UNIVERSITAS TRISAKTI

ANALISIS PERANCANGAN DAN KEEKONOMIAN TERHADAP PENGGUNAAN PELACAK SURYA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK RUMAH TINGGAL TIPE MENENGAH DENGAN SISTEM *OFF GRID* DI JABODETABEK

TESIS

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Magister Teknik Mesin

ABIGUNTO AMORO ADJI
161170001

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
JAKARTA
FEBRUARI 2020

UNIVERSITAS TRISAKTI

DESIGN AND ECONOMIC ANALYSIS OF SOLAR TRACKER USE IN SOLAR POWER PLANT FOR MIDDLE TYPE HOUSE WITH OFF GRID SYSTEM IN JABODETABEK

THESIS

Proposed to complete the Requirement of graduate program

ABIGUNTO AMORO ADJI
161170001

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
JAKARTA
FEBRUARY 2020

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh:

Nama	: Abigunto Amoro Adji
NIM	: 161170001
Program Studi	: Magister Teknik Mesin
Judul Skripsi/Tesis	: **ANALISIS PERANCANGAN DAN KEEKONOMIAN TERHADAP PENGGUNAAN PELACAK SURYA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK RUMAH TINGGAL TIPE MENENGAH DENGAN SISTEM *OFF GRID* DI JABODETABEK**

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing	: Prof. Dr. Chalilullah Rangkuti	(.....)
Penguji	: Dr. Ir. Soeharsono, M.Sc	(.....)
Penguji	: Rosyida Permatasari, PhD.	(.....)
Penguji	: Dr. Ir. Triyono MS	(.....)

Ditetapkan di : Jakarta ,Universitas Trisakti
Tanggal : 21-02-2020

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama	**: Abigunto Amoro Adji**
NIM	**: 161170001**
Tanda Tangan	**: .....**
Tanggal	**: 21 Februari 2020**

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Abigunto Amoro Adji

NIM : 161170001

Program Studi : Magister Teknik Mesin

Dengan tujuan pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Trisakti Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas Tugas Akhir saya yang berjudul :

Analisis Perancangan dan Keekonomian terhadap Penggunaan Pelacak Surya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Rumah Tinggal Tipe Menengah dengan sistem *Off Grid* di JABODETABEK

Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Trisakti berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan,mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 21 Februari 2020

Penulis,

(ABIGUNTO AMORO ADJI)

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya mahasiswa jurusan Magister Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti

Nama	Abigunto Amoro Adji
NIM	161170001

Dengan ini menyatakan bahwa Tesis yang saya buat dengan judul

Analisis Perancangan dan Keekonomian terhadap Penggunaan Pelacak Surya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Rumah Tinggal Tipe Menengah dengan sistem *Off Grid* di JABODETABEK

1. Merupakan hasil penelitian yang disusun dengan usaha saya sendiri, menggunakan hasil kuliah dan referensi yang tertera dalam tesis saya.
2. Bukan merupakan duplikasi penelitian yang pernah dipublikasikan atau sudah pernah dipakai untuk mencapai gelar akademik.
3. Bukan merupakan terjemahan dari penelitian milik orang lain.

Demikian pernyataan saya. Apabila terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan, maka saya bersedia tugas akhir saya dibatalkan.

Jakarta, 21 [illegible] 2020

(ABIGUNTO AMORO ADJI)

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Tesis ini diajukan oleh

Nama : Abigunto Amoro Adji

Nim : 161170001

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Thesis : ANALISIS PERANCANGAN DAN KEEKONOMIAN TERHADAP PENGGUNAAN PELACAK SURYA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK RUMAH TINGGAL TIPE MENENGAH DENGAN SISTEM *OFF GRID* DI JABODETABEK

Telah disetujui untuk maju Sidang Thesis.

Jakarta, 13 - 02 - 2020

Pembimbing,

Prof. Dr. Chalilullah Rangkuti

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur mendalam kehadirat Allah SWT, Karena berkat limpahan rahmat, hidayah-Nya, dan inayah-Nya maka Tesis ini dapat diselesaikan dengan baik. Salam dan salawat semoga selalu tercurah pada baginda Rasulullah Muhammad SAW.

Tesis yang berjudul "Analisis Perancangan dan Keekonomian terhadap Penggunaan Pelacak Surya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Rumah Tinggal Tipe Menengah dengan sistem *Off Grid* di JABODETABEK" ini saya susun untuk memenuhi persyaratan kurikulum Magister sarjana strata-2 (S-2) pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti.

Saya mengucapkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya atas semua bantuan yang telah diberikan, Secara khusus rasa terima kasih tersebut saya sampaikan kepada :

1. Prof. Ir. Asri Nugrahanti, M.Sc., PhD., IPU, ibunda tercinta yang memberikan dorongan dan dukungan untuk melanjutkan pendidikan program Magister Teknik Mesin.
2. Prof. Dr. Ir. Chalilullah Rangkuti, M.Sc., sebagai Dosen Pembimbing, pengarah, serta pendidik dalam memberikan bimbingan dan dorongan dalam penyusunan Tesis.
3. Dr. Ir. Triyono Msc, yang selalu memberikan dorongan terus menerus hingga tercapainya penyusunan tesis.
4. Dr. Rianti Dewi Sulamet-Ariobimo, ST, M.Eng., IPM. yang selalu memberikan dorongan terus menerus hingga tercapainya penyusunan tesis ini.
5. Mas Irwan, Mas Nurdin, Mas Firman, Mas Santos dan Mbak Yuyun yang terus menerus memberikan dorongan hingga tercapainya penulisan tesis ini.
6. Untuk Istriku, Yenni Dwiyani SH, yang mendorong, menemani, mensupport serta mendoakan tiada henti. Semoga cepat selesai juga dalam menempuh pendidikan Magister Kenotariatan. Teruntuk anakku tercinta

Aaliyah, yang selalu mendoakan dan memberi hiburan dalam menyelesaikan tesis ini.

7. Sahabat, kolega dan rekan – rekan yang tidak dapat saya tulis satu persatu yang selalu memberikan dorongan semangat untuk menyelesaikan tesis ini.

Semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan yang telah diberikan dan penulis berharap tesis ini dapat bermanfaat bagi pembaca untuk masa sekarang maupun masa yang akan datang.

Jakarta, 3 Februari 2020

Abigunto Amoro Adji

ABSTRAK

Nama : Abigunto Amoro Adji

Program Studi : Magister Teknik Mesin

Judul : ANALISIS PERANCANGAN DAN KEEKONOMIAN TERHADAP PENGGUNAAN PELACAK SURYA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK RUMAH TINGGAL TIPE MENENGAH DENGAN SISTEM *OFF GRID* DI JABODETABEK

Pada saat ini sistem pembangkit listrik tenaga surya untuk rumah tinggal sudah banyak digunakan di wilayah perkotaan, telah banyak dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik mandiri. Dalam hal ini kebanyakan pembangkit listrik tenaga surya untuk rumah tinggal yang terpasang kebanyakan bersifat statis atau diam, mengakibatkan penyerapan energi matahari oleh modul surya kurang optimal. Untuk mendapatkan energi matahari yang maksimal, maka posisi modul surya tersebut harus selalu tegak lurus terhadap arah datangnya sinar matahari.

Pada tesis ini, dibuat perancangan PLTS untuk rumah tinggal tipe menengah dengan menggunakan pelacak surya, kemudian dimulai pengadaan peralatan yang ada di pasaran. Setelah itu dilakukan perakitan yang dilanjutkan dengan pengujian peralatan. Setelah pengujian dapat diambil data dan kemudian dapat dibuat analisa terhadap data yang sudah dihasilkan PLTS.

Dalam pengujian dapat diketahui pengaruh penggunaan pelacak surya akan menghasilkan daya lebih besar sebesar 45% dibandingkan dengan pengoperasian statis, dengan hasil pengukuran yaitu 203 watt tanpa pelacak surya dan 374 watt dengan pelacak surya. Perhitungan periode pengembalian menunjukkan pengembalian modal akan tercapai selama 7 tahun 9 bulan dan juga nilai NPV dari investasi tersebut adalah positif. Dapat disimpulkan bahwa pembuatan PLTS dengan menggunakan rancangan ini sangat layak untuk dilaksanakan. Hasil dari penelitian diharapkan dapat menjadi acuan atau pedoman bagi calon pengguna pembangkit listrik tenaga surya untuk rumah tinggal agar diperoleh kesesuaian antara kebutuhan energi, harga dan kualitas yang sesuai.

Kata kunci: *Solar home System, Pelacak surya, Pengembalian modal, Daya listrik*

ABSTRACT

Name : Abigunto Amoro Adji

Study Program: Magister Teknik Mesin

Title : DESIGN AND ECONOMIC ANALYSIS OF SOLARTRACKER USE IN SOLAR POWER PLANT FOR MIDDLE TYPE HOUSE WITH OFF GRID SYSTEM IN JABODETABEK

At this time the solar power generation system for homes has been widely used in urban areas, has been widely used to produce electricity independently. In this case most of the solar power plants for residential homes that are installed are mostly static or fix position, resulting in the absorption of solar energy by solar modules is less than optimal. To get maximum solar energy, the position of the solar module must always be perpendicular to the direction the sun is coming.

In this thesis, PLTS is designed for medium-sized residential types using solar trackers, then the procurement of equipment on the market begins. After that the assembly is carried out followed by testing the equipment. After testing data can be taken and then analysis can be made of the data that has been generated by PLTS.

In testing it can be seen the influence of the use of solar trackers will produce greater power by 45% compared to static operation, with the measurement results of 203 watts without solar trackers and 374 watts with solar trackers. The payback period calculation shows the return on capital will be achieved for 7 years 9 months and also the NPV value of the investment is positive. It can be concluded that making PLTS using this design is very feasible to implement. The results of the study are expected to be a reference or guide for prospective users of solar power plants for residential homes in order to obtain a match between energy needs, price and quality accordingly.

