

*Theoretical Design of Offgrid Renewable Energy System Pv For  
Centrifugal Pump Electricity Supply*

Nissaeryn Zahro Umayyah<sup>1)</sup> Azmain Noor Hatuwe<sup>2)</sup> Eka R. M. A. P. Lilipaly<sup>3)</sup>  
<sup>1,2,3)</sup> Oil and Gas Mechanical Systems Engineering Study Program, Ambon State Polytechnic  
<sup>1,2,3)</sup> [erynumayyah@gmail.com](mailto:erynumayyah@gmail.com), [noor.azmain@gmail.com](mailto:noor.azmain@gmail.com), [lilipalyerman@gmail.com](mailto:lilipalyerman@gmail.com)

**ABSTRACT**

*The off-grid PV system is an alternative power generator as a replacement for the conventional system which is currently still used in production operations at petroleum companies in Indonesia. The application of this offgrid PV system can support oil production operations for companies whose production areas are in remote areas or are still not reached by the PLN network and can reduce the consumption of fossil fuels to run generators so as to reduce greenhouse gas emissions and as a step to utilize the potential of Indonesia's sunlight. This research was carried out using a theoretical study method, namely by processing data obtained from the field using equations obtained from supporting references. This research shows that to meet the electricity needs of a centrifugal pump that operates 5 times a day with one operation of 7.5 kW for 1 hour and the total daily need is multiplied by 2 to calculate cloudy days, 75 kwh of energy is needed a day. The results of the research show that 40 solar panels with a capacity of 450 Wp each installed in series are needed and 80 LIFEP04 batteries made in battery banks totaling 20 banks with 4 batteries each, and 4 5000W inverters so that they can produce 75kWh of power and meet daily load requirements.*

*Key words: offgrid PV system, Centrifugal Pump, parallel series*

**ABSTRAK**

Sistem PV off-grid merupakan salah satu pembangkit listrik alternatif sebagai pengganti sistem konvensional yang saat ini masih digunakan pada operasional produksi di perusahaan petroleum di Indonesia. Penerapan sistem PV offgrid ini dapat mendukung operasional produksi minyak pada perusahaan yang daerah produksinya sampai pada daerah terpencil atau masih belum terjangkau jaringan PLN dan dapat mengurangi konsumsi bahan bakar fosil untuk menjalankan generator sehingga dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dan sebagai langkah pemanfaatan potensi sinar matahari Indonesia. Penelitian ini dilakukan dengan metode kajian teoritis yaitu dengan mengolah data-data yang diperoleh dari lapangan menggunakan persamaan yang didapat dari referensi yang mendukung. Penelitian ini menghasilkan bahwa untuk memenuhi kebutuhan listrik pompa sentrifugal yang beroperasi 5 kali sehari dengan sekali operasi 7,5 kW selama 1 jam dan total kebutuhan sehari dikalikan 2 untuk perhitungan hari cuaca mendung maka dibutuhkan energi sebesar sebesar 75kwh sehari. hasil penelitian menunjukkan dibutuhkan 40 panel surya dengan masing masing kapasitas 450 Wp dipasang seri dan 80 baterai lifep04 yang dibuat dalam *battery bank* berjumlah 20 bank dengan masing masing berisi 4 baterai, dan 4 buah inverter 5000W sehingga dapat menghasilkan daya sebesar 75kWh dan mencukupi kebutuhan beban harian.

*Kata kunci: offgrid PV system, Pompa Sentrifugal, seri paralel*

## PENDAHULUAN

Prediksi kebutuhan energi global menunjukkan peningkatan, dengan konsumsi tahunan diperkirakan dapat mencapai sekitar 778 Etna Joule pada tahun 2035 (OPEC World oil outlook, 2013). Indonesia, sebagai salah satu konsumen energi merupakan negara yang kaya akan sumber energi baik fosil maupun non fosil, akan tetapi pemanfaatannya hanya terfokus pada energi fosil, sehingga menyebabkan kurangnya cadangan energi fosil yang dimiliki Indonesia. Selain berkurangnya energi fosil, permasalahan yang ditimbulkan adalah dampak negatifnya terhadap lingkungan sekitar, salah satu contoh dampak negatif terhadap lingkungan adalah emisi gas rumah kaca.

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan cadangan minyak, energi yang dibutuhkan untuk memproduksi, mengangkut, dan memurnikan minyak juga dapat meningkat dengan cepat. Salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat adalah dengan melibatkan teknologi pembangkit listrik terbarukan ke dalam operasi minyak dan gas.

