

Implementasi Switched Configuration pada Grid-Tied Photovoltaic System untuk Suplai Pengendali Nanoparticle Sampler

Aulia Ullah¹, R. Reski Eka Putra²

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293
e-mail: ¹Aulia.Ullah@uin-suska.ac.id, ²erajareski@gmail.com

Abstrak

Untuk memenuhi informasi polutan partikel padat di udara, UIN Suska Riau sebagai member EA-Nanonet melakukan pengukuran kualitas udara menggunakan nanoparticle sampler. Permasalahannya adalah ketika proses pengambilan data, sistem harus menyala secara kontiniu. Sehingga diperlukan catu daya cadangan untuk menyuplai sistem, dan ketika proses pergantian tidak boleh terjadi drop tegangan. tulisan ini mengusulkan sistem daya cadangan menggunakan photovoltaic yang terhubung ke jaringan jaringan listrik utama. Sistem photovoltaic dirancang menggunakan standar AS/NZS 4509.2:2010. Dengan intensitas radiasi matahari rata-rata 3,9 kWh/m²/hari, konsumsi energi harian 33,285 Wh, dan total daya beban yang diuji 0,063 Watt, dihasilkan sistem PLTS-PLN terdiri dari modul surya 20Wp, SCC 10A, baterai 7Ah, adaptor 9V, elco 18800µf 25V, IC pengatur tegangan 9V dan relai DPDT 250VAC 10A dengan Switched Configuration. Rancangan Sistem PV diimplementasikan di atap dan berhasil terhubung ke jaringan listrik dengan konfigurasi saklar pada nilai kapasitansi 18.800µf. Dari hasil pengujian pembebanan langsung, baterai mampu bertahan selama dua hari, dan tegangan pada baterai sebesar 12,22 volt (DoD 37,40%). Berdasarkan pengujian ini, bahwa sistem penyuplai daya cadangan menggunakan Switched Configuration untuk alat pengendali nanoparticle sampler berhasil dengan baik.

Kata kunci: EA-Nanonet, nanoparticle sampler, Daya Cadangan, photovoltaic, Rele, Switched Configuration

Abstract

To fulfil particulate matter pollutant information in the air, UIN Suska Riau as a member of EA-Nanonet performs air quality measurements using a Nanoparticle sampler. The problem is that when the process of retrieving data, the system must turn on continuously. So, we need a backup power supply to supply the system, and when the change process should not occur voltage drop. This paper proposes a backup power system using photovoltaics that are connected to the mains electricity grid. The photovoltaic system was designed using the AS / NZS 4509.2: 2010 standard. With an average solar radiation intensity of 3.9 kWh / m² / day, daily energy consumption of 33,285 Wh, and a total load power of 0.063 Watt tested, the resulting PLTS-PLN system consists of a 20Wp solar module, SCC 10A, 7Ah batteries, 9V adapter, Elco 18800µf 25V, 9V voltage control IC and 250VAC 10A DPDT relay with Switched Configuration. The PV system design was implemented on the roof and successfully connected to the electricity network with a switch configuration at a capacitance value of 18,800 µf. From the results of direct loading testing, the battery can last for two days, and the voltage on the battery is 12.22 volts (DoD 37.40%). Based on this test, that the backup power supply system using Switched Configuration for the nanoparticle sampler controller works well.

Keywords: EA-Nanonet, nanoparticle sampler, Power Backup, Photovoltaic, Relay, Switched Configuration

1. Latar Belakang

Nanoparticle Sampler yang berada di Laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau adalah peralatan pengukur *partikulat* (PM_{0,1}) [1]. Standar utama yang ingin dicapai dalam pengukuran *partikulat* yaitu menentukan massa dari sampel *partikulat* yang diperoleh pada *nano sampler* melalui proses penghisapan yang diatur *flow rate* nya dengan bantuan kompresor dan *flow mater*. Massa *partikulat* adalah hasil perkalian massa jenis (ρ) dengan volume nya, sedangkan dalam menentukan nilai volume dari sampel yaitu dengan mengalikan *flow rate* dan waktu *sampling*. Hal ini menjadikan waktu *sampling* atau informasi waktu pengambilan sampel menjadi sangat penting di perhatikan, agar dapat diperoleh hasil pengukuran yang sesuai dengan SOP yang telah di tetapkan untuk menggunakan *Nanoparticle Sampler* digunakanlah alat pengendali yang mampu mengontrol waktu *sampling Nanoparticle Sampler*

