

Desain Dan Implementasi PLTS Di Balai Benih Ikan Kabupaten Samosir, Sumatera Utara

Iwan Rohman Setiawan

Balai Pengembangan Instrumentasi, Komplek LIPI, Gd. 30, Jl. Sangkuriang-Bandung 40135

iwanrs007@gmail.com

ABSTRACT

The Samosir District Government has built a Fish Nurtury Center (BBI) in the Harian District, to increase fisheries production so as to increase community income and economic growth, BBI is expected to be able to supply fish seed needs to be developed in the Samosir Regency, both on land and in Lake Toba waters, but activities at BBI are constrained due to electricity from the grid that is often unstable. To overcome this problem, in the BBI a solar power plant was built, the solar power system was built using the offgrid method and with utility priority, the solar power plant will automatically provide electricity at the BBI, when electricity power from the grid is not available. The electrical energy provided by the solar power generation system is 50 kWh, the electrical energy needs are met by using 40 solar panels with a capacity of 250 WP each, 4 solar charge controllers with maximum output power of 3500 W each, then the number of batteries used is 48 pieces with a capacity of 100 Ah each, and using an inverter with a maximum output power of 6800 watt..

Keywords: Samosir regency, Fish nurtury center, Solar power plant, Off grid

ABSTRAK

Pemerintah Kabupaten Samosir telah membangun Balai Benih Ikan (BBI) di Kecamatan Harian, untuk meningkatkan produksi perikanan sehingga diharapkan dapat meningkatkan pendapatan dan pertumbuhan ekonom masyarakat, BBI diharapkan dapat memasok kebutuhan benih ikan yang sedang dikembangkan di wilayah Kabupaten Samosir, baik di darat maupun di perairan Danau Toba, akan tetapi kegiatan di BBI terkendala akibat tenaga listrik dari jala-jala listrik PLN sering tidak stabil. Untuk menanggulangi permasalahan tersebut maka di BBI dibangun pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), sistem PLTS dibangun dengan metoda off grid dan dengan utility priority, yaitu PLTS secara otomatis akan menyediakan tenaga listrik di BBI, ketika tenaga listrik dari jala-jala listrik PLN tidak tersedia. Energi listrik yang disediakan oleh PLTS sebesar 50 kWh, kebutuhan energi listrik tersebut dipenuhi dengan menggunakan panel surya sebanyak 40 panel dengan kapasitas masing-masing 250 WP, solar charge controller sebanyak 4 buah dengan daya keluaran maksimum msing-msing sebesar 3500 W, menggunakan baterai sebanyak 48 buah dengan kapasitas masing-masing 100 Ah dan menggunakan inverter dengan daya keluaran maksimum 6800 watt.

Kata kunci: Kabupaten samosir, Balai benih ikan, Pembangkit listrik tenaga surya, Off grid

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Samosir memiliki perairan Danau Toba dan lahan sawah pertanian, potensial untuk pengembangan perikanan air tawar, hal ini dapat dilihat dari budidaya ikan mas dan nila di keramba jaring apung dari tahun 1996 hingga 2004 sangat pesat diusahakan oleh masyarakat khususnya di Kecamatan Pangururan, produksi ikan per hari mencapai puluhan ton. Produksi perikanan harus terus ditingkatkan untuk meningkatkan pendapatan masyarakat dan pertumbuhan ekonomi. Pemerintah Kabupaten Samosir telah membangun Balai Benih Ikan (BBI) di Kecamatan Harian seperti diperlihatkan di Gambar 1, BBI diharapkan dapat memasok kebutuhan benih ikan yang akan dikembangkan di wilayah Kabupaten Samosir, baik di darat maupun di perairan Danau Toba. [1].



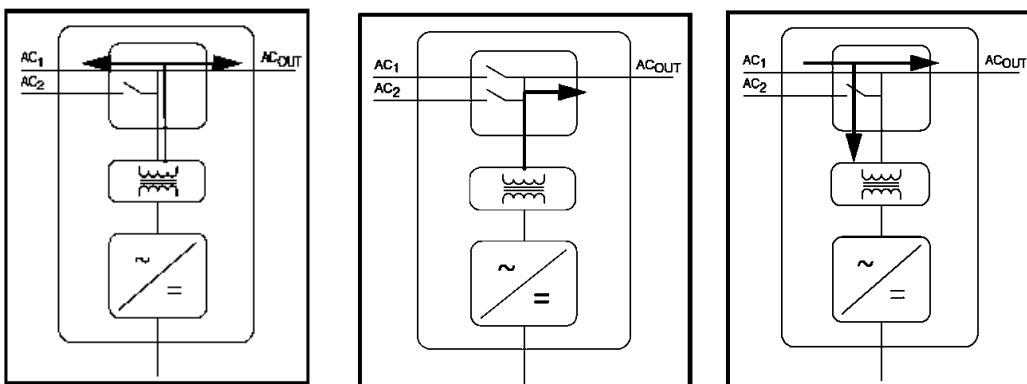
Gambar 1. Balai Benih Ikan di Kecamatan Harian Kabupaten Samosir, Provinsi Sumatera Utara

