

**ANALISA RANCANG BANGUN PENGGUNAAN SISTEM
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DENGAN PLN DI
SMA MUHAMMADIYAH 1 YOGYAKARTA**

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1



Disusun oleh:

Abdul Aziz Rasyidin

15524023

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA RANCANG BANGUN PENGGUNAAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DENGAN PLN DI SMA MUHAMMADIYAH 1 YOGYAKARTA

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

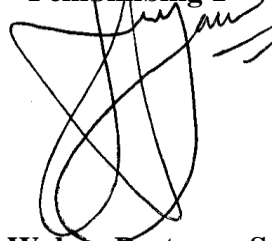
Disusun oleh:

Abdul Aziz Rasvidin
15524023

Yogyakarta, 25-Juni-2020

Menyetujui,

Pembimbing 1



Setyawan Wahyu Pratomo, S.T., M.T.
155241302

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISA RANCANG BANGUN PENGGUNAAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DENGAN PLN DI SMA MUHAMMADIYAH 1 YOGYAKARTA

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Abdul Aziz Rasyidin

15524023

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 8 Juli 2020

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Setyawan Wahyu Pratomo, S.T., M.T.

Anggota Penguji 1 : Husein Mubarak, S.T., M.Eng.

Anggota Penguji 2 : Wahyudi Budi Pramono, S.T., M.Eng.

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 3 Agustus 2020

Ketua Program Studi Teknik Elektro


Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Sc., Ph.D

045240101

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 15 Juni 2020

METERAI
TEMPEL

7FF00AHF480078921

6000

Abdul Aziz Rasyidin

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Alhamdulillahirabbil'alamin penulis panjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat, hidayah dan karunia-Nya maka penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Analisa Rancang Bangun Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan PLN di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta”

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menempuh gelar Sarjana Teknik Elektro pendidikan Strata satu (S1) Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Selama menyelesaikan penyusunan skripsi ini penulis telah banyak bantuan dari berbagai pihak, maka untuk itu penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada semua pihak yang turut membantu :

1. Mama Rahayu Pujiastuti, Ayah Heru Sudiyono dan kakak Hesti Rizki Ayuning Astuti atas nasihat, saran, dan kritikan yang diberikan ke si penulis dalam melaksanakan dari sebelum dan sesesainya skripsi ini, serta bantuan baik materil maupun moril.
2. Bapak Setyawan Wahyu Pratomo, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan dan masukan selama proses pengerjaan skripsi ini.
3. Bapak Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro yang telah membimbing selama kuliah dari awal hingga akhir di Jurusan Teknik Elektro.
5. Ibu Rini Astuti, S.Pd. selaku pembimbing si penulis selama melakukan pengambilan data di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta.
6. Seluruh guru dan karyawan SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta yang telah membantu, melancarkan, dan selalu memberikan motivasi kepada si penulis, semoga amal dan ibadahnya dibalas oleh Allah SWT, Amin.
7. Ari Dwi Handono, Bahrul Alam Aden dan Hendra Hardianto Pradana yang selalu membantu dalam mengatasi permasalahan penulis sehingga bisa selesai dalam pengerjaan skripsi ini.

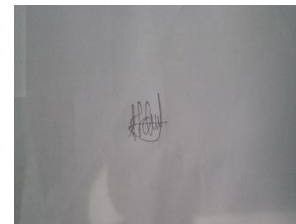
8. Saudara – saudara keluarga besar Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia angkatan 2015, 2014 yang telah memberikan dukungan, motivasi dan semangat, semoga kita semua dimudahkan jalannya oleh Allah SWT untuk mencapai apa yang kita inginkan, Amin.
9. Dan banyak pihak-pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu-satu disini, penulis meminta banyak terima kasih atas semua bantuan yang telah diberikan sehingga si penulis dapat melancarkan pengerjaan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih ada kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan, maka untuk itu penulis mengharapkan masukan, kritik dan saran yang bersifat membangun ke arah perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT, Amin.

Wa'alaikumus Salam Warahmatullahi Wabarakatuh.



Yogyakarta, 15 Juni 2020



Abdul Aziz Rasyidin

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
kWh	Kilo watt hours
m ²	Meter persegi
BMKG	Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
PLTS	Pembangkit Listrik Tenaga Surya
PLN	Perusahaan Listrik Negara
SMA	Sekolah Menengah Atas
MUHI	Muhammadiyah Satu
HOMER	<i>Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources</i>
kW	Kilo watt
Wp	Watt peak
Ditjen	Direktorat Jendral
MW	Mega watt
DC	<i>Direct current</i>
AC	<i>Alternating current</i>
Si	Silikon
PV	<i>Photovoltaic</i>
Isc	<i>Short circuit current</i>
NPC	<i>Net Present Cost</i>
COE	<i>Cost of Energy</i>
O&M	<i>Operating and Maintenance</i>
Yr	<i>Year</i>
h	<i>hour</i>
v	<i>volt</i>
dkk	Dan kawan-kawan
AC	<i>Air Conditioner</i>
DVD	<i>Digital Versatile Disc</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
TV	<i>Television</i>
Wh	<i>Watt hour</i>
Rp	Rupiah

ABSTRAK

Kebutuhan bahan bakar di Indonesia tiap tahun semakin meningkat. Jika bahan bakar digunakan secara terus menerus, bahan bakar tersebut akan habis, seperti bahan bakar fosil. Agar tidak ketergantungan bahan bakar fosil maka dengan menggunakan energi yang dapat diperbarui (*renewable energy*) yang memiliki keutamaan tidak akan pernah habis dan ramah lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui mana yang lebih efisien dari penggunaan sistem PLTS dengan sistem jaringan PLN atau grid untuk memenuhi kebutuhan listrik di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta. Perancangan ini menggunakan *software* HOMER, dengan perangkat lunak ini maka dapat mengetahui komponen pembangkit yang paling optimal. Untuk melakukan perhitungan nilai ekonomis maka dilakukan 2 skenario, yaitu skenario pertama adalah dengan menggunakan sistem grid atau hanya dialiri oleh PLN. Skenario kedua adalah dengan menggunakan grid dan PLTS. Hasil dari penelitian ini yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Surya mampu menghasilkan daya sebesar 310.388 kWh/yr dengan persentase penggunaan PLTS sebesar 73,7%. Dari sisi ekonomisnya nilai NPC skenario 2 lebih murah Rp117.458.165,81 dibanding skenario 1 sedangkan nilai COE skenario 2 lebih murah juga yaitu sebesar Rp22,05 dibanding skenario 1.

Kata kunci: PLTS, HOMER, PLN, *renewable energy*, NPC, COE.



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Studi Literatur	3
2.2 Tinjauan Teori.....	3
2.2.1 Potensi Energi Surya di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta.....	4
2.2.2 Sistem Konversi Energi Surya menjadi Energi Listrik	4
2.2.3 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya	5
2.2.4 Baterai	5
2.2.5 <i>Inverter</i>	6
2.2.6 <i>Net Present Cost (NPC)</i>	6
2.2.7 <i>Cost of Energy (COE)</i>	6

