



# STUDI PERANCANGAN HYBRID SOLAR ENERGY UNTUK KEBUTUHAN LISTRIK DI ENGINE ROOM SIMULATOR DEPARTEMEN TEKNIK AKADEMI ANGKATAN LAUT (AAL)

## STUDY ON HYBRID SOLAR ENERGY DESIGN FOR ELECTRICAL NEEDS IN THE ENGINE ROOM SIMULATOR OF THE ENGINEERING DEPARTMENT AT THE NAVAL ACADEMY (AAL)

Andhika Rafif Amriliyanto<sup>1\*</sup>, Wujud Wiyono<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Akademi Angkatan Laut

\*Penulis korespondensi, Surel: wewekambani971@gmail.com

### Abstract

The Indonesian Naval Academy (AAL) is a military educational institution responsible for training young officers for the Indonesian Navy. The learning process at AAL is structured thru classroom theory, field practice, and direct simulations, including using the Engine Room Simulator (ERS) located under the Department of Engineering. The ERS is an important facility for supporting the technical mastery of ship engines for cadets. The operation of this simulator is highly dependent on the supply of electrical energy, with a total electrical power requirement of 14.36 kW. Thru this research, the author aims to design a hybrid solar energy system that can combine electrical energy from the PLN grid with alternative energy from sunlight. The potential for solar energy in the Indonesian Navy Academy area is very large. The average sunlight intensity in the Surabaya area over 1 year per hour is 208.33 W/m<sup>2</sup>. Therefore, in the design study, the author chose the Solar PV Lesso HPM series 550W solar panel, which has a power of 550W, an efficiency of 21.3%, and an area per panel of 2.583 m<sup>2</sup>. Based on the calculations obtained, the author used 126 solar panels with an area of 323.64 m<sup>2</sup>, as well as 24 Panasonic LC-P12100NA batteries with a voltage of 12 V and a capacity of 100 Ah, installed in 3 series and 8 parallel circuits.

**Keywords:** Engine Room Simulator, Hybrid Solar Energy, Renewable Energy

### Abstrak

Akademi TNI Angkatan Laut (AAL) merupakan institusi pendidikan militer yang bertugas mencetak perwira remaja TNI AL. Proses pembelajaran di AAL dilaksanakan secara terstruktur melalui teori di kelas, praktik lapangan, hingga simulasi langsung, salah satunya melalui perangkat Engine Room Simulator (ERS) yang berada di bawah Departemen Teknik. ERS merupakan fasilitas penting dalam menunjang penguasaan teknis mesin kapal bagi para Taruna. Operasional simulator ini sangat bergantung pada pasokan energi listrik yang memiliki total kebutuhan daya listrik 14,36 kW. Melalui penelitian ini, penulis berupaya membuat studi perancangan sebuah sistem hybrid solar energy yang mampu memadukan energi listrik dari jaringan PLN dengan energi alternatif dari sinar matahari. Potensi energi surya di wilayah Akademi TNI Angkatan Laut sangat besar. Rata – rata intensitas cahaya matahari di wilayah Surabaya selama 1 tahun per jamnya mencapai 208,33 W/m<sup>2</sup>. Oleh karena itu, dalam studi perancangannya penulis memilih solar panel jenis Solar PV Lesso HPM series 550W yang memiliki daya 550W, efisiensi 21,3% dan luas per panel 2,583 m<sup>2</sup>. Dari perhitungan yang didapat penulis menggunakan 126 panel surya dengan luas 323,64 m<sup>2</sup>, serta menggunakan 24 baterai dengan merek Panasonic LC-P12100NA yang memiliki tegangan 12 V dan kapasitas 100 Ah yang dipasang dengan 3 rangkaian seri dan 8 rangkaian paralel.

**Kata kunci:** Engine Room Simulator, Hybrid Solar Energy, Energi Terbarukan

### 1. Pendahuluan

Akademi Angkatan Laut merupakan Lembaga Pendidikan tinggi militer di Indonesia yang memiliki visi menjadi perguruan tinggi vokasi yang unggul dalam pengembangan ilmu

pengetahuan, teknologi dan strategi militer keangkatanlautan berkelas dunia. Akademi Angkatan Laut juga memiliki tugas melaksanakan pendidikan pertama bagi para Taruna Akademi Angkatan Laut yang nantinya akan menjadi Perwira Divisi KRI dan Komandan Pleton Korps Marinir. Pada metode yang diterapkan di Akademi Angkatan Laut meliputi pengajaran, pelatihan, dan pengasuhan. Setelah mengembangkan pendidikan dan lulus dari Akademi Angkatan Laut para Taruna berhak menerima gelar Sarjana Terapan Pertahanan atau S.Tr.Han.

#### Departemen

Teknik memiliki fasilitas yang menunjang para Taruna Korps Teknik, salah satunya terdapat engine room simulator. Engine room simulator merupakan salah satu ruangan tempat berlatih para Taruna dalam menyiapkan, mengoperasikan, serta mengendalikan permesinan KRI. Hal ini menjadikan Taruna menjadi lebih paham akan mengoperasikan mesin kapal perang yang diharapkan nantinya mempunyai kemampuan dalam mengembangkan tugas sebagai asisten Perwira Divisi mesin kapal perang. Yang terjadi saat ini, penggunaan engine room simulator masih menggunakan listrik dengan daya yang sangat besar, sehingga dalam penggunaan simulator ini membutuhkan biaya yang besar dalam penggunaan listrik.

