KEMENTRIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS JEMBER
LEMBAGA PENELITIAN
Jl. Kalimantan No. 37 Jember Telp. 0331-337818, 339385, Fax. 0331-337818

Manajemen Hybrid Photovoltaic System Dengan Memanfaatkan Peramalan Beban dan Penyinaran Matahari

Peneliti: Andi Setiawan, ST., MT.
Sumber Dana: DIPA Universitas Jember
Unit Kerja: Jurusan Teknik Elektro Fak. Teknik Universitas Jember

ABSTRAK

Telah diteliti pemanfaatan peramalan radiasi matahari dengan Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk meningkatkan kontrol *switch* pada *microgrid* Sistem Energi Surya Fotoltaik Hibrida (SESF Hibrida). Algoritma sistem kendali *microgrid* ini diimplementasikan ke dalam model simulasi dengan menggunakan *Matlab Simulink*. Hasil pengujian dengan pembanding sistem yang menggunakan kontrol *state of charge* (SOC) menunjukkan bahwa kontrol dengan menggunakan JST dapat mencegah *microgrid* menarik daya dari *grid* pada waktu beban puncak sehingga sistem ini dapat membantu memperbaiki *load factor*. Selain memperbaiki *load factor*, sistem ini memberikan keuntungan jika sistem tarif waktu beban puncak diterapkan.

Kata Kunci: *microgrid, load factor, neural network, SESF*

KEMENTRIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS JEMBER
LEMBAGA PENELITIAN
Jl. Kalimantan No. 37 Jember Telp. 0331-337818, 339385, Fax. 0331-337818

Manajemen Hybrid Photovoltaic System Dengan Memanfaatkan Peramalan Beban dan Penyinaran Matahari

Peneliti: Andi Setiawan, ST., MT.
Sumber Dana: DIPA Universitas Jember
Unit Kerja: Jurusan Teknik Elektro Fak. Teknik Universitas Jember

EXCUTIVE SUMMARY

1. Latar Belakang

Salah satu implementasi *demand side management* (DMS) pada sistem energi surya fotovoltaik (SESF) hibrida adalah melengkapi operasi sistem dengan proses otomatisasi penyambungan dan pemutusan *grid* dari SESF dengan mempertimbangkan beberapa faktor. *Switch* yang didesain dengan sistem seperti ini umumnya diistilahkan dengan *smart switch*. Pada sistem ini switch digunakan untuk memutuskan dan menyambungkan SESF dengan sedemikian hingga agar SESF *hybrid* ini tidak menarik daya dari *grid* pada saat beban puncak. Tujuannya adalah untuk memperbaiki load factor dan pada *grid* yang sudah menerapkan tarif blok di mana pada waktu-waktu tertentu tarif energi dari *grid* lebih tinggi dari periode waktu yang lain, maka sistem ini bisa digunakan untuk memperbesar tingkat pengembalian investasi dengan jalan menghidarkan SESF menarik daya dari *grid* pada saat tarif tinggi.

Dalam penelitian ini dirancang sebuah *smart switch* berbasis peramalan pencahayaan matahari yang dipadukan dengan data riil *state of charge* (SOC) batere dan data pola beban. Tujuan utama dari penerapan sistem ini adalah untuk menghindari penyerapan daya dari *grid* pada periode tarif tinggi, yang dalam hal ini tarif tinggi diasumsikan sebagai periode beban puncak.

2. Tujuan

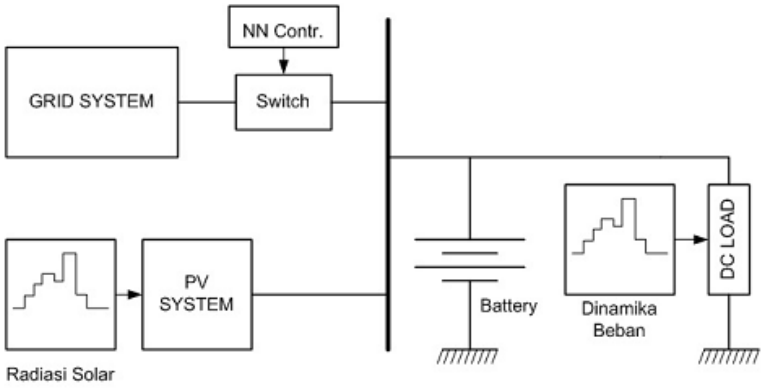
Dari permasalahan di atas maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Membuat sistem simulasi SESF hybdrid antara PV Solar array, batere dan *grid* dengan ukuran yang disesuaikan dengan sistem beban yang akan disuplai.
2. Membuat sistem manajemen energi yang akan menjamin SESF tidak menyerap daya dari *grid* pada saat beban puncak dengan memanfaatkan data peramalan intensitas cahaya matahari, pola beban dan kondisi SOC batere.

