

## SISTEM PLTS ROOFTOP 10 kWp BERBASIS SMART GRID UNTUK IMPLEMENTASI *DEMAND RESPONSE*

**Eka Nurdiana, Hamzah Hilal, Riza, Nur Aryanto Aryono, Andhika Prastawa**

Balai Besar Teknologi Konversi Energi  
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, BPPT  
Gedung Energi No. 625, Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, 15314 Telp. (021) 7560550  
Email: eka.nurdiana@bppt.go.id

### Abstrak

*Sistem PLTS Rooftop dengan kapasitas 10 kWp di atap Gedung Energi, PUSPIPTEK mulai beroperasi pada bulan Desember 2017. Sistem PLTS tersebut diintegrasikan dengan jaringan listrik PLN dengan menggunakan inverter on-grid SMA Sunny Tripower TL10000 dengan kapasitas 10250 W. Sistem ini dilengkapi dengan baterai Li-ion 2x5 kWh dengan Hybrid Inverter Sunny Island SI3.0M, serta didukung dengan SCADA System dan Weather Station. Sistem SCADA menggunakan software Atvise SCADA dengan fitur monitoring status komponen smart grid, rekaman produksi energi sistem PLTS, integrasi dengan Smart-meter BPPT serta weather station. Parameter yang dapat terukur oleh sistem weather station antara lain kelembaban, temperatur udara, temperatur modul, radiasi matahari dan kecepatan angin. Sistem PLTS ini bekerja pada tiga kondisi yaitu kondisi normal, kondisi grid fault pada siang hari dan kondisi grid fault pada malam hari. Sistem ini juga dilengkapi dengan fasilitas load shedding. Pada sistem load shedding ini, beban yang disuplai oleh baterai dapat diatur dalam empat kategori beban berdasarkan kondisi kapasitas baterai. Telah disimulasikan operasi sistem load shedding dimana pada saat baterai 100%, baterai mensuplai keempat kategori beban. Pada saat baterai terisi 93%, satu kategori beban terputus dan baterai mensuplai tiga kategori beban. Pada saat baterai terisi 92%, dua kategori beban terputus dan baterai mensuplai dua kategori beban yang lain. Dan pada saat baterai terisi 91%, maka tiga kategori beban terputus dan baterai hanya mensuplai satu kategori beban.*

**Kata kunci:** *demand response, energy management system (EMS), load shedding, PLTS rooftop, SCADA system*

### Pendahuluan

Operasi sistem tenaga listrik yang handal memerlukan keseimbangan antara suplai dan permintaan secara *real time*. Namun, keseimbangan ini tidak mudah untuk dicapai mengingat tingkat suplai maupun permintaan dapat berubah dengan cepat di luar dugaan. Perubahan permintaan ini disebabkan oleh berbagai alasan, seperti pemadaman paksa, pemadaman pada transmisi dan distribusi, kegagalan pembangkitan dan perubahan beban secara tiba-tiba (Albadi and Elsaadany, 2008). Salah satu mekanisme untuk meningkatkan keandalan sistem kelistrikan yaitu dimungkinkannya konsumen untuk berpartisipasi aktif secara langsung atau tidak langsung dan bertindak sebagai sumber penghasil energi listrik. Partisipasi aktif konsumen di pasar tenaga listrik dapat dicapai melalui program pengelolaan sisi permintaan yang tepat (*demand side management / DSM*). Salah satu mekanisme dalam pengelolaan sisi permintaan dan memungkinkan keberlangsungan aktivitas jaringan cerdas (*smart grid*), dapat dilakukan melalui pengelolaan secara respon permintaan (*Demand Response, DR*) (Shariatzadeh, F., et al., 2015).

