

**ANALISIS *BREAK EVEN POINT* (BEP) POMPA LISTRIK
TENAGA MODUL SURYA**

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1



Disusun oleh:

Firman Hidayat

15524077

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

2020

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS *BREAK EVEN POINT* (BEP) POMPA LISTRIK TENAGA MODUL SURYA

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:

Firman Hidayat
15524077

الجامعة الإسلامية
الطريق إلى الله
الطريق إلى الله

Yogyakarta, 7 Agustus 2020

Menyetujui,

Pembimbing



Medilla Kusriyanto, S.T., M.Eng.
015240101

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISIS *BREAK EVEN POINT* (BEP) POMPA LISTRIK

TENAGA MODUL SURYA

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Firman Hidayat

15524077

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

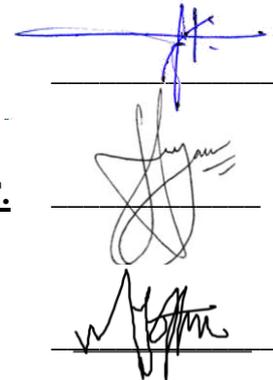
Pada tanggal: 9 Juli 2020

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Medilla Kusriyanto, S.T., M.Eng.

Anggota Penguji 1: Setyawan Wahyu Pratomo, ST, MT.

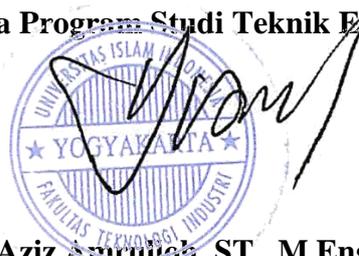
Anggota Penguji 2: Husein Mubarak, ST, M.Eng.



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

Tanggal: 7 Agustus 2020

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Yusuf Aziz Asrullah, ST., M.Eng., 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, 7 Agustus 2020



Firman Hidayat

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat, hidayah serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Shalawat serta salam tak luput penulis panjatkan kepada Nabi besar Muhammad SAW, keluarga, para sahabat, dan pengikut beliau hingga akhir zaman yang telah membawa dan menyebarkan agama Islam sebagai rahmatan lil' alamin.

Penelitian ini berjudul “Analisis *Break Even Point* Pompa Listrik Tenaga Modul Surya” disusun untuk memenuhi tugas akhir yaitu skripsi sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Program Strata 1 (S1) pada program studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.

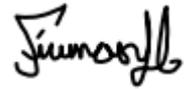
Dalam penyusunan skripsi ini, tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis tercinta, Bapak Modalim dan Ibu Hairati Siregar, serta Opung tercinta, terima kasih untuk segala cinta, kasih sayang dan doa yang berlimpah untuk penulis. yang rela melakukan apapun untuk keberhasilan anaknya, memberikan segalanya yang tidak dapat diukur oleh apapun, dukungan, semangat, cinta, kasih sayang, kesabaran, motivasi dan ketulusan doa yang selalu dipanjatkan.
2. Bapak Yusuf Aziz Amrullah S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Medilla Kusriyanto, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan serta ilmu selama proses penelitian dan laporan tugas akhir.
4. Seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Elektro UII atas segala ilmu yang diajarkan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan laporan tugas akhir.
5. Saudara-saudara Teknik Elektro angkatan 2015 yang telah banyak membantu dan memberikan kontribusi dalam penelitian dan laporan tugas akhir.
6. Seluruh staff dan karyawan Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
7. Saudara penulis tersayang, Mirza Hamdhani yang selalu mendukung dan mendoakan penulis.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan yang terdapat dalam penyusunan ini. Sehingga penulis menerima segala kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, para pembaca dan semua pihak yang berkepentingan.

Wassalamua'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Penulis



(Firman Hidayat)



ABSTRAK

Indonesia adalah negara beriklim tropis yang terletak di garis khatulistiwa dimana matahari muncul hampir sepanjang tahun secara berkisinambungan. Hal ini tentunya menjadi keuntungan yang sangat besar bagi Indonesia dalam memanfaatkan energi matahari sebagai sumber pembangkit listrik. Energi matahari tersebut dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan teknologi surya yang biasa disebut *photovoltaic* yang dibentuk dalam modul surya yang terbentuk dari bahan semikonduktor. Pembangkitan listrik menggunakan modul surya memiliki kekurangan yaitu, membutuhkan biaya awal lebih mahal dibandingkan dengan biaya listrik yang dibayarkan ke PT. Perusahaan Listrik Negara (PT. PLN). Maka dari itu tujuan penelitian ini untuk menganalisa biaya yang diperlukan untuk membangun sistem pembangkit listrik tenaga surya sebagai sumber listrik untuk menyuplai beban pompa. Pompa tersebut akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air harian dalam sebuah rumah dengan ekonomi menengah keatas yang berisikan 10 orang. Setelah mengetahui total biaya yang diperlukan, kemudian penulis menganalisis kapan titik impas atau *Break Even Point* dari sistem PLTS tersebut akan terjadi. Beban pompa yang digunakan memiliki spesifikasi 60 watt dan debit air 2400 Liter/jam. Diketahui konsumsi daya pompa dalam sehari adalah 0,103 kWh/ hari kemudian dikalikan dengan harga per kWh yang berlaku pada rumah tersebut adalah Rp 1.467,-. Dari hasil tersebut didapatkan biaya penggunaan listrik pompa dalam setahun adalah Rp33.091,-. Apabila total biaya investasi dalam membangun sistem PLTS adalah Rp 1.512.980,- maka dapat dihitung kapan titik impas akan terjadi yaitu, dalam kurun waktu 45.7 tahun. Hasil yang didapatkan terlalu boros dalam pembelian komponen PLTS dikarenakan tidak dilakukan prediksi komponen yang dibutuhkan dalam pembuatan PLTS untuk mensuplai beban pompa listrik sebesar 60 Watt.

Kata kunci : Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Modul Surya.

