

Resume Paper

“Energy Management System Designed for the  
Interconnected or Islanded Operation of a Microgrid  
Using LabVIEW Software”



Oleh

Nama : Tobias Mikha Sulistiyo

NIM : 12024002503

## 1. Metodologi

Mikrogrid merupakan solusi yang untuk distribusi energi lokal. *US Department of Energy* dan *CIGRÉ* mendefinisikan mikrogrid merupakan kelompok beban dan sumber energi terdistribusi (*Distributed Energy Resources/DER*) yang saling terhubung dan beroperasi dalam batasan listrik yang terdefinisi. Mikrogrid dapat berfungsi sebagai satu kesatuan yang dapat dikendalikan, dengan kemampuan untuk terhubung ke jaringan listrik utama atau beroperasi secara terpisah (*islanded mode*).

Arsitektur mikrogrid umumnya mencakup komponen kelistrikan yang dikombinasikan dengan sistem komunikasi yang menghubungkan pengguna dan sumber energi. Konfigurasi ini dapat meningkatkan kualitas dan keandalan daya listrik dengan meminimalkan gangguan seperti penurunan tegangan dan pemadaman, melalui penerapan teknologi canggih dan elektronika daya.

Mikrogrid terdiri dari pembangkit listrik yang terhubung melalui konverter statik, beban listrik yang terhubung dengan modul inverter (AC/DC), serta transformator atau modul konversi yang menghubungkannya ke jaringan distribusi utama.

Untuk mencapai kinerja yang optimal, strategi manajemen energi yang efektif sangat penting. Strategi ini mencakup pengaturan produksi energi dari sumber serta pemanfaatan sistem penyimpanan energi, yang merupakan komponen krusial dalam sektor energi modern, guna memastikan operasi sistem yang seimbang dan andal.

## 2. Microgrid and Energy Management System Configuration

### 2.1. Architecture of the AC/DC Microgrid

Untuk menjamin pasokan listrik yang stabil dalam operasi kusus, maka dikembangkan arsitektur mikrogrid campuran AC/DC yang mengintegrasikan sumber energi terbarukan seperti panel surya (*photovoltaic/PV*) dan turbin angin. Model mikrogrid ini dirancang dan disimulasikan menggunakan perangkat lunak LabVIEW, dengan dukungan program MATLAB.

Komponen Utama Mikrogrid:

- Sumber energi terdistribusi: panel surya dan turbin angin.
- Sistem penyimpanan energi: baterai.

- Sumber daya cadangan (backup).
- Pengguna prioritas tinggi: seperti penerangan darurat dan alarm, yang memerlukan pasokan listrik tanpa gangguan.
- Pengguna standar: seperti penerangan umum dan pemanas, yang masih dapat ditoleransi jika terjadi pemutusan daya.
- Unit kendali pusat: mengatur komunikasi dan koordinasi antar komponen.

Setiap komponen dimodelkan berdasarkan data nyata, termasuk profil beban dan karakteristik pengguna.

#### **Fitur Utama:**

- Dua jaringan terpisah (AC dan DC) yang terhubung dua arah melalui konverter statik.
- Sumber energi terdistribusi (PV dan turbin angin) dimodelkan berdasarkan data beban nyata.
- Baterai dimodelkan menggunakan model Shepherd untuk mensimulasikan perilaku pengisian/pengosongan serta status daya (SoC).
- Pengguna diklasifikasikan berdasarkan prioritas (pengguna kritis seperti lampu darurat dan alarm vs. pengguna standar seperti penerangan umum).
- Unit kendali pusat mengoordinasikan komunikasi dan operasi antar-komponen.
- Panel surya menggunakan model satu-dioda dan algoritma MPPT untuk optimasi daya.
- Daya turbin angin dihitung berdasarkan kecepatan angin dan karakteristik turbin.

## **2.2. Configuration and structure of the Energy Management System**

*Energy Management System (EMS)* berfungsi mengatur aliran energi dalam mikrogrid secara fleksibel, menyesuaikan berbagai konfigurasi dan kebutuhan pengguna.

#### **Fitur Utama EMS:**

- Menyesuaikan dengan berbagai konfigurasi mikrogrid secara adaptif.