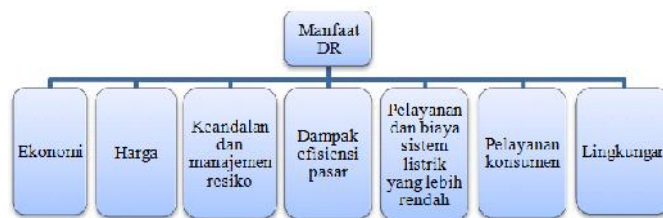
Bentuk DR yang paling nyata adalah *load shedding* yang sistematis yang merupakan upaya untuk menghindari pemadaman sistem, akan tetapi pendekatan lain yang lebih canggih juga telah diimplementasikan pada sejumlah sistem tenaga listrik (O'Connell, N., et al., 2014). Pada tahun 2017, Balai Besar Teknologi Konversi Energi (B2TKE) telah menginstal sistem PLTS *Rooftop* dengan baterai berkapasitas 10 kWh. Sistem tersebut juga dilengkapi dengan sistem SCADA. Selain itu, sistem ini juga memiliki fasilitas *load shedding* yang dirancang untuk mengarah pada implementasi DR. Energi yang dihasilkan dari sistem PLTS tersebut disalurkan ke jaringan sehingga memungkinkan adanya transfer energi listrik dua arah. Makalah ini menjabarkan desain dan kinerja sistem PLTS *Rooftop* 10 kWp tersebut dengan tujuan untuk dapat mendorong implementasi DR. Sebelum dilakukan penelitian ini, penelitian tentang implementasi teknologi smart grid telah dilaksanakan oleh (Kurniasari, A., et al., 2016; Fauziah, K., et al., 2016; Astriani, Y., et al., 2016).

## Survei Literatur

*Demand respons* (DR) dapat didefinisikan sebagai perubahan penggunaan listrik oleh pengguna akhir dari pola konsumsi normal sebagai respons terhadap harga listrik dari waktu ke waktu. DR mencakup semua modifikasi pola konsumsi listrik yang dilakukan oleh konsumen pengguna akhir yang dimaksudkan untuk mengubah waktu, tingkat permintaan sesaat, atau konsumsi listrik total (Albadi and Elsaadany, 2008). Program DR dikembangkan untuk membuat jaringan listrik lebih efisien, ramah lingkungan, dan dapat diandalkan (Shariatzadeh, F., et al., 2015). Pada prinsipnya DR dapat menurunkan harga listrik secara signifikan, karena pergeseran permintaan pada saat puncak dapat mengurangi kebutuhan akan biaya marjinal yang lebih tinggi, menawarkan keseimbangan sistem dengan biaya lebih rendah dan mengurangi investasi penguatan jaringan (Torriti, J., et al., 2010). Secara sederhana, DR diartikan sebagai perubahan penggunaan listrik pada sisi permintaan dari pola konsumsi normal konsumen sebagai respons terhadap perubahan harga listrik, atau pembayaran insentif yang dirancang untuk mendorong penggunaan listrik yang lebih rendah pada saat harga pasar tinggi atau ketika keandalan sistem terancam (Aghaei, J. & Alizadeh, M., 2013).

Manfaat dari program DR secara umum tercakup dalam beberapa segi. Dari segi keandalan, kemajuan pemodelan dan kemampuan IT membuat DR menjadi pilihan yang menarik untuk meningkatkan fleksibilitas sistem tenaga listrik. Hal ini bertepatan dengan fokus terbaru dalam meningkatkan penetrasi listrik dari sumber energi terbarukan. Fleksibilitas DR dapat memberikan titik temu pada fluktuasi pembangkit energi terbarukan dan dapat memfasilitasi penetrasi energi terbarukan yang lebih tinggi (O'Connell, N., et al., 2014).

Pada sistem yang masih didominasi oleh pembangkit konvensional, DR memberikan efisiensi bagi konsumen listrik yang memodifikasi beban, serta pembayaran insentif bagi konsumen yang memiliki pembangkit independen. DR memberikan lebih banyak pilihan bagi konsumen dalam manajemen biaya listrik (Siano, P., 2014). Secara sederhana, manfaat DR tercakup dalam tujuh kategori seperti yang ditunjukkan pada gambar 1, yaitu kategori ekonomi, harga, keandalan dan manajemen resiko, dampak efisiensi pasar, pelayanan dan biaya sistem listrik yang lebih rendah, pelayanan konsumen, dan lingkungan (Aghaei, J. & Alizadeh, M., 2013). Manfaat lain yang lebih luas dari implementasi DR juga dijabarkan dalam penelitian yang dilakukan oleh (Bradley, P., et al., 2013).



Gambar 1. Tujuh kategori manfaat Demand Response (DR)

Salah satu tantangan yang dihadapi dalam pemanfaatan energi terbarukan/ ET (pembangkit tenaga angin, fotovoltaik) yaitu sifat intermiten yang dimilikinya. Pengurangan sifat intermiten ET ini dapat dicapai dengan menerapkan; (a) DR, (b) model tenaga angin prediktif, dan (c) penggunaan model dinamis yang dapat diprediksi (Aghaei, J. & Alizadeh, M., 2013). Pada makalah ini hanya DR yang akan dijelaskan.

