

**STUDI KELAYAKAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA *HYBRID* DI PELABUHAN PERIKANAN PANTAI  
(PPP) MORODEMAK DENGAN MENGGUNAKAN  
*SOFTWARE HOMER***



**DISUSUN OLEH :  
MUHAMMAD REZA  
30601601873**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG**

**2021**

**STUDI KELAYAKAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA *HYBRID* DI PELABUHAN PERIKANAN PANTAI  
(PPP) MORODEMAK DENGAN MENGGUNAKAN  
*SOFTWARE HOMER***

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT  
MEMPEROLEH GELAR SARJANA STRATA SATU (S1) PADA PROGRAM  
STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG



**DISUSUN OLEH:  
MUHAMMAD REZA**

**30601601873**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

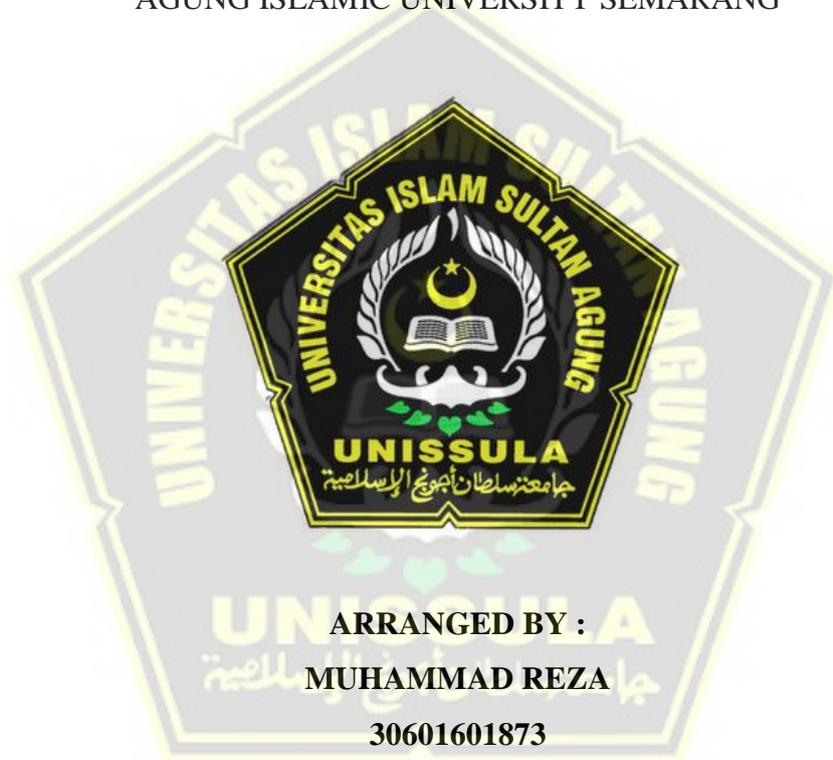
**SEMARANG**

**2021**

**FEASIBILITY STUDY OF A HYBRID POWER PLANT  
SYSTEM AT THE MORODEMAK COASTAL FISHING PORT  
(PPP) USING HOMER SOFTWARE**

**FINAL PROJECT**

THIS REPORT IS PREPARED TO MEET ONE OF THE REQUIREMENTS TO  
GET A BACHELORS DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING  
DEPARTEMENT OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY OF SULTAN  
AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY SEMARANG



ARRANGED BY :

MUHAMMAD REZA

30601601873

**ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTEMENT OF  
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY OF  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

**SEMARANG**

**2021**

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “STUDI KELAYAKAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA *HYBRID* DI PELABUHAN PERIKANAN PANTAI (PPP) MORODEMAK DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE HOMER*” ini disusun oleh:

Nama : MUHAMMAD REZA  
NIM : 30601601873  
Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Hari : Senin  
Tanggal : 20 Desember 2021

Pembimbing I

Dedi Nugroho, S.T., M.T.  
NIDN : 0618066301

Pembimbing II

Ir. Ida Widiastuti, M.T.  
NIDN : 0005036501

Mengetahui,

Ka. Program Studi Teknik Elektro

Jenny Putri Hapsari, S.T., M.T.  
NIDN : 0607018501

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “STUDI KELAYAKAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA *HYBRID* DI PELABUHAN PERIKANAN PANTAI (PPP) MORODEMAK DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE* HOMER” ini telah dipertahankan di depan Penguji sidang Tugas Akhir pada:

Hari : Senin  
Tanggal : 20 Desember 2021

Tim Penguji

Tanda Tangan

Ir. Agus Adhi Nugroho, M.T.  
NIDN : 0628086501  
Ketua



Dr. Ir. H. Muhammad Hadin, M.T.  
NIDN : 0618066301  
Penguji I



Ir. Budi Pramono Jati, M.M., M.T.  
NIDN : 0623126501  
Penguji II



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Reza  
NIM : 30601601873  
Jurusan : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang diajukan dengan judul **“STUDI KELAYAKAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA *HYBRID* DI PELABUHAN PERIKANAN PANTAI (PPP) MORODEMAK DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE* HOMER”** adalah hasil karya sendiri, tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain maupun ditulis dan diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam daftar pustaka. Tugas Akhir ini adalah milik saya segala bentuk kesalahan dan kekeliruan dalam Tugas Akhir ini adalah tanggung jawab saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 20 Desember 2021

Yang Menyatakan

The image shows a handwritten signature in black ink over a yellow and red postage stamp. The stamp is a 20,000 Rupiah meterai tempel (postage stamp) from the Ministry of Finance (KEMENTERIAN KEUANGAN). It features the Garuda Pancasila emblem and the text 'METERAI TEMPEL' and '71349AJX106808000'. The stamp is partially obscured by the signature.

Muhammad Reza

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Reza  
NIM : 30601601873  
Jurusan : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknologi Industri  
Alamat : Kelurahan Morodemak RT 03 RW 01, Kecamatan  
Bonang, Kabupaten Demak.

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul : **STUDI KELAYAKAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA *HYBRID* DI PELABUHAN PERIKANAN PANTAI (PPP) MORODEMAK DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE* HOMER**

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dalam pangkalan data dan dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh, apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta atau Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, 20 Desember 2021

Yang Menyatakan

  
  
Muhammad Reza

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Pertama,

Laporan Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada Kedua Orang Tua saya yang sangat saya cintai (Bapak Budiyo dan Ibu Umi Zulfah) yang sudah membesarkan saya dan menjadi motivasi dalam hidup saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Kedua,

Kepada Kakak dan Adik saya (Husain Fahmi Day dan Raehan Ali) yang selalu menyemangati saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Ketiga,

Kepada Pembimbing saya (Bapak Dedi Nugroho ST, MT. dan Ibu Ir. Ida Widiastuti, MT) yang telah membimbing dan memberikan saya arahan dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini.

Keempat,

Kepada Dosen Fakultas Teknologi Industri Program Studi Teknik Elektro yang senantiasa membimbing saya dan memberikan saya banyak ilmu yang bermanfaat. Tidak lupa juga kepada Teman Seperjuangan Teknik Elektro Angkatan 2016.

## HALAMAN MOTTO

“ Kalau kau ingin berhenti, ingat tuk mulai lagi. Tetap semangat, dan teguhkan hati, di setiap hari, sampai nanti, sampai mati”

-Sabrang Mowo Damar Panuluh-



## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmannirrahim*

*Assalamuallaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Alhamdulillah alhamdulillah alhamdulillah puji syukur yang tak terhingga atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan sekaligus laporan tugas akhir yang berjudul ” Studi Kelayakan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak Dengan Menggunakan *Software* HOMER” dengan sebaik – baiknya, sholawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi besar junjungan kita Nabi Muhammad SAW.

Laporan Tugas Akhir merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa/i untuk meraih gelar sarjana (S1) di program studi Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas mendapat bantuan dari berbagai pihak. Dengan rasa setulus hati, penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan ridhonya serta memberikan ketabahan, kesabaran dan kelapangan hati serta pikiran dalam menimba ilmu.
2. Kedua orang tua saya, Ibu Umi Zulfah dan Bapak Budiyono tercinta yang telah memberikan dukungan baik materiil maupun non materiil dan tidak pernah berhenti mendo'akan disetiap sujudnya.
3. Dosen Pembimbing saya Bapak Dedi Nugroho, ST, MT, dan Ibu Ir. Ida Widiastuti, MT, yang telah membantu dan membimbing saya dengan sabar hingga Laporan Tugas Akhir ini terselesaikan.
4. Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana, ST, MT, selaku Dekan di Fakultas Teknologi Industri beserta jajarannya.
5. Ibu Jenny Putri Hapsari, ST, MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
6. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu selama dibangku perkuliahan.

7. Staff dan Karyawan Fakultas Teknologi Industri yang sudah membantu dalam segala urusan tugas akhir mulai dari surat permohonan penelitian sampai sidang.
8. Pihak Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak terutama Bapak Amperanto Kusnardi, SP, MM., dan Bapak Dwi Cahyo Purnomo, S Hut, MM, yang telah memberikan izin melakukan pengambilan data penelitian di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak.
9. Terima kasih kepada saudara-saudara saya Husain Fahmi Day dan Raehan Ali yang telah memberi dukungan dan do'a, serta perhatian yang amat sangat berharga sehingga saya dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
10. Terima kasih kepada Kurni Zuni Astuti, S.Ak, Ali Zaenal Abidin, SH, Ali Asyfar, ST, dan Ummu Farwa, SM, yang telah memberikan dukungan, semangat, nasihat, dan memfasilitasi selama penelitian berlangsung.
11. Terima kasih kepada Miftakhul Huda, ST yang sudah menemani melakukan pengambilan data di lokasi penelitian.
12. Terima kasih kepada teman seperjuangan yaitu seluruh mahasiswa Teknik Elektro 2016 yang telah memberikan semangat, nasehat dan dukungan dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Dan terima kasih kepada pihak – pihak yang telah membantu dan memberi semangat pada saat penyelesaian laporan tugas akhir ini.

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL BAHASA INDONESIA.....	ii
HALAMAN JUDUL INGGRIS.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	v
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	vi
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	viii
HALAMAN MOTTO.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
ABSTRAK.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....</b>	<b>6</b>
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Pembangkit Sistem <i>Hybrid</i> .....	8
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB).....	8
2.3.1 Potensi energi Angin.....	9
2.3.2 Turbin Angin.....	9

2.3.3	Perhitungan PLTB.....	12
2.4	Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) .....	13
2.4.1	Photovoltaic .....	13
2.4.2	Perhitungan PLTS .....	15
2.5	Baterai .....	18
2.5.1	<i>Desaign Load</i> (Ah).....	18
2.5.2	<i>Days of Autonomy</i> ( $T_{aut}$ ).....	18
2.5.3	<i>Maximum Depth of Discharge</i> (DoDmax).....	19
2.5.4	Kapasitas Baterai Pada Nominal Baterai Discharge Rate ( $C_x$ ) .....	19
2.5.5	Faktor Koreksi Temperatur .....	19
2.5.6	Kapasitas Baterai Yang Diperlukan .....	19
2.5.7	Jumlah Baterai Dihubung Seri .....	19
2.5.8	Jumlah Baterai Dihubung Paralel .....	19
2.6	Inverter .....	20
2.7	<i>Software HOMER</i> .....	20
2.8.1	Komponen <i>Software HOMER</i> .....	22
2.8	Menghitung Nilai Ekonomi.....	23
2.8.1	Total Biaya Bersih Masa Kini.....	24
2.8.2	Syarat Batas Biaya Energi ( <i>Levelized Cost Of Energy</i> ).....	24
2.8.3	Biaya Penggantian Tahunan ( <i>Annualized Replacement Cost</i> ) .....	25
2.8.4	Faktor Pemulihan Modal ( <i>Capital Recovery Factor</i> ) .....	25
2.8.5	Biaya Operasi dan Perawatan ( <i>O&amp;M Cost</i> ).....	25
2.8.6	Nilai Sisa ( <i>Salvage</i> ).....	26
2.8.7	<i>Equal Payment – Series Present Worth Factor</i> .....	27
2.8.8	<i>Single Payment Present Worth Factor</i> .....	27
2.8.9	<i>Single Payment Compound Ammount Factor</i> .....	27
2.8.10	<i>Net Present Value</i> (NPV).....	27
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>29</b>
3.1	Model Penelitian.....	29
3.2	Lokasi Penelitian .....	29
3.3	Alat dan Bahan .....	30

3.4	Data Penelitian .....	30
3.3.1	Beban Energi Listrik .....	31
3.3.2	Data Potensi Energi Angin.....	32
3.3.3	Data Potensi Energi Matahari .....	33
3.3.4	Data Temperatur.....	35
3.5	Langkah-langkah Penelitian .....	36
3.6	Flowchart.....	37
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISA .....</b>		<b>38</b>
4.1	Mengolah Data Beban Energi Listrik.....	38
4.2	Menentukan Konfigurasi Sistem .....	40
4.3	Menentukan Persentase Pembagian Beban Energi Listrik .....	42
4.4	Menentukan Komponen .....	43
4.4.1	Turbin Angin.....	43
4.4.2	Panel Surya .....	45
4.4.3	Baterai .....	48
4.4.4	Inverter .....	50
4.5	Simulasi <i>Software</i> HOMER .....	52
4.5.1	Memasukkan Koordinat Lokasi .....	52
4.5.2	Memasukkan Data Kecepatan Angin.....	53
4.5.3	Memasukkan Data Radiasi Matahari .....	53
4.5.4	Memasukkan Data Beban .....	55
4.5.5	Memasukkan Data Turbin Angin.....	55
4.5.6	Memasukkan Data Panel Surya .....	57
4.5.7	Memasukkan Data Baterai .....	57
4.5.8	Memasukkan Data Inverter .....	58
4.5.9	Memasukkan Nilai Ekonomi .....	58
4.6	Hasil dan Analisa.....	59
4.6.1	Energi Listrik Yang Dihasilkan Turbin Angin.....	59
4.6.2	Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya .....	68
4.6.3	Total Energi Listrik Yang Dihasilkan .....	77
4.6.4	Analisa Ekonomis .....	78

<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>83</b>
5.1 Kesimpulan.....	83
5.2 Saran .....	84
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>85</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>88</b>



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Daya listrik terpasang .....	31
<b>Tabel 3.2</b> Beban Energi Listrik perbulan .....	32
<b>Tabel 3.3</b> Kecepatan angin perbulan .....	33
<b>Tabel 3.4</b> Data radiasi matahari perbulan.....	34
<b>Tabel 3.5</b> Temperatur udara .....	35
<b>Tabel 4.1</b> Total semua beban energi listrik .....	38
<b>Tabel 4.2</b> Rata-rata beban energi listrik perhari dan perjam .....	40
<b>Tabel 4.3</b> <i>Design load energy system</i> PLTH .....	41
<b>Tabel 4.4</b> Konfigurasi Sistem PLTH .....	42
<b>Tabel 4.5</b> Persentase pembagian beban .....	42
<b>Tabel 4.6</b> Spesifikasi Turbin aleko WG3000 3000W <i>wind power</i> .....	43
<b>Tabel 4.7</b> spesifikasi panel surya Canadian Solar MaxPower CS6U-340P. ....	45
<b>Tabel 4.8</b> Spesifikasi baterai Trojan.....	49
<b>Tabel 4.9</b> Spesifikasi inverter Leonics GTP-507 .....	51
<b>Tabel 4.10</b> Aliran Kas Tahunan .....	79
<b>Tabel 4.11</b> Perhitungan Ekonomi Menggunakan Excel.....	80

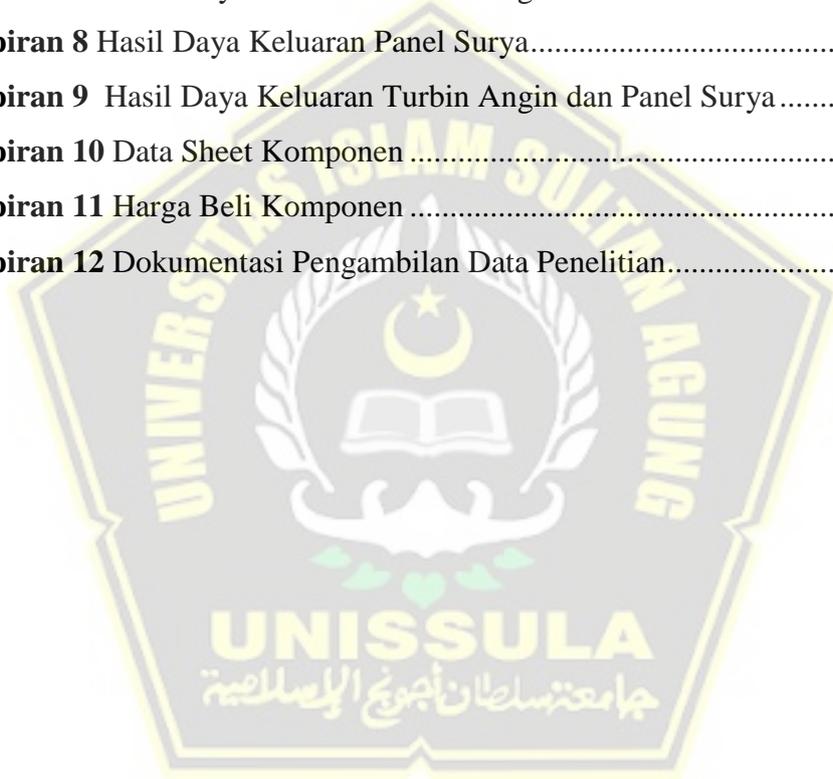
## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Berbagai jenis turbin horizontal.....	10
<b>Gambar 2.2</b> Berbagai jenis turbin vertical.....	11
<b>Gambar 2.3</b> Sel dan Modul Photovoltaic Monokristal.....	14
<b>Gambar 2.4</b> Sel dan Modul Photovoltaic Polikristal .....	14
<b>Gambar 2.5</b> simulasi dan optimasi HOMER.....	20
<b>Gambar 3.1</b> Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga <i>Hybrid</i> (PLTH).....	29
<b>Gambar 3.2</b> Lokasi Penelitian Pelabuhan Perikanan Pantai Morodemak .....	30
<b>Gambar 3.3</b> Grafik Kecepatan Angin di Pelabuhan Perikanan Pantai Morodemak .....	32
<b>Gambar 3.4</b> Grafik Radiasi Matahari di Pelabuhan Perikanan Pantai Morodemak .....	34
<b>Gambar 3.5</b> Grafik Temperatur Udara di Pelabuhan Perikanan Pantai Morodemak .....	35
<b>Gambar 4.1</b> Kurva Daya Turbin Angin Aleko WG3000.....	44
<b>Gambar 4.2</b> Lokasi Penelitian pada <i>software</i> HOMER.....	52
<b>Gambar 4.3</b> Masukan Data Kecepatan Angin Pada <i>Software</i> HOMER.....	53
<b>Gambar 4.4</b> Masukan Data Radiasi Matahari Pada <i>Software</i> HOMER .....	54
<b>Gambar 4.5</b> Masukan Data Temperatur Udara Pada <i>Software</i> HOMER .....	54
<b>Gambar 4.6</b> Masukan Beban Pada <i>Software</i> HOMER.....	55
<b>Gambar 4.7</b> Tampilan Masukan Turbin Angin Pada <i>Software</i> HOMER.....	56
<b>Gambar 4.8</b> Tampilan Masukan Panel Surya Pada <i>Software</i> HOMER.....	57
<b>Gambar 4.9</b> Tampilan Masukan Baterai Pada <i>Software</i> HOMER .....	58
<b>Gambar 4.10</b> Tampilan Masukan Inverter Pada <i>Software</i> HOMER .....	58
<b>Gambar 4.11</b> Tampilan Masukan Nilai Ekonomi Pada <i>Software</i> HOMER .....	59
<b>Gambar 4.12</b> Tampilan Hasil Optimasi Pada <i>Software</i> HOMER .....	59
<b>Gambar 4.13</b> Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan Januari .....	60
<b>Gambar 4.14</b> Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan Februari .....	61
<b>Gambar 4.15</b> Energi Listrik Yang Dihasilkan Turbin angin Pada Bulan Maret ..	61
<b>Gambar 4.16</b> Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan April .....	62

<b>Gambar 4.17</b> Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan Mei .....	62
<b>Gambar 4.18</b> Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan Juni .....	63
<b>Gambar 4.19</b> Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan Juli .....	64
<b>Gambar 4.20</b> Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan Agustus .....	64
<b>Gambar 4.21</b> Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan September .....	65
<b>Gambar 4.22</b> Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan Oktober .....	66
<b>Gambar 4.23</b> Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan November.....	66
<b>Gambar 4.24</b> Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan Desember .....	67
<b>Gambar 4.25</b> Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan Januari.....	68
<b>Gambar 4.26</b> Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan Februari.....	69
<b>Gambar 4.27</b> Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan Maret.....	70
<b>Gambar 4.28</b> Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan April.....	70
<b>Gambar 4.29</b> Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan Mei.....	71
<b>Gambar 4.30</b> Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan Juni.....	72
<b>Gambar 4.31</b> Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan Juli .....	72
<b>Gambar 4.32</b> Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan Agustus .....	73
<b>Gambar 4.33</b> Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan September .....	74
<b>Gambar 4.34</b> Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan Oktober .....	74
<b>Gambar 4.35</b> Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan November .....	75
<b>Gambar 4.36</b> Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan Desember .....	76
<b>Gambar 4.37</b> Tampilan Total Produksi Energi Listrik .....	77
<b>Gambar 4.38</b> Tampilan <i>Net Present Cost</i> (NPC) .....	78
<b>Gambar 4.39</b> Aliran Kas PLTH.....	79

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Makalah Tugas Akhir .....	89
<b>Lampiran 2</b> Hasil Turnitin.....	99
<b>Lampiran 3</b> Log Book Bimbingan.....	100
<b>Lampiran 4</b> Lembar Revisi.....	105
<b>Lampiran 5</b> Data Kecepatan Angin Situs NASA .....	108
<b>Lampiran 6</b> Data Radiasi Matahari Situs NASA.....	109
<b>Lampiran 7.</b> Hasil Daya Keluaran Turbin Angin.....	110
<b>Lampiran 8</b> Hasil Daya Keluaran Panel Surya.....	111
<b>Lampiran 9</b> Hasil Daya Keluaran Turbin Angin dan Panel Surya.....	112
<b>Lampiran 10</b> Data Sheet Komponen .....	113
<b>Lampiran 11</b> Harga Beli Komponen .....	121
<b>Lampiran 12</b> Dokumentasi Pengambilan Data Penelitian.....	123



## ABSTRAK

Letak geografis Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak berada pada 110.544491 BT dan -6.821972 LS di Desa Purworejo, Kecamatan Bonang, Kabupaten Demak dengan panjang pantai 34,1 Km. Lokasi ini memiliki kecepatan angin dan radiasi matahari yang cukup besar, dimana hal ini dapat dimanfaatkan dengan baik untuk menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan energi terbarukan (angin dan matahari) yang ramah lingkungan.

Pembangkit sistem hybrid merupakan kombinasi dari dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda untuk melengkapi satu sama lain. HOMER adalah perangkat lunak yang digunakan untuk merancang dan menganalisis sistem energi hybrid. Dengan menggunakan perangkat lunak HOMER diharapkan dapat mengetahui konfigurasi sistem pembangkit listrik tenaga hybrid yang optimal juga dapat mengetahui besar potensi energi terbarukan di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak.

Hasil simulasi sistem pembangkit listrik tenaga hybrid dengan menggunakan software HOMER adalah total energi listrik yang dihasilkan sebesar 192,679kWh/hari, untuk turbin angin sebesar 57,540kWh/tahun dan untuk panel surya sebesar 135,139kWh/hari. Berdasarkan hasil tersebut maka dikatakan layak dari segi teknis karena mampu memenuhi beban energi listrik di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak sebesar 134,467kWh/hari. Namun dari segi ekonomi dikatakan tidak layak karena *Net Present Cost* (NPC) mendapatkan hasil kurang dari nol, menunjukkan bahwa nilai penerimaan lebih kecil dibandingkan dengan pengeluaran, dengan kata lain mengalami kerugian pada investasinya dan harga listrik per-kWh yang dihasilkan adalah Rp.4.794 tidak lebih murah dari harga listrik per-kWh dari PLN.

**Kata Kunci:** Energi Terbarukan, HOMER, Pelabuhan Perikanan Pantai Morodemak, Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

## ABSTRACT

*The geographical location of the Morodemak Coastal Fishing Port is at 110.544491 East Longitude and -6.821972 South Latitude in Purworejo , Bonang District, Demak Regency with a beach length of 34.1 Km. This location has a fairly large wind speed and solar radiation, which can be utilized properly to generate electrical energy by utilizing renewable energy that is environmentally friendly (wind and solar).*

*Hybrid system generation is a combination of two or more power plants with different energy, sources to complement each other. HOMER is a software, used to design and analyze hybrid energy systems. By using the HOMER software, it is expected to be able to determine the optimal configuration of the hybrid power plant system and also to know the potential for renewable energy at the Morodemak Coastal Fishery Port.*

*The results of the simulation of a hybrid power generation system using the HOMER software are the total electrical energy generated by 192,679kWh/day, for wind turbines of 57,540kWh/year and for solar panels of 135,139kWh/day. Based on these results, it is said to be feasible from a technical point of view because it is able to meet the electrical energy load at the Morodemak Coastal Fishery Port of 134,467kWh/day. However, from an economic point of view, it is not feasible because the Net Present Cost (NPC) result less than zero, where this show that the value of the beneficiary is smaller than the expenditure, or in other words, he experiences a loss on his investment and price of electricity per kWh produced is Rp. 4,745, which is not cheaper than the price of electricity per kWh from PLN.*

**Keywords:** *Renewable Energy, HOMER, Morodemak Coastal Fishing Port, Hybrid System Generation.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Saat ini kebutuhan energi listrik semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan kemajuan teknologi serta informasi. Disamping itu dengan seiring berjalannya waktu penggunaan bahan bakar fosil seperti batu bara dan minyak bumi bukanlah sesuatu yang akan bertahan terus menerus, seperti diketahui bahwa bahan bakar fosil jumlahnya semakin terbatas dan akan habis apabila digunakan terus menerus, serta dampak dari bahan bakar fosil juga berakibat buruk bagi lingkungan. Oleh karenanya diperlukan solusi lain untuk membangkitkan energi listrik dengan pasokan tak terbatas dan tentunya ramah lingkungan.

Hal ini membuat banyak negara termasuk Indonesia mencari cara dalam pemanfaatan energi untuk menambah pasokan listrik guna memenuhi kebutuhan di berbagai bidang dan aspek kehidupan. Pada tahun 2025, Indonesia memiliki target bauran Energi Baru Terbarukan (EBT) dalam bauran energi nasional mencapai 23%. Target ini tergolong ambisius karena pada tahun 2014 bauran EBT hanya mencapai 5,33%, yang berarti setiap tahun harus ada peningkatan 1,03% untuk mencapai 23%. Padahal, bauran EBT dalam bauran energi nasional berfluktuatif setiap tahun. Selama periode 2014-2018, bauran EBT berturut-turut adalah 5,33; 4,38; 6,44; 6,28; 8,55 (dalam persen). Hal ini disebabkan pembangunan pembangkit listrik berbahan bakar fosil yang notabene lebih masif daripada EBT[1].

Energi terbarukan adalah sumber energi dari alam yang jumlahnya tidak terbatas. Selain itu, tentu sumber energi terbarukan juga ramah terhadap lingkungan. Terdapat berbagai sumber energi terbarukan yang dapat diubah menjadi listrik yaitu , angin, sinar matahari, air, gelombang laut, biomassa, dan lainnya[2].

Dalam penelitian ini, penulis akan mendesain dan menguji kelayakan sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* (PLTH) energi angin dan surya. Namun dalam proses perencanaan pembangkit ini terdapat beberapa faktor yang perlu

diperhatikan diantaranya kecepatan angin dan radiasi matahari. Ini merupakan faktor terpenting ditentukannya lokasi pembangkit ini akan ditempatkan.

Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak merupakan tempat pemberhentian perahu dan kapal perikanan untuk membongkar hasil tangkapan. Selain itu, Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak juga merupakan lingkungan kerja bagi kegiatan ekonomi perikanan serta memberikan fasilitas umum untuk mempermudah kegiatan di sektor tersebut. Pelabuhan ini berdiri sejak tahun 1999, Letak geografis Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak berada pada 110.544491 BT dan -6.821972 LS di Desa Purworejo, Kecamatan Bonang, Kabupaten Demak dengan panjang pantai 34,1 Km. Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak memiliki kondisi tanah yang sebagian besar terdiri dari campuran lumpur dan pasir halus.

Fasilitas yang ada di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak itu sendiri terdiri dari Dermaga, Kolam Pelabuhan, Pos Jaga Pelabuhan, Pos TNI AL/Pos Syahbandar, Tempat Pelelangan Ikan (TPI), Kantor TPI, Kantor Dinas Kelautan dan Perikanan, dan Kantor Pelabuhan Perikanan Pantai Morodemak. Berdasarkan data beban energi listrik yang diterima dari lokasi tersebut, perkiraan energi yang dibutuhkan di kawasan Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak sekitar 101,223 kWh.

Berdasarkan data dari situs *NASA Surface Meteorology and solar energy database*, Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak, Kecamatan Bonang, Kabupaten Demak memiliki rata-rata kecepatan angin sebesar 4,42 m/s, dan memiliki rata-rata radiasi matahari sebesar 5,48 kWh/m<sup>2</sup>/day[3]. Dimana hal ini dapat dimanfaatkan dengan baik untuk menghasilkan energi listrik, dengan kata lain Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak dapat mandiri dalam menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan energi terbarukan ramah lingkungan (angin dan matahari) yang akan dirancang tanpa bergantung energi listrik dari PLN.

Dalam penelitian ini akan menggunakan *software* yaitu HOMER (*Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources*) untuk mendesain dan menguji kelayakan sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* (PLTH). *Software* ini dapat mensimulasikan dan mendesain sistem, serta dapat menentukan konfigurasi sistem

terbaik. Selain itu, *software* ini juga dapat melakukan perhitungan matematis untuk biaya-biaya yang akan dikeluarkan dari sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* (PLTH).

Berdasarkan uraian diatas, perlu dilaksanakannya penelitian ini guna mencapai tujuan yaitu mandiri dalam menghasilkan energi listrik, maka terlaksanalah penelitian ini dengan judul “**Studi Kelayakan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak Dengan Menggunakan *Software* HOMER**”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan diatas, dapat diperoleh beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah desain sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) dapat memenuhi beban energi listrik di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak?
2. Bagaimana menganalisa nilai *Net Present Cost* (NPC) dari desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH)?
3. Bagaimana menganalisa nilai *Cost of Energi* (CEO) dari desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH)?

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup pembahasan pada penelitian ini maka penulis akan membatasi masalah pada:

1. Jenis pembangkit yang digunakan yaitu Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) yang bersumber dari energi angin dan matahari.
2. Menggunakan *software* HOMER untuk mendesain sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid*.
3. Tidak membahas perhitungan konstruksi bangunan dan lahan, melainkan hanya mencakup sistem PLTH saja.
4. Perhitungan yang digunakan merupakan hasil perhitungan dari *software* HOMER.

5. Dalam mendesain sistem PLTH tidak membahas rangkaian kontrol yang digunakan.
6. Membahas dari segi ekonomi yaitu investasi, operasional, pemeliharaan, dan pendapatan.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kelayakan potensi energi terbarukan (angin dan matahari) dalam menghasilkan energi listrik.
2. Mengetahui nilai *Net Present Cost* (NPC) atau total biaya yang akan dikeluarkan selama masa pemasangan atau pun pengoperasian komponen sepanjang proyek berjalan.
3. Mengetahui nilai *Cost of Energy* (COE) atau biaya yang dikeluarkan per kWh dari sistem.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui potensi energi terbarukan angin dan matahari untuk sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* di lokasi penelitian.
2. Mengetahui proses desain layak atau tidaknya pemasangan pembangkit listrik tenaga *hybrid*.
3. Mandiri dalam menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan energi terbarukan (angin dan matahari) yang ramah lingkungan.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis membuat sistematika penulisan sebagai berikut:

##### **BAB I : PENDAHULUAN**

Pada bab ini menjelaskan latarbelakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, serta sistematika masalah.

**BAB II : TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

Pada bab ini menjelaskan mengenai tinjauan pustaka dan dasar teori

**BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini menjelaskan metodologi penelitian yang dilakukan meliputi objek penelitian, alat dan bahan, data-data penelitian, teknik analisis data, dan langkah-langkah penelitian

**BAB IV HASIL DAN ANALISA**

Pada bab ini menguraikan hasil penelitian serta menjelaskan analisa berdasarkan simulasi perangkat lunak yang digunakan.

**BAB V PENUTUP**

Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran penulis mengenai laporan yang telah dibuat



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian-penelitian tentang studi kelayakan sebuah pembangkit listrik telah dilakukan oleh peneliti terdahulu diantaranya adalah:

1. Bimo Bagaskoro (2019) pada penelitiannya yang berjudul “Perancangan dan Analisis Ekonomi Teknik Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Off Grid Menggunakan Perangkat Lunak HOMER di Kawasan Wisata Pantai Pulau Cemara”. Metode yang digunakan adalah simulasi software HOMER untuk menentukan sistem pembangkit yang paling optimal, sistem yang direkomendasikan oleh software HOMER adalah terdiri dari 8x150Wp, solar charger controller sebesar 40A, baterai 4x100Ah, dan inverter 2000 Watt. Parameter yang digunakan untuk penilaian adalah nilai ekonomis pembangkit yaitu net present cost (NPC) dan cost of energy (COE) serta juga melakukan perhitungan terhadap produksi energi dan penggunaan energi. Untuk melakukan perhitungan terhadap parameter maka akan dibuat 2 skenario sistem pembangkit. Pada skenario 1 menggunakan parameter suku bunga per tahun sebesar 6% sedangkan pada skenario 2 tidak menggunakan parameter suku bunga. Hasil dari penelitian ini adalah sistem pembangkit listrik hibrid mampu menghasilkan daya sebesar 1.746 kWh/tahun dan memiliki. Dari sisi ekonomis skenario 2 memiliki nilai NPC yang tinggi sebesar Rp 124.174.779 sedangkan skenario 1 hanya sebesar Rp 89.173.433. Namun, nilai COE pada skenario 2 lebih rendah yaitu Rp 10.595 sedangkan skenario 1 sebesar Rp 14.890[4].
2. Andri Suherman (2017) pada penelitiannya yang berjudul “Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrida* Di Pulau Panjang”. Metode yang digunakan adalah mensimulasikan dengan *software* HOMER. Hasil penelitian tersebut adalah sistem PLTH optimal menghasilkan konfigurasi PLTD-PLTS dengan kapasitas panel surya

224.173 kW, kapasitas baterai 210 unit 6 V 1156Ah, inverter 50 kW dan disel 248 kW. Hasil uji sistem PLTD-PLTS menghasilkan kontribusi terbaik PLTS sebesar 63% dan kontribusi PLTD sebesar 37%. Hasil perhitungan ekonomis, nilai NPC terendah adalah \$2.279.961 dan biaya listrik (COE) adalah \$0,815/kWh. Dampak lingkungan (emisi) CO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada sistem PLTH ini sebesar \$19583 kg/tahun berkurang 63,35% atau 598671 kg/tahun dari kondisi awal dengan jumlah emisi CO<sub>2</sub> PLTD sebesar 716254 kg/tahun[5].

3. Lambertus Sinaga (2015) pada penelitiannya yang berjudul “Optimasi Sistem Pembangkit Listrik Hibrida Tenaga Surya, Angin, Biomassa, dan Diesel di Pulau Nyamuk Karimunjawa Jawa Tengah Dengan Menggunakan Perangkat Lunak HOMER”. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan simulasi *software* HOMER. Berdasarkan hasil simulasi yang diperoleh menggunakan *software* HOMER, potensi energi terbarukan (energi angin, sinar matahari, dan biomassa) di Pulau Nyamuk, Karimunjawa, Jawa Tengah sangat layak untuk sistem pembangkit listrik hibrida. Konfigurasi sistem yang optimal ditentukan oleh besarnya Net Present Cost (NPC) yang terendah dalam jangka waktu tertentu. Hasil simulasi diperoleh konfigurasi optimal pembangkit listrik hibrida yang terdiri dari panel surya (photovoltaic) 40 kW, turbin angin 70 unit (2,5 kW per unit), gasifikasi biomassa 150 kW, generator diesel 200 kW, 160 unit baterai 1.156 Ah, dan konverter 200 kW, dengan total NPC \$ 1,856,472 dan biaya (COE) sebesar \$ 0.273/kWh[6].
4. Kunaifi (2010) pada penelitiannya yang berjudul “Program HOMER Untuk Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Hibrida di Provinsi RIAU”. Tujuan dari penelitian merancang sistem pembangkit listrik hibrid (PLH) di sebuah desa terpencil yaitu desa Saik di Provinsi Riau. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan simulasi dari *software* HOMER, sistem yang direkomendasikan oleh *software* HOMER terdiri dari fotovoltaiik 5 kW, dua *Darrieus Hydrokinetic Turbine* (DHT) 3 kW,

baterai 14.400 Ah, inverter 20 kW, dan generator diesel 18 kW sebagai cadangan, yang dikonstruksikan dalam hubung paralel hibrid. Hasil penelitian ini adalah biaya energi (COE) lebih tinggi daripada tarif listrik di Riau, namun lebih rendah dari pada COE jika menggunakan generator diesel saja biaya operasi dan perawatan (O&M) sistem ini rendah, namun biaya awal tinggi (NPC)[7].

## 2.2 Pembangkit Sistem *Hybrid*

Pembangkit sistem *hybrid* merupakan kombinasi dari dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda, baik yang berasal dari alam ataupun konvensional. Tujuan dari sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* adalah untuk melengkapi satu sama lain dari kedua jenis pembangkit yang digabungkan, baik dari segi kelemahan maupun dari segi peningkatan jumlah energi listrik yang dihasilkan[2].

Keuntungan dari sistem *hybrid* adalah:

1. Kepadatan energi yang diperoleh lebih tinggi.
2. Biaya operasi yang rendah.
3. Tingkat efisiensi lebih besar.
4. Baterai beroperasi secara efisien.
5. Biaya instalasi rendah.
6. Jenis pembangkit yang berkelanjutan.
7. Pemanfaatan ruang yang efektif.