2.2.8 HOMER.....	7
BAB 3 METODOLOGI	8
3.1 Alat dan Bahan	8
3.2 Alur Penelitian.....	8
3.3 Lokasi SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta	9
3.4 Perancangan Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya	10
3.4.1 Grid.....	10
3.4.2 Data Beban.....	11
3.4.3 Kebutuhan Panel Surya	13
3.4.4 Kebutuhan Baterai.....	13
3.4.5 Kebutuhan Inverter.....	14
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	15
4.1 Hasil Analisa	15
4.2 Hasil Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	15
4.3 Analisa Nilai Ekonomis pada Sistem Pembangkit	16
4.3.1 Skenario 1	16
4.3.2 Skenario 2.....	17
4.3.3 Perbandingan Skenario 1 dan Skenario 2 dari Sisi Ekonomis.....	19
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	20
5.1 Kesimpulan	20
5.2 Saran	20
DAFTAR PUSTAKA.....	21
LAMPIRAN.....	1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Radiasi Sinar Matahari di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta.....	4
Gambar 3.1 Denah SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta dari <i>Google Maps</i>	9
Gambar 3.2 Rangkaian <i>schematic</i> pada HOMER.....	10
Gambar 3.3 Parameter Grid.....	10
Gambar 3.4 Parameter Panel Surya.....	13
Gambar 3.5 Parameter Baterai.....	13
Gambar 3.6 Parameter Inverter.....	14
Gambar 4.1 Hasil Simulasi Skenario 1.....	15
Gambar 4.2 Hasil Simulasi Skenario 2.....	15
Gambar 4.3 Nilai NPC pada Skenario 2.....	18
Gambar 4.4 Nilai <i>Annualized Cost</i> pada Skenario 2.....	18



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Beban dari Jam 00.00-07.00 WIB	11
Tabel 3.2 Data Beban dari Jam 07.00-15.00 WIB	11
Tabel 3.3 Data Beban dari Jam 09.00-14.00 WIB	12
Tabel 3.4 Data Beban dari Jam 15.00-18.00 WIB	12
Tabel 3.5 Data Beban dari Jam 18.00-23.59 WIB	12
Tabel 3.6 Data Beban dari Jam 07.00-15.00 WIB	12
Tabel 4.1 Nilai Parameter Skenario 1	16
Tabel 4.2 Nilai dari <i>Annualized Cost</i> pada Skenario 1	16
Tabel 4.3 Nilai Konsumsi pada Skenario 1	17
Tabel 4.4 Nilai Parameter Skenario 2	17
Tabel 4.5 Nilai Produksi pada Skenario 2	17
Tabel 4.6 Nilai Konsumsi pada Skenario 2	18
Tabel 4.7 Perbandingan Ekonomis dari Skenario 1 dan Skenario 2	19



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada era saat ini, kebutuhan bahan bakar di Indonesia tiap tahun semakin meningkat. Hal ini dikarenakan semakin banyak populasi manusia di Indonesia begitu banyak. Jika bahan bakar digunakan secara terus menerus, bahan bakar tersebut akan habis, seperti bahan bakar fosil. Tingkatnya penggunaan bahan bakar fosil ini harus diminimalisir agar tidak ketergantungan. Salah satu untuk menghilangkan ketergantungan itu dengan menggunakan energi yang dapat diperbarui (*renewable energy*) yang memiliki keutamaan tidak akan pernah habis dan ramah lingkungan. Sebagai contohnya energi matahari (energi surya). Energi surya yang diterima di Indonesia tergolong banyak dengan radiasi harian rata-rata (insolasi) sebesar 4,61 kWh/m²/hari.[1]

Dengan keuntungan tersebut penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ini bisa diaplikasikan di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta. Karena kebutuhan energi listrik di SMA Muhammadiyah 1 ini masih disuplai dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Pemanfaatan PLTS ini sangat berguna untuk gedung-gedung yang menyuplai energi listrik yang banyak.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalahnya sebagai berikut :

1. Apakah sistem yang dirancang dapat membangkitkan kebutuhan energi listrik yang ada di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta?
2. Bagaimana analisis ekonomi antara PLTS dengan energi listrik PLN di gedung SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian kali ini sebagai berikut:

1. Beban listrik yang digunakan adalah keseluruhan alat elektronik di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta.
2. Jenis pembangkit energi terbarukan yang digunakan adalah PLTS
3. Simulasi perancangan dilakukan menggunakan *software* HOMER (*Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources*)
4. Tidak membahas perhitungan konstruksi bangunan PLTS
5. Tidak menghitung efisiensi biaya investasi

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui apakah rancangan yang dilakukan dapat memenuhi kebutuhan listrik di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta.
2. Untuk mengetahui penggunaan PLTS dengan PLN dari sisi biaya pemakaian maupun perawatan untuk mengetahui tingkat efisiensinya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu untuk mengetahui mana yang lebih efisien antara PLTS dengan PLN di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Penelitian yang dilakukan oleh Sandos Simatupang, dkk 2013 “Rancang Bangun dan Uji Coba Solar *Tracker* pada Panel Surya Berbasis Mikrokontroler ATmega16” membahas bagaimana cara merancang solar *tracker* dua *axis* pada panel surya 10 Wp yang akan mengkonversi sinar matahari menjadi energi terbarukan. Nantinya solar panel tersebut dirancang dengan sistem solar tracker yang akan diamati dengan mikrokontroler ATmega16.[2]

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Bachtiar, 2006 “Prosedur Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Perumahan (Solar Home System)” membahas cara mengubah cahaya matahari yang melimpah menjadi energi listrik menggunakan teknologi photovoltaic. Sistem ini yang disebut Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang digunakan khusus untuk perumahan atau gedung – gedung.[3]

Berikutnya penelitian dari Djoko Adi Widodo, dkk 2010 “Pemberdayaan Energi Matahari sebagai Energi Listrik Lampu Pengatur Lalu Lintas” yang membahas mengembangkan inovasi teknologi pembangkit bersumber dari energi matahari menjadi energi listrik menggunakan fotovoltaiik atau sel surya.[1]

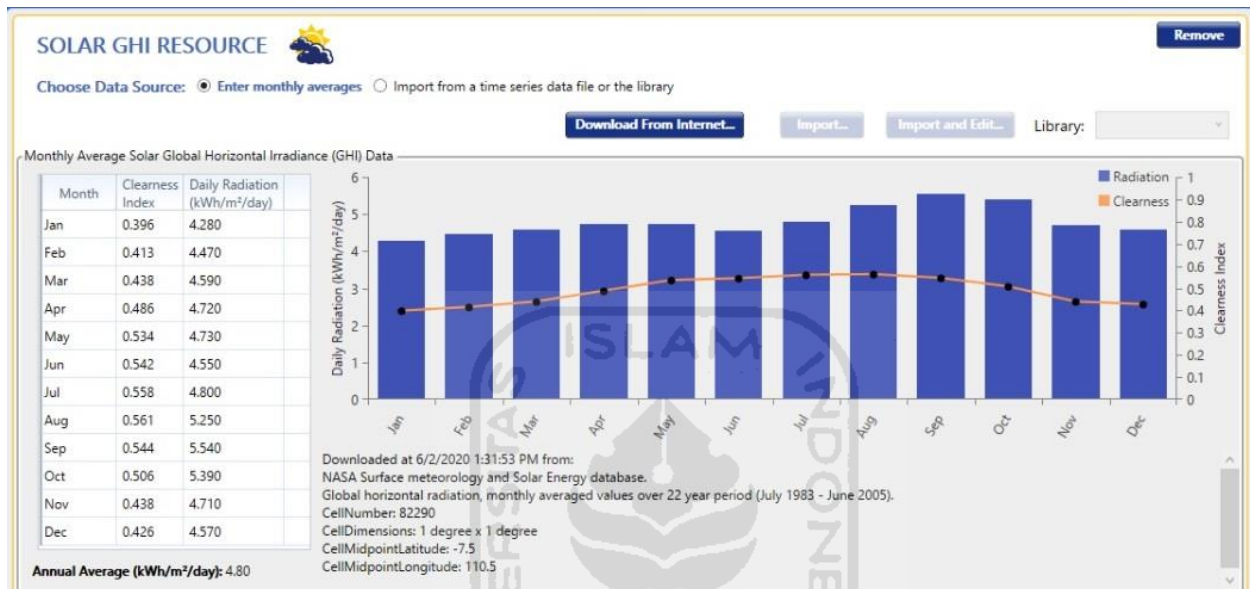
Dan yang terakhir penelitian dari Nyoman S.Kumara, 2010 “Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga Urban dan Ketersediaannya di Indonesia” membahas ketersediaan sistem PLTS di Indonesia yang kapasitasnya sesuai dengan kebutuhan rumah tangga di perkotaan. Ketersediaan yang dimaksud meliputi data tentang kapasitas dan vendor dari komponen PLTS. [4]