BBI untuk memasok kebutuhan benih ikan mempunyai permasalahan pasokan tenaga listrik dari jala-jala listrik PLN, tenaga listrik yang diperoleh dari jala-jala listrik PLN sering tidak stabil. Untuk mengatasi permasalahan tenaga listrik di BBI tersebut, maka di BBI diinstal pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan kapasitas daya listrik yang disediakan sebesar 5000 W untuk pemakaian selama 10 jam, atau energi listrik yang disediakan sebesar 50 kWh.

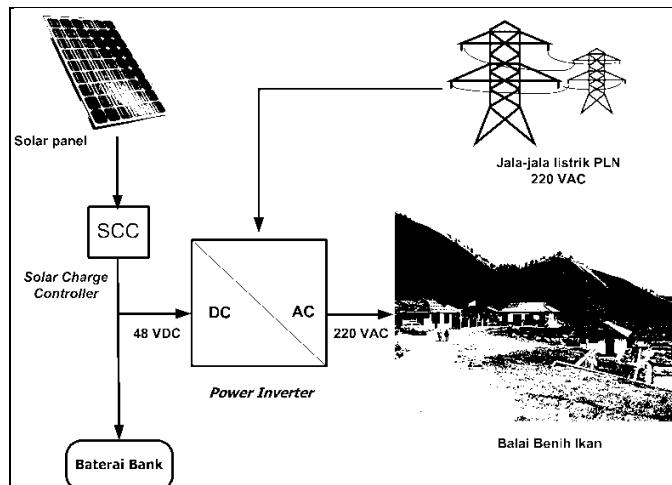
2. METODA/PERANCANGAN PENELITIAN

2.1. Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya di BBI

PLTS yang telah diinstal di BBI menggunakan metoda *off grid*, metoda tersebut dilakukan karena tegangan listrik dari jala-jala listrik PLN sering tidak stabil, ketika penulis menggunakan metoda *on grid*, dimana inverter yang digunakan dapat dikonfigurasi *on grid* atau *off grid* [2], maka internal *automatic transfer switch* (ATS) inverter seperti diperlihatkan di Gambar 2.a yang menghubungkan antara jala-jala listrik PLN (AC_1), dengan baterai dan ke beban (AC_{out}) menjadi *on*, lalu segera *off* terus menerus, sehingga lampu-lampu di BBI juga menyala lalu segera mati terus menerus. Adapun PLTS dengan menggunakan metoda *off grid* seperti diperlihatkan pada Gambar 2.b, Gambar 2.c dan Gambar 3, sumber listrik dari PLTS akan mengalir ke BBI ketika sumber listrik dari jala-jala listrik tidak tersedia, perpindahan pasokan listrik ke BBI dari jala-jala listrik ke PLTS atau sebaliknya, terjadi secara otomatis melalui internal *automatic transfer switch* (ATS) inverter [2], selanjutnya baterai diisi oleh panel surya melalui *solar charger controller* (SCC) agar tidak terjadi kelebihan kapasitas isi baterai [3].



a. Metoda *on grid* b. AC_{out} diperoleh dari baterai c. AC_{out} diperoleh dari *grid*
Gambar 2. Prinsip koneksi *automatic transfer switch inverter* [2]



Gambar 3. Sistem PLTS di BBI dengan metoda *off grid* dan *utility priority*

Daya listrik yang disediakan di BBI sebesar 5000 watt untuk pemakaian selama 10 jam, sehingga energi listrik yang dibutuhkan diperoleh melalui persamaan: [3,4].

$$E = P t \quad (1)$$

Dimana E adalah energi listrik yang dibutuhkan dalam satuan Wh, P adalah daya dalam watt (W) dan t adalah waktu dalam jam (h).

