

**PERAMALAN DAYA *PHOTOVOLTAIC* JANGKA SANGAT PENDEK MENGGUNAKAN METODE
*DECOMPOSITION BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK (D-BPNN)***

Ulin Nikmatul Choiroh

S1-Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: ulin.18081@mhs.unesa.ac.id

Unit Three Kartini

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: unitthree@unesa.ac.id

Abstrak

Peramalan daya *photovoltaic* diperlukan untuk mengetahui daya listrik yang dihasilkan *photovoltaic* agar tidak terjadi kekurangan maupun kelebihan daya sehingga dihasilkan daya yang optimal untuk mensuplai beban. Metode yang digunakan untuk peramalan daya *photovoltaic* jangka sangat pendek ini menggunakan metode *hybrid Decomposition Backpropagation Neural Network (D-BPNN)*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya listrik yang dihasilkan *photovoltaic* selama 1 jam ke depan. Hasil penelitian peramalan daya *photovoltaic* jangka sangat pendek menggunakan metode *Decomposition Backpropagation Neural Network (D-BPNN)* menunjukkan hasil MSE metode *Decomposition* adalah 2,563821534 W dan MAPE adalah 0,059452563%. Sedangkan metode *hybrid Decomposition Backpropagation Neural Network (D-BPNN)* menunjukkan hasil MSE = 0,470854794 W dan MAPE = 0,032175385%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa peramalan dengan metode *Decomposition Backpropagation Neural Network (D-BPNN)* mendapatkan hasil yang lebih baik dan peramalan yang lebih akurat untuk 1 jam ke depan.

Kata Kunci : Peramalan, *Decomposition, Backpropagation Neural Network, Mean Squared Error, Mean Absolute Percent Error*

Abstract

Forecasting *photovoltaic* power is needed to determine the electrical power produced by *photovoltaic* so there is no shortage or excess power, so that optimal power is produced to supply the load. The method used for very short-term power forecasting in *photovoltaics* uses the *hybrid Decomposition Backpropagation Neural Network (D-BPNN)* method. This study purpose is to find out the electrical power generated by *photovoltaics* for the next 1 hour. The results of the study of very short-term *photovoltaic* power forecasting using the *Decomposition Backpropagation Neural Network (D-BPNN)* method show that the MSE results of the *Decomposition* method was 2.563821534 W and MAPE was 0.059452563%. While the *hybrid Decomposition Backpropagation Neural Network (D-BPNN)* method shows the results of MSE = 0.470854794 W and MAPE = 0.032175385%. So it can be concluded that forecasting with the *Decomposition Backpropagation Neural Network (D-BPNN)* method gets better results and more accurate forecasting for the next 1 hour.

Keywords: Forecasting, *Decomposition, Backpropagation Neural Network, Mean Squared Error, Mean Absolute Percent Error*

PENDAHULUAN

Energi listrik sebagai kebutuhan manusia yang sangat penting, pemakaiannya semakin meningkat menyebabkan sumber energi fosil semakin menipis. Karena itu perlu dikembangkan energi lain untuk mengatasi masalah ini yaitu dengan memanfaatkan energi matahari. Pemanfaatan matahari sebagai sumber energi listrik direalisasikan dengan menggunakan *photovoltaic* yang mengubah cahaya matahari menjadi listrik.

Penggunaan cahaya matahari sebagai sumber tenaga listrik dilakukan peramalan daya untuk mencapai keandalan dari sistem agar tidak terjadi kekurangan maupun kelebihan daya sehingga dihasilkan daya yang optimal untuk mensuplai beban.

Peramalan daya *photovoltaic* pada penelitian ini dilakukan dalam jangka sangat pendek untuk hasil dari grafik lebih halus sehingga perbedaan hasil peramalan dan daya aktual dapat terlihat jelas

dan pengaruh faktor meteorologi dapat terlihat.

Beberapa penelitian terdahulu di bidang ketenagalistrikan mengenai peramalan daya menggunakan energi *renewable photovoltaic* maupun penelitian mengenai metode *Decomposition* atau *Backpropagation Neural Network* yang telah dilakukan yaitu Dzikri (2020) melakukan penelitian tentang peramalan daya listrik pada PLTU Gresik jangka pendek, dalam kurun waktu satu minggu kedepan berdasarkan indeks keandalan menggunakan bantuan metode matematis *Decomposition Feed Forward Neural Network* dengan variabel data daya aktual PLTU Gresik dan indeks keandalan. Selanjutnya Penelitian oleh Honglu, dkk. (2015) membahas peramalan daya PV dengan metode *Wavelet Decomposition* dan Jaringan Saraf Tiruan dengan variabel data daya *photovoltaic*, iradiasi matahari (W/m^2), temperatur udara ($^{\circ}C$), kelembaban udara (%), dan kecepatan angin (m/s). Selanjutnya Masviki (2020) melakukan penelitian tentang peramalan daya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *on Grid* pada rumah tinggal dengan menggunakan metode *K-Nearest Neighbor Decomposition Feed Forward Neural Network*. Pada penelitian ini menggunakan variabel radiasi matahari, kecepatan angin, temperatur udara, kelembaban, dan daya listrik PLTS *on Grid*. Selanjutnya oleh Unit Three Kartini dkk (2017) membahas tentang Metode K-NN *Decomposition ANN* yang dirancang untuk memperkirakan *Global Solar Irradiance* (GSI) selama 60 menit ke depan berdasarkan data meteorologi.