Pemanfaatan energi terbarukan menjadi sebuah kebutuhan dikarnakan khususnya daerah Kota Surabaya memiliki sinar matahari yang relatif konstan dan di tengah semakin menipisnya cadangan bahan bakar fosil dan meningkatnya kesadaran akan dampak lingkungan sekitarnya. Implementasi sistem solar energy atau Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menawarkan solusi yang menjanjikan untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi listrik konvensional dalam jangka panjang. Selain itu, penelitian Putra et al. (2021) membuktikan bahwa sistem PLTS dapat menjamin kontinuitas pasokan listrik dan mengurangi emisi karbon.

Adanya hybrid solar energy dapat menyediakan daya cadangan selama pemadaman. Sistem hybrid menawarkan daya bersih dan efisien yang dalam banyak kasus lebih hemat biaya. Salah satu persyaratan utama untuk sistem hibrid adalah untuk memastikan aliran daya yang berkelanjutan dengan menyimpan kelebihan energi dari sumber energi terbarukan (Adria et al., 2015). Sistem pembangkit listrik hybrid dianggap dapat menjadi solusi untuk upaya mengurangi penggunaan listrik dari PLN. Dengan adanya sistem pembangkit listrik hybrid, listrik yang semula hanya memanfaatkan dari PLN, kini dapat diambil dari energi matahari yang dikonversi menjadi listrik. Oleh karena itu sebagai inovasi penerapan energi alternatif terbarukan, Penulis akan berencana untuk menerapkan Studi Perancangan menggunakan Hybrid Solar Energy kmudian membuat judul "Studi Perancangan Hybrid Solar Energy Untuk Kebutuhan Listrik di Engine Room Simulator Departemen Teknik Akademi TNI Angkatan Laut"

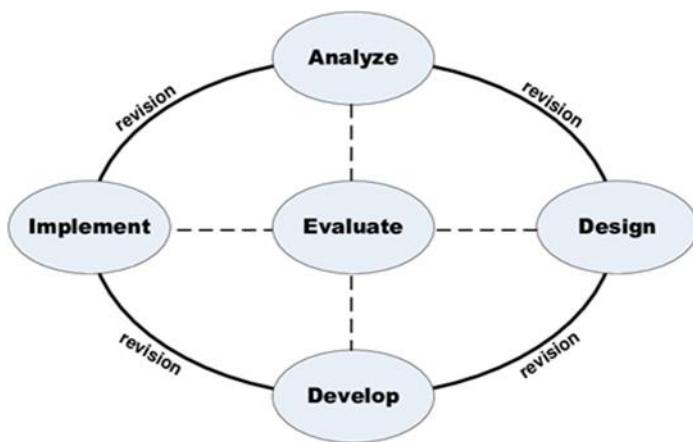
## 2. Metode

### 2.1 Rancangan Konsep Pengembangan

Pada tahap ini penulis menggunakan metode jenis penelitian dan pengembangan atau Research and Development (R&D). Menurut Haryati, S. (2012) penelitian dan pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut. Sukmadinata (2006) Mendefinisikan penelitian dan pengembangan merupakan pendekatan penelitian untuk menghasilkan produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada. Jadi penelitian pengembangan merupakan metode

untuk menghasilkan produk tertentu atau menyempurnakan produk yang telah ada serta menguji keefektifan produk tersebut.

Dalam hal ini model metode penelitian pengembangan atau Research and Development (R&D) yang penulis pilih yaitu model metode penelitian ADDIE (Analyze, Design, Develop, Implement, dan Evaluate). Metode pengembangan model ADDIE adalah suatu pendekatan yang biasa digunakan dalam desain instruksional untuk mengembangkan program pembelajaran atau pelatihan. Pada penelitian ini penulis menggunakan metode dengan model ADDIE dengan konsep dasar adalah hybrid solar energy. Dengan adanya konsep dasar dari Hybrid Solar Energy untuk kebutuhan listrik di engine room simulator membantu mempermudah proses penggunaan daya listrik di Akademi Angkatan Laut. Adapun tahapan - tahapan dari model metode penelitian ADDIE yang dikembangkan oleh Robert Maribe Branch yaitu sebagai berikut:



Gambar 2. 1 Model Pengembangan ADDIE

Pada pengembangan ini akan dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah dikembangkan Robert Maribe Branch tersebut, yang terdiri dari lima langkah. Kelima langkah tersebut adalah: Analysis (analisis), design (desain), development (pengembangan), implementation (implementasi), evaluation (evaluasi). Model penelitian ADDIE oleh Branch dipilih oleh penulis karena dengan batasan masalah yang hanya merancang hybrid solar energy untuk kebutuhan listrik di engine room simulator.