2.1.1. Inverter

Besarnya kapasitas inverter harus lebih besar dari beban [5], inverter yang digunakan mempunyai spesifikasi antara lain: [2]

1. Tegangan masukan DC (nominal) 48 V
2. Tegangan keluaran AC murni 230 V ± 3%
3. Frekuensi keluaran 50 Hz ± 0,1 Hz.
4. Efisiensi 95,8%.
5. Daya keluaran maksimum 6800 W.

2.1.2. Panel Surya

Menggunakan panel surya tipe polycrystalline dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Daya puncak maksimum, P_{MAX} : 250 WP
2. Tegangan sirkuit terbuka, V_{OC} : 37,4 V
3. Tegangan puncak maksimum, V_{MP} : 30,6 V
4. Arus puncak maksimum, I_{MP} : 8,19 A
5. Arus hubung singkat, I_{SC} : 8,82 A

Untuk memperoleh jumlah panel surya yang dibutuhkan, diberikan persamaan-persamaan sebagai berikut [3-5]:

Daya total maksimum yang harus disediakan oleh sejumlah panel surya (PV_{array_peak}) diperoleh melalui persamaan:

$$PV_{array_peak} = E \frac{1}{\eta_{batt}} \frac{1}{h} \quad (2)$$

Dimana PV_{array_peak} dalam satuan watt (W), η_{batt} adalah efisiensi baterai, % dan h durasi matahari bersinar pada puncaknya, jam (hour) [3-6].

Maka jumlah panel surya yang dibutuhkan diperoleh melalui persamaan sebagai berikut:

$$PV_{array} = \frac{PV_{array_peak}}{PV_{peak}} \quad (3)$$

Dimana PV_{array} adalah jumlah panel surya yang dibutuhkan, PV_{array_peak} adalah total daya maksimum dari PV_{array} dalam satuan watt (W) dan PV_{peak} daya maksimum untuk satu buah panel surya. Selanjutnya, jumlah panel surya yang telah diperoleh tersebut dikonfigurasi menjadi hubungan seri paralel, jumlah panel surya yang dihubungkan seri paralel harus memenuhi spesifikasi SCC yang digunakan [7], maka menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut:

Tegangan total dari beberapa sumber tegangan yang dihubungkan seri yaitu [3-8],

$$V_{Seri} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad (4)$$

Dimana V_{Seri} adalah jumlah tegangan total dari beberapa sumber tegangan yang dihubungkan seri dalam satuan volt (V), V_1 , V_2 , V_3 dan V_n adalah sumber tegangan ke 1, ke 2, ke 3 dan ke n.

Untuk tegangan total dari beberapa sumber tegangan yang dihubungkan paralel yaitu,

$$V_{Paralel} = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n \quad (5)$$

Dimana $V_{Paralel}$ adalah jumlah tegangan total dari beberapa sumber tegangan yang dihubungkan paralel dalam satuan volt (V).

Untuk arus total dari beberapa sumber arus yang dihubungkan seri yaitu,

$$I_{Seri} = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n \quad (6)$$

Dimana I_{Seri} adalah arus total dari beberapa sumber arus yang dihubungkan seri dalam satuan ampere (A), I_1 , I_2 , I_3 dan I_n adalah sumber arus ke 1, ke 2, ke 3 dan ke n.

Untuk arus total dari beberapa sumber arus yang dihubungkan paralel yaitu,

$$I_{\text{Paralel}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad (7)$$

Dimana I_{paralel} adalah arus total dari beberapa sumber arus yang dihubungkan paralel dalam satuan ampere (A).

Untuk daya listrik diperoleh melalui persamaan sebagai berikut:

$$P = V I \quad (8)$$

Dimana P adalah daya listrik dalam satuan watt (W), V adalah tegangan, volt (V) dan I adalah arus, ampere (A).

2.1.3. Baterai

Jenis baterai yang digunakan di BBI adalah tipe gel, tegangan 12 V, kapasitas 100 Ah dan efisiensi baterai, η_{batt} dengan asumsi 100%, selanjutnya jumlah baterai yang dibutuhkan diperoleh melalui persamaan-persamaan sebagai berikut [5][6-8]:

Kapasitas total baterai yang dibutuhkan adalah,

$$Ah_{\text{total}} = \frac{E}{V_{\text{total}}} \frac{1}{\eta_{\text{inv}}} \quad (9)$$

Dimana Ah_{total} adalah kapasitas total baterai yang dibutuhkan dalam satuan ampere-hour (Ah) dan V_{total} tegangan sistem baterai dalam volt (V) dan η_{inv} efisiensi inverter, %.