Program DR dapat dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu DR berbasis harga dan DR berbasis insentif. DR berbasis harga terkait dengan perubahan konsumsi energi oleh konsumen sebagai respons terhadap variasi harga pembelian konsumen. Kelompok ini mencakup *time-of-use* (TOU), harga real time/ *real time pricing* (RTP) dan tingkat harga kritis-puncak / *critical-peak pricing* (CPP). DR berbasis insentif mencakup program yang memberi konsumen insentif tetap atau intensif berdasarkan pada variasi waktu di samping tarif listrik konsumen. Ini dapat dibuat oleh utilitas, entitas yang melayani beban, atau oleh operator jaringan regional (Faria, P. & Vale, Z., 2011).

Beberapa program DR yang sudah ada merupakan tantangan untuk dapat diimplementasikan di Indonesia. Dalam penerapan program DR, seringkali terjadi permasalahan atau kesalahan. Hal ini perlu dipelajari agar penerapan DR dapat terlaksana sesuai harapan. Hal yang umum menjadi masalah dalam implementasi DR tercakup dalam acuan (Kim, J. & Shcherbakova, A., 2011).

## Bahan dan Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada sistem PLTS smart-micro-grid (SMG) yang terpasang di gedung Energi kawasan PUSPIPTEK Serpong terdiri atas sistem PV (Photovoltaic) kapasitas 10 kWp dan baterai dengan kapasitas maksimum 10 kW. Sistem SMG ini dilengkapi dengan sistem kendali berupa PLC (*Programmable Logic Control*) dan SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*). SMG ini juga dilengkapi dengan sistem monitoring cuaca (*Weather Station*) yang dapat diintegrasikan dengan SCADA.

## Sistem PLTS dan on-grid inverter

Sistem PLTS Rooftop yang berkapasitas 10 kWp ini terdiri atas 40 unit modul surya Canadian Solar tipe CS6p-265P dengan daya nominal 265 Wp dengan spesifikasi seperti pada tabel 1. Susunan panel surya dibagi

menjadi 2 string dengan masing-masing string terdiri atas 20 modul. PLTS Rooftop ini bekerja pada tegangan operasi 600 Vdc dengan menggunakan inverter *on-grid* SMA Sunny Tripower TL10000 dengan kapasitas 10250 W. Inverter ini dilengkapi dengan komunikasi Speedwire/Modbus berbasis ethernet. Spesifikasi inverter ditunjukkan pada tabel 2. Tampilan PLTS Rooftop ditunjukkan pada gambar 2 dan inverter *on-grid* SMA Sunny Tripower TL10000 ditunjukkan pada gambar 3.

Tabel 1. Spesifikasi modul pada kondisi STC

Parameter	Spesifikasi
Daya maksimum (Pmax)	265 W
Tegangan operasi (Vmp)	30,6 V
Arus operasi (Imp)	8,66 A
Tegangan open circuit (Voc)	37,7 V
Arus short circuit (Isc)	9,23 A
Efisiensi modul	16,47 %
Suhu operasi	-40 °C +80 °C
Tegangan sistem maksimum	1000 V (IEC)1000 V (UL)
Toleransi daya	0 +5 W

Spesifikasi elektrik yang ditunjukkan pada tabel 1 merupakan spesifikasi modul surya pada kondisi STC dimana radiasi matahari = 1000 W/m<sup>2</sup>, spektrum AM 1,5 dan Suhu sel surya = 25 °C.

Tabel 2. Spesifikasi inverter *on-grid* SMA Sunny Tripower TL10000

	Parameter	Spesifikasi
DC input	Daya maksimum DC pada cos φ = 1	10.200 W
	Tegangan input maksimum	1.000 V
	Range tegangan MPP	320 V-800 V
	Nilai tegangan input	600 V
	Tegangan input minimum	150 V
	Arus input maksimum, input A	22,0 A
	Arus input maksimum, input B	11,0 A
AC output	Nilai daya pada 230 V, 50 Hz	10.000 W
	Daya semu AC maksimum cos φ = 1	10.000 VA
	Nilai tegangan grid	3/N/PE, 230/400 V
	Range tegangan AC	160 V-280 V
	Arus AC nominal pada 230 V	14,5 A
	Arus output maksimum	16,0 A