Perumusan masalah pada penelitian ini diantaranya menentukan cara untuk menghitung daya *photovoltaic* menggunakan metode *Decomposition*, menentukan cara untuk meramalkan daya *photovoltaic* menggunakan metode *Decomposition-Backpropagation Neural Network* (D-BPNN) dan menguji akurasi peramalan dari metode *Decomposition-Backpropagation Neural Network* (D-BPNN) dengan metode MSE dan MAPE.

Tujuan dari penelitian ini diantaranya memahami perhitungan daya *photovoltaic* menggunakan metode *Decomposition*, memahami peramalan daya *photovoltaic* menggunakan metode *hybrid Decomposition-Backpropagation Neural Network* (D-BPNN), Memahami uji kinerja dari metode *Decomposition-Backpropagation Neural Network* (D-BPNN).

Penelitian ini memiliki beberapa kebaharuan

dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dimana penelitian sebelumnya melakukan peramalan daya listrik dengan metode *Backpropagation Neural Network* (BPNN) atau *Decomposition* sedangkan penelitian yang penulis ajukan menggunakan metode yang di *hybrid* yaitu *Decomposition – Backpropagation Neural Network* (D-BPNN) untuk meramalkan daya *photovoltaic* jangka sangat pendek satu jam kedepan berdasarkan data meteorologi dan data daya aktual *output photovoltaic*. Data meteorologi yang digunakan berupa data iradiasi matahari (W/m^2), temperatur udara ($^{\circ}C$), kelembaban udara (%), dan kecepatan angin (m/s).

TINJAUAN PUSTAKA

Peramalan Daya Listrik

Peramalan (*forecasting*) adalah ilmu untuk memprediksi peristiwa di masa depan. Peramalan ini dapat dilakukan menggunakan data historis dan proses perhitungan untuk meramalkan peristiwa di masa yang akan datang. (Heizer & Render, 2011)

Menurut buku *Operation Management* (Stevenson, 2012: 72) peramalan merupakan dasar dalam mengambil keputusan karena peramalan memberikan informasi berupa permintaan dimasa mendatang. Tujuan utama dari manajemen operasi adalah menyetarakan antara pasokan dan permintaan, dan memprediksi permintaan dimasa mendatang untuk menentukan berapa kapasitas yang dibutuhkan untuk menyeimbangkan permintaan.

Menurut Setiawan, dkk. (2009) peramalan dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kelompok diantaranya adalah:

1. Peramalan Jangka Sangat Pendek
Peramalan jangka sangat pendek adalah peramalan yang digunakan untuk prediksi beberapa jam dan menit ke depan.
2. Peramalan Jangka Pendek
Peramalan Jangka Pendek adalah peramalan untuk beberapa hari ke depan digunakan untuk membantu proses perencanaan.
3. Peramalan Jangka Menengah
Peramalan Jangka Menengah adalah peramalan untuk beberapa bulan digunakan untuk memastikan keamanan dan keterbatasan kapasitas.
4. Peramalan Jangka Panjang
Peramalan Jangka Panjang adalah peramalan untuk waktu satu sampai sepuluh tahun.

Photovoltaic

Menurut Nasrudin (2018) *photovoltaic* merupakan sumber energi listrik yang memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber energi. *Photovoltaic* juga sumber energi yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan polusi selama proses konversi energi dan energi matahari berasal dari alam.

Ada beberapa jenis *photovoltaic* yang dipakai antara lain sebagai berikut:

1. *Mono-crystalline* (Si)

Dibuat dari silikon kristal tunggal yang dibuat pipih, sel surya jenis ini berasal dari satu induk batangan kristal dimana setiap potongan memiliki karakteristik identik dengan lainnya. Sehingga efisiensi *monocrystalline* mampu mencapai 15-20%.

2. *Poly-crystalline* (Si)

Dibuat dari meleburkan beberapa batang kristal silikon dan dibentuk dalam cetakan persegi sehingga kemurnian jenis ini tidak sebaik jenis *monocrystalline*, sehingga efisiensinya sekitar 13% - 16%.

Akurasi Peramalan

1. *Mean Squared Error* (MSE)

Mean Squared Error (MSE) adalah metode lain untuk mengevaluasi metode peramalan. Masing-masing kesalahan atau sisa dikuadratkan. Kemudian dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah observasi. Pendekatan ini mengatur kesalahan peramalan yang besar karena kesalahan-kesalahan itu dikuadratkan. (Winita, 2011)

Rumus untuk menghitung MSE adalah:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \{ Y_t - Y^*t \}^2 \quad (1)$$

Dengan:.

- n = jumlah data
- Y_t = nilai aktual pada periode waktu t.
- Y^{*}t = Nilai ramalan untuk periode waktu t.

2. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

Pendekatan ini berguna ketika ukuran atau besar variabel ramalan itu penting dalam mengevaluasi ketepatan ramalan. Dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata untuk periode itu.

Kemudian, merata rata kesalahan persentase absolut tersebut. MAPE mengindikasikan seberapa besar kesalahan dalam meramal yang dibandingkan dengan nilai nyata pada deret. MAPE menghitung rata-rata

diferensiasi absolut antara nilai yang diramal dan nilai aktual, yang dinyatakan dalam persentase nilai aktual. (Amperajaya, 2013).