Jumlah baterai yang dihubungkan seri yaitu,

$$\Sigma Batt_{\text{seri}} = \frac{V_{\text{total}}}{V} \quad (10)$$

Dimana $\Sigma Batt_{\text{seri}}$ adalah jumlah baterai yang dihubungkan seri, dan V tegangan baterai.

Jumlah baterai yang dihubungkan paralel adalah,

$$\Sigma Batt_{\text{paralel}} = \left(\frac{d Ah_{\text{total}}}{\%DOD} \right) \frac{1}{Ah} \quad (11)$$

Dimana $\Sigma Batt_{\text{paralel}}$ adalah jumlah baterai yang dihubungkan paralel, d adalah jumlah hari dimana baterai dapat melayani beban tanpa baterai diisi oleh panel surya dan DOD adalah prosentase kapasitas sisa isi baterai dari isi baterai terisi penuh, %, [3-6][8-9]

Maka jumlah baterai yang dibutuhkan ($\Sigma Batt$) diperoleh melalui persamaan sebagai berikut:

$$\Sigma Batt = (\Sigma Batt_{\text{seri}} \Sigma Batt_{\text{paralel}}) \quad (12)$$

2.1.4. Solar Charger Controller

Solar Charger Controller (SCC) yang digunakan adalah tipe SCC yang dapat melacak titik daya maksimum (MPPT) panel surya, sehingga dapat menyediakan arus maksimum untuk pengisian baterai, SCC dengan tipe MPPT memungkinkan untuk memanen energi maksimum yang tersedia dari panel surya dan distribusikan ke baterai. Algoritma MPPT terus-menerus menyesuaikan

tegangan operasi panel surya, sehingga panel surya dapat terus menerus beroperasi pada daya maksimum nya [10].

Spesifikasi SCC yang digunakan yaitu [10]:

1. Tegangan sistem baterai: 12, 24, 48, 60 V
2. Tegangan maksimum rangkaian terbuka panel surya: 150 V.
3. Maksimum arus pengisian: 60 A.
4. Arus maksimum panel surya dalam arus hubung singkat: 60 A.
5. Daya output maksimum: 3500 W.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Konfigurasi Rangkaian Seri Paralel Panel Surya

Energi listrik yang disediakan di BBI diperoleh dengan substitusi daya listrik yang dibutuhkan sebesar 5000 watt untuk selama 10 jam ke persamaan (1) maka diperoleh,

$$E = 50 \text{ kWh}$$

Diketahui efisiensi, η , baterai yang digunakan adalah 100 %, lalu durasi matahari bersinar pada puncak nya, h , di Kabupaten Samosir dengan asumsi selama 5 jam [3-6], selanjutnya dengan substitusi E , η dan h ke persamaan (2), maka diperoleh daya total maksimum yang harus disediakan oleh sejumlah panel surya adalah,

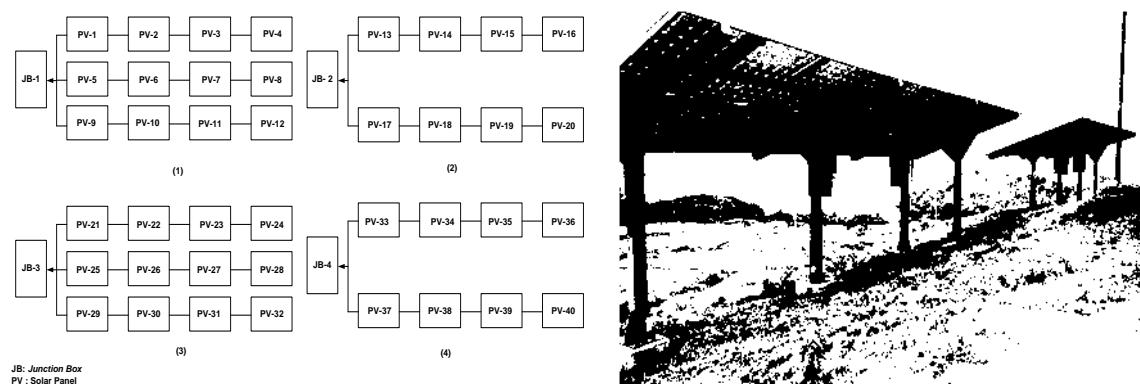
$$PV_{array_peak} = 10.000 \text{ W}$$

Selanjutnya dengan substitusi PV_{peak} yang diperoleh dari spesifikasi panel surya yaitu $P_{MAX} = 250 \text{ W}$ dan PV_{array_peak} ke persamaan (3), maka jumlah panel surya yang dibutuhkan diperoleh yaitu, $PV_{array} = 40$ panel.