Energi terbarukan tidak mencemari udara dan air ataupun mengakibatkan pemanasan global karena berasal dari sumber daya terbarukan, yang terus-menerus diisi ulang oleh alam. Energi ini dapat berasal langsung dari matahari (seperti *photoelectric*, *photochemical* dan energi panas), atau secara tidak langsung dari matahari (seperti tenaga air, angin dan biomassa) atau berasal dari mekanisme alam lainnya (seperti energi pasang surut dan panas bumi). Teknologi energi terbarukan yang tersedia mengubah energi alam ini menjadi energi yang dapat digunakan untuk menggantikan bahan bakar fosil konvensional seperti listrik, pendingin/pemanas air dan udara, bahan bakar transportasi, dan area energi *offgrid* (pedesaan). Potensi sumber daya energi terbarukan dunia jauh lebih tinggi daripada permintaan energi global saat ini.

Penelitian ini berfokus pada perancangan *offgrid PV system* untuk sebuah Pompa Sentrifugal digunakan untuk mengalirkan minyak dari bak penampung masing masing substation ke tanki stasiun utama (Blok Station Tank) Pada sebuah perusahaan Petroleum daerah Bula Seram bagian Timur, yang menjadi salah satu industri minyak yang banyak mengonsumsi energi fosil dalam operasinya, karena sumber energi listrik untuk operasional perusahaan tersebut berasal dari mesin diesel.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal merupakan sebuah mesin mekanis yang menggunakan gaya sentrifugal untuk mengubah energi kinetis menjadi energi fluida (sularso, 2004) Pada umumnya pompa sentrifugal digerakkan oleh motor, mesin atau penggerak lainnya. Pompa sentrifugal termasuk kedalam jenis pompa tekanan dinamis, dimana pompa jenis ini memiliki *impeller* yang berfungsi untuk mengangkat fluida dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi atau dari tekanan yang lebih rendah ke tekanan yang lebih tinggi.



Gambar 1. Pompa Sentrifugal

Pompa ini bekerja dengan awalnya fluida terhisap masuk ke dalam *impeller*, daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar *impeller* yang berisi fluida tadi. Saat *impeller* berputar maka fluida yang ada dalam *impeller* akan ikut berputar akibat dorongan sudu – sudu pada *impeller*. Karena gaya sentrifugal yang timbul maka fluida dengan kecepatan tinggi mengalir dari tengah

*impeller* keluar melewati saluran diantara sudu – sudu. Fluida tersebut dikumpulkan di dalam rumah pompa (*casing*) berbentuk spiral yang berfungsi mengumpulkan fluida dari *impeller* dan mengarahkan ke *discharge nozzle*. *Discharge nozzle* berbentuk seperti kerucut menyebabkan kecepatan aliran yang tinggi dari *impeller* bertahap turun, kerucut ini disebut *diffuser*. Pada waktu penurunan kecepatan di dalam *diffuser* energi kecepatan pada aliran fluida diubah menjadi energi tekan.

### **Sistem PV**

*PV System* merupakan sistem pembangkit listrik yang menggunakan sinar matahari melalui *photovoltaic* (sel surya) yang dapat mengubah radiasi sinar foton. matahari menjadi energi listrik. Sistem ini menggunakan cahaya matahari sebagai penghasil listrik DC, yang di ubah menjadi listrik AC sesuai kebutuhan. Walaupun dalam keadaan cuaca mendung sistem PV masih tetap dapat menghasilkan listrik selama tetap ada cahaya

Jenis sistem PV secara umum terbagi dua, yaitu *on-grid PV system* yang terhubung dengan jaringan dan *off-grid PV system* yang tidak terhubung dengan jaringan atau yang berdiri sendiri (*stand-alone*). *PV system stand-alone*, juga bisa di dukung oleh sumber daya lain seperti tenaga air, tenaga angin, maupun generator set, serta tenaga mikro hidro yang selanjutnya sistem ini disebut sebagai sistem *PV hybrid* (Kumara et al., 2018).

