

LAPORAN TUGAS AKHIR
OPTIMASI PEMBANGKIT *HYBRID* PLN-SOLAR CELL PADA APLIKASI
HOME INDUSTRY

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1



DISUSUN OLEH :

Disusun oleh:
Bobby Haryanto
13524022

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2018

LEMBAR PENGESAHAN

**OPTIMASI PEMBANGKIT *HYBRID* PLN-SOLAR CELL PADA APLIKASI
HOME INDUSTRI**



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

Disusun oleh:
Bobby Haryanto
13524022

Yogyakarta, 25-Juli-2018

Menyetujui,

Pembimbing 1


Husein Mubarak
S.T.,M.Eng
155241305

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

OPTIMASI PEMBANGKIT *HYBRID* PLN-SOLAR CELL PADA APLIKASI *HOME INDUSTRY*

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Bobby Haryanto

13524022

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 31-08-2018

Ketua Penguji : Husein Mubarak S.T.,M.Eng

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

Anggota Penguji 2: Firmansyah Nur Budiman, ST, M.Sc.



.....
31/8'18
.....
.....

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

Tanggal: 31-08-2018

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 Agustus 2018



Bobby Haryanto

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah rabbil'alam, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT serta ucapan terima kasih sebanyak-banyaknya atas karunia nikmat yang diberikan sehingga selesainya penulisan tugas akhir yang berjudul “Optimasi Pembangkit Hybrid PLN – Solar Cell Sebagai Aplikasi *Home Industry*” dengan baik. Tidak lupa sholawat dan salam tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW, para keluarganya, para pengikutnya, dan umatnya sampai akhir zaman.

Rasa syukur dan bangga penulis haturkan karena selesainya penulisan skripsi ini, sebagai syarat akhir untuk memperoleh gelar sarjana di Universitas Islam Indonesia. Penulis berharap skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca di masa yang akan datang. Banyak kesan dalam proses pengerjaan skripsi ini.

Dalam kesempatan ini penulis juga mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada pihak yang membantu dan terlibat berupa bimbingan, kerja sama, dukungan, dan fasilitas selama penulis mengerjakan skripsi ini. Untuk itu saya mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua saya yang saya cintai Suhartono dan Sriyatuningsih serta adik-adik saya yang tidak hentinya memberikan dukungan dalam bentuk apapun.
2. Bapak Dr.Eng Hendra Setiawan, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Husein Mubarak S.T., M.Eng. selaku pembimbing I skripsi yang selalu memberikan bimbingan dan waktunya.
4. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu kepada penulis selama berkuliah sehingga berada pada tahap akhir ini.
5. Tegar, Keenan, Theo, dan Rifky yang menemani saya selama masa perkuliahan dan menjadi teman dekat saya pada masa kuliah dan memberikan pengalaman tidak hanya dibangku perkuliahan saja.

6. Divisi lapangan yang sudah mengajarkan saya banyak ilmu diluar perkuliahan khususnya kegiatan outdoor.
7. Rizky, Ikhsan, Dipo, Faizi, Banu, Randy, dan Hafid yang menjadi teman kontrakan penulis.
8. Teman – teman Teknik Elektro UII pada umumnya dan khususnya angkatan 2013 atas doa dan dukungannya serta pengalaman selama berkuliah yang tidak akan dilupakan.
9. Pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Adanya kekurangan dalam penulisan skripsi ini karena keterbatasan ilmu yang dimiliki penulis. Kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan penulis demi kesempurnaan skripsi ini untuk kedepannya. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan penggunanya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 15 Agustus 2018



Bobby Haryanto

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Singkatan	Arti
BBM	Bahan Bakar Minyak
TFSC	<i>Thin Film Solar Cell</i>
RP	<i>Renewable Penetration</i>
COE	<i>Cost of Energy</i>
NPC	<i>Net Present Cost</i>
O&M	<i>Opration and Maintanance</i>
<i>HOMER</i>	<i>Hibrid Optimisazion Model for Electric Renewable</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
Kw	<i>Kilo Watt</i>
Kwh	<i>Kilo Watt Hour</i>
DC	<i>Direct Current</i>
AC	<i>Alternating Current</i>
m	Meter
m^2	Meter persegi
m^3	Meter kubik
O&M	<i>Opration and Maintanance</i>
P	<i>Power</i>
PLN	Perusahaan Listrik Negara
PLTD	Perusahaan Listrik Tenaga Diesel
PV	<i>Photovoltaic</i>
Rp	Rupiah
PT	Persero
<i>Starting</i>	Memulai
TAC	<i>Total Annualize Cost</i>
V	<i>Volt</i>
PV	<i>Photovoltaic</i>

ABSTRAK

Rumah pada umumnya menggunakan energi listrik yang berasal dari PLN karena PLN merupakan BUMN utama yang menyuplai listrik . Ketika rumah ingin dijadikan tempat untuk suatu kegiatan industri tentu saja memerlukan listrik yang lebih. Perlunya pembangkit cadangan untuk alternatif apabila PLN sedang mengalami gangguan. Pada penelitian ini menggunakan *photovoltaic* atau yang lebih dikenal sebagai solar panel sebagai energi cadangan yang berbasis *renewable energy*. Dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak *HOMER* untuk mengoptimasi pembangkit khususnya yang bersumber dari energi terbarukan untuk mendapatkan nilai yang paling optimal serta penentuan jumlah dan spesifikasi komponen yang digunakan. Aspek dalam mengoptimasi pada penelitian ini adalah, *net present cost* (NPC), *renewable penetration*, dan *cost of energy* (COE) dari 2 skenario. Pada skenario yang pertama hanya mengandalkan listrik yang berasal dari PLN langsung menuju beban dan pada skenario 2 komponen yang digunakan selain grid dari PLN yaitu *photovoltaic*, generator, baterai, dan konverter.

Hasil dari penelitian menunjukkan pembangkit *hybrid* PLN-*solar cell* yang diperlukan adalah 15 unit *photovoltaic*, 4 unit baterai dengan total 6,52 kW, dan 1 unit konverter 5 kW. Nilai NPC dari penggunaan energi terbarukan disbanding dengan hanya mengandalkan listrik dari PLN ternyata lebih mahal 5,4% yaitu sebesar Rp. 1.389.326.956 dengan total produksi yang sama yaitu 69.977 kW, tetapi COE pada pembangkit cadangan berkurang sebesar Rp. 231 atau 18 % serta pengeluaran tiap tahunnya juga berkurang sebesar 18%. Pembangkit *hybrid* PLN-*solar cell* menghasilkan energi listrik terbarukan sebesar 14% dari keseluruhan energi yang dihasilkan tiap tahunnya.

Kata Kunci : Pembangkit Cadangan, Home Industry, Solar Cell, Photovoltaic, HOMER

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	2
1.6 Sistematika Penulisan	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	4
2.1 Studi Literatur	4
2.2 Landasan Teori	6
2.2.1 Energi Terbarukan.....	6
2.2.2 <i>Photovoltaic</i> (sel surya).....	7
2.2.3 Komponen Utama Sistem.....	8
2.2.4 <i>Homer Pro</i>	10
2.2.5 <i>Net Present Cost</i>	11
2.2.6 <i>Cost of Energy</i>	12
2.2.7 Total Produksi Energi.....	12
2.2.8 <i>Renewable Penetration</i>	12
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Alat dan Bahan.....	14
3.2 Alur Penelitian	14
3.2.1 Pengumpulan Data.....	15
3.2.2 Simulasi menggunakan perangkat lunak <i>HOMER</i>	17
3.2.3 Hasil dan Analisa.....	17
3.2.4 Kesimpulan dan penulisan laporan hasil penelitian	17

3.3	Perancangan Skenario.....	17
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		19
4.1	Profil <i>Home Industry</i>	19
4.2	Analisa Hasil	19
4.2.1	Hasil Optimasi Sistem Perangkat Lunak <i>HOMER</i>	19
4.2.2	Nilai Ekonomis Pembangkit	20
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		25
5.1	Kesimpulan	25
5.2	Saran	26
DAFTAR PUSTAKA		27
LAMPIRAN		28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengaturan <i>Photovoltaic</i>	8
Gambar 2.2 Pengaturan Baterai <i>Bank</i>	9
Gambar 2.3 Pengaturan Konverter.....	10
Gambar 2.4 Pengaturan <i>Grid</i>	10
Gambar 3. 1 Diagram alur penelitian	15
Gambar 3. 2 Pengaturan beban per jam	16
Gambar 3. 3 Data intensitas matahari	18
Gambar 3. 4 Skematik skenario 1	9
Gambar 3. 5 Skematik skenario 2	9
Gambar 4. 1 Konfigurasi Sistem pada Skenario 1 Hasil Optimasi <i>HOMER</i>	19
Gambar 4. 2 Konfigurasi Sistem pada Skenario 2 Hasil Optimasi <i>HOMER</i>	20
Gambar 4. 3 Hasil Perhitungan <i>Net Present Cost</i> Skenario 1 Perangkat Lunak <i>HOMER</i>	21
Gambar 4. 4 Hasil Perhitungan <i>Net Present Cost</i> Skenario 2 Perangkat Lunak <i>HOMER</i>	23

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Nilai Ekonomis Pembangkit Cadangan.....	20
Tabel 4. 2 Data Total Produksi Energi per tahun.....	20
Tabel 4. 3 Data Total Energi Melayani Beban dan Biaya Total per Tahun.....	21
Tabel 4. 4 Nilai Ekonomis Pembangkit Cadangan.....	22
Tabel 4. 5 Data Total Produksi Energi per Tahun.....	22
Tabel 4. 6 Data Total Energi Melayani Beban dan Biaya per Tahun	23
Tabel 4. 7 Perbandingan Nilai Ekonomis Pembangkit Sistem Hybrid.	24

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan hal yang penting di dunia saat ini. Pertambahan penduduk menyebabkan bertambahnya kebutuhan energi di masyarakat. Selama ini masyarakat mengandalkan sumber energi yang berasal dari bahan-bahan yang tidak ramah lingkungan. Atas dasar itu timbulnya kesadaran masyarakat untuk mencari sumber energi yang tidak menyebabkan kerusakan lingkungan yaitu, energi terbarukan. Energi terbarukan merupakan sumber energi yang berasal dari alam dan sifatnya berkelanjutan seperti matahari, angin, dan air. Energi terbarukan dapat di aplikasikan dimana saja termasuk di rumah-rumah. Selain itu pemanfaatan energi terbarukan dapat membantu pelaku *home industry* yang membutuhkan listrik di atas rata-rata untuk menghemat biaya produksi yang harus dikeluarkan.