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| LEMBAR PENGESAHAN..... | i |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | ii |
| PERNYATAAN..... | iii |
| KATA PENGANTAR..... | iv |
| ABSTRAK | vi |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR TABEL..... | x |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 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..... | 4 |
| 2.2.1 Panel Surya | 4 |
| 2.2.2 <i>Solar Charger Controller (SCC)</i> | 5 |
| 2.2.3 Inverter..... | 5 |
| 2.2.4 Baterai | 5 |
| 2.2.5 Tarif Tenaga Listrik PLN | 5 |
| 2.2.6 <i>Break Event Point</i> | 6 |
| BAB 3 METODOLOGI..... | 7 |
| 3.1 Alat dan Bahan..... | 7 |
| 3.2 Alur Penelitian | 8 |

| | |
|---|-----------|
| 3.3 Metode Analisis | 10 |
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 12 |
| 4.1 Pengukuran Arus dan Tegangan dari <i>Solar Panel</i> dan <i>Solar Charger</i> saat Pengisian Daya Baterai | 12 |
| 4.2 Pengukuran Arus dan Tegangan Panel Surya saat Terhubung dengan Beban | 13 |
| 4.3 Perhitungan <i>Break Even Point</i> | 14 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN..... | 17 |
| 5.1 Kesimpulan | 17 |
| 5.1 Saran | 17 |
| DAFTAR PUSTAKA | 18 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian..... | 8 |
| Gambar 3.2 Skema Instalasi Panel Surya..... | 10 |



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 3.1 Alat dan Bahan..... | 7 |
| Tabel 4.1 Arus dan Tegangan Panel Surya dan Baterai saat Pengisian | 12 |
| Tabel 4.2 Arus dan Tegangan PLTS Terhubung Beban | 13 |
| Tabel 4.3 Biaya Pengadaan PLTS..... | 15 |



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pembangkit listrik yang digunakan untuk memenuhi segala kebutuhan hidup manusia sehari-hari sebagian besar menggunakan sumber energi berbahan bakar fosil. Bahan bakar fosil seperti batubara, minyak bumi, dan gas alam yang terbentuk karena adanya proses alamiah berupa pembusukan dari makhluk hidup yang mati ratusan juta tahun yang lalu. Bahan bakar fosil termasuk jenis sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui dan lebih cepat habis dibandingkan dengan terbentuknya yang baru. Seperti yang kita tahu, bahan bakar fosil yang ada semakin hari semakin berkurang karena bahan bakarnya yang digunakan secara terus menerus. Selain itu, pembangkit listrik konvensional seperti pembangkit listrik tenaga diesel dan uap yang menggunakan bahan bakar fosil juga menghasilkan asap pembuangan hasil pembakaran yang dapat mengganggu kesehatan masyarakat. Bila keadaan tersebut dibiarkan secara terus-menerus tanpa ada penggantian dengan energi alternatif maka akan mempercepat terjadinya krisis energi.

Energi alternatif adalah semua sumber energi yang bisa digunakan untuk menggantikan bahan bakar fosil. Ada banyak jenis energi alternatif, salah satunya adalah energi terbarukan yang sumber energinya tidak akan habis atau melimpah. Pembangkitan listrik dengan energi terbarukan kini telah berkembang pesat meskipun belum dimanfaatkan secara efektif khususnya di Indonesia. Ada beberapa macam sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik yaitu air, angin, dan matahari. Dalam penulisan ini akan dibahas pembangkit listrik tenaga matahari secara khusus.

Indonesia adalah negara beriklim tropis yang terletak di garis khatulistiwa dimana matahari muncul hampir sepanjang tahun secara berkisinambungan. Hal ini tentunya menjadi keuntungan yang sangat besar bagi Indonesia dalam memanfaatkan energi matahari sebagai sumber pembangkit listrik. Menggunakan energi matahari sebagai sumber pembangkit tenaga listrik membutuhkan teknologi surya yang biasa disebut photovoltaic yang dibentuk dalam modul surya yang terbentuk dari bahan semikonduktor. Pembangkitan listrik menggunakan solar sel memiliki kekurangan yaitu, membutuhkan biaya awal lebih mahal dibandingkan dengan biaya listrik yang dibayarkan ke PT. Perusahaan Listrik Negara (PT. PLN) namun, dalam pemakaian jangka panjang penggunaan modul surya menjadi lebih hemat. Skripsi ini akan mencari dan menghitung *Break Even Point* atau yang lebih sering disebut BEP dalam penggunaan modul surya.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana mengetahui *Break Even Point* (BEP) saat menggunakan pembangkit listrik tenaga surya sebagai sumber listrik untuk menyalakan pompa listrik untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari.

1.3 Batasan Masalah

1. Panel surya yang digunakan adalah jenis *polycrystalline* dengan kapasitas 20 WP sebanyak satu buah.
2. Beban pompa listrik yang digunakan memiliki daya sebesar 60 Watt dan debit air mencapai 2400 liter/jam.

1.4 Tujuan Penelitian

Mengetahui *Break Even Point* (BEP) saat menggunakan pembangkit listrik tenaga surya sebagai sumber listrik untuk menyalakan pompa listrik untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari dalam rumah tangga golongan mampu.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat menjadi pertimbangan menggunakan modul surya sebagai pembangkit listrik cadangan untuk mensuplai beban rumahan.
2. Dapat menjadi acuan untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga surya agar dapat digunakan banyak kalangan masyarakat.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Pemanfaatan energi surya sebagai pembangkit listrik untuk memenuhi keinginan para peneliti dalam rangka mencari sumber energi baru terbarukan sudah banyak dilakukan dan di aplikasikan ke berbagai beban yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Berikut sekian dari banyak penelitian yang memanfaatkan energi surya sebagai pembangkit listrik.