## 2.2 Instrumen Pengumpulan Data

Instrument pengumpulan data merupakan instrument yang digunakan oleh peneliti dalam memperoleh data penelitian. Dalam penelitian ini instrumen yang digunakan membuat studi perancangan hybrid solar energy untuk kebutuhan listrik di engine room simulator :

- a. Observasi Langsung
  - 1) Kondisi Gedung
    - a) Gambar Gedung dari sisi depan, samping, dan belakang
    - b) Letak *engine room* simulator di Departemen Teknik.
  - 2) Peralatan yang digunakan
    - a) Jenis alat simulator yang berada di ruangan
    - b) Jumlah alat simulator yang berada di ruangan
    - c) Total daya yang dibutuhkan dari tiap-tiap simulator
  - 3) Lingkungan

- a) Data intensitas cahaya matahari
  - b) Data iklim setiap hari
- b. Dokumentasi
- 1) Gambar gedung : untuk mengetahui tata letak ruangan dan potensi lokasi pemasangan panel surya.
  - 2) Data cuaca : data intensitas matahari di wilayah Surabaya.

### 2.3 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data adalah suatu teknik yang dipilih penulis untuk membantu penulis dalam menyelesaikan permasalahan yang terjadi di dalam penelitian ini. Setelah mendapat data, penulis melaksanakan perancangan hybrid solar energy dengan menentukan total daya yang dibutuhkan dengan sumber listrik berasal dari energi matahari sesuai data yang telah didapatkan dan lokasi panel surya ditempatkan di lokasi yang strategis untuk penggunaan alat tersebut. Penulis dalam hal ini menghitung potensi produksi energi matahari berdasarkan intensitas energi matahari yang berada di Surabaya dan efisiensi penggunaan panel surya di lingkungan Departemen Teknik Akademi Angkatan Laut.

Teknik analisis data disesuaikan dengan pendekatan dan desain penelitian yang didukung oleh teori atau konsep yang digunakan dalam penelitian ini. Teknik analisis data kualitatif pada penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu menggunakan pendekatan teori ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Dalam pendekatan teori ADDIE (Dick & Carrey, 2005), terdiri dari lima langkah tahapan yang digunakan yaitu:

a. *Analysis*

Dalam model penelitian pengembangan ADDIE tahap pertama adalah menganalisis perlunya pengembangan produk (model) baru dan menganalisis kelayakan konsepsi *hybrid solar energy*. (Pribadi, 2016)

b. *Design*

Kegiatan desain dalam model penelitian pengembangan ADDIE merupakan proses sistematik yang dimulai dari merancang konsep *hybrid solar energy*. Petunjuk penerapan desain atau pembuatan produk digambarkan secara jelas dan rinci. Pada tahap ini rancangan produk masih bersifat konseptual dan akan mendasari proses pengembangan di tahap berikutnya. (Pribadi, 2016)

c. *Development*

*Development* dalam model penelitian pengembangan ADDIE berisi kegiatan realisasi rancangan produk yang sebelumnya telah dibuat. Pada tahap sebelumnya, telah disusun kerangka konseptual penerapan produk baru. Kerangka yang masih konseptual tersebut selanjutnya direalisasikan menjadi produk yang siap untuk diterapkan. Pada tahap ini juga perlu dibuat instrumen untuk mengukur kinerja produk. (Pribadi, 2016)

d. *Implementation*

Penerapan produk model dimaksudkan untuk memperoleh umpan balik. Umpan balik awal (awal evaluasi) diperoleh dengan menanyakan hal-hal yang berkaitan dengan tujuan pengembangan produk. Penerapan dilakukan mengacu kepada rancangan produk yang telah dibuat. (Pribadi, 2016)

e. *Evaluation*

Tahap evaluasi pada penelitian pengembangan model ADDIE dilakukan untuk memberi umpan balik kepada pengguna produk, sehingga revisi dibuat sesuai dengan hasil evaluasi atau kebutuhan yang belum dapat dipenuhi oleh produk tersebut. Tujuan akhir evaluasi yakni mengukur ketercapaian tujuan pengembangan konsep. (Pribadi, 2016)

2.4 Rencana Tahap Uji Coba Studi Perancangan

Tahap uji coba studi perancangan ini bertujuan untuk menguji kelayakan serta efisiensi sistem hybrid solar energy yang telah dikonsep. Langkah pertama yang akan dilakukan adalah menentukan tempat yang strategis di Gedung Sapudi dengan mempertimbangkan beberapa faktor di sekitar lingkungan Gedung Sapudi seperti intensitas sinar matahari, aksesibilitas, dan beban listrik yang digunakan. Setelah tempat ditentukan, melakukan perhitungan jumlah total daya di engine room simulator. Perancangan konsep ini akan mencakup alat panel surya, inverter, baterai dan komponen pendukung lainnya yang sesuai dengan kapasitas yang telah direncanakan. Selama periode perhitungan, akan dilakukan monitoring dan evaluasi secara berkala terhadap kebutuhan daya didalam engine room simulator. Data yang akan dikumpulkan meliputi jumlah simulator, daya setiap masing-masing simulator, jumlah arus yang dibutuhkan dan efisiensi sistem secara keseluruhan. Data-data tersebut selanjutnya akan dianalisa untuk mengevaluasi kinerja sistem dan mengidentifikasi potensi perbaikan. Hasil dari tahap uji coba ini akan menjadi dasar untuk melakukan evaluasi konsep perancangan secara keseluruhan. Jika hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem hybrid solar energy yang dirancang layak dan efisien, maka dapat dilanjutkan ke tahap implementasi secara penuh. Sebaliknya, jika ditemukan kendala atau kekurangan, maka perlu dilakukan penyesuaian terhadap desain sistem sebelum dilakukan implementasi.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Penelitian