Keywords: Solar home system, solar tracker, payback period, electric power

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS ii
HALAMAN PENGESAHAN iii
KATA PENGANTAR iv
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING vi
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TESIS vii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS viii
ABSTRAK ix
ABSTRACT x
DAFTAR ISI xi
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xiv
1. PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 1
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Manfaat Penelitian 2
1.5 Batasan Penelitian 2
2. TINJAUAN PUSTAKA 3
2.1 Kajian Pustaka 3
2.1.1 Potensi Energi Surya 3
2.1.2 *Solar Home System* 3
2.1.3 Pelacak Surya 4
2.2 Kajian Hasil Penelitian yang Serupa 5
2.3 Analisa Output PLTS 6
2.3.1 Potensi Energi Surya 6
2.3.2 Efisiensi Panel Surya 6
2.4 Analisa Keekonomian 6
2.4.1 Investasi Awal 6
2.4.2 Perhitungan Biaya Opersional dan Pemeliharaan 6

2.4.3 Menghitung Biaya Siklus Hidup PLTS 7
2.4.4 Menghitung Biaya Energi PLTS 7
2.4.5 Jangka Waktu Pengembalian Modal 7
2.4.6 *Net Present Value* 7
3. METODE PENELITIAN 8
3.1 Diagram Alir Penelitian 8
3.2 Cara/Metode Penelitian 9
3.3 Studi Literatur 9
3.4 Membuat Rancangan Penggunaan Pelacak Surya Pada PLTS Untuk Rumah Tinggal 9
3.4.1 Perencanaan Pemasangan PLTS 9
3.4.2 Menghitung Biaya Energi PLTS 10
3.4.3 Rancangan Dudukan Pelacak Surya 10
3.5 Penyusunan Spesifikasi Peralatan yang Tersedia Dipasaran 11
3.6 Pengujian Awal 17
3.7 Pengujian Dengan atau Tanpa Pelacak Surya 17
3.8 Pengumpulan Data 17
3.9 Analisis data PLTS dan Analisis Keekonomian PLTS 17
3.10 Pembahasan dan Kesimpulan 18
4. HASIL DAN PEMBAHASAN 19
4.1 Hasil Pengujian 19
4.1.1 Prosedur Pengujian 19
4.1.2 Hasil Pengujian 19
4.1.3 Analisa Hasil Pengujian 22
4.2 Perhitungan Daya PLTS 25
4.2.1 Rancangan PLTS 25
4.3 Analisa Output PLTS 26
4.3.1 Menghitung Energi 26
4.3.2 Efisiensi Panel Surya 27
4.4 Hasil Pengujian 27
4.4.1 Investasi Awal 27
4.4.2 Perhitungan Biaya Operasional dan Pemeliharaan 28
4.4.3 Menghitung Biaya Siklus Hidup PLTS 28
4.4.4 Menghitung Biaya Energi PLTS 28

4.4.5 Kelayakan Investasi 28
4.4.6 Jangka Waktu Pengembalian Modal 29
4.4.7 *Net Present Value* 29
5. KESIMPULAN DAN SARAN 32
5.1 Kesimpulan 32
5.2 Saran 32
DAFTAR PUSTAKA 34
LAMPIRAN 1 1

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Panel Surya 12
Tabel 3.2 Spesifikasi *Solar Charge Controller* 13
Tabel 3.3 Spesifikasi Baterai 14
Tabel 3.4 Spesifikasi Inverter 15
Tabel 3.5 Spesifikasi Kontrol Pelacak Surya dan Aktuator Linear 16
Tabel 4.1 Pengujian Panel Surya Tanpa Pelacak Surya 19
Tabel 4.2 Pengujan Panel Surya Dengan Pelacak Surya 21
Tabel 4.3 Pengujian Panel Surya Dengan dan Tanpa Pelacak Surya Dengan Total Energi Listrik 23
Tabel 4.4 Kebutuhan Daya Listrik Ruma 25
Tabel 4.5 Investasi Awal 27
Tabel 4.6 Perhitungan *Net Present Value* 30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Persebaran Energi Fotovoltaik 3
Gambar 2.2 Sistem Energi SHS 4
Gambar 2.3 Prinsip Kerja Pelacak Surya dari Timur ke Barat 5
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 8
Gambar 3.2 Letak Rumah Tinggal dan Pergerakan Matahari 9
Gambar 3.3 Rancangan Panel Surya 10
Gambar 3.4 Rancangan Dudukan Pelacak Surya 11
Gambar 3.5 Panel Surya 12
Gambar 3.6 *Solar Charge Controller* 14
Gambar 3.7 Baterai 12 Volt 100 Ah 14
Gambar 3.8 *Inverter* 15
Gambar 3.9 Kontrol Pelacak Surya 2 Axis 16
Gambar 4.1 Grafik Pengujian Panel Surya Tanpa Pelacak Surya 18
Gambar 4.2 Grafik Pengujian Panel Surya Dengan Pelacak Surya 20
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Energi Listrik Dengan dan Tanpa Pelacak Surya 22

BAB 1
PENDAHULUAN

Bab 1 ini berisi latar belakang penelitian, masalah, tujuan dan Batasan penelitian. Permasalahannya tentang penggunaan pelacak surya pada PLTS rumah tinggal tipe menengah dengan sistem *off grid* di JABODETABEK. Permasalahan tersebut merupakan bagian penelitian ini.

1.1 Latar Belakang Masalah

Energi listrik merupakan kebutuhan dasar dalam kehidupan modern saat ini, yang digunakan sebagai kebutuhan akan penerangan, keperluan industri, keperluan rumah tangga, fasilitas umum dan juga membantu peningkatan perekonomian negara. Indonesia merupakan negara yang mendapat sinar matahari sepanjang tahun. Sehingga energi surya menjadi sumber energi terbarukan yang potensial dikembangkan di Indonesia[1]. Masalah dalam pemanfaatan energi matahari terletak pada faktor cuaca dan waktu pergantian siang dan malam, sehingga perolehan energi sinar matahari menjadi energi listrik terbatas dalam penyuplaiannya[2]. Untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik perlu diketahui pemakaian bebannya untuk merancang dan membuat *solar home system* (SHS)[2].

Penggunaan modul surya yang terpasang pada umumnya kebanyakan masih bersifat statis[3]. Hal ini menyebabkan penerimaan sinar matahari di modul surya tidak optimal. Dengan menggunakan pelacak surya pada solar home system maka efisiensi modul surya dari pembangkit listrik diharapkan dapat meningkat. Berdasarkan peta insolasi matahari wilayah Indonesia memiliki potensi energi listrik surya sebesar 4.5 kW/m^2/hari[4].

1.2 Rumusan Masalah

Meningkatkan efisiensi untuk menghasilkan energi listrik dari modul surya hanya bisa didapat apabila modul surya menghadap tegak lurus terhadap sinar matahari[5]. Dimana sinar matahari akan bergerak dari arah Timur ke arah Barat setiap harinya, energi dari sinar matahari ini dibutuhkan di modul surya. Pola dan

arah sinar matahari ini dibutuhkan untuk menghasilkan energi listrik pada modul surya. Permasalahannya adalah modul surya harus bergerak dinamis sesuai dengan pergerakan matahari karena itu dengan menggunakan pelacak surya diharapkan modul surya dapat selalu tegak lurus dengan arah datangnya sinar matahari, sehingga dapat memaksimalkan efek fotovoltaik.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Rancangan PLTS untuk rumah tinggal yang menggunakan pelacak surya dengan sistem off grid.
2. Pelacak surya dengan dua axis.
3. Performansi yang dianalisis adalah performansi panel surya saat tidak menggunakan pelacak surya (statis) maupun menggunakan pelacak surya (dinamis).
4. Titik koordinat PLTS berada di 6°24’62.9”LS dan 106°77’73.6”BT yang menunjukkan PLTS berada di area JABODETABEK.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menguji Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang menggunakan pelacak surya untuk ditempatkan di rumah tinggal tipe menengah dengan sistem *off grid* di JABODETABEK yang hasilnya akan dipakai untuk kebutuhan listrik rumah tinggal.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

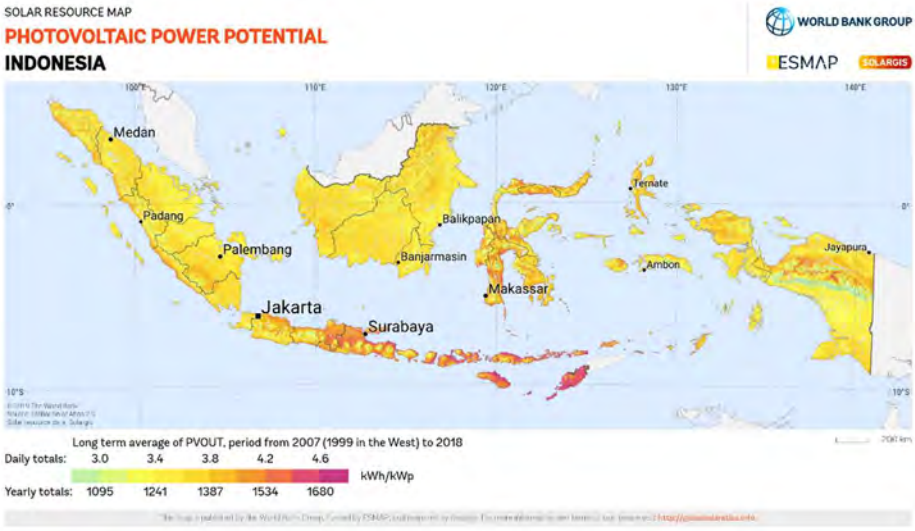
Mendapatkan sebuah purwarupa pembangkit listrik tenaga surya pada rumah tinggal dengan menggunakan pelacak surya sehingga performansi pada *solar home system* akan meningkat dan biaya pembuatan SHS menjadi lebih efisien.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Potensi Energi Surya

Indonesia sebagai negara tropis memiliki potensi energi matahari yang melimpah dan umumnya mendapat penyinaran matahari yang stabil setiap harinya seperti gambar peta persebaran energi fotovoltaik di Indonesia yang terdapat pada gambar 2.1.