Pembangkit listrik tenaga surya menggunakan panel surya sudah banyak dimanfaatkan dan diteliti, contohnya seperti yang dilakukan oleh Muhammad Irwansyah dan Didi Istandi dengan judul “Pompa Air Aquarium Menggunakan Solar Panel”. Penelitian ini membahas tentang pengamatan penggunaan *supply* daya listrik dengan menggunakan solar panel memakai beban pompa air aquarium. Penggunaan solar panel adalah sebagai *back up* apabila terjadi pemadaman listrik untuk menghidupkan kembali pompa air aquarium, hal ini dilakukan karena siklus air dalam aquarium tidak boleh berhenti, apabila berhenti oksigen dalam air akan berkurang. Sistem ini dirancang menggunakan empat komponen utama seperti *solar panel*, sebagai sumber utama dari energi matahari, control charger sebagai pengecasan baterai atau penyimpanan daya yang dihasilkan *solar panel* tersebut, inverter sebagai pengubah tegangan dc dari baterai menjadi ac 220 VAC dan frekuensi 50 Hz untuk masuk ke beban, dan pompa listrik sebagai beban utama dalam sistem ini[1].

Penelitian yang dilakukan oleh Heri Jurnial, ST.MT. dengan judul “Pengujiian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Solar Cell kapasitas 50 Wp”. Parameter yang diobservasi dalam penelitian ini meliputi pengukuran besaran secara berkala antara pukul 08:00 – 17:00 WIB dan setiap satu jam sekali dilakukan pengamatan serta pencatatan hasil yang dikeluarkan oleh alat ukur. Alat ukur yang digunakan disini adalah amperemeter untuk mengukur arus dan voltmeter untuk mengukur tegangan, setelah itu adalah pembuatan tabel dan grafik hubungan antara arus terhadap waktu dan hubungan antara tegangan terhadap waktu. Dari hasil penelitian ini diperoleh nilai arus rata-rata sebesar 2,985 A dan tegangan rata-rata sebesar 39,05 Volt, dengan data hasil pengujian yang didapatkan diatas jumlah daya yang diperlukan oleh beban harus disesuaikan dengan kapasitas energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya[2].

Penelitian berikutnya yang dijadikan sebagai acuan dalam penulisan ini adalah milik Saiful Karim dan Dwi Cahyanto yang berjudul “Analisa Penggunaan *Solar Cell* Pada Rumah Tinggal Untuk Keperluan Penerangan Dan Beban Kecil”. Dari penelitian yang disebutkan didapatkan hasil seperti, kebutuhan energi listrik yang digunakan untuk menyalakan lampu

penerangan dan beban kecil dalam rumah rata-rata/hari memerlukan energi listrik sebesar 1,213 kWh. Jika dikonversikan dengan Tarif Daya Listrik (TDL) yang berlaku yaitu Rp 1.612,-/kWh, maka biaya pemakaian listrik setiap harinya adalah sebesar Rp 1.955,356,-.

Setelah diketahui biaya untuk pemakaian energi setiap harinya kemudian dalam setahun rata-rata terdiri dari 365 hari, maka biaya listrik yang digunakan dalam kurun waktu satu tahun adalah sebesar Rp 1.955,356,- x 365 hari = Rp 703.928,16,-. Dengan biaya pengadaan perangkat *solar cell* untuk keperluan rumah tinggal yang sesuai dengan beban yang terhitung yaitu sebesar Rp 5.100.000,-. Dari hasil perhitungan biaya pemakaian listrik setiap harinya yaitu, sebesar Rp 1.955,356,- dan biaya pengadaan PLTS sebesar Rp 5.100.000,- maka terhitung akan kembali modal (*Break Even Point*) dalam 7,25 tahun[3].

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung *Break Even Point* penggunaan modul surya dengan beban pompa celup sebesar 60 watt untuk memenuhi kebutuhan air rumah tangga yang berisi 10 orang. Rumah ini menggunakan tarif tenaga listrik PLN golongan mampu 1300+ VA dengan biaya Rp 1.467/kWH. Penelitian ini memerlukan beberapa alat dan bahan seperti, panel surya 20WP, *solar charge controller* 10A, inverter 1000 watt, dan baterai 12 V 7,2Ah sebanyak dua buah.

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 Panel Surya

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya (*photovoltaic*) untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Pembangkitan energi listrik menggunakan panel surya dibedakan menjadi secara langsung menggunakan photovoltaic dan tidak langsung dengan pemusatan energi surya. *Photovoltaic* mengubah energi matahari menjadi energi listrik secara langsung menggunakan efek *photoelectric*. Sedangkan secara tidak langsung dapat dilakukan dengan pemusatan energi surya menggunakan lensa digunakan dengan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari ke satu titik untuk menggerakkan mesin kalor pada panel surya. Ada dua jenis modul surya yang populer yaitu jenis *crystalline silicon* dan *thin film*. Jenis *crystalline silicon* terbuat dari bahan silikon dan *thin film* sebagian besar terbuat dari bahan kimia. Jenis *crystalline silicon* terdiri dari dua jenis yaitu tipe *monocrystalline* dan *polycrystalline*. Masing-masing jenis memiliki efisiensi berbeda yaitu *monocrystalline* 14%-16% dan *polycrystalline* 13%-15% [4].

2.2.2 Solar Charge Controller (SCC)

Solar charge controller berfungsi memastikan agar baterai tidak mengalami kelebihan pelepasan muatan (*over discharge*) atau kelebihan pengisian muatan (*over charge*) yang dapat mengurangi umur baterai. *Charge controller* mampu menjaga tegangan dan arus keluar masuk baterai sesuai kondisi baterai[5]. *Solar Charger Controller (SCC)* pada sistem modul surya memiliki peranan yang penting. Tanpa adanya fungsi kontrol pengendali antara panel surya dan baterai, panel surya akan melakukan pengisian terhadap baterai melebihi tegangan daya yang dapat ditampung oleh baterai. Kelebihan tegangan dan pengisian dapat merusak sel yang terdapat dalam baterai yang akan mengakibatkan umur baterai akan berkurang. *Solar charger* menerapkan teknologi *Pulse Width Modulation (PWM)* untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pemutus arus dari baterai ke beban saat terjadinya *over load* dan *over charging*.

