

# EVALUASI KONDISI BATERAI SISTEM HYBRID DI BARON TECHNO PARK

Ridwan Budi Prasetyo<sup>1,2\*</sup>, Agus Nurrohim<sup>1</sup>, Ahmad Gusyairi<sup>1</sup>, Syaiful Mukhid<sup>1</sup>, Munadiyan Nurhuda<sup>1</sup>, Luthfi Maharsa<sup>1</sup>, Fredi Prima Sakti<sup>2</sup>, Ikrima Alfi<sup>2</sup>, Haidar Rahman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Balai Besar Teknologi Konversi Energi, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, BPPT  
Gedung Energi No. 625, Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, 15314 Telp. (021) 7560550

<sup>2</sup>Universitas Teknologi Yogyakarta, UTY

Jl. Siliwangi (Ringroad Utara), Jombor, Sleman, D.I. Yogyakarta 55285

\*email: [ridwan.budi@bppt.go.id](mailto:ridwan.budi@bppt.go.id)

*Abstrak – Kawasan Baron Techno Park merupakan model kawasan mandiri energi yang memanfaatkan sistem kelistrikan berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Energi Angin dan Energi Surya). Sistem kelistrikan dibangun menggunakan sistem off grid sejak tahun 2011, dengan memanfaatkan baterai sebanyak 120 sel @ 1200 Ah sebagai penyimpanan energi. Sistem baterai dengan teknologi lead acid battery (flooded battery) yang telah beroperasi selama 10 tahun sudah seharusnya menjadi perhatian. Hal ini menjadikan pertimbangan untuk diadakan penelitian tentang evaluasi kinerja baterai system hybrid. Pengukuran Tegangan (V) dan Specific Gravity (SG) dalam kondisi tanpa beban digunakan sebagai metoda untuk melihat kinerja baterai. Berdasarkan hasil pengukuran diketahui tegangan rerata dan spesifik gravity rerata sebesar 2,074 volt dan 1,160 g/ml. Dari pengukuran juga ditunjukkan bahwa sel baterai ke 87 mempunyai kinerja terrendah, dengan nilai tegangan rerata sebesar 2,023 volt dan spesifik gravity rerata 1,099 g/ml.*

**Kata kunci :** baterai, system hybrid, Baron Techno Park, off grid

## I. PENDAHULUAN

Kawasan Baron Techno Park yang dibangun BPPT merupakan model kawasan mandiri energi yang memanfaatkan sistem kelistrikan berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Energi Angin 15 KW dan Energi Surya 35 KWp). Sistem kelistrikan dibangun menggunakan sistem off grid. Ada sejumlah 120 sel baterai dengan kapasitas 1200 Ah sebagai penyimpan energi listriknya. Sistem baterai yang digunakan merupakan teknologi *lead acid battery* yang tipenya *flooded battery* yang bisa diisi ulang. Sistem baterai telah beroperasi sejak komisioning pada tahun 2011. Hal ini menjadi perhatian menarik untuk dievaluasi kondisi kesehatan baterai.

Untuk mengetahui kondisi sistem baterai tersebut, maka perlu melakukan pengukuran beberapa parameter, antara lain yaitu tegangan (V) dan *Specific Gravity* (SG) pada kondisi tanpa beban sebagai bagian dari tindakan perawatan secara berkala. Hal ini sangat penting untuk mengkaji kinerja baterai. Dengan demikian *outputnya* dapat dipakai sebagai bahan pertimbangan untuk efisiensi biaya perawatan [1]. Demikian juga dapat bermanfaat untuk mempertahankan daya

tahan baterai [2] sehingga tetap dapat digunakan dalam operasional di masa mendatang, hal ini dikarenakan bahwa menurut informasi dari pabrikan [3] bahwa *flooded battery* OPzS dengan spesifikasi 2 V 1200 Ah didesain mempunyai *lifetime* 22 tahun.

Monitoring kondisi sistem baterai sangat penting dilakukan, hal ini mengingat pengadaan baterai menyumbang presentase yang cukup signifikan dalam pembangunan sistem PV off grid, yakni sekitar 50 % sendiri. [2] menjelaskan bahwa biaya instalasi sistem baterai *lead acid* sekitar 400 sampai 600 \$/kWh.