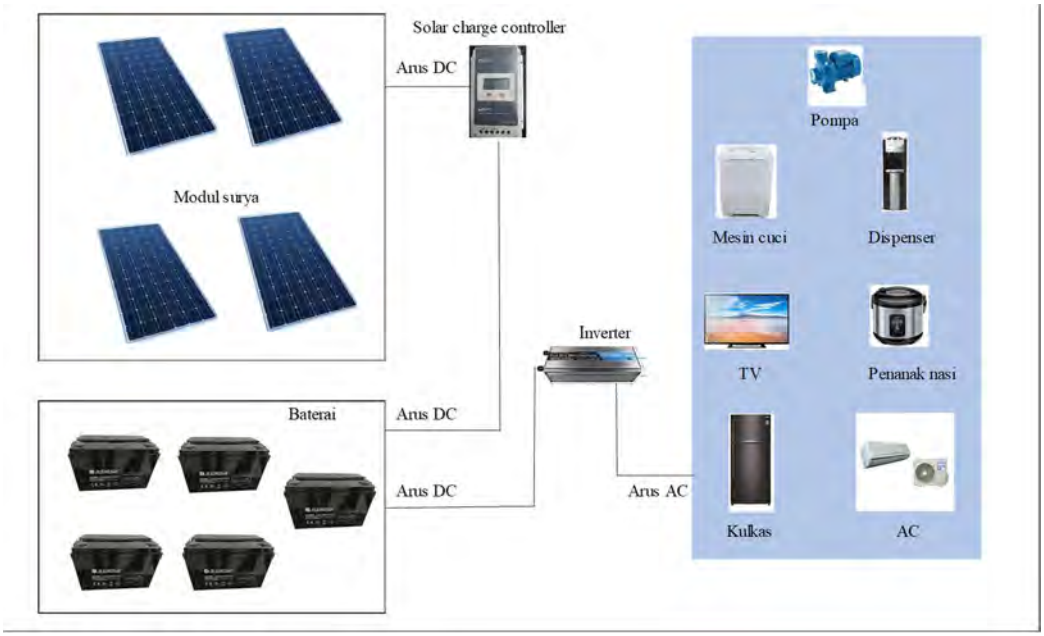
Gambar 2.1 Peta Persebaran Energi Fotovoltaik[6]

Dari gambar peta persebaran energi fotovoltaik tersebut menunjukkan bahwa Indonesia memiliki keuntungan secara geografis karena terletak di daerah khatulistiwa yang mana menerima energi matahari dengan intensitas radiasi dan kontinyuitas yang lebih tinggi dibandingkan daerah lain yaitu sebesar 4,5 – 4,6 kWh/m^2/hari[6].

2.1.2 *Solar Home System* (pembangkit listrik tenaga surya rumah tinggal)

Solar Home System (SHS) adalah pembangkit listrik sederhana yang dapat menghasilkan listrik yang memanfaatkan teknologi fotovoltaik dihasilkan dari energi surya diubah menjadi energi listrik di modul surya[7].

Perangkat *SHS* digunakan untuk menghasilkan energi listrik mandiri untuk rumah tinggal biasa digunakan untuk mengurangi pemakaian dari jaringan listrik. Dapat dilihat pada Gambar 2.1 Sistem energi SHS.



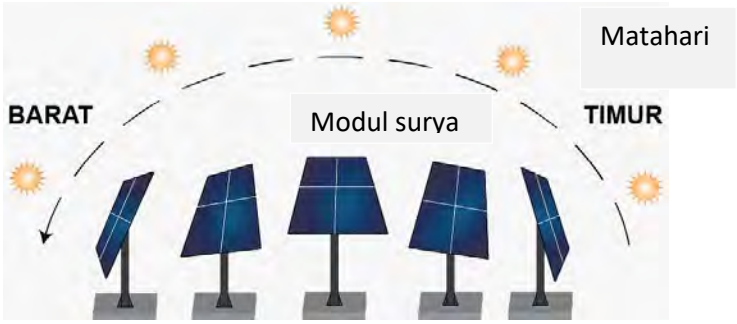
Gambar 2.2 Sistem Energi SHS.

2.1.3 Pelacak Surya

Pelacak Surya adalah perangkat yang mengatur panel surya untuk menghadap ke matahari meminimalkan sudut insiden antara sinar matahari yang masuk dan modul fotovoltaik. Sistem ini dapat meningkatkan jumlah energi yang dihasilkan dari jumlah yang tetap terpasang pada kapasitas pembangkit listrik[3].

Manfaat utama dari sistem pelacakan adalah untuk mengumpulkan energi matahari untuk periode hari terpanjang, dan dengan keselarasan yang paling akurat sebagai posisi bergeser matahari dengan musim. Selain itu, semakin besar tingkat konsentrasi energi yang digunakan, pelacak surya menjadi lebih penting, karena proporsi energi yang berasal dari radiasi langsung yang lebih tinggi[3].

Dapat dilihat pada Gambar 2.2 prinsip kerja pelacak surya dari timur ke barat.



Gambar 2.3 Prinsip kerja pelacak surya dari timur ke barat

2.2 Kajian Hasil Penelitian yang Serupa

1. Penelitian Sandro Putra

Sandro Putra dkk, membuat perencanaan PLTS secara mandiri untuk rumah tinggal. Perencanaan PLTS ini dibuat untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah tinggal. Perancangan ini dibuat dengan memakai 4 panel surya dengan kapasitas 300 Wp dan 12 baterai dengan kapasitas 200 Ah. Biaya investasi yang diperlukan sebesar Rp 98.946.000[1].

2. Penelitian Teguh Priyono

Teguh Priyono dkk, membuat perencanaan PLTS di Gang Karya Tani Kalimantan Selatan. Perancangan ini dibuat dengan memakai 16 panel surya berkapasitas 100 Wp dan 20 buah baterai dengan kapasitas 100 Ah. Biaya Investasi yang diperlukan sebesar Rp 94.639.088[7].

3. Penelitian Guti Bagus Ardina

Guti Bagus Ardina, membuat rancang bangun *dual axis solar tracker* pembangkit listrik tenaga surya berbasis mikrokontroler arduino uno. Perancangan ini dibuat dengan memakai 1 panel surya berkapasitas 100 Wp dan mikrokontroler arduino uno. Hasil pengujian PLTS ini mendapat selisih perbedaan energinya 43% dan daya perharinya 103 Watt dengan sistem pelacak surya dan 58 Watt tanpa sistem pelacak surya[5].

4. Penelitian Kodrat Wirawan Fauzi

Kodrat Wirawan Fauzi dkk, membuat perancangan dan realisasi *solar tracking system* untuk peningkatan efisiensi panel surya. Perancangan ini dibuat dengan memakai 1 panel 20 Wp dan arduino uno. Hasil pengujian PLTS ini mendapat selisih perbedaan energinya 36% dan daya perharinya 25 Watt dengan sistem pelacak surya dan 16 Watt tanpa sistem pelacak surya[3].

2.3 Analisa Output PLTS

2.3.1 Menghitung Energi Yang Dihasilkan PLTS

Hasil keluaran maksimal dari panel surya dapat ditentukan sesuai rating kapasitas panel surya yang dipasang.

$$E_{out} = \text{Ei x lama penyinaran rata-rata} \quad (2.1)$$

2.3.2 Efisiensi Panel Surya

Efisiensi panel surya adalah merupakan persentase daya keluaran optimum yang dapat dibangkitkan oleh sel surya terhadap penyinaran matahari.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \text{ x } 100\% \quad (2.2)$$

2.4 Analisa Keekonomian

2.4.1 Investasi Awal

Biaya investasi awal untuk PLTS mencakup biaya untuk komponen sistem PLTS.

2.4.2 Perhitungan Biaya Operasional Dan Pemeliharaan

Besar biaya operasional dan pemeliharaan PLTS untuk rumah tinggal ditetapkan sebesar 1% dari total keseluruhan biaya investasi awal.

$$OP_{tahunan} = 1\% \text{ x Investasi Awal} \quad (2.3)$$

2.4.3 Menghitung Biaya Siklus Hidup PLTS (*Life Cycle Cost*)

Dasar penentuan umur proyek ini mengacu kepada jaminan yang diberikan oleh produsen panel surya.

$$OP_{NS} = OP_{tahunan}\left[\frac{(1+i)^n-1}{i(1+i)^n}\right] \quad (2.4)$$

Setelah memperoleh besar biaya operasi dan pemeliharaan nilai sekarang (OP_{NS}), maka dapat dilakukan perhitungan biaya siklus hidup (LCC) sebagai berikut :

$$LCC = IA + OP_{NS} \quad (2.5)$$

2.4.4 Menghitung Biaya Energi PLTS (*Cost of Energy*)

Menghitung biaya energi ditentukan oleh faktor pemulihan modal (CRF) dan kWh produksi tahunan.