Gambar 2. Tampilan PLTS rooftop di atap Gedung Energi, PUSPIPTEK



Gambar 3. Inverter *on-grid* SMA Sunny Tripower TL10000, panel MDB dan panel MTU

**Sistem hybrid inverter dan baterai**

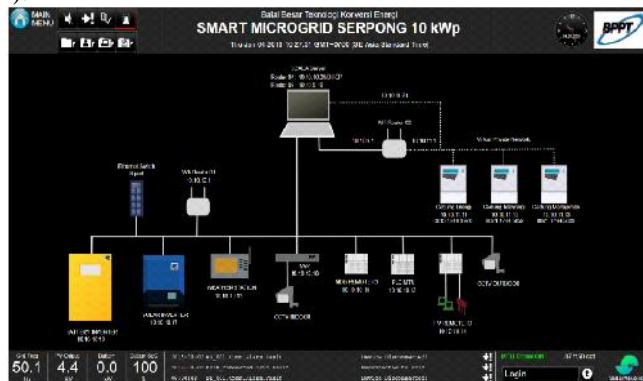
Sistem hybrid inverter terdiri atas 3 unit inverter SMA Sunny Island 3.0 M untuk masing-masing fasa. Sedangkan baterai yang digunakan pada sistem ini adalah 2 unit jenis Lithium-ion Hoppecke Sun Power Pack Premium dengan kapasitas total 10 kWh. Baterai ini dilengkapi dengan komponen fuse pengaman khusus baterai. Hybrid inverter mengambil data parameter baterai dari BMS (*Battery Management System*) melalui komunikasi data digital CAN bus dan dilengkapi dengan komunikasi Speedwire/Modbus berbasis Ethernet. Tampilan sistem hybrid inverter dan baterai ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Hybrid Inverter Sunny Island SI3.0M, Parallel Kit, Fuse Box, dan Li-on Battery 2x5 kWh

**Sistem SCADA**

Sistem SCADA yang dikembangkan menggunakan software Atvise SCADA dengan fitur monitoring status komponen smart grid, rekaman produksi energi sistem PV, serta integrasi dengan Smart-meter BPPT serta sistem monitoring cuaca. Data dapat diekspor dalam bentuk Ms. excel. Arsitektur sistem SCADA tersebut ditampilkan pada gambar 5. Sistem SCADA ini dapat mengendalikan output ke beban karena menggunakan MCB dengan fungsi remote control (MCB Reflex).



Gambar 5. Arsitektur sistem SCADA

**Sistem monitoring cuaca (weather station)**

Sistem monitoring cuaca yang digunakan adalah Davis Vantage Pro 2 Plus. Sistem ini dilengkapi dengan Modbus gateway dan Weather Link Cable sehingga dapat diintegrasikan dengan sistem SCADA. Tampilan unit Weather Station ditunjukkan pada gambar 6. Sistem *weather station* dapat mengukur beberapa parameter antara lain kelembaban, temperature udara, temperature modul, radiasi matahari dan kecepatan angin.



Gambar 6. Weather Station – Unit Outdoor dan Console untuk Indoor

**Sistem AMI (automatic meter reading)**

Sistem smart grid ini juga dilengkapi dengan sistem AMI (*Automatic Meter Reading*) yang mampu membaca 3 unit smart meter Itron SL7000 dan EDM1 Mk10e yang terpasang di 3 gedung terpisah yaitu Gedung Energi, Gedung Tekno, dan Gedung Manajemen seperti yang ditunjukkan pada gambar 7. Data tersebut dibaca melalui jaringan VPN dan seluler.



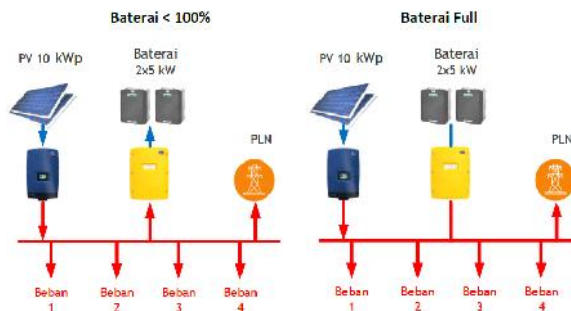
Gambar 7. Tampilan smart meter

**Hasil dan Pembahasan**

Sistem smart grid dengan PLTS rooftop ini memiliki beberapa fitur yang telah diatur dalam beberapa kondisi. Sistem mampu bekerja pada kondisi normal, kondisi *grid fault* pada siang hari dan kondisi *grid fault* pada malam hari. Fitur ini didesain untuk memprioritaskan beban kritis yang disuplai oleh sistem.