Salah satu kegiatan *home industry* yang sedang banyak dilakukan sekarang adalah menambang bitcoin. Tetapi kebutuhan listrik untuk rumah pada umumnya tidak cukup sehingga harus menambah daya listrik dan menambah pengeluaran yang harus dibayarkan untuk kelistrikan di rumah. Rumah pada umumnya menggunakan energy listrik yang berasal dari PLN karena PLN merupakan BUMN utama yang menyuplai listrik . Ketika rumah ingin dijadikan tempat untuk suatu kegiatan industri tentu saja memerlukan listrik yang lebih dari biasanya dan beban listrik di rumah harus di tambah agar mencukupi kegiatan industri yang akan dilakukan. Ketika beban di rumah telah di tambah dan kegiatan industri telah ber operasi tentu saja PLN sebagai penyuplai listrik tidak dapat memenuhi kebutuhan listrik sepanjang waktu karena PLN tidak mungkin terlepas dari gangguan dan kerusakan sehingga menyebabkan pemadaman listrik. Perlunya pembangkit cadangan untuk meng *cover* apabila PLN sedang mengalami gangguan, salah satu pembangkit yang biasa digunakan adalah generator diesel karena proses *starting* yang cepat serta tidak memerlukan tempat yang luas untuk meletakkannya. Tetapi pada penelitian ini tidak menyarankan menggunakan generator diesel melainkan menggunakan *Photovoltaic* atau yang lebih dikenal sebagai *solar panel* sebagai energi cadangan karena penggunaan generator diesel tidak ramah lingkungan dan juga adanya biaya operasional tambahan dalam pembelian bahan bakar yang cukup besar di bandingkan pembangkit yang berbasis renewable energi.

Photovoltaic atau yang lebih dikenal sebagai *solar panel* sudah banyak digunakan di beberapa negara besar seperti Jerman, Spanyol, Itali, dan Jepang. Kelebihan penggunaan

photovoltaic sebagai cadangan daya adalah tidak adanya polusi yang dihasilkan berupa gas emisi pembuangan seperti generator diesel. Selain itu karna besarnya potensi surya di Indonesia yaitu sebesar 4,8 kilowatt hour (kwh) per meter persegi per hari.

Pada penelitian ini mengusulkan penggunaan pembangkit sistem *hybrid* sebagai pembangkit pada *home industry*. Pembangkit sistem *hybrid* menjadi solusi yang tepat terutama untuk menjawab permasalahan biaya yang harus dikeluarkan untuk membayar biaya listrik. Bisa dikatakan bahwa sistem *hybrid* lebih ekonomis.

Pembangkit sistem *hybrid* umumnya terdiri dari dua katagori yaitu pembangkit sistem *hybrid* murni energi terbarukan dan pembangkit *hybrid* dengan gabungan energi terbarukan dan tidak terbarukan. Pada penelitian ini energi yang diterapkan adalah gabungan antara energi matahari dan energi disel yang berasal dari PLN.

Terdapat beberapa perangkat lunak yang dapat digunakan untuk mempermudah proses analisis yaitu *HOMER*, *Hybrid2*, *Matlab* dan lain sebagainya. Namun pada penelitian ini menggunakan perangkat *HOMER*.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan dasar pemikiran di atas maka rumusan masalah yang dibahas di dalam penelitian ini adalah apakah pembangkit dengan sistem *hybrid* PLN-*solar cell* lebih ekonomis dibanding hanya menggunakan supply dari PLN.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disampaikan, Tujuan penelitian ini adalah memperoleh sistem penyedia daya dengan nilai yang paling ekonomis serta menawarkan solusi investasi energi terbarukan *hybrid* PLN-*solar cell*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini meliputi dua aspek yaitu, aspek tekno-ekonomi dan lingkungan. Aspek tekno-ekonomi berarti pengguna teknologi terbarukan menjanjikan pembangkit yang lebih ekonomis sebagai pembangkit untuk *home industry*. Sedangkan aspek lingkungan yaitu, dengan menggunakan pembangkit sistem *hybrid* yang sebagian energi listriknya berasal dari energi matahari sehingga tidak menghasilkan gas emisi.

1.5 Batasan Masalah

Pada Penelitian ini terdapat beberapa batasan penelitian yang diberikan yaitu;

1. Data panas matahari hanya dalam waktu terbatas.
2. Tidak mencantumkan pemakaian daya per jam secara detail tetapi di samaratakan.
3. Tidak membahas secara detail mengenai rangkaian kontrol yang digunakan dalam perancangan.
4. Tidak membahas perhitungan konstruksi sipil.
5. Reliabilitas grid adalah tetap dengan hari dan tanpa pemadaman selama 25 tahun.
6. Semua perhitungan dalam tugas akhir ini dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *HOMER*.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperoleh gambaran singkat dalam memudahkan pemahaman atas skripsi ini, perlu dijelaskan sistematika penulisan. Sistematika penulisan adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan tentang judul, latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan juga penjelasan tentang sistematika penulisan penelitian tugas akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab tinjauan pustaka akan dijelaskan beberapa contoh penelitian yang pernah dilakukan terkait judul tugas akhir ini. Selain itu akan dijelaskan pula teori-teori serta dasar pemahaman dalam pengerjaan tugas akhir ini, seperti penjelasan tentang energi terbarukan, pembangkit sistem *hybrid*, *photovoltaic*, dll.

BAB III PERANCANGAN EVALUASI

Pada bab perancangan sistem akan diuraikan tentang tahapan dalam pengerjaan penelitian tugas akhir ini, dimulai dari pengambilan data dilapangan dan langkah-langkah yang dilakukan untuk melakukan analisa pembangkit *hybrid* PLN-*solar cell* melalui perangkat lunak *HOMER*.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ke empat ini berisi hasil penelitian akhir studi ekonomi sistem penyedia daya di *home industry* dengan menggunakan perangkat lunak *HOMER*, analisis potensi pembangkit, dan analisa dari sisi ekonomi.

BAB V PENUTUP

Pada tahapan-tahapan proses pengerjaan pada penelitian tugas akhir, maka pada bab penutup akan dijelaskan tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Studi Literatur

Berbagai penelitian terkait dengan penggunaan sel surya telah banyak dilakukan. Hal ini disebabkan karena penggunaannya yang merupakan bentuk alternatif guna mengurangi permintaan energi pada PLN serta optimalisasi potensi alam sehingga sangat bermanfaat untuk mengurangi penggunaan energi fosil yang saat ini sudah semakin menipis. Oleh sebab itu, beberapa penelitian sebelumnya yang dijadikan acuan dalam penelitian ini di antaranya adalah sebagai berikut.

Kiki dan Refdinal (2012) melakukan penelitian tentang pengaturan aliran daya antara PLTS, sistem grid PLN dan beban pada sistem PLTS tersambung ke *grid* pada rumah tinggal. Daerah yang sudah ada jaringan listrik dapat mengganti penggunaan SHS dengan teknologi PLTS yang tersambung ke grid atau jaringan PLN guna mengatasi permasalahan ketersediaan sumber energi fosil dan mengembangkan energi terbarukan. Hal ini disebabkan karena penggunaan baterai pada SHS untuk sebuah rumah tinggal dapat ditiadakan dan kelebihan daya dari PLTS dapat disalurkan/dijual ke jaringan listrik. Selain itu, biaya yang perlu dikeluarkan hanya berupa investasi dari sistem PLTS dan sewa jaringan di sistem rumah tinggal pengguna PLTS karena grid hanya menjadi tempat penyimpanan sementara untuk pemenuhan permintaan beban. Konsep yang digunakan pada penelitian ini yakni suatu rumah tinggal pengguna PLTS yang tersambung ke grid PLN menggunakan energi listrik yang sama dengan energi produksi PLTS sehingga penggunaan energi listrik dalam jaringan PLN pada rentang waktu yang sama akan mendekati nol. Hal ini dilakukan dengan cara mengetahui pola karakteristik keluaran PLTS dan beban rumah pada saat cuaca cerah dengan raduasi matahari tinggi dan cuaca mendung atau hujan. Pemodelan sistem PLTS tersambung grid menggunakan simulink matlab berdasarkan persamaan rangkaian ekuivalen sel surya serta model sel surya tipe SHARP ND T060M1. Arus diode I_d dengan parameter temperature dan irradiansi serta arus radiasi I_{ph} dengan parameter feedback V dan I disimulasikan untuk membuktikan bahwa modul surya yang dimodelkan sesuai dengan karakteristik modul surya yang digunakan. Nilai daya dari tiap subsistem menunjukkan bahwa irradiansi menurunkan daya *output* pada sistem PLTS. Rekonfigurasi sistem PLTS dapat dilakukan dengan menambah, mengurangi atau mengkombinasikan jumlah *array* modul PV pada sistem tersebut. Penelitian ini menguntungkan dari segi biaya yang dikeluarkan karena bisa menekan pemakaian listrik dari PLN dan juga menjual listrik PLTS ke PLN. [1].