Alat pengendali *PM_{0,1} sampler* adalah alat yang mengatur kontinuitas data operasional dari *PM_{0,1} sampler* itu sendiri. *PM_{0,1} sampler* yang berada di Laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau adalah peralatan pengukur partikulat (PM_{0,1}) atau pengambil *sample* partikulat di udara guna mengetahui kualitas udara pada saat tertentu [1]. *PM_{0,1} sampler* dan alat pengendalinya saat ini beroperasi dengan catu daya listrik utama dari PLN. Masalah yang sering

terjadi adalah pemadaman listrik oleh PLN, dimana gangguan dan pemadaman listrik pada *feeder* di rayon Panam tahun 2015, paling tinggi terjadi di *feeder* Kualu yang satu jaringan distribusi dengan UIN Suska Riau sebanyak 160 kali gangguan dan 9096 menit pemadaman [2]. Ini sangat berpengaruh terhadap operasional alat pengendali *PMO,1 sampler*. Berdasarkan permasalahan tersebut, sehingga sangat dibutuhkan catu daya tambahan untuk menjaga keandalan suplai energi listrik, terutama untuk alat pengendali *PMO,1 sampler*.

Wilayah Indonesia memiliki potensi Intensitas rata-rata radiasi matahari yang cukup tinggi sebesar $4,5 \text{ kWh/m}^2$ per hari dengan variasi rata-rata 9% per bulan [3]. Sehingga memanfaatkan pembangkit listrik tenaga surya atau matahari sebagai catu daya tambahan dilihat sangat berpotensi, selain itu teknologi ini mulai banyak digunakan di seluruh dunia. Pembangkit listrik tenaga surya didasarkan pada konversi sinar matahari menjadi listrik, baik secara langsung menggunakan *photovoltaic* (PV), atau secara tidak langsung menggunakan tenaga surya terkonsentrasi (CSP). Terdapat beberapa konfigurasi sistem *photovoltaic* yaitu: sistem PV yang terhubung ke jaringan utama (*grid-tied*) dan sistem PV yang berdiri sendiri (*Off-grid*) [4].

Dekade ini sistem *photovoltaic* terhubung dengan jaringan listrik utama (PLN) atau yang dikenal dengan *Grid-Tied Photovoltaic* (PV) merupakan salah satu bidang penelitian yang banyak diteliti oleh peneliti dunia. Sistem *Grid-Tied* PV umum dirangkai dalam beberapa konfigurasi yaitu: *series configuration*, *switched configuration*, dan *parallel configuration* [5]. Seperti halnya dengan sistem pembangkit listrik lainnya, *Grid-Tied* PV sangat dipengaruhi oleh jenis beban dan besar kebutuhan listrik yang harus dipenuhi. Nallapaneni M. Kumar telah menganalisis performansi rancangan *Grid-tied* PV pada gedung kantor universitas dengan kapasitas 95 kWp [6], sedangkan Ratan Mandal menganalisis sistem *Grid-tied* PV pada gedung sekolah dengan kapasitas 1 kWp [7]. Peneliti lainnya (Chandrakant Dondariya) menganalisis performansi rancangan *Grid-tied* PV pada perumahan dengan kapasitas 6,4 kWp [8]. Ilham Baghdadi dkk, melakukan penelitian tentang performansi *Grid-tied* PV pada *rooftop* gedung perkuliahan universitas Abdelmalek Essaadi dengan kapasitas 5,94 kWp [9].