Persamaan 2 merupakan rumus untuk menghitung MAPE:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{Y_t - Y^*}{Y^*} \times 100\% \quad (2)$$

Decomposition

Menurut (Herjanto, 2008: 89) Metode *Decomposition* mengklasifikasi tiga komponen pola dasar yaitu musiman, *trend* dan siklus yang digunakan untuk peramalan.

Metode *Decomposition* menganggap suatu data terdiri atas pola dasar dan *error* atau dalam bentuk matematikanya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Data} &= \text{Pola} + \text{Error} \quad (3) \\ &= (T_t, C_t, S_t) + R_t \end{aligned}$$

Dimana

- S_t = komponen musiman pada periode t
- T_t = komponen *trend* pada periode t
- C_t = komponen siklus pada periode t
- R_t = komponen random (kesalahan) pada periode t

Backpropagation Neural Network (BPNN)

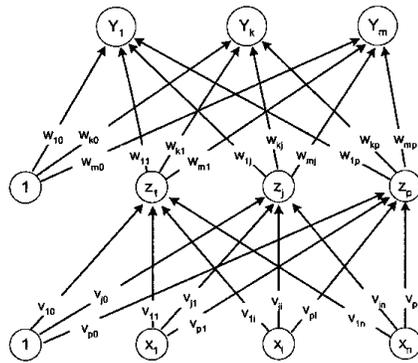
Backpropagation neural network merupakan model jaringan saraf tiruan dengan arsitektur *multilayer* untuk mendapatkan bobot optimal pada jaringan saraf tiruan.

BPNN ini terdiri dari *input layer*, *hidden layer* dan *ouput layer*. Metode ini salah satu metode yang sangat baik untuk menyelesaikan pola-pola kompleks. Pada jaringan BPNN setiap unit yang berada di *input layer* terhubung dengan setiap unit di *hidden layer* dan setiap unit di *hidden layer* terhubung dengan setiap unit di *output layer*. (Riska, 2017)

Arsitektur Backpropagation Neural Network

Gambar 1 merupakan arsitektur BPNN dengan 3 buah *input* ditambah bias, 3 *hidden layer* ditambah sebuah bias, serta 3 unit *output*.

v_{ji} merupakan bobot garis dari *input* x_i ke unit *hidden layer* z_j (v_{j0} adalah bobot garis yang menghubungkan bias di unit *input* ke unit *hidden layer* z_j). w_{kj} merupakan bobot dari unit *hidden layer* z_j ke unit *output* y_k (w_{k0} merupakan bobot dari bias di *hidden layer* ke unit *output* z_k.)



Gambar 1 Arsitektur BPNN
(Sumber: Stevenson, 2012)

Layer penyusun arsitektur BPNN dapat dibagi menjadi 3 yaitu :

- Lapisan *input* merupakan unit yang menerima segala *input* permasalahan yang dimasukkan dari luar untuk diproses.
- Lapisan tersembunyi (*Hidden layer*) merupakan unit-tersembunyi yang berada di dalam dan *output* tidak dapat secara langsung diamati.
- Lapisan *output* merupakan unit solusi sebuah permasalahan yang sudah di *input* sebelumnya pada unit *input*.

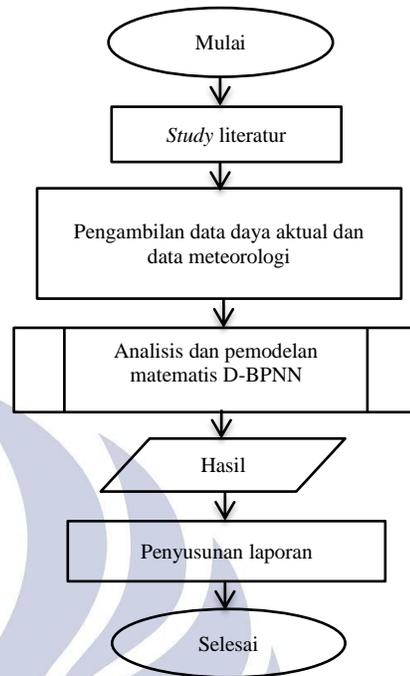
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data kuantitatif, berupa informasi yang berbentuk angka yang menggambarkan kinerja alat tersebut jika digunakan.

Pada penelitian ini menggunakan *software* Matlab 2015b untuk meramalkan daya listrik yang dihasilkan *photovoltaic* menggunakan metode D-BPNN dan hasil keluarannya berupa grafik peramalan daya *photovoltaic* untuk satu jam kedepan.

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dengan pendekatan kuantitatif dalam penelitian ini dilakukan secara urut seperti pada *flowchart* gambar 2.