Hasyim, dkk., (2014) menyelidiki besarnya energi yang mampu dihasilkan oleh sel surya untuk kebutuhan rumah tangga dengan mengukur jumlah energi yang mampu disuplai oleh energi yang dihasilkan sel surya. Sel surya dapat menghasilkan nilai maksimum bergantung pada beberapa faktor, yaitu suhu udara ambien, radiasi matahari, kecepatan angin, keadaan atmosfer, orientasi panel sel surya, dan posisi sel surya terhadap matahari. Penelitian ini dilakukan dengan merakit modul sel surya dan membuat jaringan instalasi listrik penerangan diperumahan. Daya listrik yang dihasilkan oleh sel surya merupakan hasil kali tegangan keluaran dengan banyaknya elektron yang mengalir atau besarnya arus. Daya yang dihasilkan dipantau melalui kontroler dengan mengamati parameter berupa besarnya tegangan arus, suhu pada sel surya, serta tegangan dan arus masuk maupun keluar pada *accumulator*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan sel surya dengan kapasitas 200 Wattpeak mampu menghasilkan energi listrik untuk menyuplai beban penerangan. Selama pengujian berlangsung arus tertinggi, yakni 13 A dan tegangan 14 Volt DC, diproduksi terjadi sekitar pukul 12.30. Energi listrik yang dihasilkan pada siang hari digunakan untuk menyuplai beban lampu pukul 17.00-06.00 dengan rata-rata konsumsi energi harian setelah sistem paralel sel surya dan PLN diterapkan adalah sebesar 1,027 Kwh. Penelitian ini bertujuan menjadi contoh untuk rumah tangga yang ingin menggunakan energy alternatif sebagai pengganti energi yang menggunakan bahan bakar yang tidak ramah lingkungan [2].

Romi, dkk, (2013) meneliti tentang pemanfaatan energi matahari sebagai energi alternatif di Pulau Panjang. Selama ini pulau panjang mengandalkan pemangkit tenaga diesel dengan waktu operasi selama 12 jam sehari sehingga membutuhkan energi tambahan untuk meningkatkan penyediaan listrik di pulau panjang. Sistem yang digunakan yaitu *hybrid* PLTS-PLTD untuk mengurangi kinerja dari pembangkit tenaga diesel. Hasil dari penelitian tentang sistem *hybrid* ini yaitu tenaga surya dapat menghasilkan energi dari 153,89 kWp, 164.684 kWh/tahun pasokan energi, kualitas energi sebesar 94,73%, keandalan sistem sebesar 79,79% , dan kerugian sistem sebesar 33,66%. Hasil perolehan dari PLTH berupa PLTS-PLTD memberikan kontribusi sebesar 33% sampai 67%, dan BPP PLTH sebesar \$ 0,64/kWh dan emisi karbon yang dapat dikurangi sebesar 85,93%. Penelitian ini sangat bermanfaat bagi masyarakat Pulau Panjang yang sebelumnya hanya mendapat akses listrik yang terbatas, serta juga untuk mengurangi emisi karbon di Pulau Panjang.[3].

Mutaz dan Ahmad (2018) melakukan penelitian tentang penggunaan *photovoltaic* sebagai solusi untuk mengurangi permintaan listrik yang tinggi dan juga mengurangi tarif energi listrik di Jordan. Permasalahan yang di hadapi pada kehidupan modern di Jordan adalah terbatasnya

sumber yang berasal dari alam sedangkan kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat. Tenaga surya merupakan satu-satunya energi terbarukan yang menjanjikan di Jordan karena cuaca di Jordan cerah. Penelitian ini akan mempelajari, meng-analisa dan menyelidiki puncak kebutuhan energi listrik kapan terjadi. Hasil dari penelitian ini akan menjelaskan dan mengevaluasi permasalahan tentang kebutuhan energi listrik yang terjadi di Jordan dan mencari solusi yang cocok [4].

Samir,dkk, (2015) meneliti tentang menghubungkan antara *grid* dan system yang menggunakan *photovoltaic*. Bertumbuhnya penggunaan energi yang berasal dari matahari telah meningkat sebesar 60 % selama 5 tahun terakhir. Pertumbuhan ini juga mempengaruhi perubahan inverter yang dulu menjadi lebih kompleks untuk memaksimalkan efisiensi penyerapan daya agar mengurangi biaya konversi. Perkembangan konversi tenaga matahari mengalami peningkatan yang super besar yaitu 1,2 GW pada 1992 ke 136 GW pada 2013. Pada penelitian ini menunjukkan perkembangan teknologi inverter yang sangat membantu agar penyerapan energy matahari lebih maksimal dan tidak ada energy yang sia-sia [5].

Enrique, dkk, (2015) melakukan penelitian tentang rencana menghubungkan grid dengan *photovoltaic*. Banyak pembangkit *photovoltaic* yang sudah di bangun diseluruh dunia. Pembangkit ini bisa menjadi alternative sumber energi menggantikan pembangkit konvensional dan mengatasi masalah menipisnya energi yang tersedia dari pembangkit konvensional. Pemerintah dan organisasi publik sedang fokus untuk menghasilkan energi sebersih mungkin dan tanpa adanya polusi. Penelitian ini berkaitan bahwa sadarnya penggunaan energi terbarukan khususnya *photovoltaic* amatlah penting karna ketersediaan bahan bakar fosil semakin menipis [6].

2.2 Landasan Teori

Berikut landasan teori yang digunakan dalam mendukung proses penyelesaian tugas akhir ini.

2.2.1 Energi Terbarukan

Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari alam disekitar kita, beberapa contoh energi terbarukan adalah angin, air, geothermal, biomasa, dan matahari. Disebut energi terbarukan karena energi tersebut dapat memperbarharui energi itu sendiri dalam kurun waktu yang singkat tidak seperti energi fosil yang memerlukan waktu bertahun-tahun agar terbentuk energi lagi. Untuk di Indonesia potensi energi terbarukan sangat besar karena Negara Indonesia memiliki iklim yang bagus untuk energi terbarukan contohnya adalah Matahari di Indonesia cukup sering

karena di Indonesia hanya terbagi menjadi 2 iklim dalam setahun, untuk air, Indonesia sebagian besar wilayahnya adalah perairan jadi sangat bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi.

Energi terbarukan juga sangat ramah lingkungan karena tidak menghasilkan limbah yang dapat mencemarkan lingkungan. Beberapa wilayah telah mengembangkan energi terbarukan contohnya adalah di pesisir pantai yang dapat menggunakan angin sebagai energi alternatif disamping menggunakan energi dari supply PLN[7].

2.2.2 Photovoltaic (sel surya)

Industri *photovoltaic* telah berkembang sekitar 50 tahun dan bertujuan agar dapat menghasilkan energi sel surya yang ekonomis dan layak dibandingkan dengan penggunaan listrik buatan seperti hidro dan nuklir dan untuk memberikan solusi agar penghasil energi yang ramah lingkungan dan dapat mencakup seluruh dunia.

Sistem yang terdapat pada *photovoltaic* adalah listrik satu arah yang ber sumber dari energi matahari kemudian menghasilkan energi listrik. Besar energi yang dihasilkan dipengaruhi oleh jumlah energi matahari yang diserap oleh panel surya. *Photovoltaic* dapat digunakan menggunakan baterai sebagai sarana penyimpanan dan dapat juga digunakan tanpa baterai. Ada beberapa tipe panel yang dapat digunakan antara lain:

1. Monokristal

Panel monokristal merupakan panel yang paling efisien dibanding lainnya karena panel ini dapat menghasilkan energi listrik per satuan luas yang paling tinggi dengan efisiensi sampai dengan 15%-20%. Panel ini memiliki kekurangan yaitu tidak dapat digunakan di tempat yang cahayanya matahari kurang serta kestabilan panel ini akan turun ketika cuaca sedang berawan dan juga harga panel monokristal juga mahal karena bahan yang digunakan adalah Kristal silikon murni dan teknologi yang digunakan juga mahal.

2. Polikristal

Terbuat dari hasil leburan dari beberapa batang Kristal silikon kemudian dicetak menjadi bentuk persegi. Tipe sel surya ini memiliki tingkat efisien sekitar 13%-16% karena tidak Kristal silikon yang digunakan tidak semurni pada tipe monokristal dan sel surya yang dihasilkan tidak identik antara satu dan lainnya. Sel surya jenis ini paling banyak digunakan karena harganya yang lebih ekonomis dan pembuatannya lebih mudah. Agar menghasilkan energi yang sama dengan tipe monokristal, ditutuhkannya wilayah yang luas. Kelebihan dari sel surya tipe ini yaitu tetap dapat menghasilkan energi listrik walau sedang dalam keadaan mendung.

3. Thin Film Solar Cell (TFSC)

Tipe sel surya ini dibuat dengan cara menambahkan satu atau beberapa lapisan sel surya yang tipis kelapisan dasar. Karna bentuknya yang sangat tipis tipe ini juga biasa disebut sebagai TFPV (*Thin Film Photovoltaic*). Ada 3 jenis sel surya tipe ini dibedakan berdasarkan materialnya yaitu, *Amorphous Silicon* (a-Si) Solar Cells yang terbuat dari *Amorphous Silicon*, *Cadmium Telluride* (CdTe) Solar Cells yang terbuat dari bahan *Cadmium Telluride*, dan *Copper Indium Gallium Selenide* (CIGS) Solar Cell yang terbuat dari bahan *Copper Indium Gallium Selenide* merupakan yang paling efisien dibanding dua lainnya dan juga tidak mengandung bahan yang berbahaya yaitu *Cadmium* seperti yang terdapat pada sel surya CdTe[8].

2.2.3 Komponen Utama Sistem

Ada beberapa komponen yang digunakan dalam pembangkit listrik tenaga surya:

1. Panel Surya

Panel surya terusun dari beberapa sel surya. Normalnya sebuah sel surya dapat memangkitkan daya sebesar 1 watt dan tegangan sebesar 0.5 volt. Beberapa sel surya yang disusun menjadi sebuah modul disebut sebagai panel surya. Bahan utama dari panel surya yaitu bahan yang bersifat semikonduktor yang berfungsi untuk menyerap cahaya matahari dan kemudian diteruskan untuk menghasilkan energi listrik[9].