##### 3.1.1 Kebutuhan Daya Listrik Engine Room Simulator

Pada tahap ini, tahap selanjutnya penulis akan mengumpulkan data berupa jumlah total kebutuhan daya listrik di engine room simulator Departemen Teknik Akademi Angkatan Laut. Kemudian penulis menentukan jumlah kebutuhan panel surya dan baterai yang akan digunakan serta menentukan lokasi yang tepat untuk peletakan solar panel di Gedung Sapudi Departemen Teknik.

Tabel 3.1 Jumlah Kebutuhan Daya Listrik Engine Room Simulator

Engine simulator baru	1. Monitor 2. Tv 3. AC 4. Lampu neon	25 buah 1 buah 5 buah 14 buah	250 watt 50 watt 1500 watt 40 watt	6,25 kW 0,05 kW 7,5 kW 0,56 kW
<b>Total</b>				<b>14,36 kW</b>

Setelah menentukan jumlah kebutuhan listrik di Gedung Sapudi dan Engine Room Simulator, maka langkah selanjutnya yaitu menentukan intensitas dan durasi sinar matahari di Surabaya sepanjang tahun berjalan 2025.

Tabel 3.2 Intensitas dan durasi sinar matahari di Surabaya sepanjang 2025

Bulan	Rata- rata Durasi Siang (jam/hari)	Estimasi Radiasi Matahari (kWh/m <sup>2</sup> / hari)
Januari	12,4	4,5 – 5,0
Februari	12,3	4,5 – 5,0
Maret	12,1	4,7 – 5,2
April	12,0	4,8 – 5,3
Mei	11,8	5,0 – 5,5
Juni	11,7	5,2 – 5,7
Juli	11,8	5,2 – 5,7
Agustus	12,0	5,1 – 5,6
September	12,1	5,0 – 5,5
Oktober	12,2	4,8 – 5,3
November	12,3	4,7 – 5,2
Desember	12,4	4,5 – 5,0
Rata – rata Harian selama 1 tahun		5,0 kWh
	Total radiasi 1 tahun	5,0 x 365 = 1.825 kWh/m <sup>2</sup> /tahun
Rata - rata per jam		$\frac{5,0 \times 1.000}{24} = 208,33$ $W/m^2$

Setelah menentukan jumlah kebutuhan listrik dan intensitas cahaya matahari, tahapan selanjutnya dalam penelitian ini yaitu melakukan perhitungan daya panel surya untuk menentukan luas panel surya yang dibutuhkan sebagai berikut:

Rumus Dasar Daya Panel Surya :

$$P = A \times \eta \times G$$

Keterangan :

- A : Luas panel surya (m<sup>2</sup>)
- η : Efisiensi panel (%)

- $G$  : Intensitas radiasi matahari ( $\text{W/m}^2$ )

Dalam hal ini penulis melakukan perbandingan dengan menghitung beberapa jumlah panel yang dibutuhkan sebagai berikut.

- Jumlah panel DSN Monokristalin PERC 420W yang dapat digunakan
  - 1) Total daya listrik : 14.360 Watt
  - 2) Daya maksimum panel : 420W
  - 3) Efisiensi panel :  $21,5\% = 0,215$
  - 4) Dimensi perpanel :  $1,722 \text{ m} \times 1,134 \text{ m} = 1,95 \text{ m}^2$
  - 5) Intensitas radiasi matahari : 208,33 ( $\text{W/m}^2$ )

Perhitungan luas panel surya :

$$P = A \times \eta \times g$$

$$A = \frac{p}{\eta \times g}$$

$$A = \frac{14.360}{0,215 \times 208,33}$$

$$A = \frac{14.360}{44,79} = 320,60 \text{ m}^2$$

Berdasarkan perhitungan luas panel surya yang dibutuhkan adalah sekitar 320,60  $\text{m}^2$  untuk memenuhi kebutuhan daya 14.360 Watt dengan efisiensi 21,5% dan rata rata radiasi matahari 208,33  $\text{W/m}^2$  per jam.

Perhitungan jumlah kebutuhan panel :

Diketahui :

- 1) Total luas panel : 320,60  $\text{m}^2$
- 2) Luas perpanel : 1,95  $\text{m}^2$

Rumus :

$$\text{Jumlah panel} = \frac{\text{Total luas panel}}{\text{Luas per panel}}$$

$$= \frac{320,62}{1,95}$$

$$= 164,42 \approx 165 \text{ unit}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh hasil jika penulis menggunakan panel DSN Monokristalin PERC 420W memerlukan 165 panel dengan total luas panel 320,60  $\text{m}^2$  untuk mencapai daya total sebesar 14,36 kW.