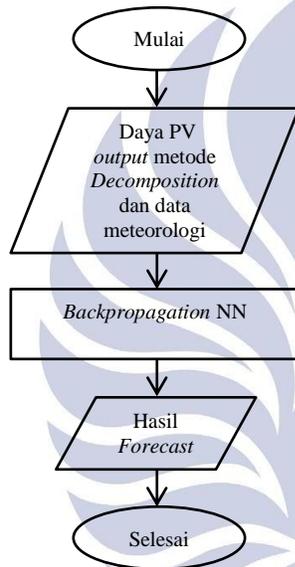
Gambar 2 *Flowchart* Perancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang dijelaskan pada *flowchart* gambar 2 sebagai berikut:

- Studi literatur dilakukan penulis untuk mendalami latar belakang dan mengamati keadaan terkini terkait peramalan daya *photovoltaic* menggunakan metode D-BPNN. Juga tahap mencari data dan literatur yang relevan dan dipercaya sehingga memperkuat penulisan penelitian ini.
- Pengambilan data dilakukan untuk mendapatkan data daya aktual *output photovoltaic* dan data meteorologi berupa iradiasi matahari (W/m^2), temperatur udara ($^{\circ}C$), kelembapan udara (%), kecepatan angin (m/s).
- Melakukan analisis dan permodelan matematis *Decomposition-Backpropagation Neural Network* (D-BPNN) untuk peramalan daya selama satu jam kedepan.

4. Hasil dari permodelan (D-BPNN) berupa hasil simulasi peramalan daya *photovoltaic* jangka sangat pendek per 5 menit selama 1 jam kedepan pada pukul 14.05 WIB sampai dengan pukul 15.00 WIB.
5. Penyusunan laporan pada tahap bertujuan untuk menuliskan hasil dari penelitian yang telah dilakukan. Setelah beberapa data perhitungan dan pengelompokan data yang didapat sudah mencukupi target.

Selanjutnya *flowchart* metode *Decomposition Backpropagation Neural Network* (D-BPNN) dapat ditunjukkan pada gambar 3



Gambar 3 *Flowchart* Metode *Decomposition-Backpropagation Neural Network* (D-BPNN)

Penjelasan alur *flowchart* metode D-BPNN:

1. Memasukkan data daya *photovoltaic* hasil perhitungan metode *Decomposition* dengan data meteorologi. Data tersebut selanjutnya dinormalisasi sebagai input metode D-BPNN.
2. Proses *Backpropagation Neural Network* dengan membuat pola *input* dan parameter *input*.
3. Setelah langkah kedua, maka didapatkan hasil peramalan daya *photovoltaic* untuk satu jam kedepan.

Spesifikasi Komponen

Pada peramalan jangka sangat pendek menggunakan metode *Decomposition-Backpropagation Neural Network* (D-BPNN) ini digunakan beberapa komponen yang dapat dilihat

pada tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi komponen Photovoltaic	
Model	Photovoltaic Mono-crystalline
Peak power (Pmax)	50 W
Max. power volt (Vmp)	17,8 V
Max. power current(Imp)	2,81 A
Open circuit volt (Voc)	21,89 V
Short circuit current (Isc)	3,03 A
Max. Sistem voltage	1000 V
Resistor Geser	
Model	Resistor wirewound
	300 ohm
Max power	100 W
Diameter	2 cm
Panjang	16 cm

(Sumber: Sun Asia, 2019)

Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dan sampel penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

1. Populasi Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah *ouput photovoltaic* 50 W.

2. Sampel Penelitian

Sampel pada penelitian ini dapat disebutkan sebagai berikut :

- a. Data daya *output photovoltaic*.
- b. Data meteorologi yang meliputi data iradiasi matahari (W/m²), temperatur udara (°C), kelembapan udara (%), dan kecepatan angin (m/s).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknik Pengambilan Data

Pada penelitian ini dilakukan teknik pengambilan data sebagai berikut:

Tahap 1 : Mempersiapkan alat ukur yang akan digunakan berupa *Solar Power Meter* untuk mengukur iradiasi matahari. *Anemometer* untuk mengukur kecepatan angin, kelembapan udara dan temperatur udara. Multimeter untuk mrngukur tegangan dan arus *output photovoltaic*.

Tahap 2 : Melakukan pengambilan data iradiasi matahari menggunakan *Solar Power Meter* dengan memposisikan alat di atas permukaan *photovoltaic* seperti pada

gambar 4.

Tahap 3 : Melakukan pengambilan data temperatur udara, kecepatan angin dan kelembapan udara menggunakan *Anemometer* dengan memposisikan alat di atas permukaan *photovoltaic* seperti pada gambar 4.



Gambar 4 Pengambilan Data Meteorologi Menggunakan *Solar Power Meter* dan *Anemometer*

Gambar 4 menunjukkan pengambilan data meteorologi dengan menggunakan *Solar Power Meter* dan *Anemometer*. Pengukuran dimulai pada pukul 07.00 WIB sampai 14.00 WIB dengan jarak 5 menit sehingga didapatkan data sebanyak 85 x 4 variabel yaitu 340 data selama satu hari dan didapatkan data sebanyak 595 x 4 variabel yaitu 2380 data selama satu minggu.

Dalam pengambilan data selama satu minggu didapatkan data iradiasi matahari (W/m^2), temperatur udara ($^{\circ}C$), kelembapan udara (%), dan kecepatan angin (m/s) terendah dan tertinggi. Iradiasi matahari tertinggi terdapat pada tanggal 15 November 2019 pukul 11.35 WIB sebesar $1337,0 W/m^2$ sedangkan iradiasi matahari terendah pada tanggal 17 November 2019 pukul 08.50 WIB sebesar $114,4 W/m^2$. Temperatur udara tertinggi terdapat pada tanggal 12 November 2019 pukul 08.30 WIB sebesar $49,7^{\circ}C$ sedangkan temperatur udara terendah pada tanggal 13 November 2019 pukul 10.35 WIB sebesar $31,5^{\circ}C$. Kelembapan udara tertinggi terdapat pada tanggal 14 November 2019 pukul 07.00 WIB sebesar 72,0% sedangkan kelembapan udara terendah pada tanggal 15 November 2019 pukul 12.10 WIB sebesar 11,0 %. Kecepatan angin tertinggi terdapat pada tanggal 17 November 2019 pukul 12.30 WIB sebesar 8,9 m/s sedangkan kecepatan angin terendah pada tanggal 12 November 2019 pukul 07.00 WIB sebesar 0,0 m/s .