PV_{array} sebanyak 40 panel dihubungkan seri dan paralel dengan memperhatikan spesifikasi SCC yaitu [3][10]:

1. Tegangan total dari tegangan rangkaian terbuka (V_{OC}) dari beberapa panel surya (PV_{array}) yang dihubungkan seri, mendekati tegangan rangkaian terbuka SCC, tetapi tidak boleh melebihi tegangan rangkaian terbuka SCC.
2. Daya total maksimum dari sejumlah panel surya yang dihubungkan seri dan paralel, tidak lebih tinggi dari daya maksimum output SCC.

Maka panel surya sebanyak 40 panel dihubungkan seri-paralel seperti diperlihatkan pada Gambar 3.a. selanjutnya Gambar 3.b memperlihatkan instalasi panel surya di BBI.



a. Konfigurasi hubungan seri paralel panel surya di BBI

b. Instalasi panel surya di BBI

Gambar 3. Panel surya di BBI

Gambar 3.a.1. memperlihatkan:

1. PV_{array} 1: PV-1, PV-2, PV-3, PV-4 dihubungkan seri.
2. PV_{array} 2: PV-5, PV-6, PV-7, PV-8 dihubungkan seri.
3. PV_{array} 3: PV-9, PV-10, PV-11, PV-12 dihubungkan seri.
4. PV_{array} 1, PV_{array} 2 dan PV_{array} 3 dihubungkan paralel di dalam *junction box* 1.

Gambar 3.a.2. memperlihatkan:

1. PV_{array} 4: PV-13, PV-13, PV-15, PV-16 dihubungkan seri.
2. PV_{array} 5: PV-17, PV-18, PV-19, PV-20 dihubungkan seri..
3. PV_{array} 4 dan PV_{array} 5 dihubungkan paralel di dalam *junction box* 2.

Gambar 3.a.3 memperlihatkan:

1. PV_{array} 6: PV-21, PV-22, PV-23, PV-24 dihubungkan seri.
2. PV_{array} 7: PV-25, PV-26, PV-27, PV-28 dihubungkan seri.
3. PV_{array} 8: PV-29, PV-30, PV-31, PV-32 dihubungkan seri..
4. PV_{array} 6, PV_{array} 7 dan PV_{array} 8 dihubungkan paralel di dalam *junction box* 3.

Gambar 3.a.4. memperlihatkan:

1. PV_{array} 9: PV-33, PV-34, PV-35, PV-36 dihubungkan seri.
2. PV_{array} 10: PV-37, PV-38, PV-39, PV-40 dihubungkan seri.
3. PV_{array} 9 dan PV_{array} 10 dihubungkan paralel di dalam *junction box* 4.

Dari Gambar 3.a.1 - 3.a.4 dan berdasarkan spesifikasi panel surya maka:

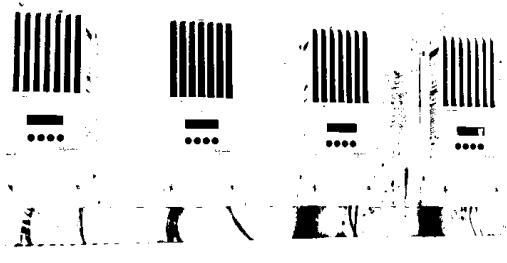
1. Total tegangan output untuk PV_{array} 1 sampai dengan PV_{array} 10 dengan menggunakan persamaan (4) diperoleh,
 - a. Tegangan puncak maksimum, V_{MP} = 122,4 V
 - b. Tegangan rangkaian terbuka, V_{OC} = 149,6 V
2. Arus output untuk PV_{array} 1 sampai dengan PV_{array} 10 dengan menggunakan persamaan (6) diperoleh yaitu,
 - a. Arus puncak maksimum, I_{MP} = 8,19 A
 - b. Arus hubung singkat, I_{SC} = 8,82 A
3. Total tegangan output dari *junction box* 1, sampai dengan *junction box* 4, dengan menggunakan persamaan (5) diperoleh,
 - a. Tegangan puncak maksimum, V_{MP} = 122,4 V
 - b. Tegangan rangkaian terbuka, V_{OC} = 149,6 V
4. Total arus output dari *junction box* 1 dan *junction box* 3, dengan menggunakan persamaan (7) diperoleh,
 1. Arus puncak maksimum, I_{MP} = 24,57 A
 2. Arus hubung singkat, I_{SC} = 26,46 A
5. Total arus output dari *junction box* 2 dan *junction box* 4, dengan menggunakan persamaan (7) diperoleh,
 1. Arus puncak maksimum, I_{MP} = 16,38 A
 2. Arus hubung singkat, I_{SC} = 17,64 A