2.2 Tinjauan Teori

Energi listrik adalah energi yang dibutuhkan pada masyarakat pada umumnya, dari bahan pangan, sandang maupun papan pasti membutuhkan energi listrik. Terutama di Indonesia, di Indonesia merupakan Negara tropis, maka wilayah Indonesia akan selalu disinari matahari selama 10-12 jam perhari. Data Ditjen Listrik dan Pengembangan Energi pada tahun 1997, kapasitas terpasang listrik tenaga surya di Indonesia mencapai 0,88 MW dari potensi yang tersedia 1,2 x 10⁹ MW. Sedangkan arah kebijakan pengembangan energi baru dan terbarukan telah diamanatkan dalam Undang-Undang Nomor 30, pasal 20-22 Tahun 2007 Tentang Energi.[1]

2.2.1 Potensi Energi Surya di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta

Di Indonesia secara geografis memiliki pancaran sinar matahari yang termasuk banyak setiap tahunnya. Karena hal tersebut penggunaan energi alternatif sangatlah penting jika digunakan. Dengan rata-rata radiasi harian di Indonesia sebesar 4.61 kWh/m²/day. Di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta memiliki potensi yang besar untuk memanfaatkan energi surya ini. Menurut NASA *Surface meteorology and Solar Energy database* radiasi yang terletak di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Radiasi Sinar Matahari di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta

Dengan gambar 2.1 ini bisa disimpulkan bahwa SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta dapat menghasilkan rata-rata radiasi matahari sebesar 4,80 kWh/m²/day. Oleh karena itu gedung SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta ini berpotensi untuk menerapkan PLTS.

2.2.2 Sistem Konversi Energi Surya menjadi Energi Listrik

Energi mampu membangkitkan energi listrik melalui proses yang disebut *photovoltaic* (PV). PV terbuat dari bahan semikonduktor berupa silikon (Si) yang ditambahkan dengan beberapa bahan khusus.[5]

Energi listrik yang dihasilkan oleh *photovoltaic* itu sendiri tergantung terhadap intensitas cahaya matahari yang diterima oleh sistem. Saat pada hari yang cerah radiasi sinar matahari dapat mencapai 1000 watt/m². Modul panel surya memiliki efisiensi sekitar 5% hingga 15% tergantung material penyusunnya.[6]

2.2.3 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi energi matahari yang efektif bekerja 5 jam per hari, yaitu pukul 09.00 sampai dengan pukul 14.00. Jumlah panel surya dapat dihitung berapa sesuai kebutuhan yang harus dipasang sesuai dengan daya yang akan digunakan. Rumusnya adalah :

$$\text{Jumlah kebutuhan panel surya} = \frac{\text{Penggunaan Energi}}{\text{Waktu efektif} \times \text{Kapasitas PV}} \quad 2.1$$

2.2.4 Baterai

Baterai adalah komponen PLTS yang digunakan untuk mengumpulkan energi listrik pada siang hari yang dihasilkan oleh panel surya yang kemudian dipergunakan untuk malam hari atau saat cuaca mendung. Kebutuhan baterai yang digunakan harus mempertimbangkan hari-hari dimana sinar matahari tidak bersinar efektif karena cuaca. Misalkan PV sistem tidak bisa mengonversi daya matahari adalah 1 hari, maka kebutuhan daya per hari harus dikalikan dengan 1. Di samping itu juga harus diperhitungkan faktor efisiensi baterai dan pada saat pemakaian baterai tidak boleh dipakai sampai semua daya habis.[7]

$$\text{Jumlah baterai yang dibutuhkan} = \frac{\text{Penggunaan Energi} \times \text{DoA}}{\text{DoD} \times \text{Tegangan Baterai} \times \text{Arus Baterai}} \quad 2.2$$

Dimana :

DoA = *Day of Autonomy* (hari dimana PV sistem tidak bisa mengonversi daya matahari)

DoD = *Depth of Discharge* (tingkat kedalaman pengosongan baterai)

2.2.5 Inverter

Inverter adalah salah satu komponen PLTS yang berfungsi untuk mengkonversi listrik DC (arus searah) yang berasal dari sumber daya sel surya menjadi listrik AC (arus bolak-balik) yang akan disuplai ke saluran listrik AC.[8] Pada sistem PLTS ini dibutuhkan *inverter* untuk mengubah energi yang dihasilkan dari panel dan baterai tersebut agar dapat menyuplai kebutuhan energi AC. Besarnya kapasitas *inverter* DC ke AC yang diperlukan adalah setidaknya sama dengan jumlah pemakaian daya listrik yang dibutuhkan.

2.2.6 Net Present Cost (NPC)

Net Present Cost atau NPC adalah penjumlahan total keseluruhan biaya pemasangan dan biaya operasional komponen dalam suatu proyek. Persamaan NPC ini dapat diketahui sebagai berikut.[5]

$$\text{NPC} = \text{Capital Cost} + \text{Replacement Cost} + \text{O\&M Cost} + \text{Fuel Cost} - \text{Salvage} \quad 2.3$$

Dimana :

Capital Cost	= biaya komponen
Replacement Cost	= biaya penggantian komponen
O&M Cost	= biaya operasional dan pemeliharaan
Fuel Cost	= biaya bahan bakar
Salvage	= biaya sisa komponen

2.2.7 Cost of Energy (COE)

Cost of Energy atau COE adalah biaya pengeluaran yang dihasilkan energi listrik per kWh. Hasil COE dapat dilihat dari persamaan sebagai berikut.

$$\text{COE} = \frac{C_{\text{ann.tot}}}{C_{\text{served}}}, \quad 2.4$$

Dimana :

COE	= biaya per kWh
$C_{\text{ann.tot}}$	= total biaya tahunan dari sistem per tahun (Rp/yr)
C_{served}	= total beban listrik per tahun (kWh/yr)

2.2.8 HOMER

The Hybrid Optimisation Model for Electric Renewables atau disingkat HOMER adalah salah satu aplikasi yang biasa digunakan oleh *engineer* untuk mendesain sistem PLH dengan menggunakan energi terbarukan. HOMER mensimulasikan dan mengoptimalkan sistem pembangkit listrik baik *stand-alone* maupun *grid-connected* yang dapat terdiri dari kombinasi turbin angin, *photovoltaic*, mikrohidro, biomassa, generator (diesel/bensin), *microturbine*, *fuel-cell*, baterai, dan penyimpanan hidrogen, melayani beban listrik maupun termal.[9]. HOMER ini biasa digunakan untuk simulasi desain *mikro grid* pada berbagai sektor, seperti pedesaan utilitas pulau, kampus, dan pangkalan militer yang terhubung dengan jaringan listrik. HOMER dapat mempertimbangkan suatu desain *mikro grid* baik dari sisi teknis maupun ekonomi, sehingga HOMER sangat cocok untuk dijadikan sebagai *software* untuk studi kelayakan.