### **Komponen Sistem PV**

#### **1) Panel PV**

Panel surya terdiri dari susunan *solar cell* (sel-sel surya) yang dihubungkan secara seri berfungsi mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik (Armila S. M., 2011). *Solar cell* merupakan lapisan tipis yang terdiri dari bahan semikonduktor silikon (Si) murni dengan bahan semikonduktor lain. Daya yang dihasilkan sebuah panel surya tergantung pada radiasi matahari yang diterima, luas permukaan panel dan suhu panel. Semakin besar radiasi dan luas permukaan maka daya yang dihasilkan lebih besar, sedangkan kenaikan suhu mengakibatkan penurunan daya. (Rahardjo, Herlina, & Safruddin, 2007).

#### **2) Baterai**

Baterai merupakan suatu komponen yang digunakan pada sistem PV sebagai penyimpanan hasil dari photovoltaic berupa energi listrik dalam bentuk arus DC. Energi yang disimpan dalam baterai akan berperan sebagai cadangan (back up), yang digunakan saat panel PV tidak menghasilkan energi listrik, seperti pada saat malam hari atau pada saat cuaca mendung, selain itu tegangan keluaran ke sistem cenderung lebih stabil, satuan kapasitas yang dihasilkan pada baterai adalah ampere hour (Ah), yang berarti arus terbesar yang dapat dikeluarkan oleh baterai selama satu jam.

#### **3) Inverter**

Inverter adalah suatu perangkat elektronika yang berperan dalam mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak-balik (AC) dengan tegangan dan frekuensi yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi. Sumber arus searah (DC) yang menjadi masukan inverter dapat berasal dari berbagai sumber seperti aki, pembangkit listrik DC, atau panel surya. Jenis gelombang arus listrik AC yang dihasilkan oleh inverter bervariasi tergantung pada desain rangkaiannya, antara lain gelombang persegi, gelombang sinus, gelombang sinus yang dimodifikasi, dan gelombang modulasi pulsa lebar.

### **Radiasi Matahari**

Radiasi matahari merupakan sejumlah energi yang diterima bumi per satuan luas. Indonesia mendapatkan intensitas matahari yang cukup besar dikarenakan letak astronomis Indonesia ada pada garis khatulistiwa menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya intensitas radiasi. Intensitas radiasi matahari juga tergantung pada jarak antara matahari dengan bumi. Data intensitas radiasi matahari dapat diperoleh dari database milik *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*, Amerika Serikat atau Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) atau data sekunder dari solargis.

### Perhitungan Sistem PV

Untuk menghitung kebutuhan sistem PV dapat digunakan rumus rumus sebagai berikut:

#### 1) Perhitungan module PV yang digunakan

Untuk menentukan banyaknya panel yang dibutuhkan, perlu menghitung kapasitas yang dibutuhkan beban terlebih dahulu perhitungan dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{kapasitas PV kWp} = \frac{\text{Beban harian kWh} \times \text{safety factor}}{\text{PSH jam}} \quad (2.1)$$

$$\text{Jumlah panel} = \frac{\text{Beban PV}}{\text{kapasitas panel}} \quad (2.2)$$

Faktor keselamatan digunakan untuk memastikan bahwa sistem dapat menangani beban yang lebih besar daripada kebutuhan harian akibat cuaca mendung.

#### 2) Penentuan Intensitas Radiasi Matahari

Data intensitas radiasi matahari dapat diperoleh dari database milik *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), Amerika Serikat atau Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) atau data sekunder dari solargis.

#### 3) Perhitungan Baterai

Menghitung jumlah baterai yang dibutuhkan dihitung dengan:

$$\text{jumlah baterai} = \frac{\text{beban harian } W \times \text{autonomy}}{\text{kapasitas baterai } W} \quad (2.3)$$

Autonomy merupakan jumlah hari saat sistem melayani beban tanpa masukan energi dari modul surya.

#### 4) Rangkaian Seri Dan Paralel PV Module

Modul PV dapat dirangkai seri ataupun paralel. Rangkaian seri akan meningkatkan tegangan, namun arus tetap tidak berubah. Sedangkan rangkaian paralel modul PV arus meningkat namun tegangan tetap.

Rangkaian seri modul PV dibuat dengan menghubungkan terminal positif (+) ke terminal negatif (-) panel surya yang lain. Rangkaian paralel dibuat dengan menghubungkan terminal positif (+) satu modul PV ke terminal positif (+) modul PV yang lain, begitu juga terminal negatif (-) satu modul PV ke terminal negatif (-) modul PV lainnya.

## METODE PENELITIAN

### Metode penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode perancangan yaitu proses dalam merancang bangunan atau alat, meliputi pengumpulan data, analisis, sintesis konsep, drawing.