Pada Gambar 2.1 sebagai jendela untuk menginput data dari photovoltaic yang akan digunakan. Pada penelitian ini menggunakan *photovoltaic* panasonic dengan tipe Panasonic Group Sanyo Electric 330VBHN330ZA01 sebanyak 15 buah. Biaya yang harus dikeluarkan untuk pembelian *photovoltaic* tipe ini adalah sebesar Rp.95.850.812,06.

The image shows a software interface titled "DESIGN" for configuring a PV system. The main window is titled "Add/Remove Panasonic Group SANYO Electric330VBHN330ZA01".

Properties Panel:

- Name: Panasonic Group SANYO E
- Abbreviation: Pan330
- Panel Type: Flat plate
- Rated Capacity (kW): 0.33
- Temperature Coefficient: -0.310000
- Operating Temperature (°C): 43.8
- Efficiency (%): 13
- Manufacturer: Panasonic Group SANYO Electric
- CEC PV Modules
- Notes: This component comes from the CEC module database, which was most recently updated in August 2017. The

PV Configuration Table:

Capacity (kW)	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp/year)
4.95	95,850,812.06	90,850,812.06	0.00

Lifetime: time (years): 25.00

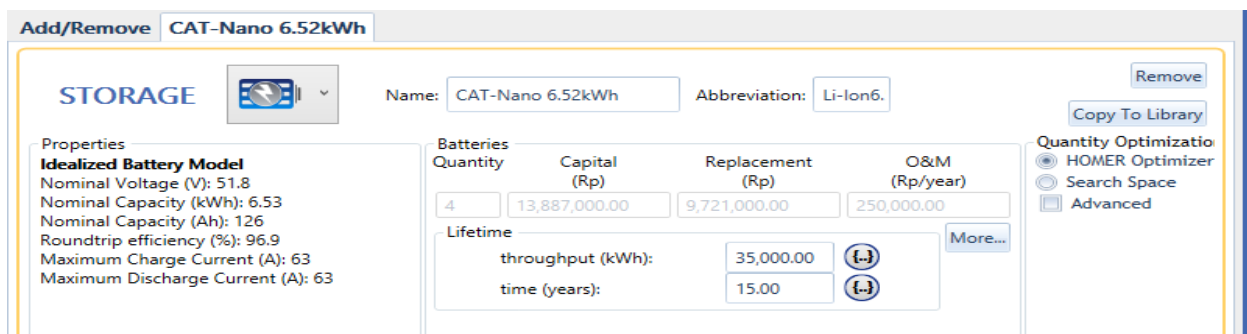
Site Specific Input: Derating Factor (%): 85.00

Gambar 2.1 Pengaturan *Photovoltaic*

2. Baterai

Komponen ini berfungsi untuk menyimpan daya yang dihasilkan oleh panel surya dalam bentuk energi kimia. Daya yang masuk di baterai tidak langsung digunakan melainkan digunakan pada saat cahaya matahari sedang redup ataupun pada saat malam hari.. Dua peranan baterai dalam sistem ini adalah memberikan daya kepada beban yang akan digunakan ketika daya tidak dapat di supply oleh panel surya dan untuk menyimpan kelebihan daya yang dihasilkan panel surya.

Pada Gambar 2.2 adalah jendela untuk mengatur berapa jumlah baterei yang akan digunakan dan jenis nya apa pada perangkat lunak *HOMER*. Baterai yang digunakan pada penelitian ini adalah CAT – Nano 6.53 kWh dengan biaya sebesar Rp.13.887.000,00 dan juga biaya perawatan sebesar Rp.250.000,00. *Lifetime* dari baterai ini mencapai 15 tahun pemakaian.

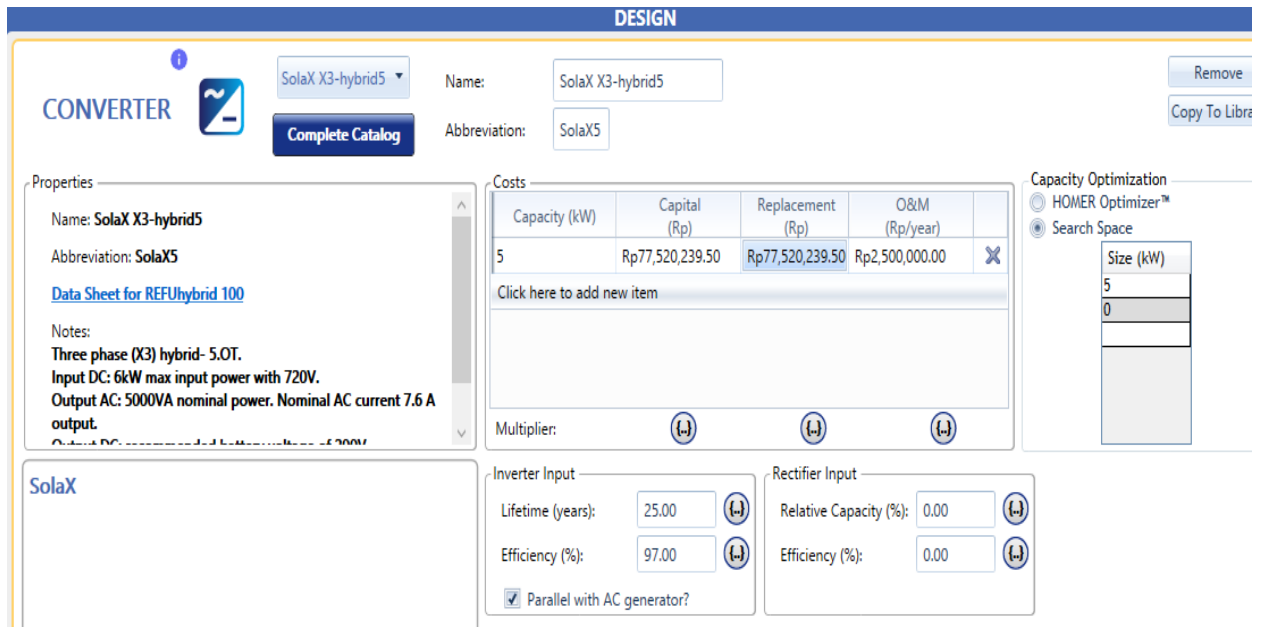


Gambar 2.2 Pengaturan Baterai *Bank*

3. Konverter

Komponen ini berfungsi untuk mengubah arus searah(DC) menjadi arus bolak balik (AC). Dalam penelitian ini inverter digunakan untuk mengubah arus bolak balik pada panel surya menjadi arus searah agar dapat digunakan untuk peralatan listrik yang menggunakan arus searah.

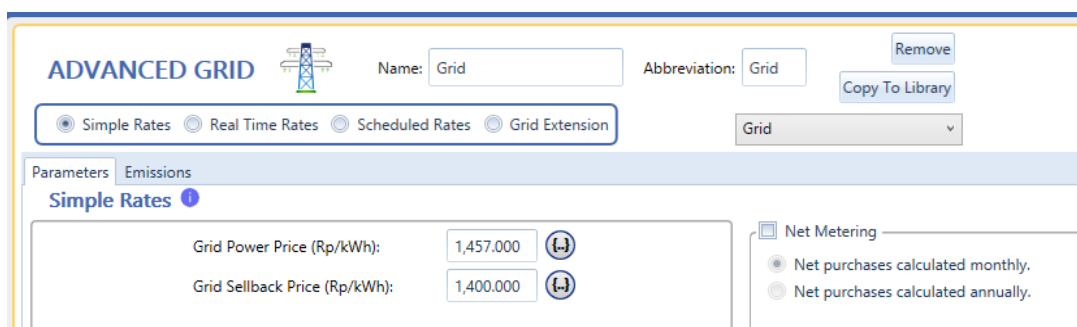
Pada Gambar 2.3 adalah jendela untuk mengatur konverter pada perangkat lunak *HOMER*. Konverter yang digunakan pada penelitian ini adalah SolaX X3-hybrid5 dengan biaya modal dan penggantian sebesar Rp. 77.520.239,50 dan juga biaya oprasional dan perawatan sebesar Rp. 2.500.000,00. Ketahanan konverter ini bisa mencapai 25 tahun pemakaian.



Gambar 2.3 Pengaturan Konverter

4. Grid

Pada Gambar 2.4 adalah jendela yang berfungsi untuk mengatur sistem jaringan yang berasal dari PT.PLN yang merupakan badan usaha milik negara yang bergerak pada bidang kelistrikan. Harga yang menjadi ketetapan PT.PLN untuk biaya per kWh di Indonesia adalah sebesar Rp.1.457,28/kWh.



Gambar 2.4 Pengaturan Grid

2.2.4 Homer Pro

HOMER merupakan sebuah software yang di buat dan dikembangkan di Amerika Serikat oleh perusahaan *The National Renewable Energi Laboratory* (NREL) dengan tujuan untuk mengoptimasi sistem pembangkit listrik, Output yang tersedia dalam software HOMER yaitu berupa *lifecycle cost*, estimasi kapasitas sistem, dan emisi gas rumah kaca. HOMER dapat

membuat kronologi yang detail tentang optimasi suatu model yang mudah digunakan sesuai dengan proyek yang akan di buat. Dalam pengerjaan proyek kecil *HOMER* dapat memberikan 2 faktor untuk hasil simulasi yaitu dalam segi teknis dan segi ekonomi. Untuk proyek yang lebih besar *HOMER* dapat menghasilkan output berupa biaya dan kelayakan untuk perangkat keras yang lebih rinci.