Pada paper ini, penulis melakukan modifikasi dan tindak lanjut dari beberapa penelitian yang telah dilakukan diatas, dimana pada penelitian sebelumnya menganalisis performansi sistem, menyuplai jenis beban AC (*Alternating Current*), dan menggunakan konfigurasi paralel. Penulis mendesain sistem *Grid-tied* PV dan mengimplementasikannya pada alat pengendali *PMO,1 sampler* (*DC load*) di *rooftop* Laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau, selain itu desain sistem PV berdasarkan standar AS/NZS 4509.2:2010 dengan *switched configuration* dan menganalisis performansi *Grid-tied* PV serta pembebanan baterai sistem PV. Mengingat Riau merupakan salah satu provinsi yang sering dilanda kabut asap, sehingga penelitian rancang bangun sistem *Grid-tied* PV pada alat pengendali *PMO,1 sampler* yang serta menjaga keandalan sistem monitoring informasi partikulat di udara akibat asap menjadi penting untuk dilakukan.

2. Metode Penelitian

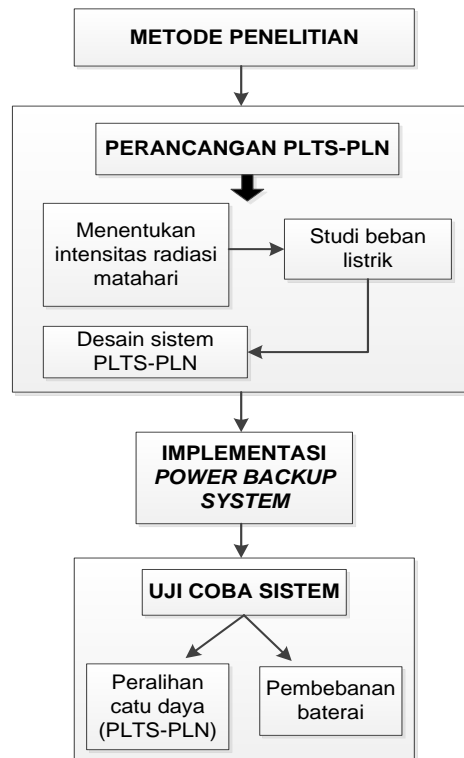
Penelitian ini mencakup tiga tahap, yaitu: perancangan PLTS-PLN, implementasi *power backup system*, dan uji coba sistem. Gambar 1 memperlihatkan metode penelitian secara umum.

2.1 Perancangan PLTS-PLN

Tahapan perancangan PLTS meliputi penentuan intensitas radiasi matahari di lokasi penelitian, melakukan studi beban pada alat pengendali *Nanoparticle Sampler*, dan melakukan desain sistem PLTS-PLN.

2.1.1 Penentuan Intensitas radiasi matahari

Intensitas radiasi matahari atau PSH diperoleh dari database *Prediction of Worldwide Energy Resources* (POWER) dari National Aeronautics and Space Administration (NASA) Amerika Serikat, yang dapat diakses pada: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. Dimana untuk menggunakan database ini digunakan latitude dan longitude yang diperoleh dari *google maps*.



Gambar 1. Metodologi penelitian.

2.1.2 Penentuan beban listrik

Penghitungan beban listrik dilakukan melalui studi beban meliputi jenis dan kapasitas (Watt) beban dan konsumsi energi harian (Wh). Konsumsi energi harian dihitung berdasarkan perkalian antara daya beban (Watt) dan lama beban digunakan setiap hari (jam). Cadangan energi (ditentukan, 100%), untukantisipasi penambahan komponen beban di waktu mendatang dikarenakan alat pengendali atau beban bisa dikembangkan lebih lanjut. Selain itu rugi-rugi sistem (ditentukan, 15%), untukantisipasi *losses* pada komponen.

2.1.3 Perancangan Sistem PLTS-PLN

Perancangan sistem PLTS-PLN untuk alat pengendali *Nanoparticle Sampler*: penentuan kriteria sistem, penentuan bulan desain, perancangan ukuran dan spesifikasi modul surya, baterai, SCC (*Solar Charge Controller*), IC regulator tegangan, relay, adaptor, dan elco.