### Objek penelitian

Penelitian ini befokus pada perancangan media penelitian yang berupa *offgrid PV system* sebagai sumber energi listrik untuk beroperasinya Pompa Sentrifugal.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

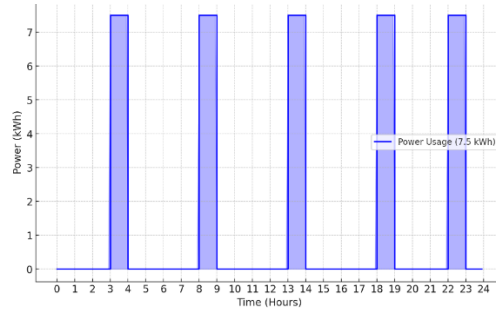
### Kebutuhan Beban Listrik

Pompa dengan data sebagai berikut

Tabel 1. Data Pompa di Substation L

Pompa	Motor
Merk :Mission	Merk :Teco
Type :C5660 3x4 R	Type :3 phase, 4 pole
s/n :N67351	s/n :H1063069117
Date :05/94	Weight :80 kg
	Rating :10 hp, 7,5 kw, 50 hz, 1450 rpm, 380 volt, 6,2-14,9 amps
	Date :1994

Beban listrik pada sub-station L meliputi sebuah pompa sentrifugal yang beroperasi total selama 5 jam. Dengan karakteristik Beban pompa, yang dibuat sesuai jam jam operasional pompa dalam sehari sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik karakteristik beban pompa

Jumlah Penggunaan Per Hari: 5 kali, dengan durasi Setiap Penggunaan: 1 jam. Frekuensi Operasi sebanyak 5 kali dalam 24 jam:

- operasi pertama: 03:00 – 04:00
- operasi kedua: 08:00 - 09:00
- operasi ketiga: 13:00 - 14:00
- operasi keempat: 18:00 - 19:00
- operasi kelima: 22:00 - 23:00

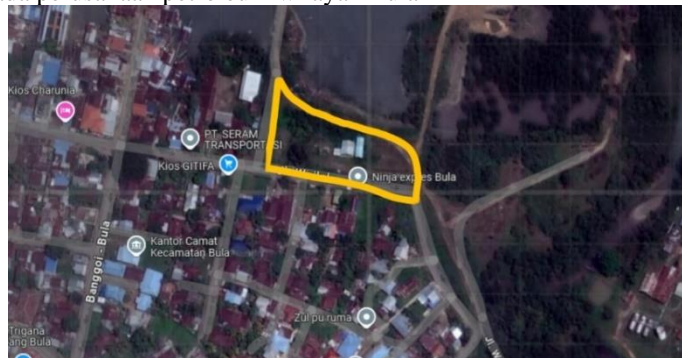
sehingga total kebutuhan energi harian adalah sebagai berikut

Tabel 2. Kebutuhan Energi harian

Beban	Daya (W)	Jumlah	Waktu Penggunaan per Hari (jam)	Energi harian (Wh)	Energi harian (kWh)
Pompa Sentrifugal	7500	1	5 (1jam x 5)	37500	37.5

### Data Lingkungan

Substation L pada perusahaan petroleum wilayah Bula



Gambar 5 Lokasi Substation L terletak pada koordinat (-03.104588°, 130.498136°).

Data iradiasi rata-rata harian lokasi substation L diperoleh data dari solargis lewat website <https://globalsolaratlas.info/map> data radiasi untuk daerah tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Data Radiasi Lokasi

Direct Normal Irradiation	DNI	3.701 kWh/m <sup>2</sup> per day
Global Horizontal Irradiation	GHI	4.901 kWh/m <sup>2</sup> per day
Diffuse Horizontal Irradiation	DIF	2.250 kWh/m <sup>2</sup> per day

Besarnya PSH adalah besarnya radiasi harian yang diterima dilokasi tersebut dalam satuan kWh/m<sup>2</sup> per day. dengan besar GHI dari data di atas adalah 4,901 kWh/m<sup>2</sup> per day maka besarnya PSH adalah 4,901 jam  $\approx$  5 jam.