3. Metodologi

A. Pengembangan Model Sistem

Rangkaian sistem secara keseluruhan sebagaimana terlihat dalam Gambar 1. *Grid* adalah hasil penyearahan listrik AC dan beban adalah *inverter* di mana keduanya langsung terhubung ke DC Bus.



Gambar 1. Rangkaian Komponen Sistem

B. Model PV-MPPT

Model PV-MPPT yang digunakan dalam pemodelan system ini sebagaimana dinyatakan dalam Pers. 1.

$$P_{PV} = Eff \times \frac{Irr}{I_{STC}} \qquad \text{Pers. 1}$$

Dengan PPV adalah daya output dari PV dan DC/DC conveter yang diukur pada output dari DC/DC conveter, Eff adalah esiensi rangkaian PV array dan DC/DC converter, sedangkan Irr dan I STC berturut-turut adalah radiasi matahari aktual dan radiasi matahati pada standard test condition (STC) yang diukur dalam satuan W=m2
.

C. Model *Grid* dan AC/DC Converter

Model *Grid* yang dirangkai dengan AC/DC converter adalah sebagaimana digambarkan dalam Pers. 2.

$$P_{Grid} = B \times P_{AC} \qquad \text{Pers. 2}$$

Di mana P*Grid* adalah daya output DC dari sistem *grid* yang terhubung dengan DC bus, PAC adalah daya input AC dari *grid* dan B adalah efisiensi konversi dari AC/DC converter.

D. Model Batere

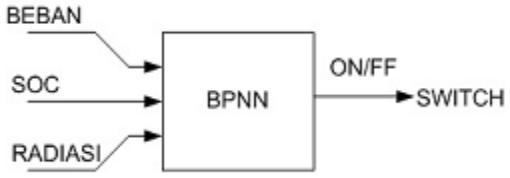
Model batere dalam pemodelan sistem ini menggunakan model batere (Tremblay et al., 2007) yang sudah diimplementsikan dalam Simulink Matlab. Model ini menerima input tegangan dan arus dari koneksi dengan model DC bus dan memberikan informasi berupa SOC pada setiap saat. Informasi ini yang diperlukan oleh *controller* ANN untuk memberikan keputusan untuk memutus atau menyambungkan smart switch.

E. Model Beban

Sistem beban dalam hal ini adalah inverter (DC/AC *converter*) yang pada sisi hilirnya dihubungkan dengan beban-beban ac berupa beban yang dapat diputuskan dan disambungkan (ON/OFF). Daya beban ditentukan dengan jumlah total daya yang tersambung ke *inverter* yang ditentukan dengan menggunakan pola tertentu yang nantinya juga dibelajarkan pada *controller* ANN.

F. Model Kendali JST

Peramalan diperlukan untukmengatur operasi smart switch agar menutup danmembuka sesuai dengan kondisi yang diramalkan. Peramalan ini dilakukan dengan memanfaatkan sebuah *controller* yang bekerja dengan BPNN. Data peramalan yang dibutuhkan adalah radiasi matahari pada 6 jam pertama, SOC batere dan peramalan beban sebagaimana diperlihatkan dalam skema Gambar 2.

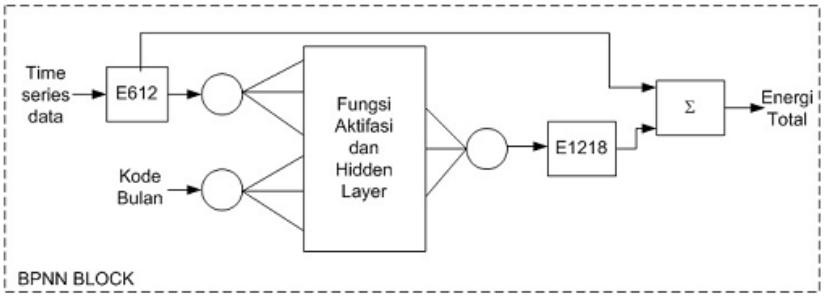


Gambar 2. Blok Kendali JST

Data pelatihan ini berisi pasangan data kode bulan, artinya peramalan dilakukan berdasarkan data pelatihan kombinasi antara pola radiasi sebelum tengah hari dengan kode bulan pada saat peramalan dilakukan. Struktur data untuk pelatihan pada BPNN adalah seperti terlihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Pelatihan untuk Peramalan