2.2 Implementasi *power backup system*

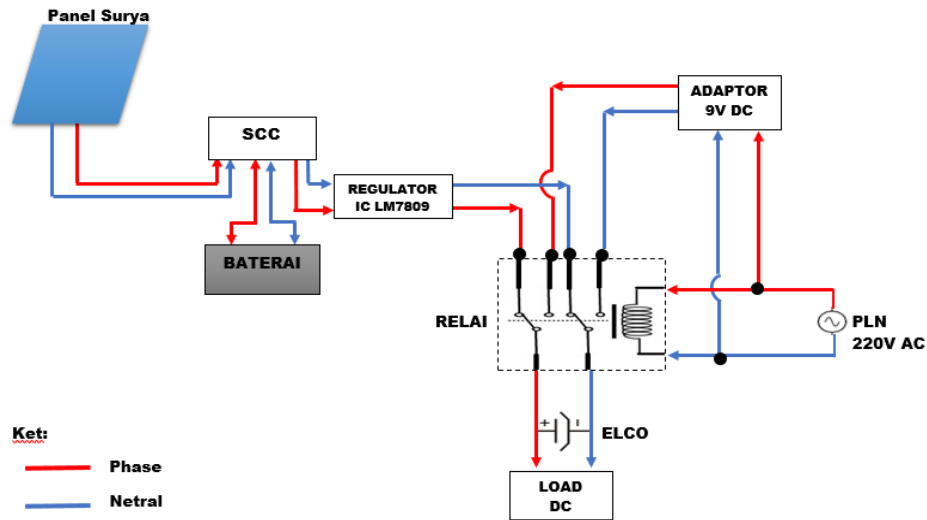
Instalasi sistem ini berdasarkan perancangan yang telah di hitung secara teknis dan berdasarkan studi pustaka. Data dan informasi yang diperoleh melalui studi pustaka bersifat sekunder yaitu data yang diperoleh melalui jurnal-jurnal, buku dan tulisan ilmiah tentang *power backup system* (PLTS-PLN).

2.3 Pengujian sistem

Dilakukan dua jenis pengujian, yaitu peralihan catu daya dan pembebanan baterai. pengujian peralihan catu daya untuk mengetahui apakah sistem melakukan *switching* dengan baik. pembebanan baterai untuk mengetahui apakah baterai mampu menyuplai daya ke beban selama DOA (*Days of Autonomy*) yang direncanakan.

2.4 Sistem PLTS

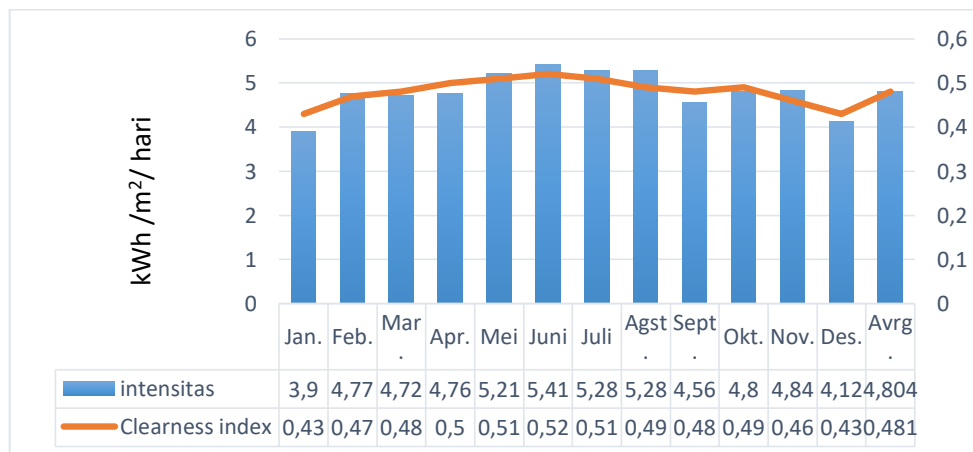
Seperti yang ditunjukkan Gambar 2 sistem *power backup* (PLN-PLTS) dengan beban DC ini terdiri dari panel surya, SCC, baterai, regulator tegangan, *relay*, adaptor, elco dan catu daya utama yaitu PLN.