## Perhitungan Sistem PV

### Panel PV

#### 1) Kebutuhan kapasistas panel PV

Kebutuhan kapasitas PV dihitung dengan rumus

$$\text{kapasitas PV kWp} = \frac{\text{Beban harian kWh} \times \text{safety factor}}{\text{PSH jam}}$$

Dengan data data yang telah ada maka:

$$\begin{aligned}\text{kapasitas PV} &= \frac{37.5 \text{ kWh} \times 2}{5 \text{ jam}} \\ \text{kapasitas PV} &= \frac{75 \text{ kWh}}{5 \text{ jam}} = 15 \text{ kWp} \approx 15000 \text{ Wp}\end{aligned}$$

Dari perhitungan maka sistem PV yang dibutuhkan sekitar 15 kWp untuk memenuhi kebutuhan energi sebesar 75 kWh

#### 2) Jumlah Panel

Dengan kapasitas panel yang akan digunakan adalah 450 Wp maka dihitung:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah panel} &= \frac{\text{Beban PV}}{\text{kapasitas panel}} \\ \text{Jumlah panel} &= \frac{15000 \text{ Wp}}{450 \text{ Wp}} = 33.33 \text{ panel} \approx 40 \text{ panel}\end{aligned}$$

Dari hasil tersebut maka panel surya yang dibutuhkan adalah sebanyak 40 panel dengan kapasitas masing-masing 450 Wp.

#### 3) Penentuan String Panel

Dari Hasil perhitungan kebutuhan panel dipilih panel yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu panel PV *monocrystalline* merek solana dengan karakteristik elektrik sebagai berikut:

Tabel 4. *Typical Electrical Characteristics PV module*

Typical Electrical Characteristics	
Max. Power (Pmax)	<b>450Wp</b>
Optimum Operating Voltage (Vm)	<b>41.4V</b>
Optimum Operating Current (Im)	<b>10.88A</b>
Open-circuit Voltage (Voc)	<b>50V</b>
short-circuit Current (Isc)	<b>11.47A</b>
Module efficiency	<b>20.7%</b>

Untuk mencapai tegangan sekitar 380V dengan 40 panel, akan dihubungkan 10 panel secara seri seri, dengan perhitungan:

$$\begin{aligned}V_{total \text{ seri}} &= V_{panel} \times \text{Jumlah panel seri} \\ V_{total \text{ seri}} &= 40V \times 10 = 400V\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan maka akan dihubungkan 10 panel secara seri sebanyak 4 rangkaian yang akan menghasilkan tegangan sebesar 400V, tegangan ini cukup untuk memenuhi kebutuhan beban 380V.

### Baterai

#### 1) Kebutuhan baterai

Baterai yang akan digunakan adalah baterai Lifep04, dengan nilai 12V 100Ah, DoD 80% dan beban yang akan disimpan dalam baterai sebesar 37500 wh dengan autonomy 2 hari ( $37500 \times 2 = 75000$ ) maka dihitung:

$$\begin{aligned} \text{jumlah baterai} &= \frac{\text{beban harian } W}{\text{kapasitas baterai } W (\text{DoD})} \\ \text{jumlah baterai} &= \frac{75000 \text{ W}}{12\text{V} \times 100\text{A} (80\%)} \\ \text{jumlah baterai} &= \frac{75000 \text{ W}}{960\text{W}} = 78,125 \approx 80 \text{ baterai} \end{aligned}$$

Sehingga jumlah baterai yang dibutuhkan dalam system PV ini adalah sebanyak 80 buah dengan kapasitas masing-masing 12V 100A.

## 2) Battery Bank

Dengan total 80 baterai, akan dibuat beberapa battery bank dengan menyesuaikan jumlah string maka:  $\frac{80}{4} = 20$ . Sebanyak 80 baterai akan dipasang parallel sebanyak 4 rangkaian, dengan masing masing berisi 20 baterai yang dibuat dalam battery bank sebanyak 5 bank dengan masing masing dipasang 4 baterai secara seri. *Battery bank* dalam sistem PV dibuat dengan didasarkan pada prinsip distribusi beban yang merata untuk menjaga efisiensi, ketahanan, dan umur panjang baterai.