Kelemahan sistem *hybrid* adalah tergantung pada kondisi iklim (cuaca)[2]

## 2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)

Pembangkit Listrik Tenaga Angin atau sering disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah salah satu pembangkit energi terbarukan yang ramah lingkungan dan memiliki kinerja yang baik dibandingkan dengan pembangkit energi terbarukan yang lainnya, prinsip kerja PLTB adalah memanfaatkan energi kinetik angin yang masuk ke area efektif turbin untuk

memutar baling-baling/kincir angin, kemudian energi putaran tersebut ditransfer ke generator untuk menghasilkan energi listrik.

### 2.3.1 Potensi energi Angin

Angin adalah udara yang bergerak yang disebabkan oleh rotasi bumi dan perbedaan tekanan udara, angin bergerak dari tekanan udara tinggi ke tempat bertekanan udara rendah. Tekanan udara terjadi karena adanya pemanasan matahari terhadap atmosfer dan permukaan bumi. Perbedaan tekanan udara ini menyebabkan udara bersirkulasi di atmosfer. Kondisi angin dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik jika batas kecepatan minimum energi angin (1,6 - 3,3) m/s dan batas maksimum (13,9 – 17,1) m/s[8]. Sedangkan untuk mengetahui distribusi angin, baik arah maupun kecepatannya dapat diperoleh dengan menggunakan *software* Wind Rose atau dari penyedia data potensi angin seperti NASA[3]. Dilihat dari letaknya, pemanfaatan energi angin dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu : dataran, lepas pantai dan pesisir.

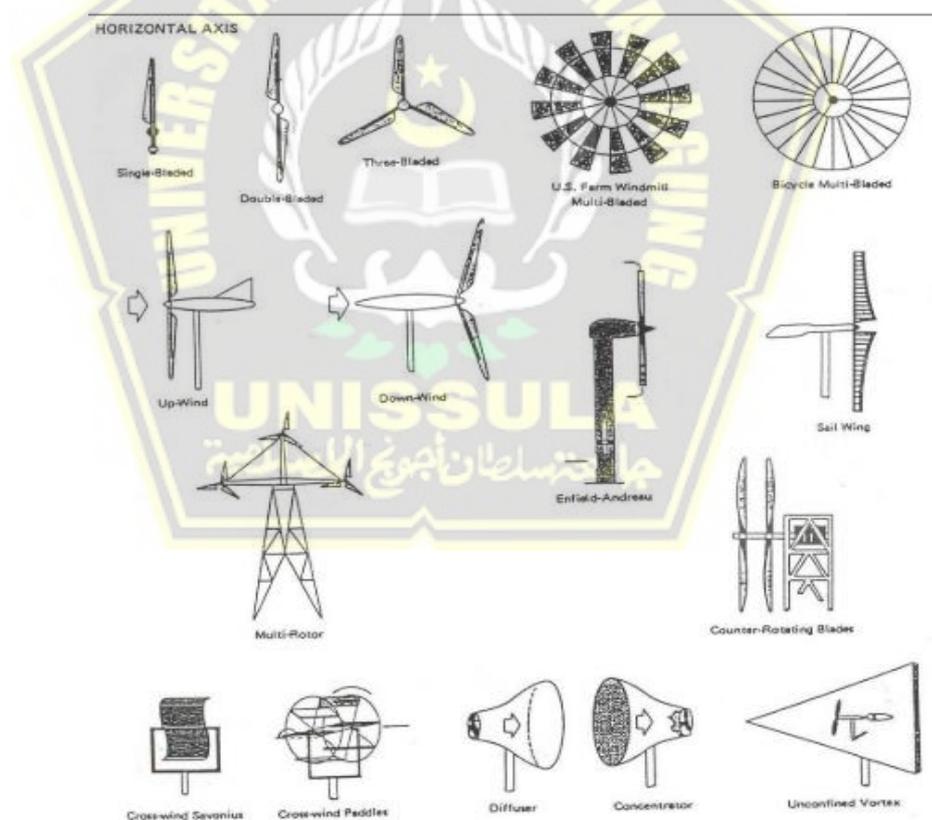
### 2.3.2 Turbin Angin

Pada dasarnya sistem turbin angin adalah menangkap energi kinetik angin dan mengubahnya menjadi energi mekanik (gerak) melalui sudu-sudu turbin dan kemudian energi mekanik diubah menjadi energi listrik melalui generator listrik. Representasi matematis dari turbin angin berperan sangat penting dalam memahami respon (kinerja) turbin angin selama beroperasi. Performa turbin angin tergantung pada kondisi cuaca, besar instalasi aktual, dan pemodelan pisau turbin[9]. Berbagai konsep turbin angin telah dikembangkan dan dibangun untuk memaksimalkan keluaran energi angin, mengurangi biaya turbin, dan meningkatkan efisiensi serta keandalan turbin angin.

Turbin angin dapat dikelompokkan sesuai dengan konfigurasi generator turbin, jalur aliran udara ke rotor turbin, kapasitas turbin, pola penggerak generator, mode daya, dan lokasi pemasangan turbin. Berdasarkan konfigurasi putar sumbu baling-baling, turbin angin dikelompokkan menjadi 2 jenis sumbu yaitu:

## 1. Horizontal.

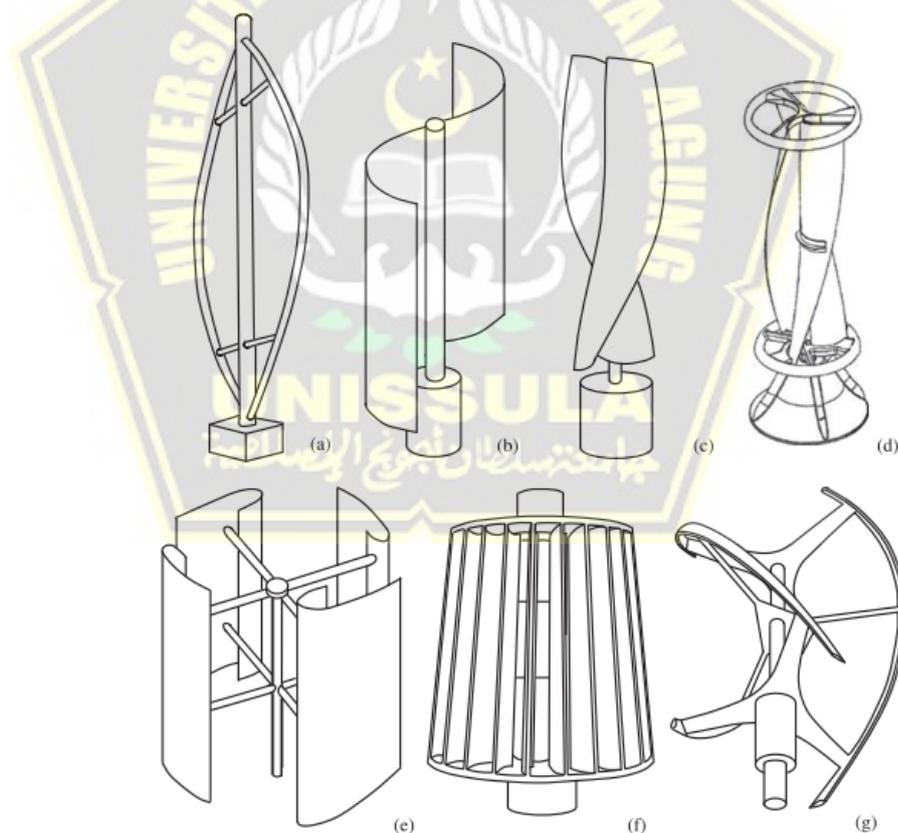
Sebagian besar turbin angin komersial yang digunakan saat ini termasuk jenis sumbu horizontal. Di mana, sumbu pisau turbin berputar sejajar dengan aliran angin. Keuntungan dari jenis turbin ini adalah efisiensi turbin tinggi, massa jenis daya tinggi, dapat dipasang pada kecepatan angin rendah, dan harga rendah dalam konstruksi per unit pembangkit[10]. Sudu turbin angin sumbu horizontal berbentuk irisan melintang sehingga menyebabkan aliran udara dapat bergerak dengan cepat di salah satu sisinya di bandingkan dengan sisi yang lain. Hal ini menyebabkan terjadinya perbedaan tekanan pada sudu turbin. Dimana, bagian depan menghasilkan tekanan tinggi dan pada bagian belakang menghasilkan tekanan rendah. Perbedaan tekanan inilah yang akan menyebabkan sudu turbin berputar[11].



**Gambar 2.1** Berbagai jenis turbin horizontal[11]

## 2. Vertikal

*Blade* turbin angin sumbu vertikal berputar berdasarkan sumbu vertikal yang tegak lurus ke tanah. Keuntungan dari turbin angin sumbu vertikal adalah turbin dapat menerima angin dari segala arah sehingga kontrol sudut tidak diperlukan dalam jenis turbin angin ini, generator angin serta gearbox dan komponen utama turbin lainnya terpasang tegak lurus di atas tanah, desain dan konstruksi turbin angin sangat sederhana, dan mengurangi biaya turbin. Adapun kelemahan dari jenis turbin angin dengan sumbu vertikal, masih menggunakan sumber energi eksternal untuk memutar baling-baling selama beroperasi, karena hanya ada satu sumbu turbin angin di ujung tanah, dan ketinggian praktis maksimumnya sangat terbatas karena efisiensi energi angin yang rendah[10].



**Gambar 2.2** Berbagai jenis turbin vertical[10]

### 2.3.3 Perhitungan PLTB

Untuk menghasilkan elektrik parameter yang digunakan adalah daya angin, daya mekanik dan daya listrik.

#### 1. Daya Angin

Angin merupakan energi kinetik yang sangat banyak, pemanfaatan energi angin dapat dilakukan dengan menangkap daya angin menggunakan kincir angin. Persamaan (2.1) berikut ini yang digunakan dalam menghitung daya yang diberikan oleh angin[12].

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \quad (2.1)$$

Keterangan:

$P_w$  = Tenaga dalam watt

$\rho$  = Massa jenis angin (1,225kg/m<sup>3</sup>)

$A$  = Luas area sapuan (m<sup>2</sup>)

$V$  = Kecepatan angin (m/s)

Adapun untuk mencari nilai luas sapuan angin memakai rumus berdasarkan persamaan (2.2) berikut ini[12]:

$$A = \pi r^2 \quad (2.2)$$

#### 2. Daya Mekanik

Daya mekanik merupakan daya gerak yang berfungsi untuk memutar gerak turbin. Untuk menghitung daya mekanik menggunakan persamaan (2.3) sebagai berikut[12]:

$$P_m = P_w \times C_p \quad (2.3)$$

Keterangan:

$P_m$  = Daya mekanik

$P_w$  = Daya angin

$C_p$  = Koefisien kinerja (maksimum teoritis = 0,59 Desain = 0,35)

#### 3. Daya Listrik

Untuk memperoleh daya listrik yang dihasilkan maka digunakan persamaan (2.4) sebagai berikut[12]:

$$P_e = \eta \times P_m \quad (2.4)$$

Keterangan:

$\eta$  = efisiensi sistem (%)

$P_e$  = Daya elektrik (W)

$P_m$  = Daya mekanik (W)

Untuk memperoleh total kebutuhan energi listrik yang harus disuplai oleh pembangkit menggunakan persamaan (2.5) berikut ini[12]:

$$E_{tot} = \frac{E}{\eta_{inv}} \quad (2.5)$$

Dan untuk menentukan jumlah turbin angin yang akan digunakan dapat menggunakan persamaan (2.6) berikut ini[12]:

$$\text{Jumlah turbin angin} = \frac{E_{total}}{\text{rata-rata produksi angin}} \quad (2.6)$$

## 2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Prinsip dasar sistem Pembangkit Listrik Tenaga surya (PLTS) adalah mengubah energi elektromagnetik dari sinar matahari menjadi energi listrik. Sistem PLTS terdiri dari beberapa komponen diantaranya modul photovoltaic, *solar charger controller* atau inverter jaringan, baterai, dan beberapa komponen pendukung lainnya.

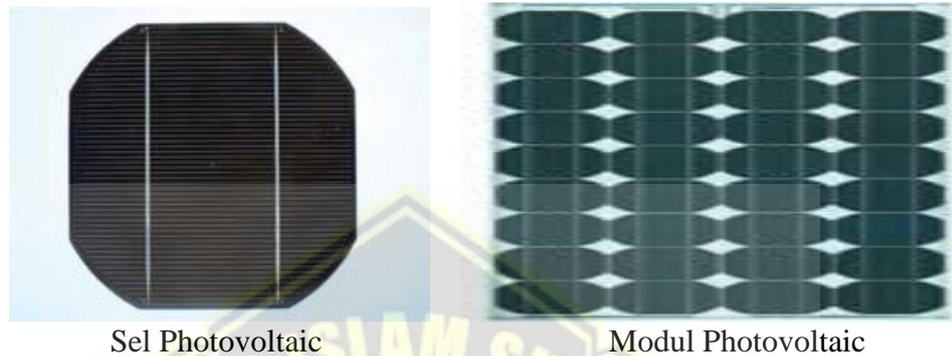
### 2.4.1 Photovoltaic

Ketika modul photovoltaic terkena sinar matahari maka modul photovoltaic akan memproduksi energi listrik arus searah (DC). Untuk mengubah energi listrik arus searah (DC) menjadi energi listrik arus bolak-balik (AC) yaitu dengan menggunakan inverter. Ada 2 jenis utama sistem photovoltaic yaitu *on grid* dan *off grid*[13].

Berdasarkan teknologi pembuatannya, ada 2 jenis photovoltaic yang sering digunakan yaitu:

1. Panel Surya Monokristal

Panel ini adalah panel surya yang paling efisien karena dapat menghasilkan daya listrik per satuan area. Efisiensi jenis ini mencapai 12,5-15%. Kelemahan dari jenis ini adalah tidak dapat bekerja pada tempat dengan radiasi matahari yang rendah[13]. Gambar 2.3 berikut ini merupakan sel photovoltaic dan modul photovoltaic monokristal.



Sel Photovoltaic

Modul Photovoltaic

**Gambar 2.3** Sel dan Modul Photovoltaic Monokristal

## 2. Panel Surya Polikristal

Jenis panel ini membutuhkan lahan yang luas dalam pemasangannya untuk menghasilkan energi listrik dibandingkan dengan tipe monokristal. Efisiensi jenis polikristal adalah 11-14%. Kelebihan dari jenis polikristal ini adalah dapat menghasilkan energi listrik meskipun keadaan cuaca dalam kondisi berawan[13].

Gambar 2.4 berikut ini merupakan sel photovoltaic dan modul photovoltaic polikristal.



Sell Photovoltaic

Modul Photovoltaic

**Gambar 2.4** Sel dan Modul Photovoltaic Polikristal

Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja dari panel surya adalah[14]:

- a. Temperatur/suhu
- b. Intensitas sinar matahari
- c. Orientasi rangkaian modul surya
- d. Sudut orientasi matahari.

#### 2.4.2 Perhitungan PLTS

Untuk menghitung kebutuhan komponen utama sistem PLTS menggunakan perhitungan dengan persamaan-persamaan yang ada pada Australian/New Zealand Standar <sup>TM</sup>AS/NZS 4509.2:2010 tentang *Stand Alone Power System*. Standard ini menetapkan persyaratan dan pedoman untuk desain sistem daya yang berdiri sendiri dengan penyimpanan energi pada tegangan ekstra-rendah yang digunakan untuk pasokan daya tegangan ekstra-rendah dalam situasi domestik.

1. Memilih Modul Surya

Pada pemilihan modul surya dapat ditentukan oleh perancang sendiri, karena tiap jenis modul surya mempunyai kelebihan dan kekurangannya.

2. *Oversupply coefficient* ( $f_o$ )

*Oversupply coefficient* ialah nilai kelebihan suplai energi listrik yang akan digunakan dalam mendesain kapasitas pembangkit. Nilai ini bertujuan untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya defisit energi akibat losses pada sistem maupun perubahan pola konsumsi energi listrik pada waktu tertentu[12].

3. Nominal efisiensi baterai ( $\eta_{bat}$ )

Sistem PLTS pada dasarnya menggunakan baterai jenis lead acid, karena memiliki efisiensi 90% sampai 95%[12].

4. *Irradiation on tilted plane* ( $H_{ilt}$ )

*Irradiation on tilted* ialah radiasi yang diterima pada sudut kemiringan modul surya yang digunakan.

5. *Design load energy* setiap PV Array ( $E_{tot}$ )

Dalam sistem PLTS ditentukan beberapa rangkaian PV Array agar sesuai dengan kapasitas *Solar Charge Controller* (SCC) yang dirancang. Untuk

mengetahui *Design load energy* menggunakan persamaan (2.8) berikut ini [12].

$$\text{Design load energy setiap PV Array} = \frac{E_{tot}}{\text{Jumlah PV Array}} \quad (2.8)$$

Keterangan:

$E_{tot}$  = Total kebutuhan energi harian

#### 6. *Design load* (Ah)

*Design load* (Ah) ialah kebutuhan energi listrik pada satuan Ampere Hour (Ah). Untuk mendapatkan hasil *design load* (Ah) dari pembagian seluruh total kebutuhan energi harian dan tegangan bus DC dengan menggunakan Persamaan (2.9) berikut ini [12].

$$\text{Design Load Ah} = \frac{E_{tot}}{V_{dc}} \quad (2.9)$$

Keterangan:

$E_{tot}$  = Total kebutuhan energi listrik (Ah)

$\eta_{bat}$  = Efisiensi baterai (%)

#### 7. *Required Array Output*

*Required Array Output* ialah nominal daya yang akan disuplai oleh PV Array (dalam satuan Ah) dengan memperhitungkan efisiensi pada sebuah baterai dengan menggunakan Persamaan (2.10) berikut ini [12].

$$\text{Required Array output Ah} = \frac{\text{Design load Ah}}{\eta_{bat}} \quad (2.10)$$

Keterangan:

$E_{tot}$  = Total kebutuhan energi harian (Wh)

$\eta_{bat}$  = Efisiensi baterai (%)

#### 8. *Daily Charge Output* per modul

*Daily Charge Output* ialah energi yang dihasilkan dari modul dalam satu hari (dalam satuan Ah). Untuk menghitung *Daily charge output* pada penelitian ini menggunakan persamaan (2.11) berikut ini:

$$\text{Daily charge output} = (1 - \text{Toleransi pabrik}) \times I_{T.V} \times f_{din} \times H_{tilt} \quad (2.11)$$

Keterangan:

Toleransi pabrik = Toleransi pabrik pada daya keluaran (%)

$I_{T.V}$  = Arus hubung singkat dibawah temperatur operasi (NOCT)  
(A)

$F_{din}$  = Derating faktor karena debu (%)

$H_{tilt}$  = Radiasi tilte angel (kWh/m<sup>2</sup>/hari)

#### 9. *Number of parallel String Required*

*Number of Parallel String Required* ialah jumlah cabang modulsurya yang dihubung secara paralel[12]. Untuk menghitung *Number of parallel String Required* pada penelitian ini menggunakan persamaan (2.12) beikut ini

$$NoPSR = \frac{Required\ Array\ output \times f_0}{Daily\ charge\ output\ per\ modul} \quad (2.12)$$

Keterangan:

Required array output = Arus hubung singkat dibawah temperatur (A)

Daily charge output = Derating faktor karena debu (%)

$f_0$  = Over supply coefisient 1,3 - 2

#### 10. *Number of series modul per string*

*Number of series modul per string* ini disimbolkan dengan  $N_s$ , yaitu jumlah modul surya yang dihubungkan secara seri disetiap cabang,. Jumlah modul surya terhubung seri[12]. Untuk menghitung *Number of Series String Required* pada penelitian ini menggunakan persamaan (2.13) beikut ini:

$$N_s = \frac{Tegangan\ operasi}{Nominal\ module\ voltage} = \frac{V_{DC}}{V_{DC}} \quad (2.13)$$

Keterangan:

$V_{DC}$  = Nominal Tegangan bus DC (V)

$V_{DC}$  = Nominal Tgangan modul (V)

#### 11. *Total number of module in array*

*Total number of modul in array* ini disimbolkan dengan  $N$ , yaitu total modul surya yang digunakan sebuah sistem PLTS. Untuk menentukan jumlah modul surya dapat menggunakan persamaan (2.14) berikut ini[12]:

$$N = N_p \times N_s \quad (2.14)$$

Keterangan:

$N_p$  = Number of paralel strings required

$N_s$  = Numver of series modules per string

## 12. Kapasitas setiap PV Array

Setelah memperoleh jumlah keseluruhan modul surya yang akan digunakan dalam sistem PLTS, maka kapasitas daya dari PV Array pada PLTS dapat dihitung menggunakan persamaan 2.15 berikut ini[12]:

$$P_{pvArray} = \text{Jumlah modul surya} \times \text{Daya per modul} \quad (2.15)$$

## 2.5 Baterai

Baterai adalah suatu alat penyimpan energi listrik yang dapat diisi (charge) setelah energi digunakan. Kapasitas atau kemampuan penyimpanan energi ditentukan oleh semua komponen didalam baterai seperti jenis material yang digunakan dan jenis elektrolitenya. . Tipe baterai yang sering digunakan pada sistem *off-grid* adalah tipe baterai *Lead Acid*.

Dalam merancang kapasitas baterai untuk sistem PLTH penting untuk memperhatikan hal-hal berikut ini:

### 2.5.1 *Desaign Load* (Ah)

*Desaign Load* ialah kebutuhan energi listrik dalam satuan Ampere hour (Ah). Untuk menghitung daya dalam satuan ampere dapat menggunakan persamaan (2.16) berikut ini[12]:

$$Q = \frac{E_{tot}}{V_{DC}} \quad (2.16)$$

Keterangan:

$E_{tot}$  = Total kebutuhan energi harian

$V_{DC}$  = Tegangan inverter yang digunakan

### 2.5.2 *Days of Autonomy* ( $T_{aut}$ )

*Days of Autonomy* ialah target total operasi maksimum baterai tanpa masukan energi dari PV array sebelum melampaui DoD maksimum baterai. Untuk sistem

PLTH dengan kontrol otomatis dapat menggunakan waktu otonomi dari 2 hingga 3 hari[12].

### 2.5.3 Maximum Depth of Discharge (DoDmax)

*Maximum Depth of Discharge* ialah pengisian baterai maksimum yang diizinkan untuk digunakan. Misalnya, penarikan muatan listrik sebesar 50 Ah dari baterai dengan kapasitas 100Ah, maka Dod sebesar 50%.

### 2.5.4 Kapasitas Baterai Pada Nominal Baterai Discharge Rate ( $C_x$ )

Untuk mengetahui  $C_x$  perlu memperhatikan durasi beban dan beban maksimum, discharge rate 100 jam tepat untuk kebutuhan beban rendah dan discharge rate 20 jam baik digunakan untuk beban tinggi[12].

### 2.5.5 Faktor Koreksi Temperatur

Untuk faktor koreksi temperatur baterai dengan discharge rate 20 jam adalah sebesar 98% [12].

### 2.5.6 Kapasitas Baterai Yang Diperlukan

Untuk menghitung kapasitas baterai yang diperlukan dalam sistem PLTH menggunakan persamaan (2.17) berikut ini:

$$E_{baterai} = \frac{Q \times T_{aut}}{DoD_{max} \times \text{Faktor koreksi temperatur}} \quad (2.17)$$

### 2.5.7 Jumlah Baterai Dihubung Seri

Untuk mengitung jumlah baterai yang dihubung seri menggunakan persamaan (2.18) berikut ini:

$$\text{Jumlah baterai seri} = \frac{V_{dc(\text{inverter})}}{V_{dc(\text{baterai})}} \quad (2.18)$$

### 2.5.8 Jumlah Baterai Dihubung Paralel

Untuk menghitung jumlah baterai yang dihubung paralel menggunakan persamaan (2.19) berikut ini:

$$\text{Jumlah baterai paralel} = \frac{\text{Kapasitas baterai diperlukan}}{\text{kapasitas pada } C_x} \quad (2.19)$$

## 2.6 Inverter

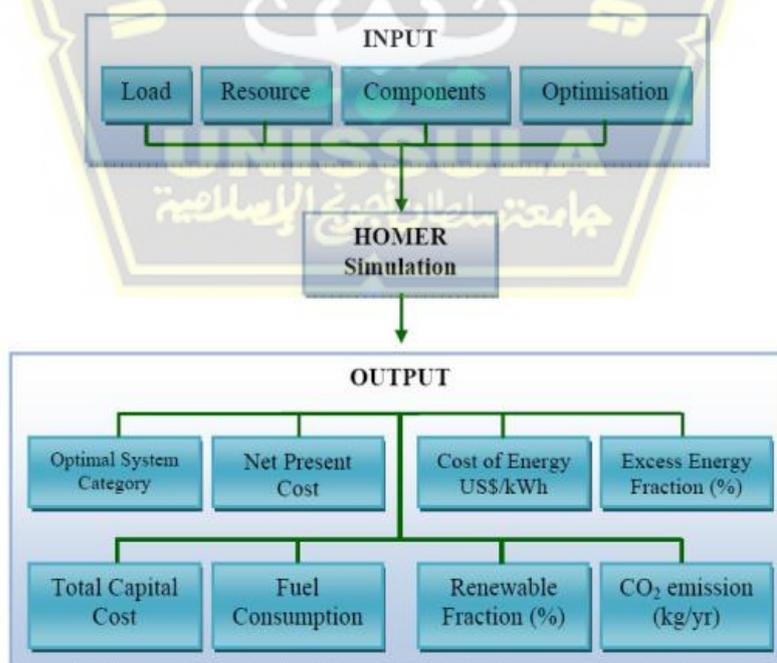
Inverter digunakan dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* untuk mengubah listrik DC ke listrik AC. Dalam menentukan ukuran inverter menggunakan *oversupply coefficient* ( $f_0$ ) dengan persamaan (2.20) berikut ini:

$$E_{\text{inverter}} = \text{Peak load} \times f_0 \quad (2.20)$$

## 2.7 Software HOMER

HOMER adalah perangkat lunak yang digunakan untuk merancang dan menganalisis sistem energi hibrida dan dikembangkan oleh National Renewable Energy Laboratory (NREL), Amerika Serikat. HOMER mensimulasikan sistem tenaga listrik dan biaya selama operasi, yang merupakan biaya total pemasangan dan biaya operasi sistem. Selain itu, HOMER memiliki banyak pilihan desain sistem yang dapat digunakan berdasarkan keuntungan teknis dan nilai ekonomi.

Gambar 2.5 berikut ini merupakan simulasi dan optimasi pada *software* HOMER:



**Gambar 2.5** simulasi dan optimasi HOMER

Dalam pengoperasiannya, HOMER melakukan 3 tugas utama, yaitu:

1. Simulasi

HOMER mensimulasikan kinerja dari konfigurasi sistem per jam selama satu tahun untuk mengetahui kelayakan teknis dan biaya pengoperasiannya.

2. Optimalisasi

Dalam optimasi, HOMER mensimulasikan beragam konfigurasi sistem yang berbeda untuk menemukan konfigurasi sistem yang optimal dengan biaya operasional yang rendah.

3. Analisa sensitivitas

Dalam analisa sensitivitas, HOMER melakukan beberapa optimasi berdasarkan asumsi masukan untuk mengukur efek ketidakpastian atau perubahan pada model masukan. Optimasi menentukan nilai yang optimal dari variabel dimana perancang sistem memiliki kendali atas penentuan komponen-komponen yang akan membentuk sistem baik dalam ukuran maupun kuantitas. Analisis sensitivitas dapat membantu menilai dampak ketidakpastian atau perubahan pada variabel dimana perancang memiliki kendali dalam perubahan variabel[15].

Sistem mikropower adalah sistem yang dapat menghasilkan listrik yang berfungsi untuk melayani beban terhubung ke *grid* maupun otonom (tidak terhubung ke jaringan apapun). HOMER dapat mensimulasikan berbagai koneksi jaringan yang berbeda, baik terhubung ke jaringan (*on grid*) atau tidak terhubung ke jaringan (*off grid*). Sistem mikropower yang melayani beban listrik terdiri dari kombinasi modul photoltaik (PV), turbin angin, hidro kecil, tenaga biomassa, mesin generator, bahan bakar minyak, baterai, dan penyimpanan hidrogen.

Kelebihan dari *software* HOMER adalah:

1. Dapat mensimulasikan sistem selama setahun untuk mengetahui teknik kelayakan dan biaya pengoperasian.
2. Dapat digunakan untuk menentukan konfigurasi sistem terbaik dan biaya operasional terendah.

3. Perancang sistem memiliki kontrol penuh dalam menentukan komponen yang akan digunakan dalam sistem, baik dari segi ukuran maupun kualitas komponen.
4. Dapat mengoptimalkan dalam perubahan model masukan.
5. Dapat membantu menilai dampak ketidakpastian atau perubahan variabel.

### 2.8.1 Komponen *Software* HOMER

Dalam *software* HOMER, komponen adalah bagian dari sistem yang menghasilkan, memasok, mengubah, atau menyimpan energi. HOMER telah mengonfigurasi 10 jenis komponen yang terdiri dari 4 bagian yaitu bagian energi terbarukan, bagian konversi energi listrik menjadi bentuk lain, bagian menyimpan energi, dan bagian sumber energi yang dapat disalurkan.

1. Komponen sumber energi terbarukan yang dapat menghasilkan energi listrik.
  - a. Photovoltaic  
Photovoltaic adalah untuk mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik DC.
  - b. Turbin angin  
Turbin angin untuk mengkonversi energi angin menjadi energi listrik AC atau DC.
  - c. Turbin air  
Turbin air untuk mengkonversi energi air menjadi energi listrik AC atau DC. HOMER hanya dapat memodelkan instalasi sistem hidro *run of* sungai yang berarti tidak terdiri dari penyimpanan waduk.
2. Komponen yang dapat dikirimkan sumber energi (sistem dapat mengontrol sesuai kebutuhan)
  - a. Generator  
Generator mengkonsumsi bahan bakar untuk menghasilkan energi listrik AC atau DC. Selain itu generator dapat menghasilkan daya termal melalui pemulihan limbah panas.
  - b. Grid

Grid memasok listrik ke sistem yang terhubung ke jaringan dan juga dapat menerima kelebihan listrik dari sistem.

c. Boiler

Boiler menggunakan bahan bakar untuk menghasilkan tenaga panas.

3. Komponen yang dapat mengubah energi listrik menjadi bentuk lain

a. Konverter

Konverter mengubah energi listrik AC ke DC atau sebaliknya dari energi listrik DC ke AC.

b. Elektroliser

Mengkonversi kelebihan energi listrik AC atau DC menjadi hidrogen dengan elektrolisis air. Sistem ini dapat menyimpan hidrogen dan dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk satu generator atau lebih.

4. Komponen untuk menyimpan energi

a. Baterai

Baterai untuk menyimpan energi listrik DC.

b. Tangki hidrogen

Tangki hidrogen untuk menyimpan hidrogen dari elektrolizer untuk bahan bakar satu generator atau lebih[16].

## 2.8 Menghitung Nilai Ekonomi

Nilai ekonomi mempunyai peran penting dalam proses simulasi HOMER, di mana selama pengoperasiannya akan mencari konfigurasi sistem dengan total biaya bersih sekarang (*Net Present Cost*) terendah. Energi terbarukan dan sumber energi yang tidak terbarukan memiliki karakteristik biaya yang berbeda. Energi terbarukan memiliki biaya modal yang tinggi dan biaya operasi yang rendah, sementara sumber energi yang tidak terbarukan memiliki biaya modal yang rendah dan biaya operasi yang tinggi. Proses optimasi ini akan mempertimbangkan semua biaya, termasuk biaya siklus hidup peralatan dan biaya lainnya.

### 2.8.1 Total Biaya Bersih Masa Kini

Total biaya bersih masa kini dari sistem adalah nilai tunai dari semua biaya yang dikeluarkan selama masa pakai dikurangi nilai sekarang dari semua pendapatan yang diperoleh selama masa pakai. Biaya termasuk biaya modal, biaya penggantian, biaya O&M, biaya bahan bakar, denda emisi dan biaya pembelian grid, sementara yang mencakup pendapatan adalah nilai sisa dan pendapatan dari penjualan listrik ke grid, HOMER menghitung NPC menggunakan persamaan (2.21):

$$C_{NPC} = \frac{C_{ann,tot}}{CRF (i.Rproj)} \quad (2.21)$$

Keterangan:

- $C_{ann,tot}$  : total biaya tahunan (Rp/tahun)  
 $CRF$  : faktor pemulihan modal  
 $i$  : tingkat bunga (%)  
 $R_{proj}$  : umur/masa manfaat proyek (tahun)

Total biaya bersih saat ini adalah keluaran nilai ekonomi utama dari *Software* HOMER. HOMER mengatur peringkat semua sistem berdasarkan total biaya tunai bersih.

$$NPC = NPV_{PV} + NPV_{TA} + NPV_{BATT} + NPV_{INV} \quad (2.22)$$

### 2.8.2 Syarat Batas Biaya Energi (*Levelized Cost Of Energy*)

*Levelized cost of energy* (COE) didefinisikan sebagai biaya rata-rata per kWh produksi listrik yang digunakan oleh sistem. Untuk menghitung COE, biaya tahunan produksi listrik dibagi dengan total energi listrik yang dihasilkan, dengan persamaan (2.23) berikut ini.

$$COE = \frac{C_{ann,tot} - C_{boiler} - E_{thermal}}{E_{primAC} + E_{primDC} + E_{def} + E_{grid-sales}} \quad (2.23)$$

Keterangan :

- $C_{ann,tot}$  : total biaya tahunan (Rp/tahun)  
 $C_{boiler}$  : margin biaya boiler (Rp/kWh)  
 $E_{thermal}$  : total beban thermal yang terpenuhi (kWh/tahun)

- $E_{prim.AC}$  : beban AC utama yang terpenuhi (kWh/tahun)  
 $E_{prim.DC}$  : beban DC utama yang terpenuhi (kWh/tahun)  
 $E_{def}$  : beban *deferrable* yang terpenuhi (kWh/tahun)  
 $E_{grid.sales}$  : total penjualan grid (kWh/tahun)

Atau dengan rumus lain

$$COE = \frac{NPC \times CRF}{\text{Kebutuhan energi pertahun}} \quad (2.24)$$

### 2.8.3 Biaya Penggantian Tahunan (*Annualized Replacement Cost*)

*Annualized replacement cost* adalah biaya tahunan dari semua biaya penggantian yang terjadi selama masa pakai sistem, dikurang nilai sisa pada akhir masa proyek, ditunjukkan dalam persamaan (2.25).

$$C_{arep} = C_{rep} \cdot f_{rep} \cdot SFF(i, R_{comp}) - S \cdot SSF(i, R_{proj}) \quad (2.25)$$

Keterangan:

- $C_{arep}$  : Biaya total penggantian system tahunan (\$/tahun)  
 $C_{rep}$  : Biaya penggantian system (\$/tahun)  
 $f_{rep}$  : Faktor timbul dikarenakan masa pakai komponen  
 $SFF$  : Faktor dana komponen

### 2.8.4 Faktor Pemulihan Modal (*Capital Recovery Factor*)

*Capital recovery factor* adalah rasio yang digunakan untuk menghitung nilai sekarang dari anuitas (serangkaian besar arus kas tahunan). Menghitung faktor pemulihan modal menggunakan Persamaan (2.26) berikut ini.

$$CRF(i, N) = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \quad (2.26)$$

dengan :

- $N$  : Jumlah tahun  
 $i$  : Tingkat suku bunga

### 2.8.5 Biaya Operasi dan Perawatan (*O&M Cost*)

Biaya operasi dan perawatan tetap sistem adalah biaya tahunan yang terjadi sesuai dengan ukuran atau konfigurasi sistem pembangkit. Biaya ini digunakan

untuk menghitung biaya modal tahunan lainnya, yang juga mempengaruhi total biaya bersih sekarang dari tiap sistem.

Biaya O&M lainnya adalah jumlah biaya tetap O&M sistem, penalti karena kurangnya kapasitas, dan penalti untuk emisi. Menghitung biaya O&M HOMER menggunakan persamaan (2.27)

$$C_{om,other} = C_{om,fixed} + C_{cs} + C_{emission} \quad (2.27)$$

dengan :

- $C_{om,fixed}$  : Biaya tetap O&M system (Rp/tahun)  
 $C_{cs}$  : Pinalti untuk kekurangan kapasitas (Rp/tahun)  
 $C_{emission}$  : Pinalti untuk emisi (Rp/tahun)

### 2.8.6 Nilai Sisa (*Salvage*)

Nilai sisa adalah nilai yang tersisa dalam komponen sistem daya pada akhir masa proyek. HOMER mengasumsikan penyusutan komponen linier, yang berarti bahwa nilai penyelamatan suatu komponen berbanding lurus dengan sisa hidupnya. Ini juga mengasumsikan bahwa nilai penyelamatan tergantung pada biaya penggantian daripada biaya modal awal. HOMER menghitung nilai sisa menggunakan persamaan (2.28) berikut

$$S = C_{rep} \frac{R_{rem}}{R_{comp}} \quad (2.28)$$

$R_{rem}$ , sisa umur komponen pada akhir masa proyek, dicari dengan persamaan (2.29)

$$R_{rem} = R_{comp} - (R_{proj} - R_{rep}) \quad (2.29)$$

$R_{rep}$ , durasi biaya penggantian, dicari dengan persamaan (2.30).

$$R_{rep} = R_{comp} \cdot \text{INT} \left( \frac{R_{proj}}{R_{comp}} \right) \quad (2.30)$$

Keterangan:

$C_{rep}$  = biaya penggantian [Rp]

$R_{comp}$  = umur komponen [tahun]

$R_{proj}$  = umur proyek [tahun]

$\text{INT}()$  = fungsi yang mengembalikan jumlah integer dari bilangan real; misalnya,  $\text{INT}(6.843) = 6$

### 2.8.7 Equal Payment – Series Present Worth Factor

Faktor ini diperlukan untuk menentukan nilai Principal (P) dari sejumlah aliran kas yang bersifat *uniform* serial A setiap akhir period ke n dengan tingkat suku bunga i tertentu .

$$P = A \left( \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right) \quad (2.31)$$

dengan :

A = Arus tunai setiap periode

P = Nilai sekarang

i = Tingkat bunga

n = Jumlah periode

### 2.8.8 Single Payment Present Worth Factor

Single payment present worth factor, yang digunakan untuk menentukan nilai *principal* dari sejumlah *future* selama n periode pada tingkat bunga i.

$$P = A \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (2.32)$$

### 2.8.9 Single Payment Compound Ammount Factor

Single payment compound amount factor, yang digunakan untuk menentukan nilai *future* dari sejumlah *principal* selama n periode pada tingkat bunga i.

$$F = P(1 + i)^n \quad (2.33)$$

dengan :

F = Nilai masa depan

P = Nilai sekarang

i = Tingkat bunga

n = Jumlah periode

### 2.8.10 Net Present Value (NPV)

*Net Present Value Analysis* (Analisis Nilai Sekarang) adalah metode studi ekonomi teknik yang didasarkan kepada keekivalenan nilai dari seluruh *cashflow* (*cash inflow* ataupun *cash outflow*) pada suatu titik waktu relatif yang disebut waktu

sekarang (*present*). Jadi, nilai Sekarang (PV, *Present Value*) adalah nilai ekuivalen pada waktu 0 (sekarang) dari serangkaian arus kas. Dalam metode ini satu rupiah nilai uang sekarang lebih berharga dari satu rupiah nilai uang dikemudian hari, karena uang tersebut dapat diinvestasikan secara ditabung atau didepositokan dalam jangka waktu tertentu dan akan mendapatkan tambahan keuntungan dari bunga. Metode NPV biasa digunakan pada analisis dari berbagai usulan alternatif biaya maupun studi kelayakan investasi. NPV seringkali lebih dipilih daripada metode lain untuk mengukur “nilai proyek” karena biasanya relatif lebih mudah untuk digunakan, dan cukup bermanfaat secara intuitif.

