

## PERAMALAN DAYA LISTRIK PLTS ON GRID PADA RUMAH TINGGAL MENGGUNAKAN METODE k-NEAREST NEIGHBOR DECOMPOSITION FEED FORWARD NEURAL NETWORK BERDASARKAN DATA METEOROLOGI

**Masviki Agam**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia  
e-mail : masvikiagam@mhs.unesa.ac.id

**Unit Three Kartini**

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia  
e-mail : unitthree@unesa.ac.id

### Abstrak

Pemanfaatan energi terbarukan merupakan suatu hal yang sangat penting dalam mengurangi penggunaan energi fosil. Energi terbarukan ramah lingkungan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang terintegrasi dengan sistem grid atau *on grid*. Sistem PLTS *on grid* berasal dari dua sumber yaitu PLTS dan PLN.

Peramalan daya listrik PLTS *on grid* diperlukan untuk mengetahui daya listrik yang diproduksi PLTS *on grid*. Penggabungan tiga metode dalam penelitian ini terdiri dari metode *k-Nearest Neighbor*, metode *Decomposition* dan metode *feed forward neural network* atau bisa disebut dengan metode *hybrid k-Nearest Neighbor decomposition feed forward neural network* (k-NNDcNN). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya listrik yang diproduksi PLTS *on grid* selama lima jam ke depan.

Hasil penelitian menunjukkan nilai rata-rata MSE metode *k-Nearest Neighbour Decomposition* adalah 7,726531231 Watt sedangkan metode *Hybrid k-Nearest Neighbour Decomposition Feed Forward Neural Network* adalah 0,627315211 Watt dan nilai MAPE rata-rata metode *k-Nearest Neighbour Decomposition* adalah 0,025386522% sedangkan metode *Hybrid k-Nearest Neighbour Decomposition Feed Forward Neural Network* adalah 0,004340221%. Dapat disimpulkan bahwa metode *Hybrid k-Nearest Neighbour Decomposition Feed Forward* mendapatkan hasil yang lebih baik.

**Kata Kunci :** Peramalan, PLTS *on grid*, *k-Nearest Neighbor*, *Decomposition*, *Feed Forward Neural Network*.

### Abstract

Utilization of renewable energy is very important in reducing the use of fossil energy. Eco-friendly renewable energy is a Solar Power Plant integrated with a grid or on grid system. On-grid Solar Power Plant system comes from two sources, they are Solar Power Plant and PLN (State Electricity Company)

Forecasting electric power of Solar Power Plant on grid is needed to determine the electric power produced by Solar Power Plant on grid. The combination of three methods in this study consists of the *k-Nearest Neighbor* method, the *Decomposition* method and the *feed forward neural network* method or it can be called as the *hybrid k-Nearest Neighbor decomposition feed forward neural network* (k-NNDcNN) method. This study aims to determine the electrical power produced by Solar Power Plant on grid for the next five hours.

Average value of the MSE *k-Nearest Neighbor Decomposition* method was 7.726531231 Watt while the *Hybrid k-Nearest Neighbor Decomposition Feed Forward neural network* method was 0.627315211 Watt and the average MAPE value of the *k-Nearest Neighbor Decomposition* method was 0.025386522 % while the *Hybrid k-Nearest Neighbor Decomposition Feed Forward neural network* method was 0.004340221%. It can be concluded that the *Hybrid k-Nearest Neighbor Decomposition Feed Forward* method got better results.

**Keywords:** Forecasting, Solar Power Plant On Grid, *k-Nearest Neighbor*, *Decomposition*, *Feed Forward Neural Network*.

### PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi terbarukan merupakan suatu hal yang sangat penting dalam upaya mengurangi penggunaan energi fosil yang semakin menipis. Sumber energi baru dan terbarukan ramah lingkungan yang dimaksud adalah sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang terintegrasi dengan sistem *grid* atau *on grid* pada rumah tinggal. Dengan sistem PLTS *on grid* pasokan listrik untuk rumah tinggal berasal dari dua sumber yaitu

PLTS dan PLN, PLTS akan melayani kebutuhan pada siang hari dan jika ada kelebihan energi listrik yang dibangkitkan oleh PLTS maka energi listrik akan disalurkan ke jaringan PLN sehingga KWH meter akan menghitung nilai ekspor energi listrik tersebut. Untuk kebutuhan malam hari, pasokan listrik rumah tinggal berasal dari PLN dan KWH meter akan menghitung nilai impor energi listrik. Sedangkan saat PLN padam baik siang hari atau malam hari maka energi listrik berasal dari baterai.

Beberapa penelitian terdahulu di bidang ketenagalistrikan mengenai PLTS *On Grid* menggunakan *Artificial Intelligence* (AI) dilakukan oleh Elamin, dkk (2018) penelitiannya berjudul *Photovoltaic Output Power Forecast Using Artificial Neural Networks* membahas tentang peramalan daya *photovoltaic* menggunakan metode *feed forward neural network* berdasarkan data suhu sekitar dan radiasi matahari. Selanjutnya oleh Can Wan, dkk (2015) penelitiannya berjudul *Photovoltaic and Solar Power Forecasting for Smart Grid Energy Management* membahas tentang peramalan untuk sumber daya matahari dan kekuatan PV serta aplikasi peramalan surya dalam energi manajemen *smart grid*. Selanjutnya oleh Unit Three Kartini dkk (2017) berjudul *K-NN Decomposition Artificial Neural Network Models For Global Solar Irradiance Forecasting Based On Meteorological Data*, membahas tentang Metode K-NN Decomposition ANN yang dirancang untuk memperkirakan *global solar irradiance* (GSI) selama 60 menit ke depan berdasarkan data meteorologi untuk stasiun *photovoltaic* target yang posisinya dikelilingi oleh stasiun *photovoltaic* lainnya. Selanjutnya oleh Dwi Ardianto (2018) penelitiannya berjudul *Peramalan Daya Listrik Jangka Sangat Pendek Pembangkit Termal Menggunakan Metode k-Nearest Neighbor Artificial Neural Network*, membahas tentang peramalan daya listrik jangka sangat pendek untuk pembangkit termal berbahan bakar gas selama satu jam kedepan.