## Penentuan inverter

Untuk menentukan Inverter yang akan dipilih dalam perancangan, harus dipertimbangkan energi dan daya yang akan diterima oleh inverter dari panel PV dan Baterai

### 1) Energi dari Panel PV

Dari perhitungan sebelumnya menunjukkan bahwa panel akan dipasang dalam 4 string yang masing masing string dihubungkan seri sebanyak 10 panel

$$\begin{aligned} \text{total energi per string} &= \text{Daya per string} \times \text{Tegangan per string} \\ \text{total energi per string} &= 400\text{V} \times 11\text{A} \\ \text{total energi per string} &= 4400\text{Wp} \end{aligned}$$

### 2) Daya Baterai

Dari penentuan baterai sebelumnya akan dibuat 4 rangkaian parallel baterai yang masing masing rangkaian terpasang 5 battery bank dengan 1 battery bank berisi 4 buah baterai, sehingga:

$$\text{Daya total baterai} = V \text{ total seri} + V \text{ total paralel}$$

Dengan baterai 12V 100A dipasang seri akan menghasilkan total daya

$$\begin{aligned} V_{\text{total seri}} &= V_{\text{panel}} \times \text{Jumlah panel seri} \\ V_{\text{total seri}} &= 12\text{V} \times 4 = 48\text{V} \end{aligned}$$

Jadi masing masing baterai bank akan menghasilkan daya sebesar 48V. Baterai bank ini akan dipasang secara parallel dengan 5 baterai bank setiap satu rangkaian sehingga total daya tetap sebesar 48V.

Berdasarkan hasil perhitungan, 4 string panel surya masing masing menghasilkan energi sebesar 4400 Wp di mana setiap string tersebut akan dipasang satu inverter serta battery bank yang akan dihubungkan ke inverter memiliki total tegangan sebesar 48V. Maka inverter yang dibutuhkan adalah inverter dengan besar daya 4400W dan tegangan 48V.

## Control Panel

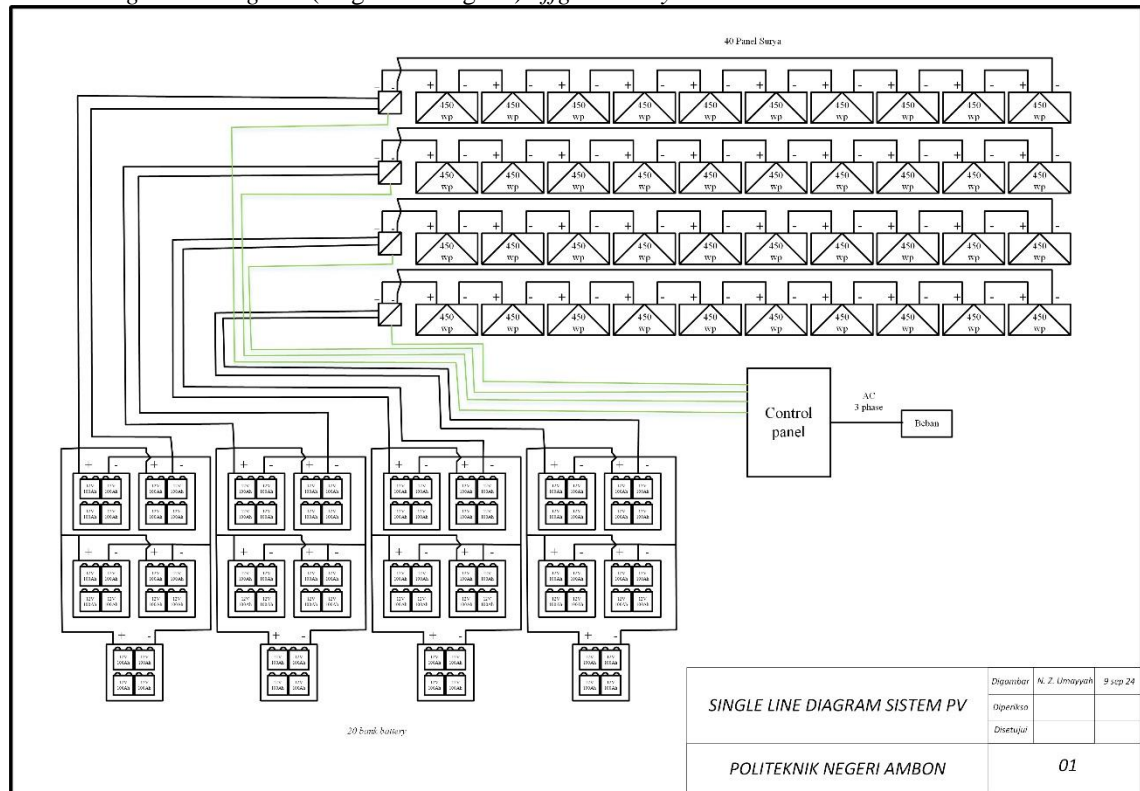
Dalam perancangan sistem PV ini akan diperlukan sebuah control panel yang berfungsi untuk mengubah arus satu fase menjadi tiga fase, dikarenakan output inverter dari sistem yang telah dirancang masih berupa output satu phase sehingga control panel dibutuhkan untuk mmenjalankan beban pompa sentrifugal tiga phase