Tahap 4 : Melakukan pengambilan data daya *output photovoltaic* yang berupa tegangan dan arus menggunakan multimeter seperti pada gambar 5.



Gambar 5 Pengambilan Data Daya Output *Photovoltaic*

Gambar 5 menunjukkan pengambilan data daya *output photovoltaic* berupa tegangan dan arus menggunakan Multimeter. Pengukuran dimulai pada pukul 07.00 WIB sampai 14.00 WIB dengan jarak 5 menit.

Setelah didapatkan nilai tegangan dan nilai arus kemudian dilakukan perhitungan daya dengan menggunakan persamaan 4.

$$P = V \times I \quad (4)$$

Keterangan :

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (V)

I = Arus (I)

Sehingga didapatkan data sebanyak 85 selama satu hari dan didapatkan data sebanyak 595 selama satu minggu.

Metode *Decomposition*

Tahap 1 : Data daya *output photovoltaic* yang telah didapat selanjutnya digunakan sebagai *input* metode *Decomposition* dengan cara mencari nilai musiman dengan menggunakan persamaan 5.

$$S_t = Rk_t \times FP \quad (5)$$

Keterangan :

S_t = Komponen musiman

Rk_t = Rata-rata indeks musiman

FP = Faktor penyesuaian

Tahap 2 : Mencari nilai *trend* dengan menggunakan persamaan 6.

$$T_t = a \times bX_t \quad (6)$$

Keterangan :

T_t = Nilai *trend* ke- t

a = Konstanta

b = Koefisien

X_t = Variabel waktu ke- t

Tahap 3 : Mencari nilai siklus dengan menggunakan persamaan 7.

$$C_t = \frac{T_t \times S_t}{T_t} \quad (7)$$

Keterangan :

C_t = Nilai siklus ke- t

Tahap 4 : Nilai musiman, *trend* dan siklus yang telah didapat kemudian dihitung menggunakan persamaan 8 untuk mendapatkan hasil daya *output photovoltaic*.

$$X_t = S_t \times T_t \times C_t \quad (8)$$

Tahap 5 : Mencari nilai *error* dengan menggunakan persamaan 9.

$$e_i = X_i \times F_i \quad (9)$$

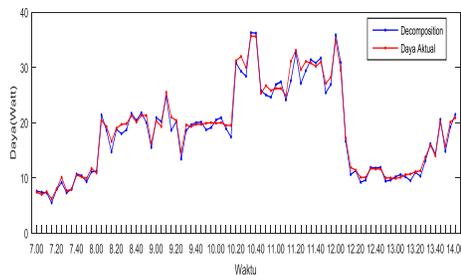
Keterangan :

e_i = Nilai *error*

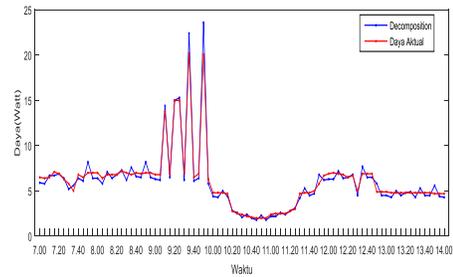
X_i = Data aktual

F_i = Data ramalan

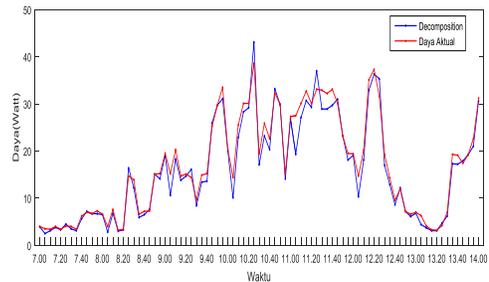
Hasil perhitungan daya *ouput photovoltaic* dengan metode *Decompositon* ditunjukkan pada gambar 6 sampai dengan gambar 12.



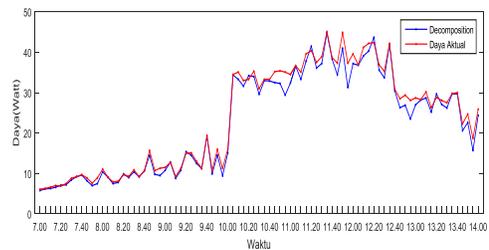
Gambar 6 Grafik Hasil Metode *Decomposition* Dengan Daya Aktual Tanggal 12 November 2019



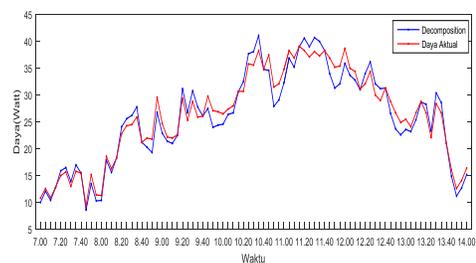
Gambar 7 Grafik Hasil Metode *Decomposition* Dengan Daya Aktual Tanggal 13 November 2019