2.2.3 Inverter

Inverter adalah perangkat elektronika yang berfungsi untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya. Inverter pada penelitian ini digunakan untuk mengkonversi arus listrik yang dihasilkan oleh baterai dari panel surya yang masih berupa arus DC menjadi arus listrik AC sehingga dapat digunakan menjadi input pada beban motor pompa.

2.2.4 Baterai

Baterai digunakan untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya di siang hari sebagai pemasok beban saat malam hari atau cuaca mendung. Baterai bertindak sebagai penyimpanan energi sementara untuk mengatasi perbedaan antara pasokan listrik yang dihasilkan modul surya dan kebutuhan listrik beban[6].

2.2.5 Tarif Tenaga Listrik PLN

Tarif Tenaga Listrik (TTL) merupakan tarif yang boleh dikenakan oleh pemerintah kepada pelanggan PLN. TTL yang disediakan oleh PLN sebanyak 37 golongan tarif. 13 diantaranya mengikuti mekanisme *tariff adjustment* atau penyesuaian tarif. *Tarif adjustment* adalah mekanisme mengubah dan menetapkan turun naiknya besaran tarif listrik mengikuti besarnya perubahan faktor ekonomi mikro, agar tarif yang dikenakan kepada konsumen mendekati biaya pokok penyediaan listrik (BPP). Ketetapan pemerintah tahun 2019, tarif dasar listrik tetap sama sampai akhir tahun 2019. Pemerintah berkomitmen lewat kementerian Energi

dan Sumber Daya Mineral (ESDM) tidak akan menaikkan tarif dasar listrik sampai akhir tahun 2019. Berikut beberapa golongan konsumen PLN beserta tarifnya:

1. Golongan subsidi 450 VA, Rp 415/kWH
2. Golongan subsidi 900 VA, Rp 605/kWH
3. Golongan mampu 900 VA, Rp 1.352/kWH
4. Golongan mampu 1300+ VA, Rp 1.467/kWH

2.2.6 Break Even Point

Menurut P. S. Djarwanto *Break Even Point* (BEP) adalah suatu keadaan impas yaitu apabila telah dihitung laba dan rugi suatu periode tertentu, maka perusahaan tersebut tidak mendapat keuntungan dan sebaliknya tidak menderita kerugian[7].

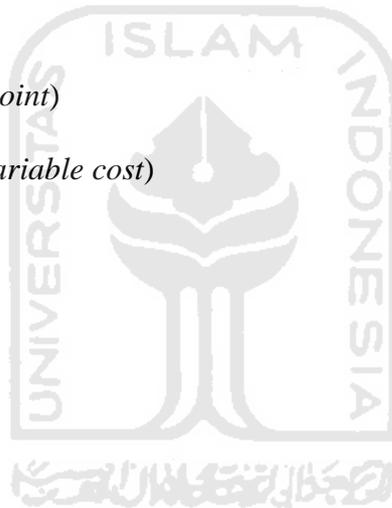
Titik impas dalam unit

$$BEP = \frac{FC}{P - VC}$$

Persamaan 2.1

Dimana:

- BEP = titik impas (*Break Even Point*)
FC = biaya tetap (*fixed cost*)
VC = biaya variabel per-unit (*variable cost*)
P = harga jual per-unit (*price*)



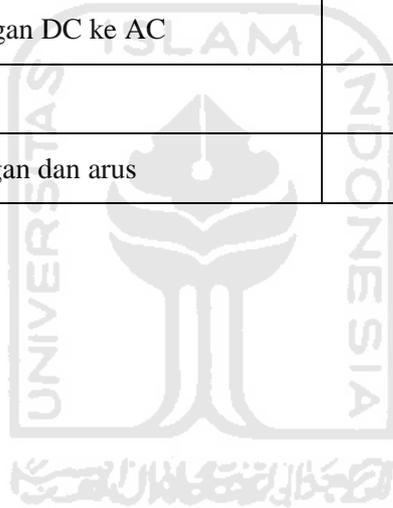
BAB 3 METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