BAB 3

METODOLOGI

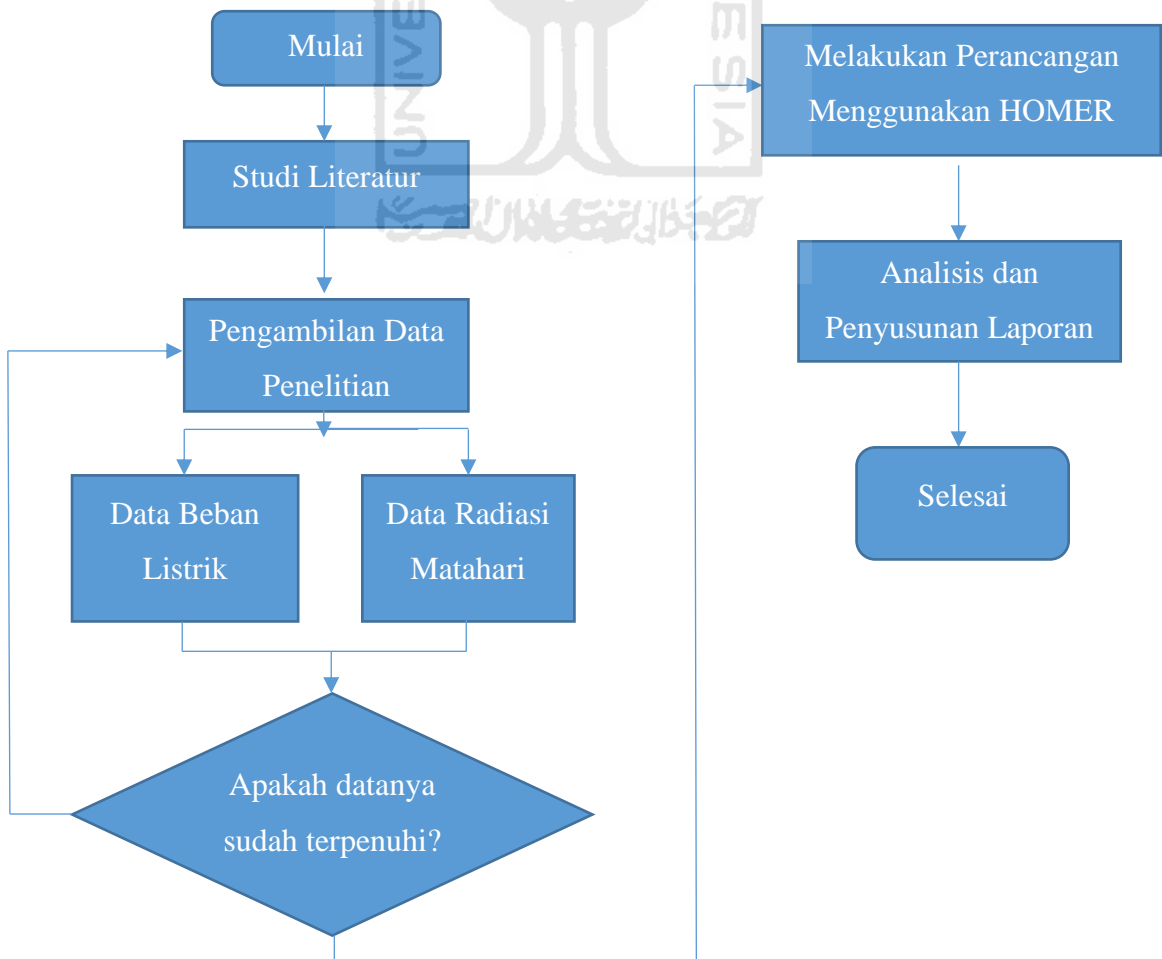
3.1 Alat dan Bahan

Penelitian ini memerlukan peralatan dan bahan yang digunakan untuk menunjang hasil yang maksimal. Berikut adalah peralatan dan bahan yang digunakan:

- a. Komputer
- b. Laptop
- c. *Software* HOMER
- d. Data beban peralatan elektronik di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta.

3.2 Alur Penelitian

Berikut adalah alur penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan diagram alir.



Penjelasan mengenai diagram alir sebagai berikut:

- a. Mencari data-data secara teori yang akan dijadikan landasan utama dengan cara membaca buku, mencari artikel atau jurnal yang sudah ada.
- b. Melakukan survey lapangan untuk memperoleh data-data yang akan dibutuhkan. Seperti data kelistrikan dan data radiasi matahari yang ada di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta.
- c. Jika data yang dibutuhkan belum terpenuhi, maka akan dilakukan pengambilan data lagi di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta.
- d. Jika data yang dibutuhkan sudah terpenuhi, maka dilanjutkan dengan menyimulasikan dengan menggunakan *software* HOMER sampai mendapatkan hasil yang terbaik.
- e. Pada tahap ini dilakukan analisis yang telah di simulasi di *software* HOMER. Hasil dari analisis itu akan dibuat untuk penulisan laporan.
- f. Jika penulisan laporan sudah selesai, maka tugas akhir ini dinyatakan selesai.

3.3 Lokasi SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta

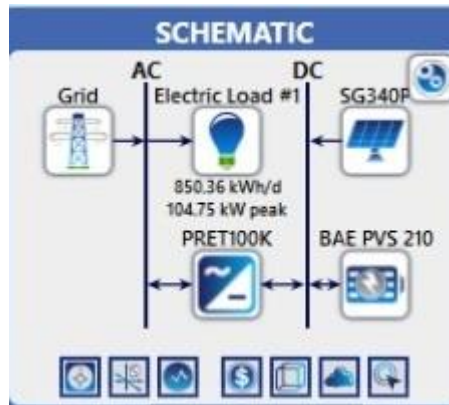
Penelitian ini dilakukan di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta yang bertepatan di Kecamatan Tegalrejo, Kota Yogyakarta, Provinsi D.I.Yogyakarta. Berikut gambar lokasi SMA MUHI yang diambil dari *Google Maps*, yang kita bisa lihat di sini cukup luas jika terpasang Panel Surya. Dan lokasi ini cukup baik jika terpasang secara *on grid* karena daerah yang mudah dialiri listrik dari PLN.



Gambar 3.1 Denah SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta dari *Google Maps*

3.4 Perancangan Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya

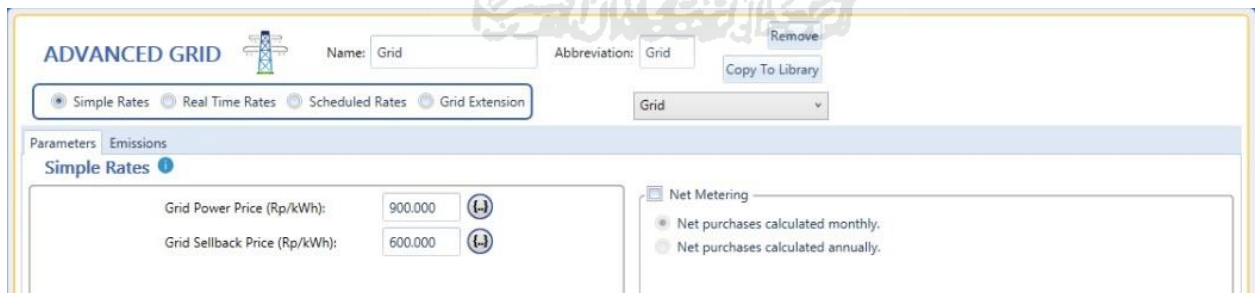
Perancangan simulasi ini dilakukan menggunakan *software* HOMER. Dengan dilihat dari denah pada gambar diatas kita menggunakan pembangkit listrik dari PLN atau *on grid*. Komponen utama yang digunakan adalah baterai, panel surya (fotovoltaik), dan *inverter*. Rangkaian simulasi pada HOMER bisa dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 3.2 Rangkaian *schematic* pada HOMER

3.4.1 Grid

Gambar dibawah ini adalah parameter grid untuk mengatur tarif dasar listrik per kWh. Harga jual listrik per kWh untuk konsumen di sini sebesar Rp900,00 per kWh[10] dan harga jual kembali ke PLN sebesar Rp600,00 per kWh.