Sehingga dengan menggunakan persamaan (8) total daya maksimum output dari *junction box* 1 dan *junction box* 3 masing-masing diperoleh:

$$P = 3007,34 \text{ W.}$$

Dan total daya maksimum output dari *junction box* 2 *junction box* 4 masing-masing diperoleh, P = 2004,91 W.

Berdasarkan hasil perhitungan untuk konfigurasi hubungan seri-paralel panel surya, juga dengan memperhatikan spesifikasi SCC, maka diperoleh bahwa pembangkit listrik tenaga surya di BBI menggunakan empat buah SCC seperti diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Instalasi *solar charger controller* di BBI

3.2. Konfigurasi Seri Paralel Baterai

Berdasarkan spesifikasi inverter bahwa tegangan masukan dari baterai yaitu 48 V, maka ditentukan tegangan sistem baterai, V_{total} , yaitu 48 V, lalu dengan substitusi $E = 50 \text{ kWh}$, $V_{total} = 48 \text{ V}$ dan $n_{inv} = 0,958\%$ ke persamaan (9), maka diperoleh kapasitas total baterai yang dibutuhkan yaitu, $Ah_{total} = 1087,33 \text{ Ah}$.

Dengan substitusi V_{total} dan tegangan baterai $V=12 \text{ V}$ ke persamaan (10) maka diperoleh jumlah baterai yang terhubung seri yaitu,

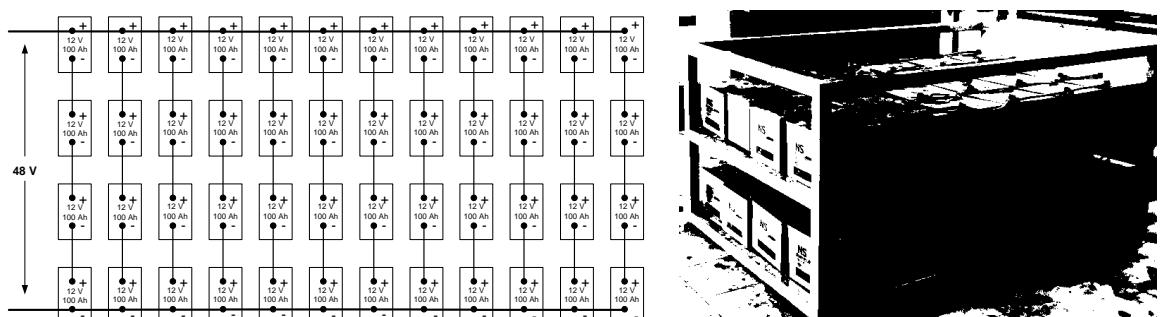
$$\Sigma Batt_{seri} = 4 \text{ baterai.}$$

Dengan menentukan $d = 1$ hari dan menetapkan DOD = 90 %, lalu substitusi d , DOD, Ah_{total} dan kapasitas baterai 100 Ah ke persamaan (11), maka jumlah baterai yang dihubungkan paralel diperoleh yaitu,

$$\Sigma Batt_{paralel} = 12 \text{ baterai.}$$

Sehingga diperoleh jumlah baterai yang diperlukan dengan menggunakan persamaan (12) yaitu, $\Sigma Batt = 48$ baterai.