Terdapat 3 tugas utama perangkat lunak *HOMER*, yaitu:

1. Simulasi

HOMER mensimulasikan operasi sistem dengan membuat perhitungan keseimbangan energi selama 8.760 jam dalam setahun. Untuk setiap jam, *HOMER* membandingkan permintaan listrik dan panas dalam setahun, dan menghitung aliran *energi* dari setiap komponen. Untuk sistem seperti baterai dan *photovoltaic*, *HOMER* juga mensimulasikan apakah *photovoltaic* dapat digunakan setiap jam atau tidak dan memutuskan dapat mengisi baterai atau tidak.

HOMER melakukan perhitungan keseimbangan energi untuk setiap konfigurasi sistem yang akan digunakan. Setelah itu menentukan konfigurasi sistem apakah layak untuk digunakan atau tidak. Tujuannya yaitu untuk mengetahui konfigurasi tersebut dapat digunakan dalam kondisi yang telah ditentukan, dan memperkirakan biaya pemasangan dan pengoperasian sistem selama masa proyek.

2. Optimasi

Setelah mensimulasikan semua konfigurasi sistem yang mungkin digunakan, *HOMER* menampilkan daftar konfigurasi yang telah disimulasikan berdasarkan biaya operasional dan pemasangan yang bertujuan untuk mengetahui sistem yang terbaik.

3. Analisis sensitivitas

HOMER melakukan beberapa optimasi dengan berbagai asumsi input untuk mengetahui efek ketidakpastian dalam perubahan input seperti harga bahan bakar[10][11].

2.2.5 *Net Present Cost*

Net Present Cost (NPC) adalah jumlah dari semua komponen-komponen yang digunakan dan juga biaya pengoperasian yang digunakan dalam proyek yang dikerjakan. Cara menghitung *Net Present Cost* adalah dengan Persamaan 2-1.

$$NPC = Capital Costs + Replacement costs + O\&M costs + Fuel Costs - Salvage \quad (2-1)$$

Dimana;

<i>Capital Costs</i>	= biaya modal komponen
<i>Replacement Costs</i>	= biaya pergantian komponen.
<i>O&M Costs</i>	= biaya oprasional dan perawatan.
<i>Fuel Costs</i>	= biaya bahan bakar.
<i>Salvage</i>	= biaya yang tersisa pada komponen.

2.2.6 Cost of Energy

Cost of Energy (COE) adalah biaya yang diperlukan untuk menghasilkan energi. Perhitungan *Cost of Energy* dilakukan untuk mendapatkan harga 1 kWh energi listrik dengan Persamaan 2-2.

$$COE = \frac{TAC}{E_{tot.served}} \quad (2-2)$$

Dimana;

$E_{tot.served}$ = total energi tahunan yang tersedia untuk beban (kWh).

TAC = *total annualize cost* atau biaya total tahunan yang digunakan untuk pembangkit cadangan.

2.2.7 Total Produksi Energi

Jumlah energi yang dihasilkan selama komponen-komponen beroperasi dapat didapat dengan Persamaan 2-3.

$$E_{tot.prod} = E_{Photovoltaic} + E_{grid} \quad (2-3)$$

Dimana;

$E_{tot.prod}$ = total produksi energi (kWh).

$E_{photovoltaic}$ = total produksi energi *photovoltaic* (kWh).

E_{grid} = total produksi energi dari *grid* PLN (kWh).

2.2.8 Renewable Penetration

Renewable Penetration adalah bagian sumber energi terbarukan dari jumlah keseluruhan energi. Energi terbarukan diproduksi oleh sistem yang bernama *renewable energy system* (RES). *Renewable Penetration* (RP) dapat dihitung dengan Persamaan 2-4.

$$RP = \frac{E_{tot.RES}}{E_{tot.sys}} * 100\% \quad (2-4)$$

Dimana;

$E_{tot.RES}$ = total energi listrik yang dihasilkan *renewable energy system* (kWh)

$E_{tot.sys}$ = total energi listrik yang dihasilkan pembangkit sistem (kWh).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

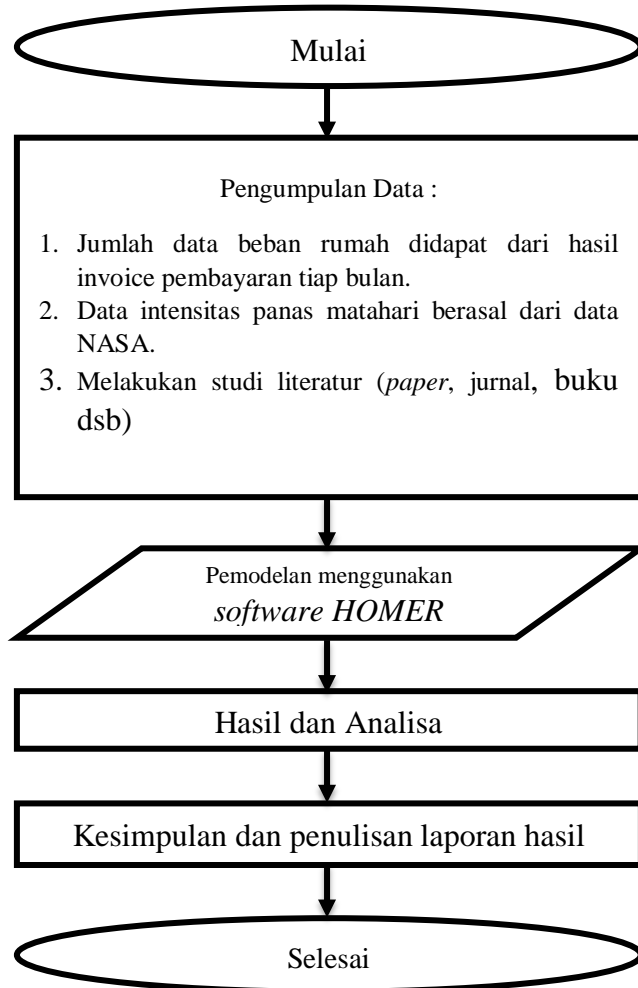
Alat yang digunakan pada penelitian ini terbagi menjadi 2 yaitu, perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras yang digunakan adalah sebuah *personal computer* (PC) dengan *processor* core i3 2,5 GHz, RAM sebesar 8GB, VGA sebesar 2 GB, sebuah laptop dengan *processor* core i3 2,5 GHz, RAM sebesar 2GB, VGA sebesar 1 GB, dan kertas A4. Kemudian perangkat lunak yang digunakan adalah ms.word, *HOMER* PRO 3.8.6 dan ms.paint.

Bahan-bahan penelitian yang digunakan terdiri dari:

1. Data penggunaan energi listrik dari perhitungan *invoice* tagihan listrik dari Tokopedia yang dinyatakan sebagai bukti pembayaran sah dari PT.PLN (Persero).
2. Letak geografis melalui website *Google Maps*,
3. Data potensi surya dari data milik NASA.
4. Artikel dan jurnal tentang energi terbarukan dari internet, dan
5. Situs penjualan komponen listrik secara *online*.

3.2 Alur Penelitian

Langkah awal dalam penelitian ini adalah memulai penelitian, kemudian mengumpulkan data-data yang diperlukan selama penelitian. Data yang sudah diperoleh kemudian memasukan data-data tersebut ke dalam perangkat lunak *HOMER* untuk dilakukan simulasi yang akan menghasilkan nilai yang dapat dianalisa. Setelah itu dari data yang di dapat barulah dilakukan analisa yang kemudian dilanjutkan dengan menulis laporan serta memberi kesimpulan tentang hasil yang sudah di dapatkan selama penelitian. Alur penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram alur penelitian

3.2.1 Pengumpulan Data

Proses awal dari penelitian ini adalah dengan melakukan pencarian referensi yang juga ditulis dalam studi literatur (jurnal, buku, paper, dan lain-lain), dan dari sumber tersebut dapat digunakan sebagai landasan teori dalam penelitian ini. Pengumpulan data juga berasal dari bukti pembayaran di Tokopedia yang merupakan pembayaran yang sah oleh PLN sebagai penyedia energi listrik dapat dilihat pada gambar 3.2. Data per jam yang dimasukkan adalah hasil rata-rata dari jumlah penggunaan listrik per bulan. Pada penelitian ini data yang di masukkan mulai dari juli, September, oktober, November, Desember tahun 2017 kemudian januari, februari, maret, april, mei, dan juni tahun 2018. Data intensitas matahari diperoleh dari *NASA surface meteorology and solar energi database* yang bisa langsung di unduh di perangkat lunak *HOMER* yang dapat dilihat pada gambar 3.3. Untuk data harga komponen diperoleh dari *website* yang menyediakan komponen listrik secara *online*.