Untuk memperoleh NPV sebagai fungsi dari  $i\%$ , serangkaian aliran kas masuk (*cash inflow*) dan aliran kas keluar (*cash outflow*), yang berada pada periode di depan titik sekarang perlu didiskon (dikalikan faktor bunga) ke masa sekarang dengan menggunakan suatu tingkat bunga ( $MRRR=i\%$ ) selama periode penelaahan ( $n$ ).

$$NPV (i\%) = \sum_{t=0}^n CF_t (1 + i)^{-t} \quad (3.33)$$

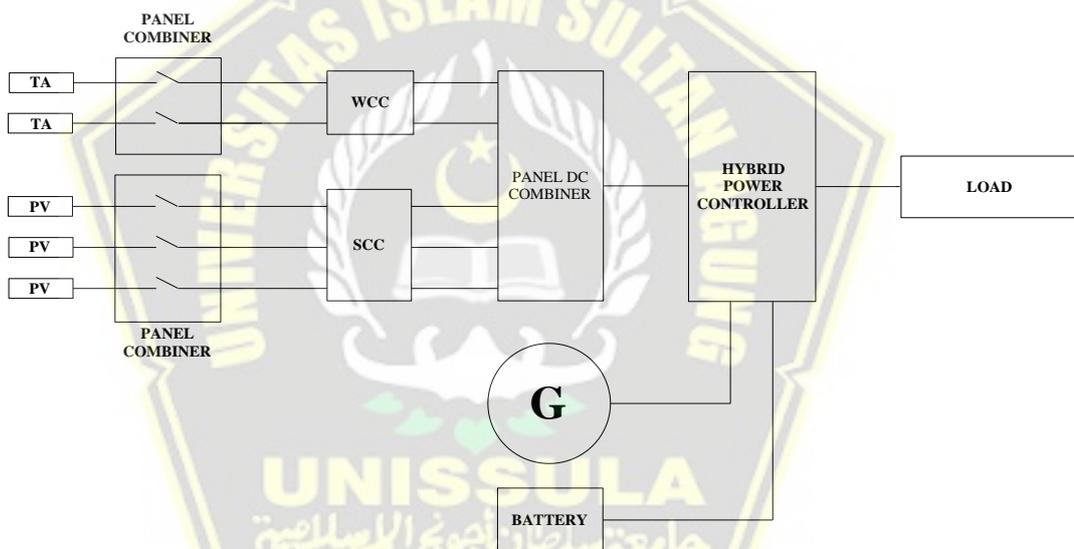
dengan :

- $i$  = tingkat bunga efektif (MRRR) pertahun (per periode pemajemukan)
- $t$  = indeks periode pemajemukan
- $CF_t$  = arus kas pada periode  $t$
- $n$  = periode penelaahan

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Model Penelitian

Desain sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) yang akan dirancang adalah sistem *Off Grid*, sistem *Off Grid* yaitu suatu pembangkitan yang bersifat mandiri dan tidak terhubung dengan jaringan listrik dari PLN. Ada beberapa komponen utama yang akan digunakan dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) yang dirancang antara lain turbin angin, panel surya, baterai, dan konverter/inverter. Adapun untuk desain sistem PLTH yang akan dirancang dapat dilihat pada Gambar 3.1



**Gambar 3.1** Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH)

### 3.2 Lokasi Penelitian

Studi Kelayakan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid ini berlokasi di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak. Pelabuhan berdiri sejak tahun 1999, Letak geografis Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak berada pada 110.544491 BT dan -6.821972 LS di Desa Purworejo, Kecamatan Bonang, Kabupaten Demak dengan panjang pantai 34,1 Km. Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak memiliki kondisi tanah yang sebagian besar terdiri dari

campuran lumpur dan pasir halus. Lokasi tersebut bisa dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini:



**Gambar 3.2** Lokasi Penelitian Pelabuhan Perikanan Pantai Morodemak

Adapun alasan pemilihan lokasi ini adalah pada lokasi tersebut terdapat potensi energi angin dan matahari yang optimal untuk dijadikan pembangkit listrik guna mandiri dalam penggunaan energi.

### 3.3 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Satu unit laptop dengan spesifikasi sebagai berikut:
  - a. Processor Intel(R) Pentium(P) CPU @2.40GHz
  - b. Sistem Operasi Windows 10 Pro
2. *Software* HOMER
3. *Microsoft office excel 2016*

### 3.4 Data Penelitian

Pada penelitian melakukan pengumpulan data sebagai nilai masukan pada desain sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) yang dirancang dengan menggunakan *software* HOMER.

Pada penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung di lokasi penelitian. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung atau melalui media perantara.

Adapun data primer yang dimaksud adalah data beban energi listrik sedangkan data sekunder adalah data potensi energi angin, data potensi energi matahari, serta data harga dan spesifikasi komponen.

### 3.3.1 Beban Energi Listrik

Dalam penelitian ini data beban energi listrik didapat dari Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak secara langsung. Data beban energi listrik disini adalah beban energi listrik (kWh) perbulan dalam satu tahun yaitu pada tahun 2020. Untuk daya listrik yang terpasang pada setiap kantor di kawasan Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak adalah sebagai berikut.

**Tabel 3.1** Daya listrik terpasang

NO	Nama Kantor	Daya VA
1	Pos Jaga Pelabuhan	450
2	Pos Syahbandar	1300
3	Kantor TPI	2200
4	Disan Kelautan Perikanan	3500
5	Kantor PPP Morodemak	5500

Kemudian, dari data daya yang terpasang diambil data konsumsi energi listrik perbulan dalam satu tahun dari setiap kantor. Tabel 3.2 berikut adalah konsumsi energi listrik perbulan dalam satu tahun di setiap kantor.

**Tabel 3.2** Beban Energi Listrik perbulan

Bulan	Beban Energi Listrik (kWh)				
	Pos Jaga	Pos Syahbandar	TPI dan Kantor TPI	Dinas Kelautan Perikanan	Kantor PPP Morodemak
Januari	292	292	415,9	461,9	461,9
Februari	292	292	415,9	461,9	461,9
Maret	185,9	185,9	417,7	461,9	461,9
April	292	292	417,7	926,6	926,6
Mei	292	292	417,7	926,6	926,6
Juni	146	146	417,7	461,9	926,6
Juli	146	146	415,9	926,6	926,6
Agustus	146	146	415,9	461,9	461,9
September	292	292	415,9	926,6	926,6
Oktober	292	292	417,7	461,9	461,9
November	292	292	417,7	926,6	926,6
Desember	292	292	417,7	461,9	461,9

### 3.3.2 Data Potensi Energi Angin

Dalam penelitian ini data kecepatan angin didapat dari *NASA Surface Meteorology and solar energy database*, *wind speed* dengan menitik koordinatkan lokasi penelitian yaitu Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak. Gambar 3.3 Berikut ini merupakan data rata-rata kecepatan angin yang didapat.

**Gambar 3.3** Grafik Kecepatan Angin di Pelabuhan Perikanan Pantai Morodemak

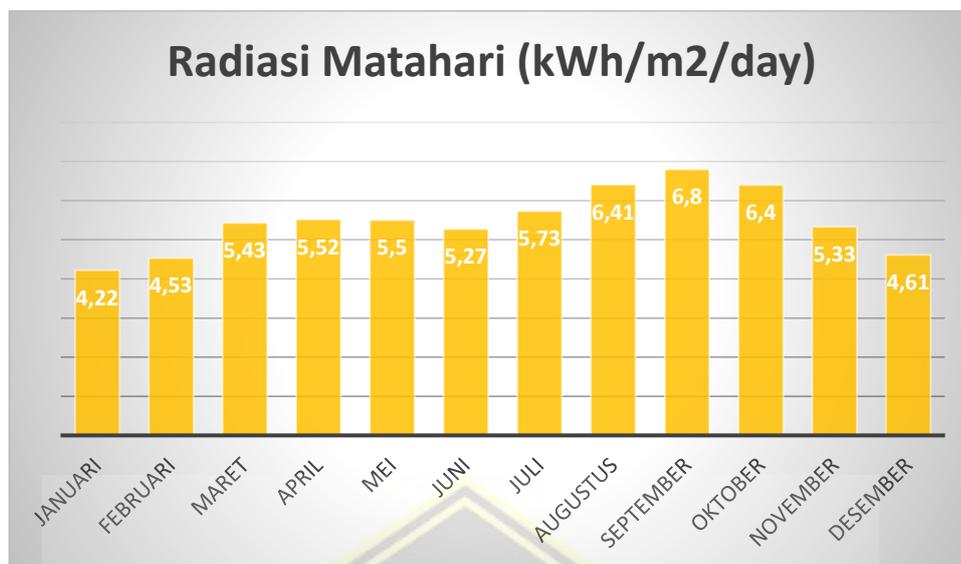
Gambar 3.3 menunjukkan kecepatan angin di Pelabuhan Perikanan Pantai Morodemak yang didapat peneliti melalui *NASA Surface Meteorology and solar energy database, wind speed*. Kecepatan angin yang didapat sangat beragam antara 3-6 m/s perbulan dalam satu tahun. Kecepatan terendah terdapat pada bulan maret yaitu 3,11m/s dan kecepatan angin tertinggi terdapat pada bulan Juli yaitu 6,2m/s Dengan nilai kecepatan angin yang dihasilkan diobyek penelitian dapat digunakan untuk memutar turbin angin. Adapun untuk tabel kecepatan angin dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut ini.

**Tabel 3.3** Kecepatan angin perbulan

Bulan	Kecepatan Angin (m/s <sup>2</sup> )
Januari	4,120
Februari	4,250
Maret	3,110
April	3,380
Mei	4,790
Juni	5,470
Juli	6,200
Agustus	6,130
September	5,120
Oktober	3,910
November	3,340
Desember	3,210

### 3.3.3 Data Potensi Energi Matahari

Dalam penelitian ini potensi energi surya didapat dari *NASA Surface Meteorology and solar energy database*, dengan menitik koordinatkan obyek penelitian di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak. Gambar 3.4 Berikut adalah data rata-rata radiasi matahari yang didapat.



**Gambar 3.4** Grafik Radiasi Matahari di Pelabuhan Perikanan Pantai Morodemak

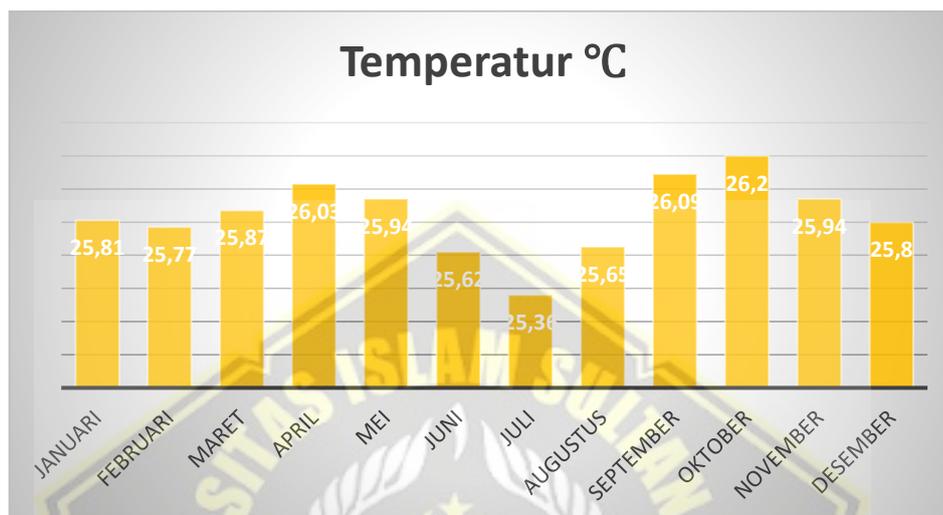
Gambar 3.3 menunjukkan radiasi matahari di Pelabuhan Perikanan Pantai Morodemak yang didapat peneliti melalui *NASA Surface Meteorology and solar energy database*. Bahwa radiasi matahari yang didapat sangat beragam sekitar antara 4 sampai 6 kWh/m<sup>2</sup>/day. Untuk radiasi matahari tertinggi terdapat pada bulan September yaitu sebesar 6,800 kWh/m<sup>2</sup>/day dan untuk radiasi terendah pada bulan Januari yaitu sebesar 4,220 kWh/m<sup>2</sup>/day. Data radiasi matahari ditunjukkan pada Tabel 3.4.

**Tabel 3.4** Data radiasi matahari perbulan

Bulan	Clearness index	Daili Radiation (kWh/m <sup>2</sup> /day)
Januari	0,394	4,22
Februari	0,42	4,53
Maret	0,516	5,43
April	0,562	5,52
Mei	0,612	5,5
Juni	0,619	5,27
Juli	0,659	5,73
Augustus	0,681	6,41
September	0,667	6,8
Oktober	0,602	6,4
November	0,499	5,33
Desember	0,433	4,61

### 3.3.4 Data Temperatur

Untuk mendapatkan nilai temperatur, perlu mengetahui titik koornidat lokasi penelitian kemudian pada *software* HOMER tersedia tool temperatur dan memilih untuk *download from internet*. Gambar 3.5 berikut ini adalah data temperatur yang didapatkan.



**Gambar 3.5** Grafik Temperatur Udara di Pelabuhan Perikanan Pantai Morodemak

Gambar 3.5 menunjukkan bahwa temperatur udara yang disebabkan radiasi matahari dalam setahun sekitar antara 25-26°C. Untuk temperatur udara tertinggi terdapat pada bulan Oktober yaitu sebesar 26,20°C dan untuk radiasi terendah pada bulan Juli yaitu sebesar 25.36°C.

**Tabel 3.5** Temperatur udara

Bulan	Temperatur (°C)
Januari	25,810
Februari	26,270
Maret	25,870
April	26,030
Mei	25,940
Juni	25,620
Juli	25,360
Agustus	25,650
September	26,090

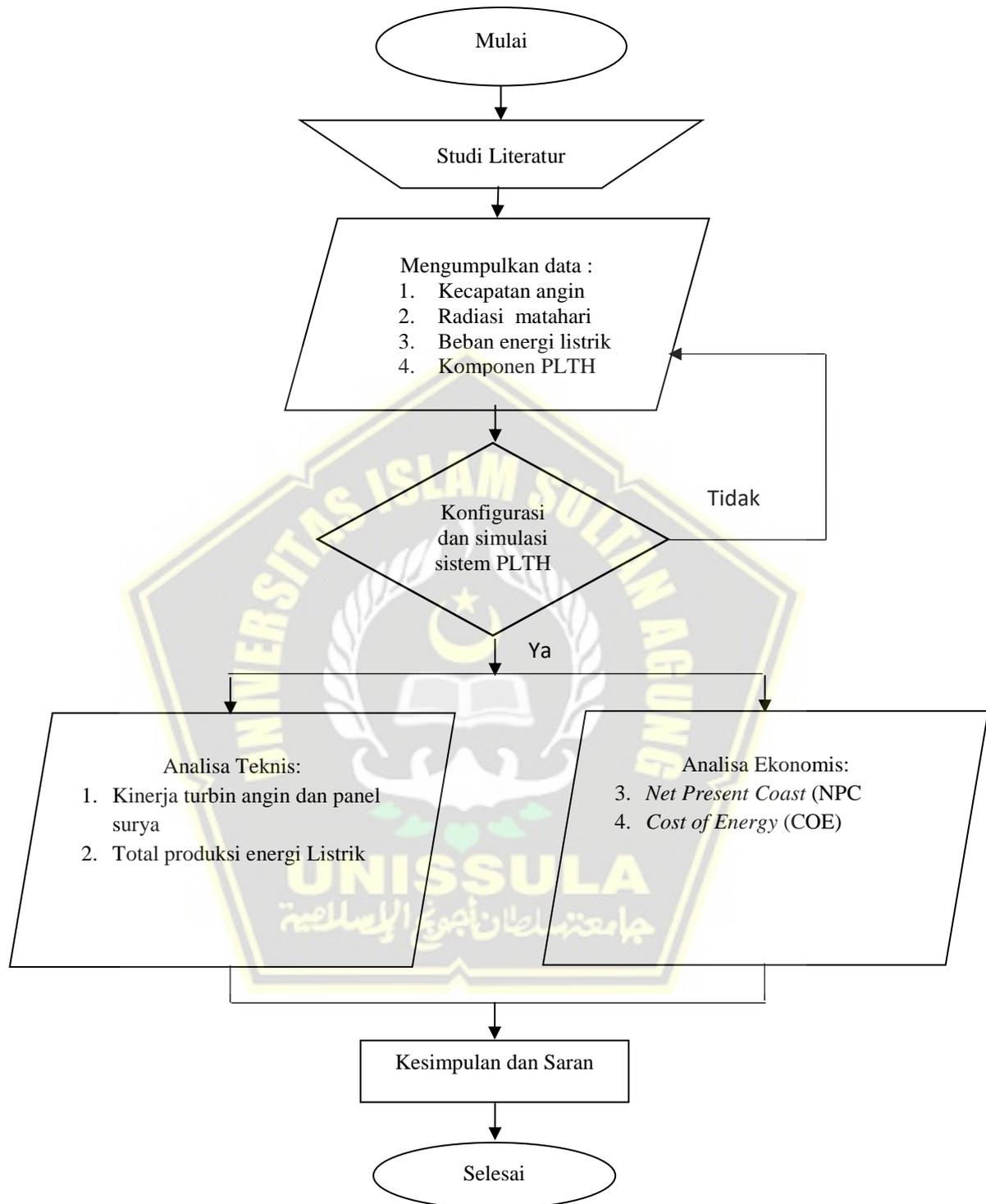
<i>Oktober</i>	<i>26,200</i>
<i>November</i>	<i>25,940</i>
<i>Desember</i>	<i>25,800</i>

### 3.5 Langkah-langkah Penelitian

Setelah memperoleh data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, maka selanjutnya akan dilakukan simulasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) dengan menggunakan *software* HOMER untuk mengetahui layak atau tidak sistem yang akan dirancang. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengolah data beban energi listrik yang diperoleh di lokasi penelitian dengan menggunakan *Microsoft Excel 2016* untuk mengetahui beban energi listrik keseluruhan dan mengetahui beban puncak energi listrik perhari, serta mengetahui beban energi listrik per jam.
2. Menentukan konfigurasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) yang akan di rancang dengan menggunakan standard AS/NZS 4509.2:2010 tentang *stand alone power system*.
3. Menentukan persentase pembagian beban energi listrik dari sistem yang akan dirancang.
4. Menentukan spesifikasi komponen utama sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) yang akan di rancang berdasarkan potensi energi yang ada di lokasi penelitian dan beban energi listrik yang dibutuhkan.
5. Melakukan tahapan simulasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) yang akan di rancang dengan menggunakan *software* HOMER diantaranya adalah memasukkan titik koordinat untuk mendapatkan data potensi energi, memasukkan beban energi listrik yang sudah diolah, dan memasukkan data komponen utama sistem PLTH.

### 3.6 Flowchart



## BAB IV HASIL DAN ANALISA

### 4.1 Mengolah Data Beban Energi Listrik

Data beban energi listrik perbulan dalam satu tahun di setiap kantor yang di tampilkan pada Tabel 3.3 akan diolah untuk mendapatkan data rata-rata beban energi listrik per jam dalam sehari yang nantinya akan diinput ke *software* HOMER dalam simulasi.

Untuk mengetahui beban energi listrik per jam dalam satu hari yang pertama dengan mejumlahkan semua beban energi listrik perbulan di setiap kWh meter yang terpasang. Berikut ini merupakan perhitungan total beban energi listrik bulan januari dari semua kWh meter yang terpasang.

$$\begin{aligned} \text{Total beban energi listrik bulan januari} &= \text{Beban energi listrik pos jaga} + \text{Pos} \\ &\quad \text{Syahbandar} + \text{TPI} + \text{DKP} + \text{PPP} \\ &= 292 + 190,7 + 415,9 + 461,9 + 461,9 \\ &= 1822,4 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut didapat total beban energi listrik pada bulan Januari dari semua kWh meter yang terpasang. Adapun untuk total beban energi listrik pada bulan yang lain dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

**Tabel 4.1** Total semua beban energi listrik

Bulan	Beban Energi Listrik (Wh)
Januari	1822,4
Februari	1822,4
Maret	1718,1
April	3036,7
Mei	3036,7
Juni	2142,9
Juli	2605,8
Agustus	1676,4
September	2751,8
Oktober	1824,2
November	2753,6
Desember	1824,2

Setelah mendapatkan total beban energi listrik perbulan dari semua kWh meter yang terpasang kemudian untuk mengetahui rata-rata beban energi listrik per hari yaitu dengan membagi total beban energi listrik perbulan dengan 30 hari. Berikut ini adalah sampel perhitungan untuk mengetahui rata-rata beban energi listrik per hari.

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata beban energi listrik perhari pada bulan januari} &= \frac{1822,4}{30} \\ &= 60,75 \text{ kW/hari} \\ &= 60.750 \text{ Watt/hari} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut didapat rata-rata beban energi listrik perhari pada bulan januari adalah 60,75 kW/hari atau 60.750 Watt/hari.

Setelah mendapatkan rata-rata beban energi listrik perhari pada tiap bulan dari semua kWh meter yang terpasang kemudian untuk mendapatkan rata-rata beban energi listrik perjam dalam satu hari adalah dengan membagi 24 (satu hari=24 jam). Berikut adalah sampel perhitungan untuk mengetahui rata-rata beban per jam dalam satu hari.

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata beban energi listrik perjam pada bulan januari} &= \frac{60,75}{24} \\ &= 2,53 \text{ kW/jam} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut didapat rata-rata beban energi listrik perjam pada bulan januari adalah 2,53 kW/jam. Untuk data rata-rata beban energi listrik perhari dan perjam pada setiap bulan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Rata-rata beban energi listrik perhari dan perjam

Bulan	Beban Energi Listrik Perhari (Watt/hari)	Beban Energi Listrik Perjam (Watt/jam)
Januari	60.746	2.531
Februari	60.746	2.531
Maret	57.270	2.386
April	101.223	4.217
Mei	101.223	4.217
Juni	71.430	2.976
Juli	86.860	3.619
Agustus	55.880	2.328
September	91.726	3.821
Oktober	60.806	2.533
November	91.786	3.824
Desember	60.806	2.533

Pada Tabel 3.8 dapat dilihat bahwa beban energi listrik perhari dan perjam pada setiap bulannya sangat beragam. Untuk beban puncak energi listrik di lokasi penelitian terdapat pada bulan April dan Mei yaitu untuk beban puncak energi listrik perhari sebesar 101.223Watt/hari dan untuk beban puncak energi listrik perjam sebesar 4.217Watt/hari. Beban puncak energi listrik tersebut yang akan digunakan peneliti sebagai masukan beban energi listrik pada *software* HOMER.

#### 4.2 Menentukan Konfigurasi Sistem

Dalam menentukan konfigurasi sistem PLTH yang akan dirancang peneliti menggunakan standard AS/NZS 4509.2:2010 tentang *stand alone power system* dengan menentukan beberapa hal berikut ini:

1. Menentukan efisien inverter

Inverter yang digunakan dalam penelitian ini adalah inverter Leonics dengan efisiensi 95,30%. Namun untuk mencegah penurunan efisiensi selama umur inverter maka digunakan efisiensi 90% karena akan mempengaruhi produksi energi listrik.

2. *Design Load Energy*

*Design Load energy* adalah kebutuhan listrik total yang akan disuplai oleh pembangkit. Untuk mencegah permintaan beban listrik yang meningkat selama umur proyek, maka beberapa komponen harus menggunakan kapasitas yang lebih besar dalam merancang. Dan untuk mencegah besarnya biaya modal awal maka cukup meningkatkan total beban keseluruhan sebesar 25%. Adapun beban harian pada Pelabuhan Perikanan Pantai Morodemak sebesar 101,223kWh/hari, maka 25% dari total beban harian sebesar 25,305kWh/hari.

**Tabel 4.3** *Design load energy system* PLTH

Beban	Jumlah Kantor	Rata-rata beban perhari (kW/hari)	Total Beban perhari (kW/hari)
Pelabuhan	5	20,244	101,223
Cadangan Energi 25%			25,305
Total			121,467

Kehilangan energi yang akan menjadi perhitungan ini adalah inverter, sehingga suplai listrik harus lebih besar dari kebutuhan energi beban. Untuk *design load energy* menggunakan persamaan 2.5

$$E_{tot} = \frac{E}{\eta_{inv}}$$

$$= \frac{121.467}{90\%}$$

$$= 134.963Wh$$

### 3. Menentukan Nominal Tegangan bus DC

Tujuan menentukan nominal tegangan bus DC adalah sebagai referensi tegangan untuk setiap komponen yang terhubung ke jalur bus DC. Untuk nominal tegangan bus DC berdasarkan AS/NZS 4509.2:2010 ditentukan oleh peneliti yaitu 480V, tegangan ini dipilih karena menyesuaikan tegangan operasi dari inverter yang digunakan.

### 4. Menentukan konfigurasi sistem

Konfigurasi sistem yang umum digunakan, yaitu konfigurasi parallel, seri, dan switched. Untuk konfigurasi sistem yang digunakan pada penelitian adalah parallel, karena mempunyai keandalan sistem yang baik, dan pada konfigurasi sistem ini hanya menggunakan satu buah inverter central dengan bekerja dua arah (*bi-directional*) sehingga biaya modal awal serta biaya operasi dan perawatan tidak begitu besar.

Dari tahapan diatas maka konfigurasi umum sistem PLTH mendapatkan hasil yang akan ditunjukkan pada Tabel.4.4 berikut ini:

**Tabel 4.4** Konfigurasi Sistem PLTH

Jenis	Simbol	Nilai	Satuan
Efisiensi Inverter	$\eta_{inv}$	90%	
<i>Design Load Energy</i>	$E_{tot}$	134.967	Wh
Nominal Tegangan DC	$V_{dc}$	480	V

#### 4.3 Menentukan Persentase Pembagian Beban Energi Listrik

Sebelum menentukan pemilihan komponen pada penelitian ini mempunyai dua jenis pembangkit listrik yaitu tenaga bayu dan surya. Dalam pelaksanaannya melakukan pembagian untuk memenuhi kebutuhan listrik, adapun untuk menentukan kapasitas terdapat beberapa pertimbangan diantaranya permintaan, ketersediaan sumber energi, dan beberapa pertimbangan teknis dan ekonomis. Maka hasil dari pertimbangan tersebut adalah Pembangkit Listrik Tenaga Bayu memenuhi beban sebesar 30% dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebesar 70%. Tujuan dari pembagian ini adalah untuk mengurangi biaya modal awal serta biaya operasi dan perawatan yang besar karena tujuan tercapainya penelitian ini mendapatkan nilai NPC dan COE yang rendah. Adapun pembagian beban Bisa dilihat pada Tabel 4.5

**Tabel 4.5** Persentase pembagian beban

Beban energi listrik puncak harian (Watt/hari)	Pembangkit dan Persentase	Jumlah (Watt/hari)
134.467	PLTB 30%	40.488
	PLTS 70%	94.474

#### 4.4 Menentukan Komponen

Kemudahan dalam penelitian ini harus menentukan jenis dan jumlah komponen utama yaitu turbin angin, panel surya, inverter, dan baterai untuk desain sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) yang akan dirancang. Pemilihan komponen yang akan dipilih menyesuaikan dengan profil beban energi listrik yang ada. Dalam menentukan komponen tersebut juga akan memasukkan harga yang sesuai dengan harga komponen aslinya. Peneliti juga akan memasukkan nilai inflasi yang ada, sehingga dalam penghitungan analisa ekonomi mendapatkan nilai yang maksimal. Berikut ini merupakan komponen utama sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* yang akan di rancang.

##### 4.4.1 Turbin Angin

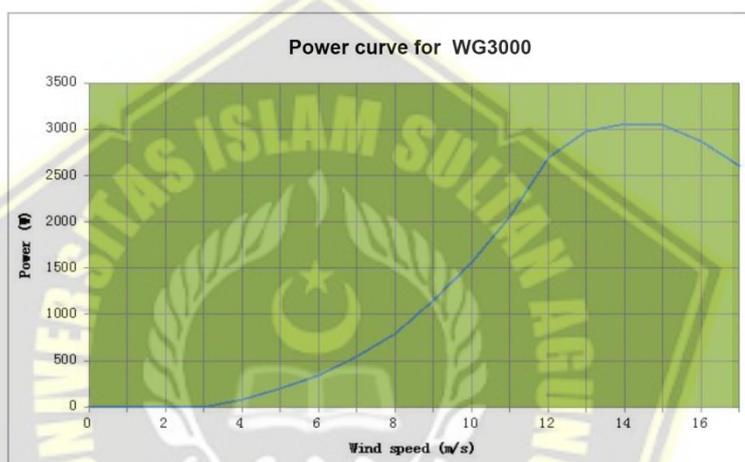
Dalam pemilihan turbin angin ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan yaitu ketersediaan sumber energi, permintaan beban energi listrik pada Tabel 4.5, dan beberapa pertimbangan teknis dan ekonomis. Maka hasil dari pertimbangan tersebut turbin angin yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis turbin angin aleko WG3000 3000W *wind power* generator dengan kapasitas turbin angin 3000W. Untuk data sheet dapat dilihat pada Tabel 4.6.

**Tabel 4.6** Spesifikasi Trubin aleko WG3000 3000W *wind power*

<b>Peformance</b>	
Rated power	2000W @ 11m/s
Peak power	3000W
Start-up wind speed	3m/s
Working wind speed	3,5-25m/s
Survival win speed	40m/s
<b>Rotor</b>	
Rotor diameter	3,2m
Swept area	8,04m <sup>2</sup>
Blade	3pcs reinforced fiber glass
Blade length	154cm
Shell material	Precision steel
Rated RPM	380
Weigth	75KG

Others	
Generator type	3-phase AC PM, geraless
Speed regulation & protection	Yawing + electromagnetic brake
Rated voltage	DC 48-300V
Suggested battery capacity	4pcs 200AH/12VDC
Tower type	6-12m guyed cable / 7-15m free standing
Working temperature	-40-60°C

Berdasarkan data spesifikasi turbin angin diatas maka dapat dilihat kurva daya dari turbin angin pada Gambar 4.1 sebagai berikut:



**Gambar 4.1** Kurva Daya Turbin Angin Aleko WG3000

Dalam penelitian turbin angin memenuhi beban di Pelabuhan Perikanan Pantai Morodemak 30% dari total beban puncak harian yaitu sebesar 40,488kWh yang ditampilkan pada Tabel 4.13. Untuk menentukan jumlah turbin angin yang akan digunakan menggunakan persamaan 2.6.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah turbin angin} &= \frac{Etot \text{ (kebutuhan energi harian)}}{\text{rata - rata produksi angin}} \\
 &= \frac{40,488}{4,42} \\
 &= 9,16
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka jumlah turbin angin yang akan digunakan sebanyak 9 buah turbin angin.

#### 4.4.2 Panel Surya

Untuk menghitung kebutuhan komponen utama sistem PLTS menggunakan perhitungan secara teori yang sesuai dengan persamaan-persamaan yang terdapat pada Australian/New Zealand Standar <sup>TM</sup>AS/NZS 4509.2:2010 tentang *Stand Alone Power System*.

##### 1. Pemilihan Modul Surya

Dalam penelitian ini modul surya yang akan digunakan adalah jenis panel surya polikristal. Karena modul surya jenis ini lebih murah dibandingkan modul surya yang lain, sehingga biaya modal awal serta biaya operasional dan perawatan tidak terlalu besar. Penelitian ini menggunakan panel surya pabrikan Canadian solar Inc dari Canada, karena memiliki produk dengan kualitas tinggi. Adapun spesifikasi panel surya dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut ini:

**Tabel 4.7** spesifikasi panel surya Canadian Solar MaxPower CS6U-340P.

Jenis	Keterangan
Pabrikan	Canadian Soalaar Inc
Merek dan Model	MaxPower CS6U-340
Nominal daya Modul ( $P_{stc}$ )	340 WP
Nomial Tegangan Modul ( $V_{oc}$ )	45,9 V
Arus Hubung Singkat Modul ( $I_{sc}$ )	9,62 A
Optimum Operating Voltage ( $V_{max}$ )	34,6
Optimum Operating Current ( $I_{max}$ )	7,25 A
Arus Hubung Singkat di bawah temperatur operasi (NOCT) ( $I_{T,v}$ )	7,76 A / 95%
Toleransi pabrik terhadap daya keluaran	5%
Derating factor karena debu ( $f_{dirt}$ )	96%
Efisiensi Modul	18%
Koefisien temperatur terhadap daya ( $P_{max}$ )	-0,39% / °C
Dimensi	1.954 x 982 x 40 mm
Lifetime	25 tahun

2. *Oversupply coefficient ( $f_0$ )*

Berdasarkan nilai koefisien untuk system PV Array adalah antara 1 sampai dengan 2, karena dalam penelitian ini menggunakan baterai sebagai penyimpanan energi dan agar maksimal maka digunakan nilai koefisien yaitu sebesar 1,3

3. *Irradiation on tilted plane ( $H_{\text{tilt}}$ )*

*Tilte angel* modul surya yang digunakan dalam sistem PLTS agar maksimal dalam penerimaan energi matahari maka nilai sudut kemiringan adalah  $16^\circ$  dan menganggap radiasi matahari yang ditangkap oleh panel surya sama yaitu sebesar 5,48

4. *Design load Ah*

*Design load Ah* adalah kebutuhan energi listrik dalam satuan Ampere hour (Ah). Adapun total beban puncak harian yang ditampilkan pada Tabel 4.13 untuk pembagiannya yang disuplai dari PLTS sebesar 94.474Wh dan untuk nominal tegangan system DC yang ditentukan oleh peneliti sendiri mengikuti tegangan pada inverter sebesar 480V. Untuk mengetahui *Design load Ah* dalam penelitian ini menggunakan persamaan (2.9).

$$\begin{aligned} \text{Design Load Ah} &= \frac{E_{\text{tot}}}{V_{\text{dc}}} & (2.9) \\ &= \frac{94.474}{480} = 196,820\text{Ah} \end{aligned}$$

5. *Required Array Output*

Dalam penelitian ini untuk mengetahui *Required array output* menggunakan persamaan (2.10)

$$\begin{aligned} \text{Required Array output Ah} &= \frac{\text{Design load Ah}}{\eta_{\text{bat}}} & (2.10) \\ &= \frac{196,820}{90\%} = 218,688 \text{ Ah} \end{aligned}$$

6. *Daily Charger Output per module*

Dalam penelitian ini untuk mengetahui *daily charger output per module* menggunakan Spersamaan (2.11)

$$\begin{aligned} \text{Daily charge output} &= (1 - \text{Toleransi pabrik}) \times I_{T,V} \times f_{\text{ain}} \times H_{\text{tilt}} & (2.11) \\ &= (1 - 5\%) \times 7,76 \times 96\% \times 5,48 \\ &= (0,95) \times 40,823 \end{aligned}$$

$$= 38,78$$

### 7. *Number of Parallel String Required*

Dalam penelitian ini untuk menentukan hubung panel surya secara parallel menggunakan persamaan (2.12)

$$\begin{aligned} NoPSR &= \frac{\text{Required Array output} \times f_0}{\text{Daily charge output per modul}} \\ &= \frac{218,688 \times 1,3}{38,78} \\ &= 7,33 \end{aligned} \quad (2.12)$$

Hasil yang didapat dari perhitungan diatas adalah 7,33 dan akan dibulatkan menjadi 8

### 8. *Number of Seriees Module per Sring*

Dalam penelitian ini untuk menentukan hubung panel surya secara seri menggunakan persamaan (2.13)

$$\begin{aligned} N_s &= \frac{\text{Tegangan operasi}}{\text{Nominal module voltage}} = \frac{V_{DC}}{V_{DC}} \\ &= \frac{480 V}{45,9 V} = 10,45 \text{ buah} \end{aligned} \quad (2.13)$$

Hasil yang didapat dari perhitungan diatas adalah 10,45 dan akan dibulatkan menjadi 11 buah.

### 9. *Total Number of Module in Array*

Dalam penelitian in untuk menentukan jumlah panel surya di setiap PV Array menggunakan persamaan (2.14)

$$\begin{aligned} N &= N_p \times N_s \\ &= 8 \times 11 \\ &= 88 \end{aligned} \quad (2.14)$$

### 10. *Kapasitas Setiap PV Array*

Setelah mengetahui jumlah panel surya pada setiap PV Array yang digunakan kemudian untuk mngetahui kapasitas daya setiap PV Array dapat menggunakan persamaan (2.15)

$$\begin{aligned} P_{pvArray} &= \text{Jumlah modul surya} \times \text{Daya per modul} \\ &= 88 \times 340 \\ &= 29.920 Wp \end{aligned} \quad (2.15)$$

Dari perhitungan diatas didapatkan bahwa PLTS yang akan direncanakan memiliki kapasitas daya Array sebesar 29,92 kWp

#### 4.4.3 Baterai

Dalam menentukan kapasitas baterai ada beberapa tahapan yang harus ditentukan,yaitu:

##### 1. *Design load* (Ah)

Dalam penelitian ini untuk mengetahui *design load* Ah menggunakan persamaan (2.16) berikut ini:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{E_{tot}}{V_{DC}} & (2.16) \\ &= \frac{101.223}{480} \\ &= 210,88 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas untuk kebutuhan energi listrik dalam satuan Ah adalah sebesar 210,88Ah

##### 2. *Daily Autonomi Days* ( $T_{aut}$ )

Berdasarkan AS/NZS 4509.2:2010, untuk sisem pembangkit dengan lontrol sistem otomatis dpat menggunakan waktu otonomi 2 sampai 3 hari. Pada penelitian ini target waktu otonomi adalah 2 hari, sehingga apabila terjadi gangguan maka baterai mampu melayani beban selama 2 hari.