Konfigurasi hubungan seri paralel baterai yang diperlukan seperti diperlihatkan di Gambar 5.a. selanjutnya Gambar 5.b. memperlihatkan baterai bank di BBI.



a. Konfigurasi hubungan seri-paralel

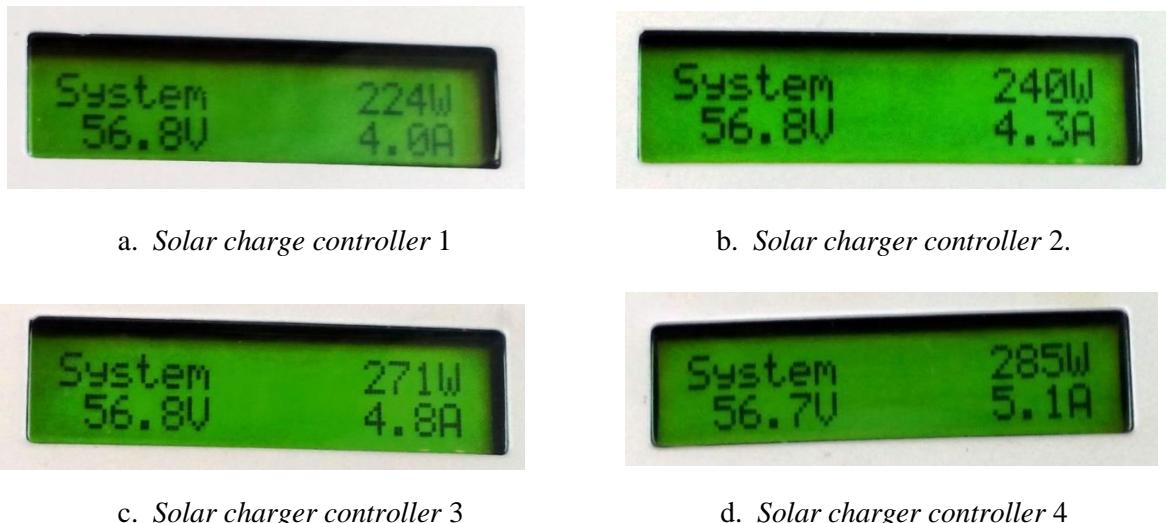
48 baterai di BBI

b. Baterai bank di BBI

Gambar 5. Baterai untuk PLTS di BBI

3.3. Uji Fungsi

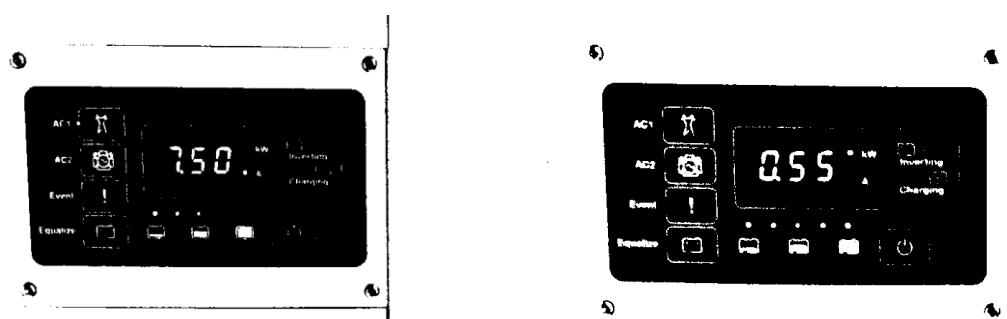
Setelah seluruh sistem PLTS selesai dalam diinstal, maka melakukan uji fungsi, uji fungsi dilakukan sekitar pukul 5 sore. Gambar 6.a-d menunjukkan tampilan *solar charger controller* 1 sampai dengan *solar charger controller* 4 sedang mengisi baterai,



Gambar 6. Tampilan *solar charger controller* ketika uji fungsi PLTS

Gambar 6.a. memperlihatkan bahwa *solar charger controller* 1 membaca besarnya tegangan sistem adalah 56,8 V, arus pengisian ke baterai 4,0 A dan daya yang diberikan ke baterai 224 W, lalu Gambar 6.b. *solar charger controller* 2: tegangan sistem, arus dan daya masing-masing 56,8 V, 4,3 A dan 240 W, selanjutnya pada Gambar 6.c. *solar charger controller* 3: tegangan sistem, arus dan daya masing-masing 56,8 V, 4,8 A dan 271 W, dan Gambar 6.d. *solar charger controller* 4: tegangan sistem, arus dan daya masing-masing 56,8 V, 5,1 A dan 285 W. Uji fungsi dilakukan juga terhadap inverter dengan simulasi *off grid* dengan *utility priority* yaitu:

1. Memberikan masukan sumber listrik ke inverter dari jala-jala listrik PLN, seperti diperlihatkan di Gambar 7.a. dimana pada gambar tersebut baterai sedang diisi oleh jala-jala listrik sebesar 7,5 A,
2. Simulasi jala-jala listrik PLN tidak tersedia, memberikan masukan sumber listrik ke inverter dari baterai seperti diperlihatkan pada Gambar 7.b. pada gambar tersebut inverter mengubah arus DC menjadi AC, dengan beban listrik sebesar 0,55 kW.



a. Sumber listrik dari jala-jala PLN
b. Sumber listrik dari baterai

Gambar 7. Tampilan inverter ketika uji fungsi PLTS dengan metoda *off grid* dan *utility priority*

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem PLTS telah diinstal di Balai Benih Ikan (BBI) Kabupaten Samosir dengan menggunakan metoda *off grid* dan *utility priority*, maka permasalahan pasokan tenaga listrik dari jala-jala listrik PLN ke BBI yang kadang-kadang tidak berkelanjutan sudah dapat diatasi, ketika pasokan listrik dari jala-jala listrik PLN tidak tersedia, maka secara otomatis kebutuhan listrik diperoleh dari PLTS. Daya listrik yang disediakan oleh PLTS sebesar 5000 W untuk pemakaian selama 10 jam, menggunakan panel surya sebanyak 40 panel, daya puncak setiap panel surya 250 WP, total daya puncak panel surya 10 kW, lalu baterai yang digunakan tipe gel sebanyak 48 buah dengan tegangan dan kapasitas setiap baterai adalah 12 V 100 Ah, sistem tegangan baterai 48 V dan total kapasitas baterai 1087,33 Ah, menggunakan *solar charger controller* tipe MPPT sebanyak 4 buah dengan daya keluaran masing-masing maksimum 3500 W, inverter yang digunakan tipe *hybrid* yang dapat dikonfigurasi *off grid*, dengan daya keluaran maksimum 6800 W.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pembangkit listrik tenaga surya telah diinstal di Balai Benih Ikan (BBI), Kabupaten Samosir, Provinsi Sumatera Utara, dalam rangka kegiatan *science techno park-LIPI* tahun 2015, penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada seluruh pimpinan Pemerintah Kabupaten Samosir dan pegawai BBI yang telah mendukung kegiatan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bidang PU/Cipta Karya Kabupaten Samosir 2014-2019, “Profil Kabupaten Samosir,” 2019. [online]. Tersedia di:
http://sippa.ciptakarya.pu.go.id/sippa_online/ws_file/dokumen/rpi2jm/DOCRPIJM_15084331474_BAB_4_PROFIL_DAERAH.pdf. [Diakses tanggal 8 Januari 2019].
- [2] ConextTM XW Inverter/Charger, Conext XW + 8548E Owner’s Guide, Schneider, 2014.
- [3] I.R. Setiawan and N.A. Mahardiono, “Design and Implementation of Solar Electric System for Village Office and Library Building in Seliu Island Village, Bangka Belitung Province, Indonesia,” *International Journal of Engineering and Techniques*, vol.4 (4), pp.115-123, July-August, 2018, <http://dx.doi.org/10.29126/23951303/IJET-V4I4P16>
- [4] R. Mayfield, *Photovoltaic design and installation for dummies*, Wiley Publishing, 2010.
- [5] R.A. Diantari, S. Rahayu dan R. Okasari, “Analisis Instalasi Listrik Menggunakan Pembangkit Listrik Surya Skala Rumah Tangga, *Sutet*, vol. 8 (2), pp. 122-128, Dec. 2018.
- [6] D. Patrick and S. Fardo, *Electrical Distribution Systems*, second edition, The Fairmont Press, Inc., 2009.
- [7] S. Sumakaji, N.G. Pahiyanti dan A.B.A. Tangkilisan, “Perancangan Tenaga Listrik Tenaga Surya di Pos Pengamatan Gunung Soputan”, *kilat*, vol 8 (2), pp. 190-198, Oct. 2019, <https://doi.org/10.33322/kilat.v8i2.651>.
- [8] T.J. Pramono, Erlina, Z. Arifin dan J. Saragih, ”Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Gedung Bertingkat”, *kilat*, vol. 9 (1), pp. 115-124, Apr. 2020, <https://doi.org/10.33322/kilat.v9i1.888>
- [9] A. Mc Evoy, T. Markvart and L. Castaner, *Practical Handbook of Photovoltaics*, ^{2nd} Edition, Academic Press, 2011.
- [10] Conext MPPT 60 150 Solar Charge Controller, Installation and Owner’s Guide, Schneider Electric, 2013.