- Jumlah panel Solar PV Lesso HPM series 550W yang dapat digunakan:

- 1) Total daya listrik : 14.360 Watt
- 2) Daya maksimum panel : 550W

- 3) Efisiensi panel :  $21,3\% = 0,213$
- 4) Luas perpanel :  $2,278 \text{ m} \times 1,134 \text{ m} = 2,583 \text{ m}^2$
- 5) Intensitas radiasi matahari :  $208,33 \text{ (W/m}^2\text{)}$

Perhitungan luas panel surya :

$$P = A \times \eta \times g$$

$$A = \frac{P}{\eta \times g}$$

$$A = \frac{14.360}{0,213 \times 208,33}$$

$$A = \frac{14.360}{44,37} = 323,64 \text{ m}^2$$

Berdasarkan perhitungan luas panel surya yang dibutuhkan adalah sekitar  $323,64 \text{ m}^2$  untuk memenuhi kebutuhan daya 14.360 Watt dengan efisiensi 21,3% dan rata rata radiasi matahari  $208,33 \text{ W/m}^2$  per jam.

Perhitungan jumlah kebutuhan panel :

Diketahui :

- 1) Total luas panel :  $323,64 \text{ m}^2$
- 2) Luas perpanel :  $2,58 \text{ m}^2$

Rumus :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah panel} &= \frac{\text{Total luas panel}}{\text{Luas per panel}} \\ &= \frac{323,64}{2,58} = 125,44 \rightarrow 126 \text{ unit} \end{aligned}$$

Dalam hal ini jika penulis menggunakan panel Solar PV Lesso HPM 550W memerlukan sejumlah 126 panel dengan total luas panel  $328,23 \text{ m}^2$  untuk mencapai daya total sebesar 14,36 kW.

c. Jumlah panel SunPower Maxeon 300 BLKPV yang dapat digunakan:

- 1) Total daya listrik : 14.360 Watt
- 2) Daya maksimum panel : 300W
- 3) Efisiensi panel :  $21,2\% = 0,212$
- 4) Luas perpanel :  $1690 \times 1046 \times 40 = 1,76 \text{ m}^2$
- 5) Intensitas radiasi matahari :  $208,33 \text{ (W/m}^2\text{)}$

Perhitungan luas panel surya :

$$P = A \times \eta \times g$$

$$A = \frac{P}{\eta \times g}$$

$$A = \frac{14.360}{0,212 \times 208,33}$$

$$A = \frac{14.360}{44,16} = 325,18 \text{ m}^2$$

Berdasarkan perhitungan luas panel surya yang dibutuhkan adalah sekitar 325,18 m<sup>2</sup> untuk memenuhi kebutuhan daya 14.360 Watt dengan efisiensi 21,2% dan rata rata radiasi matahari 208,33 W/m<sup>2</sup> per jam.

Perhitungan jumlah kebutuhan panel :

Diketahui :

- 1) Total luas panel : 325,18 m<sup>2</sup>
- 2) Luas perpanel : 1,76 m<sup>2</sup>

Rumus :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah panel} &= \frac{\text{Total luas panel}}{\text{Luas per panel}} \\ &= \frac{325,18}{1,76} = 184,76 \rightarrow 185 \text{ unit} \end{aligned}$$

Dalam hal ini jika penulis menggunakan panel SunPower Maxeon 300 BLKPV memerlukan sejumlah 185 panel dengan total luas panel 325,18 m<sup>2</sup> untuk mencapai daya total sebesar 14,36 kW.

Setelah melakukan perhitungan panel, langkah selanjutnya yaitu menghitung kebutuhan baterai sebagai berikut:

Kebutuhan baterai yang digunakan dengan menggunakan baterai merk Panasonic LC-P12100NA (DoD 50%)

DoD (*Depth of Discharge*) merupakan ukuran seberapa dalam sebuah baterai telah digunakan atau dikosongkan dari kapasitas penuhnya, biasanya dinyatakan dalam persentase.

Diketahui :

- 1) Daya total : 14.360 Watt
- 2) DoD : 50%
- 3) Tegangan : 12 V
- 4) Kapasitas : 100 Ah

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas baterai efektif (Wh)} &= \frac{\text{Energi harian (Wh)}}{\text{DoD}} \\ &= \frac{14.360}{0,5} = 28.720 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Konversi ke Ampere-Hour tegangan baterai 12V

$$Kapasitas baterai (Ah) = \frac{28.720}{12} = 2.393 \text{ Ah}$$

Jumlah baterai berdasarkan kapasitas per unit (Ah) :

$$Kapasitas baterai (Ah) = \frac{2.393}{100}$$

$$= 23,93 \rightarrow 24 \text{ unit}$$

Perhitungan jumlah baterai yang dibutuhkan menggunakan rangkaian seri dan paralel :

Diketahui :

- 1) Kapasitas baterai : 28.720 Wh
- 2) Baterai menggunakan sistem : 36V

$$Kapasitas baterai (Ah) = \frac{28.720}{36} = 797,7 \text{ Ah}$$

Jika 1 baterai berkapasitas 100 Ah, 12V maka :

$$- Baterai Seri = \frac{36V}{12V} = 3 \text{ baterai string}$$

$$- Baterai Paralel = \frac{797,7 \text{ Ah}}{100 \text{ Ah}} = 7,977 \rightarrow 8 \text{ baterai string}$$