Gambar 3.3 Parameter Grid

3.4.2 Data Beban

Data beban didapatkan dari survey yang telah dilakukan di SMA MUHI. Untuk perinciannya dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Data Beban dari Jam 00.00-07.00 WIB

Durasi (jam)	Alat/Beban	Jumlah Unit	Daya (watt)	Watt Hours
00.00-07.00	Lampu (10 watt)	29	10	2030
	Lampu (4 watt)	91	4	2548
	Dispenser	11	350	8983.33
	Kulkas	1	115	268,33

Tabel 3.2 Data Beban dari Jam 07.00-15.00 WIB

Durasi (jam)	Alat/Beban	Jumlah Unit	Daya (watt)	Watt Hours
07.00-15.00	Lampu	379	10	30320
	Komputer	148	200	236800
	AC (<i>air conditioner</i>)	108	840	241920
	AC (<i>air conditioner</i>)	1	1920	5120
	Dispenser	11	350	10266,67
	Kipas Angin (besar)	93	64	47616
	Kipas Angin (kecil)	9	35	2520
	Speaker	27	100	21600
	Printer	33	2.7	712,8
	Kulkas	1	115	306,67

Pada tabel 3.2 ada alat atau beban yang dibagi 3 dari total watt dikarenakan kompresor tidak selalu bekerja. Kenapa harus dibagi 3 karena hanya diperkirakan seperti itu. Alat yang dimaksud meliputi dispenser, AC (Air Conditioner) dan kulkas.

Tabel 3.3 Data Beban dari Jam 09.00-14.00 WIB

Durasi (jam)	Alat/Beban	Jumlah Unit	Daya (watt)	Watt Hours
09.00-14.00	Compo DVD	1	75	375
	LCD	62	50	15500
	TV	3	37	555

Tabel 3.4 Data Beban dari Jam 15.00-18.00 WIB

Durasi (jam)	Alat/Beban	Jumlah Unit	Daya (watt)	Watt Hours
15.00-18.00	Dispenser	11	350	3850
	Kulkas	1	115	115

Tabel 3.5 Data Beban dari Jam 18.00-23.59 WIB

Durasi (jam)	Alat/Beban	Jumlah Unit	Daya (watt)	Watt Hours
18.00-23.59	Lampu (10 watt)	29	10	1740
	Lampu (4 watt)	91	4	2184
	Dispenser	11	350	7700
	Kulkas	1	115	230

Tabel 3.6 Data Beban dari Jam 07.00-15.00 WIB

Durasi (jam)	Alat/Beban	Jumlah Unit	Daya (watt)	Watt Hours
07.00-15.00	Elektronik tambahan	7	18	1008
		2	44.5	712
		3	348	8352
		5	2	80
		2	220	3520
		1	50	400
		1	180	1440
		13	1902.5	197860
		1	110	880
18.00-06.00		1	30	360

Dengan data beban yang ada bisa dikalkulasikan dengan total energi keseluruhan 850,358 kWh.

3.4.3 Kebutuhan Panel Surya

Indonesia merupakan negara dengan potensi energi matahari yang efektif bekerja selama 5 jam per hari. Sedangkan panel surya yang digunakan adalah bertipe Polycrystalline (Poly) dengan kapasitas 340 Wp. Berdasarkan persamaan 2.1, kebutuhan panel surya sebesar 500 buah.

Dengan mempertimbangkan kelebihan energi, panel surya dilebihkan sedikit sebesar 503 buah panel. Dibawah ini adalah gambar dari bagian sistematis untuk panel surya tersebut. Di sini harga panel surya dengan tipe *poly* dengan kapasitas 340 Wp adalah Rp2.435.420,00. Jadi *cost capital*, *replacement* dan operasional berturut-turut adalah Rp1.225.016.260,00, Rp1.225.016.260,00 dan Rp50.000.000,00.

The screenshot shows the configuration window for a PV panel named 'Peimar SG340P'. The interface is divided into several sections:

- Properties:** Name: Peimar SG340P, Abbreviation: SG340P, Panel Type: Flat plate, Rated Capacity (kW): 171.02, Manufacturer: Generic, www.homerenergy.com.
- Cost:** Capacity (kW): 171.02, Capital (Rp): 1,225,016,260.00, Replacement (Rp): 1,225,016,260.00, O&M (Rp/year): 50,000,000.00, Lifetime time (years): 20.00.
- Site Specific Input:** Derating Factor (%): 80.00.
- Electrical Bus:** AC and DC options.
- Sizing:** HOMER Optimizer™ and Search Space options.

Gambar 3.4 Parameter Panel Surya

3.4.4 Kebutuhan Baterai

Jenis baterai yang digunakan adalah BAE Secura Block Solar 12V 3 PVS 210 dengan sebanyak 380 buah. Biaya yang dibutuhkan sebesar Rp476.119.100,00 dan biaya operasionalnya adalah Rp38.000.000,00. Berikut adalah hasil parameter yang dapat dilihat gambar dibawah ini.

The screenshot shows the configuration window for a battery named 'BAE SECURA BLOCK SOLAR 12 V 3 PVS 210'. The interface is divided into several sections:

- Properties:** Kinetic Battery Model, Nominal Voltage (V): 12, Nominal Capacity (kWh): 2.64, Maximum Capacity (Ah): 220, Capacity Ratio: 0.401, Rate Constant (1/hr): 0.547, Roundtrip efficiency (%): 85, Maximum Charge Current (A): 33.4, Maximum Discharge Current (A): 335, Maximum Charge Rate (A/Ah): 1, http://www.bae-berlin.de/.
- Cost:** Quantity: 380, Capital (Rp): 476,119,100.00, Replacement (Rp): 476,119,100.00, O&M (Rp/year): 38,000,000.00, Lifetime throughput (kWh): 2,178.30, Lifetime time (years): 20.00.
- Site Specific Input:** String Size: 1, Voltage: 12 V, Initial State of Charge (%): 100.00, Minimum State of Charge (%): 0.00, Minimum storage life (yrs): 20.00.
- Sizing:** HOMER Optimizer™ and Search Space options.

Gambar 3.5 Parameter Baterai

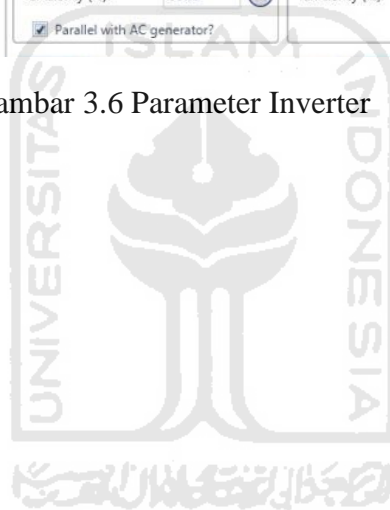
3.4.5 Kebutuhan Inverter

Inverter yang digunakan adalah jenis PRETTL REFUhybrid 100. Inverter ini berkapasitas 97kW dengan biaya Rp35.000.000,00 dan biaya operasional sekitar Rp6.000.000,00. Karena daya yang saya butuhkan adalah 170kW, maka kapasitas, biaya komponen dan biaya operasional dikalikan 2. Data parameter bisa dilihat pada gambar dibawah ini.

The screenshot displays the HOMER software interface for configuring an inverter. The main window is titled 'CONVERTER' and shows the selected component as 'PRETTL REFUhybrid 100'. The interface is divided into several sections:

- Properties:** Name: PRETTL REFUhybrid 100, Abbreviation: PRET100K. Includes a link to the 'Data Sheet for REFUhybrid 100' and a 'Notes' section describing it as a 'Grid-following Battery-dedicated inverter for commercial and industrial storage applications'.
- Costs:** A table with columns for Capacity (kW), Capital (Rp), Replacement (Rp), and O&M (Rp/year). The current entry shows a capacity of 194 kW, a capital cost of Rp70,000,000.00, a replacement cost of Rp70,000,000.00, and an O&M cost of Rp12,000,000.00. Below the table is a 'Multiplier' section with three input fields.
- Capacity Optimization:** Includes 'HOMER Optimizer™' and 'Search Space' options. A 'Size (kW)' list shows values 96.6 and 193.2.
- PRETTL:** A section for inverter-specific parameters:
 - Inverter Input:** Lifetime (years): 20.00, Efficiency (%): 95.00. A checkbox 'Parallel with AC generator?' is checked.
 - Rectifier Input:** Relative Capacity (%): 0.00, Efficiency (%): 0.00.