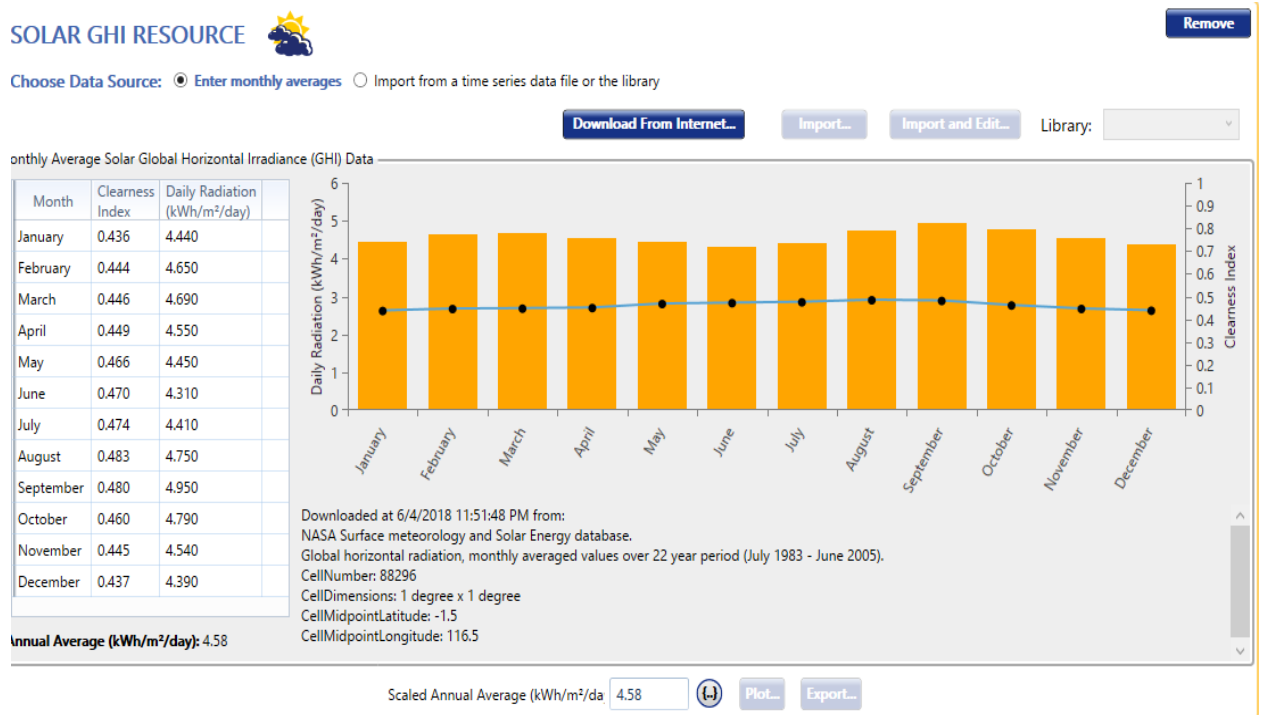
Yearly Load Data

Weekdays Weekends

Hour	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
0	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
1	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
2	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
3	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
4	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
5	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
6	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
7	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
8	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
9	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
10	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
11	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
12	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
13	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
14	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
15	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
16	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
17	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
18	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
19	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
20	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
21	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
22	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782
23	7.480	12.542	13.717	15.113	14.159	14.159	1.347	0.000	1.521	1.617	8.086	6.782

Copy changes to right Copy changes to weekend

Gambar 3. 2 Pengaturan Beban per Jam



Gambar 3. 3 Data Intensitas Matahari

3.2.2 Simulasi menggunakan perangkat lunak HOMER

Setelah data terkumpul kemudian di-input pada perangkat lunak HOMER untuk melakukan simulasi yang kemudian akan menghasilkan hasil yang paling optimal untuk sistem pembangkit secara *hybrid*.

3.2.3 Hasil dan Analisa

Setelah membuat beberapa skenario pada HOMER, akan mendapatkan hasil berupa nilai-nilai yang di perlukan. Output dari perangkat lunak HOMER kemudian dapat di analisa dan diketahui nilai yang dapat meng-optimalkan pembangkit listrik.

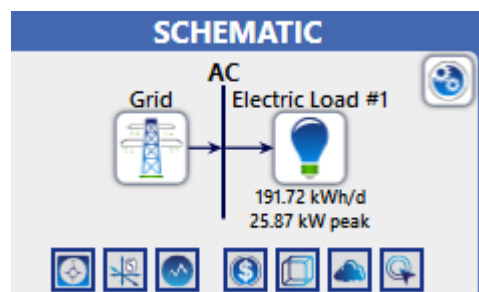
3.2.4 Kesimpulan dan penulisan laporan hasil penelitian

Setelah hasil analisa di dapat serta telah mengetahui mana scenario yang paling optimal kemudian dapat membuat kesimpulan dari semua analisa yang telah dilakukan melalui perangkat lunak HOMER. Semua kegiatan yang dilakukan kemudian ditulis dalam laporan penelitian dan di tambahkan dengan dasar teori serta refrensi dari penelitian sebelumnya.

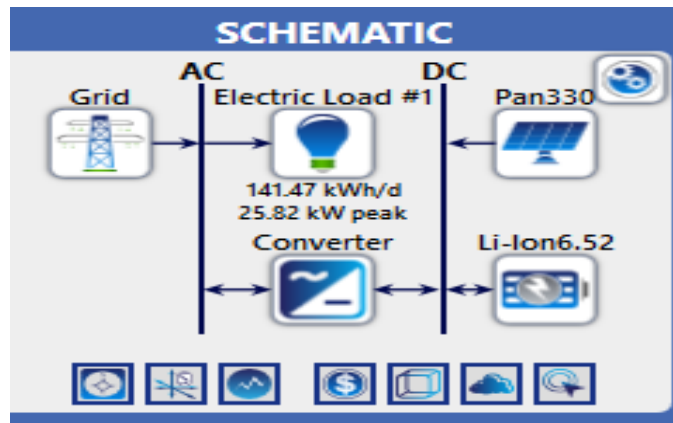
Diagram alur penelitian optimasi pembangkit *hybrid* PLN – *solar cell* sebagai aplikasi *home industry* dengan perangkat lunak HOMER dapat dilihat pada gambar 3.1.

3.3 Perancangan Skenario

Beberapa komponen yang digunakan dalam penelitain ini adalah *grid*, *photovoltaic*, baterai, dan konverter. Penggunaan komponen dibagi menjadi 2 skenario yaitu pada scenario 1 hanya mengandalkan *grid* yang dapat dilihat pada gambar 3.2 dan pada skenario 2 menggunakan *grid*, *photovoltaic*, baterai, dan konverter dapat dilihat pada gambar 3.3



Gambar 3. 4 Skematik skenario 1



Gambar 3. 5 Skematik skenario 2

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Profil *Home Industry*

Pada penelitian ini *home industry* yang digunakan sebagai penelitian adalah *home industry* yang bergerak dalam menambang bitcoin. Lokasi *home industry* terletak di perumahan Balikpapan Baru, Balikpapan, Kalimantan Timur. Rumah yang digunakan adalah rumah dengan tipe 36/72 yang lokasinya tepat di tengah kota Balikpapan.

4.2 Analisa Hasil

Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini adalah *HOMER PRO 3.11.6 (evaluation edition)* untuk membuat simulasi pembangkit *hybrid* antara PLN dan sel surya yang diterapkan pada kegiatan industri rumahan. Penggunaan pembangkit *hybrid* sebagai pembanding jika kegiatan industri rumahan hanya menggunakan sumber energi yang berasal dari PLN. Hasil akhirnya adalah didapatkannya pembangkit yang lebih ekonomis serta ramah lingkungan karena menggunakan energi terbarukan.

4.2.1 Hasil Optimasi Sistem Perangkat Lunak *HOMER*

Setelah semua data didapat kemudian disimulasikan untuk mendapatkan hasil yang optimum dari pembangkit yang sudah ditentukan pada perangkat lunak *HOMER*.

Pada skenario 1 hanya terdiri dari grid PLN dan tidak menambahkan pembangkit cadangan lain dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Architecture		Cost				System			Grid	
Grid (kW)	Dispatch	COE (Rp)	NPC (Rp)	Operating cost (Rp/yr)	Initial capital (Rp)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	
999,999	CC	Rp1,457	Rp1.32B	Rp102M	Rp0.00	0	0	69,977	0	

Gambar 4. 1 Konfigurasi Sistem pada Skenario 1 Hasil Optimasi *HOMER*

Skenario 2 terdiri dari Grid PLN, 15 unit *photovoltaic* Panasonic Group Sanyo Electric 330VBHN330ZA01 , 4 unit baterai CAT – Nano 6.52 kWh dan 1 unit Konverter SolaX X3-hybrid5 dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Architecture				Cost				System			Pan330	
Pan330 (kW)	Li-Ion6.52	Grid (kW)	SolaX5 (kW)	Dispatch	COE (Rp)	NPC (Rp)	Operating cost (Rp/yr)	Initial capital (Rp)	Ren frac (%)	Total Fuel (L/yr)	Capital Cost (Rp)	Production (kWh/yr)
		999,999		CC	Rp1,457	Rp1.32B	Rp102M	Rp0.00	0	0		
10.4	25	999,999	5.00	CC	Rp1,473	Rp1.39B	Rp85.8M	Rp280M	18.0	0	201,928,672	14,026
7.54		999,999	5.00	CC	Rp1,498	Rp1.40B	Rp90.8M	Rp224M	13.4	0	145,984,896	10,140
	99	999,999	5.00	CC	Rp1,567	Rp1.42B	Rp104M	Rp77.8M	0.791	0		

Gambar 4. 2 Konfigurasi Sistem pada Skenario 2 Hasil Optimasi HOMER

4.2.2 Nilai Ekonomis Pembangkit

a) Skenario 1

Nilai ekonomis pembangkit yang bersumber dari PLN sebelum menggunakan *photovoltaic* sebagai pembangkit cadangan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Nilai Ekonomis Pembangkit

Menggunakan Skenario 1

Kriteria Penilaian	Nilai
Total Produksi Energi (kWh) / tahun	69.977
NPC (Rupiah)	1.318.043.207
Cost of Energy (Rupiah)	1.457
Renewable Penetration (%)	0

Total produksi energi dari PLN menghasilkan daya sebesar 69.977 kWh/tahun yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan total dari energi dapat dilihat pada persamaan 2-2.

Tabel 4. 2 Data Total Produksi Energi per tahun

Komponen	Produksi (kWh)
Grid	69.977

$$E_{tot.prod} = 69.977 \text{ kWh}$$

Net Present Costs sistem sebesar Rp 1.318.043.207 Hasil Net Present Costs dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan dihitung dengan menggunakan persamaan 2-3.