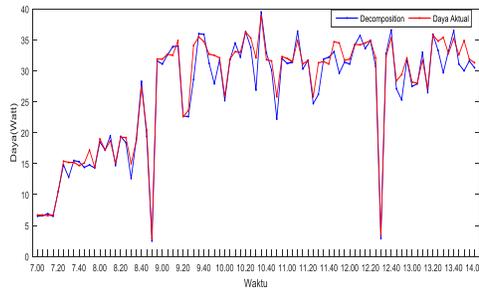
Gambar 8 Grafik Hasil Metode *Decomposition* Dengan Daya Aktual Tanggal 14 November 2019



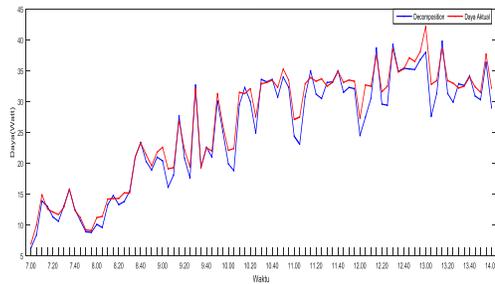
Gambar 9 Grafik Hasil Metode *Decomposition* Dengan Daya Aktual Tanggal 15 November 2019



Gambar 10 Grafik Hasil Metode *Decomposition* Dengan Daya Aktual Tanggal 16 November 2019



Gambar 11 Grafik Hasil Metode *Decomposition* Dengan Daya Aktual Tanggal 17 November 2019



Gambar 12 Grafik Hasil Metode *Decomposition* Dengan Daya Aktual Tanggal 18 November 2019

Peramalan *Decomposition-Backpropagation Neural Network* (D-BPNN)

Peralaman metode D-BPNN ini menggunakan *input* data daya *photovoltaic* hasil perhitungan metode *Decomposition* dengan 5 variabel lainnya yaitu iradiasi matahari, temperatur udara, kelembapan udara, kecepatan angin, dan variabel BPNN.

Data tersebut selanjutnya dinormalisasi menggunakan fungsi max-min yang dapat ditunjukkan pada persamaan 10.

$$V'' = \frac{V(x) - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (10)$$

Keterangan:

V'' = Hasil Normalisasi yang bernilai 0-1

$V(x)$ = data yang akan dinormalisasi

$\text{Max}(x)$ = nilai maximum data

$\text{Min}(x)$ = nilai minimu data

Arsitektur jaringan *Backpropagation Neural Network* (BPNN) terdiri dari enam *input layer*, satu *hidden layer*, enam belas *neuron* dan satu *output layer*, fungsi aktivasi yang digunakan adalah logsig

dan purelin yang berfungsi menghasilkan *ouput* dengan *range* nilai 0 sampai 1. Fungsi transfer yang digunakan jenis *trainlm*. Akan diupdate bobot dan biasanya sampai MSE yang dikehendaki tercapai 0.0001 dengan epoch 1000. Arsitektur jaringan D-BPNN dapat ditunjukkan pada tabel 2.

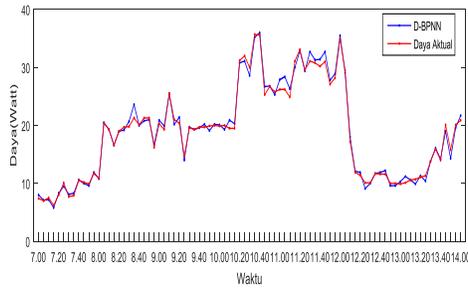
Tabel 2 Arsitektur Jaringan D-BPNN

Parameter	Nilai
net.trainParam.epochs	1000
net.trainParam.goal	0,0001
net.trainParam.Ir	0,05
net.trainParam.mc	0,6
net.trainParam.show	25
net.trainParam.max_fail	100

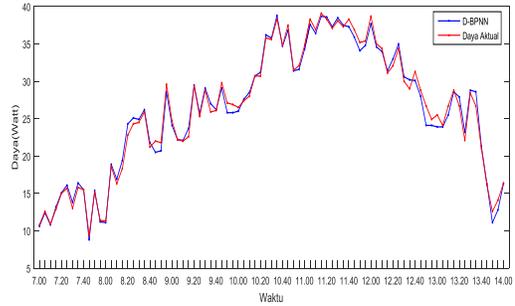
Peramalan daya *photovoltaic* ini terdiri dari dua proses yakni tahap *testing* dan *training*. Proses *testing* menggunakan *input* daya dari metode *Decomposition*, iradiasi matahari (W/m^2), temperatur udara ($^{\circ}C$), kelembapan udara (%), dan kecepatan angin (m/s) dan daya target menggunakan data daya aktual. Data dimulai pukul 07.00 WIB sampai 14.00 WIB per 5 menit pada 12 November 2019 sampai 18 November 2019. Selanjutnya dilakukan proses *training* dengan *input* daya menggunakan *input* daya dari metode *Decomposition*, iradiasi matahari (W/m^2), temperatur udara ($^{\circ}C$), kelembapan udara (%), dan kecepatan angin (m/s) dan daya target menggunakan data daya aktual. Data dimulai pukul 07.00 WIB sampai 14.00 WIB per 5 menit pada 12 November 2019 sampai 18 November 2019, yang akan meramalkan daya 1 jam kedepan per 5 menit dari pukul 14.05 WIB sampai dengan pukul 15.00 WIB.