Total baterai yang digunakan : 3 baterai x 8 baterai  
: 24 baterai string

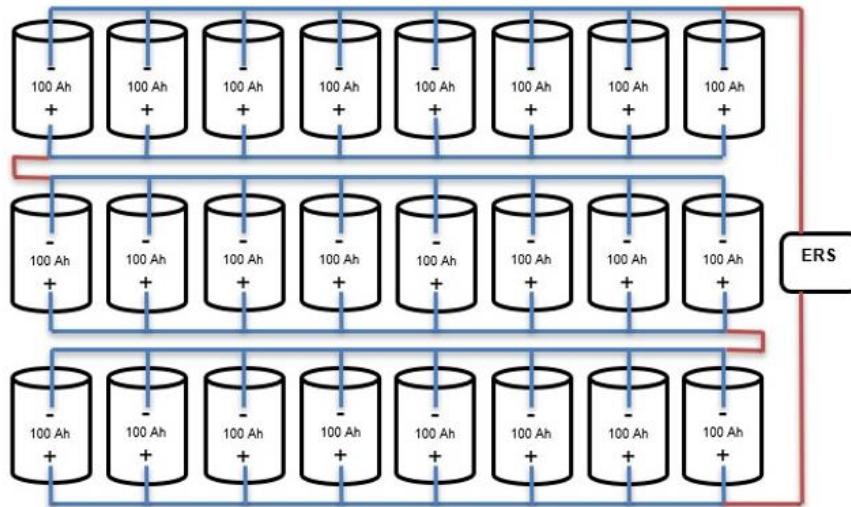
Jadi jumlah baterai yang dibutuhkan jika dipasang rangkaian seri dan paralel menggunakan baterai Panasonic LC-P12100NA (DoD 50%) berjumlah 24 unit.

Dalam hal ini, penulis menggunakan sakelar dalam konsepsi *hybrid solar energy* untuk kebutuhan listrik di *engine room simulator* dengan menggunakan panel berjumlah 126 panel surya Solar PV Lesso HPM 550W dan menggunakan baterai Panasonic LC-P12100NA berjumlah 24 unit.

### 3.1.2 Implementation (Implementasi)

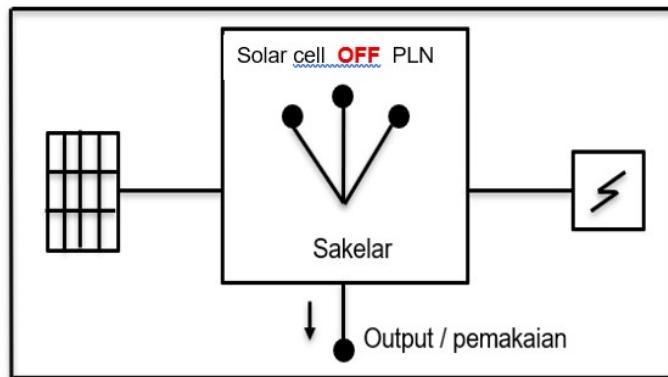
Pada tahapan ini, penerapan produk model dimaksudkan untuk memperoleh umpan balik. Umpan balik awal (awal evaluasi) diperoleh dengan menanyakan hal-hal yang berkaitan dengan tujuan pengembangan produk. Penerapan / implementasi dilakukan mengacu kepada rancangan produk yang telah dibuat.

Untuk tahap implementasi yang dilakukan penulis yaitu memasangkan panel surya dengan komponen pendukung seperti baterai serta menghubungkan sistem panel surya dengan aliran listrik PLN serta memonitor dan mengamati proses identifikasi masalah atau kendala. Dalam hal ini penulis menggunakan 3 rangkaian seri dan 8 rangkaian paralel dalam pelaksanaan konsepnya.



Gambar 3.1 Baterai rangkaian seri dan paralel

Dalam hal ini konsepsi hybrid solar energy yang dilakukan untuk kebutuhan listrik di engine room simulator bisa menggunakan solar energy dan aliran PLN dengan menambahkan sakelar .



Gambar 3.2 Sambungan hybrid solar energy dengan listrik PLN

### 3.1.3 Evaluation (Evaluasi)

Dilakukan secara terus menerus pada tiap tahap untuk memastikan bahwa konsep pengembangan terus berkembang serta memenuhi tujuan kinerja sistem hybrid solar energy dan mencatat seluruh proses serta hasil untuk melakukan evaluasi dan perbaikan. Setelah itu akan dilibatkan validasi dari pengguna untuk memastikan hybrid solar energy bekerja sesuai standar.

Dari hasil evaluasi yang dilakukan, diperoleh hasil bahwa penulis menggunakan panel surya dengan tipe Solar PV Lesso HPM 550W memerlukan sejumlah 127 panel untuk mencapai daya total sebesar 14,36 kW dan 24 unit baterai Panasonic LC-P12100NA dengan menggunakan rangkaian seri dan paralel.

### 3.1.4 Hasil Akhir

Hasil akhir dalam studi perancangan *hybrid solar energy* ini menunjukkan bahwa energi surya dapat dimanfaatkan secara efektif untuk menyuplai kebutuhan listrik pada *engine room simulator* Departemen Teknik Akademi Angkatan Laut. Dalam memanfaatkan energi surya dapat meningkatkan potensi efisiensi dan keberlanjutan dari energi terbarukan melalui pemanfaatan panel surya dan baterai yang dikonsepsikan untuk kebutuhan gedung.