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
Grid	Rp0.00	Rp0.00	Rp1,318,043,207.26	Rp0.00	Rp0.00	Rp1,318,043,207.26
System	Rp0.00	Rp0.00	Rp1,318,043,207.26	Rp0.00	Rp0.00	Rp1,318,043,207.26

Gambar 4. 3 Hasil Perhitungan *Net Present Cost* Skenario 1 Perangkat Lunak HOMER

$$NPC = \text{Rp } 1.318.043.207$$

Cost of Energy sistem Rp 1.457/kWh. Data hasil total energi melayani beban dan biaya total per tahun yang digunakan untuk menghitung *Cost of Energy* dapat dilihat pada Table 4.3 dan dihitung dengan menggunakan persamaan 2-4

Tabel 4. 3 Data Total Energi Melayani Beban dan Biaya Total per Tahun

Kriteria Penilaian	Nilai
Total Energi Melayani Beban (kWh/tahun)	69.977
Biaya total per tahun (Rp)	101.956.400

$$COE = \frac{\text{Rp } 101.956.400}{69.977 \text{ kWh}}$$

$$COE = \text{Rp } 1.457/\text{kWh}$$

\

Nilai dari *Renewable Penetration* adalah sebesar sebesar 0%. Hasil *Renewable Penetration* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2-5.

$$RF = \frac{0}{69.977 \text{ kWh}} * 100\%$$

$$RP = 0\%$$

b) Skenario 2

Nilai ekonomis pembangkit cadangan sistem *hybrid* PLN-*solar cell* diperlihatkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Nilai Ekonomis Pembangkit Cadangan
Menggunakan Skenario 2

Kriteria Penilaian	Nilai
Total Produksi Energi (kWh) / tahun	69.977
NPC (Rupiah)	1.389.326.956
<i>Cost of Energy</i> (Rupiah)	1.226
<i>Renewable Penetration</i> (%)	14

Total produksi energi menggunakan sistem *hybrid* PLN- *solar cell* sebagai penyedia cadangan daya sebesar 69.977kWh/tahun. Hasil dari total produksi energi dapat dilihat pada Table 4.5 dan dihitung dengan menggunakan persamaan 2-2.

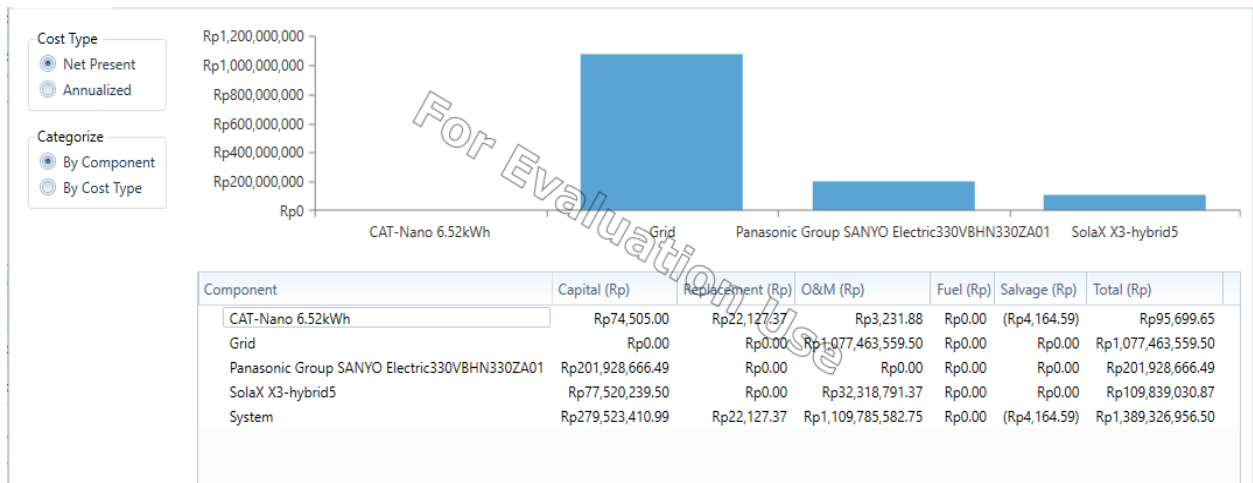
Tabel 4. 5 Data Total Produksi Energi per Tahun

Komponen	Produksi (kWh)
<i>Photovoltaic</i>	10.140
Grid PLN	59.837

$$E_{tot.prod} = 10.140 kWh + 59.837 kWh$$

$$E_{tot.prod} = 69.977 kWh$$

Net Present Costs sistem sebesar Rp 1.389.326.956. Hasil *Net Present Costs* dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan dihitung dengan menggunakan persamaan 2-3.



Gambar 4. 4 Hasil Perhitungan *Net Present Cost* Skenario 2 Perangkat Lunak HOMER

$$NPC = Rp\ 95.699,65 + Rp\ 1.077.463.559,50 + Rp\ 201.828.666,49 + Rp\ 109.839.030,87$$

$$NPC = Rp\ 1.389.326.956$$

Cost of Energy sistem Rp 1.226/kWh. Data hasil total energi melayani beban dan biaya total per tahun yang digunakan untuk menghitung *Cost of Energy* dapat dilihat pada Table 4.6 dan dihitung dengan menggunakan persamaan 2-4.

Tabel 4. 6 Data Total Energi Melayani Beban dan Biaya per Tahun

Kriteria Penilaian	Nilai
Total Energi Melayani Beban (kWh/tahun)	69.977
Biaya total tahunan (Rp)	85.848.160

$$COE = \frac{Rp\ 85.848.160}{69.977\ kWh}$$

$$COE = Rp\ 1.226/kWh$$

dengan *Renewable Penetration* sebesar 14%. Hasil *Renewable Penetration* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2-5.

$$RF = \frac{10.140}{69.977 \text{ kWh}} * 100\%$$

$$RP = 14 \%$$

c) Perbandingan Nilai Ekonomis Pembangkit Sistem Hybrid PLN-solar cell dengan PLN

Nilai ekonomis pembangkit sistem PLN-solar cell yang telah diketahui dibandingkan dengan nilai ekonomis dari pemakaian listrik PLN. Hasil perbandingan kemudian digunakan untuk menentukan pembangkit sistem cadangan yang lebih ekonomis. Tabel 4.7 memperlihatkan perbandingan nilai ekonomis pembangkit sistem hybrid dengan PLN.

Tabel 4. 7 Perbandingan Nilai Ekonomis Pembangkit Sistem Hybrid.

Kriteria Penilaian	Sistem Pembangkit Cadangan	
	Skenario 1	Skenario 2
Total Produksi Energi (Kwh)	69.977	69.977
NPC (Rupiah)	1.318.043.207	1.389.326.956
Cost of Energy (Rupiah)	1.457	1.226
Renewable Fraction (%)	0	14

Tabel 4.7 memperlihatkan total produksi energi pada skenario 1 dan 2 sama yaitu sebesar 69.977 kWh. Nilai ekonomis pembangkit sistem hybrid PLN-solar cell hampir sama antara skenario 1 dengan skenario 2 dapat dilihat pada hasil NPC yaitu pada skenario 1 sebesar Rp. 1.318.043.207 sedangkan pada skenario 2 sebesar Rp. 1.389.326.956. Nilai ekonomis yang didapat dari COE dari penelitian ini adalah pada pembangkit hybrid nilai COE sebesar 1.226 menurun sebesar Rp 231 atau setara 15% dari skenario 1. Pembangkit hibrid menghasilkan 14% energi dari seluruh total energi yang dihasilkan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Studi ekonomi sistem pembangkit cadangan home industry PLN - *solar cell* telah dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *HOMER*. Hasil simulasi telah diketahui dengan kesimpulan sebagai berikut :

1. Optimasi dilakukan berdasarkan biaya operasional dan pemasangan pembangkit yang bertujuan untuk mengetahui sistem yang terbaik.
2. Biaya pembangkit pada skenario 2 yang menggunakan sistem *hybrid* PLN - *solar cell* ternyata lebih mahal 5,4% diandingkan dengan skenario 1 yang hanya mengandalkan PLN.
3. Pembangkit cadangan pada skenario 2 memberikan hasil COE yang lebih rendah sebesar 18% daripada skenario 1 yang hanya mengandalkan PLN.
4. Biaya yang harus dikeluarkan per tahun pada skenario 2 lebih rendah 18% dibanding skenario 1.
5. Energi terbarukan yang diserap pada sistem pembangkit cadangan yang menggunakan *photovoltaic* pada *home industry* adalah sebesar 14% dari keseluruhan energi yang dihasilkan.
6. Melalui penelitian optimasi pembangkit *hybrid* PLN-*solar cell* sebagai aplikasi *home industry* menunjukkan hasil bahwa penggunaan sistem *hybrid* dapat menghemat pengeluaran untuk masa mendatang walaupun pengeluaran di awal besar.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, perlunya studi kelanjutan mengenai penerapan pembangkit *hybrid* untuk diterapkan pada *home industry*. Penelitian selanjutnya dapat meneliti tentang penggunaan alternative pembangkit *hybrid* lain yang dapat diterapkan pada *home industry* dan juga dengan beban yang lebih besar dan stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Kananda and R. Nazir, "Konsep Pengaturan Aliran Daya Untuk PLTS Tersambung Ke Sistem Grid Pada Rumah Tinggal," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 65–71, 2013.
- [2] A. Hasyim Asy'ari, Jatmiko, "Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya," *Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluar. Panel Sel Surya*, pp. 52–57, 2012.
- [3] R. Wiryadinata, A. I. S, R. Munarto, J. T. Elektro, U. Sultan, and A. Tirtayasa, "Studi Pemanfaatan Energi Matahari di Pulau Panjang Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif," vol. 2, no. 1, 2013.
- [4] M. Al Shafeey and A. M. Harb, "Demands and Energy Cost Reduction in Jordan," no. Irec, 2018
- [5] S. Kouro, J. I. Leon, D. Vinnikov, and L. G. Franquelo, "Grid-Connected Photovoltaic Systems: An Overview of Recent Research and Emerging PV Converter Technology," *Ind. Electron. Mag. IEEE*, vol. 9, no. 1, pp. 47–61, 2015.
- [6] E. Romero-Cadaval, B. Francois, M. Malinowski, and Q. C. Zhong, "Grid-connected photovoltaic plants: An alternative energy source, replacing conventional sources," *IEEE Ind. Electron. Mag.*, vol. 9, no. 1, pp. 18–32, 2015.
- [7] https://id.wikipedia.org/wiki/Energi_terbarukan , diakses 23 April 2018.
- [8] <http://suryautamaputra.co.id/blog/2016/04/16/pengertian-dan-jenis-sel-surya/>, diakses 24 April 2018.
- [9] <http://wirabima.com/mengenal-komponen-pembangkit-listrik-tenaga-surya/>, diakses 24 April 2018.
- [10] P. Gilman and P. Lilienthal, "MICROPOWER SYSTEM MODELING," pp. 379–418.
- [11] K. E. Okedu and U. Roland, "Optimization of Renewable Energy Efficiency using HOMER," no. May, 2015.

