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Error = \left| \frac{Daya\ aktual - daya\ prediksi}{daya\ aktual} \right| \dots\dots\dots (2)$$

Forecast Daya PV Menggunakan Neural-Network Universitas Islam Lamongan		
Daya PV Aktual kW	Ramalan NN kW	Error NN (%)
1.0e+04 *		
0.0000	0.0001	1.1999
0.0000	0.0001	0.5720
0.0000	0.0001	0.5720
0.0000	0.0001	1.0334
0.0000	0.0001	0.7065
0.0000	0.0001	0.7065
0.0000	0.0001	1.0291
0.0000	0.0001	0.6690
0.0000	0.0001	0.7385
0.0000	0.0001	0.5816
0.0000	0.0000	0.3425
0.0000	0.0000	0.2613
0.0000	0.0001	0.5751
0.0000	0.0001	0.5569
0.0000	0.0000	0.4808
0.0000	0.0000	0.3493
0.0000	0.0000	0.4374
0.0000	0.0000	0.4374
0.0000	0.0000	0.2496

Gambar 19 Hasil tampilan prediksi daya PV pada Matlab

Gambar 19 adalah hasil tampilan pada MATLAB dari prediksi daya PV yang telah dilakukan dengan menunjukkan daya aktual PV, daya prediksi PV, dan persentase error.

```
MSE =
0.1681
Elapsed time is 3.875945 seconds.
```

Gambar 20 Hasil MSE testing

Gambar 20 merupakan hasil dari MSE atau *Mean Square Error* yang dihasilkan antara data aktual dengan data prediksi. Salah satu kriteria untuk memilih estimator terbaik di antara estimator yang ada adalah berdasarkan *Mean Squared Error* (MSE) atau kesalahan kuadrat rata-rata dari estimator tersebut. Semakin kecil nilai MSE yang dimiliki maka hasil prediksi

daya tersebut semakin baik dan mendekati nilai aktual.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan ringkasan dari hasil dan pembahasan yang telah dibahas sebelumnya. Maka dari itu diperoleh kesimpulan yang disajikan dalam bentuk paragraf berikut ini, yaitu:

Total data *input* dan *output* yang digunakan adalah 8 hari. Dengan perincian 6 hari untuk *training*. Dan 2 hari untuk *testing*. Data input yang telah dipilih harus terlebih dahulu dinormalisasi dengan perintah `prestd` dalam MATLAB. Yang kemudian dengan penjabaran pada hasil proses konvergensi *training* telah memperoleh data yang dapat dilihat yakni:

- Untuk training lavernberg marquard telah diketahui nilai error yang dimiliki oleh sistem neural network pada proses training data sebesar 0.029387 dengan jumlah total iterasi sebanyak 11 kali. Dengan proses perhitungan dalam kurun waktu 1 menit 51 detik.
- Untuk training algoritma bayesian regularization telah diketahui nilai error yang dimiliki oleh sistem neural network untuk proses training mencapai 0.99884 dengan jumlah total iterasi sebanyak 5 kali. Dan dengan proses perhitungan dalam kurun waktu 1 menit 27 detik.
- Untuk training algoritma quasi newton, diketahui nilai error yang dimiliki oleh sistem untuk proses training telah mencapai 0.29877 dengan jumlah total iterasi sebanyak 149 kali. Dan dengan proses perhitungan dalam kurun waktu 1 jam 45 menit 49 detik.
- Kemudian untuk proses konvergensi testing untuk memperoleh data menampilkan hasil prediksi data daya PV dalam 1 hari. Hasil prediksi yang dilakukan memiliki data yang naik turun sesuai dengan data aktual yang diberikan. Walau ada beberapa garis daya prediksi yang tidak sesuai dengan data aktual, namun hasil prediksi

tersebut mampu menggambarkan kondisi daya PV yang dimiliki oleh gedung tersebut.

Berdasarkan pernyataan di atas dapat disimpulkan bahwa dari beberapa hasil training maupun testing telah mencapai nilai konvergensi optimal dari prediksi penelitian yang dilakukan ini. Hasil yang paling mendekati optimal ditunjukkan oleh training algoritma lavernberg marquard, dimana hampir mendekati nilai sempurna dari sebuah prediksi penelitian. Dengan begitu ini artinya sistem pemasangan photovoltaic pada gedung siap dijalankan. Setelah melalui syarat dan pemeliharaan secara berkala.

- 1) Dari hasil penelitian maupun perhitungan manajemen energi itu sendiri, dapat disimpulkan bahwa efisiensi daya PV (*irradiation for a photovoltaic*) mulai muncul pada jam 07.00 sampai dengan 16.00 WIB. Dan daya puncak berada pada pukul 13.00, dengan daya rata-rata data aktual sebesar 95.7 kW dan data prediksi sebesar 94.5 kW.

Daftar Pustaka:

- Adhitya, R. Y., Sarena, S. T., Atmoko, R. A., & Hartono, D. (2016). *Smart PV Solar Tracking System Menggunakan Metode BP - NN (Back Propagation Neural Network)*. 01(November), 1–5.
- Daya, P. (2021). *Prediksi daya keluaran pv berbasis jaringan saraf tiruan pada pusat perbelanjaan tangerang*. *Ciastech*, 335–342.
- esdm.kaltimprov. (2019). *SISTEM MANAJEMEN ENERGI SEBAGAI PENDUKUNG PROGRAM KEMITRAAN KONSERVASI ENERGI*. Energi Terbarukan Dan Konservasi Energi. <http://esdm.kaltimprov.go.id/tentang-dinas/tugas-dan-fungsi/bidang-ketenagalistrikan/item/120-sistem-manajemen-energi-sebagai-pendukung-program-kemitraan-konservasi-energi.html>
- Hasnira, H., Windarko, N. A., Tjahjono, A., Nugroho, M. A. B., & Jati, M. P. (2020). Efficient Maximum Power Point Estimation Monitoring of Photovoltaic

- Using Feed Forward Neural Network. *Jurnal Integrasi*, 12(2), 92–104.
<https://doi.org/10.30871/ji.v12i2.2161>
- Prasetyono, E., Wigas Wicaksana, R., Ayub Windarko, N., & Zaenal Efendi, M. (2015). Pemodelan dan Prediksi Daya Output Photovoltaic secara Real Time Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 4(2), 190–199.
<https://doi.org/10.20449/jnte.v4i2.163>
- RAMADHAN, A. R. (2019). *Prediksi Energi Irradiance Photovoltaic Menggunakan Backpropagation Neural Network*.
- Sikumbang, H., Haris, A., & Elly, M. J. (2020). Sistem Kendali Dan Monitoring Dengan Syaraf Tiruan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Petir*, 13(2), 119–127.
<https://doi.org/10.33322/petir.v13i2.1066>
- SUHARTONO, DERWIN, S.KOM., M. (2012). *Dasar Pemahaman Neural Network*. Binus University.
<https://socs.binus.ac.id/2012/07/26/konsep-neural-network/>