##### 3. *Maximum Depth of Discharge* ( $DoD_{max}$ )

Dalam penelitian ini besarnya muatan baterai yang diizinkan untuk digunakan ( $DoD$ ) sebesar 80% sehingga dalam penarikan muatan listrik maksimum dapat menyisakan muatan listrik 20%, hal ini bertujuan untuk menjaga umur baterai dapat bertahan lama

##### 4. Kapasitas Baterai pada nominal *battey discharge rate* ( $C_x$ )

Berdasarkan AS/NZS 4509.2:2010, dalam pemilihan  $C_x$  harus mempertimbangkan beban maksimum dan durasi durasi dari beban, discharge rate 20 jam cocok digunakan untuk beban yang besar.Dikarenakan beban puncak dalam penelitian ini cukup besar maka dalam penelitian ini menggunakan kapasitas baterai discharge rate 20 jam ( $C_{20}$ ).

### 5. Faktor Koreksi Temperature

Berdasarkan AS/NZS 4509.2:2010, faktor koreksi temperatur untuk baterai dengan discharge 20 jam ( $C_{20}$ ) sebesar 98%

### 6. Kapasitas Baterai Yang Diperlukan

Dalam penelitian ini untuk mengetahui besarnya kapasitas baterai dalam penelitian ini menggunakan persamaan (2.17)

$$\begin{aligned}
 E_{\text{baterai}} &= \frac{Q \times T_{\text{aut}}}{DoD_{\text{max}} \times \text{Faktor koreksi temperatur}} & (2.17) \\
 &= \frac{210,88 \times 2}{80\% \times 98\%} \\
 &= \frac{421,76}{0,784} = 537,95 \text{ Ah}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas bahwa besarnya kapasitas baterai yang digunakan harus melebihi kapasitas 537,95Ah.

### 7. Pemilihan Baterai

Baterai yang digunakan dalam desain sistem PLTH ini adalah merek Trojan. Baterai ini dipilih karena sudah cukup lama terkenal dengan kualitas yang baik, dan baterai Trojan yang akan digunakan khusus untuk aplikasi sistem energi terbarukan. Adapun spesifikasi baterai Trojan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8** Spesifikasi baterai Trojan

Jenis	Keterangan
Pabrikan	Trojan Battery Company
Merek dan Model	Trojan SIND 06 920
Jenis	Deep-cyle flooded/advanced lead acid battery
Kapasitas @ $C_{20}$	708Ah
Tegangan	6V
Lifetime	17 tahun

### 8. Jumlah Baterai Dihubung Seri

Pada tegangan Bus DC yang digunakan 480 V dan nominal tegangan setiap baterai 6V maka baterai harus dihubung seri menjadi tegangan 480 V. unutup mengetahui jumlah baterai yang dihubung seri menggunakan persamaan (2.18).

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{E_{tot}}{V_{DC}} & (2.18) \\
 &= \frac{480}{6} \\
 &= 80
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapat hasil 80 baterai yang dihubung seri.

#### 9. Jumlah Baterai Dihubung Paralel

Dalam penelitian untuk mengetahui jumlah baterai yang dihubung paralel menggunakan persamaan 2.19

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah baterai paralel} &= \frac{\text{Kapasitas baterai diperlukan}}{\text{kapasitas pada } C_x} & (2.19) \\
 &= \frac{537,95}{708} \\
 &= 0,75
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan baterai yang dihubung paralel adalah 0,75 dibulatkan menjadi 1.

#### 10. Total Jumlah Baterai

Total baterai didapatkan dari perkalian antara baterai yang dihubung seri dengan baterai yang dihubung paralel maka total baterai sebanyak 80 baterai.

#### 4.4.4 Inverter

Berdasarkan AS/NZS 4509.2;2010, ada beberapa tahapan yang harus diperhatikan dalam pemilihan inverter. Berikut adalah tahapan dalam pemilihan inverter.

- a. Profil beban dan Beban puncak
- b. Efisiensi inverter
- c. Rentang tegangan operasi DC
- d. Tegangan frekuensi keluaran
- e. Konfigurasi system

Pada tahapan tersebut, dalam menentukan kapasitas inverter peneliti akan menggunakan oversuplly coefficient ( $f_o$ ) 1,1 maka untuk mencari kapasitas inverter dapat menggunakan persamaan 2.20

$$\begin{aligned}
 E_{inverter} &= Peak\ load \times f_0 & (2.20) \\
 &= 101,223 \times 1,1 \\
 &= 111,345
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, bahwa kapasitas inverter yang diperoleh adalah 111,345kW. Untuk mencegah adanya kenaikan beban maka kapasitas inverter yang akan digunakan adalah 125kW.

Inverter yang digunakan dalam desain sistem PLTH ini adalah inverter Leonics GTP-507 sebanyak 1 buah dengan kapasitas 125 kW dan dapat digunakan selama 15 tahun. Adapun spesifikasi inverter Leonics GTP-507 dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut ini.

**Tabel 4.9** Spesifikasi inverter Leonics GTP-507

<b>Input data (DC)</b>	
Max DC Power	137,5kW
Max DC Voltage	550V
MPP(T) Voltage Range	270-500V
<b>Output data (AC)</b>	
Max AC Power	125kW
Output AC Voltage Range	187-415V
Nominal AC Voltage	230, 380, 415V
Frequency Range	49,5-60,5Hz
Frequency	50, 60Hz
Power Factor (cos $\theta$ )	0,98
Distortion (THD)	<4%
No of feed-in phase	3
Max Efficiency	94%
<b>General</b>	
Dimensions (H/W/D)	1880x900x1050mm
Weight	950kg
Transformer	Yes
Protection Class	IP20
Humidity	0-95%
Cooling	Fan
Display	LCD

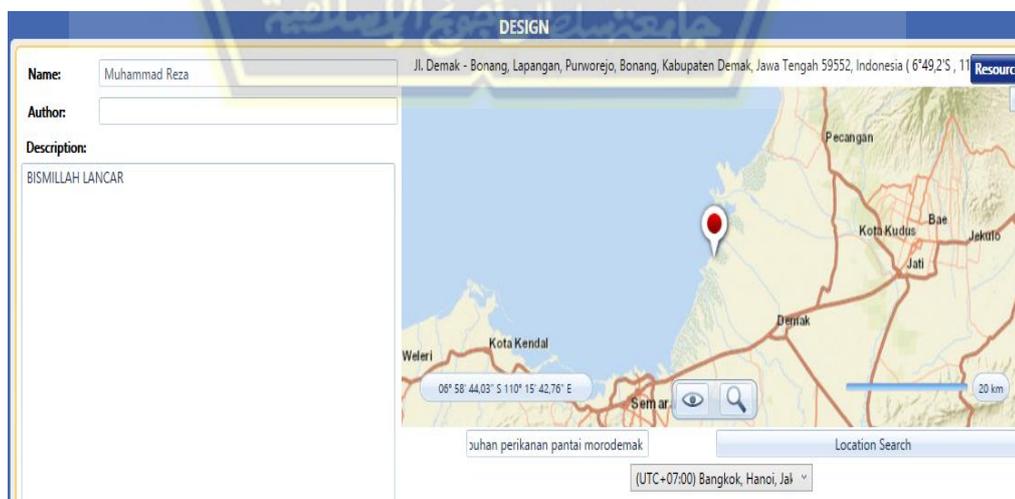
## 4.5 Simulasi *Software* HOMER

Pada simulasi menggunakan *software* HOMER dapat melakukan tahapan sebagai berikut:

1. Memasukkan titik koordinat lokasi pada penelitian
2. Memasukkan data potensi energi angin dan surya
3. Memasukkan data beban pada lokasi penelitian
4. Memasukkan data turbin angin
5. Memasukkan data panel surya
6. Memasukkan data inverter
7. Memasukkan data baterai
8. Memasukkan data ekonomi
9. Melakukan perhitungan

### 4.5.1 Memasukkan Koordinat Lokasi

Pada tahap awal yang harus dilakukan pada simulasi ini adalah dengan memasukkan koordinat lokasi penelitian pada *software* HOMER guna mendapatkan data potensi energi. Letak geografis dan iklim pada lokasi penelitian berada pada 110.544491 BT dan -6.821972 LS di Desa Purworejo, Kecamatan Bonang, Kabupaten Demak dengan panjang pantai 34,1 Km. Tampilan penentuan titik koordinat lokasi penelitian pada *software* HOMER dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.



**Gambar 4.2** Lokasi Penelitian pada *software* HOMER

#### 4.5.2 Memasukkan Data Kecepatan Angin

Pada tahap ini adalah memasukkan data kecepatan angin. Dimana data kecepatan angin yang dimasukkan dapat dilakukan dengan pengukuran sendiri atau dapat dilakukan dengan mengunduh data langsung melalui *software* HOMER , sumber data dari *software* HOMER itu sendiri berasal dari *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) dan *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.3.



**Gambar 4.3** Masukan Data Kecepatan Angin Pada *Software* HOMER

Pada Gambar 4.3 diatas menunjukkan bahwa rata-rata kecepatan angin di Pelabuhan Perikanan Pantai Morodemak paling tinggi berada di bulan Juli yaitu mencapai 6,20 m/s, sedangkan rata-rata kecepatan angin paling rendah berada pada bulan Februari yaitu sebesar 3,11 m/s. Dan untuk rata-rata kecepatan angin dalam satu tahun sebesar 4,42 m/s.

#### 4.5.3 Memasukkan Data Radiasi Matahari

Pada tahap ini adalah memasukkan data intensitas radiasi matahari. Dimana data kecepatan angin yang dimasukkan dapat dilakukan dengan pengukuran sendiri atau dapat dilakukan dengan mengunduh data langsung melalui *software* HOMER , sumber data dari *software* HOMER itu sendiri berasal dari *National Renewable*

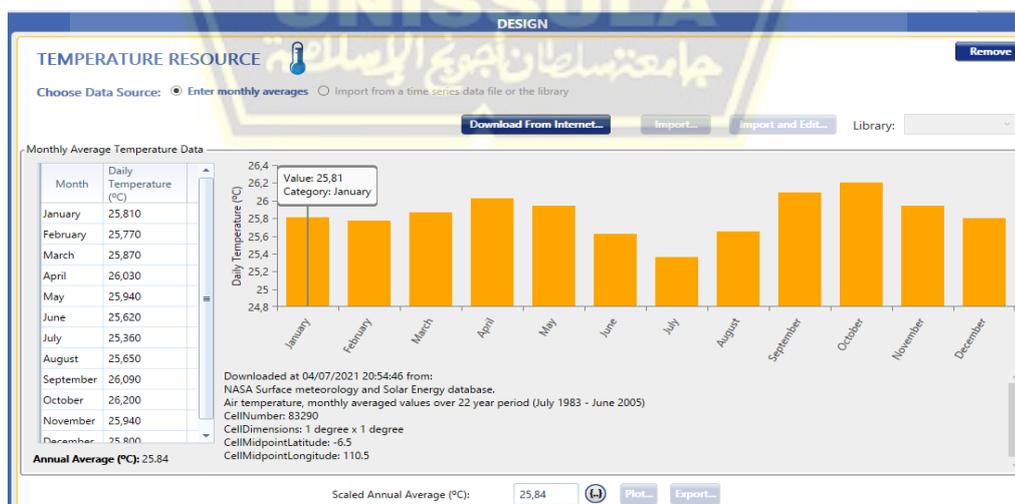
Energy Laboratory (NREL) dan National Aeronautics and Space Administration (NASA) seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4** Masukan Data Radiasi Matahari Pada *Software* HOMER

Pada Gambar 4.4 diatas menunjukkan bahwa rata-rata radiasi matahari di Pelabuhan Perikanan Pantai Morodemak paling tinggi berada di bulan September yaitu mencapai 6,80 kWh/m<sup>2</sup>/day, sedangkan rata-rata radiasi matahari paling rendah berada pada bulan Januari yaitu sebesar 4,22 kWh/m<sup>2</sup>/day. Dan untuk rata-rata radiasi matahari dalam satu tahun sebesar 5,48 kWh/m<sup>2</sup>/day.

Adapun untuk masukan data temperatur udara yang disebabkan dari radiasi matahari dapat dilihat pada Gambar 4.5.

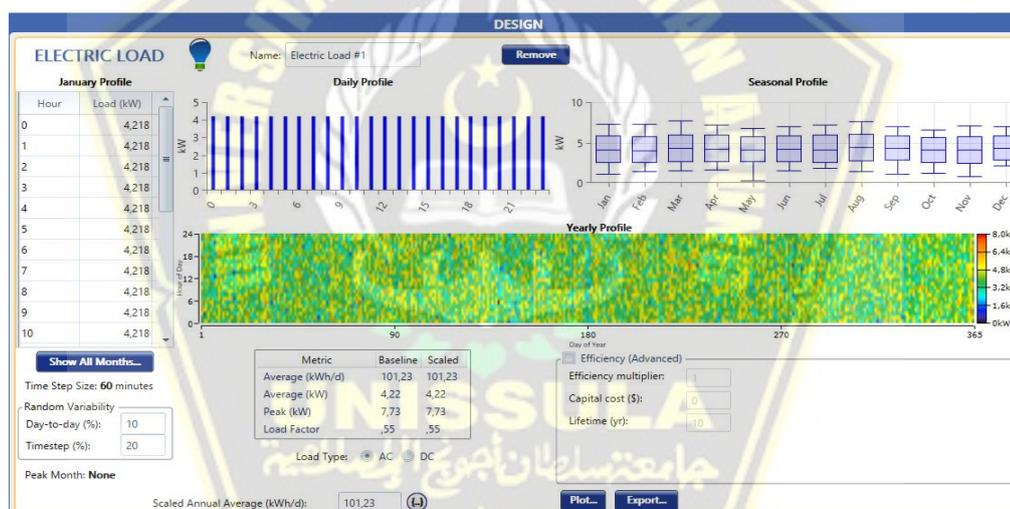


**Gambar 4.5** Masukan Data Temperatur Udara Pada *Software* HOMER

Pada Gambar 4.5 diatas menunjukkan bahwa rata-rata temperatur udara di Pelabuhan Perikanan Pantai Morodemak paling tinggi berada di bulan Oktober yaitu mencapai  $26,20^{\circ}\text{C}$ , sedangkan rata-rata temperatur udara paling rendah berada pada bulan Juli yaitu sebesar  $25,36^{\circ}\text{C}$ . Dan untuk rata-rata kecepatan angin dalam satu tahun sebesar  $25,84^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.5.4 Memasukkan Data Beban

Pada tahap ini memasukkan data beban, *software* HOMER memerlukan data beban energi listrik perjam dan harian. Data beban energi listrik perjam sebagai data masukan pada *software* HOMER, peneliti memasukkan data rata-rata beban puncak energi listrik perjam berdasarkan pada Tabel 4.2 yaitu data rata-rata beban energi listrik perjam pada bulan April. Adapun tampilan masukan beban pada *software* HOMER dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut ini

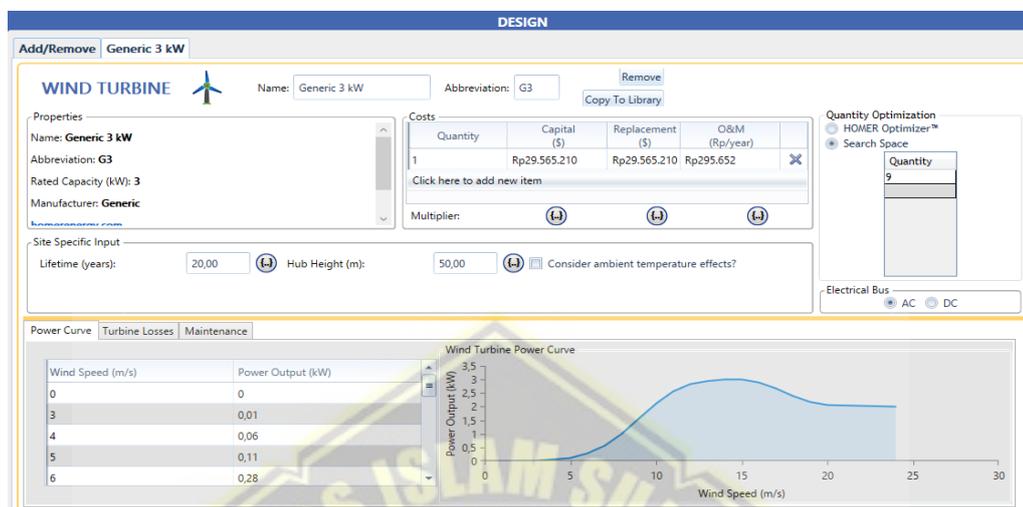


Gambar 4.6 Masukan Beban Pada *Software* HOMER

#### 4.5.5 Memasukkan Data Turbin Angin

Pada tahap ini memasukkan jumlah turbin angin yang akan digunakan dan harga komponen turbin angin. Pada penelitian ini jumlah turbin angin yang akan digunakan sebanyak 9 buah turbin angin, dan untuk harga komponen turbin angin pada penelitian ini didapat dari website marketplace yang dapat dipercaya. Adapun harga turbin angin aleko WG3000 3000W *wind power generator* sebesar Rp.

29.565.210,00 per unit[19]. Untuk biaya O&M turbin angin diasumsikan sebesar 2% dari biaya modal awal turbin angin. Adapun tampilan masukan turbin angin pada *software* HOMER dapat dilihat pada Gambar 4.7.



**Gambar 4.7** Tampilan Masukan Turbin Angin Pada *Software* HOMER

Pada Gambar diatas dapat dilihat hasil perhitungan grafik kurva daya turbin angin pada HOMER sesuai dengan curva daya pada spesifikasi turbin angin aleko WG3000, bahwa daya nominal (rated) terjadi pada kecepatan angin 11 m/s dengan daya nominal 2000 w dan daya puncak bisa mencapai 3000 w pada kecepatan 14 meter/s, sedangkan kecepatan angin yang berada dilokasi penelitian hanya sebesar 4m/s dengan daya keluaran nominal angin sebesar 0,06kW. Untuk memvalidasi perhitungan kurva daya turbin angin pada *software* HOMER dapat dilakukan perhitungan manual dengan menghitung daya mekanik. Untuk mencari daya mekanik dapat menggunakan persamaan (2.3) berikut ini:

$$P_m = C_p \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

(2.3)

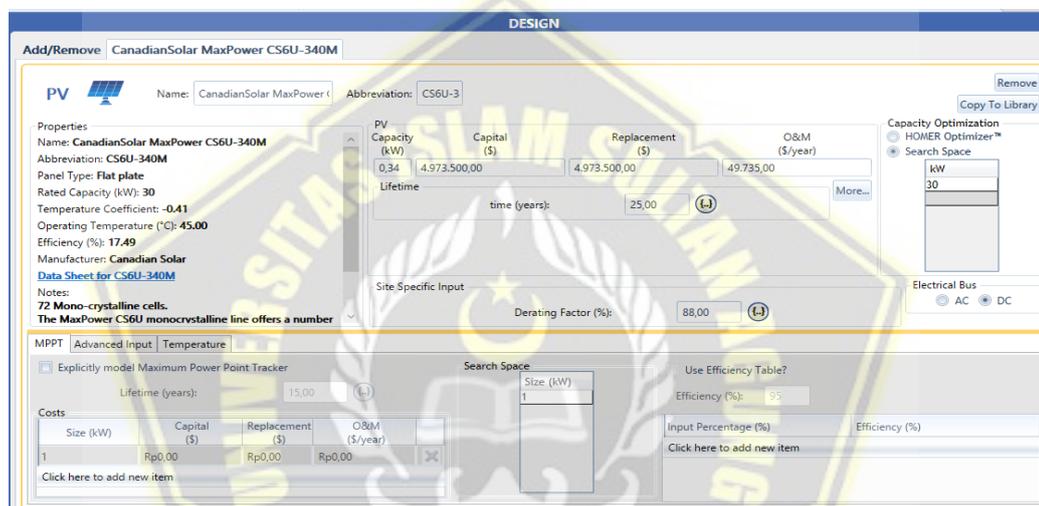
$$= 0,2 \frac{1}{2} \times 1,225 \times 8,04 \times 4^3$$

$$= 63,03 \text{ W} = 0,063 \text{ kW}$$

Berdasarkan perhitungan manual daya mekanik turbin angin didapatkan hasil yang sama dengan perhitungan pada *software* HOMER yaitu hanya sebesar 0,06kW.

#### 4.5.6 Memasukkan Data Panel Surya

Berdasarkan hasil dari spesifikasi pada tabel, maka variabel tersebut sebagai masukan panel surya. Harga komponen panel surya pada penelitian ini didapat dari website marketplace yang dapat dipercaya. Adapun harga panel surya Canadian Solar MaxPower CS6U-340P sebesar Rp.4.973.500,00 per unit[20]. Jumlah panel surya yang dibutuhkan sebanyak 42 keping panel surya. Untuk biaya O&M panel surya diasumsikan sebesar 1% dari biaya modal awal panel surya. Adapun tampilan masukan panel surya pada *software* HOMER dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut ini



**Gambar 4.8** Tampilan Masukan Panel Surya Pada *Software* HOMER

#### 4.5.7 Memasukkan Data Baterai

Berdasarkan hasil dari spesifikasi pada tabel, maka variabel tersebut sebagai masukan baterai. Harga komponen baterai pada penelitian ini diambil dari internet dengan sumber yang dapat dipercaya. Adapun harga baterai Trojan SIND 06 920 adalah Rp.13.254.740,00 per unit[21]. Untuk biaya O&M baterai diasumsikan sebesar 1% dari biaya modal awal baterai. Adapun tampilan masukan baterai pada *software* HOMER dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut ini

**DESIGN**

Add/Remove: Trojan SIND 06 920

Name: Trojan SIND 06 920 Abbreviation: SIND 06

**STORAGE**

Properties

**Kinetic Battery Model**

Nominal Voltage (V): 6  
 Nominal Capacity (kWh): 5.71  
 Maximum Capacity (Ah): 951  
 Capacity Ratio: 0.498  
 Rate Constant (1/hr): 0.132  
 Roundtrip efficiency (%): 80  
 Maximum Charge Current (A): 139  
 Maximum Discharge Current (A): 300  
 Maximum Charge Rate (A/Ah): 1

www.trojanbattery.com

Flooded lead-acid battery, Solar IND line

Trojan Battery Company

**Batteries**

Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
1	13,245,740,00	13,254,740,00	132,547,00

Lifetime: throughput (kWh): 7,186,00

Quantity Optimization: HOMER Optimizer™, Search Space

Site Specific Input

String Size: 80 Voltage: 480 V

Initial State of Charge (%): 100,00

Minimum State of Charge (%): 20,00

Minimum storage life (yrs): 4,00

**Gambar 4.9** Tampilan Masukan Baterai Pada *Software* HOMER

#### 4.5.8 Memasukkan Data Inverter

Berdasarkan hasil dari spesifikasi pada tabel, maka variabel tersebut sebagai masukan inverter. Harga komponen inverter pada penelitian ini diambil dari internet dengan sumber yang dapat dipercaya. Adapun harga inverter Leonics GTP-507 sebesar Rp. 41.735.500,00 per unit. Untuk biaya O&M inverter adalah 1% dari biaya modal awal inverter. Tampilan masukan inverter pada *software* HOMER dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut ini.

**DESIGN**

Leonics GTP-507 125kW

Name: Leonics GTP-507 125kW Abbreviation: Leon125

**CONVERTER**

Properties

Name: Leonics GTP-507 125kW  
 Abbreviation: Leon125  
 Data Sheet for GTP500 125kW

Notes:  
 Grid-following.  
 Designed for grid-connected application. Three phase.  
 Dedicated-PV with Storage, central inverter.  
 Max DC Current Charge: 125A. Rated DC voltage: 700V DC. Max

Leonics  
 www.leonics.com  
 rne@leonics.com  
 (66) 2746-9500, (66) 2746-8708  
 27, 29 Soi Bangna-Trad 34  
 Bangna, Bangkok 10260  
 Thailand

**Costs**

Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (Rp/year)
125	Rp226.852.500	Rp226.852.500	Rp2.268.525

Click here to add new item

Multiplier:

Inverter Input

Lifetime (years): 10,00

Efficiency (%): 96,30

Parallel with AC generator?

Rectifier Input

Relative Capacity (%): 80,00

Efficiency (%): 96,30

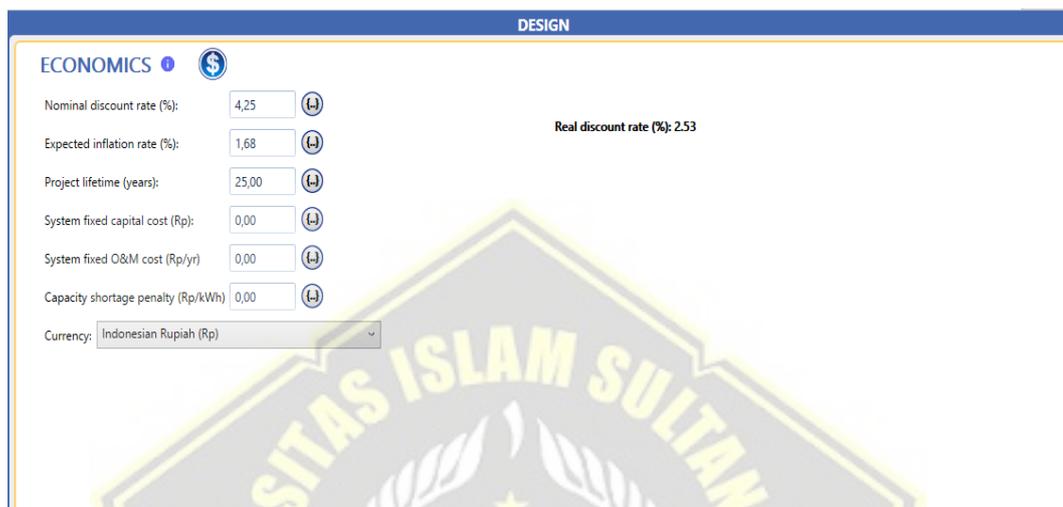
Capacity Optimization: HOMER Optimizer™, Search Space

Size (kW): 0, 125

**Gambar 4.10** Tampilan Masukan Inverter Pada *Software* HOMER

#### 4.5.9 Memasukkan Nilai Ekonomi

Untuk melakukan Analisa ekonomis, *Software* HOMER memerlukan data input suku bunga dan inflasi tahunan. Suku bung dan inflasi dalam peneletian ini menggunakan kebijakan moneter Bank Indonesia pada bulan juni yaitu 4,25% untuk suku bunga dan 1,68% untuk inflasi[22]. Adapun tampilan masukan nilai ekonomi pada *software* HOMER dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut ini.

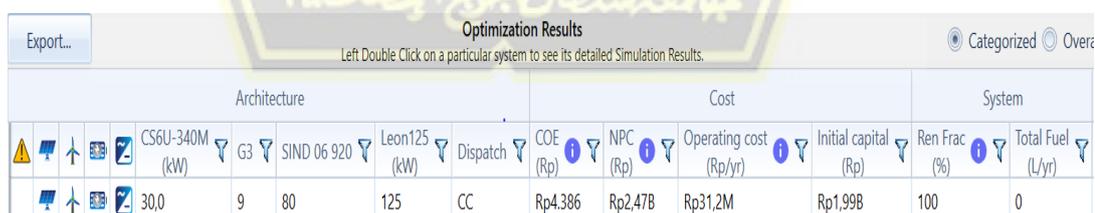


The screenshot shows the 'DESIGN' tab in HOMER software, specifically the 'ECONOMICS' section. The interface includes several input fields with spinners and a dropdown menu. The 'Nominal discount rate (%)' is set to 4.25, 'Expected inflation rate (%)' to 1.68, and 'Project lifetime (years)' to 25.00. The 'System fixed capital cost (Rp)', 'System fixed O&M cost (Rp/yr)', and 'Capacity shortage penalty (Rp/kWh)' are all set to 0.00. The 'Currency' is set to 'Indonesian Rupiah (Rp)'. A 'Real discount rate (%)' of 2.53 is displayed. The background features a watermark of the Universitas Islam Sultan Agung logo.

**Gambar 4.11** Tampilan Masukan Nilai Ekonomi Pada *Software* HOMER

#### 4.6 Hasil dan Analisa

Setelah melakukan tahapan simulasi, *software* HOMER dapat menghitung semua data yang telah dimasukkan sesuai tahapan dan akan menampilkan hasil optimasi sistem. Adapun hasil optimasi sistem pada *software* HOMER dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut ini



The screenshot shows the 'Optimization Results' table in HOMER software. The table is organized into three main columns: Architecture, Cost, and System. The Architecture column lists components like CS6U-340M (30.0 kW), G3 (9), SIND 06 920 (80), Leon125 (125 kW), and Dispatch (CC). The Cost column shows COE (Rp) 4,386, NPC (Rp) 2,47B, Operating cost (Rp/yr) 31,2M, and Initial capital (Rp) 1,99B. The System column shows Ren Frac (%) 100 and Total Fuel (L/yr) 0. The table also includes an 'Export...' button and a note: 'Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results.' The background features a watermark of the Universitas Islam Sultan Agung logo.

Architecture				Cost			System			
CS6U-340M (kW)	G3	SIND 06 920	Leon125 (kW)	Dispatch	COE (Rp)	NPC (Rp)	Operating cost (Rp/yr)	Initial capital (Rp)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)
30,0	9	80	125	CC	Rp4.386	Rp2,47B	Rp31,2M	Rp1,99B	100	0

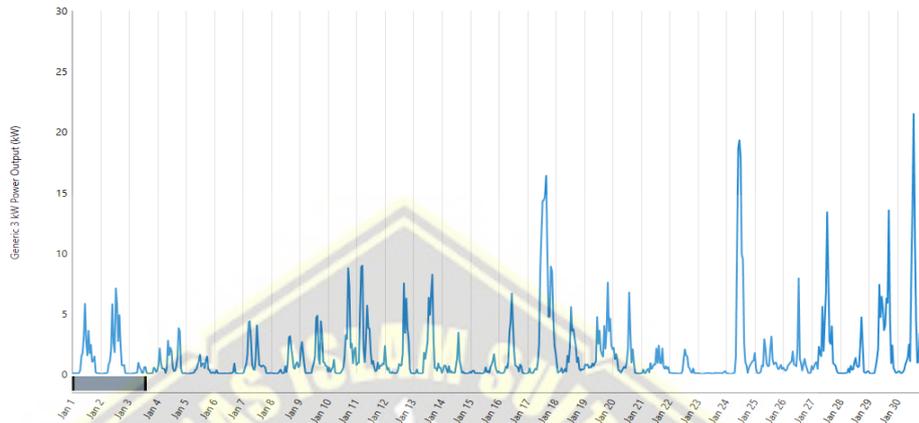
**Gambar 4.12** Tampilan Hasil Optimasi Pada *Software* HOMER

##### 4.6.1 Energi Listrik Yang Dihasilkan Turbin Angin

Kinerja turbin angin dalam menghasilkan energi listrik bergantung pada kecepatan angin yang ada di lokasi penelitian. Pada penelitian ini Pembangkit

Listrik Tenaga Bayu akan memenuhi kebutuhan beban energi listrik di lokasi penelitian sebesar 30% dari total beban energi listrik perhari yaitu sebesar 40,488kWh. Berikut ini akan ditunjukkan energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin perhari pada setiap bulan

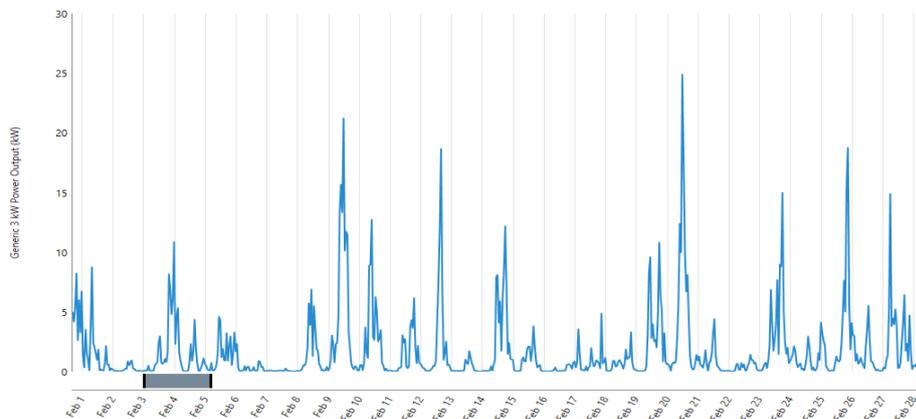
### 1. Energi listrik yang dihasilkan turbin angin pada bulan Januari



**Gambar 4.13** Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan Januari

Pada Gambar 4.13 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin perhari di bulan Januari paling sedikit terdapat pada tanggal 23 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 1,53kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 17 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 126,46kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran turbin angin perhari pada bulan januari yaitu sebesar 35,70kW. Berdasarkan Tabel 4. Mengenai persentase pembagian beban, maka energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin pada bulan januari tidak dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

### 2. Energi listrik yang dihasilkan turbin angin pada bulan Februari



### **Gambar 4.14** Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan Februari

Pada Gambar 4.14 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin di bulan Februari paling sedikit terdapat pada tanggal 7 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 1,60kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 9 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 121,36kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran turbin angin perhari pada bulan Februari yaitu sebesar 40,28 kW. Berdasarkan Tabel 4.5 Mengenai persentase pembagian beban, maka energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin pada bulan Februari tidak dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

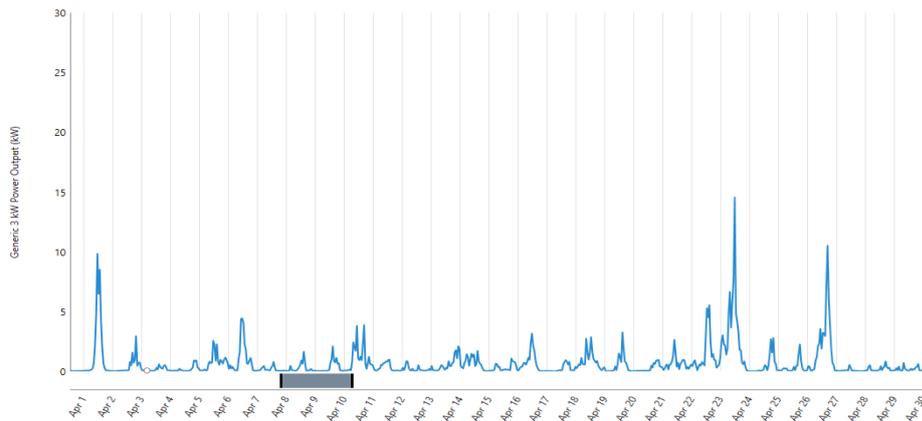
### 3. Energi yang dihasilkan turbin angin pada bulan Maret



**Gambar 4.15** Energi Listrik Yang Dihasilkan Turbin angin Pada Bulan Maret

Pada Gambar 4.15 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin di bulan Maret paling sedikit terdapat pada tanggal 26 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 0,88kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 17 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 83,36kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran turbin angin perhari pada bulan Maret yaitu sebesar 11,41 kW. Berdasarkan Tabel 4.5 Mengenai persentase pembagian beban, maka energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin pada bulan Maret tidak dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

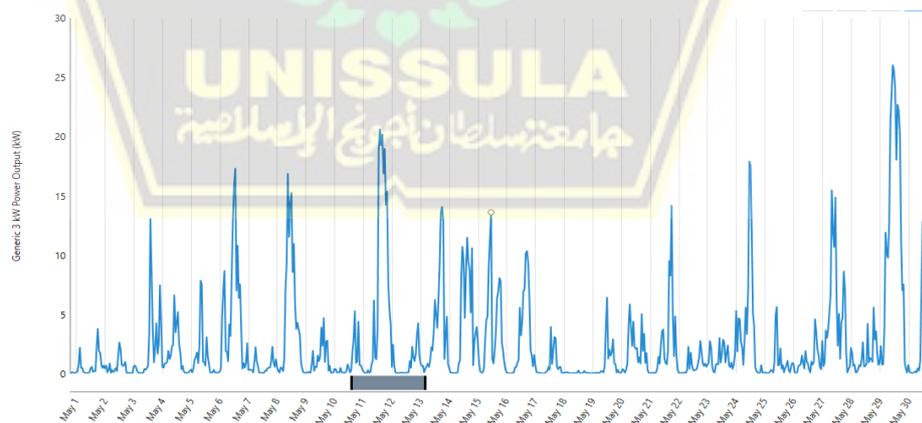
### 4. Energi yang dihasilkan turbin angin pada bulan April



**Gambar 4.16** Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan April

Pada Gambar 4.16 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin di bulan Maret paling sedikit terdapat pada tanggal 27 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 2,01kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 23 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 76,72kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran turbin angin perhari pada bulan April yaitu sebesar 15,89kW. Berdasarkan Tabel 4.5 Mengenai persentase pembagian beban, maka energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin pada bulan April tidak dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

#### 5. Energi listrik yang dihasilkan pada bulan Mei

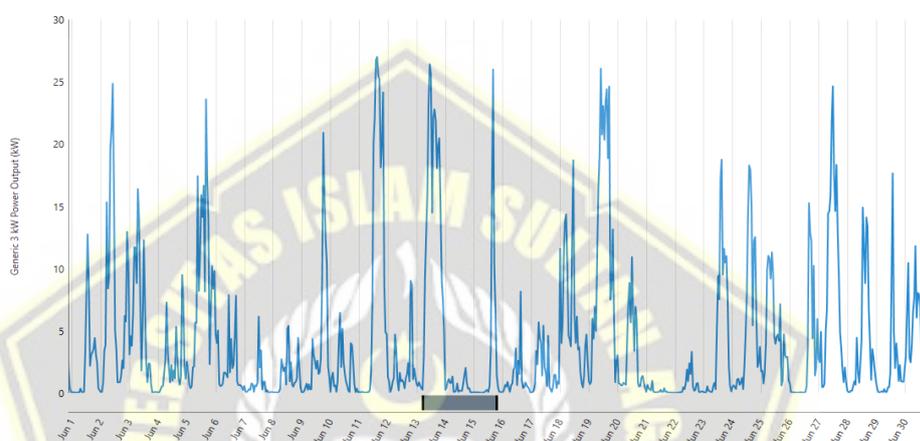


**Gambar 4.17** Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan Mei

Pada Gambar 4.17 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin di bulan Mei paling sedikit terdapat pada tanggal 18 dengan

total daya keluaran turbin angin sebesar 1,62kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 29 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 283,90kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran turbin angin perhari pada bulan Mei yaitu sebesar 63,69kW. Berdasarkan Tabel 4.5 mengenai persentase pembagian beban, maka rata-rata energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin perhari pada bulan Mei dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