\*) **penulis korespondensi:** Ridwan Budi Prasetyo  
Email: [ridwan.budi@bppt.go.id](mailto:ridwan.budi@bppt.go.id)

## II. PENELITIAN YANG TERKAIT

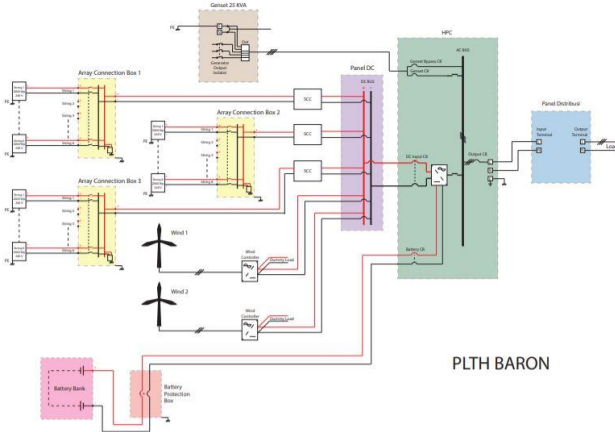
### 2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

Baron Techno Park merupakan model kawasan yang memanfaatkan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) yang secara garis besar bisa dijelaskan seperti pada tabel 1 berikut ini :

**Tabel 1.** Komponen PLT Hybrid di Baron Techno Park

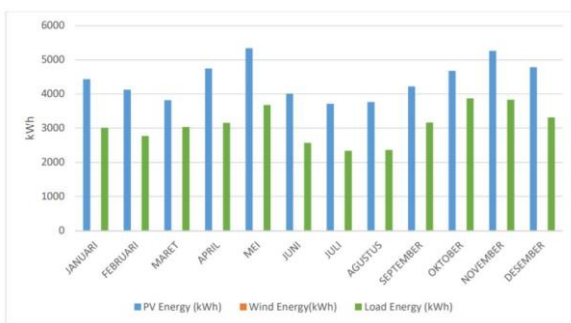
Komponen PLT Hybrid	Kapasitas
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	36 kWp (360 unit @ 100 Wp)
Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) (Fortis)	5 kW (240 V.DC)
Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) (Auyad)	5 kW (240 V.DC)
Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (Biodisel)	25 kVA
Hybrid Power Controller (HPC)	25 kVA
Battery bank	288 KVAh (120 Sel @1200 Ah)
Sistem Monitoring online	Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH) bisa dimonitor melalui internet

Komponen utama dari PLT Hybrid antara lain sub sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), sub sistem Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), sub sistem Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), sub sistem penyimpanan energi (*storage*) yang berupa *battery bank*, dan sub sistem kontrol yang berupa *Hybrid Power Conditioner (HPC)*, sistem *online monitoring* serta stasiun cuaca (kecepatan angin, arah angin, radiasi matahari, temperatur dan kelembaban udara) sebagaimana ilustrasi *diagram line* pada gambar 1 berikut ini :



**Gambar 1.** Diagram line sistem PLT Hybrid di Baron Techno Park

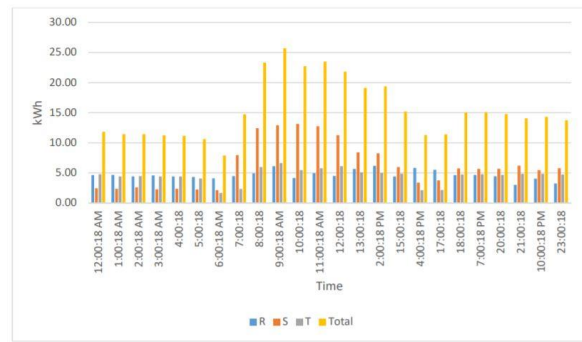
Untuk mencukupi kebutuhan energi listrik pada operasional harian (seperti untuk penerangan, AC, kompor listrik, pemanas air, komputer, laptop, PJU dan pengolahan air menggunakan mesin *reverse osmosis*), disuplai dari PLT Hybrid tersebut. Rerata energi radiasi harian dalam bulan Januari sampai dengan Desember 2019 adalah 5,3525 kWh/m<sup>2</sup> yang kemudian dikonversi menjadi energi yang dibangkitkan oleh PLTS rerata 4.410,7 kWh. Nilai energi tersebut untuk mencukupi kebutuhan beban rerata sebesar 3.091,1 kWh. Berikut ini adalah gambar 2 yang menjelaskan hal tersebut di atas tentang kesetimbangan energi bulanan pada tahun 2019.