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1} \quad (2.6)$$

Sedangkan kWh produksi tahunan nilainya sebagai berikut :

AkWh = kWh produksi perhari x jumlah hari selama setahun,

Maka besar biaya energi (COE) :

$$COE = \frac{LCC\ x\ CRF}{AkW} \quad (2.7)$$

2.4.5 Jangka Waktu Pengembalian Modal

Perhitungan ROI dengan menggunakan metode Periode Pengembalian dapat dihitung dengan :

$$\text{Periode Pengembalian} = \frac{\text{Jumlah Investasi}}{\text{Aliran Kas Bersih}} \quad (2.8)$$

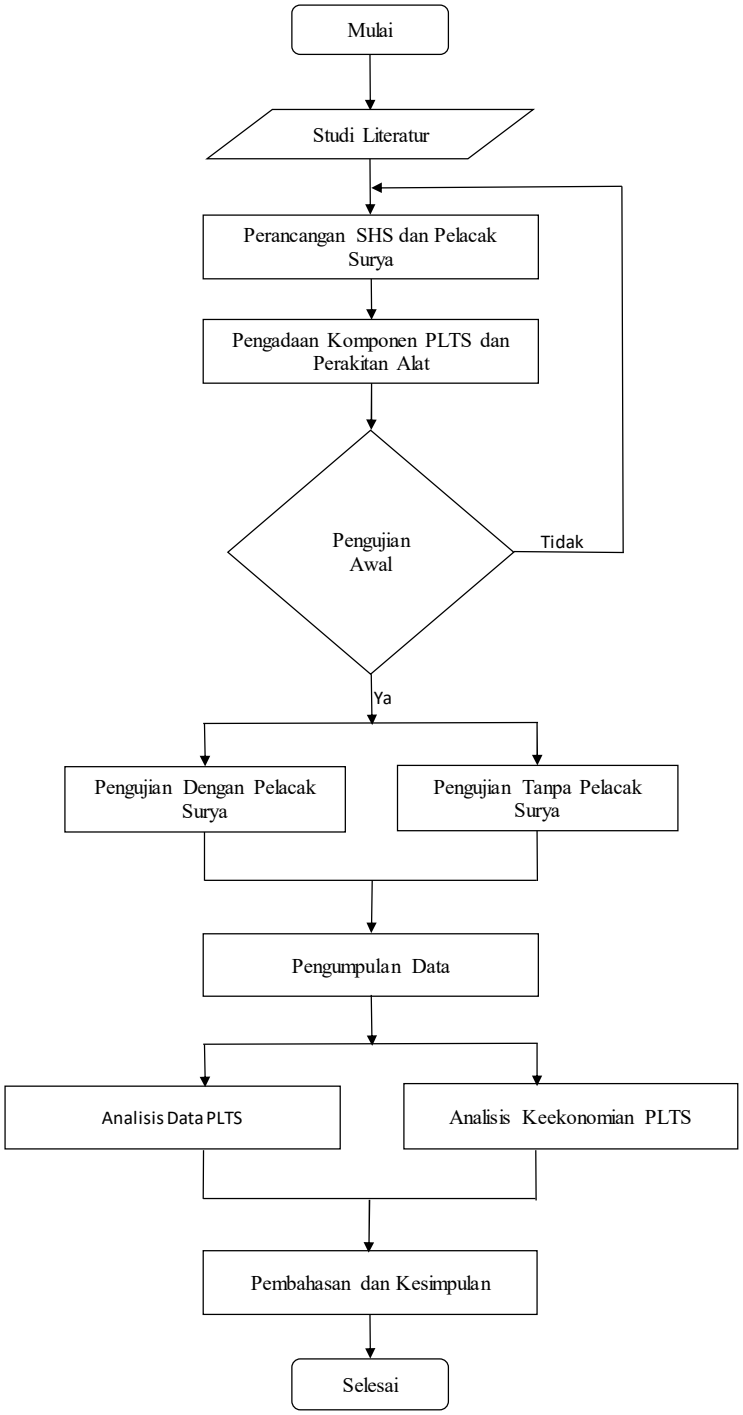
2.4.6 *Net Present Value* (NPV)

Perhitungan *Net Present Value* (NPV) dengan formula sebagai berikut :

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{NCFt}{(1+i)^t} - IA \quad (2.9)$$

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Cara/Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai dari studi literatur kemudian membuat perancangan desain pembangkit listrik tenaga surya untuk rumah tinggal dengan menggunakan pelacak surya. Setelah perancangan dibuat maka mulai pengadaan peralatan yang dibutuhkan dan memulai pengadaan/pembelian untuk mulai merakit pembangkit listrik tenaga surya dengan pelacak surya. Selanjutnya setelah terpasang dimulai uji coba awal untuk mengetahui sistem PLTS berfungsi dengan baik atau tidak. Apabila semua peralatan berfungsi normal maka dilanjutkan dengan pengujian/pengambilan data. Setelah pengambilan data maka dilakukan analisa data dan analisa keekonomian PLTS. Selanjutnya apabila sudah mendapatkan hasil semuanya dapat membuat kesimpulan dari penelitian tersebut.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur merupakan proses pembelajaran bermacam literatur seperti jurnal, buku dan internet yang berfungsi untuk mendalami pemahaman dalam pembuatan tesis ini.

3.4 Membuat Rancangan Penggunaan Pelacak Surya Pada PLTS Untuk Rumah Tinggal

3.4.1 Perencanaan Pemasangan PLTS

PLTS dibangun pada bangunan rumah tinggal yang terletak di Kecamatan Kebayoran Lama, Jakarta Selatan. Secara geografis, letak rumah tinggal terletak pada 6°24’62.9”LS dan 106°77’73.6”BT artinya posisi pemasangan berada di bawah garis khatulistiwa. Topografi daerahnya merupakan wilayah pemukiman, dan juga titik pemasangan tidak terhalang oleh bayangan rumah yang lebih tinggi.

Letak dan pergerakan matahari diambil dari website www.sunearthtools.com dan dapat dilihat di Gambar 3.2 dibawah ini.

Gambar 3.2 Letak Rumah Tinggal dan Pergerakan Matahari

3.4.2 Rancangan PLTS

Pada pembuatan rancangan ini dilakukan dengan cara mendesain peletakan di halaman rumah tinggal untuk menempatkan panel surya dan juga rangka untuk dudukan panel surya.

Gambar 3.3 Rancangan panel surya

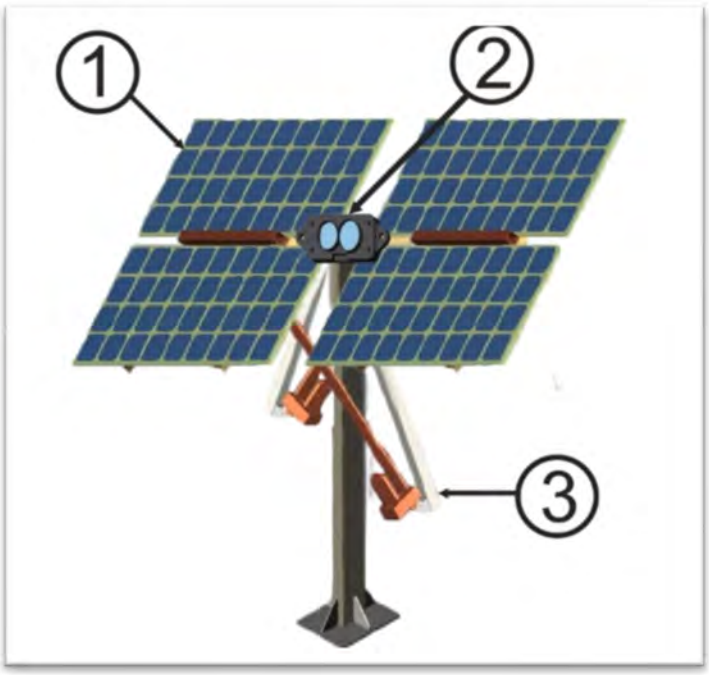
Keterangan:

1. Panel surya
2. Tiang penyangga

3.4.3 Rancangan Dudukan Pelacak Surya

Pada perancangan dudukan pelacak surya, akan diletakkan sensor solar di tengah dudukan panel surya yang bertujuan agar mendapatkan bacaan sensor cahaya yang optimal. Dengan mendapatkan bacaan sensor yang optimal

diharapkan kontroler dapat memberikan perintah yang efektif ke aktuator linier. Dapat dilihat di gambar di bawah ini.



Gambar 3.4 Rancangan dudukan pelacak surya

Keterangan:

1. Panel Surya
2. Sensor Cahaya
3. Aktuator Linier

3.5 Penyusunan Spesifikasi Peralatan Yang Tersedia Di Pasaran

Dalam membuat rencana pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk rumah tinggal, maka hal yang penting adalah untuk mengetahui detail komponen PLTS itu terdiri dari apa saja[8].

- **Panel Surya**

  Panel Surya yang digunakan adalah panel surya merk Sunny dengan daya 300 WP. Dibawah ini adalah spesifikasi panel surya tersebut.

Tabel 3.1 Spesifikasi Panel Surya[4]

Merk	SUNNY
V max (Vmp)	36.5V
I max (Imp)	8.22A
V Open Circuit (Voc)	44.89V
I Short Circuit (Isc)	5.58A
Max power at STC (Pmax)	300W
V max System	1000V
Dimensi	196 x 99.2 x 4 cm
Berat	26 Kg
Cells	72 Mono-Si
Kaca depan	High Transparent Tempered Glass 3.2mm
Frame	Anodized Alumunium Alloy
Kabel	PV Cable 4.0mm 90cm
Konektor	MC4
Junction Box	IP65 Rated

Di bawah ini Gambar 3.5 adalah panel surya merek Sunny

Gambar 3.5 Panel surya

- **Solar Charge Controller**

  Pada perancangan PLTS ini digunakan Solar Charge Controller dengan tipe MPPT. Dibawah ini adalah spesifikasi Charge Controller tersebut.