Gambar 3.6 Parameter Inverter



BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisa

Pada bab ini dilakukan perancangan untuk membandingkan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan menggunakan *software* HOMER. Dalam perancangan ini akan membandingkan sistem pembangkit tenaga surya dengan sistem jaringan yang berasal dari PLN atau on grid. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efisiensi dari sisi ekonomi dan penggunaan energi serta mendapatkan energi listrik yang ramah lingkungan. Perancangan ini memiliki waktu operasional selama 20 tahun.

4.2 Hasil Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Hasil simulasi yang dilakukan menggunakan *software* HOMER akan menghasilkan perhitungan secara otomatis oleh HOMER itu sendiri. Hal ini bertujuan supaya mendapatkan nilai yang optimal pada komponen-komponen yang dirancang. Hasil keluaran dari *software* HOMER pada skenario 1 yang hanya dialiri listrik oleh jaringan PLN atau grid dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Architecture		Cost			System		Grid		
Grid (kW)	Dispatch	NPC (Rp)	COE (Rp)	Operating cost (Rp/yr)	Initial capital (Rp)	Ren. Frac. (%)	Total Fuel (L/yr)	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)
999,999	CC	Rp4.80B	Rp900.00	Rp279M	Rp0.00	0	0	310,381	0

Gambar 4.1 Hasil Simulasi Skenario 1

Kemudian, hasil pada skenario 2 yaitu terdiri dari jaringan PLN atau grid ditambahkan dengan komponen panel surya, baterai, inverter yang dapat dilihat pada gambar berikut ini.

Architecture		Cost			System		SG340P		BAE PVS 2					
SG340P (kW)	BAE PVS 210	Grid (kW)	PRET100K (kW)	Dispatch	NPC (Rp)	COE (Rp)	Operating cost (Rp/yr)	Initial capital (Rp)	Ren. Frac. (%)	Total Fuel (L/yr)	Capital Cost (Rp)	Production (kWh/yr)	Autonomy (hr)	Annual Thro. (kWh/yr)
171		999,999	193	CC	Rp2,79B	Rp638.08	Rp145M	Rp1.29B	66.4	0	1,225,016,320	241,729		
171	380	999,999	96.6	CC	Rp4,68B	Rp877.95	Rp171M	Rp1.74B	72.3	0	1,225,016,320	241,729	28.3	39,985
	380	999,999	96.6	CC	Rp6,05B	Rp1,335	Rp323M	Rp511M	0.283	0			28.3	1,002

Gambar 4.2 Hasil Simulasi Skenario 2

4.3 Analisa Nilai Ekonomis pada Sistem Pembangkit

4.3.1 Skenario 1

Nilai parameter yang didapatkan dari tabel 4.1 adalah pembangkit listrik dari jaringan PLN atau grid.

Tabel 4.1 Nilai Parameter Skenario 1

Parameter	Nilai
Produksi Energi (kWh/yr)	310.381
NPC (Rp)	4.797.964.544,63
COE (Rp/kWh)	900
Renewable Penetration (%)	0

Nilai produksi energi adalah pemakaian energi yang berasal dari beban elektronik selama setahun yang ada di SMA MUHI sebesar 310.381 kWh/yr.

Nilai NPC pada skenario 1 sebesar Rp4.797.964.544,63. Nilai tersebut didapat dari hasil kalkulasi *software* HOMER itu sendiri dan dapat dihitung dengan persamaan (2.3).

$$\begin{aligned} \text{NPC} &= 0 + 0 + 4.797.964.544,63 + 0 - 0 \\ &= \text{Rp}4.797.964.544,63 \end{aligned}$$

COE pada skenario 1 adalah Rp900,00. Data dari total *cost annualized* dan konsumsi listrik per tahun berturut-turut dapat dilihat ditabel 4.5 dan tabel 4.6. COE tersebut dapat dihitung dengan persamaan (2.4).

Tabel 4.2 Nilai dari *Annualized Cost* pada Skenario 1

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
Grid	Rp0	Rp0	Rp279.343.260,00	Rp0	Rp0	Rp279.343.260,00
System	Rp0	Rp0	Rp279.343.260,00	Rp0	Rp0	Rp279.343.260,00

Tabel 4.3 Nilai Konsumsi pada Skenario 1

Consumption	kWh/yr	%
AC Primary Load	310.381	100
DC Primary Load	0	0
Deferrable Load	0	0
Total	310.381	100

$$\begin{aligned} \text{COE} &= \frac{279.343.260}{310.381} \\ &= \text{Rp}900/\text{kWh} \end{aligned}$$

4.3.2 Skenario 2

Nilai parameter yang didapatkan dari tabel 4.2 adalah dari pembangkit listrik tenaga surya. Berikut tabel parameternya.

Tabel 4.4 Nilai Parameter Skenario 2

Parameter	Nilai
Produksi Energi (kWh/yr)	327.801
NPC (Rp)	4.680.506.378,82
COE (Rp/kWh)	877,95
Renewable Penetration (%)	73,7

Total produksi energi listrik yang dihasilkan pada skenario 2 adalah 327.801 kWh/yr. Hasil tersebut dapat dihitung dengan melihat tabel 4.7.

Tabel 4.5 Nilai Produksi pada Skenario 2

Production	kWh/yr	%
Peimar SG340P	241.729	73,7
Grid Purchases	86.071	26,3
Total	327.801	100

$$\begin{aligned} \text{Total Produksi} &= 241.729 + 86.071 \\ &= 327.801 \text{ kWh} \end{aligned}$$

NPC pada skenario 2 dapat dilihat pada gambar 4.8 dengan nilai sebesar Rp4.680.506.378,82. Nilai tersebut didapat dari hasil *software* HOMER itu sendiri dan dapat dihitung dengan persamaan (2.3).

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA BLOCK SOLAR 12 V 3 PVS 210	Rp476,119,100.00	Rp0,00	Rp652,683,199.50	Rp0.00	Rp0.00	Rp1,128,802,299.50
Grid	Rp0.00	Rp0.00	Rp1,330,443,783.35	Rp0.00	Rp0.00	Rp1,330,443,783.35
Peimar SG340P	Rp1,225,016,260.00	Rp0.00	Rp858,793,683.55	Rp0.00	Rp0.00	Rp2,083,809,943.55
PRETTL REFUhybrid 100	Rp34,855,670.10	Rp0.00	Rp102,630,271.96	Rp0.00	Rp0.00	Rp137,485,942.06
System	Rp1,735,991,030.10	Rp0.00	Rp2,944,550,938.36	Rp0.00	Rp0.00	Rp4,680,541,968.47

Gambar 4.3 Nilai NPC pada Skenario 2

$$\begin{aligned} \text{NPC} &= 1.735.991.030,10 + 0 + 2.944.515.348,72 + 0 - 0 \\ &= \text{Rp}4.680.506.378.82 \end{aligned}$$

COE pada skenario 2 adalah Rp,877,95. Data dari total *cost annualized* dan konsumsi listrik per tahun berturut-turut dapat dilihat pada gambar 4.9 dan 4.10. COE dapat dihitung dengan persamaan (2.4).