**Gambar 2.** Kesetimbangan energi bulanan pada tahun 2019

Pada gambar 3 berikut ini menggambarkan bahwa pola konsumsi energi harian mencapai optimal antara 8 pagi sampai 15 siang. Hal ini dikarenakan adanya beban yang membutuhkan suplai energi yang lebih banyak pada jam kerja tersebut, seperti pemakaian komputer atau laptop, pemakaian AC di ruangan serta untuk operasionalnya mesin pengolah air

laut menjadi air bersih dengan kapasitas 10.000/ liter tiap hari.



**Gambar 3.** Pola konsumsi energi harian di Baron Techno Park

### 2.2 Battery Bank

*Battery bank* terdiri 120 buah sel yang disusun menjadi 2 string yang dihubungkan seri, dimana setiap stringnya tersusun atas 60 buah sel baterai. Spesifikasi baterai yang digunakan adalah sebagai berikut [3] :

**Tabel 2.** Spesifikasi baterai

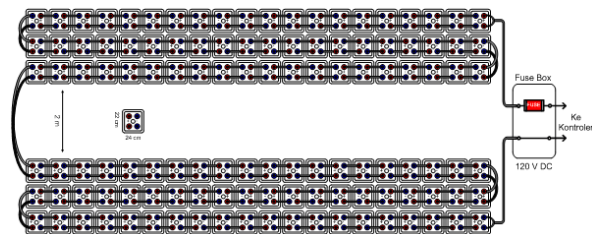
Tipe	GFX 1200 <i>flooded lead acid</i>
Rated Voltage	2 V
<i>C<sub>10</sub></i> Rated Capacity	1200Ah
Dimension (mm)	Length : 275 Width : 210 Height : 645 Total Height : 700
Weight (Kg)	With electrolyte : 92 Dry : 68 Acid weight : 24
Specity Gravity (g/ml)	1,24 ( pada 25 <sup>0</sup> C)
Operating temperature	20 <sup>0</sup> sampai 55 <sup>0</sup> C
Self discharge	≤ 10 % (at 25 <sup>0</sup> C, 90 hari)
Designed service life	22 tahun



**Gambar 4.** Battery bank

Supaya baterai mempunyai daya tahan lama karena *battery bank* sudah dilakukan komisioning pada tahun 2011, maka perlu dilakukan pemeliharaan dan perawatan secara rutin dengan melakukan hal hal sebagai berikut seperti :

- Membersihkan terminal aki pada saat aki kotor atau berkarat menggunakan lap basah dan kemudian membubuhkan vaselin atau oli pelumas. Hal ini dikarenakan aki yang kotor atau berkarat mengakibatkan hilangnya arus listrik
- Menjaga baterai selalu dalam keadaan bermuatan listrik. Karena gangguan seperti sulfatasi akan terjadi jika aki didiamkan dalam jangka waktu yang lama.
- Mengecek ketinggian elektrolit pada level yang sudah ditentukan.
- Melakukan pengukuran tegangan (voltase) tiap sel baterai untuk mengetahui kondisi dan performanya.
- Melakukan pengecekan *specity gravity* pada tiap sel baterai.



Gambar 5. Tata letak dan konfigurasi seri antar baterai

### 2.3 Lead Acid Battery



Gambar 6. Lead acid battery jenis flooded

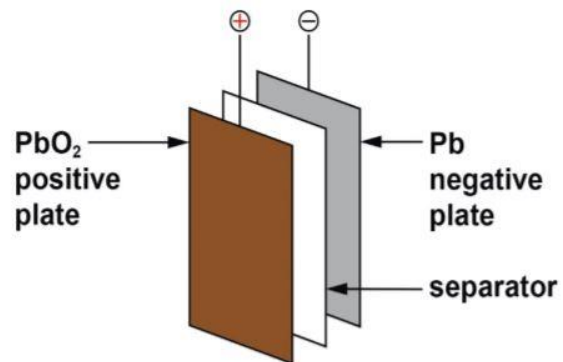
Komponen yang konstruksi pada *lead acid battery* secara garis besar bisa dijelaskan secara rinci dalam tabel 3 berikut ini [4] :