Berdasarkan referensi penelitian sebelumnya maka penelitian ini membahas kebaruan menggunakan metode matematis *hybrid* yang menggabungkan tiga metode yang terdiri dari metode *k-Nearest Neighbor*, metode *decomposition* dan metode *feed forward neural network* atau bisa disebut dengan *k-Nearest Neighbor decomposition feed forward neural network* (k-NNDcNN).

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana peramalan daya listrik PLTS *on grid* pada rumah tinggal menggunakan metode k-NNDcNN berdasarkan data meteorologi untuk lima jam kedepan?.

Tujuan penelitian ini adalah dapat mengetahui daya listrik PLTS *on grid* pada rumah tinggal menggunakan metode k-NNDcNN berdasarkan data meteorologi untuk lima jam kedepan, yang mana hasilnya akan dibandingkan dengan data aktual..

## KAJIAN PUSTAKA

### Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan daya dibidang tenaga listrik merupakan komponen penting untuk sistem manajemen energi listrik. Peramalan yang tepat membantu meningkatkan keandalan sistem tenaga, mengurangi biaya pembangkitan, dan penjadwalan rencana pemeliharaan. (Shamseldin dkk, 2016:132).

Menurut Can Wan(2015) peramalan dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kelompok diantaranya adalah:

#### 1. Jangka Pendek (*Short Term*)

Peramalan Jangka Pendek adalah peramalan jangka waktu untuk beberapa jam hingga beberapa hari ke depan, Peramalan jangka sangat pendek digunakan untuk kontrol penyimpanan energi listrik PLTS.

#### 2. Jangka Menengah (*Medium Term*)

Peramalan Jangka Menengah adalah peramalan jangka waktu untuk satu minggu ke depan, Peramalan Jangka Menengah digunakan untuk penjadwalan pemeliharaan pembangkit PLTS, pembangkit listrik konvensional, transformator, dan saluran transmisi.

#### 3. Jangka Panjang (*Long Term*)

Peramalan Jangka Panjang adalah peramalan jangka waktu berbulan-bulan hingga bertahun-tahun, peramalan jangka panjang digunakan untuk penilaian energi surya jangka panjang dan perencanaan pembangkit PLTS.

### Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan sinar matahari melalui *photovoltaic* untuk mengkonversikan radiasi sinar foton matahari menjadi energi listrik. (Anggara, 2014)

Unjuk kerja sistem PLTS sangat dipengaruhi oleh kondisi meteorologi seperti suhu, irradiasi matahari, kelembaban, kecepatan angin dan arah angin. Energi listrik yang dihasilkan tergantung pada jumlah irradiasi matahari yang diterima oleh setiap *photovoltaic*. Sinar matahari yang diserap dalam setiap *photovoltaic* bervariasi tergantung pada lokasi geografis, waktu, dan kapasitas penyerapan *photovoltaic*.(Chen.2017)

### PLTS *On Grid*

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* atau *Grid Connected Photovoltaic System* pada dasarnya menggabungkan PLTS dengan jaringan listrik PLN. Sistem PLTS *On Grid* adalah sistem PLTS energi terbarukan untuk penduduk pedesaan, perkotaan, perumahan, perkantoran atau fasilitas publik. Sistem PLTS *On Grid* menggunakan modul surya (*Photovoltaic Module*) sebagai penghasil listrik yang ramah lingkungan dan bebas polusi. (Nathawibawa,2017)

Salah satu inovasi listrik 4.0 yaitu masyarakat memiliki kebebasan untuk memenuhi kebutuhan listriknya sendiri dan dapat menjual listriknya kepada pihak lain. Hal tersebut didukung oleh terbitnya Peraturan Menteri ESDM No. 49 Tahun 2018. Dukungan PLN dalam implementasi PLTS *on grid* oleh pelanggan yaitu dengan menyediakan fasilitas paralel dan membuat skema bisnis ekspor-impor daya listrik..(Kananda,2013)

Sistem PLTS *On Grid* akan mengurangi tagihan listrik PLN dan sekaligus turut berpartisipasi dalam penyelamatan lingkungan melalui pengurangan penggunaan bahan bakar fosil untuk pembangkitan energi listrik. Energi listrik yang dibangkitkan oleh PLTS akan disalurkan ke jaringan PLN sehingga KWH meter akan

menghitung nilai ekspor. Untuk kebutuhan energi listrik yang digunakan kurang dari energi listrik yang dibangkitkan PLTS, maka pasokan listrik untuk rumah tinggal akan ditambah dari PLN dan KWH meter akan menghitung nilai impor. (Naim, 2017)

Beberapa keuntungan dari penggunaan sistem PLTS *On grid* adalah :

1. Mengurangi intensitas dalam menggunakan bahan bakar fosil, sehingga mampu mengurangi emisi bahan bakar.
2. Menghindari polusi suara, karena PLTS menghasilkan energi listrik tanpa menimbulkan suara.
3. Membantu dalam menstabilkan energi listrik dari PLN.
4. Mengurangi biaya pemakaian energi listrik dari PLN dengan menjalankan pembangkit listrik secara mandiri.
5. Dapat menjadi cadangan (*backup*) listrik untuk beberapa beban listrik yang sangat penting apabila terjadi *trip* pada jaringan listrik PLN.