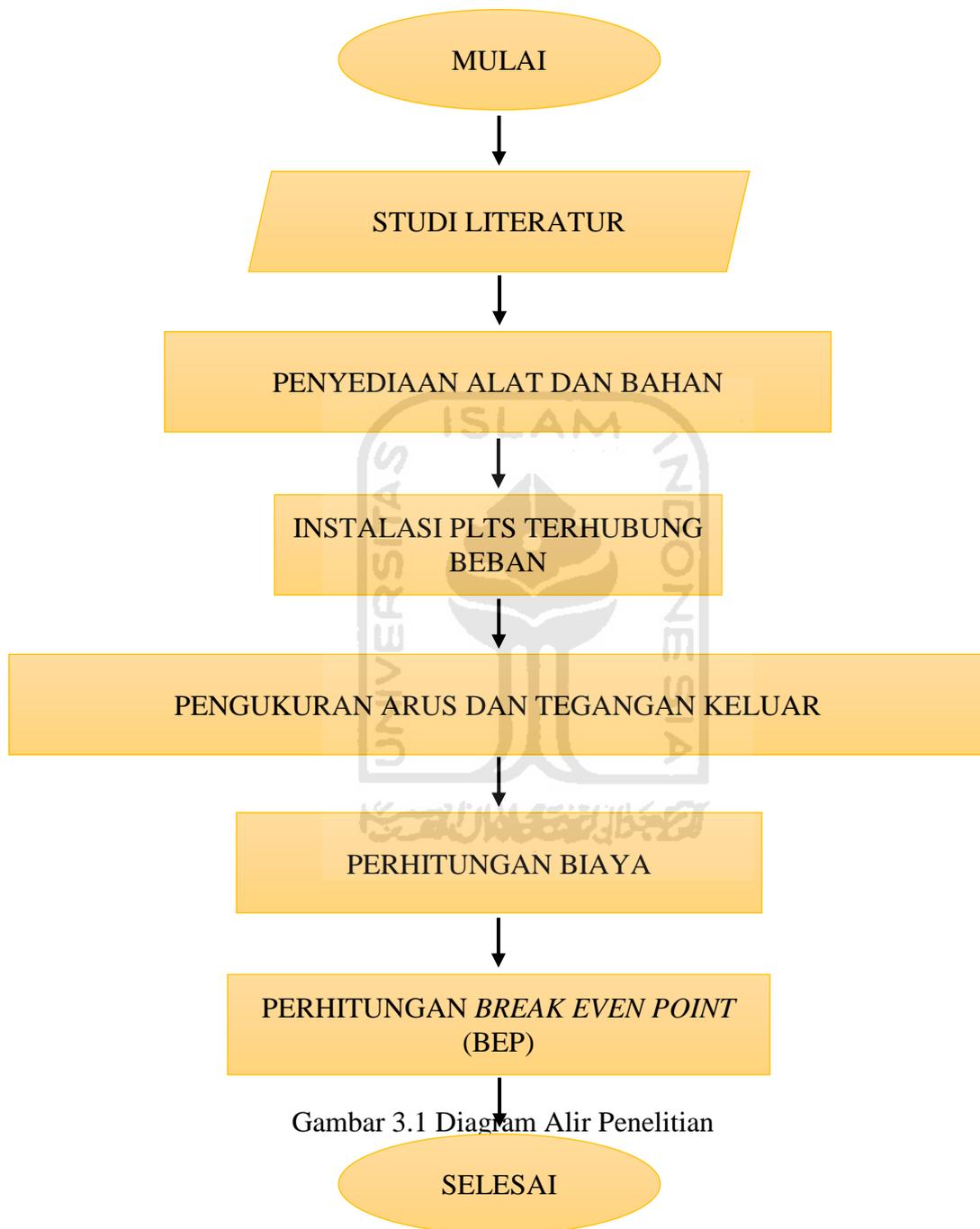
Tabel 3.1 Alat dan Bahan

| ALAT | FUNGSI | JUMLAH |
|---------------------------------|---|--------|
| Panel Surya | Untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik | 1 |
| <i>Solar Charger Controller</i> | Menstabilkan tegangan dari panel surya ke baterai | 1 |
| Baterai | Mmenyimpan energi listrik dalam bentuk arus DC | 2 |
| <i>Inverter</i> | Mengubah tegangan DC ke AC | 1 |
| Pompa Air | Sebagai beban | 1 |
| HIOKI (multimeter) | Mengukur tegangan dan arus | 1 |



3.2 Alur Penelitian

Berikut adalah *FlowChart* atau diagram alir dalam penelitian analisis *Break Even Point* pompa listrik tenaga modul surya.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Langkah dalam melakukan penelitian ini dilakukan secara bertahap agar mudah dalam pengerjaannya. Langkah penelitian dilakukan sebagai berikut :

1. Studi literatur

Kegiatan yang dilakukan sebelum melakukan penelitian yaitu, mencari referensi dari penelitian-penelitian sebelumnya yang bersangkutan dengan tema atau judul penelitian yang akan dilakukan.

Penelitian yang berjudul analisis *Break Even Point* (BEP) pompa listrik tenaga modul surya ini sebelumnya juga telah melalui tahap studi literatur sebagai upaya dalam menunjang dalam segi teori dan praktik, sehingga penelitian ini dapat berjalan sesuai dengan teori-teori yang sesuai dan dalam praktiknya tidak menyalahi prosedur.

2. Penyediaan alat dan bahan

Alat dan bahan dalam analisis *Break Even Point* (BEP) pompa listrik tenaga modul surya dapat ditemukan di laboratorium ketenagaan elektro UII tinggal memilih sesuai dengan keperluan yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian berdasarkan referensi dan tujuan yang ada.

Alat dan bahan beserta spesifikasinya seperti berikut:

- Panel surya
- *Solar charge controller*
- Inverter
- Baterai
- Pompa listrik
- Kabel penghubung rangkaian

3. Instalasi PLTS terhubung beban

Komponen yang diperlukan dirangkai sesuai dengan teori yang ada sehingga tidak terjadi hal yang tidak diinginkan dan didapatkan hasil yang maksimal sesuai dengan tujuan pembuatan penelitian ini.

4. Pengukuran arus dan tegangan keluar

Pengukuran arus dan tegangan dilakukan dengan multimeter HIOKI. Mengukur arus dan tegangan memiliki perbedaan dalam rangkaianannya sehingga diperlukan ketelitian dalam merangkai. Beberapa alat yang perlu di ukur arus dan tegangannya seperti panel surya, *solar charge controller*, baterai, inverter dan pompa listrik.

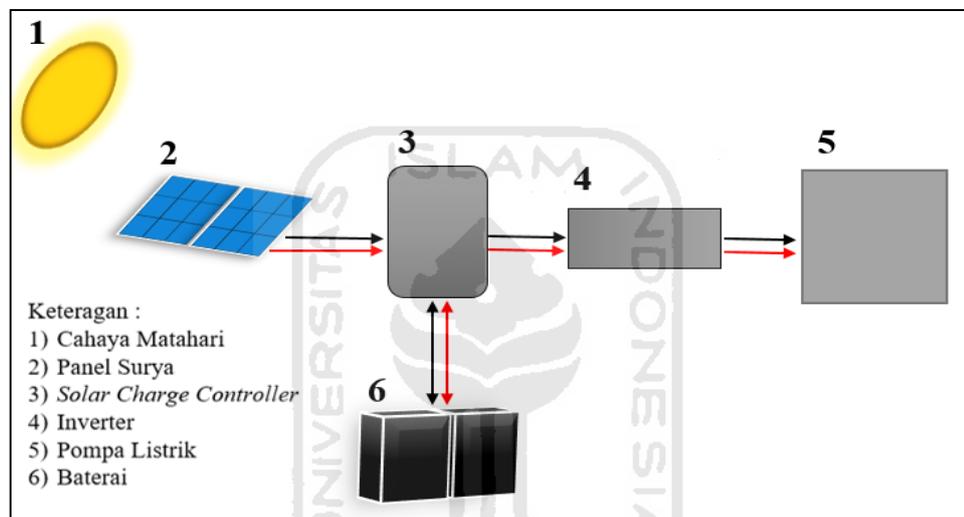
5. Perhitungan biaya

Mengakumulasikan biaya tiap komponen dalam membangun PLTS. Kemudian menghitung biaya yang perlu dikeluarkan saat menggunakan pompa listrik dengan sumber listrik dari PLN.