Hasil peramalan daya *photovoltaic* metode *Decomposition-Backpropagation Neural Network* (D-BPNN) ini menampilkan grafik perbandingan hasil metode *Decomposition-Backpropagation Neural Network* (D-BPNN) dengan daya aktual dari tanggal 12 November 2019 sampai 18 November 2019 yang ditunjukkan pada gambar 13 sampai gambar 19 dan hasil peramalan metode *Decomposition*, metode *Decomposition-Backpropagation Neural Network* (D-BPNN) dengan daya aktual *output photovoltaic* selama seminggu ditunjukkan pada gambar 20.

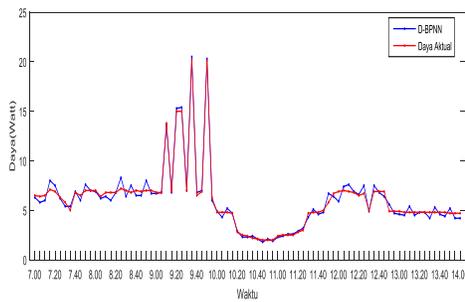
Peramalan Daya *Photovoltaic* Jangka Sangat Pendek Menggunakan Metode D-BPNN



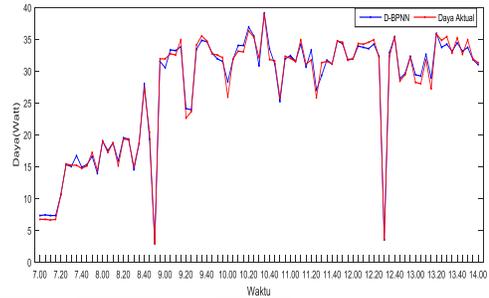
Gambar 13 Grafik Hasil Metode D-BPNN Dengan Daya Aktual Tanggal 12 November 2019



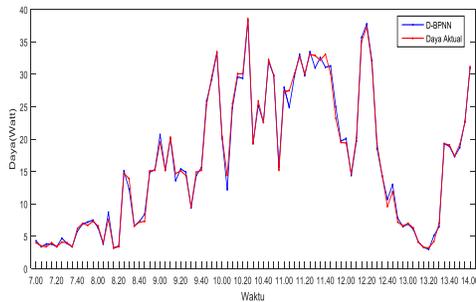
Gambar 17 Grafik Hasil Metode D-BPNN Dengan Daya Aktual Tanggal 16 November 2019



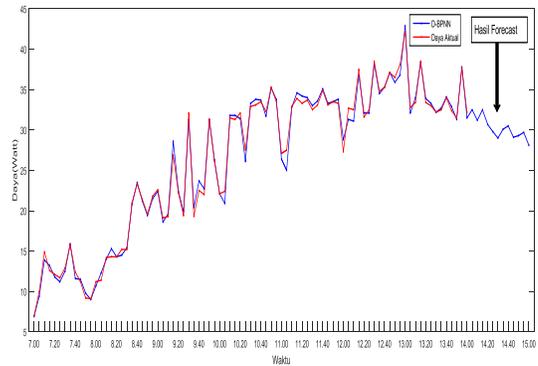
Gambar 14 Grafik Hasil Metode D-BPNN Dengan Daya Aktual Tanggal 13 November 2019



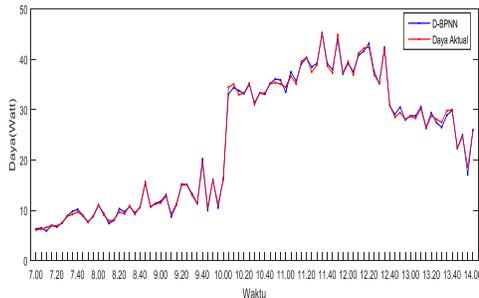
Gambar 18 Grafik Hasil Metode D-BPNN Dengan Daya Aktual Tanggal 17 November 2019



Gambar 15 Grafik Hasil Metode D-BPNN Dengan Daya Aktual Tanggal 14 November 2019



Gambar 19 Grafik Hasil Metode D-BPNN Dengan Daya Aktual Tanggal 18 November 2019



Gambar 16 Grafik Hasil Metode D-BPNN Dengan Daya Aktual Tanggal 15 November 2019

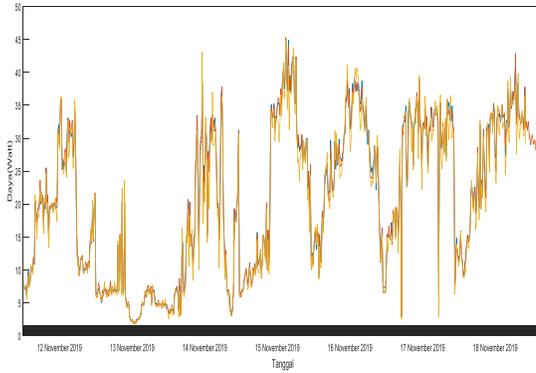
Pada grafik diatas didapatkan nilai peramalan pada pukul 14.05 WIB sampai 15.00 WIB dengan hasil peramalan ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil Peramalan Metode D-BPNN