Beberapa kekurangan dari penggunaan sistem PLTS *On grid* adalah :

1. Membutuhkan biaya awal yang besar.
2. Membutuhkan perawatan sistem PLTS *On grid*.

#### Komponen Sistem PLTS *On Grid*

1. *Photovoltaic*  
Komponen utama dalam sistem PLTS adalah *photovoltaic* yang merupakan rakitan dari beberapa sel surya. Sel surya tersusun dari dua lapisan semi konduktor dengan muatan berbeda. Lapisan atas sel surya itu bermuatan negatif sedangkan lapisan bawahnya bermuatan positif. Sel-sel itu dipasang dengan posisi sejajar dan seri dalam sebuah panel yang terbuat dari aluminium ataupun baja anti karat yang dilindungi oleh kaca atau plastik. Kemudian pada tiap-tiap sel diberi sambungan listrik untuk dapat disambungkan dengan sel lain (Hanna, 2012).
2. *Inverter*  
*Inverter* adalah peralatan elektronik yang berfungsi mengubah arus DC menjadi arus AC. Arus yang dihasilkan *photovoltaic* adalah DC. Oleh karena itu, pada sistem PLTS dibutuhkan *inverter* untuk mengubah energi agar dapat menyuplai kebutuhan perangkat AC. Pemilihan *inverter* yang tepat untuk aplikasi tertentu, tergantung pada kebutuhan beban dan juga apakah *inverter* akan menjadi bagian dari sistem yang terhubung ke jaringan listrik atau sistem yang berdiri sendiri (Elamin, 2018).
3. *Solar Charge Controller*  
*Solar charge controller* adalah alat yang digunakan untuk mengontrol proses pengisian muatan listrik dari *photovoltaic* ke baterai dan *inverter*. Terdapat setidaknya dua jenis *solar controller* yaitu yang menggunakan teknologi PWM (*pulse width*

*modulation*) dan MPPT (*maximum power point tracking*). *Solar controller* akan melakukan pengisian muatan listrik ke baterai dengan arus yang besar ketika baterai kosong, dan kemudian arus pengisian diturunkan secara bertahap ketika baterai semakin penuh. Teknologi ini memungkinkan baterai akan terisi dalam kondisi yang benar-benar penuh tanpa menimbulkan *stress* pada baterai. Ketika baterai penuh *solar controller* ini akan menjaga baterai tetap penuh dengan tegangan *float* tertentu.

4. Meter Listrik Ekspor-Import  
Meter listrik atau biasa disebut kWh meter adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengukur besaran daya yang digunakan oleh rumah tinggal dalam satuan kWh (kilowatt hour). Ekspor listrik adalah pengiriman energi listrik dari pelanggan ke PLN dalam satuan kWh. Impor listrik adalah penggunaan energi listrik dari PLN ke pelanggan dalam satuan kWh. Listrik ekspor – impor adalah sistem layanan energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS dapat dikoneksikan atau diparalel dengan jaringan PLN.
5. Baterai  
Berdasarkan aplikasinya maka baterai dibedakan untuk automotif, *marine* dan *deep cycle*. *Deep cycle* itu meliputi baterai yang biasa digunakan untuk *photovoltaic* dan *backup power*. Sedangkan secara konstruksi maka baterai dibedakan menjadi tipe basah, gel dan AGM (*Absorbed Glass Mat*). Baterai jenis AGM biasanya juga dikenal dengan VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*). Baterai kering *deep cycle* juga dirancang untuk menghasilkan tegangan yang stabil. Penurunan kemampuannya tidak lebih dari 1-2% per bulan tanpa perlu *discharge*. (Honglu Zu, 2015)

#### k-Nearest Neighbor (k-NN)

Algoritma k-NN adalah algoritma yang melakukan klasifikasi berdasarkan kedekatan lokasi (jarak) suatu data dengan data yang lain. Prinsip kerja k-NN sendiri adalah mencari jarak terdekat antara data yang dievaluasi dengan k tetangga terdekatnya dalam data pelatihan. (Nugraha dkk, 2017).

*k-Nearest Neighbor* (k-NN) adalah suatu metode yang menggunakan algoritma *supervised* dimana hasil dari *query instance* yang baru diklasifikasikan berdasarkan mayoritas dari kategori pada k-NN. Tujuan dari algoritma ini adalah mengklasifikasikan obyek baru berdasarkan atribut dan *training sample*. *Classifier* tidak menggunakan model apapun untuk dicocokkan dan hanya berdasarkan pada memori. Diberikan titik *query*, akan ditemukan sejumlah k obyek atau (titik *training*) yang paling dekat dengan titik *query*. Klasifikasi menggunakan *voting* terbanyak diantara klasifikasi dari k obyek.. Algoritma k-NN menggunakan klasifikasi ketetanggaan sebagai nilai prediksi dari *query instance* yang baru. Proses perhitungan *Euclidean Distance* seperti pada persamaan 1 :

$$ds_j^i(c, nxy) = \sqrt{\sum_{q=1}^k (c_p^i - nxy_{pj}^i)^2} \quad p=1,2,3,\dots,m \quad (1)$$

Keterangan :

- $ds_j^i(c, nxy)$  : Nilai dari variabel dependen
- $nxy_{pj}^i$  : Posisi koordinat stasiun PV (besarnya tetangga terdekat)
- $c_p^i$  : Vektor fitur d-dimensi
- k : Jumlah elemen dalam tetangga terdekat

**Decomposition**

Menurut Unit Three, dkk(2017) *Decomposition method* atau Metode dekomposisi adalah teknik yang sangat kuat untuk menentukan perilaku data deret waktu. Rangkaian data dapat didekomposisi menjadi komponen yang terpisah, musiman, tren, siklus, dan residual. Komponen musiman menunjukkan perubahan data yang bergantung pada cuaca. Komponen tren dan siklus digabungkan bersama untuk membuat siklus tren. Teknik dekomposisi bentuk umum seperti pada persamaan 2:

$$Y_t = T_t + S_t + C_t + R_t \quad (2)$$

Keterangan :