Tabel 3.2 Spesifikasi *Solar Charge Controller*[8]

Model		**SCE-1224-50A**
MPPT Controller Wiser2-12V/24V series		50A
Charge Mode		MPPT (Maximum Power Point Tracking)
Charge Metode		Three stages : constant current (MPPT), constant voltage,floating charge
System Type	DC 12V/24V	Automatic Recognition
System Voltage	12V system	DC 9V - DC 17V
	24V system	DC 18V - DC 34V
MPPT efficiency		≥ 99.5%
Input Characteristics		
Max .PV input voltage	12V/24V system	DC 150V
Start the charge voltage point	12V/24V system	Higher than current baterry voltage 3V
Low input voltage protection point	12V/24V system	Higher than current baterry voltage 1V
Over voltage protection point	12V/24V system	DC 150V
High voltage recovery point	12V/24V system	DC 145V
Rated PV power	12V system	650W
	24V system	1300W
Charge characteristics		
Selectable Battery Types (Default Gel Batteryy)	12V/24V system	Flooded,Sealedlead acid,Gel battery (Other types of the batteries also can be defined)
Constant Voltage	12V/24V system	Please check the charge voltage according to the
Floating Voltage	12V/24V system	battery type form
Rated charge current	12V/24V system	50A
Temperatur factor	12V/24V system	±0.02% / ℃
Temperatur Compensation	12V/24V system	–3mV / ℃ /2V (default)
Output Voltage Stability Precision	12V/24Vsystem	≤ ± 1.5%
Output Discharge Characteristics		
USB (Total for 2 USB output)		DC 5V 3A
Load output voltage		Based on battery voltage
Low voltage output Protection		Default 10.5V,Recovery 11V, It can be adjustable
Rated output current		50A
The ouput control		On mode, Off mode, PV voltage control mode, Dual time control mode,PV&Time control mode
Output control set mode		Controller button or PC software
Display		
LCD display		System type, PV voltage, Charge voltage, Charge current, Charge power, temperatur etc.
PC software		RS485
PC system for solareagle		Windows 7,8,10

Di bawah ini Gambar 3.6 Adalah Solar Charge Controller tersebut

Gambar 3.6 Solar Charge Controller

- **Baterai**

  Baterai yang akan digunakan pada perancangan PLTS ini adalah tipe deep cycle charging dengan spesifikasi 12V/100Ah. Dibawah ini adalah spesifikasi baterai tersebut.

Tabel 3.3 Spesifikasi Baterai[4]

Merk	KENIKA
Tipe	Deep Cycle Charging
	12V/100Ah Sealed Lead Acid (P12V/100Ah)
Tegangan Baterai	12V
Arus Pengisian	100Ah

Di bawah ini adalah Gambar 3.7 Adalah baterai berkapasitas 12V/100Ah tersebut.

Gambar 3.7 Baterai 12 Volt 100 Ah

– **Inverter**

Inverter yang akan digunakan dalam perancangan ini adalah jenis inverter pure sine wave, pemilihan inverter pure sine wave dalam perancangan ini penting karena akan digunakan untuk memutar motor dinamo. Inverter yang digunakan adalah inverter merk TBE dengan daya 3 kW. Di bawah ini adalah spesifikasi inverter tersebut.

Tabel 3.4 Spesifikasi Inverter[9]

Continuous power	3000W
Surge power	6000W
Input	12V (10-15V) DC
Output	230-240V AC
Output frequency	50 Hz
Output waveform	Pure Sine Wave
Low battery shut down	10.0V +/- 0.5V DC
Low battery alarm	10.5V +/- 0.5V DC
High voltage shut down	15.5V +/- 0.5V DC
Size	32,5x17,5x8 cm

Di bawah ini adalah Gambar 3.8 Adalah inverter TBE berkapasitas 3 kW tersebut.

Gambar 3.8 Inverter

– **Pelacak Surya**

Pelacak surya yang akan digunakan dalam perancangan ini adalah dengan tipe kontrol pelacak surya 2 axis. Dibawah ini adalah spesifikasi dari pelacak surya tersebut.

Tabel 3.5 Spesifikasi Kontrol Pelacak Surya dan Aktuator Linear[10]

Product Name	WST03-2 Dual Axis Solar Tracker Controller
Controller Box Dimension	145x90x40mm (5.71"x3.54"x1.57")
Input Voltage	DC12V/24V
Max Load Current	6A
Operating Temperature	-20℃ to +60℃
Tracking Accuracy	≤1°
Condition:	New
Model:	DC 12V Linear Actuators
Warranty:	Standard 1 Year
Protection Class:	IP65
No-load Current:	< 0.5A
Type:	Linear Actuator
Linear Actuator Speed:	5.7mm/s
Linear Actuator Max Push Load:	1500N/150KG/330lbs
Linear Actuator Max Pull Load:	1200N/120KG/264lbs
Power Cord Length:	1.5Meters
Country/Region of Manufacture:	China
Actuation Force:	1500N
Voltage:	12V
Duty Cycle:	25%
Operating Frequency:	20%
Material:	Aluminum Alloy
Operation Temperature:	-26 ° C ~ +65 ° C
Linear Actuator Input Voltage:	DC 12V
Max load Current:	3A

Di bawah ini adalah Gambar 3.9 adalah kontrol pelacak surya 2 axis beserta sensor dan aktuator linear tersebut.

Gambar 3.9 Kontrol pelacak surya 2 axis beserta sensor dan aktuator linear

3.6 Pengujian Awal

Pada pengujian sistem PLTS ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah seluruh komponen PLTS sudah bekerja dengan baik. Apabila komponen PLTS belum berfungsi maka dilakukan perbaikan.

3.7 Pengujian Dengan atau Tanpa Pelacak Surya

Pada pengujian sistem pelacak surya ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah sensor cahaya, kontroler pelacak surya dan aktuator linear dapat merespon pergerakan matahari.

3.8 Pengumpulan data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data-data yang dibutuhkan untuk melaksanakan analisis. Data yang diambil berupa data arus dan tegangan pada panel surya. Pengambilan data dilakukan selama 14 hari.

3.9 Analisis data PLTS dan Analisis Keekonomian PLTS

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap data yang dikumpulkan pada saat pengujian panel surya dengan memakai pelacak surya dan tanpa pelacak surya. Kemudian dilakukan juga analisa keekonomian terhadap investasi yang dikeluarkan untuk pembuatan PLTS dengan pelacak surya.

3.10 Pembahasan dan Kesimpulan

Tahapan terakhir yaitu pembahasan data dan penarikan kesimpulan dari perancangan yang telah dilakukan dan dari analisis keekonomian PLTS. Pada tahapan ini juga dilakukan penyusunan laporan akhir (tesis).

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

4.1.1 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian penggunaan pelacak surya pada pembangkit listrik tenaga surya pada rumah tinggal tipe menengah adalah pengujian yang dilakukan terhadap keseluruhan komponen PLTS. Untuk menguji pergerakan pelacak surya membutuhkan sinar matahari yang tidak terhalang awan, agar solar tracker controller beserta sensor dapat bekerja sesuai dengan fungsinya.

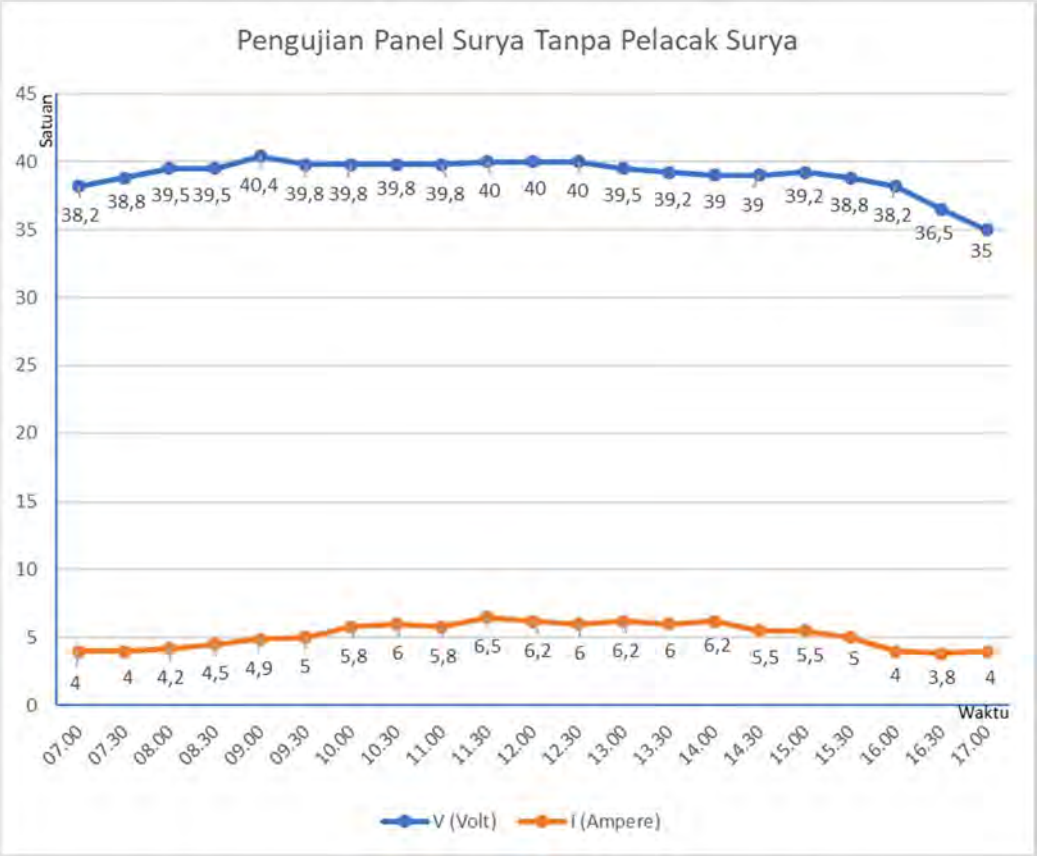
4.1.2 Hasil Pengujian

Hasil pengujian ini bertujuan untuk membandingkan antara tegangan dan arus pada posisi panel surya statis dan dinamis, pengujian dilakukan dengan mengamati hasil yang tercantum di alat ukur *analog digital converter* (ADC). Pengujian ini dilaksanakan bulan Desember 2019

Tabel 4.1 Pengujian Panel Surya Tanpa Pelacak Surya

Pengujian Panel Surya Tanpa Pelacak Surya			
No.	Jam	V (Volt)	I (Ampere)
1	07.00	38,2	4
2	07.30	38,8	4
3	08.00	39,5	4,2
4	08.30	39,5	4,5
5	09.00	40,4	4,9
6	09.30	39,8	5
7	10.00	39,8	5,8
8	10.30	39,8	6
9	11.00	39,8	5,8
10	11.30	40	6,5
11	12.00	40	6,2
12	12.30	40	6
13	13.00	39,5	6,2
14	13.30	39,2	6
15	14.00	39	6,2
16	14.30	39	5,5
17	15.00	39,2	5,5
18	15.30	38,8	5
19	16.00	38,2	4
20	16.30	36,5	3,8
21	17.00	35	4
Rata - rata		39,05 V	5,20 A

Data pada tabel 4.1 merupakan hasil pengukuran yang dilaksanakan pada bulan Desember. Pengukuran dilaksanakan selama 14 hari dengan jangka waktu pengamatan mulai jam 7.00 WIB sampai jam 17.00 WIB, dan diambil nilai rata-rata voltase dan ampere yang dimasukkan pada perhitungan tabel diatas.