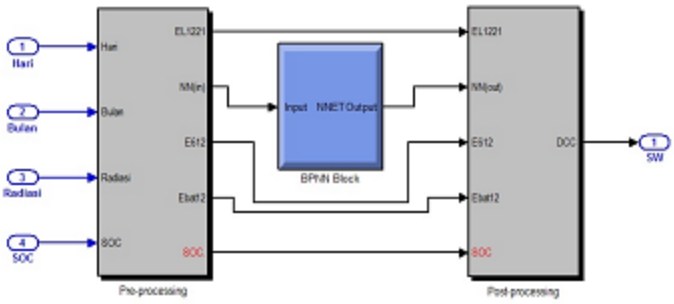
Kode Bulan	E612 (Wh/m^2)	E1218 (Wh/m^2)
1	376.8	633.4
1	452.6	831.8
1	2,053.9	3,299.6
1	369.3	527.5
2	2,356.5	2,845.0
2	1,242.5	1,761.8
2	59.0	110.3
.	.	.
.	.	.
.	.	.
12	579.0	1,123.9
12	2,040.8	3,956.2
12	108.9	149.5



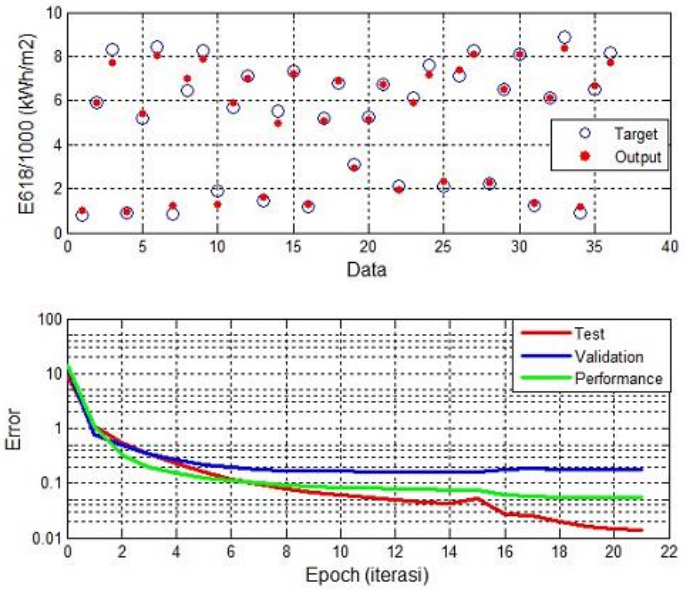
Gambar 3. Skema Kerja BPNN *Controller* Peramalan Radiasi

4. Hasil dan Analisis

Gambar 4. menunjukkan hasil implementasi model JST ke dalam Matlab™ Simulink sedangkan Gambar 5. adalah hasil pelatihan blok model JST dengan menggunakan data dalam Tabel 1.