Gambar 2. Desain Pengkawatan Sistem Penyuplai Daya Cadangan (PLN-PLTS).

2.4.1 Intensitas radiasi matahari

Koordinat lokasi Laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau yang di dapatkan dari Google Maps dimasukkan ke database POWER NASA, yaitu 0,46 LS dan 101,35 BT. Intensitas radiasi matahari yang dihasilkan oleh database POWER NASA untuk koordinat lokasi yang diberikan adalah seperti yang ditampilkan pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Intensitas Radiasi Matahari di Laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau, koordinat 0,46 LS dan 101,35 BT [10].

Data yang diakses pada POWER yaitu data radiasi matahari ($\text{kWh/m}^2/\text{hari}$) dan data clearness indeks. Pada penelitian ini di gunakan PSH (*peak sun hour*) terendah yaitu $3,9 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$.

2.4.2 Beban listrik

Diketahui beban yang digunakan adalah peralatan listrik DC yang beroperasi sehari penuh atau 24 jam. Pengukuran langsung dengan multimeter pada beban diperoleh nilai arus total $0,067 \text{ A}$ dan nilai tegangan total 9 V . Maka dapat diketahui rating daya dan konsumsi energi listrik harian dari beban dengan persamaan (1) berikut:

$$E = V \times I \times t \quad (1)$$

di mana:

E = Konsumsi energi per hari (Wh)

V = Tegangan alat pengendali (V)

I = Arus alat pengendali (A)

t = Lamanya beban/alat pengendali digunakan per hari (jam)

2.4.3 Sistem PLTS-PLN

a. Modul Surya

Sistem PLTS yang dirancang pada penelitian ini adalah sistem dengan tegangan operasi DC 9 volt. Persamaan (2) bawah ini digunakan untuk menentukan jumlah modul surya yang dibutuhkan untuk memenuhi beban [11]. Perhitungan menghasilkan 1 buah modul surya. Spesifikasi modul surya yang digunakan adalah daya maksimum 20 Wp dan tegangan modul maksimum 17,4 volt.

$$KPS = \frac{E}{PSH} \times fp \quad (2)$$

di mana:

KPS = Kapasitas daya panel surya yang di butuhkan (Watt)

E = Konsumsi energi listrik beban per hari (Wh)

PSH = peak sun hour (hour)

fp = faktor penyesuaian (1,1)

b. SCC (Solar Charge Controller)

Untuk menentukan ukuran SCC digunakan data daya dan tegangan maksimal modul surya yang digunakan. Persamaan (3) berikut digunakan untuk menentukan kapasitas SCC. Dari perhitungan didapatkan kapasitas SCC sebesar 1,149A. Yang digunakan pada penelitian ini adalah SCC 10A yang tersedia di pasaran [11].

$$I_{SCC} = \frac{P_{module}}{V_{module}} \quad (3)$$

di mana:

I_{sc} = Kapasitas arus pada SCC (Ampere)

P_{module} = Kapasitas daya modul surya (Watt Peak)

V_{module} = Kapasitas tegangan modul surya (Volt)

c. Baterai

Persamaan (4) [3] di bawah ini digunakan untuk menentukan kapasitas baterai. Penghitungan menghasilkan kebutuhan 1 baterai dengan kapasitas 7 Ah dengan kecepatan pengosongan 20 dan tegangan baterai 12 volt. Dimana hari otonomi (DOA) yang ditentukan adalah 2 hari, besarnya *depth of discharge* (DOD) pada baterai adalah 80% [11].

$$Cb = \frac{E}{V_{batt}} \times \frac{DOA}{DOD} \quad (4)$$

di mana:

Cb = Kapasitas baterai yang digunakan (Ah)

E = Konsumsi energi listrik per hari (Wh)