Tabel 3. Komponen *lead acid battery*

Nama Elemen	Material
Elektroda positif	PbO <sub>2</sub>
Elektroda negatif	Pb
Container	SAN
Cover	ABS

Terminal	Copper
Separator	Rubber
Elektrolit	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>

*Lead acid battery* merupakan akumulator energi yang berbasis elektrokimia. *Lead acid battery* merupakan menjadi sub sistem penyimpanan energi yang paling banyak digunakan dalam sistem PV [5]. Fungsi utama baterai asam timbal adalah penyimpanan dan pasokan energi dalam sistem PV. Energi yang tersimpan adalah bahan kimia yang dapat dikonversi menjadi listrik dan sebaliknya. Reaksi elektrokimia pada baterai saat *discharge* dijelaskan oleh gambar 7 berikut. PbO<sub>2</sub> sebagai elektroda positif sedang Pb sebagai elektroda negatif dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebagai elektrolit yang berperan dalam proses *discharge*. Pada saat *discharge* ion HSO<sub>4</sub><sup>-</sup> bermigrasi ke elektroda negatif dan menghasilkan ion H<sup>+</sup> dan PbSO<sub>4</sub>. Sedangkan pada ujung elektroda positif, bereaksi dengan elektrolit untuk membentuk kristal PbSO<sub>4</sub> dan H<sub>2</sub>O. Tegangan sel relatif tinggi yakni 2,05 V [2].



Gambar 7. Reaksi kimia saat *discharge* pada *lead acid battery* [2].

### III. METODE PENELITIAN

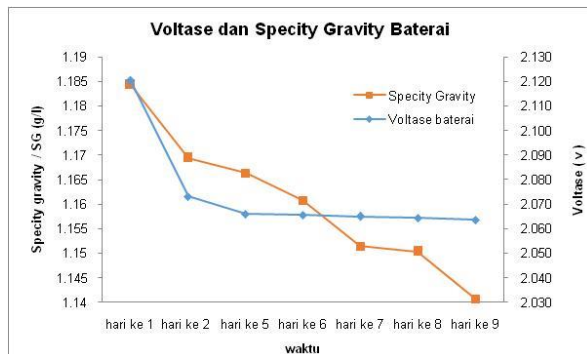
Penelitian dilakukan di ruang baterai di Baron Techno Park selama 9 hari. Pengukuran dimulai dengan melakukan *charging* atau pengisian terhadap semua baterai 120 sel hingga mencapai tegangan maksimal 280 volt. Kemudian melakukan pengukuran dan pencatatan tegangan (V) menggunakan multimeter dan *Specific Gravity* (SG) menggunakan *hydrometer* setiap sel. Dari data yang sudah diperoleh, kemudian dianalisa dengan membuat tampilan grafik serta menghitung nilai reratanya, kemudian dilanjutkan dengan perbandingan nilai dari dataset pabrikan atau referensi peneliti atau perakayasa lainnya.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Baterai yang digunakan di Baron Techno Park merupakan *lead acid battery* dengan tipe *flooded battery* sehingga bisa diisi ulang (*recharge*). Baterai tersebut digunakan sebagai penyimpan energi listrik yang berasal dari sistem hybrid yakni tenaga angin dan tenaga surya. Baterai tersebut digunakan sejak komisioning pada tahun 2011 hingga sekarang, sehingga membutuhkan upaya perawatan

secara rutin dan perawatan secara berkala guna mendukung kegiatan operasional. Perawatan rutin diantaranya dilakukan dengan pengecekan ketinggian cairan elektrolit serta pengukuran tegangan secara keseluruhan. Sedangkan perawatan baterai secara berkala dengan melakukan pengukuran tegangan dan *specific gravity* setiap sel baterai.

Untuk mengetahui kondisi baterai yang sudah berusia 9 tahun tersebut, maka pengukuran tegangan dan *specific gravity* setiap sel baterai dilakukan dengan tanpa beban atau kondisi normal.