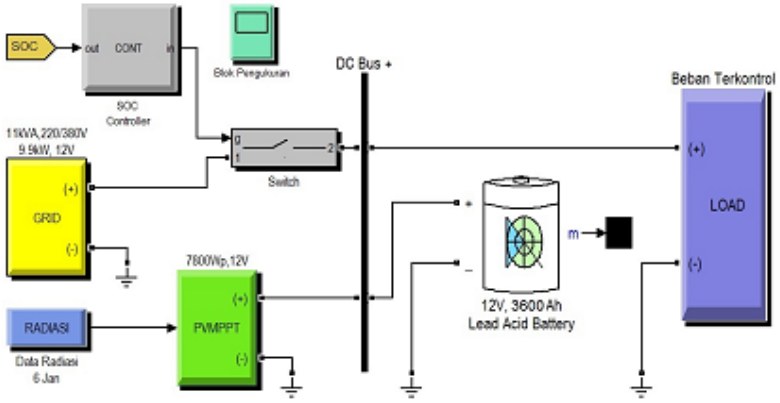


Gambar 4. Implementasi Model NN *Controller* dalam MATLAB



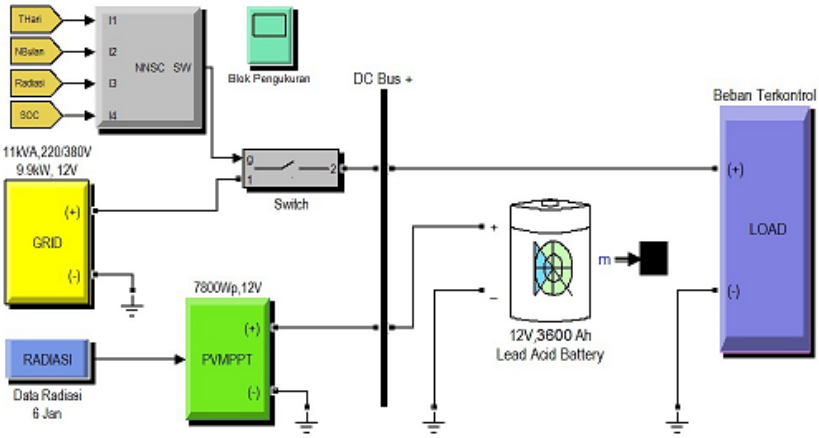
Gambar 5. Hasil Pelatihan NN *Controller* dengan Data Tabel 1.

Gambar 5. dan Gambar 6. Berturut-turut menunjukkan rangkaian model *microgrid* dengan switch berbasis SOC *controller* dan switch berbasis NN *controller*.



Gambar 5. Model Mocro*grid* dengan Switch Berbasis SOC *Controller*

Dari kedua gambar ini terlihat bahwa kendali JST melibatkan data yang lebih banyak untuk memutuskan aksi pada *switch*.

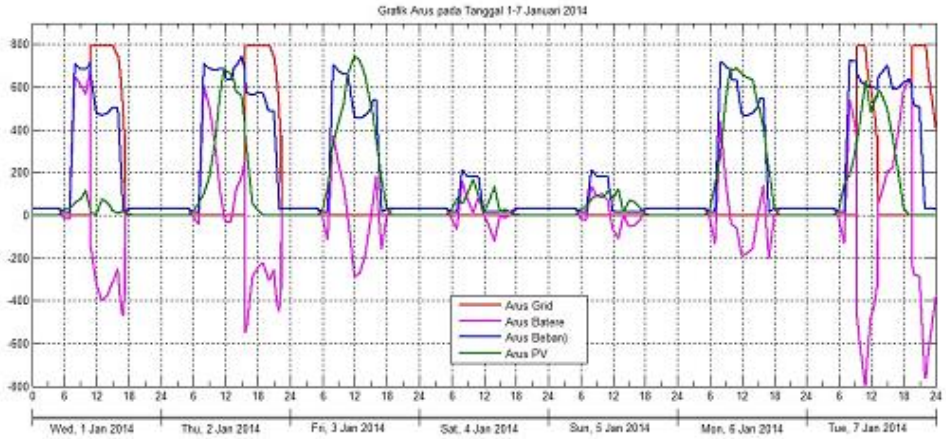


Gambar 6. Model Mocro*grid* dengan Switch Berbasis NN *Controller*

Gambar 7. Menunjukkan kinerja sistem berbasis SOC *controller* dengan menggunakan data radiasi matahari tanggal 1 s.d 7 Januari.

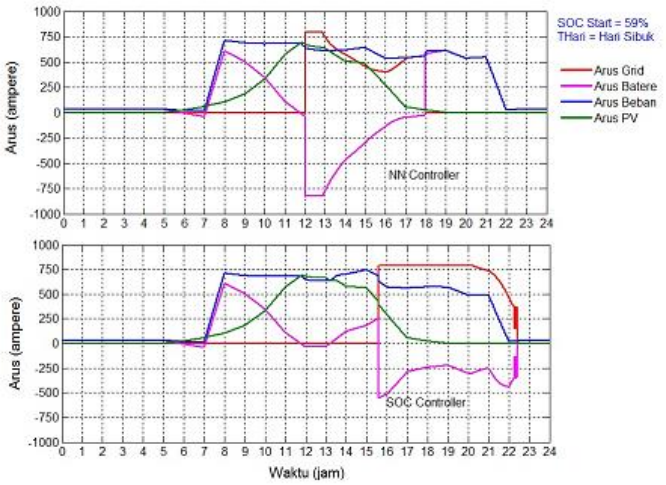
Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada tanggal 2 dan tanggal 7 di mana beban adalah pola beban hari sibuk sistem menyerap daya dari *grid* pada saat waktu beban puncak.