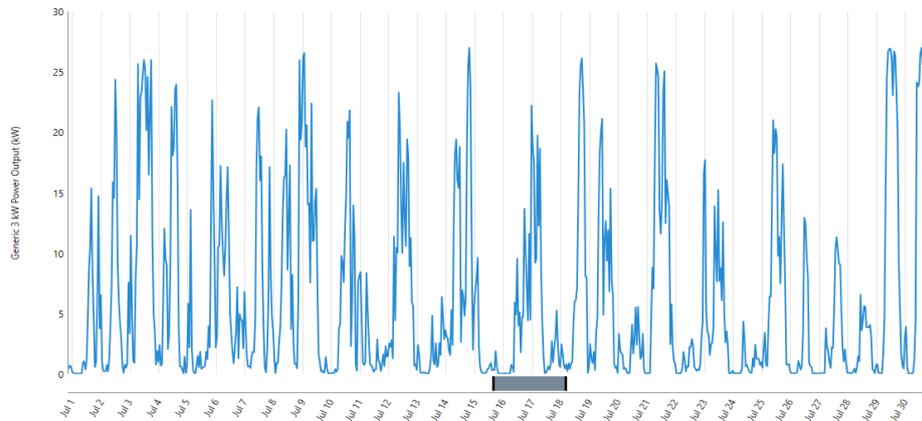
#### 6. Energi listrik yang dihasilkan pada bulan Juni



**Gambar 4.18** Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan Juni

Pada Gambar 4.18 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin di bulan Juni paling sedikit terdapat pada tanggal 18 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 4,70kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 19 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 292,22kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran turbin angin perhari pada bulan Juni yaitu sebesar 100,51kW. Berdasarkan Tabel 4.5 mengenai persentase pembagian beban, maka rata-rata energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin perhari pada bulan Juni dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

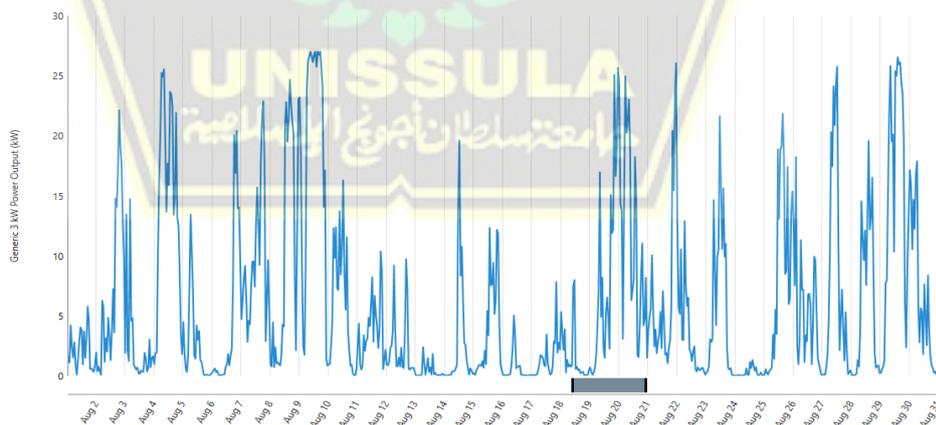
#### 7. Energi listrik yang dihasilkan pada bulan Juli



**Gambar 4.19** Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan Juli

Pada Gambar 4.19 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin di bulan Juli paling sedikit terdapat pada tanggal 24 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 18,96kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 3 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 339,92kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran turbin angin perhari pada bulan Juli yaitu sebesar 146,16kW. Berdasarkan Tabel 4.5 mengenai persentase pembagian beban, maka rata-rata energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin perhari pada bulan Juli dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

#### 8. Energi listrik yang dihasilkan pada bulan Agustus

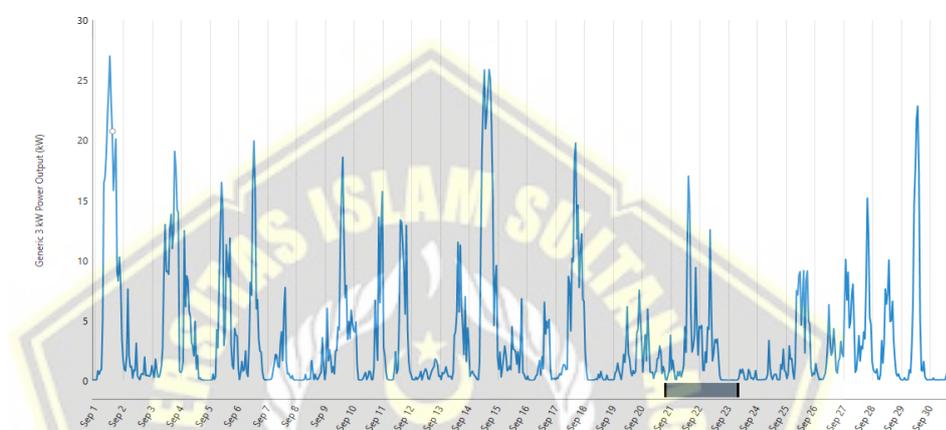


**Gambar 4.20** Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan Agustus

Pada Gambar 4.20 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin di bulan Agustus paling sedikit terdapat pada tanggal 24

dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 6,96kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 9 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 497,38kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran turbin angin perhari pada bulan Agustus yaitu sebesar 141,78kW. Berdasarkan Tabel 4.5 mengenai persentase pembagian beban, maka rata-rata energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin perhari pada bulan Agustus dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

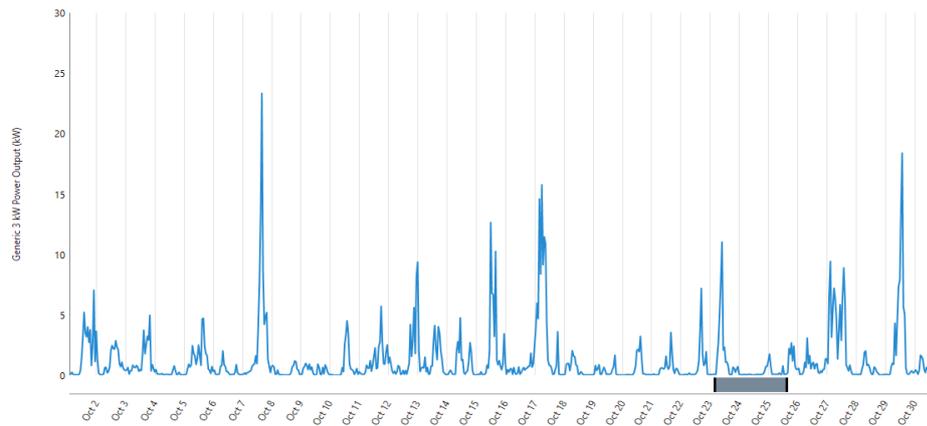
#### 9. Energi listrik yang dihasilkan pada bulan September



**Gambar 4.21** Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan September

Pada Gambar 4.21 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin di bulan September paling sedikit terdapat pada tanggal 30 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 7,81kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 1 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 267,63kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran turbin angin perhari pada bulan Agustus yaitu sebesar 77,57kW. Berdasarkan Tabel 4.5 mengenai persentase pembagian beban, maka rata-rata energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin perhari pada bulan September dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

#### 10. Energi listrik yang dihasilkan pada bulan Oktober



**Gambar 4.22** Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan Oktober

Pada Gambar 4.22 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin di bulan Oktober paling sedikit terdapat pada tanggal 24 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 3,15kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 27 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 84,62kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran turbin angin perhari pada bulan Oktober yaitu sebesar 29,09kW. Berdasarkan Tabel 4.5 mengenai persentase pembagian beban, maka rata-rata energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin perhari pada bulan Juli tidak dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

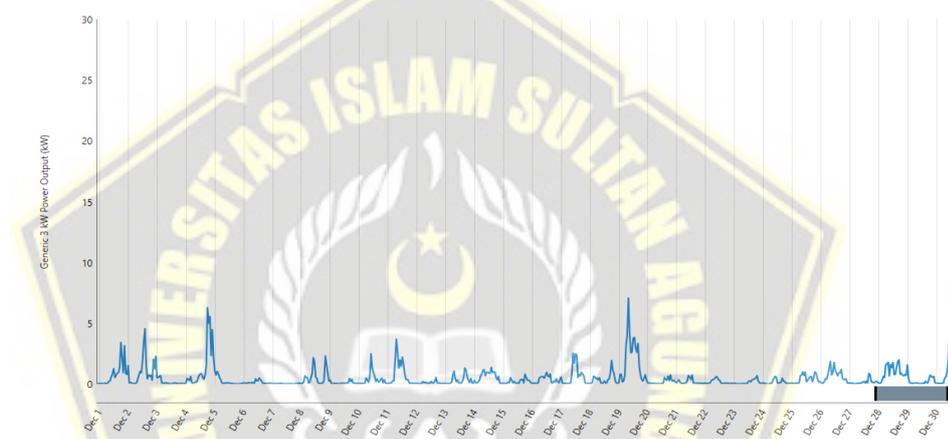
#### 11. Energi listrik yang dihasilkan pada bulan November



**Gambar 4.23** Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan November

Pada Gambar 4.23 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin di bulan November paling sedikit terdapat pada tanggal 24 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 1,56kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 19 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 55,11kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran turbin angin perhari pada bulan November yaitu sebesar 15,32kW. Berdasarkan Tabel 4.5 mengenai persentase pembagian beban, maka rata-rata energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin perhari pada bulan November tidak dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

## 12. Energi listrik yang dihasilkan pada bulan Desember



**Gambar 4.24** Hasil Daya Keluaran Turbin Angin Pada Bulan Desember

Pada Gambar 4.24 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin di bulan Desember paling sedikit terdapat pada tanggal 7 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 0,90kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 19 dengan total daya keluaran turbin angin sebesar 47,09kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran turbin angin perhari pada bulan Desember yaitu sebesar 12,78kW. Berdasarkan Tabel 4.5 mengenai persentase pembagian beban, maka rata-rata energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin perhari pada bulan Desember tidak dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

Pada hasil perhitungan *software* HOMER diatas diketahui bahwa energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin pada bulan Januari, Februari, Maret, April,

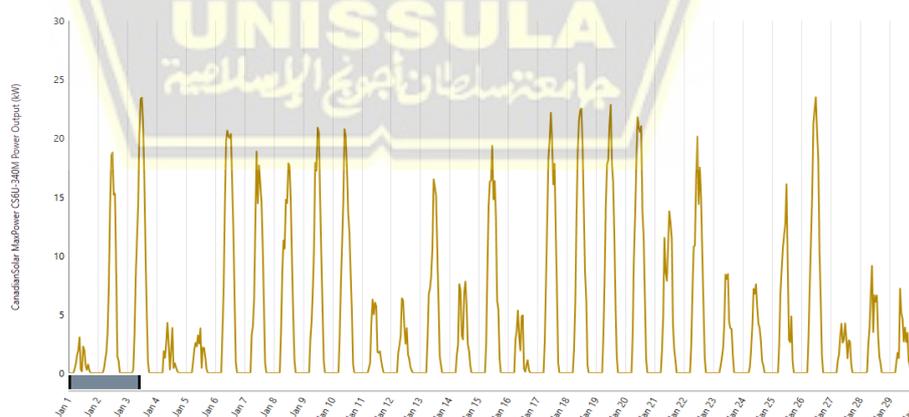
Oktober, November, dan Desember tidak dapat memenuhi kebutuhan beban energi listrik perhari di lokasi penelitian, dikarenakan kecepatan angin pada bulan tersebut sangat rendah sehingga energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin juga sedikit. Sedangkan energi listrik yang dihasilkan turbin angin pada bulan Mei, Juni, Juli, Agustus, dan September dapat memenuhi kebutuhan beban energi listrik perhari di lokasi penelitian, dikarenakan kecepatan angin pada bulan tersebut cukup besar sehingga energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin juga besar.

Berdasarkan hasil tersebut turbin angin hanya mampu memenuhi kebutuhan beban energi listrik perhari selama 5 bulan yaitu pada bulan Mei, Juni, Juli, Agustus, dan September, sehingga dapat dikatakan bahwa Pembangkit Listrik Tenaga Bayu yang telah direncanakan tidak layak untuk direalisasikan atau dibangun.

#### 4.6.2 Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya

Produksi energi listrik pada panel surya tergantung dari radiasi di lokasi penelitian. Pada penelitian ini Pembangkit Listrik Tenaga Surya akan memenuhi kebutuhan beban energi listrik di lokasi penelitian sebesar 70% dari total beban energi listrik perhari yaitu sebesar 94,474kWh. Berikut ini akan ditunjukkan energi listrik yang dihasilkan dari panel surya perhari pada setiap bulan.

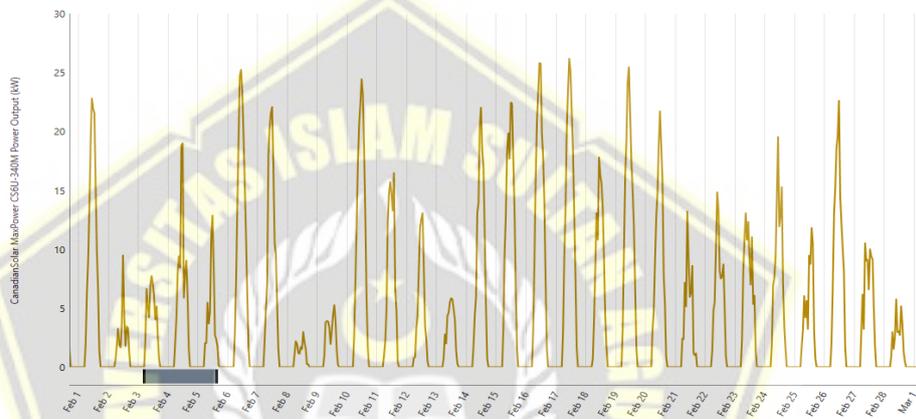
##### 1. Energi listrik yang dihasilkan panel surya pada bulan Januari



**Gambar 4.25** Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan Januari

Pada Gambar 4.25 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari panel surya perhari di bulan Januari paling sedikit terdapat pada tanggal 1 dengan total daya keluaran panel surya sebesar 14kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 20 dengan total daya keluaran panel sruya sebesar 161,42kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran panel surya perhari pada bulan januari yaitu sebesar 94,51kW. Berdasarkan Tabel 4.5 Mengenai persentase pembagian beban, maka energi listrik yang dihasilkan dari panel surya pada bulan januari dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

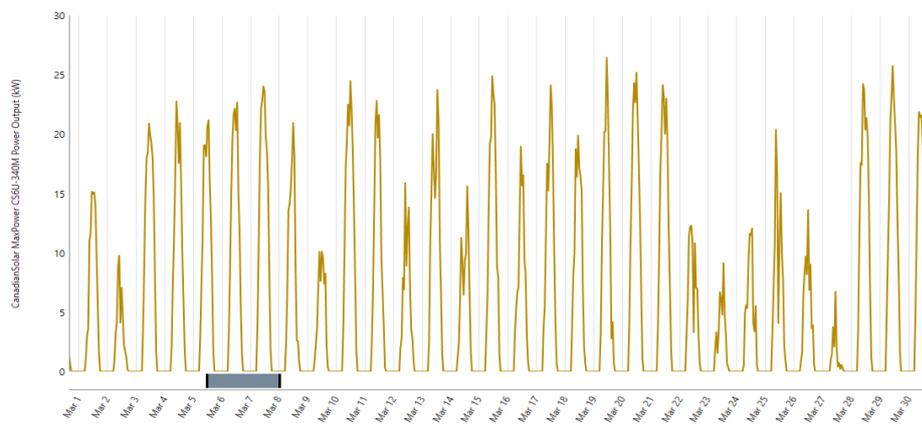
## 2. Energi listrik yang dihasilkan panel surya pada bulan Februari



**Gambar 4.26** Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan Februari

Pada Gambar 4.26 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari panel surya perhari di bulan Februari paling sedikit terdapat pada tanggal 8 dengan total daya keluaran panel surya sebesar 17,99kW, sedangkan yang terbesar terdapat pada tanggal 6 dengan total daya keluaran panel sruya sebesar 170,41kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran panel surya perhari pada bulan Februari yaitu sebesar 104,72kW. Berdasarkan Tabel 4.5 Mengenai persentase pembagian beban, maka energi listrik yang dihasilkan dari panel surya pada bulan Februari dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

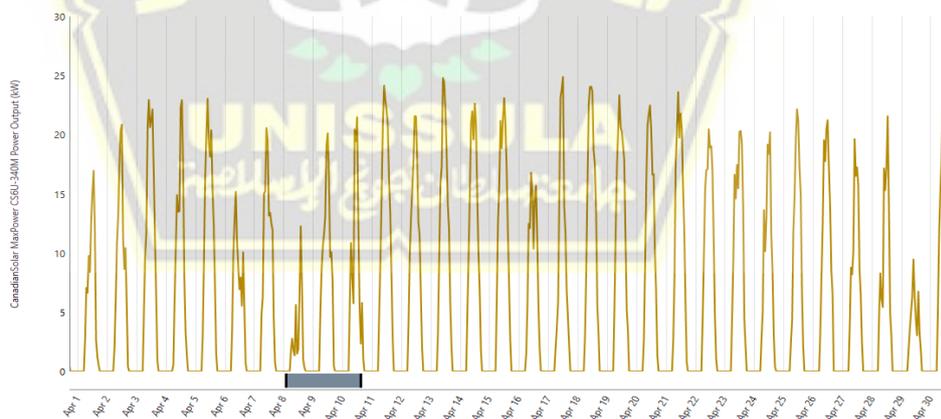
## 3. Energi listrik yang dihasilkan panel surya pada bulan Maret



**Gambar 4.27** Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan Maret

Pada Gambar 4.27 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari panel surya perhari di bulan Maret paling sedikit terdapat pada tanggal 23 dengan total daya keluaran panel surya sebesar 45,86kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 7 dengan total daya keluaran panel surya sebesar 187,76kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran panel surya perhari pada bulan Maret yaitu sebesar 129,99kW. Berdasarkan Tabel 4.5 Mengenai persentase pembagian beban, maka energi listrik yang dihasilkan dari panel surya pada bulan Maret dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

#### 4. Energi listrik yang dihasilkan panel surya pada bulan April

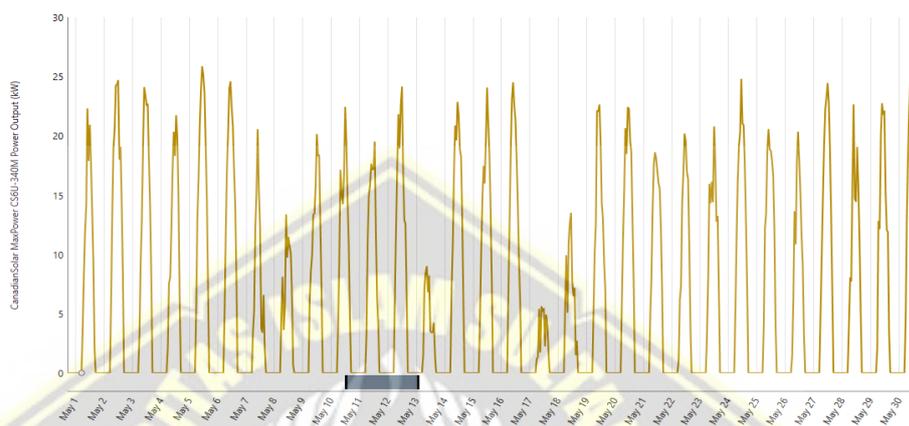


**Gambar 4.28** Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan April

Pada Gambar 4.28 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari panel surya perhari di bulan April paling sedikit terdapat pada tanggal 8 dengan total daya keluaran panel surya sebesar 43,56kW, sedangkan yang

terbanyak terdapat pada tanggal 11 dengan total daya keluaran panel sruya sebesar 180,79kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran panel surya perhari pada bulan April yaitu sebesar 140,34kW. Berdasarkan Tabel 4.5 Mengenai persentase pembagian beban, maka energi listrik yang dihasilkan dari panel surya pada bulan April dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

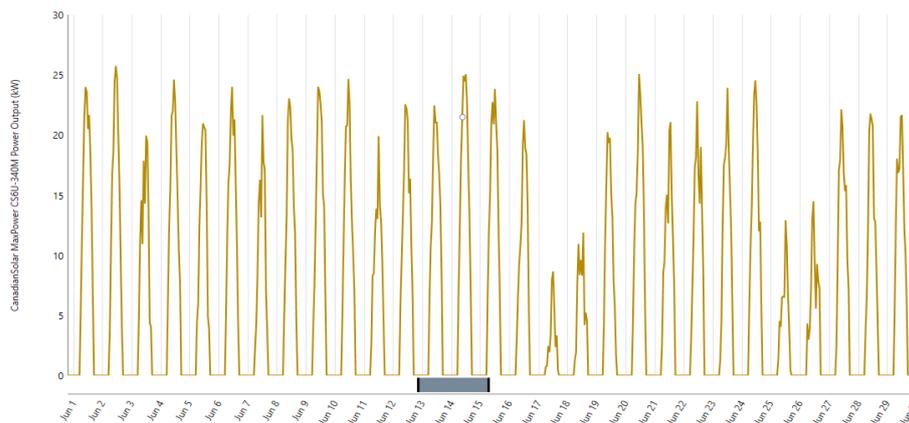
#### 5. Energi listrik yang dihasilkan panel surya pada bulan Mei



**Gambar 4.29** Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan Mei

Pada Gambar 4.29 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari panel surya perhari di bulan Mei paling sedikit terdapat pada tanggal 18 dengan total daya keluaran panel surya sebesar 48,30kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 5 dengan total daya keluaran panel sruya sebesar 196,76kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran panel surya perhari pada bulan Mei yaitu sebesar 146,98kW. Berdasarkan Tabel 4.5 Mengenai persentase pembagian beban, maka energi listrik yang dihasilkan dari panel surya pada bulan Mei dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

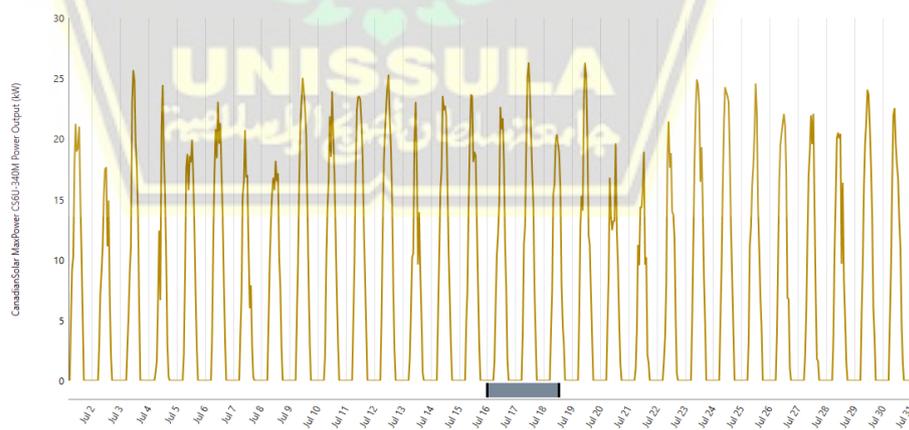
#### 6. Energi listrik yang dihasilkan panel surya pada bulan Juni



**Gambar 4.30** Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan Juni

Pada Gambar 4.30 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari panel surya perhari di bulan Juni paling sedikit terdapat pada tanggal 17 dengan total daya keluaran panel surya sebesar 37,64kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 14 dengan total daya keluaran panel surya sebesar 193,11kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran panel surya perhari pada bulan Juni yaitu sebesar 144,81kW. Berdasarkan Tabel 4.5 Mengenai persentase pembagian beban, maka energi listrik yang dihasilkan dari panel surya pada bulan Juni dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

#### 7. Energi listrik yang dihasilkan panel surya pada bulan Juli

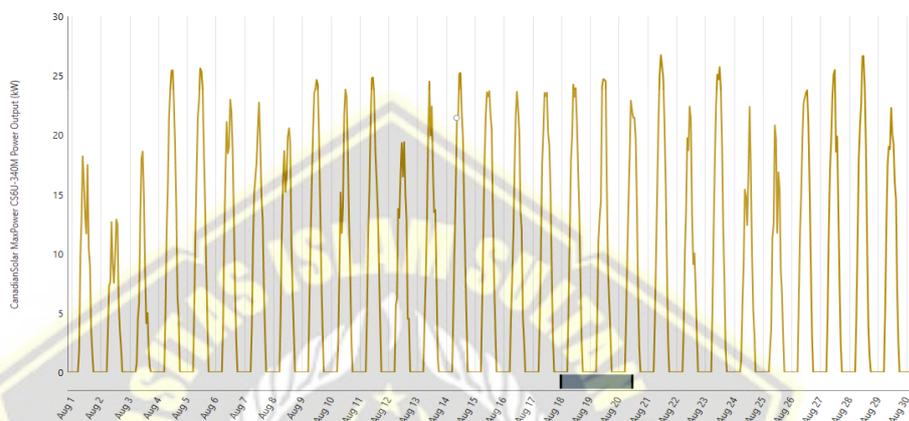


**Gambar 4.31** Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan Juli

Pada Gambar 4.31 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari panel surya perhari di bulan Juli paling sedikit terdapat pada tanggal 21

dengan total daya keluaran panel surya sebesar 112,74kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 12 dengan total daya keluaran panel surya sebesar 195,03kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran panel surya perhari pada bulan Juli yaitu sebesar 158,09kW. Berdasarkan Tabel 4.5 Mengenai persentase pembagian beban, maka energi listrik yang dihasilkan dari panel surya pada bulan Juli dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

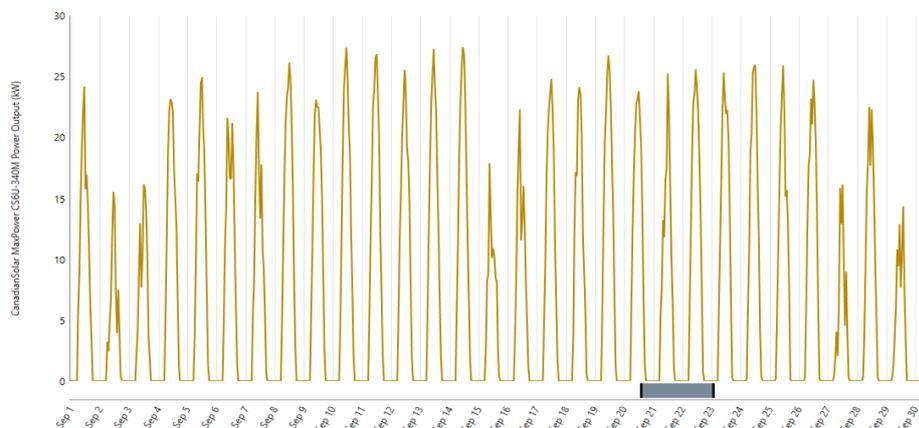
#### 8. Energi listrik yang dihasilkan panel surya pada bulan Agustus



**Gambar 4.32** Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan Agustus

Pada Gambar 4.32 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari panel surya perhari di bulan Agustus paling sedikit terdapat pada tanggal 2 dengan total daya keluaran panel surya sebesar 93,86kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 21 dengan total daya keluaran panel surya sebesar 202,60kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran panel surya perhari pada bulan Agustus yaitu sebesar 168,81kW. Berdasarkan Tabel 4.5 Mengenai persentase pembagian beban, maka energi listrik yang dihasilkan dari panel surya pada bulan Agustus dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

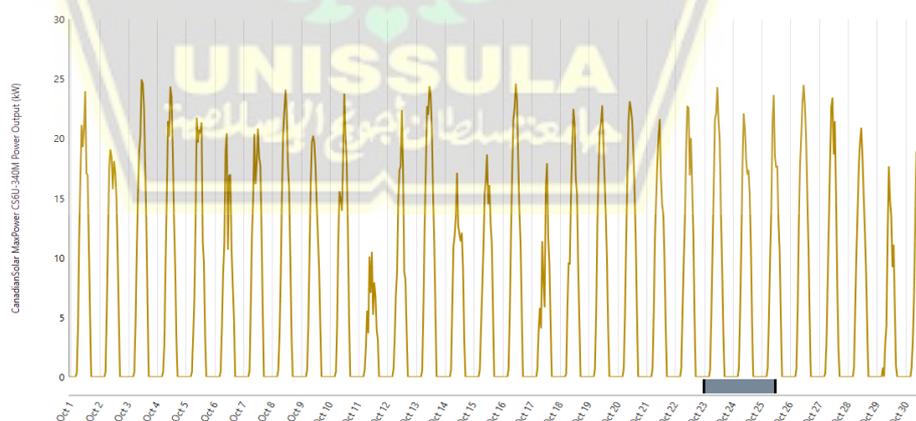
#### 9. Energi listrik yang dihasilkan panel surya pada bulan September



**Gambar 4.33** Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan September

Pada Gambar 4.33 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari panel surya perhari di bulan September paling sedikit terdapat pada tanggal 2 dengan total daya keluaran panel surya sebesar 82,25kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 19 dengan total daya keluaran panel surya sebesar 200,27kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran panel surya perhari pada bulan September yaitu sebesar 165,51kW. Berdasarkan Tabel 4.5 Mengenai persentase pembagian beban, maka energi listrik yang dihasilkan dari panel surya pada bulan September dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

#### 10. Energi listrik yang dihasilkan panel surya pada bulan Oktober

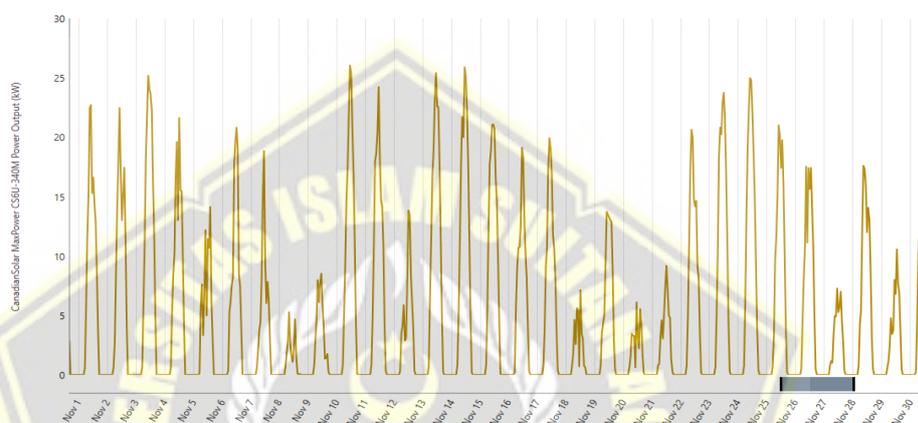


**Gambar 4.34** Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan Oktober

Pada Gambar 4.34 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari panel surya perhari di bulan Oktober paling sedikit terdapat pada tanggal

11 dengan total daya keluaran panel surya sebesar 66,74kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 13 dengan total daya keluaran panel surya sebesar 182,28kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran panel surya perhari pada bulan Oktober yaitu sebesar 147,19kW. Berdasarkan Tabel 4.5 Mengenai persentase pembagian beban, maka energi listrik yang dihasilkan dari panel surya pada bulan Oktober dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

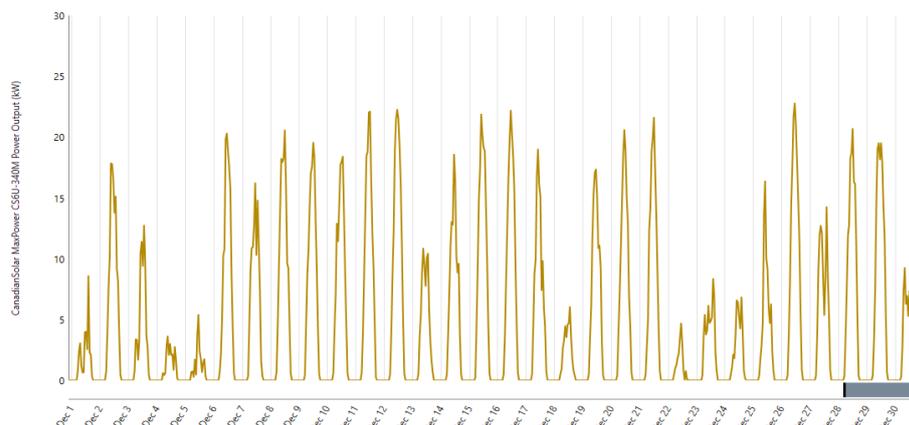
#### 11. Energi listrik yang dihasilkan panel surya pada bulan November



**Gambar 4.35** Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan November

Pada Gambar 4.35 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari panel surya perhari di bulan November paling sedikit terdapat pada tanggal 8 dengan total daya keluaran panel surya sebesar 24,64kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 14 dengan total daya keluaran panel surya sebesar 193,95kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran panel surya perhari pada bulan November yaitu sebesar 118,33kW. Berdasarkan Tabel 4.5 Mengenai persentase pembagian beban, maka energi listrik yang dihasilkan dari panel surya pada bulan November dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

#### 12. Energi listrik yang dihasilkan panel surya pada bulan Desember



**Gambar 4.36** Hasil Daya Keluaran Panel Surya Pada Bulan Desember

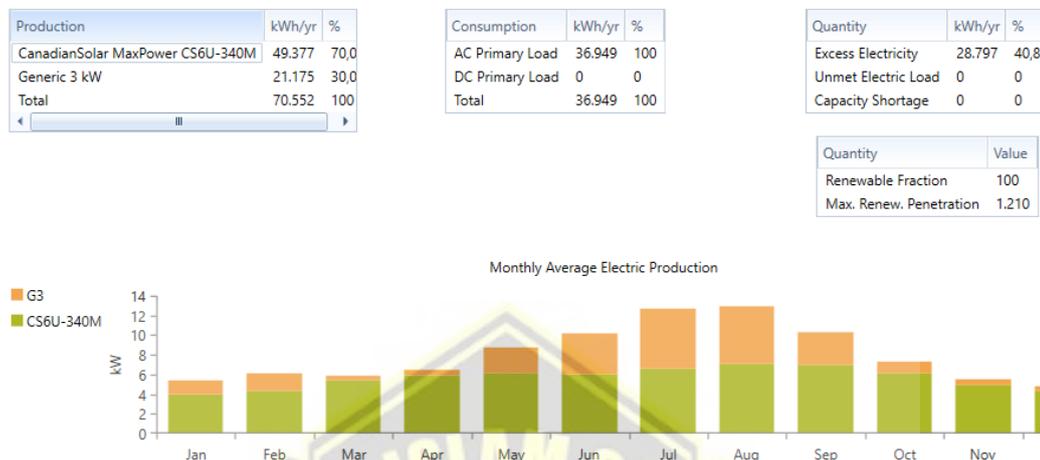
Pada Gambar 4.36 diatas dapat dilihat bahwa energi listrik yang dihasilkan dari panel surya perhari di bulan Desember paling sedikit terdapat pada tanggal 22 dengan total daya keluaran panel surya sebesar 19,40kW, sedangkan yang terbanyak terdapat pada tanggal 12 dengan total daya keluaran panel surya sebesar 1630,97kW. Adapun untuk rata-rata daya keluaran panel surya perhari pada bulan Desember yaitu sebesar 102,36kW. Berdasarkan Tabel 4.5 Mengenai persentase pembagian beban, maka energi listrik yang dihasilkan dari panel surya pada bulan Desember dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.

Pada hasil perhitungan *software* HOMER diatas dapat dilihat bahwa kebutuhan beban energi listrik perhari di lokasi penelitian dapat terpenuhi disetiap bulannya dikarenakan radiasi matahari di lokasi penelitian cukup besar sehingga daya keluaran panel surya juga besar. Energi listrik yang dihasilkan dari panel surya ini juga dapat membackup suplai energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin untuk memenuhi beban energi listrik.

Berdasarkan hasil tersebut maka dapat dikatakan bahwa PLTS yang telah direncanakan layak dari segi teknis untuk direalisasikan atau dibangun karena potensi energi surya yang cukup besar untuk dapat menghasilkan energi listrik dari panel surya sehingga dapat memenuhi kebutuhan beban energi listrik di lokasi penelitian serta dapat membackup suplai energi listrik dari turbin angin.

### 4.6.3 Total Energi Listrik Yang Dihasilkan

Total energi listrik yang dihasilkan dari sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* dapat dilihat pada Gambar 4.37 berikut ini.



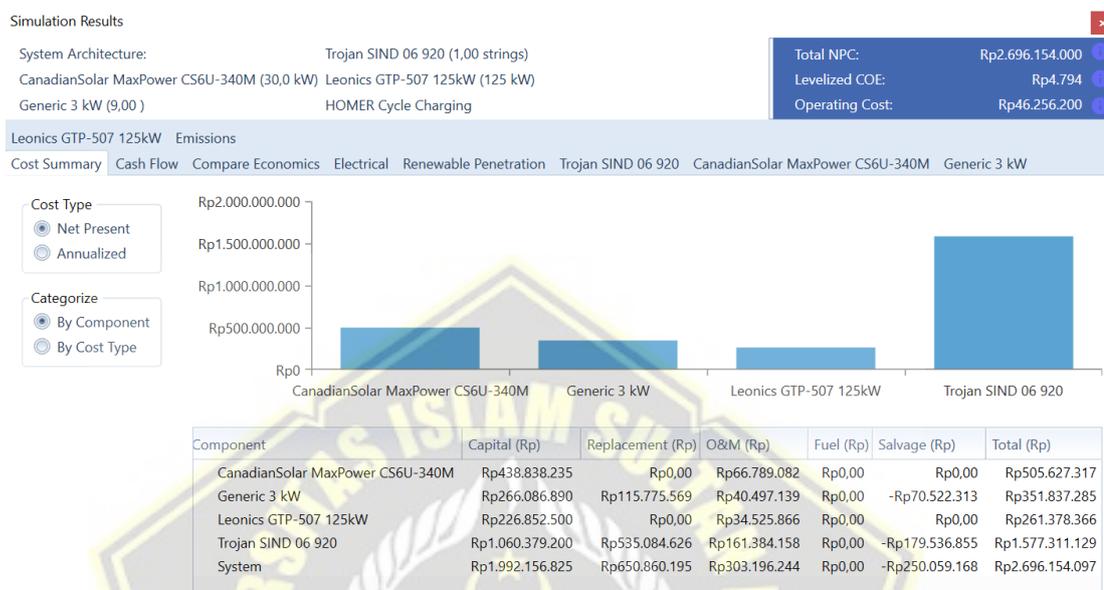
**Gambar 4.37** Tampilan Total Produksi Energi Listrik

Pada Gambar 4.37 dapat dilihat bahwa produksi energi listrik pada panel surya mencapai 49.377kWh/tahun atau sebesar 70% dalam memproduksi energi listrik tahunan dan dari turbin angin sebesar 21.175kWh/tahun atau sebesar 30% dalam memproduksi energi listrik. Berdasarkan hasil tersebut total produksi energi listrik dari panel surya lebih besar dibandingkan turbin angin disebabkan karena komponen pada panel surya yang terpasang jumlah daya keluarannya lebih besar dan pada desain sistem ini pembagian beban PLTS lebih besar dari PLTB berdasarkan Tabel 4.5.