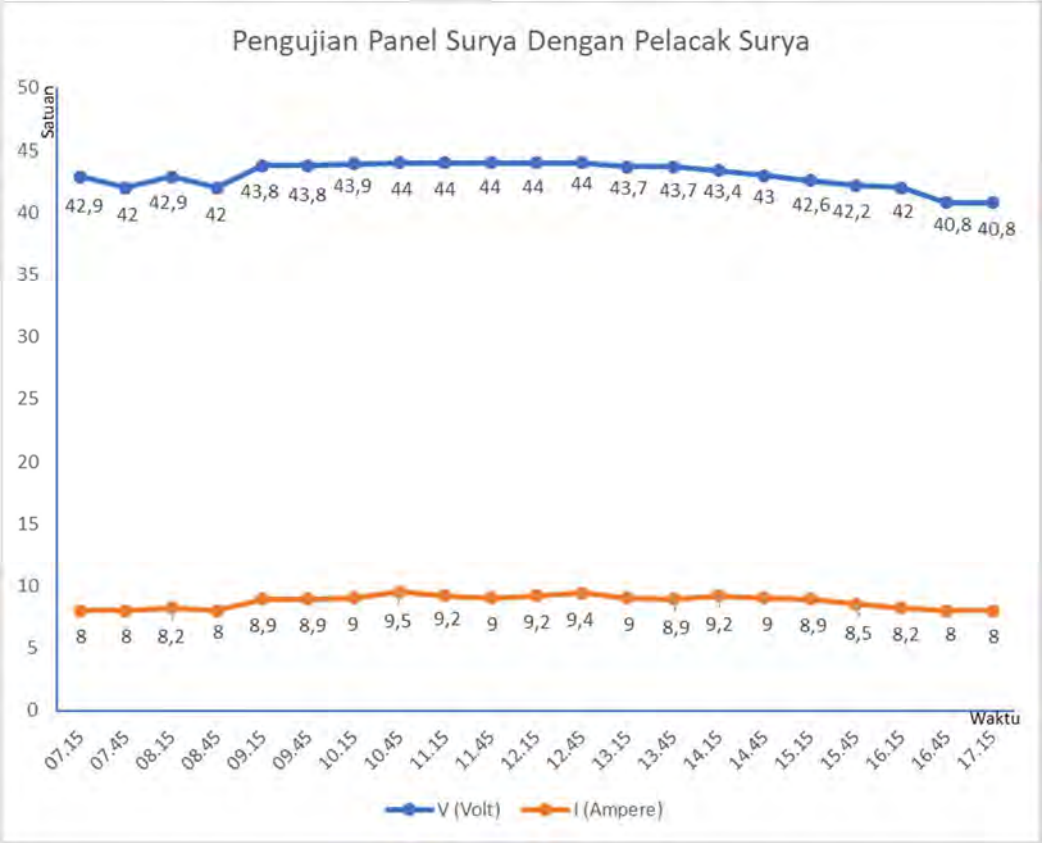
Gambar 4.1 Grafik Pengujian Panel Surya Tanpa Pelacak Surya.

Dari grafik diatas didapat nilai rata-rata untuk Volt yang dihasilkan panel surya adalah 39,05 V dan Ampere sebesar 5,20 A.

Tabel 4.2 Pengujian Panel Surya Dengan Pelacak Surya.

Pengujian Panel Surya Dengan Pelacak Surya			
No.	Jam	V (Volt)	I (Ampere)
1	07.15	42,9	8
2	07.45	42	8
3	08.15	42,9	8,2
4	08.45	42	8
5	09.15	43,8	8,9
6	09.45	43,8	8,9
7	10.15	43,9	9
8	10.45	44	9,5
9	11.15	44	9,2
10	11.45	44	9
11	12.15	44	9,2
12	12.45	44	9,4
13	13.15	43,7	9
14	13.45	43,7	8,9
15	14.15	43,4	9,2
16	14.45	43	9
17	15.15	42,6	8,9
18	15.45	42,2	8,5
19	16.15	42	8,2
20	16.45	40,8	8
21	17.15	40,8	8
Rata - rata		43,02 V	8,71 A

Data pada tabel 4.2 merupakan hasil pengukuran yang dilaksanakan pada bulan Desember. Pengukuran dilaksanakan selama 14 hari dengan jangka waktu pengamatan mulai jam 7.15 WIB sampai jam 17.15 WIB, dan diambil nilai rata-rata voltase dan ampere yang dimasukkan pada perhitungan tabel diatas.



Gambar 4.2 Grafik Pengujian Panel Surya Dengan Pelacak Surya.

Dari grafik diatas didapat nilai rata-rata untuk Volt yang dihasilkan panel surya adalah 43,02 V dan Ampere sebesar 8,71 A.

4.1.3 Analisa Hasil Pengujian

Data dari hasil pengujian telah didapat, langkah selanjutnya dilakukan perhitungan daya serta tingkat persentase peningkatan arus dan daya listrik yang dihasilkan antara memakai pelacak surya dan tidak memakai pelacak surya.

Daya yang dihasilkan :

- PLTS tanpa pelacak surya

  P = V . I

  = 39,05 x 5,20

  = 203 W

- PLTS dengan pelacak surya

  P = V . I

= 43,02 x 8,71

= 374 W

Perhitungan persentase arus dan daya listrik :

- Arus Panel Surya

$$= \frac{\text{Arus Dinamis} - \text{Arus Statis}}{\text{Arus Dinamis}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{8{,}71 - 5{,}20}{8{,}71} \text{ x } 100\%$$

= 40 %

- Daya Panel Surya

$$= \frac{\text{Daya Dinamis} - \text{Daya Statis}}{\text{Daya Dinamis}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{374 - 203}{374} \text{ x } 100\%$$

= 45 %

Tabel 4.3 Pengujian Panel Surya Dengan dan Tanpa Pelacak Surya Dengan Total Energi Listrik

Pengujian Panel Surya Tanpa Pelacak Surya					**Pengujian Panel Surya Dengan Pelacak Surya**				
No.	Jam	V (Volt)	I (Ampere)	P (Daya)	No.	Jam	V (Volt)	I (Ampere)	P (Daya)
1	07.00	38,2	4	152,8	1	07.00	42,9	8	343,2
2	07.30	38,8	4	155,2	2	07.30	42	8	336
3	08.00	39,5	4,2	165,9	3	08.00	42,9	8,2	351,78
4	08.30	39,5	4,5	177,75	4	08.30	42	8	336
5	09.00	40,4	4,9	197,96	5	09.00	43,8	8,9	389,82
6	09.30	39,8	5	199	6	09.30	43,8	8,9	389,82
7	10.00	39,8	5,8	230,84	7	10.00	43,9	9	395,1
8	10.30	39,8	6	238,8	8	10.30	44	9,5	418
9	11.00	39,8	5,8	230,84	9	11.00	44	9,2	404,8
10	11.30	40	6,5	260	10	11.30	44	9	396
11	12.00	40	6,2	248	11	12.00	44	9,2	404,8
12	12.30	40	6	240	12	12.30	44	9,4	413,6
13	13.00	39,5	6,2	244,9	13	13.00	43,7	9	393,3
14	13.30	39,2	6	235,2	14	13.30	43,7	8,9	388,93
15	14.00	39	6,2	241,8	15	14.00	43,4	9,2	399,28
16	14.30	39	5,5	214,5	16	14.30	43	9	387
17	15.00	39,2	5,5	215,6	17	15.00	42,6	8,9	379,14
18	15.30	38,8	5	194	18	15.30	42,2	8,5	358,7
19	16.00	38,2	4	152,8	19	16.00	42	8,2	344,4
20	16.30	36,5	3,8	138,7	20	16.30	40,8	8	326,4
21	17.00	35	4	140	21	17.00	40,8	8	326,4
Total energi listrik				4.274 Wh	**Total energi listrik**				7.882 Wh

Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Energi Listrik Dengan dan Tanpa Pelacak Surya

Dalam pengujian dapat diketahui pengaruh penggunaan pelacak surya akan menghasilkan daya lebih besar sebesar 45% dibandingkan dengan pengoperasian statis, dengan hasil pengukuran yaitu 203 watt tanpa pelacak surya dan 374 watt dengan pelacak surya.