V_{batt} = Tegangan baterai yang digunakan (volt)

DOA = *Days of Autonomy* (hari)

DOD = *Depth of Discharge* (%)

d. IC Regulator Tegangan

Diketahui tegangan output maksimal dari panel surya adalah 17,4V dan tegangan *output* IC regulator yang diinginkan adalah 9V sesuai dengan tegangan operasi dari beban. Sehingga pada penelitian ini digunakan IC regulator tegangan yang komponennya terdiri dari: IC LM7809, dan elco 25V 100µf.

e. Adaptor

Untuk mengubah listrik AC yang dihasilkan PLN menjadi listrik DC yang dibutuhkan beban, digunakan adaptor. Penentuan kapasitas adaptor tergantung pada nilai arus dan tegangan beban saat beroperasi [8].

f. Relay

Dari rancangan sistem penyuplai daya cadangan yang di buat (PLTS-PLN), maka digunakan *relay* 250VAC 10A jenis DPDT (*Double Pole Double Throw*) dengan *coil* AC karena suplay daya utama dalam sistem ini adalah PLN, dimana mempunyai 8 terminal, yaitu 2 terminal kumparan atau koil, 4 terminal merupakan 2 set saklar yang dapat terputus dan terhubung [8].

g. EICo (Electrolytic Condenser)

Alat pengendali/beban yang sangat sensitif terhadap reset sistem ketika *delay* peralihan catu daya, maka dibutuhkan elco untuk meminimalisir hal ini [8]. Digunakan metode *reverse engineering* untuk mengetahui kapasitas elco yang diperlukan, yaitu dilakukan pengujian peningkatan nilai kapasitansi elco hingga tidak terjadi kedip lampu *power* pada beban/alat pengendali.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Kebutuhan sistem

a. Profil Beban

Dari Pengukuran langsung dengan multimeter pada beban diperoleh nilai arus total = 0,067 A dan nilai tegangan total = 9 V. Maka rating daya dan konsumsi energi listrik harian :

$$\text{Nilai rating daya, } P = V \times I = 9 \times 0,067 \\ = 0,603 \text{ watt}$$

$$\text{Nilai Energi harian, } E = P \times t = 0,603 \times 24 \\ = 14,472 \text{ Wh}$$

Tabel 1. Profil energi harian yang dibutuhkan.

Jenis beban	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Daya (Watt)	Jam Operasi (jam)	Energi (Wh)
Alat pengendali (arduino+lcd 2x16)	0.067	9	0,603	24 (Ditentukan)	14,472
Sub Total 1					14,472
Cadangan Energi (100%), ditentukan					14,472
Sub Total 2					28,944
Rugi-rugi komponen (15%), ditentukan					4,341
Total					33,285

Dari tabel tersebut total energi harian yang dibutuhkan beban yaitu sebesar 37,627 Wh.

3.2 Spesifikasi komponen

a. Panel Surya

$$\text{KPS} = \frac{E}{\text{PSH}} \times fp = \frac{33,285 \text{ Wh}}{3,9 \text{ h}} \times 1,1 \\ = 9,388 \text{ Watt}$$

Jadi, kapasitas panel surya yang dibutuhkan yaitu 9,388 Wp. Pada proyek mini ini digunakan 1 panel surya 20 Wp jenis *polycrystalline*.

b. Solar Charger Controller

$$I_{\text{SCC}} = \frac{P_{\text{module}}}{V_{\text{module}}} = \frac{20 \text{ W}}{17,4 \text{ V}} \\ = 1,149 \text{ Ampere}$$

Jadi, solar charge controller harus memiliki arus minimal 1,149 Ampere. Pada proyek mini ini digunakan SCC 10 A tipe PWM (*Pulse Width Modulation*)

c. Baterai

$$Ah_{\text{batt}} = \frac{E}{V_{\text{batt}}} = \frac{33,285 \text{ Wh}}{12 \text{ V}} \\ = 2,773 \text{ Ah}$$