6. Perhitungan *Break Even Point* (BEP)

Perhitungan yang digunakan untuk mencari BEP dalam penelitian ini dilakukan dengan cara membagi biaya yang diperlukan dalam membangun PLTS dengan biaya yang di konsumsi oleh pompa listrik sumber dari PLN selama satu tahun.

3.3 Metode Analisis



Gambar 3.2 Skema Instalasi Panel Surya

Sistem kerja panel surya mengalirkan listrik hingga menuju beban beserta proses pengambilan data yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini seperti disebutkan dibawah ini.

Sinar matahari memaparkan cahayanya ke panel surya atau modul fotovoltaik bisa juga disebut larik/*array* terdiri dari beberapa modul yang dihubungkan secara seri atau paralel. Kemudian, rangkaian ini mengubah radiasi sinar matahari yang mengenai seluruh permukaan rangkaian menjadi tenaga listrik[6]. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya ini yang akan diukur tegangan dan arus keluarannya menggunakan alat ukur. Kemudian tegangan listrik akan di stabilkan oleh *solar charge controller* sehingga dapat dengan aman digunakan untuk mengisi daya baterai. Tegangan keluaran dari *solar charge controller* ke baterai diukur kembali dengan alat ukur. Baterai yang sudah terisi akan disambungkan ke inverter guna mengubah arus DC yang dihasilkan baterai menjadi arus AC sehingga dapat menyuplai beban AC seperti pompa listrik untuk memenuhi kebutuhan air rumah tangga.

Pemakaian air rata-rata rumah tangga di perkotaan Indonesia untuk golongan menengah keatas sekitar 247 liter/orang/hari[8]. Menghitung waktu pompa yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan air perorang dalam sehari dapat menggunakan persamaan berikut:

$$waktu\ pompa = \frac{rata - rata\ pemakaian\ air}{debit\ pompa} \qquad \text{Persamaan 3.1}$$



BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengukuran Arus dan Tegangan dari *Solar Panel* dan *Solar Charger* Saat Pengisian Daya Baterai

Pengukuran arus dan tegangan pada panel surya dan *solar charger* setiap 30 menit, dimulai pada jam 09.30-14.30.

Tabel 4.1 Arus dan Tegangan Panel Surya dan Baterai saat Pengisian

| Jam | Panel Surya | | | | | | Baterai | | |
|-------|------------------|----------|----------------------------------|----------|----------|-------------|------------------|--------------------------------|----------|
| | <i>Open loop</i> | | <i>Close Loop</i> dengan baterai | | | | <i>Open Loop</i> | <i>Close Loop</i> dengan panel | |
| | Tegangan (V) | Arus (A) | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (W) | Energi (Wh) | Tegangan (V) | Tegangan (V) | Arus (A) |
| 9.30 | 20,0 | 0 | 13,0 | 5,0 | 69,0 | 0 | 12,11 | 13,4 | 5,4 |
| 10.00 | 20,0 | 0 | 13,9 | 5,3 | 73,0 | 20,0 | 12,47 | 13,5 | 5 |
| 10.30 | 19,6 | 0 | 14,6 | 5,6 | 82,3 | 44,41 | 12,82 | 13,62 | 5,6 |
| 11.00 | 19,6 | 0 | 17,6 | 2,04 | 36,25 | 66,38 | 13,01 | 13,7 | 2 |
| 11.30 | 20,0 | 0 | 17,0 | 1,35 | 24,7 | 80,35 | 13,1 | 13,7 | 2 |
| 12.00 | 18,6 | 0 | 17,2 | 0,81 | 14,76 | 90,5 | 13,19 | 13,8 | 1,8 |
| 12.30 | 19,3 | 0 | 18,2 | 0,61 | 12,03 | 97,6 | 13,27 | 13,8 | 0,7 |
| 13.00 | 19,1 | 0 | 18,7 | 0,43 | 9,2 | 103,09 | 13,27 | 13,8 | 0,6 |
| 13.30 | 20,0 | 0 | 19,2 | 0,36 | 7,83 | 106,9 | 13,27 | 13,8 | 0,4 |
| 14.00 | 20,5 | 0 | 19,6 | 0,25 | 4,63 | 110,16 | 13,27 | 13,8 | 0,26 |
| 14.30 | 20,1 | 0 | 19,6 | 0,18 | 3 | 113,4 | 13,27 | 13,8 | 0,1 |

[Tabel 4.1](#) adalah hasil pengujian yang dilakukan selama lima jam terhadap tegangan dan arus panel surya saat cuaca cerah. Tegangan dari panel surya nantinya akan di stabilkan oleh *solar charger* agar dapat mengisi daya ke baterai. Dapat dilihat bagian tegangan panel surya saat *open loop* stabil di 19V-20V, adapun terjadinya penurunan tegangan dikarenakan intensitas cahaya matahari sedikit menurun karena tertutup awan seperti pada pukul 12.00 tegangan panel berada di 18,6V. Pada bagian panel surya saat *close loop*, apabila daya baterai dalam kondisi terisi maka, terjadi peningkatan pada sisi tegangan dan penurunan pada sisi arus yang bahkan dapat mencapai 0 ketika kondisi baterai dalam keadaan penuh. Berbanding terbalik saat daya baterai sedikit atau kosong, maka tegangan akan mengalami penurunan dan arus mengalami peningkatan.