- $Y_t$  : Deret waktu (atau pengamatan) pada waktu t
- $T_t$  : Komponen tren pada waktu t
- $S_t$  : Komponen musiman pada waktu t
- $C_t$  : Komponen siklus pada waktu t
- $R_t$  : Komponen residu pada waktu t

**Feed Forward Neural Network**

*Feed Forward Neural Network* merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia. Istilah buatan di sini digunakan karena jaringan syaraf ini diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran. (Kusumadewi, 2003)

Berikut beberapa istilah jaringan syaraf tiruan yang sering ditemui (Kartini, 2019):

1. Neuron atau Node : Sel saraf tiruan yang merupakan elemen pengolahan jaringan syaraf tiruan. Setiap neuron menerima data input, memproses input tersebut (melakukan sejumlah perkalian dengan melibatkan *summation function* dan fungsi aktivasi), dan mengirimkan hasilnya berupa sebuah output.
2. Jaringan : Kumpulan neuron yang saling terhubung membentuk lapisan.
3. *Input* atau Masukan : Berkorespon dengan sebuah atribut tunggal dari sebuah pola atau data lain dari dunia luar. Sinyal-sinyal input ini kemudian diteruskan ke lapisan selanjutnya.
4. *Output* atau keluaran : Solusi atau hasil pemahaman jaringan terhadap data input. Tujuan pembangunan jaringan syaraf tiruan sendiri adalah untuk mengetahui nilai output.
5. Lapisan Tersembunyi (*hidden layer*) : Lapisan yang tidak secara langsung berinteraksi dengan

dunia luar. Lapisan ini memperluas kemampuan jaringan syaraf tiruan dalam menghadapi masalah-masalah yang kompleks.

6. Bobot : Bobot dalam jaringan syaraf tiruan merupakan nilai matematis dari koneksi, yang mentransfer data dari satu lapisan ke lapisan lainnya. Bobot ini digunakan untuk mengatur jaringan sehingga jaringan syaraf tiruan bisa menghasilkan output yang diinginkan.
7. *Summation Function* : Fungsi yang digunakan untuk mencari rata-rata bobot dari semua elemen input. Yang sederhana adalah dengan mengalikan setiap nilai input ( $X_j$ ) dengan bobotnya ( $W_{ij}$ ) dan menjumlahkannya (disebut penjumlahan berbobot, atau  $S_i$ ). Untuk elemen input *summation function* seperti pada persamaan 3 :

$$S_i = \sum_{j=1}^N W_{ij} \times X_j \quad (3)$$

- Keterangan:  $S_i$  = Penjumlahan bobot
- $W_{ij}$  = Nilai bobot
- $X_j$  = Nilai Input

8. Fungsi Aktivasi : Fungsi yang menggambarkan hubungan antara tingkat aktivasi internal (*summation function*) yang mungkin berbentuk linear atau non linear. Beberapa fungsi aktivasi jaringan syaraf tiruan di antaranya : hard limit, purelin, dan sigmoid. Fungsi sigmoid memiliki beberapa varian : sigmoid biner, sigmoid bipolar, dan sigmoid tangen.

9. Rumus FFNN

a. Input Bobot Pertama  $W = Net * I * W \{1.1\} \quad (4)$

b. Input Bias pertama  $W = Net * b \{1.1\} \quad (5)$

- Keterangan : Net = Jaringan
- I = Input
- W = Bobot
- b = Bias

**k-NN Decomposition FFNN**

k-NN *Decomposition* FFNN adalah kombinasi dari 3 metode dimana metode tersebut adalah k-*Nearest Neighbor*, *decomposition* dan *feed forward neural network* atau bisa disebut dengan k-NNdcFFNN. Pendekatan ini mencoba menguraikan pola deret waktu dasar ke dalam sub pola dan dikombinasikan dengan empat komponen, yaitu tren (T), musiman (S), siklus (C) dan kesalahan (R). Metode dekomposisi didasarkan pada asumsi bahwa data yang ada adalah kombinasi dari beberapa komponen, secara sederhana dijelaskan sebagai persamaan 6 berikut:

$$Data = pattern + residual = (k - NN - FFNN, cyclical, seasonal) + residual \quad (6)$$

### Akurasi Peramalan

Tingkat keakuratan suatu peramalan dapat dilihat dari nilai errornya. Beberapa metode lebih ditentukan untuk meringkas error (kesalahan). Model-model peramalan yang telah dilakukan kemudian divalidasi menggunakan sejumlah indikator. Indikator-indikator yang umum digunakan adalah rata-rata kuadrat terkecil (*Mean Square Error*) dan rata-rata persentase kesalahan absolut (*Mean Absolute Percentage Error*). Perbedaan antara nilai observasi dan nilai ramalan ini sering dimaksud sebagai residual. (Ardianto,2019)

#### 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. Suatu teknik yang menghasilkan kesalahan moderat mungkin lebih baik untuk salah satu yang memiliki kesalahan kecil tapi kadang-kadang menghasilkan sesuatu yang sangat besar. Nilai MSE dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 7 :

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|^2 \quad (7)$$

Keterangan :

$n$  = Jumlah data.

$y_t$  = Nilai aktual pada periode waktu  $t$ .

$\hat{y}_t$  = Nilai ramalan untuk periode waktu  $t$ .