**Kondisi normal**

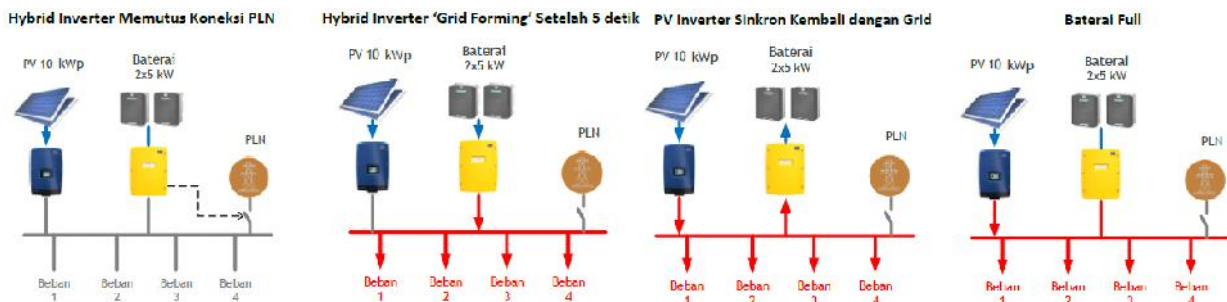
Kondisi normal terjadi ketika sistem terhubung dengan jaringan listrik PLN. Pada kondisi normal, inverter PV akan menyuplai daya ke jaringan PLN. Dengan kondisi beban yang ada pada saat ini, kelebihan daya diekspor ke jaringan PLN. Jika baterai kurang dari 100%, hybrid inverter akan mengisi baterai hingga penuh. Kondisi ini disimulasikan pada gambar 8.



Gambar 8. Simulasi sistem pada kondisi normal dengan stasus baterai < 100% dan baterai penuh

Pada kondisi normal ini, baterai inverter dapat diperintah untuk mengeluarkan daya ke jaringan meskipun kondisi jaringan tidak *blackout*. Aktivasi dan nilai daya aktif/reaktif hanya dapat diatur dengan menggunakan komunikasi data modbus. *Feed-in* hanya diijinkan jika kondisi baterai melebihi *minimum state of charge for grid feed-in* yang diatur pada *default* 60%.