- Menyimpan energi saat tarif rendah, dan menyalurkannya ke jaringan umum saat tarif tinggi (jika kondisi penyimpanan dan permintaan pengguna memungkinkan).
- Menjaga cadangan energi untuk keandalan sistem.
- Mengatur sumber cadangan yang mahal atau terbatas, dan memutus beban prioritas rendah jika diperlukan.
- Memperkirakan ketersediaan energi saat penyimpanan tidak tersedia.
- Mengintegrasikan jaringan publik sebagai sumber cadangan atau saluran pembuangan (dump load)

### **3. Experiments and simulation results of the Energy Management System: operation scenarios**

*Energy Management System (EMS)* berfungsi mengotomatisasi pengambilan keputusan dalam pengaturan aliran energi serta menghubungkan atau memutus komponen mikrogrid. Tanpa EMS, mikrogrid tetap dapat beroperasi, namun tidak dapat mengoptimalkan efisiensi energi maupun keuntungan ekonomis secara otomatis. EMS meningkatkan kinerja mikrogrid dengan mengelola energi secara optimal dan memaksimalkan manfaat bagi pengguna.

#### **3.1 Operating scenario number 1**

- Kondisi: Mikrogrid dilengkapi PV, turbin angin, baterai, dan terhubung ke jaringan distribusi tegangan rendah.
- Simulasi:

Pada waktu  $t_1$ , iradiasi matahari turun dari 1000 ke 800 W/m<sup>2</sup> → output PV turun dari 26,28 kW ke 20,36 kW → EMS menggunakan daya dari jaringan (~911,5 W).

Pada  $t_2$ , iradiasi naik menjadi 900 W/m<sup>2</sup> → output PV naik → daya berlebih (~1,6 kW) diekspor ke jaringan.

- Hasil:  
 Beban (~20 kW) terpenuhi dari sumber terbarukan.  
 Baterai tetap penuh.  
 Jaringan digunakan sebagai dump load saat terjadi surplus daya.

#### **3.2 Operating scenario number 2**

- Kondisi: Sama dengan Skenario I, namun dengan beban meningkat menjadi 50 kW.
- Simulasi:

Pada  $t_1$ , output PV turun → daya dari jaringan meningkat menjadi 31,87 kW.

Pada  $t_2$ , kecepatan angin naik dari 8 ke 12 m/s → output turbin angin naik → kebutuhan dari jaringan turun menjadi 31,24 kW.

- Hasil:

EMS mengelola kombinasi energi dan jaringan untuk memenuhi beban 50 kW.

Jaringan digunakan sebagai sumber pelengkap.

### **3.3 *Operating scenario number 3***

- Kondisi:

PV, turbin angin, baterai, dan jaringan tersedia; kondisi cuaca konstan.

- Simulasi:

Pada  $t_1$ , baterai mulai mengosong tanpa kontrol → status pengisian turun ke batas aman (15%).

EMS mendeteksi dan menghentikan pengosongan baterai, lalu memulai pengisian kembali.

- Hasil:

EMS melindungi baterai dari pengosongan berlebihan.

Pasokan beban dipenuhi dari kombinasi sumber.

Sistem menjaga keseimbangan antara pemanfaatan baterai dan ketergantungan pada jaringan.

### **3.4 *Operating scenario number 4***

- Kondisi:

Hanya tersedia energi terbarukan dan baterai; tidak ada koneksi ke jaringan.

- Simulasi:

Total permintaan 50 kW melebihi daya tersedia → EMS hanya melayani beban prioritas.

Beban standar diputus, dan tidak dapat disambungkan kembali karena keterbatasan energi.

Pada  $t_1$ , koneksi ke jaringan pulih → EMS menyambungkan kembali beban standar dan memasok daya dari jaringan (~32,15 kW).

- Hasil:

Beban kritis tetap tersuplai selama pemadaman jaringan.

Beban rendah prioritas dikorbankan untuk menjaga stabilitas sistem.

Setelah koneksi jaringan pulih, semua beban kembali tersuplai.

#### **4. Conclusion**

Penelitian ini mengembangkan sistem mikrogrid AC/DC skala kecil menggunakan LabVIEW, yang mengintegrasikan panel surya, turbin angin, dan baterai, serta dilengkapi *Energy Management System (EMS)*. EMS dirancang untuk mengelola aliran energi secara otomatis, menjaga kestabilan sistem, mengoptimalkan penggunaan baterai, dan memaksimalkan efisiensi.

Melalui berbagai skenario simulasi, EMS terbukti mampu menyesuaikan dengan perubahan beban dan kondisi lingkungan, serta menjaga suplai listrik untuk beban prioritas. Secara keseluruhan, solusi ini mendukung pengelolaan energi terbarukan yang andal, efisien, dan dapat diterapkan pada berbagai konfigurasi mikrogrid.