#### 2. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

*Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) adalah dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dibagi dengan nilai observasi yang nyata untuk periode itu. Kemudian merata-rata kesalahan persentase absolut tersebut. Pendekatan ini berguna ketika ukuran atau besar variabel ramalan itu penting dalam mengevaluasi ketepatan ramalan. MAPE mengindikasikan seberapa besar kesalahan dalam meramal yang dibandingkan dengan nilai nyata pada deret. Nilai MAPE dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 8 :

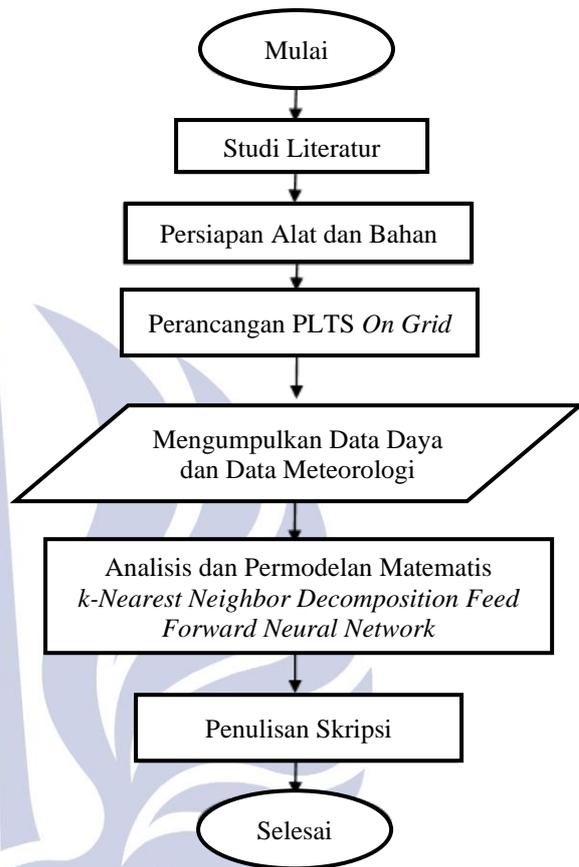
$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|y_t - \hat{y}_t|}{\hat{y}_t} \times 100 \% \quad (8)$$

## METODE PENELITIAN

### Pendekatan Penelitian

Pendekatan dalam penelitian ini dilakukan dengan metode penelitian eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif adalah suatu proses

menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat menemukan keterangan mengenai apa yang ingin kita ketahui. Metode penelitian eksperimen dengan pendekatan kuantitatif yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan secara urut seperti pada *flowchart* Gambar 1.



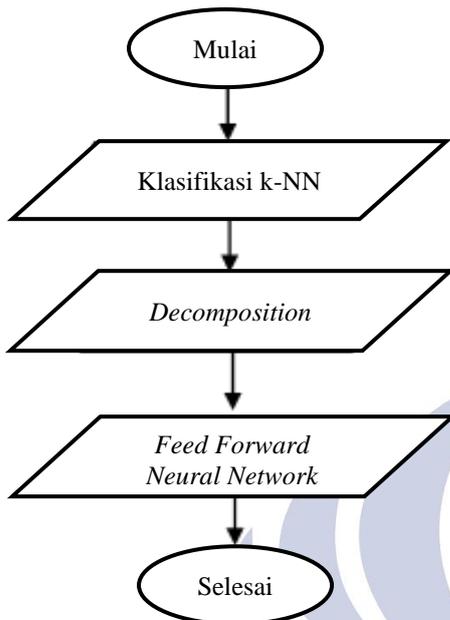
Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

### Rancangan Penelitian

Penelitian ini disusun melalui beberapa tahapan yang ditunjukkan dalam *flowchart* Gambar 3.1

1. Studi Literatur dilakukan dengan pencarian informasi mengenai segala sesuatu yang berkaitan dengan penelitian ini diantaranya adalah:
  - a. Mempelajari tentang peramalan jangka pendek.
  - b. Mempelajari metode *k*-Nearest Neighbor decomposition Feed Forward Neural Network.
2. Persiapan Alat dan Bahan PLTS On Grid yang akan digunakan.
3. Perancangan rangkaian PLTS On Grid yang akan digunakan.
4. Mengumpulkan data daya dan data meteorologi. Data meteorologi yang digunakan adalah iradiasi matahari ( $W/m^2$ ), temperatur udara ( $^{\circ}C$ ), kelembaban udara (%), dan kecepatan angin (m/s).
5. Analisis dan permodelan matematis *k*-Nearest Neighbor Decomposition Feed Forward Neural Network untuk peramalan daya selama lima jam kedepan
6. Penulisan skripsi untuk menuliskan hasil dari penelitian yang telah didapat dan telah dilakukan.

Selanjutnya *flowchart* metode *hybrid k-Nearest Neighbor decomposition feed forward neural network* (k-NNDcNN) seperti pada Gambar 2 :

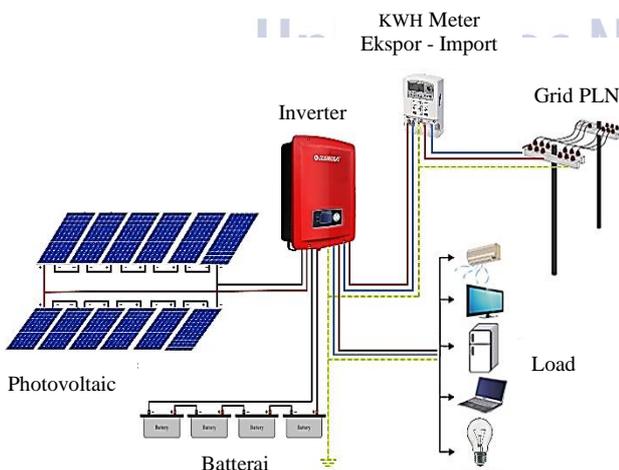


Gambar 2. *Flowchart* metode *hybrid k-NNDcNN*

Gambar 2 merupakan *flowchart* proses k-NNDcNN, yang pertama adalah klasifikasi k-NN, selanjutnya masuk pada metode *Decomposition*, selanjutnya masuk pada metode *Feed Forward Neural Network* menjadi k-NNDcNN.