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA BLOCK SOLAR 12 V 3 PVS 210	Rp27,720,226.01	Rp0,00	Rp38,000,000.00	Rp0.00	Rp0.00	Rp65,720,226.01
Grid	Rp0.00	Rp0.00	Rp77,460,035.44	Rp0.00	Rp0.00	Rp77,460,035.44
Peimar SG340P	Rp71,321,918.38	Rp0.00	Rp50,000,000.00	Rp0.00	Rp0.00	Rp121,321,918.38
PRETTL REFUhybrid 100	Rp2,029,338.99	Rp0.00	Rp5,975,257.73	Rp0.00	Rp0.00	Rp8,004,596.72
System	Rp101,071,483.37	Rp0.00	Rp171,435,293.18	Rp0.00	Rp0.00	Rp272,506,776.55

Gambar 4.4 Nilai *Annualized Cost* pada Skenario 2

Tabel 4.6 Nilai Konsumsi pada Skenario 2

Consumption	kWh/yr	%
AC Primary Load	310.381	100
DC Primary Load	0	0
Deferrable Load	0	0
Grid Sales	6,91	0,00223
Total	310.388	100

$$\begin{aligned} \text{COE} &= \frac{272.504.704,47}{310.388} \\ &= \text{Rp}877,95/\text{kWh} \end{aligned}$$

4.3.3 Perbandingan Skenario 1 dan Skenario 2 dari Sisi Ekonomis

Dari sisi ekonomis didapatkan perincian investasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta. Dengan adanya perbandingan kedua skenario ini kita dapat mengetahui efektifitas dari suatu jenis pembangkit listrik ini. Perbandingan kedua skenario tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.7 Perbandingan Ekonomis dari Skenario 1 dan Skenario 2

Parameter	Sistem pembangkit	
	Skenario 1	Skenario 2
Total Produksi (kWh)	310.381	327.801
Produksi Grid (kWh)	310.381	86.071
Produksi Renewable Energy (kWh)	0	241.729
Konsumsi Energi (kWh/yr)	310.381	310.388
Grid Sales (kWh)	0	6,91
NPC (Rp)	4.797.964.544,63	4.680.506.378,82
COE (Rp/kWh)	900	877,95
Renewable Penetration (%)	0	73,7

Dari tabel diatas sisi ekonomi nilai NPC skenario 1 adalah Rp4.797.964.544,63 yaitu menggunakan sistem jaringan listrik on grid atau PLN, sedangkan nilai NPC skenario 2 adalah Rp4.680.506.378,82. Selisih harga antara skenario 1 dengan skenario 2 sebesar Rp117.458.165,81. Dari data tersebut sistem pembangkit skenario 2 lebih efisien dibanding skenario 1. Dan nilai COE pada skenario 2 lebih murah dengan selisih Rp22,05. Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa intensitas cahaya matahari yang ada di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta sangat baik sehingga bisa memanfaatkan sumber energi terbarukan secara optimal.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan *software* HOMER didapatkan beberapa kesimpulan antara lain:

1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat memenuhi kebutuhan energi listrik yang ada di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta. Karena produksi energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS adalah sebesar 310.388 kWh/yr. Sedangkan kebutuhan energi listrik di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta sebesar 310.381,4 kWh/yr. Dari data tersebut kita bisa memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi listrik disana.
2. Dari sisi ekonomis nilai NPC dan COE pada skenario 2 lebih kecil dibanding skenario 1. Dalam hal ini penggunaan PLTS di SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta lebih ekonomis dibanding dari jaringan listrik PLN.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, yang perlu diperhatikan ke depan agar dapat memperbaiki untuk pengembangan lebih lanjut, diantaranya:

1. Melakukan pengambilan data yang lebih riil dari SMA Muhammadiyah 1 Yogyakarta.
2. Untuk ke depannya perlu dilakukan sistem kontrol yang berkala, agar mampu meningkatkan efisiensi dan efektifitas dari PLTS itu sendiri.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. A. Widodo, Suryono, and T. A, “PEMBERDAYAAN ENERGI MATAHARI SEBAGAI ENERGI LISTRIK LAMPU PENGATUR LALU LINTAS,” vol. 2, no. 2, pp. 427–441, 2010.
- [2] S. Simatupang *et al.*, “Rancang Bangun dan Uji Coba Solar Tracker pada Panel Surya Berbasis Mikrokontroler ATmega16,” *J. Keteknikan Pertan. Trop. dan Biosist.*, vol. 1, no. 1, pp. 55–59, 2013.
- [3] M. Bachtiar, “Prosedur perancangan sistem pembangkit listrik tenaga surya untuk perumahan (solar home system),” *SMARTek*, vol. 4, no. 3, pp. 176–182, 2016.
- [4] N. S. Kumara, “Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga Urban Dan Ketersediaannya Di Indonesia,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 9, no. 1, 2010.
- [5] H. H. Pradana, “SIMULASI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HIBRID TENAGA SURYA DAN ANGIN DI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI,” 2018.
- [6] S. Yuliananda, G. Sarya, and R. Retno Hastijanti, “Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya,” *J. Pengabd. LPPM Untag Surabaya Nop.*, vol. 01, no. 02, pp. 193–202, 2015, [Online]. Available: <http://jurnal.untag-sby.ac.id/index.php/jpm17/article/view/545>.
- [7] W. P. Widiyantoro, “ANALISIS PERBANDINGAN PENGGUNAAN SOLAR CELL TERPUSAT DENGAN SOLLAR CELL TERDISTRIBUSI UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK PADA RUANG KULIAH LANTAI 4 GEDUNG FTI UII Tugas,” *Tugas Akhir*, no. February, p. 2017, 2017.
- [8] Y. Kandatsu, “DC/AC INVERTER CONTROLLER FOR SOLAR CELL, INCLUDING MAXIMUM POWER POINT TRACKING FUNCTION,” no. 19, 1993.
- [9] 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.
- [10] “Tarif Dasar Listrik PLN.” 2018, [Online]. Available: <http://listrik.org/pln/tarif-dasar-listrik-pln/>.

LAMPIRAN

[SHOP ALL PRODUCTS](#) Store / Solar Panels

PEIMAR 340 WATT POLY SOLAR PANEL

\$167.96 List price \$200.00

[+ADD](#) [Estimate Shipping](#)

Model: **SG340P** (340 Watt Poly)

Select model:

ELECTRICAL CHARACTERISTICS:

Performance at STC	SG310M-FB	SG340P
Nominal Max Power (Pmax)	310 watts	340 watts
Max Power Voltage (Vmp)	32.6V	36.7V
Max Power Current (Imp)	9.51A	9.28A
Open Circuit Voltage (Voc)	40.7V	45.2V
Short Circuit Current (Isc)	9.8A	9.9A
Module Efficiency	19.05%	17.51%
Module Fire Performance	Type 1 (for UL 1703)	
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.40%/°C	
Operating Temperature	-40° to 85°C (-40° to 185°F)	
Maximum System Voltage	1500V	
Maximum Series Fuse Rating	15A	
Cell Type	Mono 5BB PERC cells	Poly 5BB Cells
Cell Arrangement	60 (6 x 10 cells)	72 (6 x 12 cells)
Dimensions	64.5 x 39 x 1.57in (1640 x 992 x 40mm)	77 x 39 x 1.57in (1957 x 992 x 40mm)
Weight	39.7 lbs (18 kg)	49.6 lbs (22.5 kg)
Connector Cables	MC4 compatible	
Static Wind/Snow Load	5400 Pa	
Frame/Backsheet	Black/Black	Silver/White

ANDELI



[View larger image](#)



Add to Compare [Share](#)

ADL200G 90KW 3phase 380V 125hp frequency inverter price ANDELI

1 - 19 Pieces	20 - 49 Pieces	50 - 99 Pieces	>=100 Pieces
\$2,252.61	\$1,956.80	\$1,929.90	\$1,904.50

Output Power:

Input Voltage:

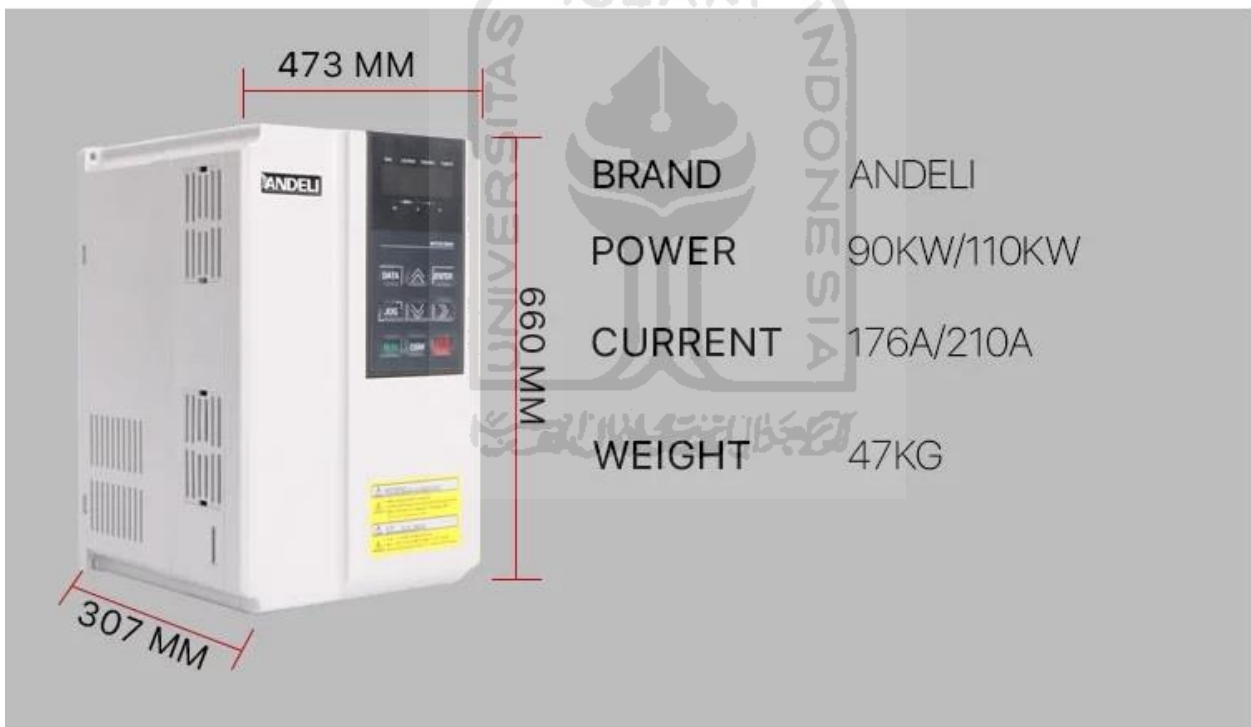
Output Voltage:

Trade Assurance protects your Alibaba.com orders

[Alibaba.com Freight](#) | [Compare Rates](#)

Payments: [VISA](#) [Online Bank Payment](#) [T/T](#) [Pay Later](#) [WesternUnion](#) [WU](#) [iStock](#)

[Alibaba.com Logistics](#) - [Inspection Solutions](#)



BAE Secura 3 PVS 210

In stock

www.e-solare.com

✉ petawatt.energia@gmail.com

☎ 0040741290029

Brand: BAE Batterien

86.41 USD

With VAT: 102.83

1



ADD TO CART

♥ Add to wishlist

🕒 Notice me when it

🌱 Notice me when it g

Pentru informatii suplimentare accesati fisa tehnica de mai jos:



Type	U_e V/cell	C_{1h} Ah	C_{10h} Ah	C_{20h} Ah	C_{72h} Ah	C_{100h} Ah	C_{120h} Ah	C_{240h} Ah	R_{fi} 1)	I_{fk} 2)	Length (L) mm	Width (W) mm	Height (H) mm	Weight dry kg	Weight filled kg
2 PVS 140	1.67	63	111	127	141	143	144	148	1.52	1.37	105	208	420	9.1	14.5
3 PVS 210	1.67	95	167	191	211	215	217	222	1.06	1.96	105	208	420	11.2	16.4
4 PVS 280	1.67	127	223	254	282	287	289	295	0.84	2.46	105	208	420	12.8	18.0
5 PVS 350	1.67	159	279	318	352	359	361	369	0.70	2.98	126	208	420	15.3	21.7
6 PVS 420	1.67	191	334	382	424	431	434	444	0.60	3.47	147	208	420	18.1	25.7
5 PVS 550	1.67	223	389	432	486	496	500	513	0.57	3.61	126	208	535	20.0	28.8
6 PVS 660	1.67	267	467	518	583	595	601	616	0.49	4.18	147	208	535	23.5	34.0
7 PVS 770	1.67	310	544	604	681	694	700	720	0.44	4.69	168	208	535	26.8	39.1
6 PVS 900	1.67	352	665	748	856	877	888	916	0.47	4.41	147	208	710	33.0	47.4
7 PVS 1050	1.67	415	777	872	993	1,020	1,033	1,065	0.36	5.66	215	193	710	42.1	61.5
8 PVS 1200	1.67	473	886	996	1,137	1,160	1,178	1,216	0.32	6.36	215	193	710	46.6	65.4
9 PVS 1350	1.67	522	992	1,116	1,274	1,300	1,320	1,365	0.33	6.20	215	235	710	51.4	75.4
10 PVS 1500	1.67	585	1,100	1,240	1,418	1,450	1,464	1,516	0.28	7.25	215	235	710	56.0	79.4
11 PVS 1650	1.67	635	1,210	1,362	1,555	1,590	1,608	1,665	0.28	7.36	215	277	710	61.0	89.6
12 PVS 1800	1.67	698	1,320	1,486	1,699	1,740	1,752	1,816	0.24	8.41	215	277	710	65.4	93.4
11 PVS 2090	1.67	790	1,470	1,636	1,836	1,870	1,884	1,941	0.24	8.38	215	277	855	72.7	105.9
12 PVS 2280	1.67	869	1,600	1,784	2,001	2,040	2,052	2,116	0.22	9.48	215	277	855	77.4	110.4
13 PVS 2470	1.67	978	1,740	1,938	2,174	2,210	2,232	2,292	0.16	13.03	215	400	815	90.8	137.8
14 PVS 2660	1.67	1,051	1,880	2,080	2,332	2,380	2,400	2,448	0.15	13.82	215	400	815	95.3	142.4
15 PVS 2850	1.67	1,123	2,010	2,220	2,498	2,550	2,568	2,640	0.14	14.43	215	400	815	100.2	146.9
16 PVS 3040	1.67	1,195	2,140	2,380	2,664	2,710	2,736	2,808	0.13	15.20	215	400	815	105.4	151.6
17 PVS 3230	1.67	1,280	2,290	2,540	2,858	2,910	2,940	3,000	0.12	16.91	215	490	815	117.7	175.1
18 PVS 3420	1.67	1,352	2,420	2,680	3,024	3,080	3,108	3,192	0.11	17.55	215	490	815	121.9	179.1
19 PVS 3610	1.67	1,425	2,560	2,840	3,189	3,250	3,276	3,360	0.11	18.36	215	490	815	126.8	183.6
20 PVS 3800	1.67	1,496	2,690	2,980	3,355	3,420	3,444	3,528	0.11	18.92	215	490	815	132.0	188.3
22 PVS 4180	1.67	1,635	2,950	3,280	3,686	3,750	3,780	3,888	0.10	19.92	215	580	815	145.4	213.9
24 PVS 4560	1.67	1,777	3,220	3,560	4,010	4,090	4,128	4,224	0.09	21.26	215	580	815	155.2	223.0
26 PVS 4940	1.67	1,917	3,480	3,860	4,341	4,420	4,464	4,584	0.09	22.49	215	580	815	165.0	232.0