LAMPIRAN

N330 (VBHN330SJ47)



N330 (VBHN330SJ47)

Our solar panel Panasonic HIT N330 has the highest output of all our products, reaching 330 Watt in just 1.67 m² of surface. With less than 160cm of length, it has 25% more output power than a standard solar panel of similar size. (265 Watt)

The frame is anodized and black, with corner water drainage to keep your solar panels cleaner all year long and give a monochrome, appealing appearance for the solar system on your roof.

Lampiran 1. *Photovoltaic* Panasonic n330 (VBHN330SJ47).



SolaX X3 Hybrid | 5kW 3 Phase Inverter

Be the first to review this product

5kW Hybrid Inverter
2kW Battery Discharge

5 Year Warranty

SKU HYB-SOX-X35

\$5,483.50

Add to Cart

Qty

1

Lampiran 2. Harga SolaX X3 Hybrid.

STRUK PEMBAYARAN TAGIHAN LISTRIK

IDPEL : 232010733299
Nama : SUHARTONO
Tarif / Daya : R1 / 2200VA
BL/TH : JUL17
Stand Meter : 00119100 - 00206300
Rp Tag PLN : Rp 1.413.415
JPA Ref : 0TPD210ZBBBE226885A9C7DF9DF99C B9

PLN MENYATAKAN STRUK INI SEBAGAI BUKTI PEMBAYARAN YANG SAH.

Admin Bank : Rp 2.500
Total Bayar : Rp 1.415.915

Terima Kasih

Rincian Tagihan dapat diakses di www.pln.co.id, Informasi Hubungi Call Center:123 Atau
Hub. PLN Terdekat:

Terima kasih Anda telah menggunakan Tokopedia Pulsa sebagai alat pembayaran tagihan
Anda.

Pembayaran tagihan listrik pascabayar akan dikonfirmasi dalam waktu maksimum 2x24
jam.

Selamat, pembayaran tagihan listrik Anda BERHASIL

Nomor Faktur : IVR/20170901/XVII/IX/20594410

Waktu : 1 Sep 2017 15:25

STRUK PEMBAYARAN TAGIHAN LISTRIK

IDPEL : 232010733299
Nama : SUHARTONO
Tarif / Daya : R1 / 000002200VA
BL/TH : September 2017
Stand Meter : 00003086 - 00004071
Rp Tag PLN : Rp 1.595.798
No. Ref : 0FIN21011525480000000000446739 88

PLN MENYATAKAN STRUK INI SEBAGAI BUKTI PEMBAYARAN YANG SAH.

Admin Bank : Rp 2.500
Total Bayar : Rp 1.598.298

Terima Kasih

Rincian tagihan dapat diakses di www.pln.co.id.

Informasi hubungi call center PLN di 123.

Terima kasih Anda telah menggunakan Tokopedia Pulsa sebagai alat pembayaran tagihan Anda.

Pembayaran tagihan listrik pascabayar akan dikonfirmasi dalam waktu maksimum 2x24 jam.

Selamat, pembayaran tagihan listrik Anda BERHASIL

Nomor Faktur : IVR/20171008/XVII/X/24036900

Waktu : 8 Okt 2017 10:07

BANK MANDIRI

STRUK PEMBAYARAN TAGIHAN LISTRIK

IDPEL : 232010733299
Nama : SUHARTONO
Tarif / Daya : R2 / 5500VA
BL/TH : OKT17
Stand Meter : 00407100 - 00511800
Rp Tag PLN : Rp 1.695.866
JPA Ref : 0TPD210Z3CDA94BE64723297849402 95

PLN MENYATAKAN STRUK INI SEBAGAI BUKTI PEMBAYARAN YANG SAH.

Admin Bank : Rp 2.500
Total Bayar : Rp 1.698.366

Terima Kasih

Terima kasih Anda telah menggunakan Tokopedia Pulsa sebagai alat pembayaran tagihan
Anda.

Pembayaran tagihan listrik pascabayar akan dikonfirmasi dalam waktu maksimum 2x24
jam.

Selamat, pembayaran tagihan listrik Anda BERHASIL

Nomor Faktur : IVR/20171112/XVII/XI/27274631

Waktu : 12 Nov 2017 06:48

STRUK PEMBAYARAN TAGIHAN LISTRIK

IDPEL : 232010733299
Nama : SUHARTONO
Tarif / Daya : R3 / 000010600VA
BL/TH : November 2017
Stand Meter : 00005118 - 00004791
Rp Tag PLN : Rp 8.482.183
No. Ref : 0FIN21120648220000000001070595 20

PLN MENYATAKAN STRUK INI SEBAGAI BUKTI PEMBAYARAN YANG SAH.

Admin Bank : Rp 2.500
Total Bayar : Rp 8.484.683

Terima Kasih

Rincian tagihan dapat diakses di www.pln.co.id.

Informasi hubungi call center PLN di 123.

Terima kasih Anda telah menggunakan Tokopedia Pulsa sebagai alat pembayaran tagihan Anda.

Pembayaran tagihan listrik pascabayar akan dikonfirmasi dalam waktu maksimum 2x24 jam.

BANK MANDIRI

STRUK PEMBAYARAN TAGIHAN LISTRIK

IDPEL : 232010733299
Nama : SUHARTONO
Tarif / Daya : R3 / 10600VA
BL/TH : DES17
Stand Meter : 00479100 - 00882800
Rp Tag PLN : Rp 7.114.091
JPA Ref : 0TPD210Z81831691476707A8BB61BB DE

PLN MENYATAKAN STRUK INI SEBAGAI BUKTI PEMBAYARAN YANG SAH.

Admin Bank : Rp 2.500
Total Bayar : Rp 7.116.591

Terima Kasih

**Terima kasih Anda telah menggunakan Tokopedia Pulsa sebagai alat pembayaran tagihan
Anda.**

**Pembayaran tagihan listrik pascabayar akan dikonfirmasi dalam waktu maksimum 2x24
jam.**

Selamat, pembayaran tagihan listrik Anda BERHASIL

Nomor Faktur : IVR/20180113/XVIII/I/34650456

Waktu : 13 Jan 2018 08:55

STRUK PEMBAYARAN TAGIHAN LISTRIK

IDPEL : 232010733299
Nama : SUHARTONO
Tarif / Daya : R3 / 000010600VA
BL/TH : Januari 2018
Stand Meter : 00008828 - 00013281
Rp Tag PLN : Rp 7.846.558
No. Ref : 0FIN21130855250000000001632732 56

PLN MENYATAKAN STRUK INI SEBAGAI BUKTI PEMBAYARAN YANG SAH.

Admin Bank : Rp 2.500
Total Bayar : Rp 7.849.058

Terima Kasih

Rincian tagihan dapat diakses di www.pln.co.id.

Informasi hubungi call center PLN di 123.

Terima kasih Anda telah menggunakan Tokopedia Pulsa sebagai alat pembayaran tagihan Anda.

Pembayaran tagihan listrik pascabayar akan dikonfirmasi dalam waktu maksimum 2x24 jam.

Selamat, pembayaran tagihan listrik Anda BERHASIL

Nomor Faktur : IVR/20180217/XVIII/III/38979255

Waktu : 17 Feb 2018 17:58

STRUK PEMBAYARAN TAGIHAN LISTRIK

IDPEL : 232010733299
Nama : SUHARTONO
Tarif / Daya : R3 / 000013200VA
BL/TH : Februari 2018
Stand Meter : 00013281 - 00020752
Rp Tag PLN : Rp 13.160.459
No. Ref : 0FIN21171758120000000001931512 52

PLN MENYATAKAN STRUK INI SEBAGAI BUKTI PEMBAYARAN YANG SAH.

Admin Bank : Rp 2.500
Total Bayar : Rp 13.162.959

Terima Kasih

Rincian tagihan dapat diakses di www.pln.co.id.

Informasi hubungi call center PLN di 123.

Terima kasih Anda telah menggunakan Tokopedia Pulsa sebagai alat pembayaran tagihan Anda.

Pembayaran tagihan listrik pascabayar akan dikonfirmasi dalam waktu maksimum 2x24 jam.

Selamat, pembayaran tagihan listrik Anda BERHASIL

Nomor Faktur : IVR/20180320/XVIII/III/ 43138786

Waktu : 20 Mar 2018 10:11

BANK MANDIRI

STRUK PEMBAYARAN TAGIHAN LISTRIK

IDPEL : 232010733299
Nama : SUHARTONO
Tarif / Daya : R3 / 13200VA
BL/TH : MAR18
Stand Meter : 02075200 - 02892100
Rp Tag PLN : Rp 14.389.452
JPA Ref : 0TPD210ZD6C2DFFFA7AEA090CC7C5B EA

PLN MENYATAKAN STRUK INI SEBAGAI BUKTI PEMBAYARAN YANG SAH.

Admin Bank : Rp 2.500
Total Bayar : Rp 14.391.952

Terima Kasih

Terima kasih Anda telah menggunakan Tokopedia Pulsa sebagai alat pembayaran tagihan Anda.

Pembayaran tagihan listrik pascabayar akan dikonfirmasi dalam waktu maksimum 2x24 jam.

Lampiran 3. Data Beban *Home Industry* di Balikpapan.