**Sistem PLTS On Grid**

Sistem PLTS *On Grid* adalah gabungan dari sistem PLTS dengan jaringan listrik PLN. PLTS *On Grid* adalah jenis PLTS yang mampu terkoneksi dengan jaringan PLN. Energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS digunakan ke beban dan selebihnya akan disalurkan ke jaringan PLN. Dengan adanya sistem PLTS *On Grid* akan mengurangi tagihan listrik pada rumah tinggal. Rangkaian PLTS *On Grid* seperti pada Gambar 3:



Gambar 3. Rangkaian PLTS *On Grid*

**Spesifikasi Komponen PLTS On Grid**

Tabel 1. Spesifikasi komponen PLTS *On Grid*

Inverter	
Model	Kenika 1000 W
DC input	48 V DC
Photovoltaic input	70-150 V DC
Max Photovoltaic power	1500 W
Max AC current	10 A
AC input	170-264 V AC 50 Hz
AC output	170-264 V AC 50 Hz
Photovoltaic	
Model	Sopaf Energy (mono crystalline)
Max Power	100W
Max current	5,62 A
Max power voltage	17,8 V
Open circuit voltage	21,8 V
Short circuit current	6,05 A
Baterai	
Model	INCOE-Gold N70Z
Kapasitas	75 Ah
Tegangan	12 V
Kategori	Otomotif

Berdasarkan Tabel 1 inverter yang digunakan adalah model Kenika 1000 W, maksimal *input photovoltaic* sebesar 1500 W, dan AC *output* sebesar 170-264 V AC 50Hz. *Photovoltaic* yang digunakan model Sopaf Energy (mono crystalline), daya maksimal sebesar 100W, tegangan maksimal sebesar 17,8 V DC dan arus hubung singkat sebesar 6,05 A. Baterai yang digunakan model Incoe Gold N70Z berkapasitas 75 Ah, dan tegangan sebesar 12V.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Teknik Pengambilan Data**

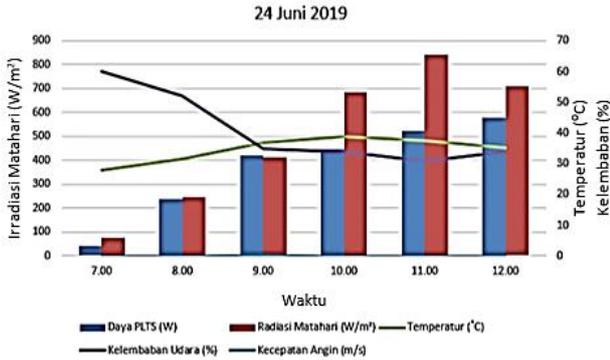
Untuk melakukan pengambilan data dilakukan melalui 5 step yaitu :

- Step 1 : Mempersiapkan alat ukur yang akan digunakan yaitu, *Solar Power Meter* dan *Anemometer*.
- Step 2 : Melakukan pengambilan data irradiasi matahari menggunakan *solar power meter*.
- Step 3 : Melakukan pengambilan data kecepatan angin, temperatur udara dan kelembaban sekitar menggunakan *anemometer*.
- Step 4 : Melakukan pengambilan data daya listrik PLTS *on grid* dengan cara melihat langsung pada layar monitor *inverter*.
- Step 5 : Mengulangi Step 2 sampai dengan step 4 untuk pengambilan data pada *photovoltaic* 1 sampai dengan *photovoltaic* 12.

**Analisis Data**

Dalam proses pengambilan data dimulai pukul 07:00 sampai dengan 12:00, diambil per 60 menit selama 7 hari pada tanggal 24 Juni 2019 sampai dengan 30 Juni

2019 didapatkan data daya listrik yang diproduksi PLTS *on grid* (W), irradiansi matahari ( $W/m^2$ ), temperatur udara ( $^{\circ}C$ ), kelembaban udara (%), dan kecepatan angin (m/s), seperti pada Gambar 4 :

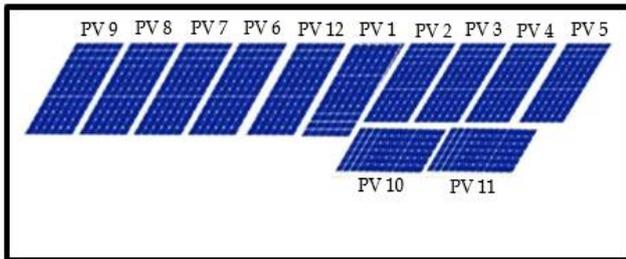


Gambar 4. Grafik Hasil Pengambilan Data pada Tanggal 24 Juni 2019

**Proses Peramalan**

Dalam proses peramalan daya listrik PLTS *on grid* pada rumah tinggal, dilakukan melalui 12 step, yaitu :

Step 1 :Melakukan pencarian posisi koordinat masing-masing *photovoltaic* dan *photovoltaic* 12 sebagai objek, maka terletak pada koordinat (0,0). Letak posisi *photovoltaic* seperti pada gambar 5. Hasil koordinat seperti pada Tabel 2.