4.2 Pengukuran Arus dan Tegangan Panel Surya saat Terhubung dengan Beban

Pengukuran arus dan tegangan dari baterai ke inverter saat diberi beban pompa listrik. Beban yang digunakan adalah pompa listrik 60 Watt akan disuplai dengan dua buah baterai 12V 7.2Ah dihubung paralel.

Tabel 4.2 Arus dan Tegangan PLTS Terhubung Beban

| Waktu | Panel surya | | | | baterai | | | Pompa listrik | | |
|-------|--------------|----------|-------------|--------------|--------------|----------|----------|---------------|----------|-------------|
| | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (Watt) | Energi (kWh) | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (W) | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (Watt) |
| 12.30 | 19,6 | 0,15 | 3,07 | 0 | 13,8 | 0,2 | 2,6 | 0 | 0 | 0 |
| 12.32 | 12,6 | 1,45 | 18,1 | 0,22 | 12,4 | 3,0 | 36,7 | 233 | 0,42 | 60 |
| 12.42 | 12,33 | 1,23 | 15,15 | 2,64 | 12,3 | 3,4 | 42 | 233 | 0,42 | 52 |
| 12.52 | 12,08 | 0,92 | 11,14 | 4,68 | 12,1 | 3,8 | 49 | 235 | 0,44 | 58 |
| 13.02 | 12,1 | 1,00 | 12,09 | 6,52 | 12,16 | 3,6 | 46 | 234 | 0,42 | 63 |
| 13.12 | 12,19 | 1,58 | 19,35 | 9,08 | 12,2 | 3,5 | 39 | 235 | 0,43 | 64 |
| 13.22 | 12,19 | 1,89 | 23,2 | 15,35 | 12,21 | 2,7 | 34 | 234 | 0,43 | 63 |
| 13.32 | 12,1 | 1,65 | 19,64 | 18,24 | 12,15 | 3,4 | 38 | 235 | 0,43 | 64 |
| 13.42 | 12,1 | 1,67 | 20,21 | 21,32 | 12,09 | 3,6 | 37,8 | 234 | 0,45 | 56 |
| 13.52 | 12,1 | 2,28 | 27,56 | 25,65 | 12,16 | 2,6 | 32,7 | 235 | 0,43 | 59 |
| 14.02 | 12,0 | 2,27 | 27,36 | 30,77 | 12,12 | 2,6 | 35 | 235 | 0,43 | 59 |
| 14.12 | 11,8 | 1,26 | 14,9 | 35,02 | 11,9 | 3,8 | 43 | 236 | 0,45 | 54 |
| 14.22 | 11,7 | 1,40 | 16,74 | 37,31 | 11,8 | 3,7 | 49 | 237 | 0,44 | 57 |
| 14.32 | 12,3 | 3,42 | 43,52 | 42,18 | 12,4 | 1,6 | 49,8 | 233 | 0,41 | 59 |
| 14.42 | 11,8 | 2,33 | 27,55 | 48,27 | 11,89 | 3,4 | 36 | 237 | 0,45 | 56 |
| 14.52 | 11,6 | 2,08 | 24,47 | 52,97 | 11,7 | 3,6 | 37 | 237 | 0,48 | 56 |
| 15.02 | 11,5 | 1,78 | 20,63 | 57,98 | 11,6 | 3,2 | 48 | 239 | 0,48 | 55 |
| 15.12 | 11,4 | 1,78 | 20,50 | 61,38 | 11,5 | 4,3 | 56 | 239 | 0,5 | 60 |
| 15.22 | 11,3 | 1,8 | 20,28 | 64,2 | 11,4 | 4,8 | 55 | 238 | 0,5 | 60 |
| 15.32 | 11,1 | 2 | 22,2 | 67,41 | 11,8 | 5,1 | 58 | 238 | 0,5 | 62 |

Tabel 4.2 adalah data hasil pengukuran arus dan tegangan sistem PLTS terhubung beban pompa listrik 60 Watt selama 3 jam dan diukur tiap 10 menit. Pada pukul 12.30 tegangan pada panel surya bernilai 19,6V dan arusnya adalah 0 A sedangkan tegangan baterai 13,8V dan arusnya 0, hal ini dikarenakan panel belum terhubung dengan beban. Saat terhubung dengan pompa listrik tegangan pada panel surya dan baterai menjadi sama dikarenakan adanya

komponen *solar charge controller* yang berfungsi menstabilkan tegangan pada panel surya dan baterai saat terhubung.

4.3 Perhitungan *Break Even Point*

Berikut merupakan hasil dari penelitian, perangkat panel surya yang digunakan dalam PLTS ini memiliki tipe *polycrystalline* dengan kapasitas 20 WP. Panel tipe ini memiliki keunggulan dalam mengkonversikan energi yang lebih tinggi saat cuaca mendung jika dibandingkan dengan tipe *monocrystalline*. Rata-rata pembangkitan energi listrik dengan panel surya perhari maksimal hanya 5 jam, dengan begitu energi yang bisa didapatkan dalam sehari jika menggunakan panel surya berukuran 20 WP sebesar 100 Watt/hari.

Solar charge controller (SCC) berfungsi sebagai pengaman modul surya, baterai, dan beban. SCC yang digunakan dalam penelitian ini mampu bekerja secara otomatis dengan tegangan kerja 12V/24V, memiliki *max charged* dan *max load current* 10 A.

Baterai yang digunakan adalah baterai Panasonic bertipe VRLA (*Valve Regulated Lead-Acid*) dengan kapasitas 7,2 Ah serta tegangan 12 V dan *standby use* pada tegangan 13,6V ~ 13,8V yang berjumlah dua buah disusun paralel. Dari data tersebut diketahui daya yang dapat disimpan oleh sebuah baterai adalah sebesar 86,4 Watt, apabila menggunakan dua baterai maka daya yang tersimpan sebesar 172,8 Watt.