Asumsi Hari otonomi (DOA) yang ditentukan adalah 2 hari, Besarnya deep of discharge (DOD) pada baterai adalah 80%.

$$Cb = \frac{Ah_{\text{batt}} \times \text{DOA}}{\text{DOD}} = \frac{2,773 \text{ Ah} \times 2}{0,8} \\ Cb = 6,932 \text{ Ah}$$

d. Electrolytic Condenser (Elco)

Digunakan elco dengan tegangan 25 V, dan dari hasil metode *reverse engineering* yang dilakukan yaitu pengujian peningkatan nilai kapasitansi elco hingga tidak terjadi kedip lampu *power* pada beban/alat pengendali. Diperoleh kapasitansi 18800 μf dengan memparalelkan 4 elco,

Berikut spesifikasi lengkap sistem

Tabel 2. Spesifikasi komponen utama sistem penyuplai daya cadangan

No	Komponen	Spesifikasi Teknis
1.	Panel surya	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jenis panel : <i>polycrystalline</i> ▪ Daya maksimal (Pmax) : 20Wp ▪ Arus maksimal (Imp) : 1,15 A ▪ Tegangan maksimal (Vmp) : 17,4 V ▪ Ukuran panel (mm) : 490*350*25 ▪ Jumlah panel : 1 panel
2.	SCC	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arus Pengisian Maksimum: 10A ▪ Tegangan Keluaran: 12V/24V ▪ <i>Rated Charge/Load Current</i>: 5A/10A ▪ Efisiensi: 85% ▪ Jenis : PWM
3.	Baterai	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Waktu otonomi (DoA): 2 hari ▪ DoD: 80% ▪ Tegangan: 12 V ▪ Kapasitas: 7 Ah ▪ Efisiensi: 90% ▪ Jenis: VRLA ▪ Jumlah baterai : 1 baterai
4.	Adaptor	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tegangan keluaran: 9 V ▪ Arus: 0,6 A
5.	Relay	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>IEC Rating</i>: 7A 250 V AC 50/60 Hz ▪ <i>Contact Form</i>: DPDT ▪ <i>Coil Rating</i>: AC/DC

3.2 Hasil Pengujian Sistem

Setelah diketahui rancangan dan spesifikasi komponen sistem yang dibutuhkan, kemudian sistem diimplementasikan sehingga dilakukan uji coba sistem, seperti peralihan catu daya (PLTS-PLN), dan uji coba pembebanan baterai seperti pada tabel 3 dan tabel 4.

Tabel 3. Hasil pengujian peralihan catu daya

Kualitas Daya Listrik PLN	Catu Daya	Elco	Peralihan	Kondisi Beban
Tanpa Gangguan	PLN	4.700 μf 25 V	Belum Beralih	ON (LED Hidup)
Gangguan (<i>blackout</i>)	PLTS	4.700 μf 25 V	Beralih (<i>Delay</i>)	ON (LED Kedip)
Gangguan (<i>blackout</i>)	PLTS	9.400 μf 25 V	Beralih (<i>Delay</i>)	ON (LED Kedip)
Gangguan (<i>blackout</i>)	PLTS	14.100 μf 25 V	Beralih (<i>Delay</i>)	ON (LED Kedip)
Gangguan (<i>blackout</i>)	PLTS	18.800 μf 25 V	Beralih (Tanpa <i>Delay</i>)	ON (LED Tanpa Kedip)
Pulih dari Gangguan	PLN	18.800 μf 25 V	Beralih (Tanpa <i>Delay</i>)	ON (LED Tanpa Kedip)

berdasarkan pada tabel diatas, terlihat bahwa setelah dilakukan penambahan kapasitansi dari nilai 4.700 μf sehingga *interlock switching system* berhasil di nilai nilai 18.800 μf dapat menyuplai tanpa mengalami kedip.