Dengan total produksi energi listrik yang dihasilkan dari Sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* Turbin Angin dan Panel Surya maka dapat dikatakan layak, karena total produksi energi listrik dapat memenuhi beban di Pelabuhan Perikanan Pantai Morodemak. Namun untuk kinerja turbin angin dalam menghasilkan energi listrik sangat tidak layak karena potensi energi angin di lokasi penelitian sangat kecil.

#### 4.6.4 Analisa Ekonomis

Dari hasil simulasi HOMER dapat dilihat rincian biaya yang timbul pada sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* yang di desain selama 25 tahun, rincian biaya tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.38 berikut ini



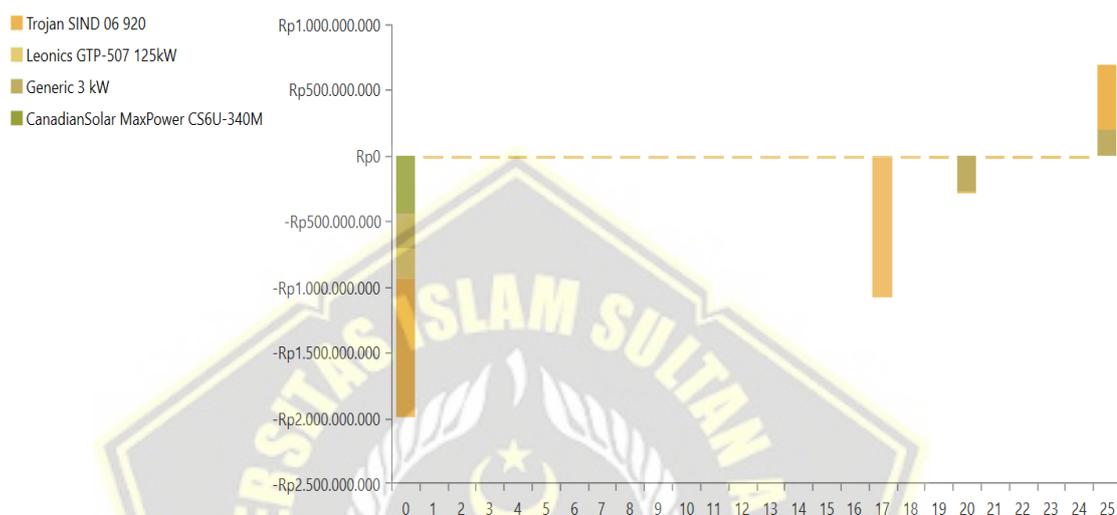
**Gambar 4.38** Tampilan *Net Present Cost* (NPC)

Pada Gambar 4.38 diatas dapat dilihat bahwa total biaya modal awal yang akan dikeluarkan sebesar Rp.1.992.136.825,00. Dari total tersebut, pembagian biaya awal digunakan untuk biaya pembelian panel surya 22%, turbin angin 13%, inverter 11%, dan Sebagian besar biaya awal digunakan untuk biaya pembelian baterai yang mencapai 53% dari total biaya awal. Sedangkan untuk total NPC dari simulasi menggunakan HOMER sebesar Rp.2.696.154.097. Dan berikut ini akan disajikan perhitungan manual atau arus tunai setiap akhir periode yang nantinya akan digunakan untuk menghitung nilai *Cost Of Energy* (COE).

##### 1. Membuat diagram aliran kas (Cash Flow Diagram)

Biaya terbesar dari sistem PLTH yang dirancang adalah untuk biaya modal pembelian komponen yaitu sebesar Rp.1.992.156.825, diikuti biaya penggantian komponen sebesar Rp.1.326.466.090, penggantian komponen terjadi pada tahun ke 17 dan tahun ke 20 dari total umur proyek PLTH yang di rencanakan. Penggantian diperlukan untuk mengganti beberapa komponen, yaitu komponen baterai dan turbin angin. Selanjutnya biaya operasional dan

pemeliharaan komponen yaitu sebesar Rp.19.921.535 per tahun. Pada tahun ke 25 dari total umur proyek PLTH yang direncanakan terdapat pemasukan dari PLTH sebagai nilai sisa yaitu sebesar Rp. 57.254.039. Aliran biaya tahunan selama 25 tahun PLTH yang direncanakan ditunjukkan pada Gambar 4.39



**Gambar 4.39** Aliran Kas PLTH

## 2. Menghitung *Net Present Cost* (NPC)

Setelah membuat diagram aliran kas tahunan kemudian menghitung NPC dengan menggunakan rumus. Agar memudahkan dalam proses menghitung akan ditampilkan aliran kas tahunan pada Tabel 4.10 Berikut ini.

**Tabel 4.10** Aliran Kas Tahunan

Total Modal Awal (P)	-1.992.156.825
Operasi	-19.921.535
Pendapatan	75.918.256
A (Pendapatan-Pengeluaran)	55.996.721
F1 (Penggantian Baterai)	-1.060.379.200
F2 (Penggantian Turbin)	-266.086.890

Adapun perhitungan manual dengan menggunakan Microsoft Excel dapat dilihat pada Tabel 4.11

**Tabel 4.11** Perhitungan Ekonomi Menggunakan Excel

I	0,0425	I	0,0425	i	0,0425
N	25	N	17	n	20
P		P		P	
F		F	-1.060.379.200	F	- 266.086.890
A	55.996.721	A		A	
(1+i)^n	2,83075049	(1+i)^n	2,029051555	(1+i)^n	2,298906313
P1/A	852.120.934	P/F1	- 522.598.451	P/F2	- 115.744.991

- Mencari P1 diketahui A

$$P_0 = -1.992.156.825$$

$$A = 55.996.721$$

$$P = A \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

$$P = 55.996.721 \frac{(1+0,0425)^{25} - 1}{0,0425(1+0,0425)^{25}}$$

$$P = 55.996.721 (15,2173363)$$

$$P = 852.120.935$$

- Mencari P/F2 Rp.1.060.379.200

$$P = F \frac{1}{(1+i)^n}$$

$$= -1.060.379.200 \frac{1}{(1+0,0425)^{25}}$$

$$= -1.060.379.200 (0,4928411)$$

$$= -552.598.451$$

- Mencari P/F3

$$P = F \frac{1}{(1+i)^n}$$

$$= -266.086.890 \frac{1}{(1+0,0425)^{20}}$$

$$= -266.086.890 (0,434989453)$$

$$= -115.744.991$$

- Jadi Total NPC dari sistem adalah

$$NPC = P_0 + (P/A) + (P/F1) + (P/F2)$$

$$NPC = -1.992.156.825 + 852.120.935 - 552.598.451 - 115.744.991$$

$$NPC = -1.778.379.333$$

Berdasarkan perhitungan manual diperoleh hasil Rp.-1.778.379.333, terdapat selisih antara hasil perhitungan HOMER dengan hasil perhitungan manual dikarenakan perbedaan metode perhitungan, sehingga diperoleh hasil yang berbeda.

- Menghitung faktor pemulihan modal

$$CRF(i, N) = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1}$$

$$(2.31)$$

$$CRF(i, N) = \frac{0,0425(1+0,0425)^{25}}{(1+0,0425)^{25} - 1} = \frac{0,120306896}{1,83075049} = 0,0657145234$$

Dari perhitungan manual yang dilakukan didapatkan NPC sebesar RP.1.778.379.333 dengan kebutuhan energi listrik pertahun sebesar 36.950 kWh

- Menghitung nilai *Cost Of Energy*

$$COE = \frac{C_{NPC} \times CRF}{\text{Kebutuhan energi pertahun}}$$

$$(2.29)$$

$$COE = \frac{1.778.379.333 \times 0,0657145234}{36.950}$$

$$COE = \text{Rp. } 3.162,79$$

Berdasarkan simulasi dengan menggunakan *software* HOMER diperoleh nilai COE sebesar Rp.4.794, sedangkan hasil dari perhitungan manual diperoleh nilai COE sebesar Rp.3.162,79, terdapat selisih antara perhitungan *software* HOMER dengan perhitungan manual yaitu sebesar Rp.1.631,21.

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut sistem PLTH yang direncanakan dikatakan tidak layak dari aspek ekonomi dikarenakan nilai *Net Present Cost* yang keluar dari sistem maupun perhitungan manual sama-sama mendapatkan hasil kurang dari nol, artinya menunjukkan bahwa nilai penerimaan lebih kecil dibandingkan dengan pengeluaran, dengan kata lain mengalami kerugian pada

investasinya oleh karena itu sistem dikatakan tidak layak. Akan dikatakan layak jika *Cost Of Energy* atau nilai per kWh dari sistem dijual dengan harga Rp.4.794, harga tersebut tentunya terpaut jauh dari harga per kWh yang dijual dari PLN, dengan begitu juga sistem dikatakan tidak layak.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilaksanakan mengenai Studi Kelayakan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* dengan menggunakan *software* HOMER maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Total energi listrik yang dihasilkan dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* yang direncanakan dapat memenuhi kebutuhan energi listrik di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak, maka dikatakan layak dari segi teknis. Namun untuk kinerja turbin angin dalam menghasilkan energi listrik sangat tidak optimal karena kecepatan angin di lokasi penelitian sangat rendah. Sedangkan kinerja panel surya dalam menghasilkan energi listrik sangat optimal karena radiasi matahari di lokasi penelitian cukup besar.
2. *Net Present Cost* (NPC) yang dihasilkan dari simulasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* menggunakan *software* HOMER selama 25 tahun sebesar Rp.2.696.154.097.
3. *Cost of Energy* (COE) yang dihasilkan dari simulasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* sebesar menggunakan *software* HOMER selama 25 tahun Rp.4.794.
4. *Net Present Cost* (NPC) mendapatkan hasil kurang dari nol, menunjukkan bahwa nilai penerimaan lebih kecil dibandingkan dengan pengeluaran, dengan kata lain mengalami kerugian pada investasinya, oleh karena itu sistem dikatakan tidak layak.
5. Biaya energi listrik per kWh (COE) yang dihasilkan dari simulasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* Turbin Angin dan Panel Surya tidak lebih murah dari harga energi listrik per kWh dari jaringan PLN, maka dinilai tidak layak dari aspek ekonominya.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan oleh peneliti maka ada beberapa saran yang diperlukan bagi penelitian selanjutnya guna mendapatkan hasil yang optimal, antara lain:

1. Diharapkan melakukan studi lebih lanjut dalam mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam penelitian
2. Diharapkan menentukan lokasi penelitian yang belum di suplai oleh jaringan listrik PLN atau masih menggunakan diesel agar lebih memudahkan dalam membandingkan nilai ekonominya.
3. Diharapkan menentukan model penelitian dengan sistem *On-grid* supaya tidak memakan banyak biaya investasi atau modal awal dari pembelian baterai untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan dari sistem.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Energi Baru Terbarukan dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2020-2024: Optimis atau Surrealis? – Koaksi Indonesia.” <https://coaction.id/energi-baru-terbarukan-dalam-rencana-pembangunan-jangka-menengah-nasional-2020-2024-optimis-atau-surrealis/>(accessed Apr. 06, 2021).
- [2] V. K. Tangirala, “Solar Wind , Hybrid Renewable Energy Systems,” *IEEE India Info*, vol. 12, no. 2, pp. 44–53, 2017.
- [3] “POWER Data Access Viewer.” <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (accessed Nov. 26, 2020).
- [4] B. Bagaskoro, J. Windarta, and Denis, “Listrik Tenaga Surya Sistem Offgrid Menggunakan Cemara,” *TRANSIENT J. Ilm. Tek. Elektro UNDIP*, vol. 8, no. 2, pp. 152–157, 2019.
- [5] A. S. Andri Suherman, Widia Tri Priane, “Studi kelayakan pembangkit listrik tenaga hibrida di pulau panjang,” *Gravity J. Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Fis.*, vol. 3, no. 1, 2017.
- [6] N. A. Sinaga. Lambertus, Hermawan, “Optimasi Sistem Pembangkit Listrik Hibrida Tenaga Surya , Jawa Tengah Dengan Menggunakan Perangkat Lunak,” *Transient*, vol. 4, no. 4, pp. 1029--1037, 2015.
- [7] Kunaifi, “Program Homer Untuk Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Hibrida di Provinsi Riau,” *Semin. Nas. Inform. 2010 (semnasIF 2010) UPN "Veteran" Yogyakarta, 22 Mei 2010*, vol. 2010, no. semnasIF, pp. 18–27, 2010.
- [8] M. N. Habibie, A. Sasmito, and R. Kurniawan, “Kajian Potensi Energi Angin Di Wilayah Sulawesi Dan Maluku,” *J. Meteorol. dan Geofis.*, vol. 12, no. 2, pp. 181–187, 2011, doi: 10.31172/jmg.v12i2.99.
- [9] D. Betha, M. Satish, and S. K. Sahu, “Design and control of grid connected PV/Wind hybrid system Using 3 level VSC,” *Proc. - 7th IEEE Int. Adv. Comput. Conf. IACC 2017*, pp. 466–471, 2017, doi: 10.1109/IACC.2017.0102.

- [10] W. Tong, *Wind Power Generation and Wind Turbine Design*. 2010, pp. 15–16.
- [11] Y. Daryanto, “Kajian Potensi angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu,” *Blueprint*, no. April, 2007.
- [12] AS/NZS.4509.2010, “Stand alone power systems - Part 2 : System design of New Zealand Electricity ( Safety ) Regulations 2010 ( SR,” vol. 2, 2010.
- [13] A. K. S. David Tan, *Handbook for Solar Photovoltaic Systems*. 2011.
- [14] A. C. Robert Foster, Majid Ghassemi, *Renewable Energy and the Environment*.
- [15] A. S. Aziz, M. F. N. Bin Tajuddin, and M. R. Bin Adzman, “Feasibility analysis of PV/Wind/Battery hybrid power generation: A case study,” *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 8, no. 2, pp. 661–671, 2018.
- [16] T. Lambert, P. Gilman, and P. Lilienthal, “Micropower System Modeling with Homer,” *Integr. Altern. Sources Energy*, pp. 379–418, 2006, doi: 10.1002/0471755621.ch15.
- [17] J. Yasuha and M. Saifi, “ANALISIS KELAYAKAN INVESTASI ATAS RENCANA PENAMBAHAN AKTIVA TETAP (Studi kasus pada PT Pelabuhan Indonesia III (Persero) Cabang Tanjung Perak Terminal Nilam),” *J. Adm. Bisnis SI Univ. Brawijaya*, vol. 46, no. 1, pp. 113–121, 2017.
- [18] ESDM, “Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomor 09 tahun 2016,” *Esdm*, no. 879. pp. 2004–2006, 2016.
- [19] “ALEKO WG3000W48V-AP Wind Power Generator-3000W-48V Sale, Reviews.-Opentip.”  
[https://www.opentip.com/product.php?products\\_id=6374451](https://www.opentip.com/product.php?products_id=6374451) (accessed Jul. 17, 2021).
- [20] “330W solar panels Canadian CS6U-330P XL–SolarProductsandInstallation.”  
<https://solarproductsandinstallation.com/products/330w-solar-panels-canadian-cs6u-330p-xl> (accessed Jul. 17, 2021).
- [21] “Trojan SAGM 8 165 Solar AGM 8V 165Ah Battery-Solaris.”  
<https://www.solaris-shop.com/trojan-sagm-8-165-solar-agm-8v-165ah->

battery/ (accessed Jul. 18, 2021).

[22] BI, “Kebijakan moneter,” 2021.



# LAMPIRAN



## Lampiran 1 Makalah Tugas Akhir

# STUDI KELAYAKAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA *HYBRID* DI PELABUHAN PERIKANAN PANTAI (PPP) MORODEMAK DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE HOMER*

Muhammad Reza<sup>1)</sup>, Dedi Nugroho<sup>2)</sup>, dan Ida Widihastuti<sup>3)</sup>

Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang

Jalan Raya Kaligawe Km.4, Semarang, Jawa Tengah

e-mail: [muhammadreza@std.unissula.ac.id](mailto:muhammadreza@std.unissula.ac.id)<sup>1)</sup>, [dedi.nugroho@unissula.ac.id](mailto:dedi.nugroho@unissula.ac.id)<sup>2)</sup>, [ida\\_fti@unissula.ac.id](mailto:ida_fti@unissula.ac.id)<sup>3)</sup>

### ABSTRACT

*The geographical location of the Morodemak Coastal Fishing Port is at 110.544491 East Longitude and -6.821972 South Latitude in Purworejo, Bonang District, Demak Regency with a beach length of 34.1 Km. This location has a fairly large wind speed and solar radiation, which can be utilized properly to generate electrical energy by utilizing renewable energy that is environmentally friendly (wind and solar). Hybrid system generation is a combination of two or more power plants with different energy sources to complement each other. HOMER is a software, used to design and analyze hybrid energy systems. By using the HOMER software, it is expected to be able to determine the optimal configuration of the hybrid power plant system and also to know the potential for renewable energy at the Morodemak Coastal Fishery Port. The results of the simulation of a hybrid power generation system using the HOMER software are the total electrical energy generated by 192,679kWh/day, for wind turbines of 57,540kWh/year and for solar panels of 135,139kWh/day. Based on these results, it is said to be feasible from a technical point of view because it is able to meet the electrical energy load at the Morodemak Coastal Fishery Port of 134,467kWh/day. However, from an economic point, it is said to be unfeasible, because the price of electricity per kWh produced is Rp. 3,745, which is not cheaper than the price of electricity per kWh from PLN.*

**Keywords:** Renewable Energy, HOMER, Morodemak Coastal Fishing Port, Hybrid System Generation..

### ABSTRAK

*Letak geografis Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak berada pada 110.544491 BT dan -6.821972 LS di Desa Purworejo, Kecamatan Bonang, Kabupaten Demak dengan panjang pantai 34,1 Km. Lokasi ini memiliki kecepatan angin dan radiasi matahari yang cukup besar, dimana hal ini dapat dimanfaatkan dengan baik untuk menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan energi terbarukan yang ramah lingkungan (angin dan matahari). Pembangkit sistem hybrid merupakan kombinasi dari dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda untuk melengkapi satu sama lain. HOMER adalah perangkat lunak yang digunakan untuk merancang dan menganalisis sistem energi hybrid. Dengan menggunakan perangkat lunak HOMER diharapkan dapat mengetahui konfigurasi sistem pembangkit listrik tenaga hybrid yang optimal juga dapat mengetahui besar potensi energi terbarukan di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak. Hasil simulasi sistem pembangkit listrik tenaga hybrid dengan menggunakan software HOMER adalah total energi listrik yang dihasilkan sebesar 192,679kWh/hari, untuk turbin angin sebesar 57,540kWh/tahun dan untuk panel surya sebesar 135,139kWh/hari. Berdasarkan hasil tersebut maka dikatakan layak dari segi teknis karena mampu memenuhi beban energi listrik di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak sebesar 134,467kWh/hari. Namun dari segi ekonomi dikatakan tidak layak karena harga listrik per-kWh yang dihasilkan adalah Rp.3.745 tidak lebih murah dari harga listrik per-kWh dari PLN.*

**Kata Kunci:** Energi Terbarukan, HOMER, Pelabuhan Perikanan Pantai Morodemak, Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

## PENDAHULUAN

Saat ini kebutuhan energi listrik semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan kemajuan teknologi serta informasi. Disamping itu dengan seiring berjalannya waktu penggunaan bahan bakar fosil seperti batu bara dan minyak bumi bukanlah sesuatu yang akan bertahan terus menerus, seperti diketahui bahwa jumlah bahan bakar fosil semakin terbatas dan akan habis jika digunakan terus menerus, serta dampak dari bahan bakar fosil juga berakibat buruk bagi lingkungan. Oleh karenanya diperlukan solusi lain untuk membangkitkan energi listrik dengan pasokan tak terbatas dan tentunya ramah lingkungan.

Energi terbarukan adalah energi yang bersumber dari alam dan jumlahnya tidak terbatas. Selain itu, penggunaan sumber energi terbarukan sangat ramah lingkungan. Ada berbagai jenis sumber energi terbarukan yang dapat diubah menjadi listrik yaitu air, angin, sinar matahari, gelombang laut, biomassa, dan lainnya[1].

Dalam penelitian ini, penulis akan mendesain dan menguji kelayakan sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* energi angin dan surya. Namun dalam proses perencanaan pembangkit ini ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan diantaranya kecepatan angin dan radiasi matahari. Ini merupakan faktor terpenting dalam menentukan lokasi pembangkit ini ditempatkan.

Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak merupakan tempat pemberhentian perahu dan kapal perikanan untuk membongkar hasil tangkapan. Selain itu, Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak juga merupakan lingkungan kerja bagi kegiatan ekonomi perikanan serta memberikan fasilitas umum untuk mempermudah kegiatan di sektor tersebut. Pelabuhan ini berdiri sejak tahun 1999, Letak geografis Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak berada pada 110.544491 BT dan -6.821972 LS di Desa Purworejo, Kecamatan Bonang, Kabupaten Demak dengan panjang pantai 34,1 Km. Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak memiliki kondisi tanah yang sebagian besar terdiri dari campuran lumpur dan pasir halus.

Berdasarkan data dari situs Nasa, Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak, Kecamatan Bonang, Kabupaten Demak memiliki rata-rata kecepatan angin sebesar 4,42 m/s, dan memiliki rata-rata radiasi matahari sebesar 5,48 kWh/m<sup>2</sup>/day[2]. Dimana hal ini dapat dimanfaatkan dengan baik untuk menghasilkan energi listrik, dengan kata lain Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak dapat mandiri dalam menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan energi terbarukan ramah lingkungan (angin dan matahari) yang akan dirancang tanpa bergantung energi listrik dari PLN.

Dalam penelitian ini menggunakan *software* HOMER (*Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources*) untuk mendesain dan menguji kelayakan sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* (PLTH). *Software* ini mampu mendesain sistem dan mensimulasikan sistem serta menentukan konfigurasi sistem terbaik. Selain itu, *software* ini mampu melakukan perhitungan matematis mengenai biaya-biaya yang akan dikeluarkan dari sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid*.

Berdasarkan uraian diatas, perlu dilaksanakannya penelitian ini guna mencapai tujuan yaitu mandiri dalam menghasilkan energi listrik, maka terlaksanalah penelitian ini dengan judul **“Studi Kelayakan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak Dengan Menggunakan Software HOMER”**.

## DASAR TEORI

### A. Pembangkit Sistem Hybrid

Pembangkit sistem *hybrid* merupakan kombinasi dari dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda, baik yang berasal dari alam ataupun konvensional. Tujuan dari sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* adalah untuk melengkapi satu sama lain dari kedua jenis pembangkit yang digabungkan, baik dari segi kelemahan maupun dari segi peningkatan jumlah produksi energi listrik[1].

### B. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)

Pembangkit Listrik Tenaga Angin atau sering disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah salah satu pembangkit listrik energi terbarukan yang ramah lingkungan dan memiliki efisiensi kerja yang baik jika dibandingkan dengan pembangkit listrik energi terbarukan yang lainnya, prinsip kerja PLTB adalah dengan memanfaatkan energi kinetik angin yang masuk kedalam area efektif turbin untuk memutar baling-baling/kincir angin, kemudian energi putar itu diteruskan ke generator untuk membangkitkan energi listrik.

Pada dasarnya, sistem turbin angin adalah menangkap energi kinetik angin dan mengubahnya menjadi energi mekanik (gerak) melalui pisau turbin dan kemudian energi mekanik diubah menjadi energi listrik melalui generator listrik. Representasi matematis dari turbin angin berperan sangat penting dalam memahami respon (kinerja) turbin angin selama beroperasi. Performa turbin angin tergantung pada kondisi cuaca, besar instalasi aktual, dan pemodelan pisau turbin[3].

### C. Potensi Energi Angin

Angin adalah udara yang bergerak yang diakibatkan adanya rotasi bumi dan perbedaan

tekanan udara, angin bergerak dari tekanan udara tinggi ke tempat bertekanan udara rendah. Tekanan udara terjadi akibat pemanasan matahari terhadap atmosfer dan permukaan bumi. Terjadinya perbedaan tekanan udara ini menyebabkan sirkulasi udara di atmosfer. Syarat angin dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik yaitu batas kecepatan minimum energi angin sebesar (1,6 - 3,3) m/s dan batas maksimum sebesar (13,9 - 17,1) m/s[4]. Sedangkan untuk mengetahui distribusi angin, baik arah maupun kecepatan dapat diperoleh dengan menggunakan perangkat lunak Wind Rose maupun dari layanan penyedia data potensi angin seperti NASA[2]. Ditinjau dari letaknya, pemanfaatan energi angin dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu : dataran, lepas pantai dan tepi pantai.

#### D. Perhitungan PLTB

Untuk menghasilkan elektrik parameter yang digunakan adalah daya angin, daya mekanik dan daya listrik.

##### 1) Daya Angin

Angin merupakan energi kinetik yang sangat banyak, pemanfaatan energi angin dapat dilakukan dengan menangkap daya angin menggunakan kincir angin. Persamaan yang digunakan dalam menghitung daya yang diberikan oleh angin[5].

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \quad (1)$$

Keterangan:

$P_w$  = Tenaga dalam watt  
 $\rho$  = Massa jenis angin (1,225kg/m<sup>3</sup>)  
 $A$  = Luas area sapuan (m<sup>2</sup>)  
 $V$  = Kecepatan angin (m/s)  
 Adapun untuk mencari nilai luas sapuan angin memakai rumus berdasarkan persamaan 2 berikut ini[5]:  
 $A = \pi r^2$

(2)

##### 2) Daya Mekanik

Daya mekanik merupakan daya gerak yang berfungsi untuk memutar gerak turbin. Untuk menghitung daya mekanik menggunakan persamaan 3 sebagai berikut[5]:

$$P_m = P_w \times C_p \quad (3)$$

Keterangan:

$P_m$  = Daya mekanik  
 $P_w$  = Daya angin  
 $C_p$  = Koefisien kinerja (maksimum teoritis = 0,59 Desain = 0,35)

Dan untuk menentukan jumlah turbin angin yang akan digunakan dapat menggunakan persamaan 4 berikut ini:

$$\text{Jumlah turbin angin} = \frac{E_{total}}{\text{rata-rata angin}} \quad (4)$$

#### E. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Ketika modul photovoltaic terkena sinar matahari maka modul photovoltaic akan menghasilkan listrik arus searah (DC). Dengan menggunakan inverter, listrik arus searah (DC) akan dikonversi menjadi arus bolak balik (AC). Ada 2 jenis utama sistem photovoltaic yaitu *on grid* dan *off grid*.

Ketika modul photovoltaic terkena sinar matahari maka modul photovoltaic akan menghasilkan listrik arus searah (DC). Dengan menggunakan inverter, listrik arus searah (DC) akan dikonversi menjadi arus bolak balik (AC). Ada 2 jenis utama sistem photovoltaic yaitu *on grid* dan *off grid*[6].

Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja dari panel surya adalah[7]:

- e. Temperatur/suhu
- f. Intensitas sinar matahari
- g. Orientasi rangkaian modul surya
- h. Sudut orientasi matahari.

#### F. Perhitungan PLTS

Untuk menghitung kebutuhan komponen utama sistem PLTS menggunakan perhitungan dengan persamaan-persamaan yang ada pada Australian/New Zealand Standar <sup>TM</sup>AS/NZS 4509.2:2010 tentang *Stand Alone Power System*.

- 1) Memilih Modul Surya
- 2) *Oversupply coefficient* ( $f_o$ )  
*Oversupply coefficient* ialah nilai kelebihan suplai energi listrik yang akan digunakan dalam mendesain kapasitas pembangkit. Nilai ini bertujuan untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya defisit energi akibat losses pada sistem maupun perubahan pola konsumsi energi listrik pada waktu tertentu[5].
- 3) Nominal efisiensi baterai ( $\eta_{bat}$ )  
 Sistem PLTS pada dasarnya menggunakan baterai jenis lead acid, karena memiliki efisiensi 90% sampai 95%[5].
- 4) *Design load energy* setiap PV Array ( $E_{tot}$ )  
 Dalam sistem PLTS ditentukan beberapa rangkaian PV Array agar sesuai dengan kapasitas *Solar Charge Controller* (SCC) yang dirancang. Untuk mengetahui *Design load energy* menggunakan persamaan 5 berikut ini [5].

$$\text{Design load energy setiap PV Array} = \frac{E_{tot}}{\text{Jumlah PV Array}} \quad (5)$$

Keterangan:

$E_{tot}$  = Total kebutuhan energi harian

5) *Design Load* (Ah)

*Design load* (Ah) ialah kebutuhan energi listrik pada satuan Ampere Hour (Ah). Untuk mendapatkan hasil *design load* (Ah) dari pembagian seluruh total kebutuhan energi harian dan tegangan bus DC[5].

$$Design\ Load\ Ah = \frac{E_{tot}}{V_{dc}}$$

(6)

Keterangan:

$E_{tot}$  = Total kebutuhan energi listrik (Ah)

$\eta_{bat}$  = Efisiensi baterai (%)

6) *Required Array Output*

*Required Array Output* ialah nominal daya yang akan disuplai oleh PV Array (dalam satuan Ah) dengan memperhitungkan efisiensi pada sebuah baterai[5].

*Required Array output* Ah =

$$\frac{Design\ load\ Ah}{\eta_{bat}} \quad (7)$$

Keterangan:

$E_{tot}$  = Total kebutuhan energi harian (Wh)

$\eta_{bat}$  = Efisiensi baterai (%)

7) *Daily Charge Output* per modul

*Daily Charge Output* ialah energi yang dihasilkan dari modul dalam satu hari (dalam satuan Ah). Untuk menghitung *Daily charge output* pada penelitian ini menggunakan persamaan 8 berikut ini[5]:

$$Daily\ charge\ output = (1 - Toleransi\ pabrik) \times I_{T.V} \times f_{din} \times H_{tilt} \quad (8)$$

Keterangan:

Toleransi pabrik = Toleransi pabrik pada daya keluaran (%)

$I_{T.V}$  = Arus hubung singkat dibawah temperatur operasi (NOCT) (A)

$f_{din}$  = Derating faktor karena debu (%)

$H_{tilt}$  = Radiasi tilte angel (kWh/m<sup>2</sup>/hari)

8) *Number of parallel String Required*

*Number of Parallel String Required* ialah jumlah cabang modulsurya yang dihubung secara paralel[5].

$$NoPSR = \frac{Required\ Array\ output \times f_0}{Daily\ charge\ output\ per\ modul}$$

(9)

Keterangan:

Required array output = Arus hubung singkat dibawah temperatur operasi (A)

Daily charge output = Derating faktor karena debu (%)

$f_0$  = Over supply coefisient 1,3 - 2

9) *Number of series modul per string*

*Number of series modul per string* ini disimbolkan dengan  $N_s$ , yaitu jumlah modul surya yang dihubungkan secara seri disetiap cabang,. Jumlah modul surya terhubung seri dapat dihitung dengan persamaan 10 berikut ini[5]:

$$N_s = \frac{Tegangan\ operasi}{Nominal\ module\ voltage} = \frac{V_{DC}}{V_{DC}}$$

(10)

Keterangan:

$V_{DC}$  = Nominal Tegangan bus DC (V)

$V_{DC}$  = Nominal Tgangan modul (V)

10) *Total number of module in array*

*Total number of modul in array* ini disimbolkan dengan  $N$ , yaitu total modul surya yang digunakan sebuah sistem PLTS. Untuk menentukan jumlah modul surya dapat menggunakan persamaan 11 berikut ini[5]:

$$N = N_p \times N_s$$

(11)

Keterangan:

$N_p$  = Number of paralel strings required

$N_s$  = Numver of series modules per string

11) *Kapasitas setiap PV Array*

Setelah memperoleh jumlah keseluruhan modul surya yang akan digunakan dalam sistem PLTS, maka kapasitas daya dari PV Array pada PLTS dapat dihitung menggunakan persamaan 12 berikut ini[5]:

$$P_{pvArray} = Jumlah\ modul\ sury \times Daya\ per\ modul$$

(12)

## G. Baterai

Baterai adalah suatu alat penyimpan energi listrik yang dapat diisi (charge) setelah energi digunakan. Kapasitas atau kemampuan menyimpan energi ditentukan oleh semua komponen didalam baterai seperti jenis material yang digunakan dan jenis elektrolitnya. . Tipe baterai yang sering digunakan pada sistem off-grid adalah tipe baterai Lead Acid.

Dalam merancang kapasitas baterai untuk sistem PLTH penting untuk memperhatikan hal-hal berikut ini:

1) *Desaign Load*

*Desaign Load* ialah kebutuhan energi listrik dalam satuan Ampere hour (Ah). Untuk menghitung daya dalam satuan ampere dapat menggunakan persamaan berikut ini[5]:

$$Q = \frac{E_{tot}}{V_{DC}}$$

(13)

Keterangan:

$E_{tot}$  = Total kebutuhan energi harian

$V_{DC}$  = Tegangan inverter yang digunakan

- 2) *Days of Autonomy* ( $T_{aut}$ )  
*Days of Autonomy* ialah target total operasi maksimum baterai tanpa masukan energi dari PV array sebelum melampaui DoD maksimum baterai. Untuk sistem PLTH dengan kontrol otomatis dapat menggunakan waktu otonomi dari 2 hingga 3 hari[5].
- 3) Maximum Depth of Discharge (DoDmax)  
Maximum Depth of Discharge ialah pengisian baterai maksimum yang diizinkan untuk digunakan. Misalnya, penarikan muatan listrik sebesar 50 Ah dari baterai dengan kapasitas 100Ah, maka Dod sebesar 50%.
- 4) Kapasitas Baterai Pada Nominal Baterai Discharge Rate ( $C_x$ )  
Untuk mengetahui  $C_x$  perlu memperhatikan durasi beban dan beban maksimum, discharge rate 100 jam tepat untuk kebutuhan beban rendah dan discharge rate 20 jam baik digunakan untuk beban tinggi[5].
- 5) Faktor Koreksi Temperatur  
Untuk faktor koreksi temperatur baterai dengan discharge rate 20 jam adalah sebesar 98%
- 6) Kapasitas Baterai Yang Diperlukan  
Untuk menghitung kapasitas baterai yang diperlukan dalam sistem PLTH menggunakan persamaan 14 berikut ini[5]:

$$E_{baterai} = \frac{Q \times T_{aut}}{DoD_{max} \times \text{Faktor koreksi temperatur}} \quad (14)$$

- 7) Jumlah Baterai Dhubung Seri  
Untuk mengitung jumlah baterai yang dihubung seri menggunakan persamaan 15 berikut ini[5]:

$$\text{Jumlah baterai seri} = \frac{V_{dc}(\text{inverter})}{V_{dc}(\text{baterai})} \quad (15)$$

## H. Inverter

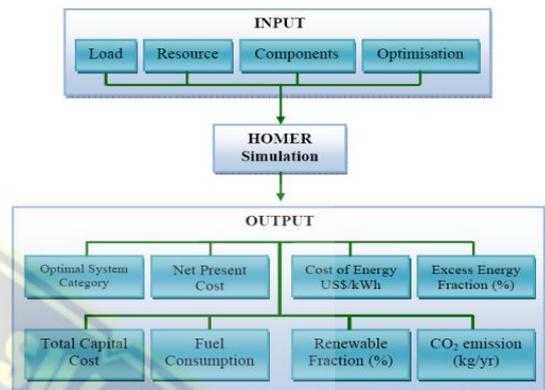
Inverter digunakan dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hyabrid* untuk mengubah listrik DC ke listrik AC. Dalam menentukan ukuran inverter menggunakan *oversuply coefficient* ( $f_0$ ) dengan persamaan:

$$E_{inverter} = \text{Peak load} \times f_0 \quad (16)$$

## I. Software HOMER

HOMER adalah perangkat lunak yang digunakan untuk merancang dan menganalisis sistem energi hibrida dan dikembangkan oleh National Renewable Energy Laboratory, Amerika Serikat[8]. HOMER mensimulasikan sistem tenaga listrik dan biaya selama operasi, yang merupakan biaya total pemasangan dan biaya operasi sistem. Selain itu, HOMER memiliki banyak pilihan desain sistem yang dapat digunakan berdasarkan keuntungan teknis dan nilai ekonomi.

Gambar 1 berikut ini merupakan simulasi dan optimasi pada *software* HOMER :



Gambar 1 Simulasi dan optimasi HOMER

Dalam pengoperasiannya, HOMER melakukan 3 tugas utama, yaitu:

- 1) Simulasi  
Dalam proses simulasi, HOMER mensimulasikan kinerja konfigurasi sistem setiap jam selama satu tahun untuk menentukan kelayakan teknis dan biaya pengoperasiannya.
- 2) Optimalisasi  
Dalam proses optimasi, HOMER mensimulasikan beragam konfigurasi sistem yang berbeda untuk menemukan konfigurasi sistem terbaik dengan biaya operasional terendah.
- 3) Analisis sensitivitas  
Dalam proses analisis sensitivitas, HOMER melakukan beberapa pengoptimalan berdasarkan asumsi masukan untuk mengukur efek ketidakpastian atau perubahan model masukan. Pengoptimalan menentukan nilai optimal dari variabel dimana perancang sistem memiliki kontrol dalam menentukan komponen yang akan membentuk sistem baik dalam ukuran maupun kuantitas. Analisis sensitivitas dapat membantu menilai dampak ketidakpastian atau perubahan variabel dimana perancang tidak memiliki kendali dalam perubahan variabel[9].