Pompa listrik yang digunakan dalam penelitian ini memiliki spesifikasi daya 60 Watt dan debit air sebesar 2400liter/jam. Waktu pompa dalam memenuhi kebutuhan air perhari dalam rumah tangga dengan kebutuhan air tiap orang adalah 247 liter/hari dihitung menggunakan

[Persamaan 3.1](#):

$$Waktu pompa = \frac{247 \text{ liter}}{2400 \text{ liter/jam}} = 0,103 \text{ jam}$$

Jika didalam rumah tangga terdapat 10 orang anggota keluarga maka waktu pompa yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan air dalam rumah tangga tersebut adalah:

$$Waktu pompa_{rumah tangga} = 0,103 \text{ jam} \times 10 \text{ orang} = 1.03 \text{ jam}$$

Sehingga,

$$Konsumsi daya pompa = 0,06 \text{ kW} \times 1.03 \text{ jam} = 0,0618 \text{ kWh/hari}$$

Setelah diketahui konsumsi daya pompa listrik dalam sehari sebesar 0,0618 kWh dan harga per kWh sesuai dengan Tarif Tenaga Listrik (TTL) yang berlaku di Indonesia bagi kalangan menengah keatas adalah Rp1.467,- maka, keperluan biaya listrik perhari sebesar

$$\text{biaya listrik} = 0,0618 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.467 = \text{Rp } 90.66, -/\text{hari}$$

Apabila satu tahun rata-rata terdiri dari 365 hari, maka biaya listrik yang diperlukan selama satu tahun adalah

$$\text{biaya listrik} = 365 \times \text{Rp } 90.66 = \text{Rp } 33.091, -/\text{tahun}$$

Biaya investasi yang diperlukan dalam pengadaan PLTS seperti tabel dibawah ini:

Tabel 4.3 Biaya Pengadaan PLTS

| Komponen | Keterangan | Harga/unit | Jumlah | Total harga |
|---------------------------------|-----------------------------------|--------------|--------|----------------|
| Panel surya | (SOLARLAND 20Wp 12V DC Poly) | Rp 393.000,- | 1 | Rp 393.000,- |
| <i>Solar charger controller</i> | 12V/24V Arus 10A | Rp 175.000,- | 1 | Rp 175.000,- |
| Baterai | (Panasonic VRLA 12V, 7.2 Ah/20HR) | Rp 280.000,- | 2 | Rp 560.000,- |
| Inverter | 1000 watt DC to AC | Rp 370.000,- | 1 | Rp 370.000,- |
| Total Biaya | | | | Rp 1.498.000,- |

Biaya pemeliharaan setiap tahunnya untuk sistem PLTS umumnya diperhitungkan sebesar 1-2% dari biaya investasi awal untuk komponen sistem PLTS. Berarti total biaya investasi awal PLTS beserta pemeliharaannya sebagai berikut:

$$\text{biaya total PLTS} = (1\% \times \text{Rp } 1.498.000) + \text{Rp } 1.498.000 = \text{Rp } 1.512.980, -$$

Dengan biaya pengadaan PLTS untuk mensuplai beban pompa listrik sebesar Rp 1.512.980, – maka biaya tersebut akan kembali modal (*Break Even Point*) dapat dihitung menggunakan [Persamaan 2.1](#)

$$BEP = \frac{Rp\ 1.512.980, -}{Rp\ 33.091} = 45.7\ tahun$$



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Titik impas investasi (*break event point*) dalam pengadaan PLTS sebagai sumber untuk mensuplai pompa listrik 60 Watt rumah tangga menengah ke atas dicapai dalam 45.7 tahun, setelah itu baru akan mendapatkan keuntungan.

Lamanya waktu yang diperlukan untuk mencapai titik impas investasi dikarenakan tidak dilakukan prediksi komponen yang dibutuhkan dalam pembuatan PLTS untuk mensuplai beban pompa listrik sebesar 60 Watt. Sehingga terjadi pemborosan biaya dalam pembelian komponen.

5.2 Saran

Untuk melakukan perhitungan titik impas (*Break Even Point*) agar hasilnya lebih baik maka hal yang harus dicari terlebih dahulu adalah berapa besar kebutuhan beban yang ingin di suplai oleh sistem PLTS yang ingin dibangun serta berapa lama beban itu akan dinyalakan. Kemudian memperhitungkan besar kapasitas baterai yang akan digunakan serta jumlahnya. Setelah itu, besar *Watt Peak* dan jumlah panel yang dibutuhkan oleh sistem PLTS yang ingin dibangun dapat dicari tahu. Dengan memperkirakan besar beban yang ingin di suplai oleh sistem PLTS, maka akan mengurangi kemungkinan terjadinya pemborosan dalam pembelian komponen dalam membangun PLTS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Irwansyah, D. Istardi, and N. Batam, “Pompa Air Aquarium Menggunakan Solar Panel,” vol. 5, no. 1, pp. 85–90, 2013.
- [2] J. Heri, “Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Solar Cell Kapasitas 50 WP,” *Engineering*, vol. 4, No 1, pp. 47–55, 2012.
- [3] S. Karim, “Analisa Penggunaan Solar Cell Pada Rumah Tinggal Untuk Keperluan Penerangan dan Beban Kecil,” vol. 2, no. 1, pp. 22–32, 2019.
- [4] H. D. Walley, *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*, vol. 129. 1964.
- [5] R. Sianipar, “Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya,” vol. 11, no. 2, pp. 61–78, 2014.
- [6] B. Ramadhani, “Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don ’ ts,” p. 277, 2018.
- [7] P. S. Djarwanto, “Pokok-Pokok Analisa Laporan Keuangan,” vol. 2, no. 1, p. 34, 2004.
- [8] L. K. Anna, “Pemakaian Air Terbesar Dalam Rumah Tangga,” *KOMPAS.com*, 2014. [Online]. Available: <https://lifestyle.kompas.com/read/2014/03/24/1244223/Mencuci.dan.Mandi.Pemakaian.Air.Terbesar.dalam.Rumah.Tangga>. [Accessed: 05-Feb-2020].