Tabel 4. Hasil pengujian pembebanan baterai

Tegangan (Volt)	Rata-Rata Pemakaian Daya oleh Alat Pengendali (Watt)	Waktu (Jam)
12,92	0,603	8
12,78	0,603	16
12,64	0,603	24
12,50	0,603	32
12,36	0,603	40
12,22	0,603	48

Berdasarkan tabel diatas, bahwa proses pembebanan baterai sudah sesuai perhitungan. Dari hasil perancangan, pembebanan baterai selama 2 hari akan menyisakan tegangan akumulator pada nilai 11,25 volt (DoD 80%). Tetapi berdasarkan hasil pengujian langsung, setelah 2 hari pembebanan akumulator masih menyisakan tegangan pada nilai 12,22 volt (maka nilai DoD 37,40%).

4. Kesimpulan

Dari hasil perancangan, implementasi, dan pengujian penelitian ini, *Grid-Tied Photovoltaic System* untuk Suplai Pengendali Nanoparticle Sampler menggunakan *Switched Configuration* mampu menjaga kualitas operasional alat pengendali *nano sampler* di Laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau. Sehingga dapat membantu proses *sampling* alat *Nanoparticle Sampler* dalam melakukan *monitoring* partikulat di atmosfer. Ukuran sistem telah dihitung, dimana dari aspek teknis spesifikasi komponennya terdiri dari modul surya 20 Wp, SCC 10 A, baterai 7 Ah, adaptor 9 volt, elco 18800µf 25 volt, IC regulator tegangan 9 volt, dan relay DPDT 250VAC 10 A.

Daftar Pustaka

- [1] uin-suska.ac.id/berita-utama/UIN-suska-riau-jadi-anggota-ea-nanonet-satu-satunya-dari-indonesia/
- [2] PLN in Wenda A, Fasriyal. Kajian Resiko dan Dampak Pelayanan Terhadap Gangguan Kualitas Daya Listrik di Gedung Fakultas Sains dan Teknologi UIN Suska Riau. *SNTIKI* 9. 2017: 462-468.
- [3] Permana I. Pengenalan Teknologi Tenaga Surya. Bandung: PPPPTK Bidang Mesin dan Teknik Industri. 2008.
- [4] Menconi ME, dell'Anna S, Scarlato A, Grohmann D. Energy Sovereignty in Italian Inner Areas: Off-Grid Renewable Solutions for Isolated Systems and Rural Buildings. *Renewable Energy*. 2016; 93, pp 14–26. doi: 10.1016/j.renene.2016.02.034
- [5] Sudradjat A. Sistem-Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Jakarta: BPPT-Press. 2007.
- [6] Kumar Nallapaneni M, MSP Subathra, JE Moses. On-Grid Solar Photovoltaic System: Components, Design Considerations, and Case Study. *ICEES*. 2018. pp 616-619. doi: 10.1109/ICEES.2018.8442403
- [5] Shukla AK, K Sudhakar, Prashant B. Design, Simulation, and Economic Analysis of Standalone Rooftop Solar PV System in India. *Solar Energy*. 2016; 136:437-449.
- [6] Kumar Nallapaneni M, MSP Subathra, JE Moses. On-Grid Solar Photovoltaic System: Components, Design Considerations, and Case Study. *ICEES*. 2018; pp 616-619. doi: 10.1109/ICEES.2018.8442403
- [7] Mandal Ratan, Srinjoy Panja. Design and feasibility studies of a small scale Grid Connected Solar PV Power Plant. *Energy Procedia*. 2016; 90, pp 191 – 199. doi: 10.1016/j.egypro.2016.11.185
- [8] Dondariya Chandrakant, et al. Performance Simulation of Grid-Connected Rooftop Solar PV System for Small Households: A Case Study of Ujjain, India. *Energy Reports*. 2018; 4, pp 546–553. doi: 10.1016/j.egypr.2018.08.002
- [9] Baghdadi Ilham et al. Performance investigation of a PV system connected to the grid. *Procedia Manufacturing*. 2018; 22, pp 667–674. doi: 10.1016/j.promfg.2018.03.096
- [10] <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- [11] Mana Carta, Nui Tutohinga. Stand Alone Power Sistem Part 2 New Zealand (AS-NS 4509-2). 2010.