## J. Net Present Cost (NPC)

*Net present cost* yaitu biaya total yang akan digunakan selama masa pemasangan atau pun pengoperasian komponen sepanjang proyek berjalan. Untuk mengetahui nilai NPC (*net present cost*) dengan menggunakan persamaan 17:

$$NPC = Capital\ costs + Replacement\ costs + O\&M\ costs + Fuel\ costs - salvage$$

(17)

Keterangan:

*Capital costs* = Biaya modal komponen (Rp).

*Replacement costs* = Biaya pergantian komponen (Rp).

*O&M costs* = Biaya operasional dan perawatan (Rp).

*Fuel costs* =

Biaya bahan bakar (Rp).

*Salvage* = Biaya yang tersisa pada komponen (Rp).

## K. Cost of Energi (COE)

*Cost of Energi* digunakan untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan per kWh dari sistem. Untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan 18

$$COE = \frac{C_{ann,tot} - C_{boiler} - E_{thermal}}{E_{prim,AC} + E_{prim,DC} + E_{def} + E_{grid,sales}} \quad (18)$$

Keterangan :

$C_{ann,tot}$  : total biaya tahunan (\$/tahun)

$C_{boiler}$  : margin biaya boiler (\$/kWh)

$E_{thermal}$  : total beban thermal yang terpenuhi (kWh/tahun)

$E_{prim,AC}$  : beban AC utama yang terpenuhi (kWh/tahun)

$E_{prim,DC}$  : beban DC utama yang terpenuhi (kWh/tahun)

$E_{def}$  : beban *deferrable* yang terpenuhi (kWh/tahun)

$E_{grid,sales}$  : total penjualan grid (kWh/tahun)

Atau dengan rumus lain

$$COE = \frac{NPC \times CRF}{Kebutuhan\ energi\ pertahun} \quad (19)$$

## METODOLOGI PENELITIAN

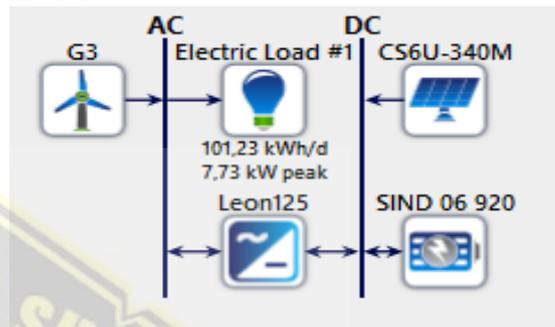
### A. Data Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung di lokasi penelitian. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung atau melalui media perantara.

Adapun data primer yang dimaksud adalah data beban energi listrik sedangkan data sekunder adalah data potensi energi angin, data potensi energi matahari, serta data harga dan spesifikasi komponen.

## B. Model Penelitian

Desain sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) yang akan dirancang adalah sistem Off Grid, sistem Off Grid yaitu suatu pembangkitan yang bersifat mandiri dan tidak terhubung dengan jaringan listrik dari PLN. Ada beberapa komponen utama yang akan digunakan dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) yang dirancang antara lain turbin angin, panel surya, baterai, dan konverter/inverter. Adapun untuk desain sistem PLTH yang akan dirancang dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2 Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

## C. Langkah-langkah Penelitian

Setelah memperoleh data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, maka selanjutnya akan dilakukan simulasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) dengan menggunakan software HOMER untuk mengetahui layak atau tidak sistem yang akan dirancang. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

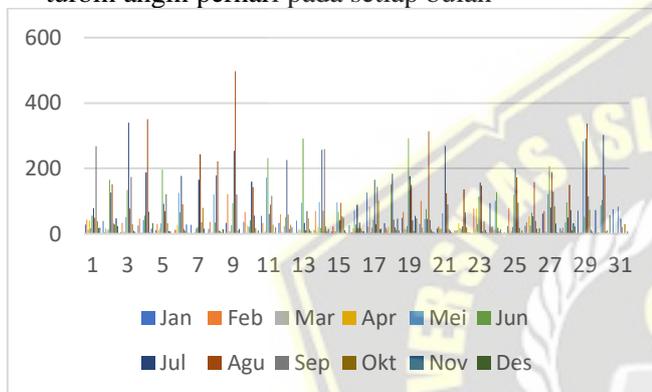
- 1) Mengolah data beban energi listrik yang diperoleh di lokasi penelitian dengan menggunakan Microsoft Excel 2016 untuk mengetahui beban energi listrik keseluruhan dan mengetahui beban puncak energi listrik perhari, serta mengetahui beban energi listrik per jam.
- 2) Menentukan konfigurasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) yang akan dirancang dengan menggunakan standard AS/NZS 4509.2:2010 tentang stand alone power system.
- 3) Menentukan persentase pembagian beban energi listrik dari sistem yang akan dirancang.
- 4) Menentukan spesifikasi komponen utama sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) yang akan dirancang berdasarkan potensi energi yang ada di lokasi penelitian dan beban energi listrik yang dibutuhkan.
- 5) Melakukan tahapan simulasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) yang akan dirancang dengan menggunakan software HOMER diantaranya adalah

memasukkan titik koordinat untuk mendapatkan data potensi energi, memasukkan beban energi listrik yang sudah diolah, dan memasukkan data komponen utama sistem PLTH.

## HASIL DAN ANALISA

### A. Energi Listrik Yang Dihasilkan Turbin Angin

Kinerja turbin angin dalam menghasilkan energi listrik bergantung pada kecepatan angin yang ada di lokasi penelitian. Pada penelitian ini Pembangkit Listrik Tenaga Bayu akan memenuhi kebutuhan beban energi listrik di lokasi penelitian sebesar 30% dari total beban energi listrik perhari yaitu sebesar 40,488kWh. Berikut ini akan ditunjukkan energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin perhari pada setiap bulan



Gambar 3 Hasil Daya Keluaran Turbin Angin

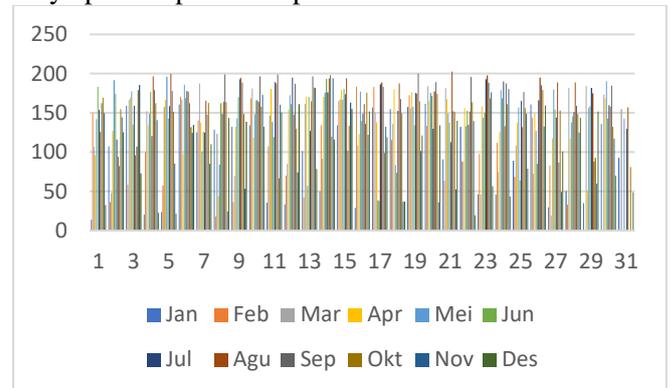
Pada hasil perhitungan *software* HOMER diatas diketahui bahwa energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin pada bulan Januari, Februari, Maret, April, Oktober, November, dan Desember tidak dapat memenuhi kebutuhan beban energi listrik perhari di lokasi penelitian, dikarenakan kecepatan angin pada bulan tersebut sangat rendah sehingga energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin juga sedikit. Sedangkan energi listrik yang dihasilkan turbin angin pada bulan Mei, Juni, Juli, Agustus, dan September dapat memenuhi kebutuhan beban energi listrik perhari di lokasi penelitian, dikarenakan kecepatan angin pada bulan tersebut cukup besar sehingga energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin juga besar.

Berdasarkan hasil tersebut turbin angin hanya mampu memenuhi kebutuhan beban energi listrik perhari selama 5 bulan yaitu pada bulan Mei, Juni, Juli, Agustus, dan September, sehingga dapat dikatakan bahwa Pembangkit Listrik Tenaga Bayu yang telah direncanakan tidak layak untuk direalisasikan atau dibangun.

### B. Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya

Produksi energi listrik pada panel surya tergantung dari radiasi di lokasi penelitian. Pada penelitian ini

Pembangkit Listrik Tenaga Surya akan memenuhi kebutuhan beban energi listrik di lokasi penelitian sebesar 70% dari total beban energi listrik perhari yaitu sebesar 94,474kWh. Berikut ini akan ditunjukkan energi listrik yang dihasilkan dari panel surya perhari pada setiap bulan.



Gambar 4 Hasil Daya Keluaran Panel Surya

Pada hasil perhitungan *software* HOMER diatas dapat dilihat bahwa kebutuhan beban energi listrik perhari di lokasi penelitian dapat terpenuhi disetiap bulannya dikarenakan radiasi matahari di lokasi penelitian cukup besar sehingga daya keluaran panel surya juga besar. Energi listrik yang dihasilkan dari panel surya ini juga dapat membackup suplai energi listrik yang dihasilkan dari turbin angin untuk memenuhi beban energi listrik.

Berdasarkan hasil tersebut maka dapat dikatakan bahwa PLTS yang telah direncanakan layak dari segi teknis untuk direalisasikan atau dibangun karena potensi energi surya yang cukup besar untuk dapat menghasilkan energi listrik dari panel surya sehingga dapat memenuhi kebutuhan beban energi listrik di lokasi penelitian serta dapat membackup suplai energi listrik dari turbin angin.

### C. Total Energi Listrik

Total energi listrik yang dihasilkan dari sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5 Total Daya Keluaran Turbin Angin dan Panel Surya

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa produksi energi listrik pada panel surya mencapai 49.377kWh/tahun atau sebesar 70% dalam memproduksi energi listrik tahunan dan dari turbin angin sebesar 21.175kWh/tahun atau sebesar 30% dalam memproduksi energi listrik. Berdasarkan hasil tersebut total produksi energi listrik dari panel surya

lebih besar dibandingkan turbin angin disebabkan karena komponen pada panel surya yang terpasang jumlah daya keluarannya lebih besar dan pada desain sistem ini pembagian beban PLTS lebih besar dari PLTB.

### D. Analisa Ekonomis

Dengan total produksi energi listrik yang dihasilkan dari Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Turbin Angin dan Panel Surya maka dapat dikatakan layak, karena total produksi energi listrik dapat memenuhi beban di Pelabuhan Perikanan Pantai Morodemak. Namun untuk kinerja turbin angin dalam menghasilkan energi listrik sangat tidak layak karena potensi energi angin di lokasi penelitian sangat kecil.

Dari hasil simulasi HOMER dapat dilihat rincian biaya yang timbul pada sistem pembangkit listrik tenaga hybrid yang di desain selama 25 tahun, rincian biaya tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.38 berikut ini



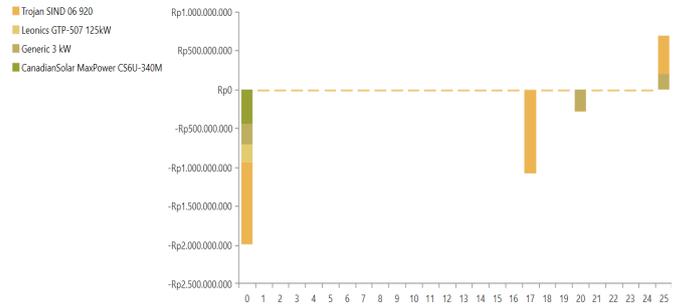
Gambar 6 Tampilan Net Present Cost (NPC)

Pada Gambar 4.38 diatas dapat dilihat bahwa total biaya modal awal yang akan dikeluarkan sebesar Rp.1.992.136.825,00. Dari total tersebut, pembagian biaya awal digunakan untuk biaya pembelian panel surya 22%, turbin angin 13%, inverter 11%, dan Sebagian besar biaya awal digunakan untuk biaya pembelian baterai yang mencapai 53% dari total biaya awal. Sedangkan untuk total NPC dari simulasi menggunakan HOMER sebesar Rp.2.696.154.097. Dan berikut ini akan disajikan perhitungan manual atau arus tunai setiap akhir periode yang nantinya akan digunakan untuk menghitung nilai Cost Of Energy (COE).

### 3. Membuat diagram aliran kas (Cash Flow Diagram)

Biaya terbesar dari sistem PLTH yang dirancang adalah untuk biaya modal pembelian komponen yaitu sebesar Rp.1.992.156.825, diikuti biaya penggantian komponen sebesar Rp.1.326.466.090, penggantian komponen terjadi pada tahun ke 17 dan tahun ke 20 dari total umur proyek PLTH yang di rencanakan. Penggantian diperlukan untuk mengganti beberapa komponen, yaitu komponen baterai dan turbin angin. Selanjutnya biaya operasional dan pemeliharaan komponen yaitu sebesar Rp.19.921.535 per tahun. Pada tahun ke 25

dari total umur proyek PLTH yang direncanakan terdapat pemasukan dari PLTH sebagai nilai sisa yaitu sebesar Rp. 57.254.039. Aliran biaya tahunan selama 25 tahun PLTH yang direncanakan ditunjukkan pada Gambar 4.39



Gambar 7 Aliran Kas PLTH

### 4. Menghitung Net Present Cost (NPC)

Setelah membuat diagram aliran kas tahunan kemudian menghitung NPC dengan menggunakan rumus. Agar memudahkan dalam proses menghitung akan ditampilkan aliran kas tahunan pada Tabel 4.10 Berikut ini.

Tabel 4.12 Aliran Kas Tahunan

Total Modal Awal (P)	-1.992.156.825
Operasi	-19.921.535
Pendapatan	75.918.256
A(Pendapatan-Pengeluaran)	55.996.721
F1(Penggantian Baterai)	-1.060.379.200
F2 (Penggantian Turbin)	-266.086.890

Adapun perhitungan manual dengan menggunakan Microsoft Excel dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.13 Perhitungan Ekonomi Menggunakan Excel

I	0,0425	I	0,0425	i	0,0425
N	25	N	17	n	20
P		P		P	
F		F	-1.060.379.200	F	-266.086.890
A	55.996.721	A		A	
(1+i)^n	2,83075049	(1+i)^n	2,029051555	(1+i)^n	2,298906313
P1/A	852.120.934	P/F1	-522.598.451	P/F2	-115.744.991

- Mencari P1 diketahui A

$$P_0 = -1.992.156.825$$

$$A = 55.996.721$$

$$P = A \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

$$P = 55.996.721 \frac{(1+0,0425)^{25} - 1}{0,0425(1+0,0425)^{25}}$$

$$P = 55.996.721 (15,2173363)$$

$$P = 852.120.935$$

- Mencari P/F2 Rp.1.060.379.200

$$P = F \frac{1}{(1+i)^n}$$

$$= -1.060.379.200 \frac{1}{(1+0,0425)^{25}}$$

$$= -1.060.379.200 (0,4928411)$$

$$= -552.598.451$$

- Mencari P/F3

$$P = F \frac{1}{(1+i)^n}$$

$$= -266.086.890 \frac{1}{(1+0,0425)^{20}}$$

$$= -266.086.890 (0,434989453)$$

$$= -115.744.991$$

- Jadi Total NPC dari sistem adalah

$$NPC = P_0 + (P/A) + (P/F1) + (P/F2)$$

$$NPC = -1.992.156.825 + 852.120.935 -$$

$$552.598.451 - 115.744.991$$

$$NPC = -1.778.379.333$$

Berdasarkan perhitungan manual diperoleh hasil Rp.-1.778.379.333, terdapat selisih antara hasil perhitungan HOMER dengan hasil perhitungan manual dikarenakan perbedaan metode perhitungan, sehingga diperoleh hasil yang berbeda.

- Menghitung faktor pemulihan modal

$$CRF(i, N) = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1}$$

$$(2.31)$$

$$CRF(i, N) = \frac{0,0425(1+0,0425)^{25}}{(1+0,0425)^{25} - 1} = \frac{0,120306896}{1,83075049} =$$

$$0,0657145234$$

Dari perhitungan manual yang dilakukan didapatkan NPC sebesar RP.1.778.379.333 dengan kebutuhan energi listrik pertahun sebesar 36.950 kWh

- Menghitung nilai Cost Of Energy

$$COE = \frac{C_{NPC} \times CRF}{\text{Kebutuhan energi pertahun}}$$

$$(2.29)$$

$$COE = \frac{1.778.379.333 \times 0,0657145234}{36.950}$$

$$COE = \text{Rp. } 3.162,79$$

Berdasarkan simulasi dengan menggunakan software HOMER diperoleh nilai COE sebesar Rp.4.794, sedangkan hasil dari perhitungan manual diperoleh nilai COE sebesar Rp.3.162,79, terdapat selisih antara perhitungan software HOMER dengan perhitungan manual yaitu sebesar Rp.1.631,21.

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut sistem PLTH yang direncanakan dikatakan tidak layak dari aspek ekonomi dikarenakan nilai Net Present Cost yang keluar dari sistem maupun perhitungan manual sama-sama mendapatkan hasil kurang dari nol, artinya menunjukkan bahwa nilai penerimaan lebih kecil dibandingkan dengan pengeluaran, dengan kata lain mengalami kerugian pada investasinya oleh karena itu sistem dikatakan tidak layak. Akan dikatakan layak jika Cost Of Energy atau nilai per kWh dari sistem dijual dengan harga Rp.4.794, harga tersebut tentunya terpaut jauh dari harga per kWh yang dijual dari PLN, dengan begitu juga sistem dikatakan tidak layak

Dari penelitian yang telah dilaksanakan mengenai Studi Kelayakan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid dengan menggunakan software HOMER maka dapat disimpulkan total energi listrik yang dihasilkan dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Turbin Angin dan Panel Surya yang direncanakan dapat memenuhi kebutuhan beban energi listrik di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak, maka dikatakan layak dari segi teknis. Namun untuk kinerja turbin angin dalam menghasilkan energi listrik sangat tidak optimal karena kecepatan angin di lokasi penelitian sangat rendah. Sedangkan kinerja panel surya dalam menghasilkan energi listrik sangat optimal karena radiasi matahari di lokasi penelitian cukup besar. Net Present Cost (NPC) yang dihasilkan dari simulasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid menggunakan software HOMER selama 25 tahun sebesar Rp.2.696.154.000,00 dan untuk Cost of Energy (COE) adalah Rp.4.794. Biaya energi listrik per kWh (COE) yang dihasilkan tidak lebih murah dari harga energi listrik per kWh dari jaringan PLN, maka dinilai tidak layak dari aspek ekonominya.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan oleh peneliti maka ada beberapa saran yang diperlukan bagi penelitian selanjutnya guna mendapatkan hasil yang optimal, Adapaun saran berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan pada tugas akhir ini adalah diharapkan untuk melakukan studi lebih lanjut dalam mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam penelitian dan menentukan lokasi penelitian yang belum di suplai oleh jaringan listrik PLN atau masih menggunakan diesel agar lebih memudahkan dalam membandingkan nilai ekonominya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. K. Tangirala, "Solar Wind , Hybrid Renewable Energy Systems," *IEEE India Info*, vol. 12, no. 2, pp. 44–53, 2017.
- [2] "POWER Data Access Viewer." <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (accessed Nov. 26, 2020).
- [3] D. Betha, M. Satish, and S. K. Sahu, "Design and control of grid connected PV/Wind hybrid system Using 3 level VSC," *Proc. - 7th IEEE Int. Adv. Comput. Conf. IACC 2017*, pp. 466–471, 2017, doi: 10.1109/IACC.2017.0102.
- [4] M. N. Habibie, A. Sasmito, and R. Kurniawan, "Kajian Potensi Energi Angin Di Wilayah Sulawesi Dan Maluku," *J. Meteorol. dan Geofis.*, vol. 12, no. 2, pp. 181–187, 2011, doi: 10.31172/jmg.v12i2.99.
- [5] AS/NZS.4509.2010, "Stand alone power systems - Part 2: System design of New

Zealand Electricity ( Safety ) Regulations 2010 ( SR,” vol. 2, 2010.

- [6] A. K. S. David Tan, *Handbook for Solar Photovoltaic Systems*. 2011.
- [7] A. C. Robert Foster, Majid Ghassemi, *Renewable Energy and the Environment*. .
- [8] K. Bachtiar and M. Syafik, “Rancangan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga menggunakan Software HOMER untuk

Masyarakat Kelurahan Pulau Terong Kecamatan Belakang Padang Kota Batam,” *J. Sustain.*, vol. 5, no. 2, pp. 17–22, 2016.

- [9] A. S. Aziz, M. F. N. Bin Tajuddin, and M. R. Bin Adzman, “Feasibility analysis of PV/Wind/Battery hybrid power generation: A case study,” *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 8, no. 2, pp. 661–671, 2018.



## Lampiran 2 Hasil Turnitin

STUDI KELAYAKAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIKTENAGA  
HYBRID DI PELABUHAN PERIKANAN PANTAI (PPP)  
MORODEMAK DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE HOMER  
LAPORAN TUGAS AKHIR LAPORAN INI DISUSUN UNTUK  
MEMENUHI SALAH SATU

### ORIGINALITY REPORT

<b>24%</b>	<b>25%</b>	<b>3%</b>	<b>10%</b>
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

### PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<a href="https://ospace.uii.ac.id">ospace.uii.ac.id</a> Internet Source	<b>11%</b>
<b>2</b>	<a href="https://wisuda.unissula.ac.id">wisuda.unissula.ac.id</a> Internet Source	<b>6%</b>
<b>3</b>	<a href="https://repository.uin-suska.ac.id">repository.uin-suska.ac.id</a> Internet Source	<b>3%</b>
<b>4</b>	Submitted to UIN Sultan Syarif Kasim Riau Student Paper	<b>1%</b>
<b>5</b>	<a href="https://ejournal3.undip.ac.id">ejournal3.undip.ac.id</a> Internet Source	<b>1%</b>
<b>6</b>	<a href="https://coaction.id">coaction.id</a> Internet Source	<b>1%</b>
<b>7</b>	<a href="https://repository.its.ac.id">repository.its.ac.id</a> Internet Source	<b>1%</b>
<b>8</b>	<a href="http://www.saiampower.com">www.saiampower.com</a> Internet Source	

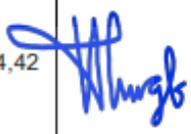
### Lampiran 3 Log Book Bimbingan



#### LOG BOOK: BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Muhammad Reza  
N I M : 30601601873  
Konsentrasi : Teknik Tenaga Listrik  
Judul TA : Studi Kelayakan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak Dengan Menggunakan *Software* HOMER  
Pembimbing 1 : Dedi Nugroho, ST, MT.  
Pembimbing 2 : Ir. Ida Widiastuti, MT.

NO	TANGGAL	CATATAN/URAIAN KEGIATAN	PARAF DOSEN
1	9 April 2021	1. Latar belakang terkesan umum, belum terlihat adanya masalah yang berkaitan dengan solusi yang ditawarkan yaitu PLTH. Sumber daya listrik yang ada berasal dari PLN yang dipakai untuk memenuhi kebutuhan penerangan bangunan di PPP morodemak saja. 2. Rumusan Masalah Disesuaikan dengan latarbelakang	
2.	28 April 2021	Lanjutkan ke bab II	
3	10 Juli 2021	1. Pada Tinjauan Pustaka sebaiknya tidak terlalu Panjang, lebih ringkas dan mudah untuk dipahami. 2. Sub bab pada Bab III berisikan: Lokasi penelitian, alat penelitian, data penelitian, model peneltian, langkah penelitian, dan flowchart	

4	30 Juli 2021	<p>Pada Bab IV :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perhatikan bahwa kecepatan angin terendah 3,11 m/s, jika anda mengambil rata-rata 4,42 m/s, maka daya nominal tidak akan diperoleh pada kecepatan dibawah tersebut ? Daya nominal hanya akan diperoleh pada kecepatan angin diatas 4,42 m/s.</li> <li>2. Dalam desain turbin angin perhatikan kecepatan angin terendah agar bisa memproduksi daya listrik nominalnya</li> </ol>	
5	23 Agustus 2021	<p>Pertajam Analisa pada masukan simulasi di HOMER dengan menambahkan perhitungan daya mekanik turbin angin.</p>	
6	30 Agustus 2021	<p>Laporan sudah lebih baik, kalua dari saya sudah OK, konfirmasi Bu Ida supaya di Turnitin dulu, dan silahkan membuat makalah/artikel publikasinya sebagai syarat seminar</p>	
7	31 Agustus 2021	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Turnitin masih 26 %</li> <li>2. Makalah ACC</li> <li>3. Persipakan untuk seminar progressnya</li> </ol>	

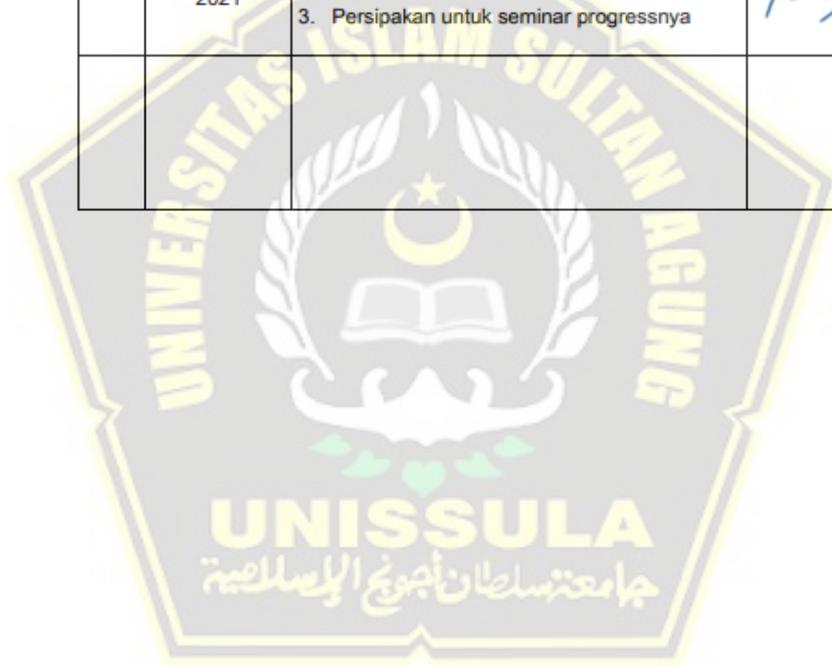
### LOG BOOK: BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Muhammad Reza  
 N I M : 30601601873  
 Konsentrasi : Teknik Tenaga Listrik  
 Judul TA : Studi Kelayakan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak Dengan Menggunakan *Software* HOMER  
 Pembimbing 1 : Dedi Nugroho, ST, MT.  
 Pembimbing 2 : Ir. Ida Widihastuti, MT.

NO	TANGGAL	CATATAN/URAIAN KEGIATAN	PARAF DOSEN
1	20 Desember 2020	1. Studi kelayakan ekonomis Sudah adakah Pembangkit tenaga Hibrid di Demak tsb	
2.	12 Febuari 2021	1. Di aline ini tambahkan perkiraan kebutuhan energy Listrik i dengan dasar ada 32 RT & 5 RW sehingga desain kapasitas terpasang akan ktemu berapa ? 2. Rumusam Masalahnya sementara ini nanti akan kita lihat hasil sedainnya baru sesuaiakn .	
3	9 April 2021	Baru bab I ya.... Refrensinya sudah dapat berapa judul mas ? Software bagaimana ?	
4	28 April 2021	Bab II : Tinjauan Pustaka yang no 2 : adakah kesimpulannya dengan kelayakannya ? ( coba diteliti agak detail untuk mengetahui variable apa yang kelayakan tersebut) Lanjutkan.	

5	10 Juli 2021	<p>Bab 1 : Untuk nyambungkan pilih kalimat yang enak ( jangan copy paste disambungkan) ini derivisi.</p> <p>Misal : Untuk itu penulis mencoba melakukan STUDI KELAYAKAN EKONOMIS SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID DI PELABUHAN PERIKANAN PANTAI (PPP) MORODEMAK MENGGUNAKAN SOFTWARE HOMER</p> <p>Bab 2 : Diresume jadi kesimpulan ( jangan copy paste)</p> <p>Bab 3 : Bab 3 berisi metodologi cara penelitan yang dilakukan.yang ditampilkan secara detail point 3 Perancangan ( perhitungan itu software yang akan hitung ?). ikuti flowchartnya. Data dikumpulkan secara sistematis . sehingga tidak bercampur (Sub bab ini dan dibawahnya teoriis harusnya masuk bab 2).</p> <p>Nanti di bab 4 bahas kamu lakukan simulasi seperti apa.</p>	
6	15 Juli 2021	<p>Bab 3 uraikan/penjelasan dari flowchat, sedangkan</p> <p>Data masukan pada bab 4 dan cara menghitung serta analisisnya.</p> <p>Revisi yang saya beri tanda dan lanjutkan</p>	
7	16 juli 2021	Bab II ACC, lanjutkan	
8	26 Juli 2021	<p>Bab III : Satuan ? ini beban apa ?</p> <p>Lanjutkan ke Analisa &amp; pembuatan simulasinya</p>	

9	30 Agustus 2021	<p>Bab IV : Ok</p> <p>Bab V :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. koreksi kembali Dari perumusan Masalah : energi total, di sini hanya bahas energi Angin ?</li> <li>2. Sebutkan angkanya dari kebutuhan &amp; hasil energi yang dihasilkan</li> </ol> <p>Turnitin ke 2 : masih 29 %, sambile revisi buat makalah dan diasistensikan.</p>	
10	31 Agustus 2021	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Turnitin ke 3 : masih 25 %</li> <li>2. Makalah ACC</li> <li>3. Persipakan untuk seminar progressnya</li> </ol>	



## Lampiran 4 Lembar Revisi



### YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax. (024) 6582455  
Email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

Fakultas Teknologi Industri

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

### LEMBAR REVISI dan TUGAS UJIAN SARJANA

Berdasarkan Rapat Tim Penguji Ujian Sarjana

Hari : Rabu  
Tanggal : 15 Desember 2021  
Tempat : Online

Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : Muhammad Reza  
NIM : 30601601873  
Judul TA : Studi Kelayakan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid  
Di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak dengan  
Menggunakan Software HOMER

wajib melakukan perbaikan dan membuat tugas seperti tercantum dibawah ini:

NO	REVISI	BATAS REVISI
	Kesimpulan, kalau npv kurang dari nol bagaimana,	

NO	TUGAS

Mengetahui,  
Ketua Tim Penguji

**Ir. Agus Adhi Nugroho, MT.**  
NIDN. 0628086501

Semarang, 15 Desember 2021  
Penguji, I

**Ir. Agus Adhi Nugroho, MT.**  
NIDN. 0628086501



**YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)**

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax. (024) 6582455  
Email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

Fakultas Teknologi Industri

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

**LEMBAR REVISI dan TUGAS UJIAN SARJANA**

Berdasarkan Rapat Tim Penguji Ujian Sarjana

Hari : Rabu  
Tanggal : 15 Desember 2021  
Tempat : Online

Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : Muhammad Reza  
NIM : 30601601873  
Judul TA : Studi Kelayakan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak dengan Menggunakan Software HOMER

wajib melakukan perbaikan dan membuat tugas seperti tercantum dibawah ini:

NO	REVISI	BATAS REVISI
1. 2. 3. 4.	Abstrak Latar Belakang Teori: Nomor Gambar, Tabel, persamaan Model Penelitian	

NO	TUGAS

Mengetahui,  
Ketua Tim Penguji

**Ir. Agus Adhi Nugroho, MT.**  
NIDN. 0628086501

Semarang, 15 Desember 2021  
Penguji, II

**Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, MT.**  
NIDN. 0618066301



**YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)**

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax. (024) 6582455  
Email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

Fakultas Teknologi Industri

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

**LEMBAR REVISI dan TUGAS UJIAN SARJANA**

Berdasarkan Rapat Tim Penguji Ujian Sarjana

Hari : Rabu  
Tanggal : 15 Desember 2021  
Tempat : Online

Memutuskan bahwa mahasiswa :

Nama : Muhammad Reza  
NIM : 30601601873  
Judul TA : Studi Kelayakan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid  
Di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak dengan  
Menggunakan Software HOMER

wajib melakukan perbaikan dan membuat tugas seperti tercantum dibawah ini:

NO	REVISI	BATAS REVISI
1.	Kenapa harus pakai software HOMER, lebih menantang perhitungannya bila menggunakan misal excel dengan rumus2 yang ada di software tsb	1 minggu Acc, 22/12/2021  Budi PJ
2.	Setelah NPV harusnya jg dihitung future value annuity nya lalu dihitung biaya produksi per kwh sehingga diketahui mahal apa tidak	
3.	Saat kemarau dan penghujan intensitas matahari berbeda, perhitungan mengacu pada saat musim apa?	
4.	Harus dihitung demand Ah, lama penyediaan, total Ah selama waktu tsb, total power yang harus diambil dari PLTS	
5.	Total investasinya terdiri apa saja, harga bat apa sdh dimasukkan, harga penggantian baterai yang rusak apa sudah dimasukkan?	

NO	TUGAS

Mengetahui,  
Ketua Tim Penguji

**Ir. Agus Adhi Nugroho, MT.**  
NIDN. 0628086501

Semarang, 15 Desember 2021  
Penguji, III

**Ir. Budi Pramono Jati, MM., MT.**  
NIDN. 0623126501

### Lampiran 5 Data Kecepatan Angin Situs NASA

DATA KECEPATAN ANGIN SITUS NASA												
Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sep	Okt	Nov	Des
1	4,133666	4,859667	3,59248	3,8331	3,65156	4,27578	4,63101	5,285638	7,599987	4,10829	3,57768	3,605863
2	4,064051	2,843814	4,10856	2,78453	3,59488	6,70192	6,03642	6,531383	4,633139	4,47918	4,22816	4,144481
3	2,491153	4,148587	2,9635	2,85346	4,4338	6,32059	8,99806	5,381248	6,787537	4,58215	3,07308	2,471455
4	4,298488	4,418005	2,52379	2,5445	4,82315	5,16727	6,91406	9,01212	4,818405	2,74445	3,82315	4,272419
5	3,30494	4,634947	2,95054	4,09226	4,37508	7,29144	5,45634	5,192086	5,73123	4,5695	2,9063	2,549609
6	2,069583	3,369637	3,27127	4,27885	6,29442	5,58881	7,32031	4,879563	5,848832	3,33861	4,05911	2,629378
7	4,167865	2,007756	2,33331	2,66918	3,76276	3,87637	6,75692	8,11934	4,450273	5,13709	3,45717	1,257619
8	3,48509	4,20921	2,16863	2,90499	5,98405	4,41418	7,02225	7,466878	2,842283	2,90267	2,87283	3,492264
9	4,581905	5,980282	2,95498	2,69271	4,1845	5,46386	7,52381	11,44313	6,413921	3,47398	3,65591	2,194366
10	4,282266	5,184617	2,64894	4,2578	3,91633	4,86233	6,11243	6,554499	4,698972	2,96591	2,17175	3,292644
11	5,315844	4,047984	2,72137	3,36348	6,14683	6,57593	5,34784	6,026607	5,680809	4,43904	2,64523	3,750963
12	4,253521	4,652754	3,11025	2,85011	3,73724	5,25573	7,74353	5,453269	3,925601	4,35778	3,94996	2,329646
13	4,097486	2,716762	3,61993	3,64061	5,91892	8,10575	4,37799	3,089837	5,317689	4,97183	3,70273	3,155275
14	3,43083	4,688695	2,90298	4,20122	5,34461	3,98391	8,21613	4,476923	7,495442	3,91136	2,99033	4,055929
15	3,120025	4,122994	3,27013	3,10095	5,95083	3,79281	4,2488	5,773943	5,495752	4,30355	3,58249	2,963525
16	3,970215	2,155406	2,8283	3,67166	4,78456	4,44041	4,88278	3,225382	4,055967	3,92666	3,34315	3,339777
17	5,643576	4,19765	5,92009	2,28389	3,51527	4,7516	6,65141	4,232647	6,271738	5,59695	3,61518	3,518014
18	4,640265	4,120321	3,76442	4,36611	1,7945	6,92956	6,87993	4,723841	3,199306	3,15284	5,23357	3,380841
19	5,28539	4,75485	3,76709	3,10489	3,58003	8,40186	6,91597	6,435272	4,828437	3,02738	4,89124	5,035412
20	4,42942	5,765679	3,50765	2,52491	4,98146	5,70074	4,96505	8,732995	4,978625	2,77327	3,17449	2,541452
21	3,907323	4,111275	4,03606	4,09233	4,78384	2,73085	7,62096	6,74123	5,744665	3,42867	3,3692	2,778842
22	3,011002	3,276705	3,45475	4,69301	3,71836	3,24741	4,15968	6,44799	5,195678	3,29064	2,60628	2,662248
23	2,002807	5,475451	4,02148	5,7758	4,79133	5,40601	6,86297	6,320977	2,664254	4,12403	3,42105	2,197363
24	4,638021	4,324139	4,17447	2,70409	5,73628	6,15028	3,70962	2,745667	3,521148	2,34161	1,9016	2,373846
25	4,413575	5,311524	1,37486	3,07648	3,80229	6,63443	7,22775	6,362414	6,00252	3,84562	1,95114	3,526815
26	4,414129	4,700288	1,15039	4,89541	4,51756	3,92252	4,20041	7,073939	4,826616	4,06063	2,35057	4,116283
27	5,299435	5,478482	3,01548	1,91388	6,41201	7,40263	5,20277	6,700067	6,791127	5,81735	3,35056	2,663718
28	3,624004	3,458707	4,14012	2,83314	4,91183	5,70222	4,83763	6,025803	5,59774	3,18173	4,76027	4,413738
29	5,018165		2,23812	2,94389	8,16315	4,65794	8,18387	8,728179	5,041521	4,78389	3,36029	2,859254
30	4,936715		2,77825	2,39811	4,89374	6,19967	8,00914	7,109081	3,044046	3,38456	2,29078	4,659887
31	5,195452		1,16154		5,85373		5,05237	3,730104		4,03993		3,117801
Rata-Rata	4,113749	4,250578	3,11206	3,37818	4,78577	5,46516	6,19575	6,129744	5,116775	3,9052	3,34384	3,204862
Rata-rata/Tahun	4,416805172											