Waktu	Hasil Peramalan
14.05	32,5 Watt
14.10	31,2 Watt
14.15	32,5 Watt
14.20	30,7 Watt

lanjutan tabel 3

14.25	29,8 Watt
14.30	29 Watt
14.35	30,1 Watt
14.40	30,5 Watt
14.45	29,1 Watt
14.50	29,3 Watt
14.55	29,7 Watt
15.00	28,1 Watt



Gambar 20 Grafik Hasil Metode *Decomposition* dan D-BPNN Dengan Daya Aktual

Untuk mengetahui tingkat keakurasian peramalan dilakukan perhitungan dengan metode *Mean Square error* (MSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Hasil akurasi peramalan metode D-BPNN dan metode *Decomposition* ditunjukkan pada tabel 4

Tabel 4 Akurasi Peramalan MSE dan MAPE

Mean Square error (Watt)	
Decomposition	D-BPNN
2,563821534	0,470854794
Mean Absolute Percentage Error (%)	
Decomposition	D-BPNN
0,059452563	0,032175385

SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan menggunakan metode *hybrid Decomposition Backpropagation Neural Network* (D-BPNN) didapatkan hasil peramalan daya *photovoltaic* per 5 menit dari pukul 14.05 WIB sampai pukul 15.00 WIB pada tanggal 18 November 2019. Hasil peramalan daya *photovoltaic* pukul 14.05 WIB sebesar 32,5 W, pukul 14.10 WIB sebesar 31,2 W, pukul 14.15 WIB sebesar 32,5 W, pukul 14.20 WIB sebesar 30,7 W, pukul 14.25 WIB sebesar 29,8 W,

pukul 14.30 WIB sebesar 29 W, pukul 14.35 WIB sebesar 30,1 W, pukul 14.40 WIB sebesar 30,5 W, pukul 14.45 WIB sebesar 29,1 W, pukul 14.50 WIB sebesar 29,3 W, pukul 14.55 WIB sebesar 29,7 W, pukul 15.00 WIB sebesar 28,1 W. Pengujian tingkat keakurasian peramalan penelitian ini menggunakan dua metode akurasi peramalan dengan metode MSE dan MAPE dimana hasil MSE untuk metode *Decomposition* adalah 2,563821534 W sedangkan untuk metode D-BPNN adalah 0,470854794 W. Untuk Hasil MAPE metode *Decomposition* adalah 0,059452563% sedangkan untuk metode D-BPNN adalah 0,032175385%. Maka dapat disimpulkan dengan menggunakan metode *hybrid Decomposition Backpropagation Neural Network* (D-BPNN) didapatkan hasil peramalan yang lebih baik.

SARAN

Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk memperbanyak variasi *neuron* pada tahap peramalan untuk memperkecil *error* dan menambah variasi *hidden layer* untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini. Sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amperjaya, Derajat. 2013. "Peramalan (*Forecasting*)". Tersedia: <http://www.ema302.weblog.esaunggul.ac.id/> (diakses tanggal 12 Desember 2019).
- Chen, Chao-Rong and Kartini, Unit Three. 2017. "*kNearest Neighbor Neural Network Models for Very Short-Term Global Solar Irradiance Forecasting Based on Meteorological Data*". *Energies*. Taipei: National Taipei University of Technology.
- Dzikri. 2020. Peramalan Daya Listrik Jangka Pendek Pada PLTU Gresik Menggunakan Metode *Decomposition Feed Forward Neural Network* Berdasarkan Indeks Keandalan. *Teknik Elektro*, 9, 749–755.
- Fa'rifah, Riska Yanu & Zulfiqar Busrah. 2017. "*Backpropagation Neural Network Untuk Optimasi Akurasi Pada Prediksi Financial Distress Perusahaan*". *Jurnal Instek*. Vol 2(2).
- Heizer, & Render. 2011. *Operation Management* (10th ed.). USA: Pearson New Jersey.
- Herjanto, E. 2008, *Manajemen Operasi Edisi 3*, P.T.

- Grasindo:Jakarta.
- Latif, Muhammad Nasrudin. 2018. “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Hibrida Panel Surya Dan Turbin Angin Sebagai Pengisian Energi Pada Baterai”. Tugas Akhir. Jurusan D3 Teknik Elektro ITS FV-ITS, Surabaya.
- Masviki. 2019. Peramalan Daya Listrik PLTS *On Grid* Pada Rumah Tinggal Menggunakan Metode *K-Nearest Neighbor Decomposition Feed Forward Neural Network* Berdasarkan Data Meteorologi. *Teknik Elektro*, 9, 241–249.
- Setiawan, Koprinska, Agelidis. 2009. “*Very ShortTerm Electricity Load Demand Forecasting Using Support Vector Regression*”. 31 July 2009.
- Stevenson, W.J. 2012. *Operations Management*. 11th Edition. McGrawHill/Irwin. New York.
- Winita. 2011. Pemilihan Teknik Peramalan dan Penentuan Kesalahan peramalan. Tersedia: <http://winita.staff.mipa.uns.ac.id/> (diakses tanggal 11 Desember 2019)
- Zhu, Honglu, dkk. 2015 “*A power prediction method for photovoltaic power plant based On Wavelet Decomposition and Artificial Neural Networks*”. <https://doi.org/10.3390/en9010011>.