**Kondisi grid fault pada siang hari**

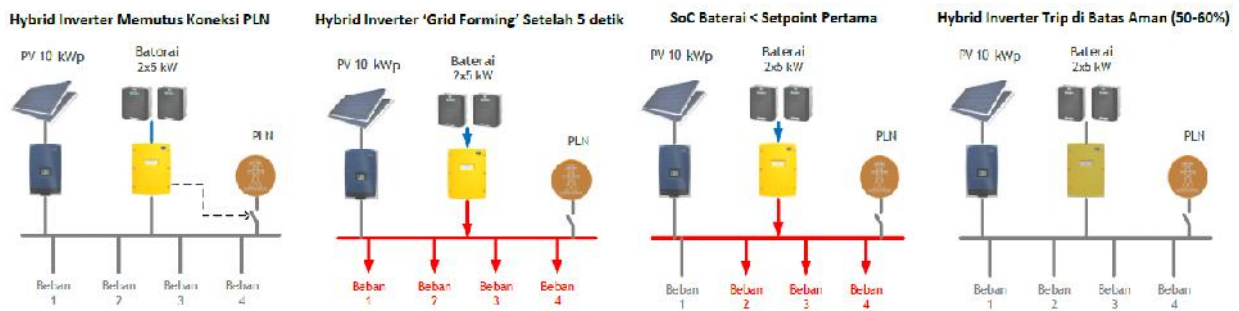


Gambar 9. Simulasi sistem saat kondisi jaringan PLN padam pada siang hari

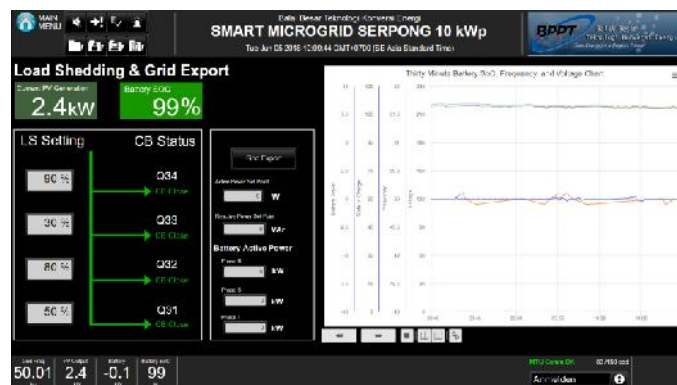
Pada kondisi PLN padam (*grid fault*), hybrid inverter akan mendeteksi *under frequency* dan memutus interkoneksi dengan PLN. Di saat yang sama, inverter PV akan mendeteksi *grid fault* dan masuk kondisi *off* dengan waktu tunggu 30 detik sebelum mencoba sinkronisasi kembali ke jaringan. Hybrid inverter akan membentuk jaringan setelah 5 detik dan mencatu daya ke beban. Setelah waktu tunggu selesai, inverter PV kembali sinkron ke jaringan. Dengan kondisi beban yang ada saat ini, keluaran PV secara otomatis akan menyesuaikan dengan pemakaian. Kondisi ini ditunjukkan pada gambar 9.

**Kondisi grid fault pada malam hari**

Dengan kondisi inverter PV *off* karena tidak ada matahari, maka berlaku skema *Load Shedding*. Skema *Load Shedding* berfungsi agar baterai tidak terpakai sampai habis karena dapat merusak atau mengurangi umur baterai. Skema ini memiliki empat tingkatan dengan empat setpoint SoC (*State of Charge*) baterai. Jika nilai SoC lebih rendah dari setpoint 1, maka beban 1 akan dimatikan oleh sistem, dan seterusnya. Kondisi ini disimulasikan pada gambar 10.



Gambar 10. Simulasi sistem saat jaringan PLN padam pada malam hari



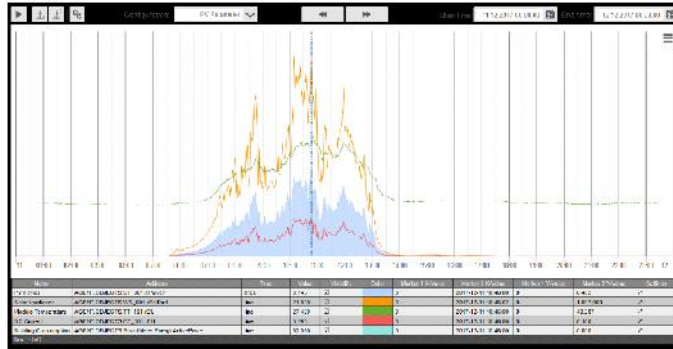
Gambar 11. Tampilan SCADA pada saat skema Load Shedding

Pada sistem *load shedding*, beban yang disuplai oleh baterai dapat diatur dalam empat kategori beban berdasarkan kondisi kapasitas baterai. Beban tersebut selanjutnya disebut Q31, Q32, Q33 dan Q34. Pada penelitian ini telah disimulasikan sistem load shedding dimana pada saat baterai 100%, baterai mensuplai beban Q31, Q32, Q33 dan Q34. Pada saat baterai terisi 93%, maka beban Q31 terputus dan baterai mensuplai beban Q32, Q33 dan Q34. Pada saat baterai terisi 92%, maka beban Q31 dan Q32 terputus dan baterai mensuplai beban Q33 dan Q34. Dan pada saat baterai terisi 91%, maka beban Q31, Q32 dan Q33 terputus dan baterai hanya mensuplai beban Q34. Tampilan SCADA pada saat skema *Load Shedding* ditunjukkan pada gambar 11.

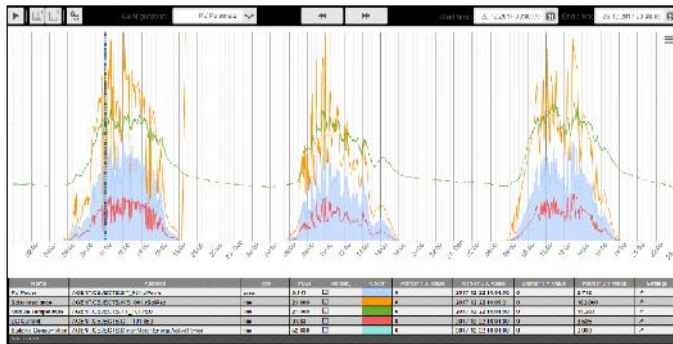
**Kinerja sistem PLTS 10 kWp**

Hasil pengukuran output PLTS selama satu hari pada tanggal 11 Desember 2017 ditunjukkan dengan grafik pada gambar 12. Dari grafik tersebut terlihat bahwa sistem PLTS mampu mencapai daya maksimum sebesar 8,4 kW pada saat intensitas matahari sebesar 1.097 W/m2. Sedangkan gambar 13 menunjukkan grafik output PLTS selama tiga hari berturut-turut pada tanggal 22-24 Desember 2017. Grafik tersebut menunjukkan bahwa daya maksimum sistem PLTS mencapai 9,5 kW.