Data ini kemudian diujicobakan dengan menggunakan rangkaian sistem yang berbasis NN *controller* dan hasilnya seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 8 dan Gambar 9.



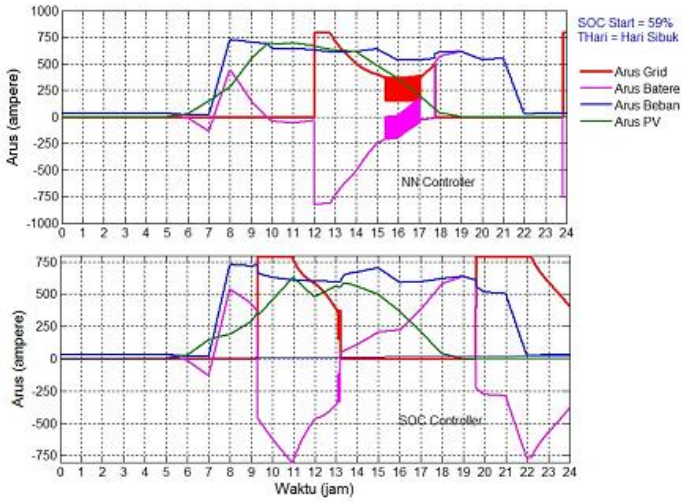
Gambar 7. Kinerja Sistem dengan SOC *Controller* 1-7 Januari.

Dalam Gambar 7. terlihat adanya *event* di mana *microgrid* menarik daya dari *grid* dalam waktu beban puncak yaitu pada tanggal 2 Januari dan tanggal 7 Januari, hal ini terlihat lebih jelas dalam Gambar 8. dan Gambar 9. di grafik bagian bawah yang merupakan kerja *switch* dengan SOC *controller*.



Gambar 8. Kinerja Sistem dengan SOC *Controller* untuk data pada tanggal 2 dan tanggal 7 Januari.

Gambar 8. Menunjukkan kinerja *switch* dengan dua tipe *controller*. Di bagian bawah adalah data kerja SOC *controller* dengan data radiasi tanggal 2 Januari dan pola beban Hari Sibuk. Terlihat bahwa *microgrid* menarik daya dari *grid* pada pkl. 16:00 s/d 22:00 yang merupakan waktu beban puncak. Kinerja ini diperbaiki dengan NN *controller* yang menarik daya lebih awal (pkl. 12:00) karena hasil peramalan mencatat bahwa energi akan tidak cukup dengan energi batere dan energi yang diharapkan didapatkan dari radiasi matahari.



Gambar 9. Kinerja Sistem dengan NN *Controller* untuk data pada tanggal 2 dan tanggal 7 Januari.

Gambar 9. Menunjukkan kinerja sistem pada tanggal 7 Januari. SOC *controller* sudah berkeja menarik daya pada waktu antara pkl. 9:00 dan 10:00 dan kembali menarik daya pada sebelum pkl. 20:00 (waktu beban puncak) sedangkan NN *controller* baru menarik daya setelah pkl. 12:00 dan terus menarik daya sampai sesaat sebelum masuk waktu beban puncak. NN *controller* kembali memerintahkan menarik daya mendekati pkl. 24:00 (di luar waktu beban puncak).

5. Kesimpulan

Dalampenelitian ini telah dicoba sebuah cara untukmembuat *microgrid* bekerja menyambung dan memutuskan *grid* dengan memanfaatkan peramalan jumlah energi yang tersedia dari matahari (radiasi), perhitungan jumlah energi batere (SOC) dan perhitungan energi berdasarkan pola beban dengan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemanfaatan peramalan berbasis BPNN dengan cara seperti telah dijelaskan dalam Bab 4. dapat meningkatkan kinerja *microgrid* dengan mencegah *microgrid* menarik daya dari *grid* pada waktu beban puncak.
2. Kerja smart switch yang dikontrol dengan JST ini pada dasarnya digunakan secara paralel dengan SOC *controller* dan berfungsi meningkatkan kinerjanya.
3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jika energi untuk kebutuhan pengoperasian beban pada malam hari masih kurang, maka energi ini akan diambilkan dari *grid* pada waktu di luar waktu beban puncak sebagaimana ditunjukkan dalam kasus tanggal 7 Januari.
4. Secara umum, pemanfaatan peramalan beban untuk meningkatkan kinerja *microgrid* dapat dilakukan tanpa mengurangi tingkat keandalannya dengan tetap menggunakan SOC *controller* yang bekerja paralel dengan *controller* JST.