## Single Line Diagram Sistem PV

- 1) Panel berjumlah 40 dibuat menjadi 4 string rangkaian seri sehingga menghasilkan total daya 4400 Wp dari masing masing string
- 2) Dengan total daya yang dihasilkan per satu string maka dipilih inverter dengan daya 5000 W untuk input masing masing string tersebut

- 3) Jumlah baterai sebanyak 80 buah akan dibuat menjadi total 20 bank battery yang masing masing bank battery berisi 4 baterai, lalu bank baterai akan dihubungkan ke masing masing inverter sebanyak 5 bank battery
- 4) Inverter yang digunakan menghasilkan arus 1 phase sehingga dibutuhkan control sistem untuk mengubah arus 1 phase mejadi 3 phase untuk memenuhi kebutuhan motor penggerak pompa sentrifugal 3 phase

Berikut *single line diagram* (diagram satu garis) *offgrid PV System*:



Gambar 6. Single Line Diagram offgrid PV System

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Perancangan *offgrid PV system* untuk memenuhi kebutuhan beban harian sebesar 75 kWh dilakukan dengan memasang total kapasitas panel surya sebesar 15 kWp. Sistem ini menggunakan 40 panel surya yang diatur dalam 4 string, masing-masing string terdiri dari 10 panel yang dihubungkan secara seri. Setiap string dihubungkan ke inverter, sehingga total inverter 4 buah. Untuk penyimpanan energi, digunakan 80 buah baterai yang diatur dalam 20 *battery bank*, dengan setiap *battery bank* berisi 4 baterai yang dihubungkan secara seri. Masing-masing 5 *battery bank* dihubungkan ke inverter yang bersesuaian.

### Saran

- 1) Untuk penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan meninjau perhitungan stabilitas dan konstruksi sistem PV
- 2) Sebagai analisis lebih lanjut dapat ditambahkan perhitungan faktor ekonomi untuk diketahui nilai ekonomisnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- B. B. Pradana, M. Facta, and I. Setiawan. (2018). Inverter Half-Bridge Dengan Transformator Step-Up Tanpa Dan Menggunakan Filter Pasif Berbasis Ic Sg3524 Sebagai Aplikasi Dari Photovoltaic. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*. vol. 20, no. 1, pp. 15-21, Jan. 2018.
- Ericson, S., Engel-Cox, J., & Arent, D. (2018). Approaches for Integrating Renewable Energy Technologies in Oil and Gas Operations. National Renewable Energy Laboratory (NREL)
- Halabi, M. A., Al-Qattan, A., & Al-Otaibi, A. (2015). Application of solar energy in the oil industry—Current status and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 296–314.
- Icasolartenagasurya. (2018). Perbedaan Monocrystalline VS Polycrystalline Solar Energy For Everybody. Jl Pinangsia Raya, Jakarta Barat 11120.
- Sentra Kalibrasi Industri. (2022). Bagian-bagian pompa sentrifugal dan fungsinya. Sentra Kalibrasi Industri. <https://www.sentrakalibrasiindustri.com/bagian-bagian-pompa-sentrifugal-dan-fungsinya/> (Diakses pada 28 Agustus 2024)
- Sularso, Tahara Haruo. (1987). Pompa dan Kompresor: Pemilihan Pemakaian, dan Pemeliharaan. Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Sultan Syarif Kasim Riau Jl. HR. Soebrantas Km. 15 Panam No. 115, Pekanbaru OPEC. World oil outlook. Secretariat, Organization of the Petroleum Exporting Countries; 2013. <http://www.opec.org/> (Diakses: 14 January 2024).
- Rumahsolarraina. (2021). Struktur Panel Surya. [https://rumahsolarraina.com/blog-3\\_trashed/struktur-panel-surya/](https://rumahsolarraina.com/blog-3_trashed/struktur-panel-surya/) (Diakses: 19 Januari 2024)
- Saadawi, H. (2019). Application of Renewable Energy in the Oil and Gas Industry. Society of Petroleum Engineers. SPE-194972-MS.
- Syahputra, R. 2016. Pembangkit listrik Energi Terbarukan. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.