Gambar 5. Posisi *Photovoltaic*

Tabel 2. Hasil Koordinat *Photovoltaic*

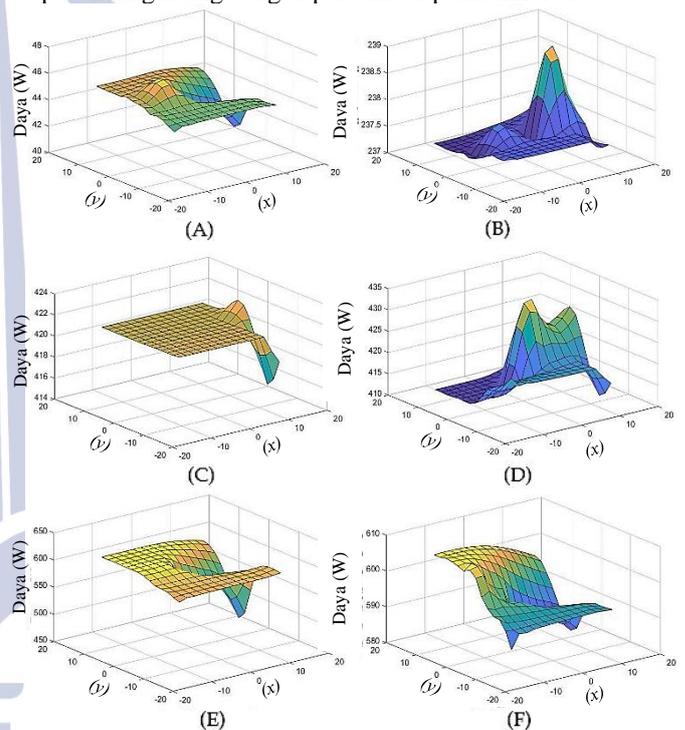
Photovoltaic	Koordinat		Jarak (cm)	Sudut ( $^{\circ}$ )
	X	Y		
PV 12	0	0	0	0
PV 1	6.6	0	66	0
PV 2	13.2	0	132	0
PV 3	19.8	0	198	0
PV 4	26.4	0	264	0
PV 5	33	0	330	0
PV 6	-6.6	0	66	180
PV 7	-13.2	0	132	180
PV 8	-19.8	0	198	180
PV 9	-26.4	0	264	180
PV 10	13.2	-9.9	165	323
PV 11	19.8	-10.1	222	333

Step 2 : Mencari jarak pada masing-masing data parameter dengan menggunakan persamaan 1 :  
 Step 3 : Menghitung jumlah tetangga terdekat dengan persamaan 10:

$$K = \frac{1}{ds_j^I(c, nxy)} \quad (9)$$

K berjumlah lima, karena variabel data yang digunakan berjumlah 5. K(1) merupakan perhitungan variabel daya, K(2) merupakan perhitungan variabel irradiansi matahari, K(3) merupakan perhitungan variabel temperatur, K(4) merupakan perhitungan variabel kelembaban, K(5) merupakan perhitungan variabel kecepatan angin.

Step 4 : Menghitung dengan persamaan polinomial ordo 3.



Gambar 6. Grafik Hasil Klasifikasi k-NN Tanggal 24 Juni 2019

- (A) Pukul 07:00
- (B) Pukul 08:00
- (C) Pukul 09:00
- (D) Pukul 10:00
- (E) Pukul 11:00
- (F) Pukul 12:00

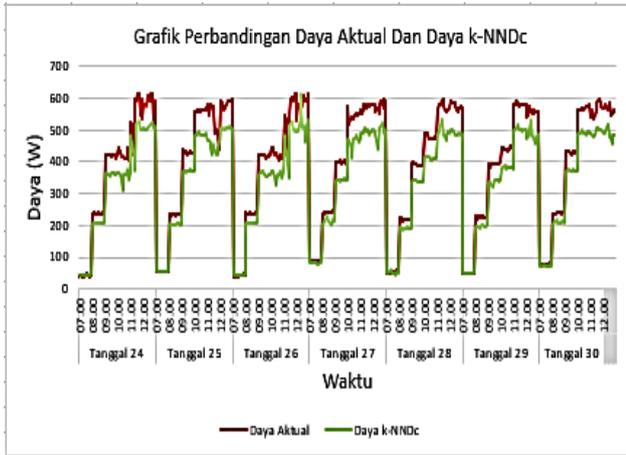
Pada Gambar 6, Daya(W) adalah p00 dari persamaan polinomial ordo 3, (x) adalah sumbu x berisi nilai koordinat x, (y) adalah sumbu y berisi nilai koordinat y. Koordinat x,y seperti pada Tabel 2.

Step 5 : Hasil dari persamaan polinomial yang sudah didapatkan selanjutnya dicari nilai sebenarnya dengan cara mensubtitusikan variabel x dan y masing-masing *photovoltaic*.

Step 6 : Hasil dari k-Nearest Neighbour selanjutnya dimasukkan ke dalam metode *Decomposition*.

Step 7 : Mencari nilai Musiman.

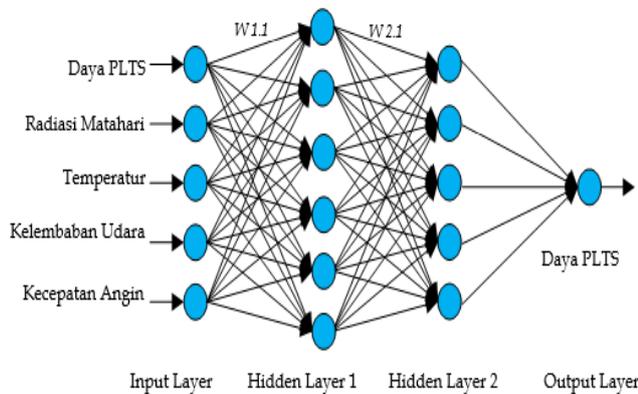
Step 8 : Menampilkan hasil perbandingan dari metode *k-Nearest Neighbour Decomposition* (k-NNDc) dengan daya aktual seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Hasil Metode k-NNDc dengan Daya Aktual

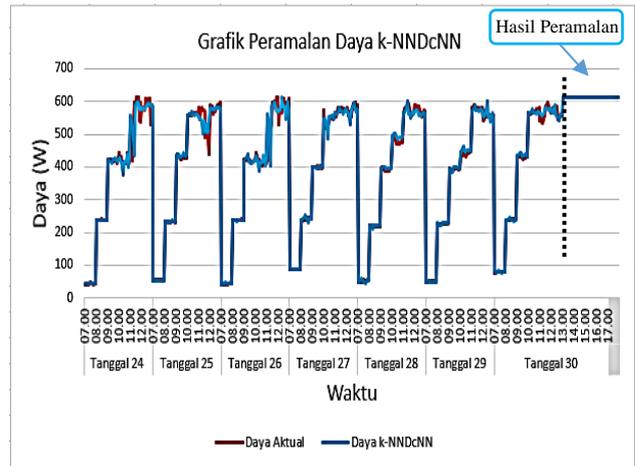
Step 9 :Hasil dari metode *k-Nearest Neighbour Decomposition* selanjutnya dinormalisasi terlebih dahulu untuk dimasukkan kedalam proses *hybrid k-Nearest Neighbour Decomposition Feed Forward Neural Network*.