4.2 Perhitungan Daya PLTS

4.2.1 Pendataan Beban Listrik

Kebutuhan daya listrik rumah tinggal dapat dilihat pada tabel 4.4 di bawah ini:

Tabel 4.4 Kebutuhan daya listrik rumah

Peralatan	Jumlah	Daya Terpasang (Watt)	Jam Terpasang (jam)/Hari	Konsumsi Daya (Wh)
AC (Inverter)	1	280	8	2240
Mesin cuci	1	Cuci bilas : 70	1	70
		Keringkan : 40	0,5	20
Dispenser	1	Menyala : 140	1	140
		Standby : 6	23	138
Kulkas	1	C. Nyala : 80	4	320
		C. Standby : 5	20	100
Rice cooker	1	Menanak : 260	0,5	130
		Menghangatkan : 65	1	65
TV	1	28	2	56
Pompa air	1	160	1	160
Total Konsumsi Daya / Hari				3439
Total Konsumsi Daya / Hari + 20% (Wh / hari)				4127

- **Panel surya**

  Menentukan kapasitas panel surya yang akan dipakai dengan cara mengetahui kebutuhan daya dikali dengan 2 agar dapat mengantisipasi mendung (tanpa sinar matahari selama 2 hari) dibagi lama penyerapan energi radiasi matahari selama 6 jam/hari.

  $$Panel\ surya\ (Wp) = \frac{Kebutuhan\ daya\ (Wh)\ x\ 2}{Lama\ penyerapan\ (jam)} = \frac{3439\ Watt\ x\ 2}{6\ Jam} = 1146\ \text{Wp}$$

Panel surya yang akan digunakan adalah dengan kapasitas 300 Wp, sehingga jumlah panel surya yang dibutuhkan.

Total panel surya = $\frac{1146}{300}$ = 3,82 buah ≈ 4 buah panel

- **Baterai**

  Kebutuhan baterai (dengan pertimbangan dapat melayani kebutuhan 2 hari tanpa sinar matahari): 3.439 x 2 = 6.878 = 6.878/12 volt/100 amp = 5 buah baterai 12V 100 Ah yang akan disusun paralel.

- **Solar Charge Controller**

  Kapasitas arus solar charge controller *Short circuit current x 5 unit baterai* = 8,58 A x 5 = 42,9 A Sesuai perhitungan maka dibutuhkan 1 unit solar charge controller 50 A.

- **Inverter**

  Untuk menentukan kapasitas inverter harus lebih besar dari total beban yang ditentukan, jadi berdasarkan total beban boleh lebih dan tidak boleh kurang dari beban yang akan digunakan. Rentang inverter yang akan digunakan dari 2.500 Watt – 3.500 Watt.

4.3 Analisa Output PLTS

4.3.1 Menghitung Energi Yang Dihasilkan PLTS

Hasil keluaran maksimal dari panel surya dapat ditentukan sesuai rating kapasitas panel surya yang terpasang. Pada PLTS untuk rumah tinggal yang direncanakan, kapasitas keseluruhan panel surya yang terpasang yaitu sebesar 4 x 300 = 1200 Wp. Energi yang dihasilkan oleh panel surya berkaitan dengan data intensitas matahari. Intensitas yang digunakan adalah intensitas rata – rata sebesar 6 jam/hari maka energi yang dihasilkan PLTS selama 1 hari sebesar[7]:

E_{out} = Ei x lama penyinaran rata-rata

E_{out} = 1200 Wp x 6 jam

E_{out} = 7200 Wh

= 7,2 kWh

4.3.2 Efisiensi Panel Surya

Untuk mendapatkan nilai efisiensi dari panel surya maka digunakan persamaan 2.2, yaitu dengan membandingkan *solar input* dan PV *output* maka didapatkan efisiensi panel surya sebesar 15,45 %.

4.4 Analisa Keekonomian

4.4.1 Investasi Awal

Biaya investasi awal untuk PLTS mencakup biaya untuk komponen sistem PLTS yang didapatkan dari toko online dan toko di Glodok.

Tabel 4.5 Investasi awal

Komponen	unit	harga	subtotal
panel surya 300 Wp	4	Rp3.000.000	Rp12.000.000
charge controller MPPT 50 A	1	Rp2.000.000	Rp2.000.000
inverter pure sine wave 3000W	1	Rp5.600.000	Rp5.600.000
baterai 12V 100 Ah	5	Rp1.850.000	Rp9.250.000
solar tracker + sensor	1	Rp3.500.000	Rp3.500.000
Aktuator Linier	2	Rp595.000	Rp1.190.000
kabel+aksesoris	1	Rp3.500.000	Rp3.500.000
Pengerjaan rangka, pemasangan dan instalasi	1	Rp2.000.000	Rp2.000.000
		Total	**Rp39.040.000**

4.4.2 Perhitungan Biaya Operasional Dan Pemeliharaan

Dari tabel 4.5 dan perhitungan dengan persamaan 2.3 dapat diketahui biaya operasional dan pemeliharaan PLTS untuk rumah tinggal tipe menengah selama setahun yaitu Rp 390.040.

4.4.3 Menghitung Biaya Siklus Hidup PLTS (*Life Cycle Cost*)

PLTS yang dibangun dalam penelitian ini dapat beroperasi 25 tahun dasar penentuan umur proyek ini mengacu kepada jaminan yang diberikan oleh produsen panel surya[7]. Besarnya tingkat diskonto (i) diasumsikan 11% mengacu pada tingkat suku bunga kredit Bank Indonesia pada tahun 2019 yaitu rata-rata sebesar 11%[11].

$$OP_{NS} = OP_{tahunan}\left[\frac{(1+i)^n-1}{i(1+i)^n}\right]$$

$$= \text{Rp } 390.040\left[\frac{(1+0{,}11)^{25}-1}{0{,}11(1+0{,}11)^{25}}\right]$$

$$= \text{Rp } 390.040 \times 8{,}42$$

$$= \text{Rp } 3.287.168$$

Setelah memperoleh besar biaya operasi dan pemeliharaan nilai sekarang (OP_{NS}), maka dapat dilakukan perhitungan biaya siklus hidup (LCC) sebagai berikut:

$$LCC = IA + OP_{NS}$$

$$= \text{Rp } 39.040.000 + \text{Rp } 3.287.168$$

$$= \text{Rp } 42.327.168$$

4.4.4 Menghitung Biaya Energi PLTS (*Cost of Energy*)

Menghitung biaya energi ditentukan oleh faktor pemulihan modal (CRF) dan kWh produksi tahunan.

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

$$= \frac{0{,}11(1+0{,}11)^{25}}{(1+0{,}11)^{25}-1}$$

$$= 0{,}1187$$

Sedangkan kWh produksi tahunan nilainya sebagai berikut :

A kWh = kWh produksi perhari x jumlah hari selama setahun

= 7,2 kWh/hari x 365 hari

= 2.628 kWh

Maka besar biaya energi (COE):

$$\text{COE} = \frac{LCC\ x\ CRF}{AkWh}$$

$$= \frac{Rp\ 42.327.168\ x\ 0{,}1187}{2.628\ kW}$$

= Rp 1.912 / kWh

4.4.5 Kelayakan Investasi

Menghitung kelayakan investasi PLTS digunakan biaya energi yaitu Rp 1.912 / kWh. Dengan biaya energi tersebut dan total kWh produksi tahunan sebesar 2.628 kWh, maka arus kas masuk : Rp 1.912 x 2.628 = Rp 5.024.736 sedangkan pengeluaran tahunannya sebesar Rp 390.040 berdasarkan biaya pemeliharaan dan operasional tahunan PLTS.

4.4.6 Jangka Waktu Pengembalian Modal

Total investasi yang dibutuhkan untuk pembuatan PLTS adalah Rp 39.040.000 maka lama ROI dengan menggunakan metode Periode Pengembalian[12] dapat dihitung dengan:

$$\text{Periode Pengembalian} = \frac{\text{Jumlah Investasi}}{\text{Aliran Kas Bersih}}$$

$$\text{Periode Pengembalian} = \frac{\text{Rp } 39.040.000}{\text{Rp } 5.024.736}$$

Periode Pengembalian = 7,7 Tahun ≈ 7 Tahun 9 Bulan

4.4.7 *Net Present Value* (NPV)

Perhitungan *Net Present Value* (NPV) dengan formula sebagai berikut:

$$\text{NPV} = \sum_{t=0}^{n} \frac{NCFt}{(1+i)^t} - \text{IA}$$

Total nilai sekarang arus kas bersih yang merupakan hasil perkalian antara arus kas bersih dengan faktor diskonto[7] adalah sebesar Rp 38.413.044. nilai ini didapat dari:

Tabel 4.6 Perhitungan Net Present Value

Tahun	Biaya Investasi	Arus kas masuk	(1+r)^n	NCFt / (1+r)^n
0	Rp39.040.000		1,00	-Rp 3.904.000
1		Rp 5.024.736	1,11	Rp 4.526.789
2		Rp 5.024.736	1,23	Rp 4.078.188
3		Rp 5.024.736	1,37	Rp 3.674.044
4		Rp 5.024.736	1,52	Rp 3.309.949
5		Rp 5.024.736	1,69	Rp 2.981.936
6		Rp 5.024.736	1,87	Rp 2.686.429
7		Rp 5.024.736	2,08	Rp 2.420.206
8		Rp 5.024.736	2,30	Rp 2.180.366
9		Rp 5.024.736	2,56	Rp 1.964.294
10		Rp 5.024.736	2,84	Rp 1.769.634
11		Rp 5.024.736	3,15	Rp 1.594.265
12		Rp 5.024.736	3,50	Rp 1.436.275
13		Rp 5.024.736	3,88	Rp 1.293.941
14		Rp 5.024.736	4,31	Rp 1.165.713
15		Rp 5.024.736	4,78	Rp 1.050.192
16		Rp 5.024.736	5,31	Rp 946.119
17		Rp 5.024.736	5,90	Rp 852.359
18		Rp 5.024.736	6,54	Rp 767.891
19		Rp 5.024.736	7,26	Rp 691.794
20		Rp 5.024.736	8,06	Rp 623.238
21		Rp 5.024.736	8,95	Rp 561.475
22		Rp 5.024.736	9,93	Rp 505.834
23		Rp 5.024.736	11,03	Rp 455.706
24		Rp 5.024.736	12,24	Rp 410.546
25		Rp 5.024.736	13,59	Rp 369.861
			NPV	Rp38.413.044

Sehingga dengan biaya investasi awal sebesar Rp 39.040.000, didapatkan nilai NPV sebagai berikut:

NPV = Rp 39.040.000 – Rp 38.413.044

= Rp 626.956

Hasil perhitungan NPV yang bernilai positif sebesar Rp 626.956 (>0). Maka dapat disimpulkan investasi PLTS untuk rumah tinggal tersebut dapat diterima. Jika dibandingkan dengan usia panel surya yang diperkirakan mencapai 25 tahun dan dari hasil analisis ROI yang didapat, perancangan PLTS ini sangat feasible untuk dibuat.