Gambar 1. Tegangan dan *specific gravity* baterai selama pengukuran.

Pada gambar 1 tersebut menggambarkan dinamika perubahan tegangan dan *specific gravity* rerata baterai dari hari ke hari. Berdasarkan hasil pengukuran diketahui tegangan rerata dan *spesific gravity* (SG) rerata sebesar 2,074 volt dan 1,160 kg/l. Dari data hasil pengukuran tegangan tersebut, bahwa setiap sel baterai masih bisa diklasifikasikan cukup baik. Menurut [6] bahwa baterai dianggap gagal ketika tegangan sel turun di bawah nilai 1,75 Volt. Sementara itu, dari hasil pengukuran *spesific gravity* (SG) setiap sel baterai perlu mendapatkan perhatian karena setiap pengukuran menggunakan alat hydrometer, selalu menunjukkan di area warna merah.

Dari pengukuran juga ditunjukkan bahwa sel baterai ke 87 mempunyai kinerja terrendah, dengan nilai rerata V sebesar 2,023 volt dan *spesific gravity* (SG) 1,099 kg/l. Oleh karena itu, sel tersebut butuh perlakuan penggantian cairan elektrolit asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) dengan harapan adanya kenaikan nilai tegangan dan *spesific gravity*. Pembuatan cairan elektrolit dibuat sendiri menggunakan air dari hasil pengolahan menggunakan mesin reverse osmosis dan asam sulfat murni dengan perbandingan 73% air dan 27 % asam sulfat [7]. Diketahui bahwa nilai *spesific gravity* air ( $H_2O$ ) sebesar 1 g/ml pada suhu  $4^{\circ}C$  dan nilai *spesific gravity* asam sulfat

( $H_2SO_4$ ) sebesar 1,835 g/ml. Cairan elektrolit yang dibuat mempunyai nilai *spesific gravity* 1,280 g/ml. Setelah cairan tersebut dimasukkan ke sel baterai 87 dan dilanjutkan *recharger*, maka didapat kenaikan tegangan sel baterai 87 sebesar 2,105 volt.

## V. KESIMPULAN

Pengukuran Tegangan (V) dan Specific Gravity (SG) dalam kondisi tanpa beban digunakan sebagai metoda untuk melihat kinerja baterai. Berdasarkan hasil pengukuran diketahui tegangan rerata dan *spesific gravity* rerata sebesar 2,074 volt dan 1,160 g/ml. Dari pengukuran juga ditunjukkan bahwa sel baterai ke 87 mempunyai kinerja terrendah, dengan nilai rerata V sebesar 2,023 volt dan SG 1,099 g/ml.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis kepada pimpinan BPPT yang memberikan fasilitas selama penelitian ini dilaksanakan dan kepada DRPM Kemenristek/BRIN yang telah memberikan dukungan pendanaan kegiatan riset ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. R. Richardson, M. A. Osborne, and D. A. Howey, "Battery health prediction under generalized conditions using a Gaussian process transition model," *J. Energy Storage*, vol. 23, no. November 2018, pp. 320–328, 2019, doi: 10.1016/j.est.2019.03.022.
- [2] G. J. May, A. Davidson, and B. Monahov, "Lead batteries for utility energy storage: A review," *J. Energy Storage*, vol. 15, pp. 145–157, 2018, doi: 10.1016/j.est.2017.11.008.
- [3] A. Tanaka, "Power the future," vol. 54, no. 8, pp. 1996–2011, 2013.
- [4] M. Iksal, "OPzS Series Battery," vol. 21, no. 1, pp. 1–9, 2020.
- [5] N. Achaibou, M. Haddadi, and A. Malek, "Modeling of lead acid batteries in PV systems," *Energy Procedia*, vol. 18, pp. 538–544, 2012, doi: 10.1016/j.egypro.2012.05.065.
- [6] K. S. Gandhi, "Modeling of Sulfation in a Flooded Lead-Acid Battery and Prediction of its Cycle Life," *J. Electrochem. Soc.*, vol. 167, no. 1, p. 013538, 2020, doi: 10.1149/1945-7111/ab679b.
- [7] F. Point and W. I. Us, "( 12 ) United States Patent," vol. 2, 2019.