Step 10 : Desain arsitektur *Feed Forward Neural Network* menggunakan lima input yaitu daya listrik yang diproduksi PLTS *on grid* (W), irradiansi matahari ( $W/m^2$ ), temperatur udara ( $^{\circ}C$ ), kelembaban udara (%), dan kecepatan angin (m/s), seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Arsitektur *Feed Forward Neural Network*

Step 11 : Menampilkan hasil grafik perbandingan metode *hybrid k-Nearest Neighbour Decomposition Feed Forward Neural Network* dengan daya aktual dan hasil peramalan, seperti pada Gambar 9



Gambar 9. Grafik Hasil Metode *hybrid k-Nearest Neighbour Decomposition Feed Forward Neural Network* dan Hasil Peramalan

Step 12: Menghitung tingkat keakurasian peramalan menggunakan *Mean Squared Error* (MSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Hasil MSE dan MAPE

METODE	MSE (%)	MAPE (Watt)
<i>k-Nearest Neighbour Decomposition</i>	7,726531231	0,025386522
<i>k-Nearest Neighbour Decomposition Feed Forward</i>	0,627315211	0,004340221

### PENUTUP Simpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode *hybrid k-Nearest Neighbour Decomposition Feed Forward Neural Network* mendapatkan hasil yang lebih baik dari metode *k-Nearest Neighbour Decomposition*. Nilai rata-rata MSE metode *k-Nearest Neighbour Decomposition* adalah 7,726531231 Watt sedangkan metode *Hybrid k-Nearest Neighbour Decomposition Feed Forward Neural Network* adalah 0,627315211 Watt dan nilai MAPE rata-rata metode *k-Nearest Neighbour Decomposition* adalah 0,025386522% sedangkan metode *Hybrid k-Nearest Neighbour Decomposition Feed Forward Neural Network* adalah 0,004340221%.

### Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan, dapat disarankan untuk penelitian selanjutnya penggunaan metode *k-Nearest Neighbour Decomposition Feed Forward Neural Network* dalam peramalan memperbanyak step yang digunakan dengan variasi *hidden layer* dan jumlah neuron yang mungkin bisa mendapatkan hasil yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggara, I.W.G.A., Kumara, I.N.S. dan Giriantari, I.A.D. 2014. Studi Terhadap Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1,9 KW di Universitas Udayana Bukit Jimbaran. *E-Journal SPEKTRUM*. Vol. 1 (1).
- Ardianto, Dwi dan Kartini, Unit Three. 2019. "Peramalan Daya Listrik Jangka Sangat Pendek Pembangkit Termal dengan Metode k-NN-ANN". *Jurnal Teknik Elektro*. Vol. 8 (1): hal. 101-109.
- Can Wan, et al. 2015. "Photovoltaic and Solar Power Forecasting for Smart Grid Energy Management". *CSEE JOURNAL OF POWER AND ENERGY SYSTEMS*. Vol. 1 (4): hal. 38-46.
- Chen, Chao-Rong and Kartini, Unit Three. 2017. "k-Nearest Neighbor Neural Network Models for Very Short-Term Global Solar Irradiance Forecasting Based on Meteorological Data". *Energies*. Taipei: National Taipei University of Technology.
- Elamim, A. 2018. "Photovoltaic Output Power Forecast Using Artificial Neural Networks". *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. Vol. 96 (15): hal. 5116-5126.
- Hanna J dan Patricia. 2012. "Analisis Keekonomian Kompleks Perumahan Berbasis Energi Sel Surya (Studi Kasus: Perumahan Cyber Orchid Town Houses, Depok)". Depok: Universitas Indonesia.
- Honglu Zhu, et al. 2015. "A Power Prediction Method for Photovoltaic Power Plant Based on Wavelet Decomposition and Artificial Neural Networks". *Energies*. China: North China Electric Power University.
- Kananda, Kiki dan Nazir, Refdinal. 2013. "Konsep Pengaturan Aliran Daya Untuk Plts Tersambung Ke Sistem Grid Pada Rumah Tinggal". *Jurnal Nasional Teknik Elektro*. Vol. 2 (2): hal. 65-71.
- Kartini, Unit Three and Chen, Chao-Rong. 2017. "K-NN Decomposition Artificial Neural Network Models for Global Solar Irradiance Forecasting Based on Meteorological Data". *International Journal of Computer Electrical Engineering*. Vol. 9 (1): hal. 351-359.
- Kusumadewi, Sri.2003. "Artificial Intelligence (Teori dan Aplikasinya)". Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Makridakis, Wheelwright, McGee. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta Barat: Binarupa Aksara.
- Naim, Muhammad dan Wardoyo, Setyo. 2017. "Rancangan Sistem Kelistrikan Plts On Grid 1500 Watt Dengan Back Up Battery Di Desa Timampu Kecamatan Towuti". *DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. Vol. 8 (2): hal. 11-17.
- Nathawibawa, A. A. Ngurah Bagus Budi, dkk. 2017. "Analisis Produksi Energi dari Inverter pada Grid-connected PLTS 1 MWp di Desa Kayubih Kabupaten Bangli". *Teknologi Elektro*. Vol. 16 (1): hal. 131-140.
- Nugraha, dkk. 2017. "Penerapan Fuzzy K-NN Dalam Menentukan Status Gizi Balita". *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. Vol. 1 (9).
- Shamseldin, Ali dan Thayeb. 2016. "Short Term Electrical Load Forecasting Using Fuzzy Logic". *International Journal Of Advancement In Engineering Technology, Management and Applied Science (IJAETMAS)*. Vol. 3 (11).