BAB 5
KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan studi pemanfaatan PLTS yang dilakukan dengan mempertimbangkan aspek teknik, biaya dan ekonomis. Maka dapat diambil beberapa kesimpulan dari penelitian ini, sebagai berikut :

1. Hasil perancangan pembangkit listrik tenaga surya yang menggunakan sistem operasi pelacak surya telah beroperasi dengan baik sesuai perancangan yang telah ditetapkan sebelumnya
2. Perencanaan penggunaan pelacak surya pada PLTS untuk rumah tinggal bertujuan untuk menyuplai energi listrik rumah tinggal yang lebih difokuskan pada beberapa peralatan. Besarnya energi harian untuk rumah tinggal sebesar 3439 Wh.
3. Komponen sistem PLTS yang diperlukan untuk kebutuhan daya listrik adalah 4 panel surya 300 Wp, 1 unit charge controller kapasitas 1300 watt dengan tegangan input 24 Volt dan arus 50A, 5 buah baterai 12 Volt 100 Ah dan 1 unit inverter pure sine wave dengan kapasitas tegangan output 3000 watt, tegangan input 12 VDC/ 24 VDC dan tegangan output inverter 220 VAC.
4. Dalam pengujian dapat diketahui pengaruh penggunaan pelacak surya akan menghasilkan daya lebih besar sebesar 45% dibandingkan dengan pengoperasian statis, dengan hasil pengukuran yaitu 203 watt tanpa pelacak surya dan 374 watt dengan pelacak surya.
5. Dari hasil pengumpulan data, didapatkan biaya investasi awal untuk PLTS ini adalah Rp 39.040.000 dan biaya pemeliharaan beserta operasional adalah sebesar Rp 390.040 setiap tahunnya.
6. Data dari hasil perhitungan ROI menunjukkan payback period akan tercapai selama 7 tahun 9 bulan dan juga nilai NPV dari investasi tersebut adalah positif.

   Dapat disimpulkan bahwa pembuatan PLTS dengan menggunakan rancangan ini sangat layak untuk dilakukan.

5.2 Saran

Penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan, maka untuk pengembangan penelitian ini di masa yang akan mendatang dapat melakukan :

1. Perlu dilakukan studi lebih lanjut tentang efek pemanfaatan PLTS tersebut dengan dikombinasikannya energi listrik dari perusahaan listrik PLN dengan sistem ekspor-impor daya dan energi listrik mandiri tersebut terhadap biaya pemakaian listrik rumah tinggal.
2. Untuk panel surya sebaiknya dilakukan pembersihan secara periodik sehingga sinar matahari dapat diterima oleh panel surya secara maksimal

DAFTAR PUSTAKA

[1] C. R. Sandro Putra, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Secara Mandiri Untuk Rumah Tinggal,” *Semin. Nas. Cendekiawan*, vol. 6, no. 1, pp. 1–7, 2016.

[2] A. H. Indra Viantus, Hendro Priyatman, “Analisis Efisiensi Pada Rancang Bangun Solar Home System,” pp. 1–11, 2016.

[3] K. W. Fauzi, T. Arfianto, and N. Taryana, “Perancangan dan Realisasi Solar Tracking System Untuk Peningkatan Efisiensi Panel Surya Menggunakan Arduino Uno,” *TELKA - Telekomun. Elektron. Komputasi dan Kontrol*, 2018, doi: 10.15575/telka.v4n1.63-74.

[4] “PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SKALA RUMAH TANGGA URBAN DAN KETERSEDIAANNYA DI INDONESIA,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, 2010.

[5] G. B. Ardina, “‘ RANCANG BANGUN DUAL AXIS SOLAR TRACKER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO ,’” pp. 1–11, 2019.

[6] World Bank Group, *Solar Resource and Photovoltaic Potential of Indonesia*, no. May. 2017.

[7] Y. Teguh Priyono, Kho Hie Khwee, “Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Peternakan Ayam Pedaging (Broiler) Di Gang Karya Tani Pontianak Selatan,” *Univ. Tanjung Pura Pontianak*, 2019.

[8] R. Salman, “ANALISIS PERENCANAAN PENGGUNAAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) UNTUK PERUMAHAN (SOLAR HOME SYSTEM),” *Maj. Ilm. Bina Tek.*, 2013.

[9] M. Yasin, F. A. Samman, and R. S. Sadjad, “Desain dan Analisis Inverter Tiga Fasa untuk Aplikasi Sistem PLTS Terhubung Grid PLN sebagai Referensi,” *J. Penelit. Enj.*, 2018, doi: 10.25042/jpe.112017.10.

[10] A. Z. Hafez, A. M. Yousef, and N. M. Harag, “Solar tracking systems: Technologies and trackers drive types – A review,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018, doi: 10.1016/j.rser.2018.03.094.

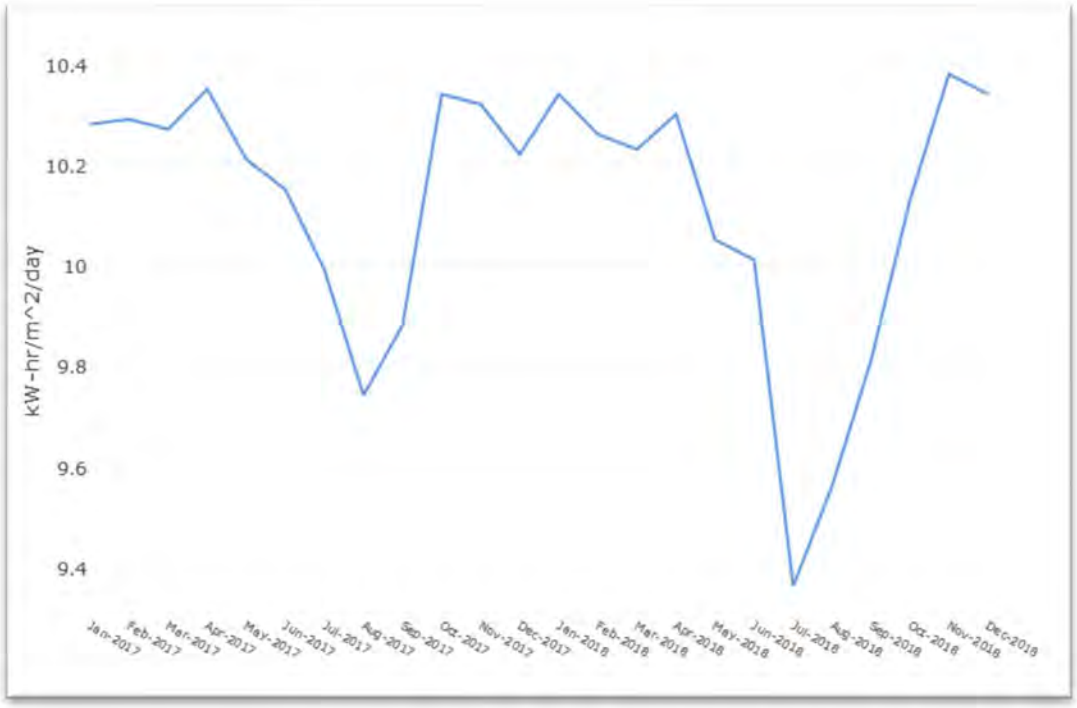
[11] Otoritas Jasa Keuangan, “Statistik Perbankan Indonesia - Agustus 2019,” *OJK*, 2019.

[12] S. . Ramadhan and C. Rangkuti, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Atap Gedung Harry Hartanto Universitas Trisakti,” *Semin. Nas. Cendekiawan 2016*, 2016.

LAMPIRAN 1

DATA INSOLASI ENERGI

Dari website https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/ diketahui selama periode 2017-2018 data insolasi energi sebagai berikut :




```
-BEGIN HEADER-
NASA/POWER SRB/FLASHFlux/MERRA2/GEOS 5.12.4 (FP-IT) 0.5 x 0.5 Degree Interannual Averages/Sums
Dates (month/day/year): 01/01/2017 through 12/31/2018
Location: Latitude  -6.2464   Longitude 106.7776
Elevation from MERRA-2: Average for 1/2x1/2 degree lat/lon region = 181.46 meters   Site = na
Climate zone: na (reference Briggs et al: http://www.energycodes.gov)
Value for missing model data cannot be computed or out of model availability range: -999
Parameter(s):
ALLSKY_SFC_LW_DWN    SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Downward Thermal Infrared (Longwave) Radiative Flux (kW-hr/m^2/day)
KT                   SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Insolation Clearness Index (dimensionless)
PARAMETER           YEAR      JAN       FEB       MAR       APR       MAY       JUN       JUL
-END HEADER-
ALLSKY_SFC_LW_DWN   2017      10.28     10.29     10.27     10.35     10.21     10.15     9.99
ALLSKY_SFC_LW_DWN   2018      10.34     10.26     10.23     10.30     10.05     10.01     9.36
KT                  2017      0.42      0.35      0.46      0.49      0.49      0.48      0.53
KT                  2018      -999      -999      -999      -999      -999      -999      -999

PARAMETER           YEAR      AUG       SEP       OCT       NOV       DEC       ANN
-END HEADER-
ALLSKY_SFC_LW_DWN   2017      9.74      9.88      10.34     10.32     10.22     10.17
ALLSKY_SFC_LW_DWN   2018      9.56      9.81      10.13     10.38     10.34     10.06
KT                  2017      9.56      9.81      10.13     10.38     10.34     10.06
KT                  2017      -999      -999      -999      -999      -999      -999
```