## Lampiran 6 Data Radiasi Matahari Situs NASA

DATA RADIASI MATAHARI SITUS NASA												
Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sep	Okt	Nov	Des
1	0,552046	6,7665859	4,432098	3,860407	5,49957	6,606883	5,548232	4,712934	6,334725	7,209763	6,714426	1,2951956
2	4,747987	1,4379686	1,910281	5,137751	7,276004	6,420561	4,331399	3,54706	3,273919	6,528346	6,441771	5,5185989
3	7,512487	2,3567055	7,208943	6,873737	6,770688	4,951388	5,854678	3,728369	4,209085	7,706113	8,674221	2,988527
4	0,815841	4,2657811	6,504934	5,421055	5,705843	6,345263	4,500072	7,219951	7,119135	6,950091	6,300372	0,9120694
5	0,942995	2,3170615	6,732051	6,674054	7,441028	5,276655	5,621651	7,352448	7,107126	6,433454	3,689494	0,8493799
6	7,678637	7,7920327	7,185408	3,854266	6,99993	6,091703	6,234781	6,53073	6,445886	5,558071	5,517101	6,1368567
7	5,712989	6,2258054	8,193355	5,492642	3,899495	4,715014	4,610608	6,08697	5,90687	6,98968	3,534354	4,8241409
8	5,776263	0,7059446	5,156959	1,71863	3,273149	5,895653	5,224737	6,022743	8,037541	7,063153	0,995277	6,6934635
9	6,023454	1,4210597	2,780834	5,230521	5,361108	6,165261	6,842045	7,237572	7,560193	6,331859	2,136381	6,3758423
10	6,07269	7,6418693	7,804563	4,696234	5,605465	5,993629	5,912848	6,140058	8,022702	6,809551	8,07546	6,0009113
11	1,408382	4,5144198	6,207526	7,125475	5,25588	4,4279	6,672545	6,952517	8,129622	2,689005	7,368737	7,0770725
12	1,328626	2,846711	3,437348	6,054927	6,412455	5,770196	6,933527	5,46341	7,582302	5,500481	3,115816	7,6993926
13	4,302601	1,6703212	6,816608	6,744153	2,240812	6,0231	4,729394	6,243068	8,046975	8,083165	8,667998	3,2071847
14	1,995021	5,8178679	3,720119	6,689479	6,494712	6,909719	6,269791	7,257628	8,196511	5,025163	8,749659	5,050506
15	6,053558	7,4503074	7,079403	6,944056	6,181218	6,427933	6,178415	7,283004	4,095592	5,690846	7,652636	7,4532449
16	1,168108	8,356249	4,425999	4,785962	6,560838	5,090324	5,441268	6,132287	5,501939	7,810361	5,438724	7,1213566
17	7,406763	8,355144	6,304184	5,468459	1,520278	1,479188	6,692404	7,134992	7,547403	4,160002	5,831661	5,3227963
18	7,241283	4,8472577	5,616965	7,031107	3,178599	2,852949	5,516956	7,119034	6,949666	6,550466	1,462453	1,467851
19	7,357459	7,7432644	6,54499	6,760696	5,850359	4,902334	6,302798	6,699474	8,382828	7,2822	4,298403	5,3190502
20	7,612411	5,7277005	7,737598	6,407795	6,399813	6,172819	4,742495	6,772795	7,86923	7,80381	1,446246	6,0834974
21	3,774096	2,565065	7,60679	6,553561	5,471164	4,989104	4,245017	7,828333	6,280722	6,618183	2,101679	6,4016933
22	5,874157	3,5767582	3,521097	6,03471	5,000731	5,487613	5,032576	5,795837	8,253093	7,289164	6,326619	0,7662332
23	1,843422	4,0175824	1,815654	6,058683	5,283873	5,461681	6,876894	7,673042	7,968294	7,541738	8,442904	2,2979731
24	1,823269	4,6541551	2,979575	4,942752	6,406594	6,048679	6,831708	5,132818	7,957069	7,195818	8,631604	1,7225191
25	3,7108	2,7563537	4,394999	5,425551	5,754526	2,496664	5,946846	5,094654	7,461618	6,95593	6,892689	3,2847256
26	7,407394	6,1991607	2,905705	5,81066	4,788028	3,166217	6,098637	7,499841	7,85627	8,168661	6,053722	7,6312903
27	1,179727	3,3952904	0,756314	4,617698	6,576541	5,563841	5,410274	7,344496	3,534351	6,784738	1,960577	4,4954377
28	2,009193	1,2987226	7,477795	4,570119	5,108991	5,334281	5,560397	7,48585	6,682448	6,565878	5,52802	6,7630557
29	1,385108		7,568274	2,032381	5,774915	5,67799	6,585777	6,748462	3,579619	3,869894	2,448543	7,1922543
30	6,070653		7,041077	6,429914	6,963648	5,209802	5,896693	6,152658	7,919326	5,739759	5,255134	2,8892544
31	3,912057		6,307477		5,286665		4,82089	6,133896		3,311877		1,9369643
Rata-Rata	4,216112	4,5258266	5,424997	5,514914	5,494933	5,265145	5,724721	6,404095	6,793735	6,394104	5,325089	4,6057529
Rata-rata/Tahun	5,553061143											

### Lampiran 7. Hasil Daya Keluaran Turbin Angin

HASIL DAYA KELUARAN TURBIN ANGIN												
Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1	28,84	43,48	13	40,76	17,03	56,29	78,56	49,19	267,63	38,71	17,85	18,57
2	39,52	5,45	16,75	9,5	13,9	165,39	125,96	151,86	31,96	28,57	47,3	23,55
3	4,9	33,95	6,91	5,15	51,41	133,69	339,92	77,55	173,99	29,68	8,89	5,75
4	25,48	46,1	3,26	4,53	42,49	55,71	187,36	351,22	67,38	4,4	15,61	32,14
5	10,92	30,9	9,72	17,92	32,69	196,1	91,78	69,52	121,27	32,63	7,68	7,62
6	2,57	12,59	12,37	26,92	125,14	65,87	176,8	90,11	14,9	9,37	29,09	3,34
7	27,94	1,6	3,24	4,19	15,58	19,46	165,67	243,14	35,67	79,72	15,6	0,9
8	15,3	36,62	1,96	6,61	120,69	34,83	179,17	221,99	9,76	8,41	4,33	14,01
9	33,39	121,36	7,29	8,6	26,95	93,88	254,26	497,38	120,44	10,43	15,3	2,65
10	35,98	66,35	3,71	25,18	21,42	41,66	159,48	142,88	56,12	18,27	2,19	9,71
11	55,16	33,51	4,26	8,76	172,43	231,98	61,18	88,89	116,23	27,69	2,87	20,01
12	33,9	59,85	5,82	4,72	23,88	50,65	226,08	58,82	14,64	27,29	20,22	2,5
13	39,87	7,65	14,93	11,01	95,18	291,56	33,87	10,63	69,73	47,43	13,32	8,15
14	11,73	69,38	7,29	19,83	97,43	18,27	257,19	70,36	258,75	22,51	6,72	15,02
15	7,61	23,05	8,45	7,13	96,25	66,56	41,57	95,06	54,02	49,5	11	5,31
16	26,87	3,76	5,08	17,6	71,53	28,86	89,61	16,97	34,17	15,98	8,09	8,26
17	126,46	21,62	83,78	5,32	18,83	42,25	165,67	29,71	143,61	101,1	13,82	15,96
18	32,99	18,64	12,06	21,1	1,62	150,93	183,92	43,66	19,9	12,08	45,8	9,94
19	49,37	67,14	16,3	12,76	23,42	292,22	176,13	149,28	41,42	7,92	55,11	47,09
20	30,5	101,3	18,72	6,11	45,35	75,61	44,77	313,47	41,91	12,79	6,94	4,83
21	16,38	22,09	14,51	15,77	62,4	4,7	269,23	124,58	90,5	14,31	9,05	4,57
22	9,62	9,85	10,72	33,01	16,62	14,74	22,6	136,01	65,41	19,44	3,96	4,32
23	1,53	77,49	13,95	76,72	29,68	113,74	157,01	147,49	6,73	38,14	11,57	3,87
24	94,5	21,29	23,05	12,1	100,91	127,73	18,96	6,96	13,64	3,15	1,56	3,79
25	23,31	78,8	0,98	8,05	20,57	119,52	199,84	173,51	95,13	17,44	1,94	10,1
26	25,19	35,24	0,88	53,3	25,91	64,83	53,69	158,38	39,37	16,35	4,33	16,52
27	61,35	69,86	7,64	2,01	121,85	207,04	80,55	189,05	128,31	84,62	31,84	3,93
28	16,61	9,07	18,47	4,85	35,96	95,58	50,28	149,25	72,59	10,49	32,45	22,86
29	70,41	-	3,3	4,63	283,9	51,79	291,35	337,22	114,4	73,19	12,59	6,87
30	72,75	-	4,58	2,83	87,14	103,92	302,48	180,05	7,81	10,96	2,58	57,3
31	75,91	-	0,98	-	83,67	-	46,29	21,29	-	29,24	-	6,83
Rata-rata	35,7052	40,28536	11,41806	15,899	63,93	100,512	146,1687	141,7897	77,57967	29,09065	15,32	12,7829
Rata-rata/Tahun	57,54009876											

## Lampiran 8 Hasil Daya Keluaran Panel Surya

HASIL DAYA KELUARAN PANEL SURYA												
Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1	14	149,68	106,96	95,96	142,19	182,94	153,83	125,81	162,28	169,14	149,81	32,44
2	107,25	36,26	48,06	127,07	191,56	174,33	115,87	93,86	82,25	154,69	144,6	125,35
3	159,26	58,7	166,23	169,77	177,21	134,9	159,1	95,85	106,9	178,92	185,51	72,92
4	20,37	100,26	152,09	134,16	148,96	176,64	120,63	196,32	178,98	162,34	140,84	22,84
5	23,63	57,51	157,28	166,32	196,06	142,73	158,64	199,82	177,8	151,26	85,44	21,44
6	160,73	170,41	166,9	97,83	185,85	168,72	177,64	177,03	162,28	131,91	124,47	134,72
7	125,54	140,52	187,76	137,72	100,45	126,01	125,06	165,48	147,62	162,6	85,08	110,33
8	128,52	17,99	123,3	43,56	84,41	162,41	148,61	163,9	199,13	163,54	24,64	143,49
9	132,43	36,08	69,46	132,06	143,18	170,22	192,88	195,03	188,62	148,41	53,29	138,7
10	134,33	168,32	181,18	118,61	148,66	166,17	165,98	163,95	196,47	158,06	173,07	132,34
11	35,38	107,35	146,87	180,79	138,51	119,43	189,23	187,5	199,06	66,74	160,28	150,42
12	33,38	70,21	84,96	154,24	172,36	161,16	195,03	147,56	187,14	129,78	73,89	160,97
13	101,42	42,3	161,42	170,53	57,06	170,06	126,83	164,74	196,34	182,28	182,04	78,44
14	49,94	134,11	91,51	170,47	175,82	193,11	175,99	194,23	198,33	119,79	193,95	115,89
15	134,32	165,19	167,17	178,96	166,91	180,74	173,59	194,15	101,68	133,42	163,16	155,13
16	29,06	183,42	108,24	122,77	176,86	139,39	148,95	160,95	135,79	175,88	122,28	151,95
17	157,22	183,06	150,73	137,78	38,57	37,64	186,47	188,65	183,2	98,96	132,19	118,92
18	154,94	115,45	135,85	180,39	83,3	73,87	152,5	187,6	167,7	149,22	36,73	37,17
19	157,57	172,67	155,85	176,1	157,78	134,19	175,44	174,38	200,27	164,77	101,49	121,26
20	161,42	133,46	183,76	164,7	175,36	171,76	129,94	177,42	189,21	174,26	36,02	134,4
21	90,71	63,71	181,55	167,77	149,05	137,51	112,74	202,6	152,01	151,01	52,61	140,1
22	132,27	87,96	87,73	156,31	132,95	152,4	134,68	151,68	195,89	163,62	139,48	19,4
23	46,28	97,57	45,86	158,15	143,6	149,77	192,67	197,86	188,57	168,37	176,1	56,7
24	45,87	111,77	74,55	125,93	178,83	168,31	190,18	133,01	187,58	161,32	180,1	43,52
25	89,28	68,31	108,36	137,59	157,05	63,91	165,05	131,99	176,49	156,31	148,95	79,08
26	160,71	144,13	72,61	149,48	126,85	85,01	166,18	194,71	185,22	178,88	132,61	159,7
27	29,92	82,96	19,16	117,64	179,86	154,22	144,25	188,68	86,85	153,19	49,12	101,05
28	50,41	33,05	181,72	117,39	138,09	145,5	151,07	188,8	159,22	148,39	125,12	143,62
29	35,01	-	184,41	51,32	156,18	158,54	181,86	174,81	87,94	92,72	59,95	151,97
30	135,74	-	173,23	168,86	190,42	142,76	160,1	157,75	184,62	132,35	117,23	70,05
31	92,79	-	155,03	-	142,73	-	129,8	156,96	-	80,82	-	48,87
Rata-rata	94,50645	104,7289	129,9932	140,341	146,9894	144,8117	158,09	168,809	165,5147	147,1919	118,335	102,3606
135,1393256												

## Lampiran 9 Hasil Daya Keluaran Turbin Angin dan Panel Surya

### Total Daya Keluaran Turbin Angin Dan Panel Surya

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1	42,84	193,16	119,96	136,72	159,22	239,23	232,39	175	429,91	207,85	167,66	51,01
2	146,77	41,71	64,81	136,57	205,46	339,72	241,83	245,72	114,21	183,26	191,9	148,9
3	164,16	92,65	173,14	174,92	228,62	268,59	499,02	173,4	280,89	208,6	194,4	78,67
4	45,85	146,36	155,35	138,69	191,45	232,35	307,99	547,54	246,36	166,74	156,45	54,98
5	34,55	88,41	167	184,24	228,75	338,83	250,42	269,34	299,07	183,89	93,12	29,06
6	163,3	183	179,27	124,75	310,99	234,59	354,44	267,14	177,18	141,28	153,56	138,06
7	153,48	142,12	191	141,91	116,03	145,47	290,73	408,62	183,29	242,32	100,68	111,23
8	143,82	54,61	125,26	50,17	205,1	197,24	327,78	385,89	208,89	171,95	28,97	157,5
9	165,82	157,44	76,75	140,66	170,13	264,1	447,14	692,41	309,06	158,84	68,59	141,35
10	170,31	234,67	184,89	143,79	170,08	207,83	325,46	306,83	252,59	176,33	175,26	142,05
11	90,54	140,86	151,13	189,55	310,94	351,41	250,41	276,39	315,29	94,43	163,15	170,43
12	67,28	130,06	90,78	158,96	196,24	211,81	421,11	206,38	201,78	157,07	94,11	163,47
13	141,29	49,95	176,35	181,54	152,24	461,62	160,7	175,37	266,07	229,71	195,36	86,59
14	61,67	203,49	98,8	190,3	273,25	211,38	433,18	264,59	457,08	142,3	200,67	130,91
15	141,93	188,24	175,62	186,09	263,16	247,3	215,16	289,21	155,7	182,92	174,16	160,44
16	55,93	187,18	113,32	140,37	248,39	168,25	238,56	177,92	169,96	191,86	130,37	160,21
17	283,68	204,68	234,51	143,1	57,4	79,89	352,14	218,36	326,81	200,06	146,01	134,88
18	187,93	134,09	147,91	201,49	84,92	224,8	336,42	231,26	187,6	161,3	82,53	47,11
19	206,94	239,81	172,15	188,86	181,2	426,41	351,57	323,66	241,69	172,69	156,6	168,35
20	191,92	234,76	202,48	170,81	220,71	247,37	174,71	490,89	231,12	187,05	42,96	139,23
21	107,09	85,8	196,06	183,54	211,45	142,21	381,97	327,18	242,51	165,32	61,66	144,67
22	141,89	97,81	98,45	189,32	149,57	167,14	157,28	287,69	261,3	183,06	143,44	23,72
23	47,81	175,06	59,81	234,87	173,28	263,51	349,68	345,35	195,3	206,51	187,67	60,57
24	140,37	133,06	97,6	138,03	279,74	296,04	209,14	139,97	201,22	164,47	181,66	47,31
25	112,59	147,11	109,34	145,64	177,62	183,43	364,89	305,5	271,62	173,75	150,89	89,18
26	185,9	179,37	73,49	202,78	152,76	149,84	219,87	353,09	224,59	195,23	136,94	176,22
27	91,27	152,82	26,8	119,65	301,71	361,26	224,8	377,73	215,16	237,81	80,96	104,98
28	67,02	42,12	200,19	122,24	174,05	241,08	201,35	338,05	231,81	158,88	157,57	166,48
29	105,42	-	187,71	55,95	440,08	210,33	473,21	512,03	202,34	165,91	72,54	158,84
30	208,49	-	177,81	171,69	277,56	246,68	462,58	337,8	192,43	143,31	119,81	127,35
31	168,7	-	156,01	-	226,4	-	176,09	178,25	-	110,06	-	55,7
Rata-rata	130,2116	145,0143	141,4113	156,24	210,9194	245,3237	304,2587	310,5987	243,0943	176,2826	133,655	115,1435
70463,39												

## Lampiran 10 Data Sheet Komponen



### MAXPOWER HIGH EFFICIENCY POLY MODULE CS6U-340 | 345 | 350P (IEC1000V) CS6U-340 | 345 | 350P (IEC1500V)

Canadian Solar's modules use the latest innovative poly-PERC cell technology, increasing module power output and system reliability, ensured by 17 years of experience in module manufacturing, well-engineered module design, stringent BOM quality testing, an automated manufacturing process and 100% EL testing.

#### KEY FEATURES

-  Excellent module efficiency of up to: 18.00 %
-  IP68 junction box for long-term weather endurance
-  Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 3600 Pa\*
-  High PTC High PTC rating of up to: 92.86 %

**25** years linear power output warranty

**10** years product warranty on materials and workmanship

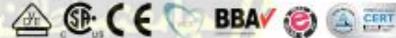
#### MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES\*

ISO 9001:2015 / Quality management system  
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system  
DHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

#### PRODUCT CERTIFICATES\*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / MCS / INMETRO / CEC AU  
UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US) / FSEC (US Florida)  
UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE  
UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1 / IEC 60068-2-68: SGS

Take-e-way



\* We can provide this product with special BOM specifically certified with salt mist, ammonia and sand blowing tests. Please talk to our local technical sales representatives to get your customized solutions.

**CANADIAN SOLAR INC.** is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in IHS Module Customer Insight Survey. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 30 GW deployed around the world since 2001.

\*For detail information, please refer to Installation Manual.

**CANADIAN SOLAR INC.** Canadian Solar MSS (Australia) Pty Ltd., 44 Stephenson St, Cremorne VIC 3121, Australia  
support@canadiansolar.com, www.canadiansolar.com/au



Item No. WG3000

**GUDCRAFT®**

# 3000W Wind Turbine Generator



- The GudCraft® wind turbine generator provides with quiet, affordable and reliable green power source for battery charging. It is designed as smooth and quite running, easy to maintain.
- Optional controller CDH30 is available and ensure your DIY hybrid system coming true.
- Optional WAS 3000 inverter can be used to convert the DC power to AC power for household appliances.
- Please visit our following website for your order: [www.GudCraftOnline.com](http://www.GudCraftOnline.com)

### Feature

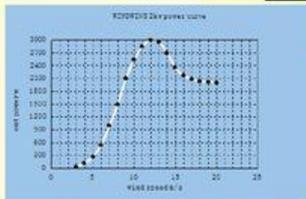
- 1) Green and clean Energy!
- 2) High efficiency
- 3) Safe and convenient to use
- 4) Equipped with automatic swing tail, wind turbine ensures its safe operation when the wind speed is too faster

### Auto Swing Tail



### Technical specification

Rated Power (W)	Maximum output power(W)	Blade quantity	Start-up wind speed (m/s)	Rotor blade diameter(m)	Rated wind speed (m/s)	Working wind speed (m/s)	Charging voltage (by controller)
2000	3000	3	3	3.2	9	3~25	DC72V



**MEASUREMENT :**  
201 X 56 X 42 CM  
**GR./ NET WEIGHT :**  
117/83 KGS



Controller CDH30



Inverter WAS 3000

[www.GudCraftOnline.com](http://www.GudCraftOnline.com)

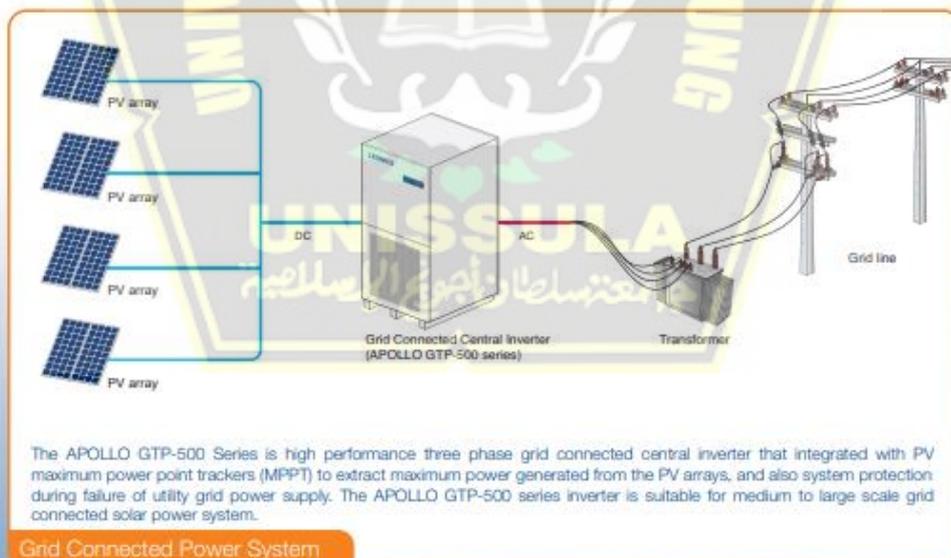
# LEONICS®

## APOLLO GTP-500



### Three Phase Grid Connected Central Inverter

- Three phase grid connected inverter with built-in output transformer
- Maximum inverter efficiency > 96%
- Low Total Harmonic Distortion (THDi)
- Integrate with PV Maximum Power Point Tracking (MPPT)
- Over and under voltage and frequency protections
- Islanding protection (IEC 61727 and IEC 62116) compliance) during failure of utility grid power supply
- Automatic start and shutdown during over heating
- Superior user protection with galvanic isolation
- Display LCD unit for voltage, current, watt, energy, and accumulated energy at inverter for each phase and three phase
- Master and slave operation for higher system energy production (option)
- ISO 9001 and ISO 14001 certified factory



# LEONICS®

## APOLLO GTP-500 series Three Phase Grid Connected Central Inverter



### SPECIFICATIONS

MODEL		GTP-501	GTP-502	GTP-503	GTP-504	GTP-505	GTP-506	GTP-507	GTP-508	GTP-509	GTP-510	GTP-511	GTP-512		
RATED POWER	PV input	33 kW	49.5 kW	66 kW	82.5 kW	99 kW	115.5 kW	137.5 kW	165 kW	198 kW	220 kW	247.5 kW	275 kW		
	AC output at 25°C cos φ = 1	30 kVA/30 kW	45 kVA/45 kW	60 kVA/60 kW	75 kVA/75 kW	90 kVA/90 kW	105 kVA/105 kW	125kVA/125 kW	150kVA/150 kW	180kVA/180 kW	200kVA/200 kW	225 kVA/225 kW	250 kVA/250 kW		
SYSTEM		IGBT technology													
PV INPUT	MPPT voltage range (V <sub>mp</sub> of PV string)	270 to 500 Vdc (300 to 500 Vdc optional) (calculate by using V <sub>mp</sub> )										400 to 700 Vdc (calculate by using V <sub>mp</sub> )			
	Maximum open circuit voltage (V <sub>oc</sub> of PV string)	550 Vdc (600 Vdc optional) (calculate by using V <sub>oc</sub> )										780 Vdc (calculate by using V <sub>oc</sub> )			
	Maximum PV current	125 A	170 A	225 A	280 A	340 A	395 A	465 A	375 A	450 A	500 A	565 A	625 A		
	AC OUTPUT TO GRID LINE	Grid line voltage	380 / 400 / 415 Vac (L-L), 220 / 230 / 240 Vac (L-N) (-15%, +10 %)												
ISOLATION	Phase	Three phase four wires													
	Frequency	50 / 60 Hz ± 0.5 Hz (± 0.2 Hz to ± 5 Hz adjustable)													
	Power factor	> 0.98													
	Total harmonic distortion	THDi < 3%													
	Maximum AC current	45.4 A	68.2 A	90.9 A	113.6 A	136.3 A	159 A	189.3 A	227.2 A	272.2 A	303 A	340.9 A	378.8 A		
ISOLATION	Galvanic isolation	yes													
EFFICIENCY	Inverter peak efficiency	> 93.0%			> 94.0%			> 95.9%			> 96.0%			> 96.3%	
PROTECTION	Input / Output	Over voltage, under voltage (AC&DC), frequency (AC)													
	Islanding operation	Active and passive anti-islanding													
	Over heat	Automatic shutdown and restart													
	Surge dissipation	20 kA Category C1 for AC (separate supply)													
INDICATOR	LED	Mains, Operating, Synchronize, PV, Over temp., Alarm													
	LCD display	Input (voltage, current, power, frequency), Generated power, Generated energy, Accumulated energy, PV (voltage, current, power, energy, accumulated energy), status													
AUDIBLE ALARM		Mains failure, inverter fault													
POWER CONSUMPTION		less than 40 Watt in standby mode, 0 Watt in sleep mode													
COOLING		Force fan cooling													
ENVIRONMENT	Temperature	0 - 45°C													
	Relative humidity	0 - 95 % (non - condensing)													
DESIGN	Standard	IEC 61727, IEC 62116, IEC 60335-1, AS 3100, AS 4777													
REGULATION	Enclosure	IP 20													
DIMENSION	Top-entry	60 x 188 x 105						90 x 205 x 105			120 x 205 x 105				
	Bottom-entry	60 x 148 x 105		60x188x105		90 x 188 x 105			120 x 205 x 105						
WEIGHT (approx. in kg)	Top-entry	544	558	590	873	873	911	911	1,050	1,250	1,350	1,538	1,538		
	Bottom-entry	438	530	580	827	827	865	865	1,050	1,250	1,350	1,595	1,595		

Continuous product development is our commitment. In that manner, the above specifications may be changed without prior notice.

Authorized Distributor

LEO ELECTRONICS CO.,LTD.

27, 29 Soi Bangna-Trad Rd 34, Bangna Tai, Bangna, Bangkok 10260 THAILAND  
Phone: 0-2746-9500, 0-27468708 Fax: 0-2746-8712 e-mail : RNE@leonics.com

• www.leonics.com •

Authorized Dealer



PLEN.BRO.INV.156 Rev.12.00/2018



**TROJAN**  
BATTERY COMPANY

## DATA SHEET

# SOLAR SIND 02 1990

MODEL **SIND 02 1990**  
 VOLTAGE **2**  
 CAPACITY **1990Ah @ 100Hr**  
 MATERIAL **Polypropylene** (internal cell container) **Polyethylene** (outer container)  
 BATTERY **Deep-Cycle Flooded/Advanced Lead Acid Battery**  
 COLOR **Maroon**  
 WATERING **Single-Point Watering Kit (Optional)**  
 PRODUCT HIGHLIGHTS **Smart Carbon™ for Improved Performance**  
**17 Years Battery Life Based on IEC 61427**



WITH **SMART CARBON** TECHNOLOGY



## 2 VOLT

### PHYSICAL SPECIFICATIONS

MODEL NAME	TERMINAL TYPE *	DIMENSIONS * INCHES (mm)			WEIGHT * LBS. (kg)	HYDROLINK OR SPWK	HANDLES
		LENGTH	WIDTH	HEIGHT †			
SIND 02 1990	14	15.33 (389)	10.22 (260)	24.01 (610)	235 (107)	SPWK	Molded

### ELECTRICAL SPECIFICATIONS

VOLTAGE	CAPACITY † AMP-HOURS (AH)					ENERGY (kWh)
	10-Hr	20-Hr	48-Hr	72-Hr	100-Hr	
2	1393	1547	1771	1889	1990	3.98

### CHARGING INSTRUCTIONS

SYSTEM VOLTAGE	CHARGER VOLTAGE SETTINGS (AT 77°F/25°C)			
	6V	12V	24V	48V
Maximum Charge Current (% of C <sub>20</sub> Rate) *	13%			
Maximum Absorption Phase Time (hours)	4			
Absorption Voltage **	7.35	14.70	29.40	58.80
Float Voltage	6.75	13.50	27.00	54.00
Equalization Voltage	8.10	16.20	32.40	64.80

Do not install or charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Constant under or overcharging will damage the battery and shorten its life as with any battery.  
 \*If charging time is limited contact Trojan Technical Support for assistance.  
 \*\*In cases where controller has a bulk voltage setting, use absorption voltage setting above.

### CHARGING TEMPERATURE COMPENSATION

ADD	SUBTRACT
0.005 volt per cell for every 1°C below 25°C 0.0028 volt per cell for every 1°F below 77°F	0.005 volt per cell for every 1°C above 25°C 0.0028 volt per cell for every 1°F above 77°F

### OPERATIONAL DATA

OPERATING TEMPERATURE	SELF DISCHARGE
-4°F to 113°F (-20°C to +45°C). At temperatures below 32°F (0°C) maintain a state of charge greater than 60%.	5 – 15% per month depending on storage temperature conditions.

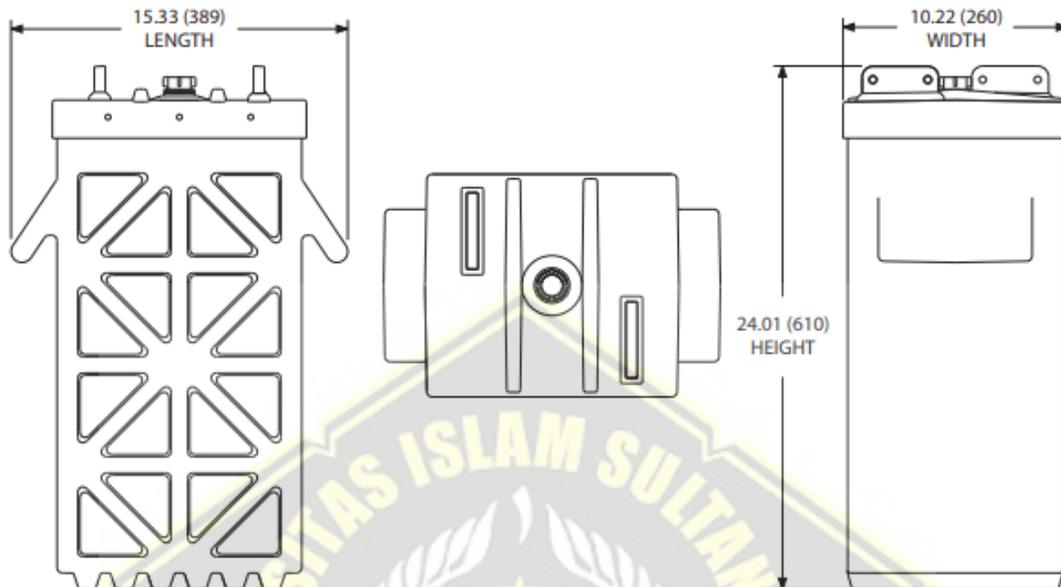
### STATE OF CHARGE MEASURE OF OPEN-CIRCUIT VOLTAGE

PERCENTAGE CHARGE	SPECIFIC GRAVITY	2 VOLT
100	1.260	2.11
90	1.246	2.09
80	1.227	2.07
70	1.207	2.05
60	1.187	2.03
50	1.165	2.01
40	1.142	1.99
30	1.119	1.96
20	1.096	1.94
10	1.072	1.92

### RECYCLE RESPONSIBLY



## BATTERY DIMENSIONS (shown with IND)



### TERMINAL CONFIGURATIONS<sup>B</sup>

### VENT CAP OPTIONS

14	IND	IND TERMINAL	FLIP TOP	BAYONET
	<b>Terminal Height Inches (mm)</b> 1.50 (38) <b>Torque Values: in-lb (Nm)</b> 100 – 120 (11 – 14) <b>Bolt Size</b> 5/16" – 18			

A. The amount of amp-hours (Ah) a battery can deliver when discharged at a constant rate at 80°F (27°C) for all rates and maintain a voltage above 1.75 V/ cell. Capacities are based on peak performance.  
 B. Dimensions may vary depending on type of handle or terminal. Batteries should be installed with 0.5 inches (12.7 mm) spacing minimum.  
 C. Height taken from bottom of the battery to the highest point on the battery. Heights may vary depending on type of terminal.

D. Terminal images are representative only.  
 E. Weight may vary.



Designed in compliance with applicable BCI, DIN, BS and IEC standards.  
 Tested in compliance to BCI and IEC standards.

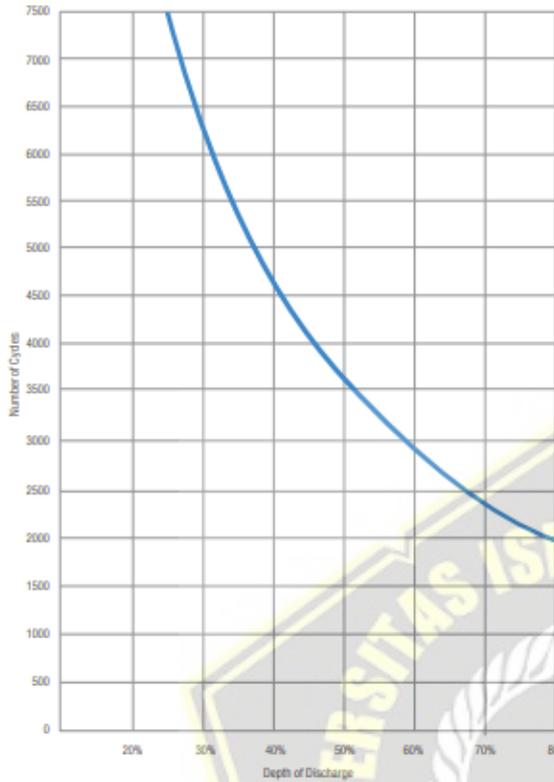


800.423.6569 / +1.562.236.3000 / trojanbattery.com

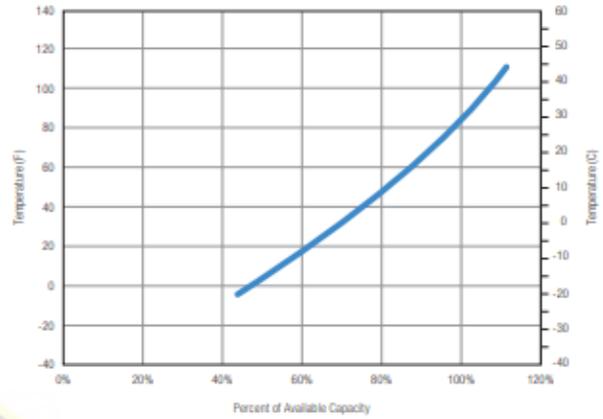
SWD\_02\_1906\_05\_030719

© 2019 Trojan Battery Company, LLC. All rights reserved. Trojan Battery Company is not liable for damages that may result from any information provided in or omitted from this publication, under any circumstances. Trojan Battery Company reserves the right to make adjustments to this publication at any time, without notice or obligation.

### DOD VS CYCLE LIFE IN A STATIONARY APPLICATION



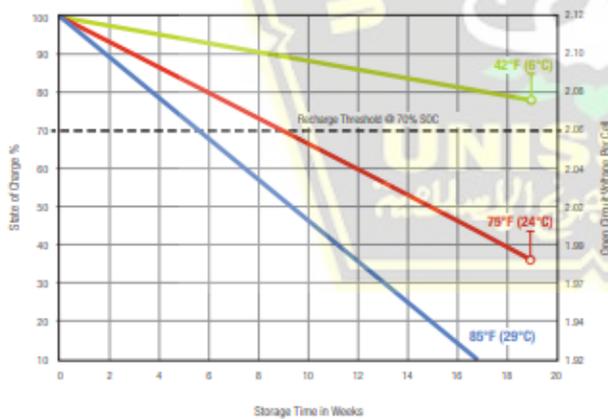
### PERCENT CAPACITY VS. TEMPERATURE



### EXPECTED LIFE VS. TEMPERATURE

Chemical reactions internal to the battery are driven by voltage and temperature. The higher the battery temperature, the faster chemical reactions will occur. While higher temperatures can provide improved discharge performance the increased rate of chemical reactions will result in a corresponding loss of battery life. As a rule of thumb, for every 10°C increase in temperature the reaction rate doubles. Thus, a month of operation at 35°C is equivalent in battery life to two months at 25°C. Heat is an enemy of all lead acid batteries, FLA, AGM and gel alike and even small increases in temperature will have a major influence on battery life.

### SELF DISCHARGE VS. TIME\*



### SMART CARBON™

Deep-cycle batteries used in off-grid and unstable grid applications are heavily cycled at partial state of charge (PSOC). Operating at PSOC on a regular basis can quickly diminish the overall life of a battery, which results in frequent and costly battery replacements. To address the impact of PSOC on deep-cycle batteries in renewable energy (RE), inverter backup and telecom applications, Trojan Battery has now included Smart Carbon™ as a standard feature in its Solar Industrial and Solar Premium flooded battery lines.

### \*PERIODIC CHARGE

#### FREQUENCY

Provide a periodic freshening charge to maintain a SOC greater than the threshold of 70%.

## Lampiran 11 Harga Beli Komponen



Share to:

ALEKO WG3000W48V-AP Wind Power Generator - 3000W - 48V

Brand [ALEKO](#) See other products from [GDT](#)

Upc: 013964832907

SKU: GDT-WG3000W48V-AP

Price: **\$2,038.98** & this item ships for **FREE Shipping**. [Details](#)

Quantity:

**Discontinued**

[Add to Shopping List](#)

\* Click "Add to Shopping List" to save the item for later purchase. You can receive a notice email when it is back in stock.

[s Share & Earn 10% Cash Back](#)

CANADIAN SOLAR MAXPOWER CS6U-340M 340W MONO SOLAR PANEL



 CanadianSolar

CANADIAN SOLAR

MSRP: ~~\$358.27~~

**\$279.50**

(YOU SAVE \$78.77)

SKU: SLG-110-1111

**Note:** Out of Stock

**Condition:** New

**Weight:** 49.40 LBS

**Shipping:** Calculated at checkout

 [Have a question?](#)



## APOLLO G-500 / APOLLO GTP-500

Single-phase/Three-phase Grid  
Connected Central Inverter

Price

**\$15.645**

 [Brochure G-500, GTP-500](#) [Inquiry](#)



TROJAN BATTERY

MSRP: ~~\$795.95~~

**\$413.15**

(YOU SAVE \$292.80)

SKU: SLR-410-0228Z

Note: 6 Month Lead Time. Ships LTL Freight Only.

Condition: New

Weight: 70.00 LBS

Shipping: Calculated at checkout

Quantity:

 ADD TO CART

 ADD TO

 [Have a question?](#)

**Lampiran 12 Dokumentasi Pengambilan Data Penelitian**