Gambar 14 menunjukkan produksi energi harian selama satu bulan dari tanggal 9 Desember 2017 hingga tanggal 6 Januari 2018. Selama rentang waktu tersebut, produksi harian sistem PLTS mampu mencapai maksimum sebesar 55 kWh. Produksi maksimum ini terjadi pada tanggal 25 Desember 2017. Sedangkan produksi minimumnya terjadi pada tanggal 20 Desember dengan produksi energi sebesar 17 kWh.

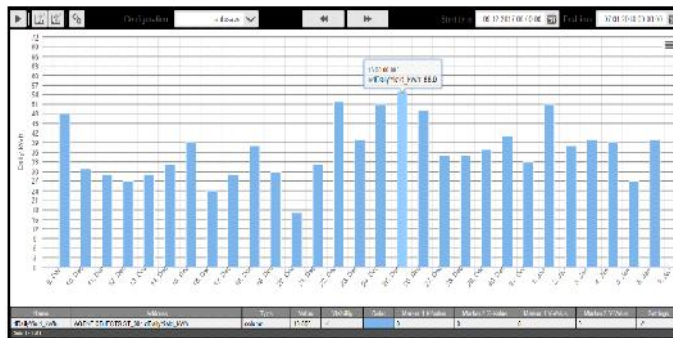


Gambar 12. Hasil pengukuran 11 Desember 2017

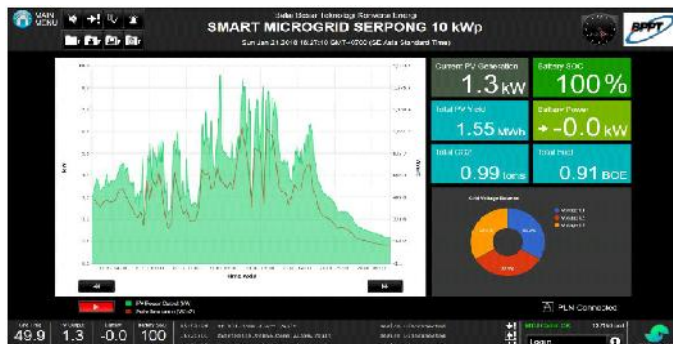


Gambar 13. Hasil pengukuran 22-24 Desember 2017

Sistem PLTS 10 kWp mampu menghasilkan energi harian rata-rata sebesar 35 kWh. Energi minimum yang dihasilkan per hari sebesar 15 kWh dan energi maksimum per hari sebesar 55 kWh. Sistem ini rata-rata bekerja selama 3,5 jam efektif setiap hari. Sistem mulai beroperasi sejak tanggal 9 Desember 2017. Hingga akhir Januari 2018, sistem ini telah menghasilkan energi listrik sebesar 1,6 MWh. Kontribusi ini setara dengan penghematan BBM sebanyak 0,9 BoE dan menyumbang pengurangan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 0,97 ton. Informasi ini ditunjukkan pada gambar 15.



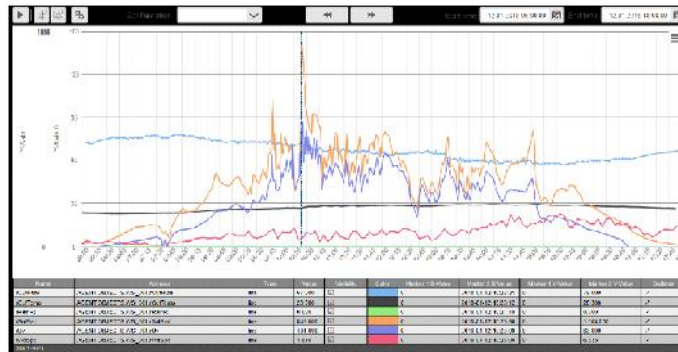
Gambar 14. Produksi energi harian selama 1 bulan



Gambar 15. Tampilan produksi

### Keluaran weather station

Beberapa parameter yang dapat terukur oleh sistem *weather station* antara lain kelembaban, temperature udara, temperature modul, radiasi matahari dan kecepatan angin. Hasil pengukuran *weather station* tersebut ditampilkan pada gambar 16. Selain itu, hasil pengukuran *weather station* juga dapat diunduh berupa file excel.