Berdasarkan hasil pembahasan serta analisis yang telah dilakukan, hasil akhir yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

- a. Hasil analisis jumlah total kebutuhan daya listrik di *engine room simulator* Departemen Teknik Akademi TNI Angkatan Laut dapat dihitung dan mendapatkan hasil dengan melakukan pendataan terhadap jumlah keseluruhan peralatan listrik di Gedung Sapudi didapat 76,308 kW selanjutnya akan dibatasi hanya kebutuhan listrik di *engine room simulator*.
- b. Konsep pengembangan solar *energy* guna memenuhi kebutuhan listrik di *engine room simulator* Departemen Teknik Akademi TNI Angkatan Laut yaitu:
  - 1) Menghitung serta mengetahui jumlah kebutuhan daya, panel surya, dan baterai.

Untuk kebutuhan daya listrik, *Engine Room Simulator* di Gedung Sapudi Deptek AAL sebesar 14,36 KW. Selanjutnya, hasil dari konsep studi perancangan *hybrid solar energy* penulis menggunakan panel surya dengan tipe Solar PV Lesso HPM 550W memerlukan sejumlah 127 panel untuk mencapai daya total sebesar 14,36 kW dan menggunakan 24 baterai Panasonic LC-P12100NA dengan kapasitas sebesar 28,720 WH.

2) Memastikan konsep pengembangan dapat direalisasikan guna acuan terhadap perubahan di masa depan.

Konsep pengembangan *hybrid solar energy* merupakan langkah strategis bagi AAL dalam menghadapi tantangan energi masa depan. Sistem ini menggabungkan energi surya dengan sumber energi lain (baterai, diesel, angin, atau *grid PLN*) untuk menciptakan sistem yang lebih andal, efisien, dan berkelanjutan.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi dan perancangan sistem energi surya *hybrid* untuk kebutuhan listrik di *Engine Room Simulator* (ERS) Departemen Teknik Akademi Angkatan Laut dapat diambil kesimpulan :

- 1) Total daya yang dibutuhkan untuk kebutuhan listrik di *engine room simulator* adalah 14,36 kW.
- 2) Hasil studi *hybrid solar energy* yang dilakukan menggunakan panel surya tipe Solar PV Lesso HPM 550W memerlukan sejumlah 126 panel surya dengan spesifikasi daya panel 550W, efisiensi panel 21,3 %, serta dimensi perpanel 2,58 m<sup>2</sup> untuk mencapai daya total sebesar 14,36 kW. Dari perhitungan baterai, digunakan 24 baterai *merk* Panasonic LC-P12100NA dengan kapasitas sebesar 28,720 Wh dan tegangan 12V serta 100A yang dirangkai menggunakan 3 rangkaian seri dan 8 rangkaian paralel serta menambahkan sakelar *hybrid* yang berfungsi untuk pemilihan pemakaian antara *solar energy* dan listrik PLN.

## Ucapan Terima Kasih (Opsional)

### Daftar Rujukan

- Aldi. (2024). Spesifikasi Baterai Panasonic 12V, 100Ah | LC-P12100NA. Konsultan IT Jakarta | Supplier Komputer, Server, Software, Dll | Platinum Computer - One Stop IT Solution Company. <https://platinum-computer.com/spesifikasi-baterai-panasonic-12v-100ah-lc-p12100na/>
- Alnavis, Noviana & Wirawan, Rivaldo & Solihah, Karina & Nugroho, Vanadi. (2024). Energi listrik berkelanjutan: Potensi dan tantangan penyediaan energi listrik di Indonesia. *Journal of Innovation Materials, Energy, and Sustainable Engineering*. 1. 10.61511/jimese.v1i2.2024.544.
- Aljufri, A., Rahman, A., & Putra, R. (2023). PERANCANGAN SISTEM MEKATRONIKA PADA MESIN PEMOTONG RUMPUT MENGGUNAKAN HYBRID ENERGY. *Jurnal Teknologi*, 15(1), 57-64.
- Adria, A., & Tarmizi. (2015). Model hibrid PV-Genset aplikasi pada sistem off-grid. Seminar Nasional dan Expo Teknologi Elektro Universitas Syiah Kuala.
- Darmana, T. (2024). Sistem Hybrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Ponorogo: Uwais Inspirasi Indonesia.
- Dahliya, D., Samsurizal, S., & Pasra, N. (2021). Efisiensi panel surya kapasitas 100 wp akibat pengaruh suhu dan kecepatan angin. *Sutet*, 11(2), 540491.
- Ding, T., Zhou, Y., Ong, W. L., & Ho, G. W. (2021). Hybrid solar-driven interfacial evaporation systems: Beyond water production towards high solar energy utilization. *Materials Today*, 42, 178-191.
- Daryanto. (2007). Energi : Masalah dan Pemanfaatannya Bagi Kehidupan Manusia, Yogyakarta: Pustaka Widyatama.
- El Viegas, A., Yowono, S., & Kurniawan, E. (2019). Desain dan Implementasi Unit Kontrol Baterai Berbasis Pulse With Modulation Untuk Sistem Penerangan Menggunakan Modul Solar Cell. *eProceedings of Engineering*, 6(2).
- Endra, R. Y., & Aprilita, D. S. (2018). E-Report Berbasis Web Menggunakan Metode Model View Controller Untuk Mengetahui Peningkatan Perkembangan Prestasi Anak Didik. *Explore: Jurnal Sistem informasi dan telematika*, 9(1), 331255.
- Elektronika Dasar. (2012, june monday). Diambil kembali dari Perkembangan Materi Elektronika: <http://elektronika-dasar.web.id/artikel-elektronika/inverter-dc-ke-ac/>
- Gilbert M. Masters. (2023). Renewable and Efficient Electric Power System.
- Gunawan, F. E., Budiman, A. S., & Pardamean, B. (2022, February). Design and energy assessment of a new hybrid solar drying dome-Enabling Low-Cost, Independent and Smart Solar Dryer for Indonesia Agriculture 4.0. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 998, No. 1, p. 012052). IOP Publishing.
- Hossain, M. S., et al. (2020). "Performance Analysis of Hybrid Energy Systems." \*Renewable Energy Journal\*.
- Hakimah, Y. (2019). Analisis Kebutuhan Energi Listrik Danprediksi Penambahan Pembangkit Listrik Di Sumatera Selatan. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 7(2).
- Haryati, S. (2012). Research and Development (R&D) sebagai salah satu model penelitian dalam bidang pendidikan. *Majalah Ilmia=Dinamika*, 37(1), 15.
- Hasan, H. (2012). perancangan pembangkit listrik tenaga surya di pulau Saugi. *Jurnal riset dan teknologi kelautan*, 10(2), 169-180.
- James Dunlop. (2022). Photovoltaic System : Planning, Design and Installation.
- Latif, M., Nazir, R., & Hamdi, R. (2013). Analisa Proses Charging Akumulator Pada Prototipe Turbin Angin Sumbu Horizontal Di Pantai Purus Padang. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*
- Mukund R. Patel. (2022). Hybrid Energy System : Design, Operation and Control.
- Mawardi, M., Wiguna, M. K., Azis, F., & Mukhlisin, M. (2021). Teknologi Hybrid Energi angin dan Energi Matahari Sebagai Sumber Energi Listrik. *Journal Of Electrical Engineering*, 2(2), 100-105.
- Myori, D. E., Mukhaiyar, R., & Fitri, E. (2019). Sistem Tracking Cahaya Matahari pada Photovoltaic. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*, 19(1), 9-16.

- Majid, A. (2017). Perancangan sistem automatic transfer switch (ATS) sebagai komponen pelengkap sistem hybrid PLN-Sel Surya. *Jurnal Teknik Elektro*, 7(1), 1-9.
- Norcontrol, 2020. *Training and Evaluation Control TEC – 2000. User's Manual*. Horten: Kongsberg Norcontrol A.S.
- Pagan, S. E. P., Sara, I. D., & Hasan, H. (2018). Komparasi Kinerja Panel Surya Jenis Monokristal Dan Polykristal Studi Kasus Cuaca Banda Aceh. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, 3(4).
- Ramadhan, M. R., Sasmono, S., & Ekaputri, C. (2021). Perancangan Prototipe Konversi Hybrid Energi Suara, Energi Tekanan Dan Energi Angin Menjadi Energi Listrik Menggunakan Komponen Piezoelektrik. *eProceedings of Engineering*, 8(5).
- Roger A. Messenger & Jerry Ventre. (2021). *Photovoltaic System Engineering*.
- Rusdi, M., Hariyanto, H., & Cipto, C. (2021). Sosialisasi Pemanfaatan Energi Terbarukan Dan Pelatihan Teknologi Tepat Guna Berbasis Solarcell Untuk Pelajar SMPIT Ibnu Sina Merauke. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 1(3), 79-84
- Rumbayan, M., Abudureyimu, A., & Nagasaka, K. (2012). Mapping of solar energy potential in Indonesia using artificial neural network and geographical information system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(3), 1437-1449.
- Santi, I. H. (2020). *Analisa Perancangan Sistem*. Pekalongan: PT Nasya Expanding Management (NEM)
- Setiono, I. (2015). *AKUMULATOR, PEMAKAIAN DAN PERAWATANNYA*. METANA, Vol. 11 No. 01, 31 - 36 .
- Susanto, E. (2013). Automatic transfer switch (suatu tinjauan). *Jurnal Teknik Elektro*, 5(1).
- Sukmadinata, Nana Syaodih. (2006). *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung : Remaja Rosda Karya.
- Toby Lockwood. (2023). *Marine Engineering System and Applications*.
- Wahri Sunanda, R. F. (2009). Watak Harmonik pada Inverter Berbeban. *Jurnal Teknika*.
- Yandri, V. R. (2018). Prospek pengembangan energi surya untuk kebutuhan listrik di Indonesia. *Jurnal Ilmu Fisika*, 4(1), 14-19.
- Zhang, L., et al. (2019). "Smart Control in Renewable Energy Systems." \*Journal of Energy Storage\*.