Gambar 16. Data pengukuran cuaca selama 1 hari

### Rencana pengembangan

Sistem PLTS 10 kWp berbasis smart grid ini masih dalam tahap pengembangan. Tahap yang akan dilakukan selanjutnya untuk mengembangkan sistem ini antara lain : meningkatkan fitur dan kapasitas sistem, menambah simulasi *demand response*, monitoring sistem distribusi *Low Voltage* dan transformer *Low Voltage* menggunakan teknologi LPWAN, serta menambah integrasi *smart meter* di area PUSPIPTEK.

### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian pada sistem PLTS 10 kWh yang terpasang di gedung Energi kawasan PUSPIPTEK diperoleh hasil bahwa sistem PLTS 10 kWp mampu menghasilkan energi harian rata-rata sebesar 35 kWh. Energi minimum yang dihasilkan per hari sebesar 15 kWh dan energi maksimum per hari sebesar 55 kWh. Sistem ini rata-rata bekerja selama 3,5 jam efektif setiap hari. Dalam penelitian ini juga telah dilakukan simulasi *load shedding*. Berdasarkan simulasi yang dilakukan, skema *load shedding* mampu beroperasi sesuai setting yang ditetapkan dimana pada saat baterai 100%, baterai mensuplai beban Q31, Q32, Q33 dan Q34. Pada saat baterai terisi 93%, beban Q31 terputus dan baterai mensuplai beban Q32, Q33 dan Q34. Pada saat baterai terisi 92%, beban Q31 dan Q32 terputus dan baterai mensuplai beban Q33 dan Q34. Dan pada saat baterai terisi 91%, beban Q31, Q32 dan Q33 terputus dan baterai hanya mensuplai beban Q34.

### Daftar Pustaka

- Albadi, M. H. & El-Saadany, E. F., (2008), "A summary of demand response in electricity markets," *Electric Power Systems Research* 78 (2008) 1989–1996.
- Shariatzadeh, F., et al., (2015), "Demand response for sustainable energy systems: A review, application and implementation strategy," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 45 (2015) 343–350.
- O'Connell, N., et al., (2014), "Benefits and challenges of electrical demand response: A critical review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 39 (2014) 686–699.
- Siano, P., (2014), "Demand response and smart grids - A survey," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30 (2014) 461–478.
- Aghaei, J. & Alizadeh, M., (2013), "Demand response in smart electricity grids equipped with renewable energy sources: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 18 (2013) 64–72.
- Kim, J. & Shcherbakova, A., (2011), "Common failures of demand response," *Energy* 36 (2011) 873-880.
- Bradley, P., et al., (2013), "A review of the costs and benefits of demand response for electricity in the UK," *Energy Policy* 52 (2013) 312–327.
- Torriti, J., et al., (2010), "Demand response experience in Europe: Policies, programmes and implementation," *Energy* 35 (2010) 1575–1583.
- Faria, P. & Vale, Z., (2011), "Demand response in electrical energy supply: An optimal real time pricing approach," *Energy* 36 (2011) 5374e5384.
- Laporan penyelesaian pekerjaan smart grid 10 kWp Serpong, Desember 2017.
- Presentasi Kick of Meeting oleh Chief Engineering Kegiatan inovasi teknologi smart grid tahun 2018, Januari 2018.
- Data Sheet. PV Module : Canadian Solar CS6P-260 265P.
- Installation Manual. PV Inverter : Sunny Tripower 10000TL / 12000TL / 15000TL / 17000TL.
- Kurniasari, A., dkk., (2016), "Pemanfaatan Sistem Jaringan Komunikasi Radio Link pada Smart Mikro Grid Sumba," *Prosiding Paper Konferensi Smart Grid Indonesia 28-29 Juli 2016* ISBN: 978-602-71396-2-6.
- Fauziah, K., dkk., (2016), "Sistem Kontrol Loadsharing PLTS dan PLTD melalui Komunikasi Radio Link pada Microgrid," *Prosiding Paper Konferensi Smart Grid Indonesia 28-29 Juli 2016* ISBN: 978-602-71396-2-6.
- Astriani, Y., dkk., (2016), "Kajian Potensi Penerapan DC Microgrid," *Prosiding Paper Konferensi Smart Grid Indonesia 28-29 Juli 2016* ISBN: 978-602-71396-2-6.